

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DE LA
IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO DE
FABRICACIÓN DIGITAL EN LA ESCUELA DE
INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA FACULTAD DE
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA DE LA UNIVERSIDAD
DE EL SALVADOR**

PRESENTADO POR:

EMY ESTENIA HERNÁNDEZ ESCALANTE

SARA GUADALUPE LÓPEZ RIVAS

RINA GUADALUPE SÁNCHEZ CAMPOS

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERA INDUSTRIAL

CIUDAD UNIVERSITARIA, MARZO DE 2017

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR :

MSC. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

SECRETARIA GENERAL :

DRA. ANA LETICIA ZAVALA DE AMAYA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO :

ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

SECRETARIO :

ING. JULIO ALBERTO PORTILLO

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

DIRECTOR :

MSC. MANUEL ROBERTO MONTEJO SANTOS

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

INGENIERA INDUSTRIAL

Título :

**ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN
DE UN LABORATORIO DE FABRICACIÓN DIGITAL EN
LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA DE LA
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

Presentado por :

EMY ESTENIA HERNÁNDEZ ESCALANTE

SARA GUADALUPE LÓPEZ RIVAS

RINA GUADALUPE SÁNCHEZ CAMPOS

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor :

MSC. MANUEL ROBERTO MONTEJO SANTOS

San Salvador, Marzo de 2017

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor :

MSC. MANUEL ROBERTO MONTEJO SANTOS

A Dios todopoderoso por permitirnos culminar esta carrera, por dotarnos de la sabiduría, fortaleza, motivación y discernimiento necesario para lograrlo.

A nuestro asesor, Msc. Manuel Montejo, por todo el conocimiento compartido a lo largo de éste trabajo de grado; por toda la paciencia, orientación, apoyo y comprensión que demostró en cada etapa de este proceso, sin ninguna duda fue el mejor asesor que pudimos tener. A pesar que termina esta etapa, esperamos que la amistad que nos brindó se siga fortaleciendo a lo largo del tiempo.

A nuestro jurado, Ing. Georgeth Rodríguez e Ing. Mario Fernández por cada observación, orientación y apoyo brindado, sus aportes fueron fundamentales para el desarrollo del presente estudio

A la Universidad de El Salvador y sus unidades, que por fortuna fueron la cuna forjadora de nuestro conocimiento profesional; gracias por cada lección aprendida, por cada amigo, compañero, docente y persona que nos permitiste conocer; gracias por todas las experiencias vividas.

A todas las empresas, instituciones y personas que colaboraron con el desarrollo de nuestro trabajo de grado, nuestros más sinceros agradecimientos a ustedes.

A nuestros familiares y seres queridos, pilar fundamental para el logro de este título, infinitas gracias por todo el apoyo incondicional, esfuerzo, motivación, orientación, consejos y sobretodo paciencia a lo largo de nuestra carrera.

¡Infinitas Gracias a todos!

Emy Hernández
Sara López
Lupita Sánchez

"DIOS CONCEDE LA VICTORIA A LA CONSTANCIA"

Simón Bolívar

Siempre imaginaba el día en el que me tocara escribir esto, leía otros agradecimientos y lloraba, ahora justo estoy llorando escribiéndolos, ojalá logre expresar todo mi sentir.

Desde siempre todos mis anhelos han tenido tu calor, tu cadencia y tu pasión Dios Todopoderoso, infinitas gracias te doy Padre; por haberme permitido recibir esta bendición.

Mi carrera inició cuando yo estaba por cumplir 13 años, no recuerdo el día exacto solo sé que ese día mi amado padre, Carlos Hernández se fue de mojado para los Estados Unidos(no era su primer intento), buscando la forma de darnos a mis hermanos y a mí; un futuro merecedor, una vida diferente a la que él ha tenido... y lo lograste papi, al fin terminamos la carrera!, es la más valiosa herencia que me has dejado, no me alcanzará la vida para agradecerte todo lo excelente padre que has sido para conmigo y mis hermanos...Eres el mayor ejemplo de esfuerzo, valentía y constancia que conozco, el mejor!. ¡Te admiro y te amo por siempre papá!

Ese mismo día mi madre, Ana Margarita Escalante, mi bendición del cielo también inició su viaje, asumió la responsabilidad de guiarnos por el buen y mejor camino siempre; gracias mami has sido el complemento perfecto a todo, lo has hecho y lo sigues haciendo maravillosamente bien. Gracias de especial manera por enseñarme a ser lo más independiente posible para hacer mis cosas. ¡Lo logramos! ¡Te amo por siempre mi mami bella, siempre estaré para ti!

De la manera más especial dedico éste logro a mi hermano Carlitos, tu tenías que ser el primero hermano; por circunstancias de la vida no se pudo, pero éste logro es tuyo hermano; gracias por todo lo bueno que has sido conmigo, te mereces lo mejor y le pido al Creador te bendiga en abundancia. ¡Te amo por siempre!

Luis Manuel, hermano mío, gracias por ayudarme y apoyarme en todo lo que lo que ha podido, imite y sobrepase de mí todo lo bueno. Mi compinche fiel usted es el siguiente... ¡Te amo por siempre Udo!

No sé ni cómo expresar todo lo que has significado en todo éste viaje mi amor, Fermín; gracias por ser mi apoyo incondicional en todo, te conocí aquí; gracias por venir a ser luz a mi vida, agradezco al Creador te haya puesto en mi camino, ¡Te amo por siempre mi Ted!

Gracias a todos mis familiares por sus oraciones en especial a mis abuelos: ¡Papa Méndez y Mis Mamatonas!

Mis Lupitas, Sarita y Rina el complemento y combinación perfecta de este trabajo de grado, me siento bendecida por haber hecho este viaje con ustedes; si tuviera que elegirlos de nuevo, lo haría sin pensarlo a pesar de los enojos silenciosos... todo obró para bien, éste es el resultado de nuestra constancia y deseos de superación; ¡y miren al fin terminamos la tesis!... gracias por todo. ¡Las amo por siempre!

Con mucha estima a todos mis docentes que de una u otra forma son parte de toda la formación obtenida, en especial admiración a mi asesor el Msc. Manuel Montejo por todo el conocimiento compartido, por su paciencia y apoyo, al Ing. Pedro Peñate y a Vanessa Polanco por toda la comprensión mientras terminaba el tg. ¡Gracias!

A todos, todos mis amigos, compañeros que, de alguna u otra forma, son parte de éste esfuerzo. Gracias a la Minerva, La Universidad de El Salvador, Te llevaré por siempre en mi corazón mi Alma Máter, ¡Gracias Totales!

¡Ha sido largo el viaje, pero al fin llegué... y sigo... y no quiero nada sin tu dirección Dios!

*¡Mira que te mando que te esfuerces y seas valiente; no temas ni desmayes, porque el Creador tu Dios estará contigo en dondequiera que vayas!
Josué 1:9*

Con Agradecimiento Eterno

Emy Hdz

AGRADECIMIENTOS

FIL 4:13

Parece que fue ayer cuando empecé a escribir este versículo en cada hoja en la que repasaba o hacía resúmenes para mis parciales y ahora estoy acá escribiéndola a punto de terminar esta etapa de mi vida, sin duda la más trascendental, la cual no puedo terminar sin agradecerles:

A Dios y a María Auxiliadora, por permitirme llegar a esta etapa, gracias por que con su amor infinito me han acompañado desde el primer día, mis palabras nunca bastarán para agradecer todas las bendiciones que he recibido a lo largo de este camino.

A mis padres, Carlos y Maritza, porque no pude pedir mejores padres a la vida! Por todo el apoyo que me brindaron. Papi porque siempre que necesite su apoyo estuvo a mi lado y las siete palabras siempre aparecían cuando tenía algún problema o salía algún inconveniente en mis trabajos, amo mucho; Mami porque cada noche que me acompañaste en mis desvelos, cada consejo y guía las voy a guardar en mi corazón, porque me demostraste que con honradez, trabajo duro y de la mano de Dios puedo mantener la frente en alto siempre, desde los pingüinitos hasta hoy que me preguntaste sobre la tesis todo eso lo guardo en mi corazón. Le pido a Dios que me dé la oportunidad de devolver cada bendición que ustedes me han dado a lo largo de mi vida, especialmente durante mis estudios universitarios.

A Charlie porque usted me inspira cada día, gracias por todo el apoyo que me dio en cuestiones de diseño, cuando le consultaba algo y me daba ideas o le pedía diseños con tiempos inverosímiles; pero más importante aún me permitió mejorar nuestra relación y descubrir muchas cosas que tenemos en común, gracias por eso, lo amo mucho y ya sabe que titi... Por cierto también Sam, porque literalmente desde que nació se desveló conmigo trabajando, porque ha visto risas y llantos y siempre ha estado junto a mí, llenándome de alegría y amor.

A mis abuelitos – Lidia, Lety, Leonel y Vicente- que en gloria de Dios estén y demás familiares, por darme a mis padres y por dejarme un legado de esfuerzo y trabajo que me ha sido transmitido desde que aprendí a leer en el kínder hasta este día. A Tuti porque aún con su edad me cuidó con amor, usted es mi quinta abuelita y siempre agradeceré el temor de Dios y el amor a la cocina que me inculcó.

A mi Ale, porque vos me inspirás a ser mejor ser humano cada día, vos sos la persona que incluso cuando yo no creía en mi me ayudaste a levantarme y seguir adelante; siempre agradeceré a Dios todo lo que pasé antes de conocerte porque me preparó para la maravilla de persona que sos. Gracias por ser mi mejor amigo, por tu apoyo incondicional y comprensión, por los momentos divertidos serios y de reflexión, por hacerme amar la tierra del olvido, por cada experiencia vivida en nuestros viajes y por el más importante que nos falta hacer. $\rho = a(1 + \cos \theta)$ con $D = \{+\infty, -\infty\}$.

A mis compañeras de tesis Emy y Rina, niñas gracias por todo durante este camino; sé que no fue fácil pero agradezco su trabajo arduo, su amistad y paciencia (enserio por eso ultimo mil gracias) tuve el mejor equipo que pude pedir y espero que nuestra amistad perdure en el tiempo, a mi asesor, el ingeniero Manuel Montejó por todo el apoyo durante el trabajo de grado, porque fue más que un asesor fue un amigo, créame que valoraré cada consejo dado, cada llamado de atención y cada detalle que usted tuvo con nosotras, que Dios o bendiga infinitamente a usted y su familia.

Finalmente, a mi querida Universidad, a mis catedráticos y a todos mis amigos, a las niñas: Kro, Medri y Gaby Rosa, a mis amigos de ASEII, a los que conocí durante el EMI 2016 y a aquellas personas que conocí a lo largo de la carrera por darme momentos y aprendizaje que me marcaron como persona, y ayudaron a crecer, siempre los llevaré en mi mente y corazón.

Gracias Totales
Sarix

"Claro que está pasando dentro de tu cabeza, pero ¿por qué iba a significar eso que no es real?"
Albus Dumbledore

AGRADECIMIENTOS

"No es imposible, solo difícil"
Dr. Víctor Hope
El hacedor de ángeles

Al creador de los cielos y la tierra, al todopoderoso, al salvador de mi vida, al único y verdadero Dios; todas las cosas fueron creadas por él y para él, a él sea la gloria y la honra.

Agradezco a Rina Esperanza Campos de Sánchez y José Jaime Sánchez Cruz mis padres quienes han dedicado su vida a mi formación personal y profesional, con todo su amor y esfuerzo me han provisto de todo lo necesario durante mi formación académica, esta meta es de ellos. Mis hermanos Pablo Sánchez y Daniel Sánchez, con quienes compartimos la vida en familia.

Agradezco María Clemencia Amaya de Campos (Q.D.E.P.) a mi abuela quien se sentía muy orgullosa de mí y ahora lo estaría más; a toda la familia Campos, mis tías, tíos y primos con quienes hemos vivido los mejores momentos y quienes han confiado totalmente en mí, recuerdo con mucho cariño todas sus contribuciones y palabras oportunas para seguir en este camino.

A Carlos Ricardo mi novio, quien ha compartido muchos de sus conocimientos durante esta investigación y ha contribuido en gran manera en la gestión de muchos elementos presentes en este trabajo de grado, además de todas sus atenciones y cariño.

Mis amigos, la familia que uno escoge, todos han contribuido de gran manera a alcanzar esta meta Adriana, Karen, Liliana, Guadalupe, Erlinda y Christian, su ayuda oportuna ha sido fundamental para la culminación de mi carrera, gracias a ellos he logrado este triunfo.

Al Liceo Cristiano Reverendo Juan Bueno, la institución que me formo desde muy pequeña, sus valores y consejos me han acompañado a lo largo de mi vida. Agradezco a la Universidad de El Salvador, la casa de la sabiduría, donde he aprendido a aprender, me mostro la realidad nacional con el propósito de cambiarla, espero algún día retribuir un poco de todo lo que la Universidad de El Salvador me ha dado.

A Emy Hernández y Sarita López mis compañeras de tesis, la dedicación y esfuerzo durante estos años comienzan a dar su fruto, hemos formado un vínculo de por vida, tenemos muchas historias por contar y muchas otras por vivir.

Al Msc. Manuel Montejo mi asesor, por compartir sus conocimientos, su enorme paciencia y toda su colaboración durante el proceso del trabajo de grado.

GRACIAS TOTALES
Lupita Sánchez

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	XXIII
ÍNDICE DE ESQUEMAS.....	XXVIII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: GENERALIDADES DEL ESTUDIO.....	3
1.1. OBJETIVOS DEL ESTUDIO.....	4
1.1.1 OBJETIVO GENERAL.....	4
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
1.2. ALCANCES Y LIMITACIONES.....	7
1.2.1 ALCANCES.....	7
1.2.2 LIMITACIONES.....	8
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	9
1.4. RESULTADOS ESPERADOS.....	13
1.4.1 RESULTADOS.....	13
1.4.2 EFECTOS.....	13
1.4.3 IMPACTOS.....	13
1.5. CONTRAPARTE.....	14
1.6. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO.....	14
1.6.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	15
1.6.2 FUENTES DE INFORMACIÓN.....	15
CAPÍTULO II: DIAGNÓSTICO.....	17
2.1. METODOLOGÍA GENERAL DE DIAGNÓSTICO.....	18
2.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	19
2.1.2. FUENTES DE INFORMACIÓN.....	19
2.1.3. ESTUDIO DE MERCADO CONSUMIDOR.....	20
2.1.4. ESTUDIO DE MERCADO COMPETIDOR.....	20
2.1.5. ESTUDIO DE MERCADO ABASTECEDOR.....	20

2.2.	MARCO REFERENCIAL	21
2.2.1.	MARCO CONCEPTUAL.....	22
2.2.2.	MARCO HISTÓRICO	39
2.2.3.	MARCO CONTEXTUAL	54
2.2.4.	MARCO TEÓRICO.....	80
2.2.5.	MARCO LEGAL.....	97
2.3.	ANÁLISIS DE VIABILIDAD DE MERCADO	102
2.4.	ESTUDIO DEL MERCADO CONSUMIDOR	102
2.4.1.	METODOLOGÍA DEL ESTUDIO DEL MERCADO CONSUMIDOR	102
2.4.2.	SELECCIÓN PRELIMINAR DE LOS SERVICIOS A OFERTAR.....	109
2.4.3.	CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LOS SERVICIOS.....	118
2.4.4.	SELECCIÓN DE LOS SERVICIOS.....	119
2.4.5.	CARACTERIZACIÓN DEL MERCADO CONSUMIDOR	127
2.4.6.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS DEL MERCADO CONSUMIDOR 129	
2.4.7.	RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS	150
2.4.8.	CONCLUSIONES Y HALLAZGOS DE LA INVESTIGACIÓN DE MERCADO CONSUMIDOR.....	183
2.5.	ESTUDIO DE MERCADO ABASTECEDOR.....	188
2.5.1.	METODOLOGÍA DEL ESTUDIO DEL MERCADO ABASTECEDOR.....	189
2.5.2.	CARACTERIZACIÓN DEL MERCADO ABASTECEDOR	193
2.5.3.	FUENTES DE ABASTECIMIENTO.....	218
2.5.4.	INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS DEL MERCADO ABASTECEDOR	235
2.6.	ESTUDIO DEL MERCADO COMPETIDOR.....	244
2.6.1.	METODOLOGÍA DEL ESTUDIO DEL MERCADO COMPETIDOR.....	245
2.6.2.	DISEÑO DE HERRAMIENTAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	249

2.6.3.	CARACTERIZACIÓN DEL MERCADO COMPETIDOR.....	250
2.6.4.	RESULTADOS DE ENTREVISTAS A COMPETIDORES DIRECTOS.....	271
2.6.5.	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LAS ENTREVISTAS	273
2.6.6.	CONCLUSIONES MERCADO COMPETIDOR	275
2.7.	CANALES DE DISTRIBUCIÓN Y MEDIOS DE PROMOCIÓN	279
2.7.5.	MEDIOS DE PROMOCIÓN	279
2.8.	CONCLUSIONES DE VIABILIDAD DE MERCADO.....	282
2.9.	DIAGNÓSTICO	284
2.9.1	DISEÑO DE LA SOLUCIÓN.....	284
CAPITULO III: DISEÑO		317
3.1.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN DE LA ETAPA DE DISEÑO	318
3.1.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	319
3.1.2.	FUENTES DE INFORMACIÓN.....	319
3.2.	ESTIMACIÓN DE DEMANDA PARA LOS SERVICIOS DE LABORATORIO DE FABRICACIÓN DIGITAL.....	322
3.2.1.	ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA DEL SEGMENTO ESTUDIANTES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL.....	323
3.2.2.	PROYECCIÓN DE DEMANDA PARA SEGMENTO DE ESTUDIANTES DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN MODALIDAD PRESENCIAL.....	340
3.2.3.	CÁLCULO DE LA DEMANDA PARA SEGMENTO DE ESTUDIANTES DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN MODALIDAD A DISTANCIA.....	342
3.2.4.	PROYECCIÓN DE DEMANDA PARA SEGMENTO DE ESTUDIANTES DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN MODALIDAD A DISTANCIA.....	347
3.3.	ESTIMACIÓN TOTAL DE LA DEMANDA DE SERVICIOS DE FABRICACIÓN DIGITAL.....	349
3.4.	ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA DE SECTOR EMPRESAS DE MANUFACTURA	

3.5.	RESUMEN DE LA DEMANDA.....	355
3.6.	TAMAÑO DEL PROYECTO	357
3.6.1.	FACTORES QUE INFLUYEN EN LA DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DEL PROYECTO	357
3.6.2.	DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DEL PROYECTO	359
3.7.	LOCALIZACIÓN	362
3.7.1.	METODOLOGÍA PARA LA LOCALIZACIÓN DEL LABORATORIO.....	362
3.7.2.	MACROLOCALIZACIÓN	363
3.7.3.	CARACTERÍSTICAS DE LA MACROLOCALIZACIÓN.....	364
3.7.4.	MICROLOCALIZACIÓN	367
3.8.	INGENIERÍA DEL PROYECTO	374
3.8.1.	METODOLOGÍA DE LA INGENIERÍA DEL PROYECTO.....	374
3.8.2.	DESCRIPCIÓN DE LOS SERVICIOS DEL LABORATORIO DE FABRICACIÓN DIGITAL	376
3.8.3.	REQUERIMIENTOS DE MAQUINARIA Y EQUIPO.....	381
3.8.4.	SOLUCIÓN INTEGRADA	417
3.8.5.	CARACTERÍSTICAS MATERIAS PRIMAS, SUMINISTROS E INSUMOS	425
3.8.6.	DETERMINACIÓN DEL PERIODO DE PRODUCCIÓN.....	431
3.8.7.	PLANIFICACIÓN DE LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS.....	434
3.8.8.	DISEÑO DE PROCESOS.....	463
3.8.9.	DISTRIBUCIÓN EN PLANTA	469
3.8.10.	CÁLCULO DE CIRCUITO DE ALUMBRADO Y FUERZA	483
3.8.11.	PLAN DE MANTENIMIENTO	486
3.9.	ORGANIZACIÓN DEL PROYECTO	488
3.9.1.	ENTORNO LEGAL DEL PROYECTO.....	488
3.9.2.	ORGANIZACIÓN.....	494

3.10.	SISTEMAS DE APOYO	524
3.10.1.	SISTEMA DE HIGIENE Y SEGURIDAD PARA EL LABORATORIO DE FABRICACIÓN DIGITAL DE LA EII	524
3.10.2.	METODOLOGÍA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS EN EL LABORATORIO DE FABRICACIÓN DIGITAL	525
3.10.3.	APLICACIÓN DEL MÉTODO DE CHECK LIST PARA IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS	526
3.10.4.	IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS.....	534
3.10.5.	PLAN DE EMERGENCIA Y EVACUACIÓN PARA EL LABORATORIO DE FABRICACIÓN DIGITAL DE LA FIA UES.....	535
3.10.6.	ANÁLISIS Y PROPUESTAS PARA EL LABORATORIO.....	549
3.10.7.	GUÍAS DE TRABAJO	558
CAPITULO IV: ESTUDIO ECONÓMICO.....		595
4.1.	METODOLOGÍA DEL ESTUDIO ECONÓMICO	596
4.2.	INVERSIONES DEL PROYECTO	598
4.2.1.	INVERSIÓN FIJA	599
4.2.2.	CAPITAL DE TRABAJO	613
4.2.3.	RESUMEN DE LA INVERSIÓN FIJA TOTAL DEL LABORATORIO DE FABRICACIÓN DIGITAL	621
4.3.	FINANCIAMIENTO DEL PROYECTO	622
4.3.1.	FUENTES DE FINANCIAMIENTO.....	622
4.3.2.	PROCESO GENERAL PARA SOLICITAR LA AYUDA DE UN ENTE COOPERANTE INTERNACIONAL.....	623
4.3.3.	PROCESO PARA SOLICITAR AYUDA DE UN ENTE COOPERANTE ESTABLECIDO POR EL MINISTERIO DE RELACIONES EXTERIORES DE EL SALVADOR.....	624
4.4.	COSTOS DEL PROYECTO.....	627
4.4.1.	CLASIFICACIÓN DE LOS COSTOS	627

4.4.2. ESTRUCTURA DE COSTOS A UTILIZAR PARA EL LABORATORIO DE FABRICACIÓN DIGITAL	630
4.4.3. SISTEMA DE COSTOS APLICADO AL LABORATORIO DE FABRICACIÓN DIGITAL	631
4.4.4. COSTOS DE PRODUCCIÓN	632
4.4.5 COSTOS DE COMERCIALIZACIÓN	648
4.4.6 COSTOS DE ADMINISTRACIÓN	651
4.4.7 COSTOS FINANCIEROS	656
4.4.8 RESUMEN DE COSTOS TOTALES PARA EL LABORATORIO DE FABRICACIÓN DIGITAL	656
4.4.9 DETERMINACIÓN DE COSTOS FIJOS Y COSTOS VARIABLES DEL LABORATORIO.....	657
4.4.10 COSTO UNITARIO DE LOS PRODUCTOS.....	659
4.4. PRECIO DE VENTA.....	668
4.5. ESTIMACIÓN DE INGRESOS Y EGRESOS FUTUROS.....	670
4.5.1. INGRESOS FUTUROS	670
4.6. ESTIMACIÓN DE LOS EGRESOS.....	677
4.7. ESTIMACIÓN DE PÉRDIDAS Y GANANCIAS	678
4.8. FLUJO DE EFECTIVO	678
CAPITULO V: EVALUACIONES.....	680
5.1. EVALUACIÓN EX ANTE	681
5.2. EVALUACION ECONÓMICA DEL LABORATORIO	682
5.2.1. EVALUACIÓN DE PROYECOS SOCIALES ECONÓMICOS	682
5.2.2. EVALUACIÓN BENEFICIO – COSTO.....	682
5.3. EVALUACIÓN SOCIAL DEL PROYECTO.....	698
5.3.1. EDUCACIÓN.....	698
5.3.2. ECONOMIA.....	701

5.4.	EVALUACIÓN AMBIENTAL	704
5.4.1.	OBJETIVOS DE LA EVALUACIÓN AMBIENTAL	705
5.4.2.	CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES DE LA FIA-UES	705
5.4.3.	IDENTIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES.....	707
5.4.4.	EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES	708
5.4.5.	MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN Y ELIMINACIÓN DE LOS IMPACTOS.....	712
CAPITULO VI: ADMINISTRACION DEL PROYECTO		714
6.1.	OBJETIVO DE LA ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO	715
6.2.	ESTRUCTURA DE DESGLOCE DE TRABAJO (EDT)	716
6.3.	DESGLOSE ANÁLITICO	717
6.4.	POLITICAS Y ESTRATEGIAS DE EJECUCIÓN	719
6.5.	DICCIONARIO EDT.....	722
6.6.	RED DEL PROYECTO	724
6.7.	PLAN DE IMPLEMENTACIÓN	725
6.8.	PRESUPUESTO DE ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO	727
CONCLUSIONES		728
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		731
GLOSARIO TÉCNICO		743
ANEXOS.....		745
ANEXO I: CATEGORÍAS DE CLASIFICACIÓN PARA EMPRESAS		745
ANEXO II: PRESENTACIÓN AUXILIAR PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN DE MERCADO CONSUMIDOR		745
ANEXO III: UNIDADES ECONÓMICAS REGISTRADAS PERTENECIENTES AL SECTOR MANUFACTURA A NIVEL NACIONAL QUE PUEDEN INCORPORAR TECNOLOGÍAS DE FABRICACIÓN DIGITAL.....		756
ANEXO IV: INFORMACIÓN REQUERIDA PARA EL CÁLCULO DE DEMANDA DE SERVICIOS DE FABRICACIÓN DIGITAL.....		756

ANEXO V: FORMATO DE SOLICITUD DE COMPRAS A TRAVÉS DEL FONDO CIRCULANTE	758
ANEXO VI: FORMATO DE ELABORACIÓN DEL PLAN DE COMPRAS	759
ANEXO VII: COTIZACIONES DE MAQUINARIA Y EQUIPO PROPUESTA 1.....	760
ANEXO VIII: COTIZACIONES DE MAQUINARIA Y EQUIPO PROPUESTA 2.....	777
ANEXO IX: COTIZACIONES DE MAQUINARIA Y EQUIPO PROPUESTA 3.....	782
ANEXO X: COTIZACIONES EQUIPOS INFORMATICOS.....	789
ANEXO XI: PLANOS DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA LFD	797
ANEXO XII: PRESUPUESTO PARA REALIZACIÓN DE ESPECIFICACIONES DE OBRA CIVIL.....	800
ANEXO XIII: COSTO DE SOFTWARE.....	807
ANEXO XIV: COSTO DE SOFTWARE OFFICE HOGAR Y EMPRESAS 2016.....	807
ANEXO XV: TABLA DE VIDA ÚTIL DE LOS BIENES FÍSICOS DEL ACTIVO INMOVILIZADO, SERVICIO DE IMPUESTOS INTERNOS, EXISTENTES AL 01/01/2003	808
ANEXO XVI: INSCRIPCIÓN DE ALUMNOS PARA LA CARERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL PERIODO 2013 -2016.....	809

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Plan de Estudios de la Carrera de Ingeniería Industrial-Plan 1998.....	62
Tabla 2 Población estudiantil de la carrera de Ingeniería Industrial año 2016.....	62
Tabla 3 Descripción de la Carrera de Ingeniería industrial según Plan de estudios 2017	66
Tabla 4 Asignaturas técnicas electivas del nuevo plan de estudios 2017.....	69
Tabla 5 Definición y clasificación de las empresas en El Salvador.....	71
Tabla 6 Clasificación según institución investigada.....	72
Tabla 7 Servicios ofrecidos por Fablabs en laboratorios de Iberoamérica.....	120
Tabla 8 Servicios ofrecidos por Makerspaces y Hackerspaces en Latinoamérica.....	121
Tabla 9 Consolidado de servicios ofrecidos por Makerspaces y Hackerspaces en la región Iberoamericana.....	122
Tabla 10 Servicios de fabricación digital ofrecidos por centros de educación superior y especializada.....	122
Tabla 11 Tabla de frecuencias totales de servicios ofrecidos de fabricación digital ofrecidos en el mercado.....	123
Tabla 12 Ponderación de criterios de preselección de servicios	124
Tabla 13 Puntuación total y porcentajes de frecuencia para servicios de fabricación digital ofertados en el mercado	125
Tabla 14 Segmentación de Mercado Consumidor: Empresas Manufactureras	128
Tabla 15 Segmentación de Mercado Consumidor: Personal Académico Relacionado al ambiente de operación de los Laboratorios de Fabricación digital	129
Tabla 16 Matriz de congruencia para el cuestionario para empresas manufactureras	133
Tabla 17 Matriz de congruencia para el cuestionario para planta docente de la Escuela de Ingeniería Industrial del la Universidad de El Salvador	139
Tabla 18 Matriz de congruencia para el cuestionario para expertos en la enseñanza de técnicas de fabricación digital	142
Tabla 19 Criterios de selección para individuos a entrevistar en el mercado consumidor ...	149

Tabla 20 Empresas entrevistadas en el desarrollo de estudio de mercado consumidor.....	152
Tabla 21 Principales productos o servicios expresados por las empresas consultadas	154
Tabla 22 Precios de la competencia conocidos por las empresas entrevistadas	167
Tabla 23 Personal docente de la EII convocado a taller de análisis de mercado consumidor	171
Tabla 24 Áreas de formación, unidades y materias que permiten la enseñanza de TFD	175
Tabla 25 Expertos en la enseñanza de tecnologías de fabricación digital entrevistados.....	177
Tabla 26 Experiencia laboral de los expertos en enseñanza de fabricación digital consultados	177
Tabla 27 Información recolectada en el desarrollo de consulta a expertos en al enseñanza de TFD	180
Tabla 28 Selección de materias de la carrera de ingeniería industrial que pueden hacer uso de los servicios del laboratorio de fabricación digital.....	184
Tabla 29 Clasificación de impresoras 3D	204
Tabla 30 Resumen pregunta 1.....	237
Tabla 31 Resumen pregunta 2.....	238
Tabla 32 Resumen pregunta 3.....	239
Tabla 33 Resumen pregunta 4.....	240
Tabla 34 Resumen pregunta 5.....	241
Tabla 35 Cuestionario para entrevista a competidores directos	250
Tabla 36 Competidores directos e indirectos	253
Tabla 37 Competidor indirecto-Grupo Barón.....	266
Tabla 38 Competidor indirecto-Grupo Sarti.....	267
Tabla 39 Competidor Indirecto-TSD maquinados Industriales El Salvador	268
Tabla 40 Competidor Indirecto- Talleres Moldtrok.....	268
Tabla 41 Competidor indirecto-Grupo Delpin	269

Tabla 42 Competidor indirectos-Talleres mecánicos industriales	271
Tabla 43 Resultados de entrevistas a competidores indirectos	273
Tabla 44 Análisis de los resultados de las entrevistas	275
Tabla 45 Ponderación de servicios según selección realizada por mercado consumidor....	289
Tabla 46 Puntuación de los servicios de fabricación digital en base a la selección de los segmentos del mercado consumidor	289
Tabla 47 Ponderación de servicios según selección realizada por mercado consumidor....	290
Tabla 48 Puntuación de los servicios de fabricación digital en base a la oferta de mercado competidor	290
Tabla 49 Ponderación de servicios según selección realizada por mercado consumidor....	291
Tabla 50 Puntuación de los servicios de fabricación digital en base a la selección de los segmentos del mercado consumidor	292
Tabla 51 Ponderación de servicios según selección localización de proveedor	292
Tabla 52 Ponderación de servicios según disponibilidad de maquinaria	293
Tabla 53 Ponderación de servicios según periodo de entrega de maquinaria y equipo	293
Tabla 54 Puntuación de los servicios de fabricación digital en base a la selección de los segmentos del mercado consumidor	294
Tabla 55 Ponderación de servicios según periodo de abastecimiento de materias primas .	295
Tabla 56 Puntuación de los servicios de fabricación digital en base a la selección de los segmentos del mercado consumidor	295
Tabla 57 Cuadro resumen de las ponderaciones de los servicios de fabricación digital en evaluación	296
Tabla 58 Servicios según ponderación otorgada a partir de los criterios de evaluación	297
Tabla 59 Ponderación máxima a obtener en evaluación por puntos	297
Tabla 60 Servicios y procesos de fabricación digital seleccionados.....	298
Tabla 61 Asignación de pesos por factores para la evaluación de alternativas de solución	304
Tabla 62 Ponderación de alternativas según su facilidad de implementación	305

Tabla 63 Puntuación obtenida por alternativas según facilidad de implementación	305
Tabla 64 Ponderación de alternativas según el criterio de crecimiento programado	306
Tabla 65 Puntuación obtenida por alternativas según posibilidad de crecimiento programado	306
Tabla 66 Ponderación de alternativas según el criterio de crecimiento programado	307
Tabla 67 Puntuación obtenida por alternativas según posibilidad de crecimiento programado	307
Tabla 68 Ponderación de alternativas según la compatibilidad con programas de la EII.....	308
Tabla 69 Puntuación según número de aspectos en evaluación cumplidos.....	309
Tabla 70 Evaluación de alternativas según la compatibilidad con programas de la EII	309
Tabla 71 Puntuación obtenida por alternativas según compatibilidad con programas de la EII	310
Tabla 72 Puntuación de alternativas según criterios de evaluación	310
Tabla 73 Puntuación final de alternativas de solución.....	311
Tabla 74 Materias de la carrera de ingeniería industrial que permite el uso y enseñanza de TFD	324
Tabla 75 Periodo de culminación de estudios en modalidad presencial.....	327
Tabla 76 Niveles de deserción en modalidad presencial.....	327
Tabla 77 Número de estudiantes y grupos de trabajo por asignatura	328
Tabla 78 Tiempo promedio requerido para la realización de proyectos empelando tecnologías de fabricación digital	328
Tabla 79 Número de proyectos sugeridos para asignar a estudiantes	329
Tabla 80 Número de horas para suplir la demanda de servicios del LFD por materia por grupo de laboratorio.....	330
Tabla 81 Horas requeridas por materia por ciclo del LFD para la población estudiantil presencial	331
Tabla 82 Número de estudiantes y grupos de trabajo por asignatura	333

Tabla 83 Tiempo promedio requerido para la realización de proyectos empleando tecnologías de fabricación digital	334
Tabla 84 Número de proyectos sugeridos para asignar a estudiantes	334
Tabla 85 Porcentaje de alumnos que harán uso de los servicios del LFD en proyectos ex aula	335
Tabla 86 Número de horas para suplir la demanda de servicios del LFD por materia por grupo de laboratorio.....	336
Tabla 87 Total de horas requeridas de uso del LFD por materia para la población estudiantil presencial	337
Tabla 88 Cuadro resumen de la demanda de horas de servicio de laboratorio de fabricación digital para las cátedras de ingeniería industrial.....	338
Tabla 89 Demanda de horas de servicio por tipo de tecnología para el laboratorio de fabricación digital	340
Tabla 90 Proyección de la demanda de los servicios de laboratorio de fabricación digital .	341
Tabla 91 Periodo de culminación de estudios en modalidad presencial.....	342
Tabla 92 Niveles de deserción en modalidad a distancia.....	343
Tabla 93 Cupos por asignatura para la modalidad de educación a distancia	344
Tabla 94 Demanda de los servicios de fabricación digital en modalidad a distancia	344
Tabla 95 Demanda de horas de servicio del laboratorio de fabricación digital para las cátedras de la carrera de ingeniería industrial –modalidad a distancia	346
Tabla 96 Ciclo de incorporación de enseñanza de cátedras de la carrera de ingeniería industrial	347
Tabla 97 Demanda de horas al año por materia	348
Tabla 98 Proyección de la demanda de los servicios de laboratorio de fabricación digital .	349
Tabla 99 Estimación de la demanda de servicios de fabricación digital para el segmento de población estudiantil	349
Tabla 100 Rubros de manufactura que pueden ser posibles usuarios de los servicios del laboratorio de fabricación digital de la EII.....	350

Tabla 101 Unidades económicas registradas pertenecientes al sector manufactura en análisis a nivel nacional.....	351
Tabla 102 Duración de servicios de fabricación digital para empresas de manufactura.....	353
Tabla 103 Proyección de la demanda de los servicios de laboratorio de fabricación digital.....	354
Tabla 104 Demanda total de servicios de fabricación digital.....	355
Tabla 105 Proyección de la demanda anual de los sectores de interés del laboratorio de fabricación digital.....	360
Tabla 106 Análisis de incidencia de mercado consumidor en la macrolocalización del laboratorio de fabricación digital.....	367
Tabla 107 Asignación de peso por factores para la evaluación de la macrolocalización.....	369
Tabla 108 Escala de calificación para la microlocalización.....	369
Tabla 109 Calificación de alternativas de según grado de cumplimiento de criterios de selección.....	373
Tabla 110 Calificación de alternativas según microlocalización.....	373
Tabla 111 Productos módulo programación y electrónica.....	412
Tabla 112 Productos AUTODESK.....	420
Tabla 113 Asignación de peso a características de impresión 3D.....	421
Tabla 114 Asignación de peso a características de escaneo 3D.....	422
Tabla 115 Escala de calificación para las propuestas.....	422
Tabla 116 Puntuación Impresora 3D.....	423
Tabla 117 Puntuación Escáneres 3D.....	424
Tabla 118 Factores para el establecimiento del tiempo normal de trabajo.....	431
Tabla 119 Días de asueto remunerado en la universidad de El Salvador.....	432
Tabla 120 Periodo de paro a los procesos del laboratorio.....	433
Tabla 121 Número de laboratorios sugeridos a desarrollar por materia.....	435
Tabla 122 Cálculo de requerimientos de materia prima para el desarrollo de los laboratorios de las asignaturas de la carrera de ingeniería industrial.....	443

Tabla 123 Demanda de MP para atender los segmentos de demanda a TF.....	445
Tabla 124 Servicios a empresas.....	449
Tabla 125 Servicios a estudiantes.....	450
Tabla 126 Pronóstico de venta a 10 años.....	450
Tabla 127 UBPP 10 años.....	451
Tabla 128 Demanda de horas al año para servicios.....	461
Tabla 129 Hoja de requerimientos área administrativa.....	470
Tabla 130 Hoja de requerimientos módulo de impresión.....	470
Tabla 131 Hoja de requerimientos módulo escaneo.....	471
Tabla 132 Hoja de requerimientos área de almacenaje.....	471
Tabla 133 Hoja de requerimientos módulo de trabajo.....	471
Tabla 134 Hoja de requerimientos área de diseño.....	471
Tabla 135 Hoja de requerimientos área de expansiones.....	472
Tabla 136 Hoja de requerimientos área de recepción.....	472
Tabla 137 Cuadro resumen de hojas de requerimiento de áreas.....	472
Tabla 138 Cuadro de proximidad.....	473
Tabla 139 Cuadro de motivos.....	473
Tabla 140 Tabla de actividades relacionadas del laboratorio.....	474
Tabla 141 Metodología para la Organización del Proyecto.....	488
Tabla 142 Accionar de la Ley de Educación Superior referente a la implementación del laboratorio de fabricación digital.....	489
Tabla 143 Accionar de la Ley Orgánica de la UES en la implementación del laboratorio de fabricación digital.....	491
Tabla 144 Funciones Unidad de Dirección de la Escuela de Ingeniería Industrial.....	498
Tabla 145 Funciones Unidad de Dirección del laboratorio de Fabricación Digital.....	500
Tabla 146 Funciones unidad de asesoramiento estudiantil.....	500

Tabla 147 Puestos de trabajo del laboratorio de fabricación digital.....	501
Tabla 148 Proceso estratégico del accionar de la junta directiva	506
Tabla 149 Proceso estratégico del accionar de la planeación financiera.....	506
Tabla 150 Proceso estratégico del accionar de proyección institucional	507
Tabla 151 Proceso estratégico promoción del laboratorio.....	507
Tabla 152 Proceso estratégico del accionar de la EII.....	507
Tabla 153 Proceso clave de orientación a usuarios	508
Tabla 154 Proceso clave de la gestión de compras	508
Tabla 155 Proceso Clave de la administración de proyectos	509
Tabla 156 Proceso clave investigación, innovación y desarrollo del Laboratorio de Fabricación Digital	509
Tabla 157 Proceso clave de la gestión de promoción y ventas de servicios del laboratorio de fabricación digital.....	509
Tabla 158 Proceso clave de la gestión del mantenimiento.....	510
Tabla 159 Proceso de apoyo de Comité de Higiene y Seguridad Industrial de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.....	510
Tabla 160 Proceso de apoyo de la Sub-Unidad de proyección Social de la EII.....	511
Tabla 161 Proceso de apoyo Centro del Fomento de la Innovación y emprendimiento UES	511
Tabla 162 Proceso de apoyo planta docente de la EII	511
Tabla 163 Formato para la documentación de capacitaciones.....	519
Tabla 164 Codificación de procedimientos a desarrollar en el laboratorio de fabricación digital	521
Tabla 165 Codificación de formatos a utilizar en procesos del laboratorio de fabricación digital	522
Tabla 166 Codificación de Procedimientos	522
Tabla 167 Codificación de formatos.....	524

Tabla 168 Caracterización del salón de consultas de la EII	539
Tabla 169 Señalización de mapa de riesgos.....	540
Tabla 170 Dimensiones de área en análisis.....	550
Tabla 171 Niveles de iluminación dentro del laboratorio	553
Tabla 172 Modelos de luminarias propuestas.....	554
Tabla 173 Cotización de luminarias	554
Tabla 174 Extintores propuestos para el laboratorio de fabricación digital	555
Tabla 175 Señalización propuesta para el laboratorio de fabricación digital	557
Tabla 176 Inversión de obra civil	600
Tabla 177 Inversión de maquinaria y equipo de producción.....	602
Tabla 178 Inversión de equipo y herramientas de manejo de producto terminado.....	603
Tabla 179 Inversión de equipo y materiales de higiene y seguridad	603
Tabla 180 Inversión instrumentos de limpieza	604
Tabla 181 Inversión de maquinaria y equipo de producción.....	604
Tabla 182 Mobiliario y equipo de oficina	605
Tabla 183 Inversión fija tangible del proyecto	606
Tabla 184 Inversión en investigación y estudios previos.....	609
Tabla 185 Inversión de la administración del proyecto.....	610
Tabla 186 Inversión Fija Intangible del proyecto	611
Tabla 187 Inversión total del proyecto	612
Tabla 188 Inventario de materia prima para el primer mes de trabajo.....	614
Tabla 189 Monto de los materiales directos para el primer mes de trabajo.....	615
Tabla 190 Pago de salarios mensual	616
Tabla 191 Consumo mensual de energía de la maquinaria y equipo del laboratorio de fabricación digital.....	617
Tabla 192 Consumo de energía para el alumbrado del laboratorio de fabricación digital....	617

Tabla 193 Consumo mensual de energía eléctrica para el laboratorio de fabricación digital	618
Tabla 194 Cargo por suministro de energía	618
Tabla 195 Monto por consumo de energía al mes para el LFD	618
Tabla 196 Consumo estimado de agua y tarifa de alcantarillado	618
Tabla 197 Insumos para el área administrativa	619
Tabla 198 Total de efectivo para el capital de trabajo	620
Tabla 199 Capital de trabajo del Laboratorio de Fabricación digital	620
Tabla 200 Inversión para la implementación del laboratorio de fabricación digital	621
Tabla 201 Costo de mano de obra directa para el laboratorio de fabricación digital	634
Tabla 202 Costos de mano de obra anual para el laboratorio de fabricación digital (año 1)	634
Tabla 203 Costos anuales de mano de obra directa, años 1 al 10	634
Tabla 204 Costo anual de materia prima (año 1)	635
Tabla 205 Costos anuales de materia prima, años 1 al 10	635
Tabla 206 Costo anual de materiales directos (año 1)	636
Tabla 207 Costos anuales de materiales directos, años 1 al 10	636
Tabla 208 Consumo mensual de energía eléctrica para maquinaria del laboratorio	637
Tabla 209 Consumo mensual de energía para alumbrado eléctrico del laboratorio	638
Tabla 210 Consumo de energía eléctrica años 1 y 3	638
Tabla 211 Consumo anual de energía para el año 1	639
Tabla 212 Consumo anual de energía eléctrica, año 1 al 10	639
Tabla 213 Consumo mensual de agua	639
Tabla 214 Consumo anual de agua para el laboratorio de fabricación digital	639
Tabla 215 Valores máximos de vida útil permitidos por la ley de impuesto sobre la renta .	640
Tabla 216 Depreciación anual de maquinaria de producción	641

Tabla 217 Depreciación acumulada de maquinaria y mobiliario de producción, años 1 al 10	641
Tabla 218 Depreciación de mobiliario de producción año 1	642
Tabla 219 Depreciación acumulada para el mobiliario de producción, años 1 al 10.....	642
Tabla 220 Depreciación de equipo y herramientas de manejo de producto terminado.....	643
Tabla 221 Depreciación acumulada para equipo de manejo de producto terminado, años 1 al 10	643
Tabla 222 Depreciación de equipo de higiene y seguridad	644
Tabla 223 Depreciación anual de equipo de higiene y seguridad, años 1 al 10	645
Tabla 224 Costos anuales, equipo e instrumentos de limpieza	646
Tabla 225 Costos anuales de equipo e instrumentos de limpieza, años 1 al 10.....	646
Tabla 226 Resumen semestral costos anuales de depreciación de maquinaria y equipo año 1	647
Tabla 227 Costos anuales de producción para el LFD, años 1 al 10.....	647
Tabla 228 Depreciación de mobiliario y equipo de comercialización.....	649
Tabla 229 Costos acumulados de mobiliario y equipo de comercialización años 1 al 10	649
Tabla 230 Costos de material publicitario para el laboratorio	650
Tabla 231 Costos acumulados de material publicitario, años 1 al 10	650
Tabla 232 Depreciación de mobiliario administrativo	652
Tabla 233 Depreciación de equipo administrativo.....	652
Tabla 234 Depreciación acumulada de mobiliario administrativo, años 1 al 10.....	652
Tabla 235 Depreciación acumulada de equipo administrativo, años 1 al 10	653
Tabla 236 Costos de suministros administrativos	653
Tabla 237 Costos acumulados de equipo y mobiliario de administración, años 1 al 10.....	654
Tabla 238 Amortización de intangibles para el LFD	654
Tabla 239 Amortización anual de intangibles, años 1 al 10.....	655

Tabla 240 Resumen de costos administrativos para el año 1 LFD.....	655
Tabla 241 Costos de administración anuales para el laboratorio de fabricación digital, años 1 al 10.....	655
Tabla 242 Resumen de costos totales del proyecto para el año 1	656
Tabla 243 Resumen de costos totales para al laboratorio de fabricación digital, años 1 al 10	657
Tabla 244 Costos fijos y variables para el laboratorio de fabricación digital, años 1 al 10...	658
Tabla 245 Funciones y operaciones administrativas comunes al laboratorio	660
Tabla 246 Asignación de costos de comercialización para servicios del LFD	660
Tabla 247 Demanda de horas de servicio anuales para el laboratorio de fabricación digital	661
Tabla 248 Porcentaje de participación ajustado para los servicios del LFD	662
Tabla 249 Asignación de costos por rubro para cada servicio del LFD	662
Tabla 250 Demanda de servicios en modalidad del LFD modalidad presencial.....	663
Tabla 251 Demanda total de servicios de fabricación digital a ofertar en el laboratorio.....	664
Tabla 252 Demanda total anual de servicios de fabricación digital	665
Tabla 253 Costos fijos y variables para el servicio de escaneo 3D, años1 al 10.....	666
Tabla 254 Costos fijos y variables para el servicio de escaneo 3D, años 1 al 10.....	666
Tabla 255 Costos fijos y variables para el servicio de impresión 3D, años 1 al 10.....	667
Tabla 256 Costos unitarios anuales para los servicios de fabricación digital.....	667
Tabla 257Costos unitarios por servicio a ofertar en el LFD.....	667
Tabla 258 Costo Unitario de servicio	669
Tabla 259 Precio de venta de los servicios del Laboratorio de Fabricación Digital.....	669
Tabla 260 Inflación de precios proyectada en los siguientes 10 años.....	670
Tabla 261 Demanda de servicios de impresión 3D para estudiantes año 1	671
Tabla 262 Demanda de servicios de diseño 3D para estudiantes año 1	671

Tabla 263 Demanda de servicios de escaneo para estudiantes año 1.....	672
Tabla 264 Demanda de servicios del sector estudiante para los próximos 10 años.....	672
Tabla 265 Proyecciones de ventas de servicios del LFD	673
Tabla 266 Ingresos por ventas año 1	674
Tabla 267 Estimación de ingresos por ventas por servicios de impresión 3D para 10 años	674
Tabla 268 Estimación de ingresos por ventas por servicios de escaneo 3D para 10 años..	675
Tabla 269 Estimación de ingresos por ventas por servicios de diseño 3D para 10 años.....	675
Tabla 270 Estimación de ingresos futuros para el laboratorio para 10 años.	676
Tabla 271 Estimación de egresos futuros para el laboratorio de fabricación digital.....	677
Tabla 272 Estimación de las pérdidas y ganancias para el laboratorio de fabricación digital para 10 años.....	678
Tabla 273 Flujo neto de efectivo para el laboratorio de fabricación digital.....	679
Tabla 274 Ingreso por ventas	685
Tabla 275 Ahorro para estudiantes por realizar servicios de impresión 3D en el LFD EII ...	686
Tabla 276 Ahorro para estudiantes por realizar servicios de escaneo 3D en el LFD EII	687
Tabla 277 Ahorro para estudiantes por realizar servicios de diseño 3D en el LFD EII	687
Tabla 278 Ahorro para empresas por realizar servicios de impresión 3D en el LFD EII	688
Tabla 279 Ahorro para empresas de manufactura por realizar servicios de escaneo 3D en el LFD EII	689
Tabla 280 Ahorro para empresas por realizar servicios de diseño 3D en el LFD EII.....	690
Tabla 281 Ahorro en viáticos percibido por estudiantes al realizar servicios en el LFD EII .	691
Tabla 282 Alumnos que reciben formación digital al final de la carrera de ingeniería industrial	692
Tabla 283 Ahorro por recibir formación en TDF dentro de la universidad de El Salvador....	693
Tabla 284 Salarios según áreas de trabajo no relacionadas con la fabricación digital	693
Tabla 285 Salario percibido por estudiantes en áreas relacionadas a la fabricación digital.	694

Tabla 286 Valor generado en el perfil del estudiante de la EII	694
Tabla 287 Beneficios de la implementación y funcionamiento del laboratorio de fabricación digital de la EII	695
Tabla 288 Costos del laboratorio de fabricación digital	696
Tabla 289 Costos totales del LFD de la EII	696
Tabla 290. Matrícula 2017 Universidad de El Salvador, modalidad en Línea.....	699
Tabla 291 Estudiantes de la Carrera de Ingeniería industrial beneficiados con el Laboratorio de Fabricación Digital.....	700
Tabla 292 Número de Establecimiento y personal ocupado MYPIMES	703
Tabla 293 Criterio gravedad.....	708
Tabla 294 Criterio extensión	709
Tabla 295 Criterio severidad	709
Tabla 296 Criterio importancia	710
Tabla 297 Criterio duración.....	710
Tabla 298 Puntuación de criterios.....	711
Tabla 299 Determinación del VIA.....	711
Tabla 300 Diccionario EDT	723
Tabla 301 Presupuesto ADP.....	727
Tabla 302 El Salvador: categorías de empresas según personal e ingresos brutos.....	745
Tabla 303 Unidades económicas registradas pertenecientes al sector manufactura registradas a nivel nacional	756
Tabla 304 Formato elaboración de un Plan de Compras según la FIA	758
Tabla 305 Formato solicitud de compra a través de fondo circulante.....	759
Tabla 306 Tabla de vida útil de los bienes físicos del activo inmovilizado	808
Tabla 307 Matricula para la Facultad de Ingeniería y Arquitectura Ciclo I 2013	809
Tabla 308 Matricula para la Facultad de Ingeniería y Arquitectura Ciclo II 2013	809

Tabla 309 Matricula para la Facultad de Ingeniería y Arquitectura Ciclo I 2014	809
Tabla 310 Matricula para la Facultad de Ingeniería y Arquitectura Ciclo II 2014	810
Tabla 311 Matricula para la Facultad de Ingeniería y Arquitectura Ciclo I 2015	810
Tabla 312 Matricula para la Facultad de Ingeniería y Arquitectura Ciclo II 2015	810
Tabla 313 Matricula para la Facultad de Ingeniería y Arquitectura Ciclo I 2016	810

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Diferentes tipos de placas electrónicas. De derecha a izquierda: Arduino y Raspberry Pi.....	35
Ilustración 2 Impresora 3D junto a modelo digital e Impresión 3D de la Torre Eiffel.....	111
Ilustración 3 Plotter de corte de vinilo	111
Ilustración 4 Router CNC de dos cabezales.....	112
Ilustración 5 Fresadora CNC de 5 ejes	113
Ilustración 6 Cortadora Láser.....	113
Ilustración 7 Grabado Láser.....	114
Ilustración 8 Scanner 3D.....	115
Ilustración 9 Termo formado industrial de plástico	116
Ilustración 10 Logo GIMP	195
Ilustración 11 Logo Photoshop.....	196
Ilustración 12 Logo MyPaint.....	196
Ilustración 13 Logo Illustrator	197
Ilustración 14 Logo FreeCAD.....	197
Ilustración 15 Logo SketchUp	198
Ilustración 16 Logo Autodesk 123D	200
Ilustración 17 Logo SolidWorks.....	200
Ilustración 18 Autodesk Inventor	201

Ilustración 19 Logo Autodesk AutoCAD	202
Ilustración 20 Logo Maya	202
Ilustración 21 Logo CorelDRAW	203
Ilustración 22 Impresión por FDM	205
Ilustración 23 Piezas dentales	207
Ilustración 24 Placa con corte láser	208
Ilustración 25 Dibujo de placa	208
Ilustración 26 Placa de Arduino	213
Ilustración 27 Logo TEUBICO	219
Ilustración 28 Ubicación tienda TEUBICO.....	220
Ilustración 29 Página web TEUBICO	220
Ilustración 30 Arduinos TEUBICO.....	221
Ilustración 31 Logo REPLIKAT	222
Ilustración 32 Logo IPESA	224
Ilustración 33 Ubicación IPESA	225
Ilustración 34 Página Web IPESA.....	225
Ilustración 35 Logo STRATASYS.....	226
Ilustración 36 Logo CNC QSA	227
Ilustración 37 Página Web CNC QSA	228
Ilustración 38 Página Web CRCIBERNETICA	230
Ilustración 39 Impresoras 3D	231
Ilustración 40 Tarjeta presentación de Contacto	232
Ilustración 41 Página Web	232
Ilustración 42 Series de Impresores.....	233
Ilustración 43 Series de Escáneres.....	234

Ilustración 44 Series de Softwares.....	234
Ilustración 45 Logo asociación FabLab El Salvador.....	253
Ilustración 46 Página web UES.....	280
Ilustración 47 Fan Page Escuela de Ingeniería Industrial FIA UES.....	280
Ilustración 48 Fan Page Centro de Fomento de la Innovación y el Emprendimiento CEFIE	281
Ilustración 49 Facultad de Ingeniería y Arquitectura	367
Ilustración 50 Opción de microlocalización 1: Área frente a la Escuela de Ingeniería Industrial	370
Ilustración 51 Opción de microlocalización 2: Laboratorio de Tecnología Industrial	371
Ilustración 52 Opción de microlocalización 3: Salón de consultas de la EII.....	372
Ilustración 53 Impresora 3D junto a modelo digital e Impresión 3D de la Torre Eiffel.....	376
Ilustración 54 Fresadora CNC de 5 ejes	378
Ilustración 55 Cortadora Láser.....	378
Ilustración 56 Scanner 3D.....	380
Ilustración 57 Logo AUTOCAD	388
Ilustración 58 Logo SOLIDWORKS.....	395
Ilustración 59 Vista frontal.....	397
Ilustración 60 Vista lateral	398
Ilustración 61 Logo Inventor Autodesk.....	404
Ilustración 62 Soporte de carril y yunque de engrapadora de tipo pesado desarrollada para la cátedra tecnología industrial III	436
Ilustración 63 Formato de registro de control de inventario	448
Ilustración 64 Áreas que conforman la distribución en planta del LFD	481
Ilustración 65 Lámpara fluorescenet de 36 W	483
Ilustración 66 Formato de solicitud de servicios para el LFD.....	515
Ilustración 67 Importancia del plan de emergencia	536

Ilustración 68 Ejes de Acción de la seguridad e higiene en el trabajo	537
Ilustración 69 Desarrollo lógico de un plan de evacuación	538
Ilustración 70 Mapa de riesgos del laboratorio de fabricación digital de la Escuela de Ingeniería Industrial Universidad de El Salvador	541
Ilustración 71 Ruta de evacuación para el laboratorio de fabricación digital.....	543
Ilustración 72 Croquis del área para realizar el análisis de iluminación	549
Ilustración 73 Distribución de puntos para toma de datos de iluminación.....	551
Ilustración 74 Proceso de diseño e impresión 3D	571
Ilustración 75 Scanner 3D.....	572
Ilustración 76 De izq. A derecha y de arriba abajo: Modelo creado, modelo con malla, detalle de la malla y objeto impreso.	576
Ilustración 77 Entorno de Repetier.....	578
Ilustración 78 Entorno de Cura	583
Ilustración 79 Tipos de visualización de objetos en CURA.....	584
Ilustración 80 Tipos de adhesión a plataforma	586
Ilustración 81 Tipos de relleno	588
Ilustración 82 Ajuste de brillo para el escaneo de un objeto: sin ajuste y con ajuste.	590
Ilustración 83 Ajuste de contraste para el escaneo de un objeto: sin ajuste y con ajuste.	591
Ilustración 84 Ajuste de contraste para el escaneo de un objeto: sin ajuste y con ajuste.	591
Ilustración 85 Pilares del desarrollo sostenible.....	704
Ilustración 86 Logo UNA UES.....	705
Ilustración 87 Presentación auxiliar para recolección de información – Inicio	745
Ilustración 88 Presentación auxiliar para recolección de información – Objetivo General de la investigación.....	746
Ilustración 89 Presentación auxiliar para recolección de información – Objetivo del instrumento a presentar	746

Ilustración 90 Presentación auxiliar para recolección de información – Definición de Fabricación Digital	747
Ilustración 91 Presentación auxiliar para recolección de información – Clasificación de las tecnologías de fabricación digital	747
Ilustración 92 Presentación auxiliar para recolección de información – Definición y corrientes de los laboratorios de fabricación digital	748
Ilustración 93 Presentación auxiliar para recolección de información – Laboratorios de fabricación digital en El Salvador	748
Ilustración 94 Servicios de fabricación y producción preseleccionados: Impresión 3D y Corte de vinil	749
Ilustración 95 Servicios de fabricación y producción preseleccionados: Impresión 3D y Corte de vinil	750
Ilustración 96 Servicios de fabricación y producción preseleccionados: Fresado CNC y Grabado Láser.....	750
Ilustración 97 Servicios de fabricación y producción preseleccionados: Escaneo 3D y termo formado	751
Ilustración 98 Servicios de consultoría preseleccionados: Asesoría en el desarrollo de proyectos interactivos y asesoría en el desarrollo de productos usando fabricación digital.	751
Ilustración 99 Servicios de consultoría preseleccionados: Registro de marcas, diseños y patentes y diseño de procesos	752
Ilustración 100 Servicios de consultoría preseleccionados: Alquiler de espacios	752
Ilustración 101 Servicios educativos preseleccionados: Cursos de formación en TFD y Artesanía digital	753
Ilustración 102 Metodología de preselección de servicios: Centros de Educación Superior consultados a nivel nacional	753
Ilustración 103 Metodología de preselección de servicios: Laboratorios de Fabricación Digital a nivel iberoamericano.....	754
Ilustración 104 Metodología de preselección de servicios: Servicios de Fabricación Digital ofertados a nivel Iberoamericano.....	754

Ilustración 105 Metodología de preselección de servicios: Preguntas de análisis	755
Ilustración 106 Metodología de preselección de servicios: Servicios de Fabricación Digital ofertados a nivel Iberoamericano	755

ÍNDICE DE ESQUEMAS

Esquema 1 Metodología Etapa de Diagnóstico.....	18
Esquema 2 Conectividad de la MIPYMES Salvadoreñas clasificadas por número de empleados	47
Esquema 3 Serie trimestral del porcentaje de empresas en El Salvador que invierten en computadoras, software y maquinaria de producción	48
Esquema 4 Serie trimestral del porcentaje de empresas en El Salvador que invierten en software clasificadas por tamaño	49
Esquema 5 Serie trimestral del porcentaje de empresas en El Salvador que invierten en software clasificadas por rama de actividad económica	49
Esquema 6 Uso de computadoras en las empresas en El Salvador	50
Esquema 7 Estructura Organizativa de la Escuela de Ingeniería Industrial.....	60
Esquema 8 Líneas estratégicas Escuela de Ingeniería Industrial 2011-2017.....	63
Esquema 9 Metodología de estudio del mercado consumidor de los servicios de fabricación digital	104
Esquema 10 Porcentaje acumulado para los servicios de fabricación digital	126
Esquema 11 Empresas consultadas y nivel de respuesta	153
Esquema 12 Empresas que poseen un área o departamento dedicado a la innovación y desarrollo.....	155
Esquema 13 Proceso de desarrollo de nuevos productos en el sector manufactura.....	155
Esquema 14 Inclusión de prototipado en procesos de desarrollo de nuevos productos.....	156
Esquema 15 Empresas interesadas en desarrollar nuevos productos o mejorar procesos empleando TFD	157

Esquema 16 Conocimiento de las tecnologías de fabricación digital	157
Esquema 17 Tecnologías de fabricación digital más conocidas por las empresas consultadas	158
Esquema 18 Otras tecnologías de fabricación digital conocidas.....	159
Esquema 19 Conocimiento de los beneficios de la aplicación de TFD en las empresas.....	159
Esquema 20 Beneficios de la aplicación de TFD	160
Esquema 21 Uso de las tecnologías de fabricación digital en las empresas consultadas ...	161
Esquema 22 Tecnologías de fabricación digital empleadas.....	161
Esquema 23 Tecnologías de fabricación digital contratadas por medio de outsourcing	162
Esquema 24 Existencia de procesos productivos que permitan la incorporación de TFD ...	162
Esquema 25 Procesos que permiten su incorporación en los procesos productivos de las empresas.....	163
Esquema 26 Capacidad de las empresas para incorporar tecnologías de fabricación digital a sus procesos productivos	164
Esquema 27 Capacidad de las empresas para incorporar tecnologías de fabricación digital a sus procesos productivos	165
Esquema 28 Disponibilidad incorporar TFD a través del laboratorio de fabricación digital de la EII.....	165
Esquema 29 Posicionamiento de la competencia en el mercado consumidor de TFD.....	166
Esquema 30 Establecimientos de la competencia conocidos por el mercado consumidor de TFD	166
Esquema 31 Conocimiento de precios y tarifas de la competencia por servicios prestados	167
Esquema 32 Conocimiento de precios y tarifas de la competencia por servicios prestados	168
Esquema 33 Conocimiento de precios y tarifas de la competencia por servicios prestados	168
Esquema 34 Pago de servicios adquiridos seleccionado por las empresas consultadas	169
Esquema 35 Medios de contacto con el laboratorio de fabricación digital seleccionado por las empresas consultadas.....	170

Esquema 36 Disposición de empresas a formar parte del programa de SSE	170
Esquema 37 Personal docente de la EII convocado para realizar taller de análisis de mercado consumidor	172
Esquema 38 Áreas de la currícula que permiten la incorporación de la enseñanza de las TFD	173
Esquema 39 Tecnologías que pueden implementarse en la formación de ingenieros industriales dentro de la EII.....	176
Esquema 40 Experiencia laboral de los expertos en enseñanza de fabricación digital consultados	178
Esquema 41 Tecnologías de fabricación digital con mayor demanda en el mercado según expertos consultados.....	181
Esquema 42 Metodología de Investigación de Mercado Abastecedor	191
Esquema 43 Series STRATASYS.....	227
Esquema 44 Metodología estudio de mercado competidor.....	245
Esquema 45 Servicios generalmente ofrecidos por la competencia.....	277
Esquema 46 Canal distribuidor	279
Esquema 47 Servicios a ofertar en el laboratorio de fabricación digital de la EII.....	287
Esquema 48 Servicios a ofertar en el laboratorio de fabricación digital de la EII.....	299
Esquema 49 Ingeniería del proyecto.....	313
Esquema 50 Tamaño del proyecto	314
Esquema 51 Localización del Proyecto	314
Esquema 52 Organización del Laboratorio	315
Esquema 53 Sistemas de Apoyo	315
Esquema 54 Metodología General Etapa de Diseño	318
Esquema 55 Metodología de la Ingeniería del Proyecto	374
Esquema 56 Agrupación de Módulos	380
Esquema 57 Impresora 3D y sus elementos.....	385

Esquema 58 Escáner 3D y sus elementos.....	389
Esquema 59 Impresora 3D MAKERBOT REPLICATOR.....	391
Esquema 60 Escáner 3D y sus elementos.....	396
Esquema 61 Impresora 3D LulzBot TAZ 6.....	399
Esquema 62 Impresora 3D	402
Esquema 63 Escáner 3D	405
Esquema 64 Fresadora CNC.....	407
Esquema 65 Cortadora Láser	409
Esquema 66 Fases del módulo asesoría	413
Esquema 67 Solución integrada	425
Esquema 68 Análisis de actividades de espacios.....	474
Esquema 69 Diagrama de bloques adimensionales	475
Esquema 70 Esquema inicial de distribución en planta.....	475
Esquema 71 Hoja de requerimiento de áreas	477
Esquema 72 Primera aproximación de distribución en planta.....	478
Esquema 73 Propuesta para distribución en planta del LFD.....	479
Esquema 74 Vista en planta de la distribución planta propuesta para el laboratorio de fabricación digital.....	480
Esquema 75 Estructura Organizativa del laboratorio de Fabricación Digital	498
Esquema 76 Procedimientos asociados a los procesos del laboratorio de fabricación digital	512
Esquema 77 Procedimiento para la atención del usuario.....	514
Esquema 78 Contenido de una guía de trabajo para prácticas de laboratorio que hagan uso del laboratorio de fabricación digital.....	558
Esquema 79 Contenido de una guía de trabajo para prácticas de laboratorio que hagan uso del laboratorio de fabricación digital, continuación	559

Esquema 80 Procedimiento de impresión 3D	573
Esquema 81 Metodología de estudio económico.....	596
Esquema 82 Clasificación de la inversión de un proyecto.....	598
Esquema 83 Clasificación de capital de trabajo de un proyecto.....	613
Esquema 84 Composición de los costos de producción	632
Esquema 85 Costos de administración.....	651
Esquema 86 Criterios financieros y no financieros de evaluación de proyectos.....	681
Esquema 87 Áreas de beneficio social sobre las que incide el proyecto.....	698
Esquema 88 Beneficios a la economía por el Laboratorio de Fabricación Digital.....	701
Esquema 89 Sistema de reciclaje.....	712
Esquema 90 Procedimiento de limpieza	713
Esquema 91 Estructura de Desglose de Trabajo	716
Esquema 92 Red implementación del proyecto	724
Esquema 93 Programación más temprana	725
Esquema 94 Programación más tardía	726

INTRODUCCIÓN

La Escuela de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador conforme a su desarrollo como institución de educación superior, se ha visto sometida a ciertas transformaciones o evoluciones conforme al avance tecnológico y científico del país, así como también conforme a las tendencias mundiales de desarrollo; esto con el fin de formar profesionales íntegros y capaces de enfrentar un ambiente laboral altamente competitivo. Bajo este contexto la escuela de Ingeniería Industrial está en un proceso de cambio curricular, por lo cual se implementará un nuevo plan de estudios, el cual será actualizado y mejorado conforme a una serie de análisis que un grupo de profesionales expertos en la carrera han realizado. Uno de los proyectos que se apegan a esta transformación es el de la implementación de un Laboratorio de Fabricación Digital, el presente trabajo de grado denominado: Análisis de factibilidad de la implementación de un Laboratorio de Fabricación Digital en la Escuela de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

El documento contiene en primera instancia las generalidades del proyecto, como lo son alcances y limitaciones, objetivos, antecedentes, el planteamiento del problema general la justificación del desarrollo del proyecto y la metodología general que se emplea durante todo el desarrollo de la investigación, esto con el fin de limitar y describir el enfoque del estudio.

Se encuentra además la etapa de diagnóstico en la cual se busca determinar los requerimientos de los consumidores, la oferta de los posibles proveedores, el accionar de la competencia entre otros aspectos que brindaran ideas para formar líneas estratégicas que se siguen en el desarrollo del proyecto.

La investigación concerniente a los consumidores se realiza mediante el estudio de mercado consumidor, en la cual se consideran dos actores principales, las empresas y los estudiantes de la Universidad de El Salvador. Se realiza una investigación de campo con respecto al mercado competidor, mediante visitas a las diversas instalaciones donde se encontraban la competencia ya sea directa o indirecta, en estas visitas se realizaron entrevistas, si bien se enunciaron una serie de preguntas correlativas, la experiencia se desarrolla de una manera más abierta. Con estas experiencias se obtienen ideas claras acerca del funcionamiento actual en el país de este tipo de espacios, se observan los métodos de trabajo y se conocen otros aspectos de interés al montar un Laboratorio de Fabricación Digital.

Se conoce la oferta que proporciona tanto el mercado nacional como internacional en cuanto a la maquinaria, equipo y materias primas necesarias para el funcionamiento de un laboratorio de fabricación digital, esto se conoce mediante la investigación de campo en visitas de posibles proveedores.

El desarrollo de la etapa de diseño conlleva todo lo relacionado a los requerimientos de implementación para el proyecto, tomando como base los datos e información procesada en la etapa de diagnóstico, se procede a concretar ideas, especificaciones, requerimientos y todas aquellas características que se desea posea el Laboratorio. Se elabora la localización, lo que consiste en dar opciones o propuestas de ubicaciones de las instalaciones del proyecto, esto dependerá de los factores considerados como incidentes en la localización del proyecto, se somete a una valoración para dar la mejor propuesta.

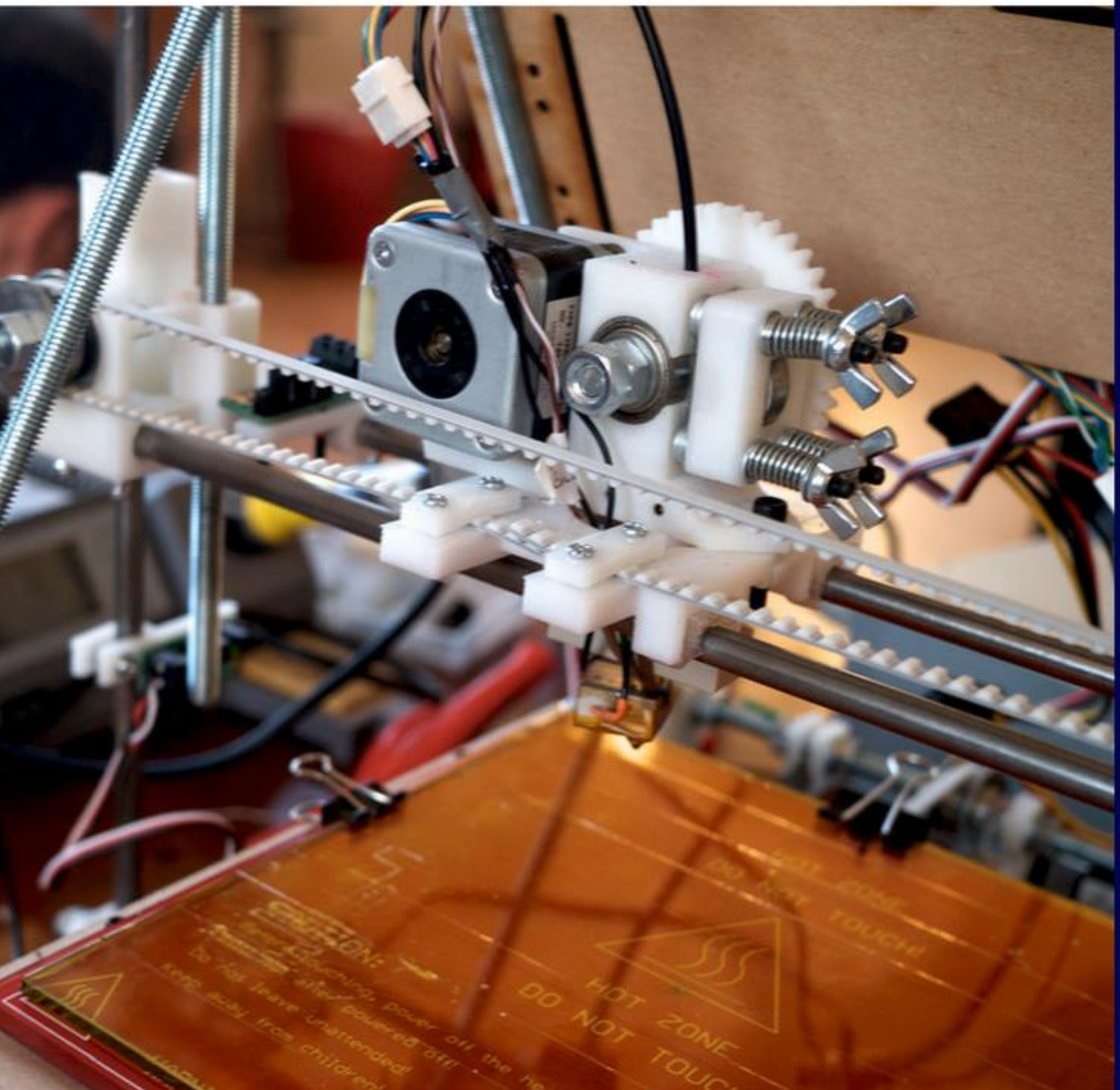
La ingeniería del proyecto es otra de las partes principales de la etapa de diseño es acá donde se da vida a la formación de la funcionalidad de las operaciones del proyecto, se determina la maquinaria y equipo, las características de la materia prima, se planea la prestación de servicios que contendrá el Laboratorio, además de brindar la distribución en planta y los sistemas de apoyo con los que contará el proyecto, para el presente estudio se consideran como sistemas de apoyo a higiene y seguridad industrial y un programa de guías de apoyo a los usuarios del Laboratorio de Fabricación Digital.

Se elabora la organización del proyecto, que contiene todos los aspectos concernientes a la forma en cómo se estructura el Laboratorio, se describen las funciones e interacciones entre usuarios y personal. Se elabora la Gestión de la Administración del Proyecto, lo que proporciona una visión clara y resumida sobre los procesos administrativos concernientes al Laboratorio de Fabricación Digital.

Para culminar el trabajo de grado, se desarrolla la etapa de evaluaciones, en la cual se encuentra tres principales evaluaciones fundamentales para la ejecución del proyecto, éstas son la financiera, económica y social. Además, se elabora la parte de Administración del Proyecto donde se desglosan las actividades a seguir para implementar el proyecto en sus fases.

GENERALIDADES DEL ESTUDIO

Capítulo I



1.1. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1.1.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar si existe la factibilidad de la implementación de un Laboratorio de Fabricación Digital en la Escuela de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador para el desarrollo de novedosas competencias estudiantiles y empresariales en El Salvador.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

DIAGNÓSTICO OBJETIVO GENERAL

Identificar a través de la información obtenida del estudio de mercado la necesidad de implementación de un laboratorio de fabricación digital en la Escuela de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador, que fomente la investigación y desarrollo involucrando este tipo de tecnologías, potenciando el crecimiento económico del país.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Estimar el nivel de aceptación de los servicios de fabricación digital en los segmentos analizados en el mercado consumidor.
2. Identificar las áreas curriculares de la carrera de Ingeniería Industrial que permita la implementación de tecnologías de fabricación digital.
3. Identificar las estrategias metodológicas y recomendaciones de enseñanza expuestas por el personal docente de la Escuela de Ingeniería Industrial, así como de expertos en la enseñanza del uso de tecnologías de fabricación digital de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, que aporte guías claves para el diseño del laboratorio de fabricación digital.
4. Seleccionar las tecnologías a implementar en el Laboratorio de Fabricación Digital de la Escuela de Ingeniería Industrial, en base a los resultados obtenidos en el estudio del mercado consumidor, mercado competidor y mercado abastecedor.
5. Establecer la caracterización de los competidores directos e indirectos del Laboratorio de Fabricación Digital, identificando factores como: servicios ofertados por la competencia, los medios de promoción y publicidad, estándares de precios,

localización para trazar líneas guías para el laboratorio de Fabricación Digital en la Escuela de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador

6. Identificar los posibles proveedores para el diseño del laboratorio de fabricación digital, así como la modalidad de abastecimiento de dichos proveedores.
7. Establecer las bases para la conceptualización del diseño del laboratorio de fabricación digital que permita dar la mejor solución a la problemática planteada
8. Identificar los principales canales de distribución, medios de promoción y publicidad por los que se daría a conocer el laboratorio de fabricación digital.

DISEÑO

OBJETIVO GENERAL

Establecer la factibilidad técnica de la implementación del laboratorio de fabricación digital a partir del diseño de su estructura organizativa, administrativa y productiva en respuesta a las necesidades del sector manufactura y del sector estudiantil de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador identificadas en la etapa de diagnóstico.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar la demanda de los servicios de fabricación digital ofertados por el Laboratorio de Fabricación Digital, que muestran los estudiantes de la Universidad de El Salvador de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Escuela de Ingeniería Industrial, tanto en modalidad presencial como en modalidad distancia y al sector empresarial del país.
2. Definir el tamaño del proyecto de implementación del Laboratorio de Fabricación Digital.
3. Analizar la propuesta óptima de adquisición de maquinaria y equipo para el Laboratorio de Fabricación Digital, tomando en consideración los requerimientos encontrados en la etapa de diagnóstico.
4. Elaborar la distribución en planta para el posicionamiento físico de los elementos que conformaran el Laboratorio de Fabricación Digital.
5. Planificar la organización bajo la cual el Laboratorio de Fabricación Digital ejecutará su funcionalidad, mostrando los principales elementos que influirán al correcto desarrollo de las actividades propuestas para el Laboratorio.
6. Establecer la gestión de la administración del proyecto, tomando en consideración las líneas estratégicas, misionales y de apoyo que afectaran el Laboratorio.

EVALUACIONES

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la factibilidad económica, financiera, ambiental y social derivada de la implementación del Laboratorio de Fabricación Digital en la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Justificar los tipos de evaluación a desarrollar en el análisis de implementación del proyecto.
2. Definir los requerimientos de inversión, sistema de costos y parámetros de rentabilidad del Laboratorio de Fabricación Digital en la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador que estipulen la factibilidad económica y financiera de su ejecución.
3. Efectuar un análisis de los efectos sociales que implicaría la puesta en marcha del Laboratorio de Fabricación Digital a partir de una base de datos estadísticos.
4. Valorar el impacto ambiental generado a partir de la actividad productiva generada en el Laboratorio de Fabricación Digital.

1.2. ALCANCES Y LIMITACIONES

1.2.1 ALCANCES

El estudio se enfoca al desarrollo del diseño de un Laboratorio de Fabricación Digital con un enfoque de misión meramente académico y no como un laboratorio con visión de auto sostenibilidad.

Se investigará a través de fuentes secundarias de información acerca de los laboratorios de fabricación digital presentes en las universidades de la región centroamericana, con el objeto de aportar ideas a la creación de un laboratorio en El Salvador; además de los laboratorios de producción digital internacionales con el fin de identificar los avances en materia de innovación.

Se obtendrán datos de fuentes primarias de investigación con respecto a laboratorios de producción presentes en el país en empresas y universidades, ya sean de fabricación digital, o que estén ligados a la innovación y tecnologías nuevas de fabricación; con el fin de obtener lineamientos sobre los tipos de procesos de producción más demandados en la industria salvadoreña.

Con el desarrollo de la investigación se pretende proporcionar la propuesta óptima a la selección de maquinaria y equipo adecuados para el laboratorio de producción digital de la Universidad de El Salvador.

Se diseñará a nivel de planta, una propuesta de laboratorio de fabricación digital para la Universidad de El Salvador que incluye planos de distribución en planta, eléctricos, entre otros.

Con el desarrollo de la investigación se establecerán lineamientos para el desarrollo de guías de trabajo dentro de las cátedras que permitirán la ejecución del laboratorio de fabricación digital durante la formación del industrial en la Universidad de El Salvador.

El estudio abarcará la etapa de organización, estableciendo políticas, procesos y métodos de trabajo que guíen las actividades del laboratorio.

1.2.2 LIMITACIONES

El tiempo destinado para la realización del estudio es de nueve meses, el cual es muy corto debido a que las etapas en que se desglosa el estudio son de un contenido extenso y de análisis particular para cada una.

El recurso económico es limitado, para la realización del estudio se cuenta con financiamiento propio, por lo tanto, se tienen restricciones.

Debido a la situación social actual del país, se tiene la limitante de visitas a diversas industrias que cuenta con tecnologías de fabricación digital que se encuentran en zonas de alto riesgo.

La negativa de diversas instituciones ya sean de tipo educativas o empresas a brindar información sobre las tecnologías de fabricación digital que utilizan o sobre sus laboratorios.

Las pruebas necesarias en la etapa técnica de uso de hardware y software diversos, se dejaron de manera opcional para realizarse en otros estudios, con motivo que no fue posible la realización de estas por falta de recursos.

1.3. JUSTIFICACIÓN

La historia registra la primera revolución industrial en los años de 1820 y 1840 donde se da un proceso de transformación económico, social y tecnológico representado por la utilización de máquinas industriales que funcionaban a vapor, con el fin de lograr la producción de bienes y servicios que mejoraran el nivel y calidad de vida de las personas; luego se da una segunda revolución industrial entre los años de 1870 y 1914 las principales aportaciones en la industria fueron las nuevas fuentes de energía como el gas, petróleo y electricidad, además de la creación de nuevos sistemas de transporte y comunicación. Actualmente se habla de una tercera revolución industrial, en la que se enfoca a la utilización de energías 100% renovables, conocimientos que se comparten en todo el mundo de forma instantánea, movimientos como el internet de las cosas y producción personalizada al alcance de grandes masas por medio de máquinas de fabricación digital y prototipado rápido; esta revolución plantea una oportunidad tan trascendental como lo fue la primera revolución industrial en su época, permitiendo a las personas no sólo satisfacer sus necesidades, sino también personalizar los objetos que cumplen esta función. Pero estas ventajas no sólo involucran a las personas de forma individual, sino también a las grandes empresas ya que con la producción digital se tiene la gran ventaja de la reducción de costos ya que con la misma inversión una empresa realiza para crear un solo prototipo, en un laboratorio de fabricación digital se pueden desarrollar miles de otros prototipos (Gerschenfeld, 2014).

El Salvador ha experimentado cada una de estas revoluciones, si bien no es un país con alto nivel de desarrollo tecnológico, es evidente la evolución en materia de tecnologías de fabricación empleadas en las diferentes industrias. Según datos del Banco Mundial, en el año 2011 El Salvador mostraba una tasa de crecimiento del PIB (Producto Interno Bruto) del 2.2%, para el año 2012 el país registró un crecimiento del 1.9%, en el año de 2013 se registra 1.8% y en el año 2014 se tuvo un 2.0%. Uno de los sectores que muestra mayor estancamiento en su crecimiento es el sector industria manufacturera para el tercer trimestre del año 2014 muestra un PIB del 2.3% aumentando con respecto al tercer trimestre del año 2013 donde se tiene un PIB del 2.2%. El sector industrial representa para el PIB un 21% (Banco Mundial, 2016).

Los datos anteriores reflejan que el sector industria del país abarca un porcentaje significativo en la economía del país, sin embargo, a la vez experimenta un estancamiento en su crecimiento, lo cual redundará, entre muchas otras causas, en un bajo crecimiento del PIB. El

sector industrial debe experimentar una revolución para que se logre un verdadero crecimiento económico que venga no sólo a generar ganancias a los inversionistas; sino también que se genere una verdadera mejora en la calidad y estilo de vida de los salvadoreños en general

Bajo este panorama, los profesionales de la Ingeniería Industrial tienen por delante una serie de retos en materia de mejoras al sector industrial del país. Si bien es cierto la Ingeniería Industrial no se destaca únicamente en el sector de manufactura, en el país una buena parte de estos profesionales se desempeñarán en este rubro, por ello se debe fomentar una cultura de Innovación, Desarrollo, Investigación (i + D + I) y emprendedurismo en los profesionales, esto se logrará si se comience a propiciar desde la formación académica.

Lastimosamente la situación de la I+D+I en El Salvador es estática; el último informe de CEPAL “Examen de las Políticas de Ciencia, Tecnologías e Innovación” (2011) indica una preocupación generalizada en materia de calidad de instituciones científica, calidad de matemáticas, disponibilidad de científicos e ingenieros, patentes, entre otros aspectos. Es en este contexto que las universidades desempeñan el papel de centros de formación y desarrollo de conocimientos, trascendental para la construcción de una fuerza laboral a futuro de primer nivel en las áreas de tecnología e investigación.

En el año 2017 entrará en vigencia el nuevo plan de estudios de la carrera de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador, en respuesta al desarrollo tecnológico y al nuevo perfil profesional que demanda la industria. En el marco de la actualización curricular de la carrera de Ingeniería Industrial, se presenta la oportunidad de fomentar competencias en los estudiantes en materia de diseño asistido por computadora, con tecnologías de vanguardia respecto de las utilizadas por diferentes industrias a nivel nacional e internacional; además de impulsar el desarrollo de estas competencias, trabajar junto a otras iniciativas recientemente fundadas, como del Centro de Fomento de la Innovación y Emprendimiento, convertiría a la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador en el referente de educación superior en el área de tecnologías alternativas de fabricación, y también permitiría la formación de profesionales multifacéticos que sean agentes de cambio en su entorno.

El Análisis de factibilidad de la implementación de un laboratorio de fabricación digital en la Escuela de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador involucrará a cuatro grandes actores: la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador y a sus estudiantes, así como a la Universidad de El Salvador,

cuyos beneficios se verán más allá de la realización del presente estudio. En las fases de análisis de factibilidad e implementación se beneficiará de forma directa a la Escuela de Ingeniería Industrial, ya que se hará entrega de una propuesta de diseño de un centro de primer nivel que incentive el desarrollo de los estudiantes, de acuerdo al nuevo plan de estudios de la carrera de Ingeniería Industrial.

Además se beneficiará de forma indirecta a la Universidad de El Salvador, que según el Ranking Latinoamericano de Universidades creado por el grupo Quacquarelli Symonds (2015) se ubica en la posición 201 de 300 a nivel latinoamericano y segunda a nivel nacional, dicho ranking evalúa a través de puntuación aspectos como la percepción de los profesionales de la institución en el mercado laboral, factor docente-estudiante¹, artículos publicados por número de docentes e impacto de artículos científicos publicadas en internet; el proporcionar a la universidad una herramienta de desarrollo tecnológico abierta a la comunidad estudiantil y llevarla a ejecución aumentaría la competitividad del alma Mater en este tipo de evaluaciones, aumentando el nivel de competencias que sus estudiantes adquieren a lo largo de su carrera y permitiéndole tanto a su planta docente como a la comunidad estudiantil la investigación científica en áreas de fabricación digital, diseño de productos y fabricación alternativa; convirtiéndose en el cuarto laboratorio que ofrece tecnologías de fabricación digital en un centro de educación superior y el primero que ofrece a la comunidad la más amplia gama de herramientas y servicios de fabricación digital con enfoque social.

En la fase de ejecución se beneficiará de forma directa a los estudiantes de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura específicamente se cita a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial con una población y a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Mecánica con una población de 811 y 411 universitarios inscritos actualmente (Administración Académica FIA-UES, 2016), debido a que en estas carreras se emplea el diseño CAD (Diseño Asistido por Computadora) por su enfoque en la creación de nuevos productos, mejora de productos existentes, diseño de máquinas y además la utilización de hardware con microcontroladores para el desarrollo de proyectos de objetos interactivos. El Laboratorio de Fabricación Digital fomentará aptitudes de innovación, desarrollo, investigación, creatividad y otras a través de la práctica de técnicas de fabricación de vanguardia, creando una cultura de emprendimiento y generando un valor agregado a su currículo académico.

¹ Factor docente-estudiante: Coeficiente del número de docentes a tiempo completo empleados con relación al número de estudiantes a tiempo completo registrados

El Salvador cuentan con 512,142 micro y pequeñas empresas; de los cuales 15,777 son pequeñas empresas y 496,365 son micro empresas (Gochez, 2016); con respecto al enfoque social que se dará al laboratorio de Fabricación Digital A largo plazo, la industria salvadoreña se verá beneficiada al poseer una cartera de profesionales con más y mejores habilidades y competencias a nivel de diseño y fabricación de productos.

Las pequeñas y micro empresas en El Salvador, se pueden ver beneficiadas directamente por un laboratorio de fabricación digital en la Universidad de El Salvador por medio del trabajo conjunto que en los últimos años de la carrera se realiza con empresas que comúnmente se encuentran en sus primeros años de funcionamiento, con la necesidad de innovar en sus productos para lograr un mayor posicionamiento de mercado, ya sea una nueva forma de recipiente de empaque, la modificación a un producto existente o modernizar el uso de la maquinaria de fabricación actual con el empleo de un microcontrolador o un componente electrónico que brinde valor agregado a sus productos.

El panorama a nivel mundial muestra una alta tendencia hacia las tecnologías de fabricación digital: en el año de 2014 se calcula una venta aproximada de 108,000 impresoras 3D a nivel mundial, en el año 2015 este número se duplicó alcanzando las 217,000 impresoras 3D; en cuanto al mercado total de la fabricación digital, lo que incluye máquinas, software y todos los servicios que implica la fabricación se estima que el año 2013 se realizaron ventas de \$2,500 millones, lo cual proyecta que para el 2018 se tengan un monto de \$16.200 millones (Fressoli & Smith, Inter-American Development Bank, 2015), estos datos afirman el hecho que las tecnologías de fabricación digital dejaron de ser una moda para convertirse en una forma de fabricación innovadora y de uso masivo; el estudio de estos métodos de fabricación además de complementar la formación de los estudiantes de la facultad de ingeniería y arquitectura, especialmente de la carrera de ingeniería industrial, aseguraría un desempeño óptimo en técnicas, que en un futuro no lejano, se aplicarían como una regla en la industria local.

1.4. RESULTADOS ESPERADOS

Con la realización del presente trabajo de grado se esperan obtener diversos resultados, efectos e impactos; estos deben ser acorde con el desarrollo de la investigación, estos son mencionados a continuación:

1.4.1 RESULTADOS

Diseño de un Laboratorio de Fabricación Digital en la Escuela de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador, en el cual se realicen actividades de apoyo al área académica y se desarrollen proyectos por parte de los estudiantes.

Propuesta integral de maquinaria y equipo adecuado a los requerimientos que se tendrán en las prácticas del laboratorio.

Establecimiento de los procesos y procedimientos de trabajo del Laboratorio de Fabricación Digital.

1.4.2 EFECTOS

Puesta en marcha del proyecto Laboratorio de Fabricación Digital en la Escuela de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador a corto plazo.

1.4.3 IMPACTOS

Desarrollo de nuevas competencias, acordes a los avances tecnológicos de vanguardia, para con los estudiantes de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador.

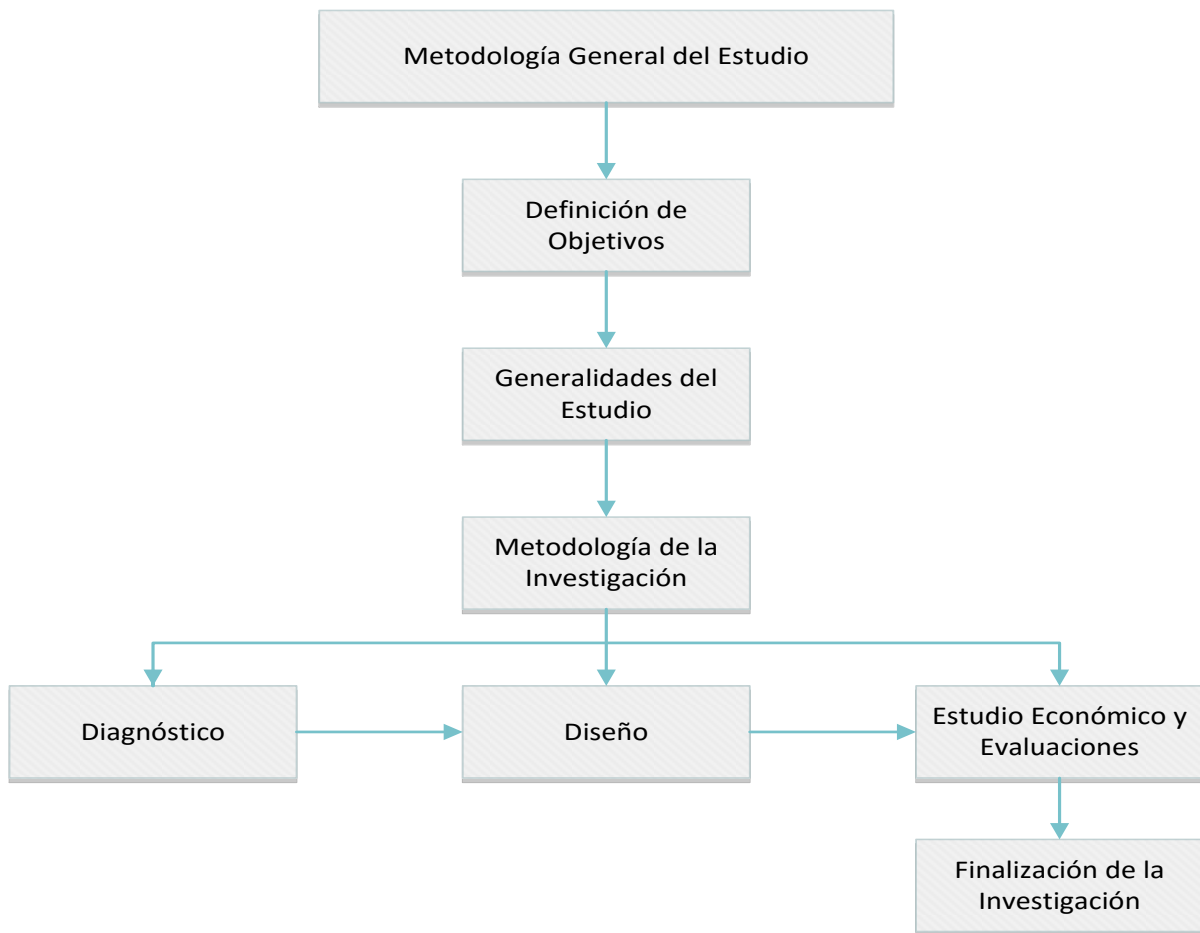
Fortalecimiento de la oferta académica de la Universidad de El Salvador, se obtiene un mejor posicionamiento al incursionar en la enseñanza de nuevas tecnologías.

A largo plazo, apoyo al sector empresarial de El Salvador, por medio del desarrollo de nuevos productos y mejoras a los existentes.

1.5. CONTRAPARTE

Escuela de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador

1.6. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO



Esquema 1 Metodología General del Estudio

Fuente: Elaboración Propia

El esquema anterior muestra la metodología a seguir para la realización del estudio en general, se inicia con la definición de los objetivos a lograr con el desarrollo del estudio del trabajo de grado, a continuación se procede con exponer las generalidades pertinentes al estudio; para luego definir una metodología de investigación para abordar las tres restantes etapas en las que se divide el trabajo de grado: Diagnóstico, Diseño y Estudio Económico y Evaluaciones.

1.6.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación es de tipo Descriptiva-Documental-Campo, que permita lograr los objetivos planteados.

1. Investigación Descriptiva.

En un estudio descriptivo se seleccionan una serie de aspectos, conceptos o variables y se mide cada una de ellas independientemente de las otras, con el fin, precisamente, de describirlas. Estos estudios buscan especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno. Describe lo que se mide sin realizar inferencias ni verificar hipótesis.

2. Investigación Documental.

La investigación de carácter documental se apoya en la recopilación de antecedentes a través de documentos gráficos formales e informales, cualquiera que estos sean, donde el investigador fundamenta y completa su investigación con lo aportado por diferentes autores.

3. Investigación de Campo

La investigación de campo corresponde a un tipo de diseño de investigación, para la cual Carlos Sabino (S/f) en su texto "El proceso de Investigación" señala que se basa en informaciones obtenidas directamente de la realidad, permitiéndole al investigador cerciorarse de las condiciones reales en que se han conseguido los datos.

1.6.2 FUENTES DE INFORMACIÓN

La Investigación en general se llevará a cabo con la ayuda de fuentes de información primaria y secundaria:

Fuentes de Información Primaria:

- | | |
|----------------|-----------------|
| 1. Entrevistas | 3. Patentes |
| 2. Encuestas | 4. Experimentos |

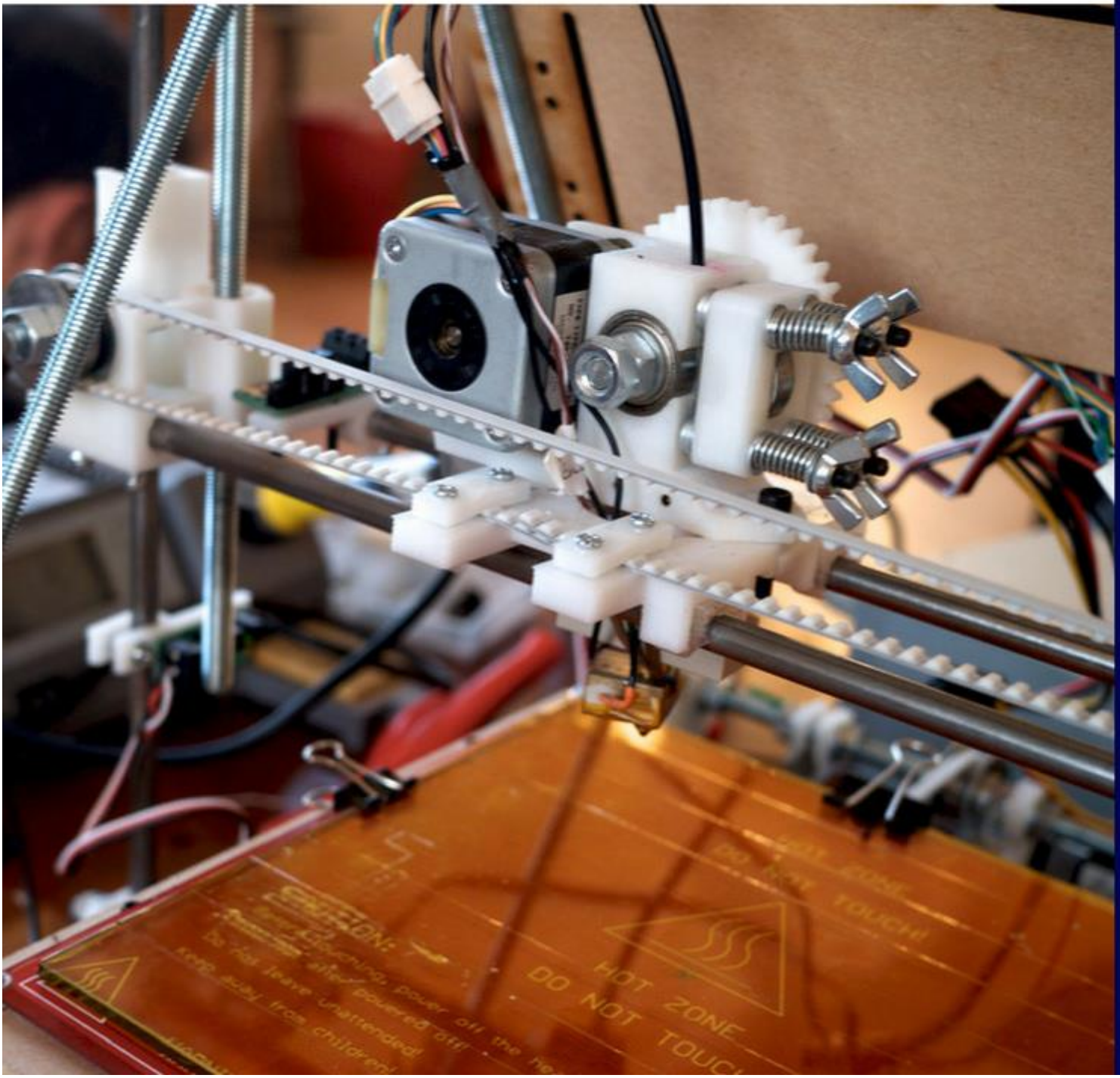
Fuentes de Información Secundaria:

- | | |
|-------------------------|--|
| 1. Artículos de revista | 5. Plan de estudios de la carrera de Ingeniería Industrial 1998 y 2017 |
| 2. Libros de texto | |
| 3. Internet | |
| 4. Reseñas de artículos | |

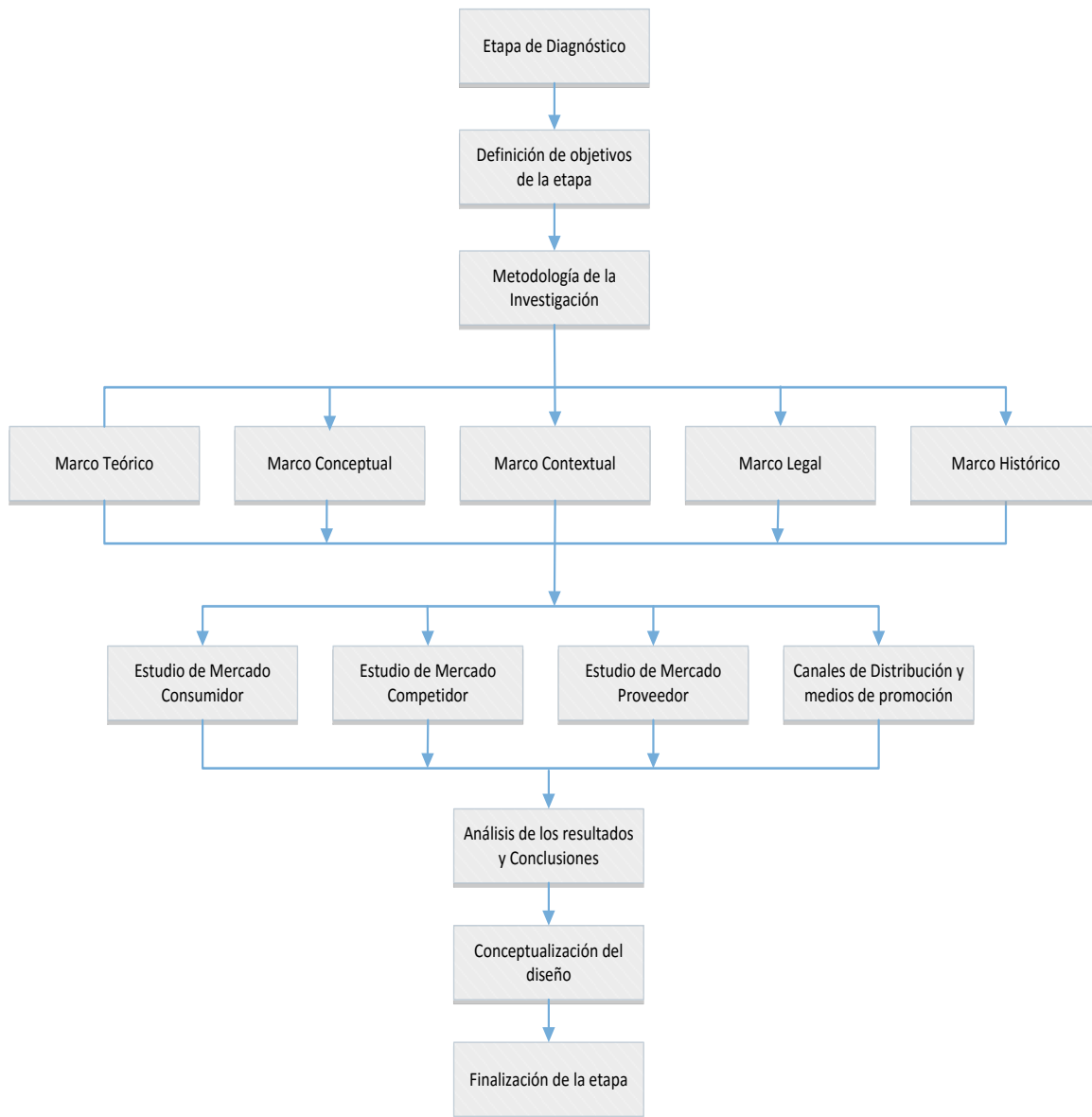
Entre otras, las cuales se utilizarán según corresponda a la temática a estudiar a lo largo del estudio. Las etapas correspondientes a la metodología general de estudio antes mencionadas se abordan según la metodología mostrada en la metodología de estudio planteada al inicio de cada etapa.

DIAGNÓSTICO

Capítulo II



2.1. METODOLOGÍA GENERAL DE DIAGNÓSTICO



Esquema 1 Metodología Etapa de Diagnóstico

Fuente: Elaboración Propia

La investigación de la etapa de diagnóstico según muestra el esquema anterior, inicia con la definición de los objetivos de la etapa, teniendo un panorama claro de lo que se pretende lograr, para con ello poder definir una metodología de investigación para el desarrollo del Diagnóstico. Posteriormente al trazar los pasos a seguir para el abordaje del Marco Teórico, Marco Conceptual, Marco Contextual, Marco histórico y Marco Legal pertinentes a la investigación se

está preparado para llevar a cabo el estudio de los mercados: consumidor, competidor y abastecedor, definiendo también pautas a seguir para la promoción y distribución de los servicios del centro. La investigación se llevará a cabo mediante el uso del tipo de investigación, medios y fuentes de información siguientes:

2.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La Etapa de Diagnóstico del Estudio de Factibilidad del Laboratorio de Fabricación Digital a implementar en la Escuela de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador, será de tipo descriptiva. Esta investigación permitirá, como su nombre lo indica, describir los servicios de fabricación digital que se ofrecen en el mercado, aquellos mayormente demandados por los segmentos de interés, y la caracterización de aquellos posibles proveedores para el laboratorio.

La investigación descriptiva a desarrollar parte de la indagación exploratoria realizada previamente por el grupo analista en los marcos teórico, referencial, conceptual, contextual y legal; con el fin de planear, estructurar y establecer qué grupos deberán considerarse sujetos de estudio, la información a recabar de cada uno de ellos, así como el momento, forma y lugar para la recolección de información; todo lo anterior con el objetivo de establecer el perfil de usuario, competidor, y proveedor del Laboratorio de Fabricación Digital.

2.1.2. FUENTES DE INFORMACIÓN

La investigación en general se llevará a cabo con la ayuda de fuentes de información primaria y secundaria:

1. Fuentes de Información Primaria:
 - A. Entrevistas
 - B. Encuestas
2. Fuentes de Información Secundaria:
 - A. Artículos de revista
 - B. Libros de texto
 - C. Internet
 - D. Reseñas de artículos
 - E. Plan de estudios de la carrera de Ingeniería Industrial, plan 1998 y plan 2017.

2.1.3. ESTUDIO DE MERCADO CONSUMIDOR

La comunidad estudiantil y el sector productivo del país, son los principales consumidores finales del servicio que ha de estudiarse; la investigación se realizará por medio de entrevistas, encuestas con el fin de medir la aceptación del servicio a prestar.

2.1.4. ESTUDIO DE MERCADO COMPETIDOR

La preferencia a los servicios brindados por el Laboratorio de fabricación Digital, en su modalidad de venta de servicios asociados a dicho laboratorio; se verá afectado principalmente por otras empresa, instituciones y/o organizaciones que ofrezcan esa variedad de servicios de fabricación digital.

2.1.5. ESTUDIO DE MERCADO ABASTECEDOR

El estudio de este mercado es de vital importancia, ya que existe diversidad de maquinaria y/o equipo para suministrarse en un Laboratorio de Fabricación Digital, desencadenando con ello las interrogantes, de relacionarse o no, con diferentes proveedores nacionales e internacionales identificando características como tiempos de entrega, distribución de marcas certificadas, planes de mantenimiento, así como experiencia de trabajo con instituciones educativas; que pueden ofrecer determinados proveedores y que serán de suma importancia a la hora de tomar decisiones respecto a la conceptualización del diseño del laboratorio de Fabricación Digital.

Como pasos finales se tendrán el análisis de los resultados y conclusiones del estudio de cada mercado; para con ello poder derivar la Conceptualización del diseño del estudio de factibilidad.

La Conceptualización del diseño se llevará acabo inicialmente con el planteamiento y análisis del problema identificado, dando lugar a la generación de las alternativas de solución; donde previamente se habrá seleccionado los servicios finales que ofrecerá el laboratorio de fabricación digital a implementar. Para con ello poder hacer un análisis de la solución seleccionada y definir la conceptualización del Laboratorio de Fabricación Digital.

2.2. MARCO REFERENCIAL

Un paso previo para la realización del diagnóstico del análisis de factibilidad de la implementación de un laboratorio de fabricación digital en la Escuela de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador, es necesario establecer una delimitación de los términos de la investigación a desarrollar, denominando esta delimitación con el nombre de marco referencial. La importancia que este marco posee en la realización de la presente investigación es que “permite precisar los aspectos más importantes relacionados con el fenómeno en estudio”. (Ortíz García, s.f.).

El primer paso en la construcción del marco referencial es el establecimiento del fenómeno a estudiar, para posteriormente enlistar los aspectos base para la realización del estudio, es decir un esquema conceptual de aquellos elementos fundamentales para la comprensión preliminar de la investigación y de su entorno, así como de las relaciones existen entre estos conceptos; todo con el fin de depurar aquellos elementos que se alejan de los objetivos de la investigación. Es con este fin que se ha estructurado el marco referencial considerando cinco ámbitos de relación entre conceptos, que delimitarán el desarrollo de la investigación, a saber (Ortíz García, s.f.):

1. Marco Conceptual,
2. Marco Teórico,
3. Marco Histórico y
4. Marco Contextual.

El marco conceptual es un esquema mental de la realidad “visualizada” y de las definiciones y fenómenos que cualquier lector requiere tanto para la realización del análisis de factibilidad como para la comprensión de los resultados obtenidos en el mismo; el marco teórico son todas las teorías que fundamentan tanto los conceptos que construyen el marco conceptual como las relaciones existentes entre estos; el marco histórico es una descripción de los antecedentes tanto de las tecnologías de fabricación digital como del sector productivo del país, con el fin de presentar una visión general del desarrollo de las tecnologías de fabricación a nivel mundial, regional y nacional; el marco contextual es una descripción de la situación reciente del entorno en el que se desarrolla el fenómeno de las tecnologías de fabricación digital y finalmente el marco legal es una descripción de la normativa que rigen el funcionamiento interno de la Universidad de El Salvador (Ortíz García, s.f.).

2.2.1.MARCO CONCEPTUAL

Una característica propia del ser humano es la búsqueda de la satisfacción de sus necesidades, dicha característica se convirtió en el motor que condujo a la creación de los primeros utensilios y herramientas; transformando a lo largo de la historia de la humanidad estas herramientas primitivas en maquinaria sofisticada y con capacidad de producir objetos similares en grandes cantidades hasta lo que se conoce en la actualidad como fabricación digital. Esta corriente de fabricación surge como una extensión del proceso de diseño computacional enfocada a la realización de objetos físicos que consecuentemente mantienen una relación directa entre el diseño, la construcción y la materialidad (Facultad de Arquitectura, UNAM, 2014).

El primer paso para el desarrollo de la de la investigación concerniente al estudio de factibilidad, es la elaboración del marco conceptual que es una descripción de las “categorías conceptuales” que buscan detallar de forma general el objeto de estudio, tomando en cuenta los elementos que lo conforman, su significado e identificando las variables que se presentan frecuentemente en cada uno de estos (Paredes, 2012) para posteriormente, detallar las relaciones que existen entre los conceptos a través del marco teórico, permitiendo abordar el problema y orientar el desarrollo del estudio a través de sus etapas (Schanzer R., s.f.).

El propósito del marco conceptual desarrollado a continuación, es proporcionar a la investigación “un sistema coordinado y coherente de conceptos y proposiciones que permitan abordar el problema” (Schanzer, s.f.), guiando su desarrollo e incorporando nuevos conocimientos a los que el lector posee, permitiendo la comprensión de su contenido y la finalidad de la realización del estudio.

2.2.1.1. FABRICACIÓN DIGITAL

La empresa Siemens Industry Software (s.f.) define la fabricación digital como el uso de un sistema integrado, basado en ordenador, compuesto de la simulación, visualización en tres dimensiones (3D), análisis y herramientas diversas de colaboración para crear definiciones de productos y procesos de fabricación, simultáneamente.

Leonardo Bonilla Gama en su catedra de diseño CAD/CAM (2014), determina que la fabricación digital es “una metodología para integrar modelos 3D digitales con la producción directa de objetos a partir de algunas técnicas productivas de adición o sustracción de materia prima”.

J.J. Marquez (2014), catedrático de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de la Universidad Politécnica de Madrid, dentro del curso “Digital Manufacturing & Virtual Comissioning” establece el concepto de fabricación digital como “un conjunto integrado de programas informáticos dentro de un sistema PLM² que permite el diseño de procesos, herramientas, distribución en planta y visualización para lograr la validación y la optimización de los procesos de fabricación”. El autor, dentro del mismo curso, encuadra la fabricación digital como parte del ciclo de vida del producto; el cual consta de dos grandes fases: la primera “de dominio del producto” y la segunda “de dominio de la producción”.

La fase de dominio del producto está constituida por dos procesos que se apoyan en sistemas operativos de diseño y producción asistida por computadora para realizar el modelado del producto final, así como de las simulaciones necesarias para comprobar el rendimiento de su diseño. La fase de dominio de la producción se apoya en software CAD/CAM para realizar las operaciones de fabricación digital, diseño digital del proceso y simulación de la producción, entre otros. J.J. Márquez conceptualiza la fabricación digital como una herramienta fundamental en el proceso de diseño y fabricación dentro de un entorno industrial de producción a gran escala, con una estructura especializada para los procesos se desarrollan dentro de esta, en su mayor parte de manera automatizados.

La Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla (s.f.) a través de su laboratorio de fabricación digital, EHCOFAB, define la fabricación digital como una “convergencia del uso de prácticas CAD (Diseño Asistido Por Computadora) y CAM (Producción Asistida Por Computadora) con maquinaria CNC (Control Numérico Computarizado) para producir elementos, combinando la flexibilidad de lo individualizado y bajo costo de producción”. Este concepto, considera la tendencia más reciente de la fabricación digital, denominada “fabricación digital personal” que se aleja de la producción a gran escala y transforma herramientas aditivas o sustractivas que pueden ser utilizadas por cualquier persona para fabricar productos que satisfagan sus necesidades (Fabrico tus ideas, 2015).

Es en el marco de esta revolución tecnológica, que la Facultad de Arquitectura de la UNAM, en su “Curso Introductorio a la Fabricación Digital” (2014), enfatiza la importancia de la fabricación digital en el ámbito productivo al afirmar que “la fabricación digital representa como

² PLM: Gestión de vida del producto, consultar glosario.

nunca antes, una oportunidad única de conectar el diseño computacional con su realización física; la arquitectura con la ingeniería constructiva; la creatividad con la técnica”.

Finalmente, la Universidad de Chile a través del curso de Introducción a la Fabricación Digital (2013) define este proceso como “el conjunto de herramientas y metodologías que permiten fabricar objetos materialmente a través del uso de equipos controlados digitalmente; como las cortadoras láser, router CNC o brazos robóticos”. Dentro de este mismo curso, la organización señala una de las principales ventajas que ofrecen estas tecnologías, afirmando que con la fabricación digital “el proceso de materialización se hace directamente entre el diseño digital y la maquinaria de fabricación, eliminándose pasos intermedios y dándoles a los diseñadores un control inmediato sobre el resultado final”.

Tomando en cuenta las conceptualizaciones mencionadas anteriormente, se identifican dos enfoques dentro de la fabricación digital:

1. El primero, considera la fabricación digital como un proceso de grandes volúmenes de producción que inicia con el diseño de objetos asistido por computadora, incluyendo el control de maquinaria a través software, logrando realizar de forma simultanea diferentes procesos de fabricación para un mismo producto.
2. El segundo enfoque considera la fabricación digital como un proceso asistido por computadora que permite la producción de objetos personalizados, en muchas ocasiones unitarios, a un bajo costo; considerando especificaciones de diseño y modificaciones, producto de la individualización.

Siendo este último enfoque a partir del cual se establecerá un concepto de fabricación digital acorde a las necesidades planteadas por el proyecto y que servirá de guía para su desarrollo. A partir de esta premisa se define la **Fabricación Digital** como un **sistema que combina software y hardware que permite la integración del diseño, simulación y producción de elementos asistidos por computadora empleando tecnologías de fabricación aditivas o sustractivas.**

2.2.1.2. PROTOTIPADO RÁPIDO

El prototipado rápido es una “técnica de fabricación que permite la elaboración rápida de modelos físicos utilizando datos de diseño asistido por ordenador (CAD) en tres dimensiones; el prototipado rápido, que se utiliza en un amplio abanico de sectores, permite a las empresas

transformar ideas innovadoras en productos finales de éxito de forma rápida y eficiente” (Stratasys, s.f.).

La empresa consultora en producción y diseño digital Digita2 (s.f.), establece que el prototipado rápido es un “conjunto de tecnologías, que permiten la obtención de prototipos en menos de 24 horas a partir de un fichero CAD”, la organización señala una de las principales ventajas de la rapidez en estos procesos es “lograr la reducción de los procesos de fabricación a la mitad, la quinta e incluso la décima parte”; el prototipado rápido “ofrece la posibilidad de fabricar, en un tiempo relativamente corto, diversas pruebas de geometrías distintas para una pieza, validándola e iniciando su producción en serie rápidamente (Digita2, s.f.)”.

Kalpakjian & Schmid (2008) definen el prototipado rápido como una “tecnología que acelera en gran medida el proceso iterativo de desarrollo de productos, los autores establecen que existen 3 grandes grupos que clasifican los distintos procesos de prototipado rápido que son: **procesos sustractivos, procesos aditivos y procesos virtuales**

2.2.1.3. TECNOLOGÍAS DE FABRICACIÓN ADITIVAS

Las tecnologías de fabricación aditivas, como lo indica su nombre, son “procesos en los que se agrega material en forma progresiva hasta producir las piezas deseadas”; los principales procesos de fabricación son: la estereolitografía, el modelado por deposición de material fundido, la manufactura de partículas balísticas, la impresión 3D, la sinterización láser selectiva y la manufactura de objetos laminados (Kalpakjian & Schmid, 2008).

Según Rubén La Fuente (2011), la fabricación aditiva es un proceso de producción que consiste en la “continua superposición de capas micrométricas de material, normalmente en forma de polvo, hasta conseguir el objeto deseado”; el autor indica que la compactación de material varía según el tipo de equipo empleado. Para PROINTEC (s.f.), empresa dedicada a la fabricación digital de piezas, la fabricación por tecnologías aditivas consiste en la “producción de piezas a partir de un modelo digital tridimensional, sin necesidad de moldes ni utillajes de ningún tipo, mediante la deposición de capas de material y su posterior consolidación, que puede realizarse mediante sinterizado láser, curado por luz ultravioleta o adición de un aglomerante, dependiendo de la tecnología”.

Las tecnologías de fabricación aditiva, conocidas también como Additive Manufacturing (AM), consisten en la “manipulación de material a escala micrométrica que se deposita de forma precisa una capa sobre otra para construir un sólido” (Zahera, 2012). Estas tecnologías son

definidas por Rodrigo García Alvarado (2011) como procesos que “solidifican material originalmente en polvo, gas o líquido, por capas sucesivas en procedimientos electrónicos realizados dentro de una cámara sellada”; el autor vincula este tipo de procesos a las máquinas de prototipo rápido³, conocidas también como impresoras 3D, y señala que son empleados especialmente para piezas de tamaño pequeño (las dimensiones de trabajo entre 20 y 60 centímetros) permitiendo crear vacíos interiores, por lo que se puede elaborar formas sofisticadas.

Para Roy Pura, en su artículo “De lo sustractivo a lo aditivo: un paso hacia la fábrica digital” (2011), las tecnologías de fabricación aditivas “tienen en común el hecho de poder generar geometrías muy complejas de forma muy rápida”, diferenciándose de los métodos de fabricación tradicionales al lograr objetos con mayor precisión sin encarecer el proceso de producción; además señala que la colocación de material capa por capa, permite depositar únicamente el material necesario hasta lograr la geometría diseñada, sin generar desperdicios a lo largo del proceso productivo.

2.2.1.4. TECNOLOGÍAS DE FABRICACIÓN SUSTRACTIVAS

Al contrario de las tecnologías de fabricación aditivas, los procesos de fabricación por tecnologías sustractivas comprenden “la eliminación paulatina de material de una pieza de trabajo hasta alcanzar el resultado final” (Kalpakjian & Schmid, 2008). Las técnicas sustractivas “parten de un bloque de materia prima que se va recortando según el diseño de la pieza”, para crear los objetos emplean materiales como madera, plywood, MDF, aluminio y acrílico (Del Doral , 2016); cuando se mezcla esta técnica de producción con herramientas digitales, se obtienen precisiones en la remoción y/ o de material superiores a las que podría obtenerse usando métodos convencionales (FabLab Lima, s.f.).

Rodrigo García Alvarado (2011) define las tecnologías de fabricación sustractivas como procesos realizados utilizando Control Numérico Computarizado (CNC) que emplean cuchillas, brocas o chorros que se desplazan en diferentes ejes para desbastar material base. Estas tecnologías “se diferencian fundamentalmente por la cantidad de ejes de movimiento y sus magnitudes de trabajo, además de las técnicas utilizadas para fabricar las diferentes piezas” estas características definen el tipo de material que puede procesar la maquinaria, sus velocidades de operación y el acabado que proporcionen a las piezas. Alvarado menciona que

³ Prototipado rápido, ver glosario.

este tipo de tecnologías incluyen desde “cortadoras de cuchillos para materiales delgados, cortadoras láser para maderas y plásticos, hasta grandes equipos industriales de corte por plasma o arco eléctrico” y mesas cortadoras que permite al usuario intercambiar herramientas y profundidades de trazado, que son conocidas como router.

Para Roy Pura (2011), los procesos de fabricación sustractiva implican “la extracción de material para generar la pieza final, los fabricantes empiezan con un bloque de materia prima base y eliminan el material sobrante” para obtener el objeto deseado. La fabricación sustractiva también es definida por Íñigo Sanchez Villamandos (2015) como un proceso de fabricación que “permite alta resolución y concesión de piezas u objetos sin aspecto inacabado o tosco como el que se consigue con la fabricación aditiva o capa a capa”; estas piezas pueden ser usados en cualquier campo, especialmente en aquellos que requieren el uso de elementos de alta precisión.

2.2.1.5. TECNOLOGÍAS DE FABRICACIÓN VIRTUALES

Kalpakjian & Schim (2008) definen la producción virtual como una “forma de fabricar prototipos empleando únicamente softwares de diseño a través de gráficas y ambientes de realidad virtual”, los autores señalan que a medida se desarrollan estos procesos, los diseñadores pueden observar y evaluar los productos que se obtienen, generando ahorros en los que se incurriría si se desarrollan prototipos físicos; pero al mismo tiempo reconocen que “los sistemas de producción de prototipos virtuales son casos extremos de reproducción de detalles”.

Es importante señalar que, a pesar que esta clasificación ha sido agregada en el presente apartado, su inclusión es con fines educativos para el lector, mas no será considerada para el desarrollo posterior del estudio, debido a que las tecnologías de fabricación virtual son requeridas para el desarrollo de los procesos fabricación digital de tanto aditivos como sustractivos.

2.2.1.6. LABORATORIO DE FABRICACIÓN DIGITAL

El FabLab de Lima Perú (s.f.), define a los laboratorios de fabricación digital como “plataformas de cooperación entre personas y organizaciones con el fin de democratizar el acceso a nuevas tecnologías, brindando a las personas la capacidad de crear y experimentar de forma sinérgica, compartiendo sus conocimientos con el resto de usuarios”. Por otro lado, el Centro de Domótica Integral de la Universidad Politécnica de Madrid (s.f.), establece que los laboratorios

de fabricación digital son “espacios de producción de objetos físicos a escala personal que agrupan equipos y máquinas de última generación, permitiendo favorecer la creatividad⁴, minimizar ciclos de diseño y mejorar el proceso de creación de nuevos productos”.

Según Tomás Pérez Amenta (2014), el objetivo de un laboratorio de fabricación digital es acercar la tecnología a la comunidad, sobre todo a las comunidades necesitadas y aisladas a partir de la fabricación de objetos de beneficio claro, sustentable, identidad cultural. Para el Instituto de Arquitectura Avanzada de Cataluña (2009), conocido como laaC, define un laboratorio de fabricación digital como un “centro de investigación y producción que utiliza máquinas de última generación destinadas a la creación de objetos y a la construcción de maquetas a partir de las tecnologías digitales”.

La Subsecretaría de Economía Creativa de Argentina, entidad cuyo objetivo principal es promover la creatividad, la innovación, el desarrollo económico inclusivo y sustentable a largo plazo (Subsecretaría de Economía Creativa, s.f.), establece que los laboratorios de fabricación digital son “espacios de producción de objetos físicos y digitales donde cohabita máquinas controladas por computadoras y se trabaja de forma colaborativa y en red empleando tecnologías de fabricación digital”. El laboratorio de experimentación y fabricación digital de Granada (s.f.), conceptualiza a los laboratorios de fabricación digital como lugares abiertos a la colaboración, divulgación, innovación y creación, donde el usuario puede explotar su creatividad e ingenio a través del intercambio de conocimientos, workshops⁵ y tutoriales.

2.2.1.7. CORRIENTES DE LOS LABORATORIOS DE FABRICACIÓN DIGITAL

Ulises Gómez Boronat (2016), Coordinador del Laboratorio de Fabricación Digital de La Casa Tomada “LabCt”, señala que a medida las tecnologías de fabricación digital se han masificado y evolucionado, han emergido diferentes corrientes de laboratorios de fabricación digital que varían de acuerdo a las tecnologías que emplean, los servicios que prestan, así como a su organización y funcionamiento.

Existen cuatro corrientes principales de los denominados “espacios tecnológicos” que ofrecen acceso compartido a tecnología, equipos para la creación, prueba productos, experiencias y

⁴ Creatividad, consultar glosario técnico

⁵ Workshops, consultar glosario técnico

servicios antes de su lanzamiento; en los que se plantean tres grandes temas: la creación de conocimiento en tiempo real, el diseño para la experimentación, y la innovación impulsada por la comunidad” (Grupo Durga, 2013). Dichos espacios son:

1. Hack Labs
2. Maker Spaces
3. Techshops
4. Fab Labs

2.2.1.8. HACKLABS

Este término se utiliza para designar a un “colectivo de programadores informáticos, según el uso tradicional de hacker, que comparten un espacio de trabajo” (Grupo Durga, 2013). Un hacklab es un “sitio físico donde gente con intereses en ciencia, nuevas tecnologías y artes digitales o electrónicas se puede reunir para compartir ideas, equipo y conocimientos” (Oxford University Press, s.f.).

Este espacio puede ser visto como un “laboratorio de comunidad abierta que pone al alcance de aficionados y estudiantes, de diferentes niveles y especialidades, la infraestructura y ambiente necesarios para desarrollar sus proyectos tecnológicos con el propósito de fomentar la investigación y el desarrollo mediante el intercambio de conocimientos, presentaciones y conferencias, actividades sociales y eventos” (Sahara Labs, s.f.).

Los hacklabs son, mayoritariamente, “espacios voluntarios que proveen acceso público y gratuito a computadoras y a Internet”. Generalmente hacen uso de máquinas recuperadas y recicladas que utilizan software libre y a la vez que proveen acceso a computadoras; la mayoría de los hacklabs tienen talleres funcionando en un rango de temas que van desde el uso básico de la computadora e instalación de software, hasta programación, electrónica y radiodifusión independiente “ (Maxigas, s.f.).

2.2.1.9. MAKERSPACES

“Taller comunitario” podría ser una descripción de un makerspace, un lugar “abierto a la creación con casi cualquier material, abierto a la participación de aficionados y profesionales, aprendices y expertos” (Grupo Durga, 2013). Un makerspace es definido por la Universidad de Oxford (s.f.) como “un espacio en el que personas que comparten intereses, especialmente

en la computación o tecnología se reúnen para trabajar de forma conjunta en proyectos, compartir ideas, equipo y conocimiento”.

Dale Dougherty, fundador de la revista MAKE, emplea el concepto de makerspace para referirse a los “espacios accesibles al público, dispuestos para el diseño y la creación en un sentido más amplio, incluyendo a un público mayor” (Cavalcanti, 2013), en muchas ocasiones en un contexto de crear espacios para niños, todo esto basado en la cultura “maker de fabricación”. Los makerspaces, enfocados en la fabricación de elementos que unen lo físico con lo tecnológico, mantienen esta filosofía; para estimular la creación y la creatividad, un makerspace se basa en 2 pilares fundamentales: herramientas y comunidad (Cobain, 2014)

2.2.1.10. HACKLABS

Techshop es el nombre de una cadena de establecimientos propiedad de Makerspace, que iniciaron sus actividades en 2006 en Menlo Park California, nombrándose a sí mismos como “el primer centro de trabajo público y de libre acceso a nivel nacional” (Cavalcanti, 2013); estos laboratorios ofrecen a los usuarios una suscripción, anual o mensual, para permitir el acceso a herramientas y materiales variados; además de ofrecer una mini tienda de artículos y asesoría sobre su uso, por personal disponible a tiempo completo, una vez que son adquiridos para ayudar a desarrollar ideas y mejorar las habilidades técnicas (Grupo Durga, 2013).

En un techshop se conjugan cuatro líneas de trabajo: una fábrica a pequeña escala, un taller de prototipos, un espacio para diseño artístico y un centro de enseñanza; ofreciendo en palabras de Mark Hatch, CEO de Techshop, “literalmente, todo lo que se necesita para hacer cualquier cosa en el planeta” (Dirección de Emprendedurismo y Trabajo de la Universidad Politécnica de Valencia, s.f.). Los miembros de estos centros tienen acceso abierto a software de diseño, a grandes áreas con mesas de trabajo que están disponibles para la realización de proyectos en colaboración con los demás miembros y asesoría calificada siempre disponible. Este tipo de laboratorios ofrece un ambiente de trabajo más informal y abierto para sus miembros, al punto que ofrece pequeños snacks de forma gratuita mientras realizan sus actividades y facilidad de recibir clases tanto colectivas como personales si el afiliado así lo desea (Techshop, s.f.).

2.2.1.11. FABLABS

Los fablabs son una red de espacios creada en 2005 en el entorno del MIT Media Lab bajo la idea de permitir el aprendizaje en el uso de una amplia serie de herramientas de diseño y fabricación a quien quiera iniciarse en ello, cobrando poco o nada y gestionados por ONG locales (Grupo Durga, 2013).

Un laboratorio de fabricación digital es un “espacio de producción de objetos físicos a escala personal o local que agrupa máquinas controladas por ordenadores, capaces de fabricar casi cualquier objeto”; su particularidad reside en su tamaño y en su fuerte vinculación con la sociedad, su funcionamiento se alrededor de dos movimientos: el DIY, Do It Yourself por sus siglas en inglés, conocido como autoproducción y el Open Source o el libre flujo de información y conocimiento (FabLab Alicante, s.f.).

Un FabLab está formado por un conjunto de herramientas que incluye: equipos electrónicos básicos, una cortadora láser, una cortadora de vinil, un router CNC, una máquina fresadora CNC, entre otros; que permiten a los usuarios fabricar casi cualquier cosa luego de una breve introducción a la ingeniería y la enseñanza del diseño, los usuarios son los responsables del manejo de la maquinaria, la limpieza del centro. Los fablabs tienen un conjunto muy específico de las necesidades de espacio, a menudo entre los 1,000 a 2,000 pies cuadrados, así como de las herramientas requeridas, especificados exactamente según el modelo y tipo, el software de apoyo para dichas herramientas así como de sus planes de estudio, lo que puede llevar a pensar que estos centros funcionan como una especie de franquicia, a pesar que el MIT retiene poco o ningún control sobre las acciones de los espacios locales (Cavalcanti, 2013).

2.2.1.12. SOFTWARE

Un software es definido como el "soporte lógico de un sistema informático, que comprende el conjunto de los componentes no físicos necesarios para hacer posible la realización de tareas específicas, en contraposición a los componentes físicos, que son llamados hardware" (Word Reference, 2005). La Real Academia Española (s.f.), crea un concepto más amplio de software al afirmar que es un “Conjunto de programas, instrucciones y reglas informáticas para ejecutar ciertas tareas en una computadora”.

Desde el punto de vista de la computación, un software es “todo programa o aplicación programada para realizar tareas específicas”, una definición más amplia de software integra

todos los elementos que son producidos durante su desarrollo, es decir la “representación de software”, que incluye la arquitectura del programa y las especificaciones escritas en lenguaje formal, y “el conocimiento de ingeniería de software”, que agrupa la información requerida para el desarrollo del software, conocimiento de sistemas semejantes, la información relacionada al proyecto y la información demandada para la solución de fallos técnicos (Alegsa, s.f.).

Un software es considerado un “equipamiento lógico e intangible de un ordenador”; el software es desarrollado mediante distintos lenguajes de programación, “que permiten controlar el comportamiento de una máquina”, conocido como hardware; siendo los lenguajes de programación un “conjunto de símbolos y reglas sintácticas y semánticas, que definen el significado de sus elementos y expresiones, permitiendo a sus programadores especificar en forma precisa, sobre qué datos debe operar una computadora” y al usuario, tener una plataforma de interacción para que ingrese los datos de funcionamiento necesarios. (Definiciónde.com, s.f.).

SOFTWARE LIBRE

La Fundación del Software Libre, FSF por sus siglas en inglés, en su boletín Free Software Supporter (s.f.), define al software libre como aquel software que “respeta la libertad de los usuarios y la comunidad”; esto significa que los usuarios tienen la libertad de “ejecutar, copiar, distribuir, estudiar, modificar y mejorar el software” sin importar si realizaron o no un desembolso de efectivo por su uso, en otras palabras, es aquel que “se suministra con autorización para que cualquiera pueda usarlo, copiarlo y/o distribuirlo, ya sea con o sin modificaciones, gratuitamente o mediante pago”, en particular, esto significa que el código fuente debe estar disponible” (Miguel Vaquero, 2014).. Para la FSF (s.f.), existen 4 grados de libertad que puede ofrecer un software libre a los usuarios: libertad de ejecución (grado 0), libertad de estudio y modificación del código de funcionamiento del programa (grado 1), libertad de distribución de copias del programa (grado 2) y finalmente la libertad de distribuir copias modificadas del programa a terceros (grado 3).

El término software libre se refiere un “programa informático que brinda libertad al usuario; al instalar un programa de software libre, el usuario puede usarlo, modificarlo, copiarlo y redistribuirlo sin restricciones” según el tipo de licencia que proporcione el productor de los programas (Definición.de, s.f.). Es importante señalar que software libre no significa software gratis, el software libre permite la modificación y redistribución del programa,

comercializándolo si el usuario lo decide, en cambio el software gratis permite su acceso libre pero con restricción de modificaciones y comercialización para los usuarios (Definición.de, s.f.).

SOFTWARE PROPIETARIO

El software propietario es conocido también como software privativo, restrictivo, privado y no libre (Definición ABC, s.f.), este término es utilizado para definir al conjunto de “programas informáticos o aplicaciones en los que el usuario no puede acceder al código fuente o tiene un acceso restringido a este, por tanto, se ve limitado en sus posibilidades de uso, modificación y redistribución”, este tipo de software es el más común ya que implica al usuario pagar por una licencia para acceder al código del mismo dentro de un contexto restringido (Definiciónde.com, s.f.).

La Fundación del Software Libre (s.f.), FSF por sus siglas en inglés, establece como software privativo a “cualquier software que no es libre”, es decir que se prohíba su uso, distribución o modificación sin permiso previo, o que posea tantas restricciones que bloquee el libre uso de los programas. Un software restrictivo o privativo, llamado en inglés “non free software”, es aquel que “prohíbe su libre uso, modificación, distribución” y que además exige se solicite un permiso para realizar las acciones anteriores”, este vocablo se originó como una contraposición a la concepción de software libre (S Tecnología, 2014).

2.2.1.13. DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA (CAD)

El diseño asistido por computadora, CAD por sus siglas en inglés, se define como “uso de programas computacionales para crear representaciones gráficas de objetos físicos ya sea en dos o tres dimensiones”, los software CAD puede ser empleados para diversas aplicaciones específicas que van desde la creación de modelos de superficies o sólidos en 3D hasta aplicaciones de ingeniería como el diseño conceptual y el layout⁶ de productos, el análisis dinámico de ensambles y la definición de sus respectivos procesos de producción, permitiéndole al ingeniero analizar de forma automática las variantes de diseño de un objeto hasta encontrar el modelo óptimo de producción, reduciendo la fabricación de objetos físicos (Siemens Industry Software, S.L., s.f.).

El Diseño asistido por computadora es la “tecnología implicada en el uso de ordenadores para realizar tareas de creación, modificación, análisis y optimización de un diseño, estas

⁶ Layout: Consultar glosario técnico

herramientas abarcan desde herramientas de modelado geométrico hasta aplicaciones a medida para el análisis u optimización de un producto específico”, entre estas aplicaciones se encuentran herramientas de modelado, análisis de tolerancias, cálculo de propiedades físicas, modelado y análisis de elementos finitos, ensamblado, análisis de materiales, entre otros; todas estas herramientas con el fin de determinar la geometría de los objetos para diseñar las siguientes actividades en el proceso de producción de los objetos (Albarrán Ligeró, 2008).

2.2.1.14. FABRICACIÓN ASISTIDA POR COMPUTADORA (CAM)

La fabricación asistida por computadora es definida como “el uso de un programa computacional para controlar la maquinaria involucrada en el proceso de manufactura de un producto”, CAM puede referirse también al empleo de la computadora para “asistir las operaciones de una fábrica, incluyendo la planeación, administración, transporte y almacenaje”; su fin es “crear un proceso de producción más rápido preciso, CAM provee instrucciones paso a paso para las máquinas herramienta, de manera que se complete la fabricación del producto” (Leão, 2015). El término CAM se refiere también al “uso de sistemas informáticos para la planificación, gestión y control de las operaciones de una planta de producción mediante una interfaz directa o indirecta”; es decir, que el ordenador se conecta directamente o indirectamente con el equipo de producción, o indirecta, existiendo conexión directa entre el sistema informático y los recursos de producción” (Leão, 2015).

Para la empresa Siemens Industry Software (s.f.), la fabricación asistida por computadora se refiere al “uso de aplicaciones de software de control numérico para crear instrucciones detalladas (G-code) que conducen las máquinas de herramientas para manufactura de partes controladas numéricamente por computadora (CNC)”, para la compañía una definición más general de fabricación asistida por computadora incluye el uso de aplicaciones para definir los planes de producción de los productos, el diseño de los mismos, la programación de la maquinaria y su respectiva medición.

Jesús Reyes (2013), coordinador técnico de Diseño Industrial del Instituto Andaluz de Tecnología, señala que el término CAM “agrupa las aplicaciones encargadas de traducir las especificaciones de diseño originadas a través de las tecnologías CAD a otras especificaciones de producción”, debido a que una vez que el diseño realizado digitalmente se encuentra en un sistema CAM, independientemente del proceso de fabricación a emplear, es

necesario definir las zonas de mecanizado, la herramienta a emplear y el método de trabajo que esta utilizará.

2.2.1.15. PLACAS ELECTRÓNICAS

Para el blog Proyecto Arduino (s.f.) una placa electrónica es una plataforma de hardware que consiste en un placa con entradas y salidas, analógicas y digitales, que además posee un microcontrolador y un entorno de desarrollo basado en un lenguaje de programación que conecta el mundo físico con el mundo virtual, o el mundo analógico con el digital, para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios.

Las placas electrónicas ofrecen al usuario los circuitos requeridos para realizar tareas de control como puertos de entrada y salida, generador de pulsos de reloj⁷, acceso rápido a memoria RAM y un microprocesador; permitiendo realizar desarrollos eficientes y rápidos sin gastar tiempo ensamblando el hardware de control⁸; debido a que estas placas son relativamente baratas y no se necesita demasiado conocimiento para utilizarlas, son empleadas en el rubro académico (Medina, 2012). Algunos de los ejemplos más comunes de placas electrónicas son las plataformas Arduino y los ordenadores de placa reducida Raspberry Pi.



*Ilustración 1 Diferentes tipos de placas electrónicas. De derecha a izquierda: Arduino y Raspberry Pi.
Fuente: Robotshop.com y cbstatic.com*

2.2.1.16. INGENIERÍA INDUSTRIAL

De acuerdo al Instituto Americano de Ingenieros Industriales (s.f.), la ingeniería industrial se encarga del “diseño, mejoramiento e instalación de sistemas integrados por personas, materiales, información, equipo y energía”. Para la organización la ingeniería industrial se basa

⁷ Generador de pulsos de reloj: Un generador de pulsos es un componente que genera una señal pulsante con periodo y frecuencia determinados, ya sean eléctricos, la frecuencia de reloj es especificada en Hercios. La señal de reloj, especialmente en electrónica y circuitos digitales, es una señal usada para coordinar acciones de dos o más circuitos, una señal de reloj oscila entre un estado bajo y un estado alto, generando una gráfica de onda cuadrada.

⁸ Hardware de control: consultar glosario técnico.

en el conocimiento especializado y habilidades en las ciencias matemáticas, físicas y sociales junto con los principios y métodos de análisis de ingeniería y diseño, para especificar, predecir y evaluar los resultados que se obtengan de tales sistemas". De lo anterior se puede resumir el rol del ingeniero industrial como el de facilitar la generación de productos de calidad, ya sean estos bienes o servicios, optimizando la utilización de los insumos y recursos teniendo siempre un enfoque sistémico de las organizaciones.

La ingeniería industrial es la "rama de la ingeniería que tiene por finalidad investigar, proyectar, instalar, operar y mejorar sistemas de producción de bienes y servicios integrados por personas, recursos financieros, maquinaria, materiales y tecnologías de información", siendo su objetivo principal impulsar el desarrollo socio económico a través del incremento de la productividad de las empresas, logrando dicha productividad en beneficio del ser humano (Escuela de Ingeniería Industrial FIA-UES, s.f.).

La ingeniería industrial es una "diseño de situaciones para la coordinación de la utilidad de hombres, materiales y máquinas a fin de lograr los resultados deseados de una manera óptima". Las características únicas de la ingeniería industrial se centran en el factor humano, ya que "se relaciona con los aspectos técnicos de una situación y la integración de todos los factores que influyen en la situación general" (Lehrer, 1954).

Para Nayanara Nao (2006), la ingeniería industrial es una disciplina dentro de la ingeniería que se ocupa del diseño del esfuerzo humano en todas las ocupaciones: agrícola, manufacturero y de servicios. Sus objetivos son la optimización de la productividad del trabajo y de los sistemas de trabajo y la comodidad, la salud, la seguridad y el beneficio económico de las personas involucradas

La ingeniería industrial "se ocupa del diseño, la mejora e instalación de sistemas integrados de personas, materiales, información, equipo y energía; basándose en conocimientos especializados y en la física, matemática y ciencias sociales junto con los principios y métodos de análisis de ingeniería y diseño, para especificar, predecir y evaluar los resultados que se obtendrán de tales sistemas" (Maynard, 1963).

El sitio Ingeniería industrial Online (s.f.) define a la Ingeniería Industrial como la "rama de la ingeniería encargada del análisis, interpretación, comprensión, diseño, programación y control de sistemas productivos y logísticos con miras a gestionar, implementar y establecer estrategias de optimización para lograr el máximo rendimiento de los procesos productivos".

La ingeniería industrial es la “ciencia dedicada al estudio y la aplicación de sus diferentes ramas para lograr el desarrollo de implantación y evolución de sistemas integrados por tecnología, información, equipamiento, energía, materiales, procesos y capital humano para optimizar dichos sistemas”; relacionando sus elementos a la producción de bienes y servicio. La ingeniería industrial se dedica además al “diseño, la planeación, el control y la optimización del proceso industrial, sin descuidar los aspectos técnicos, económicos y sociales” (Definiciónde.com, 2014).

2.2.1.17. ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

La Escuela de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura en la Universidad de El Salvador (s.f.) se define a sí misma como la “unidad organizativa, encargada de la formación de profesionales en el área de la Ingeniería Industrial”.

La Escuela de ingeniería industrial de la Universidad del Valle en Colombia (s.f.), se autodefine como la unidad académica perteneciente a la Facultad de Ingeniería que “desarrolla su quehacer académico en torno a la construcción de pensamiento en áreas como modelación matemática, la modelación financiera, la gestión de cadenas de abastecimiento, la gestión de operaciones y la gestión de tecnología e innovación”.

La Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad Don Bosco se conceptualiza como una “unidad formadora de profesionales altamente calificados, capaces de aplicar principios científicos para diseñar, simular, instalar, administrar y optimizar sistemas, con el objetivo de proveer condiciones más seguras y eficientes de operación, conscientes de sus resultados y de su impacto con el medioambiente”.

2.2.1.18. PLAN DE ESTUDIOS

Un plan de estudios es definido por Ministerio de Educación de Colombia (s.f.) como “el esquema estructurado de las áreas obligatorias y fundamentales y de áreas optativas con sus respectivas asignaturas que forman parte del currículo de los establecimientos educativos”.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura ,FAO por sus siglas en inglés, en el documento Elaboración Participativa de Planes de Estudios para la Educación y Capacitación Agrícola (1999), define al plan de estudios como un “sinónimo de currículo”; la FAO en su documento detalla que la mayoría de las definiciones de plan de estudios se refieren a “todo aquel aprendizaje que ha sido planificado y dirigido por una

institución educativa, tanto en grupos como individualmente, fuera, o dentro de la institución”. Para la organización, aplicar la palabra currículo al contexto educativo implica “todas las actividades que los estudiantes llevan a cabo, especialmente aquellas que deben realizar para terminar el curso”, asemejándose a un camino a seguir que no incluye únicamente los contenidos que se impartirán sino también, todo el proceso que involucra la formación de los estudiantes, las actividades fuera del aula y las respectivas experiencias que involucra el aprendizaje. En el documento también se menciona un aspecto importante, la diferencia entre un plan de estudios y un programa de estudios o sílabo, siendo este último una lista de materias o subtemas que son impartidos para otorgar un grado o título educativo al estudiante; el plan de estudios es la lista de contenidos de una cátedra y es mucho más amplio que un sílabo o programa.

La plataforma web GCFAprendeLibre (s.f.), espacio virtual que ofrece a usuarios de habla hispana cursos libres de diversas temáticas, define un plan de estudios como un “esquema estructurado del contenido detallado que se encuentra durante el desarrollo de un estudio superior”; este plan agrupa las asignaturas organizadas de tal modo que “el estudiante pueda tener un crecimiento educativo para poder obtener un título, ya sea técnico, universitario o de posgrado”.

2.2.1.19. PLAN DE ACTUALIZACIÓN CURRICULAR

El FAO en el documento Elaboración participativa de planes de estudios para la educación y capacitación agrícola (1999), señala que la visión que la educación tiene y la función que juegan en la sociedad, es cambiante en el tiempo según la evolución de las tecnologías, la ciencia y la política en general. El sitio Definición.de (s.f.) agrega que es fundamental considerar “que los planes de estudio cambian con el tiempo, ya que deben ser adaptados a las nuevas circunstancias sociales y actualizados para que la formación de los estudiantes no pierda valor”.

El Ministerio de Educación Nacional de la República de Colombia (s.f.) define a un plan de actualización curricular, bajo el nombre de plan de mejoramiento, como el “conjunto de metas, acciones, procedimientos y ajustes que una institución educativa define e implementa en periodos de tiempo determinados para que los aspectos de gestión educativa se integren y apoyen el cumplimiento de su misión académica”.

2.2.2.MARCO HISTÓRICO

2.2.2.1. ANTECEDENTES DE LA FABRICACIÓN DIGITAL

TECNOLOGÍAS DE FABRICACIÓN DIGITAL A NIVEL MUNDIAL

La fabricación digital tiene sus inicios en el año 1948, con la teoría matemática de la comunicación creada por el ingeniero Estadounidense Claude Shannon, cuyo trabajo logró resolver el problema que presentaban para ese entonces la transmisión y tratamiento de la información a través de dispositivos electrónicos (Biografías y Vidas, s.f.). Shannon transformó las palabras a una serie de códigos numéricos, asegurando que la información se transmitiría de forma confiable de un dispositivo a otro (Busca Biografías, 1999); sentando bases para el desarrollo de la tecnología de comunicaciones y el diseño de circuitos de computadoras, siendo uno de los precursores de la “revolución tecnológica de la segunda mitad del siglo XX” (Infoamérica, s.f.).

Fue hasta 1952 que su trabajo fue retomado por el matemático Jhon Von Neuman, quien demostró que una computadora digital puede trabajar de forma confiable en dispositivos no confiables, además de diseñar dos máquinas autoreproductoras. Ese mismo año, en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) se construyó la primera fresadora comandada por medio de una computadora. “En el año 1957 el Dr. Patrick Hanratty desarrolla PRONTO, el primer software de producción asistido por computadora, siendo el inicio de la tecnología CAD/CAM” (castor.es, 2005).

A inicios de la década de 1960 se crea el primer sistema gráfico CAD llamado Sketchpad en el Laboratorio Lincoln del MIT; debido al alto precio de este software y el hardware requerido, su uso quedó limitado a las más grandes compañías de automovilísticas y aviación. Durante los primeros años de la década de 1970, esta tecnología dejó de ser empleada exclusivamente para la investigación e inició su uso comercial; es en este periodo que se desarrolla el software CAD/CAM “DRAPO” por la compañía Francesa Dassault (castor.es, 2005).

Durante los años 80, el uso de las tecnologías de fabricación digital a través del CAD/CAM se extendió en la industria en general integrando su uso con la maquinaria CNC, a causa de la reducción de costos de software y hardware. Para la década de 1990, el empleo de las prácticas CAD/CAE/CAM (Computer Assisted Design / Engineering / Manufacturing) se extiende a los campos de arquitectura y construcción (Pérez, Guetierrez De Rueda, Sánchez-Laulhé, & Olmo Bordallo, 2011); este periodo se caracterizó por el aumento exponencial del

mercado de las tecnologías de diseño y fabricación asistida por computadora gracias a softwares como CATIA, Parametric Technology y Autodesk (Albarrán Ligeró, 2008).

El inicio del siglo XXI se ve marcado desarrollo continuo de la fabricación digital, que cada vez presenta maquinaria más rápida con mayores niveles de precisión y calidad en los acabados y por la necesidad de la industria de innovar de forma eficiente sus productos de acuerdo a los requerimientos del mercado (Sanchez Jimenez, Fernandez De la Puente, & Llorente Geniz, s.f.)

ANTECEDENTES DE LA FABRICACIÓN DIGITAL A NIVEL LATINOAMERICANO

El crecimiento del uso de las tecnologías de fabricación digital a pequeña escala no es un hecho aislado, mas bien es una concurrencia de acontecimientos que han transformado la sociedad desde el área digital creando un “impacto no sólo en el modelo productivo de las sociedades, sino también en su modelo económico” (García Pujadas, 2015). La siguiente lista presenta la clasificación de los hechos que impulsaron el crecimiento de la fabricación digital, bajo el enfoque de producción a pequeña escala (Pujadas, 2015):

HECHOS TECNOLÓGICOS

1. Difusión e implantación de la informática distribuida⁹ y las soluciones de almacenamiento en la nube¹⁰.
2. Aumento del mercado de tecnologías de fabricación digital a pequeña escala a consecuencia de la reducción de sus costos y la facilidad de manejo de sus modelos más recientes (impresoras 3D, scanners 3D, cortadoras laser y maquinaria CNC), esto debido a que el costo del producto se basa en el tiempo de fabricación de la máquina, no en la forma ni complejidad de la pieza (Herrera & Juárez , s.f.).
3. Personalización de la electrónica a través del uso de dispositivos como Arduino, RaspBerry para personas que no son especialistas en estas áreas, generando mayor competencia en el mercado y por tanto, una reducción de costos en estos dispositivos.
4. Aumento en el alcance del “Internet de las cosas”¹¹, al incrementar el número de objetos que pueden conectarse a internet, generar, almacenar, tratar y compartir información se facilita la conectividad entre sus usuarios y la transmisión de conocimientos.

⁹ Informática distribuida: consultar glosario técnico.

¹⁰ Nube: consultar glosario técnico.

¹¹ Internet de las cosas: consultar glosario técnico.

HECHOS SOCIALES

1. Impulso de la Economía colaborativa¹² como sistema económico en el que se comparten y se intercambian bienes y servicios a través de plataformas digitales con mayor eficiencia y precisión con que la tecnología actual debido a que se recibe e interpreta los ciclos de oferta y demanda con mayor eficiencia, además de proveer bienes y servicios sin depender de un empleador (Majluf, 2015).
2. Con la expansión del open hardware, el traslado de los principios del open source¹³ (compartir archivos para su uso y expresar su porción a un producto físico, ofrecer el software necesario para leer el archivo del diseño o la documentación suficiente de las funcionalidades requeridas, proponer una licencia que permita producir derivados y modificaciones, sin restringir su venta ni discriminar a ningún grupo o persona con esta, re-distribución bajo la licencia original, entre otros) generó un mayor desarrollo en términos de innovación y colaboración.
3. El crowdfunding¹⁴ en sus diferentes versiones (de recompensa, inversión, préstamo y donación) que permiten financiar las inversiones de proyectos evitando la voracidad o las barreras de entrada de la financiación vía capital riesgo y de la financiación bancaria.
4. Creación de empleo y potenciación del emprendimiento con menos barreras de entrada de maquinaria, software, instalaciones o financiación, la fabricación digital crea nuevas oportunidades de trabajo incluso desde casa, creando objetos que se destaquen por su valor agregado en el mercado a precios competitivos.

HÁBITOS DE CONSUMO

1. La digitalización de la vida cotidiana trae consigo un profundo cambio de los hábitos y exigencias de los consumidores. La posibilidad de adquirir productos de manera inmediata a través de la red, como ebooks, música y series, está trayendo consigo un gran cambio: los consumidores cada vez exigen periodos de entrega más cortos con cargos por envío cada vez menores.

¹² Economía colaborativa: El término se deriva de la expresión inglesa “sharing economy” y se refiere a un sistema económico en el que se comparten e intercambian bienes y servicios a través de plataformas digitales.

¹³ Open Source: consultar glosario técnico.

¹⁴ Crowdfunding: También denominado financiación masiva, financiación en masa o por suscripción, financiación colectiva y micro financiación colectiva; crowdfunding es la cooperación colectiva llevada a cabo por personas que realizan una red para conseguir dinero u otros recursos. Se suele utilizar Internet para financiar esfuerzos e iniciativas de otras personas u organizaciones.

2. Los consumidores exigen cada vez más productos y servicios que, mediante la personalización, satisfagan sus deseos específicos y les permitan expresar su propia identidad, extendiéndose a cosas temporales como el estado de ánimo, la localidad o las necesidades puntuales.

Es por los hechos mencionados anteriormente, que a inicios del siglo XXI los laboratorios de fabricación digital se inauguran como centros que buscaban fomentar la creatividad, la innovación, el emprendimiento, la producción personal y el diseño; este proceso se realizó primero en el área de la industria de la manufactura para trasladarlo posteriormente al área de educativa, hasta que ambos formaron una simbiosis (Herrera & Juárez , s.f.); pero no es hasta el año 2007, que en América Latina incorpora un conjunto de técnicas de producción emergentes, generada por tres situaciones (Blikstein, 2013):

1. Experiencia de los estudiantes de licenciaturas, maestrías y doctorados en el exterior que retornan a sus países de origen y promueven su experiencia con las tecnologías de fabricación digital a terceros.
2. Experiencia académica fuera de la región.
3. Aprendizaje independiente de estudiantes y docentes.

Estas experiencias se desarrollaron en el área académica, contrario al desarrollo del uso de las tecnologías de fabricación digital en Estados Unidos o Europa, que fue promovido desde y hacia la práctica profesional (Blikstein, 2013). En términos generales, para Europa y Norteamérica, el camino hacia el uso de tecnologías de fabricación digital ha sido el de “una evolución sostenida, de tal modo que su adopción fue el modo lógico de responder a las circunstancias” (Waisman, 1995), caso contrario a lo que ocurrió en Latinoamérica, donde “la alta tecnología se transformó en el símbolo del progreso y su utilización devino en signo inequívoco de una modernidad aparente” (Waisman, 1995).

Mientras que en los países del hemisferio norte se da por hecho la relación entre la fabricación personal y la computación como herramientas de desarrollo de sus procesos (Gershenfeld, 2005), en los países en vías de desarrollo, la mayoría de los países de la región latinoamericana, dependen del consumo masivo de un producto en lugar que cada usuario los fabrique; es por esto que surge la iniciativa del funcionamiento de los Fablabs, que busca potenciar el poder creativo de las personas, que actualmente forman conglomerados de consumidores pasivos, cuyo papel principal es decidir su selección sobre un grupo de productos previamente producido por terceros (Herrera & Juárez , s.f.).

El proceso de implementación de los laboratorios de fabricación digital se ha desarrollado de manera más intensa en Suramérica, siendo especialmente acelerado en Argentina, Uruguay, Paraguay, Chile y Brasil que en el resto de los países del área; mientras que en Centroamérica, el desarrollo de estos centros ha despuntado especialmente en Costa Rica y Panamá (Herrera & Juárez , s.f.).

Alrededor de 2007, se empieza a formalizar iniciativas de universidades latinoamericanas como parte de la investigación de grupos académicos, los profesionales de estos centros de formación superior tomaron la experiencia y resultados de sus estudios de maestrías y doctorados y los aplicaron, hasta convertirlos en referencias regionales, tal es el caso de UNICAMP LACAP, la Pontificia Universidad Católica de Chile, y la Universidad del Bio-Bio, entre otros (Herrera & Juárez , s.f.).

2.2.2.2. ANTECEDENTES DE LABORATORIOS DE FABRICACIÓN DIGITAL

Existe un segundo grupo que promueve la implementación de las tecnologías de fabricación digital en desde el punto de vista académico: los laboratorios comerciales de fabricación digital y la red FabLab del Massachusetts Institute of Technology (MIT). En 2005 el concepto Laboratorio Fabricación Digital (Fab Lab) en el Center For Bits And Atoms del MIT es creado por Neil Gershenfeld durante el curso “How to make almost anything” o “Como hacer casi cualquier cosa” (Fab Lab Lima, s.f.); este curso es el resultado de una subvención de la NSF (National Science Foundation) para establecer unas instalaciones únicas de fabricación digital transversales a varias disciplinas. En 2009, surgen los primeros Fab Labs en India, Costa Rica, Noruega, Boston y Ghana, como unidades de producción a escala local (FabLab Alicante, s.f.).

Es hacia la segunda década de este siglo que surge una nueva línea dentro de la tecnología de fabricación asistida por computadora denominada Fabricación Personal, conocida también como “Fabbing” (Pérez, Guetierrez De Rueda, Sánchez -Laulhé, & Olmo Bordallo, 2011, pág. 5), este concepto propone un alejamiento de la fabricación digital de la industria, el diseño y la ingeniería y un acercamiento a la fabricación realizada por cada individuo según sus necesidades, expandiendo su conocimiento y potencial creativo. Existen actualmente numerosos proyectos de máquinas de fabricación personal, principalmente impresoras 3D, y una amplia comunidad global, académica, amateur y empresarial trabajando en este campo (Reprap, Makerbot / Fab@home, Shopbot). (Pérez, et al., 2011, pág. 5).

En América Latina, existen más de 40 fablabs organizados en la Red Latinoamericana de Fablabs y conectados con la red mundial de estos centros. A diferencia de los espacios enfocados en la producción industrial, los fablabs tienen como objetivo promover la experimentación y el aprendizaje con las nuevas tecnologías. Y, si bien no rechazan la cultura emprendedora, estos espacios en general respetan la cultura del software libre y ofrecen días abiertos al público en general, para que cualquiera pueda participar de los talleres.

ANTECEDENTES DE LOS HACKERSPACES

Uno de los primeros hackerspaces en abrir sus puertas fue el establecimiento Alemán C-Base el año de 1995, en este lugar grupos de programadores, llamados en esa época hackers, se reunían para desarrollar sus programas; estos grupos defendían la cultura hecker y el uso del software libre como una forma de realizar una “democratización digital” (Guimerans, 2012). Actualmente sigue activo y cuenta con más de 450 miembros. Luego de 12 años que esta tendencia iniciara y se extendiera en varias ciudades europeas, un grupo de estadounidenses visitaron Alemania para conocer esta innovadora forma de trabajar, luego de su regreso a New York fundaron varios espacios, entre ellos NYC Resistor (2007), HacDC (2007) y Noisebridge (2008) por nombrar algunos (Cavalcanti, 2013). En estos centros inicialmente se desarrollaron de la misma forma que el C-base, siendo un lugar para programar en común, pero poco a poco comenzaron a ofrecer a sus miembros clases, talleres de diseño y fabricación de circuitos y dispositivos electrónicos, alquiler de herramientas a través del pago de membresías e incluso cursos relacionados con el área textil; a partir de este cambio en sus políticas, que buscaban una mayor inclusión de sus usuarios, fue que se denominaron de forma permanente como hacklabs y no hackerspaces, debido a que estos últimos poseen políticas que excluyen a parte de la comunidad interesada en convertirse en miembro de estos centros (Maxigas, s.f.), actualmente existen más de 800 hacker labs alrededor del mundo (Guimerans, 2012).

A partir del encuentro realizado en Madrid, en abril de 2006, denominado “Jornadas Interhacklabs” nuevos hacklabs comienzan a aparecer en países de América Latina, entre ellos: Stgo Makerspace en Chile, Hackreta en Argentina, Lowlab en Bolivia, Hacklab Autónomo en México, Hacklabasu en Paraguay y Colombia con Hacklab Oriente (ranchoelectronico.org, 2016)

ANTECEDENTES DE LOS TECHSHOPS

Los Techshops iniciaron sus actividades en 2006 en Menlo Park California, nombrándose a sí mismos como “el primer centro de trabajo público y de libre acceso a nivel nacional” (Cavalcanti, 2013). En la actualidad, existen 9 Techshops abiertos al público en Estados Unidos, en los estados de Arizona, California, Michigan, Missouri, Pennsylvania, Texas y Washington, además se planea abrir 3 nuevos centros en el presente año.

Antes que los términos makerspace o hackerspace fueran conocidos de forma amplia en Estados Unidos, los techshops ofrecían acceso público una alta gama de equipo de fabricación a cambio de un cuota de afiliación, estos espacios siempre se han enfocado en proveer acceso público a una variedad de áreas de artesanía con infraestructura de apoyo del equipo; todas sus instalaciones incluyen la madera, mecanizado, soldadura, costura, y capacidades de fabricación CNC, por nombrar unos pocos (Cavalcanti, 2013).

ANTECEDENTES DE LOS MAKERSPACES

El termino Makerspace se hace conocido cuando Dale Dougherty, fundador de la revista MAKE, registra el dominio makerspace.com y lo emplea para referirse a los “espacios accesibles al público, dispuestos para el diseño y la creación en un sentido más amplio, incluyendo a un público mayor” (Cavalcanti, 2013), en muchas ocasiones en un contexto de crear espacios para niños, todo esto basado en la cultura “maker de fabricación”; a pesar de esto no fue hasta 2011 que el término se populariza, producto del aumento del número de espacios fundados en Estados Unidos.

Uno de los objetivos principales de los hackerspaces era compartir recursos, conocimiento y crear; funcionaba por que se daban dinámicas comunitarias, abiertas y participativas. Los makerspaces, enfocados en la fabricación de elementos que unen lo físico con lo tecnológico, mantienen esta filosofía; para estimular la creación y la creatividad, un makerspace se basa en 2 pilares fundamentales: herramientas y comunidad (Cobain, 2014). A diferencia de los Hackerspaces, que están más enfocados en la programación y circuitos, los Makerspaces intentan crear cosas de todas las técnicas posibles, desde electrónica hasta modelado de madera, lo que llamó la atención de muchas personas que se vieron atraídos hasta estos lugares de trabajo donde abundaba la variedad de oficios (Rozas Andreu, 2015). Utilizado por estudiantes, profesores y personal, los makerspace se han convertido en “espacios para el aprendizaje informal auto dirigido basado en proyectos, proporcionando espacio de trabajo

lúdico que permita evaluar soluciones a problemas cotidianos y escuchar aportaciones de colegas con intereses similares” (Balagué, 2015).

Su carácter práctico, unido a las herramientas y materias primas que apoyan la invención, proporcionan un espacio educativo perfecto para las personas a través de la metodología de aprender haciendo conocida en inglés como Learning by doing¹⁵ (Balagué, 2015). Algunos Makerspace importantes son Artisans Asylum, MakerWorks y Columbus Idea Foundry, algunos de estos dieron lugar a compañías como Pebble y Square (Cavalcanti, 2013).

2.2.2.3. ANTECEDENTES DE LA FABRICACIÓN DIGITAL A NIVEL NACIONAL

ANTECEDENTES DEL SECTOR PRODUCTIVO DE EL SALVADOR

Durante la segunda mitad del siglo XX, se desarrolló el proceso de industrialización en la región centroamericana; a pesar que es durante este periodo que la industrialización se extendió a lo largo del istmo centroamericano, El Salvador ya contaba con la industria cervecera para consumo nacional y a partir de la década de 1920, se fundaron los primeros ingenios y empresas textiles en la región, además de pequeñas tabacaleras. Una de las principales características de estas empresas era el reducido número de empleados y los procesos de producción empleados, artesanales en su mayoría, el desarrollo de la industria en el país, y especialmente en El Salvador se vio afectado por las siguientes causas (Asociación Salvadoreña de Industriales, s.f.):

1. Alto costo en la distribución de mercancías, debido a la mínima existencia de vías de comunicación y a la limitada capacidad de los medios de transporte de la época.
2. El rubro al que se dedicaba la mayoría de las industrias de la época era el procesamiento de insumos agrícolas.
3. Reducida mano de obra a emplear en el área de supervisión de procesos productivos, debido al alto índice de analfabetismo en el país.
4. Financiamiento de la inversión en la industria provenía de los dueños de las empresas debido a las duras condiciones que exigía la banca nacional para el otorgamiento de créditos.

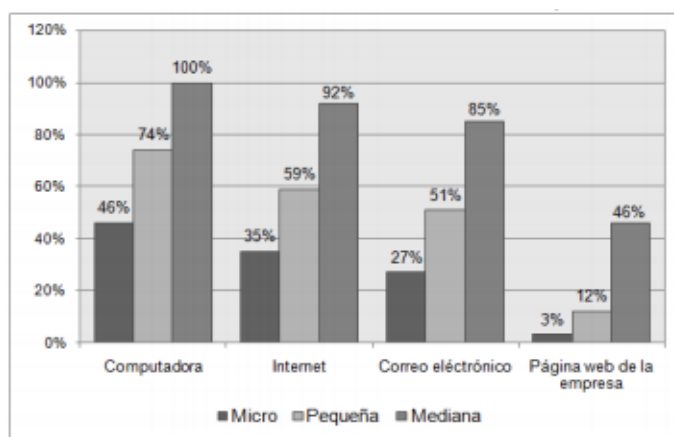
¹⁵ Learning by doing, consultar glosario

En la década de 1950, se suscriben tratados de libre comercio entre los países del istmo centroamericano, siendo El Salvador el principal promotor de esta causa, debido a la capacidad instalada que poseían sus industrias en la época. Para 1963, el país gozaba de una posición dominante en el rubro de las exportaciones del sector industrial, convirtiéndose en uno de los principales proveedores a nivel centroamericano.

Para 1968 el país poseía alrededor del 75% de la capacidad instalada del sector de hilados y tejidos de la región, siendo el principal exportador de estos productos. Fue con el conflicto armado que el país vio mermado no sólo su crecimiento económico, sino también su crecimiento tecnológico, cerrando importantes empresas manufactureras, nacionales e internacionales, relegando la tecnificación de los procesos de fabricación que en el resto de empresas, que continuaron operando, se empleaban (Asociación Salvadoreña de Industriales, s.f.).

ERA DIGITAL Y SECTOR PRODUCTIVO DEL PAÍS

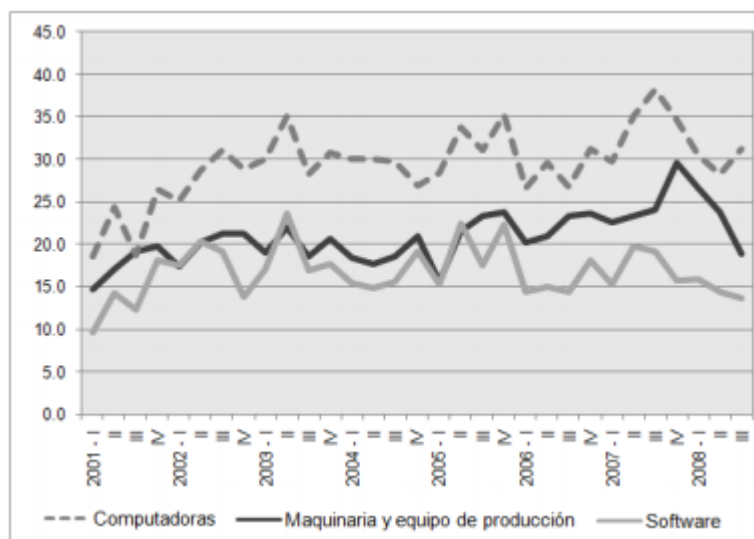
Según la encuesta a MIPYMES realizada en Centroamérica en 2004, el 74% de las empresas en El Salvador poseen computadora, el 36% posee internet y únicamente del 3% posee página web; los datos anteriores pueden dar una idea de la situación tecnología en las empresas del país, las cuales emplean en sus procesos computadoras que permiten no sólo administrar las secuencias de fabricación sino también realizar el diseño de diversos productos. Al observar la gráfica siguiente, puede concluirse que a medida el tamaño de las empresas aumenta, se incrementa el uso de computadoras e internet, lo cual pueda significar un uso de tecnologías de fabricación digital, especialmente en las grandes empresas (Lemus & Villatoro Canales, 2009).



Esquema 2 Conectividad de la MIPYMES Salvadoreñas clasificadas por número de empleados

Fuente: La brecha digital en El Salvador: Causas y manifestaciones

La Encuesta Dinámica Empresarial realizada por FUSADES, muestra que las empresas emplean cada vez más recursos para la adquisición de computadoras, el siguiente gráfico muestra que el porcentaje de la industria que invierte en computadoras va de un 19% en el primer trimestre de 2001, a un 30% en el mismo periodo de 2008, siendo el tercer trimestre de 2007, un dato relevante es que la mayor inversión se realiza en la compra de computadoras, siendo la inversión en maquinaria y equipo de producción y la inversión en software, ya sea de diseño o de producción, el segundo y tercer lugar de inversión en las empresas salvadoreñas respectivamente. La inversión en maquinaria y equipo muestra una tendencia decreciente hacia finales de 2008, principalmente por la situación de inestabilidad económica que se daba en el país para ese entonces; la inversión en software es el rubro de menor inversión en las empresas salvadoreñas, planteando la hipótesis de dos de los principales problemas del bajo crecimiento en la implementación de las tecnologías de fabricación digital del país: las empresas no vislumbran verdaderamente los beneficios que ofrecen las técnicas de fabricación y diseño digital, por lo que deciden no emplearlas al verlas únicamente como un costo extra y no como una reducción de los mismo y el limitado poder adquisitivo de la mayor parte de la industria del país reduce el uso de software certificado y hardware de diseño y fabricación digital (Lemus & Villatoro Canales, 2009).

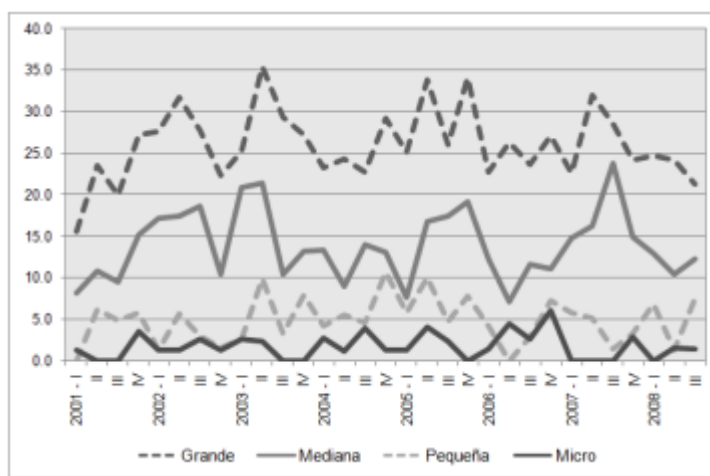


Esquema 3 Serie trimestral del porcentaje de empresas en El Salvador que invierten en computadoras, software y maquinaria de producción

Fuente: La brecha digital en El Salvador: Causas y manifestaciones

Los datos arrojados por la encuesta de dinámica empresarial, muestran la existencia de la brecha digital en las empresas del país; al desglosar la inversión realizada en softwares, se observa que el número de empresas que invierte en programas aumenta al aumentar el

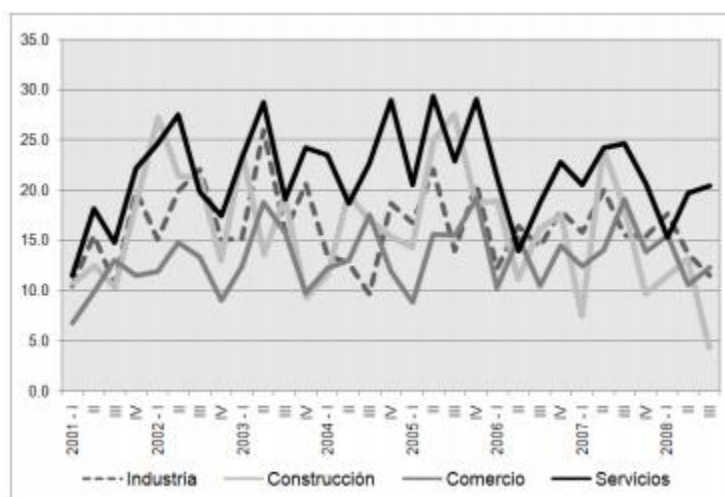
tamaño de las mismas, siendo la gran industria la que invierta más en estas tecnologías, lo que confirma las hipótesis anteriormente planteadas (Lemus & Villatoro Canales, 2009).



Esquema 4 Serie trimestral del porcentaje de empresas en El Salvador que invierten en software clasificadas por tamaño

Fuente: La brecha digital en El Salvador: Causas y manifestaciones

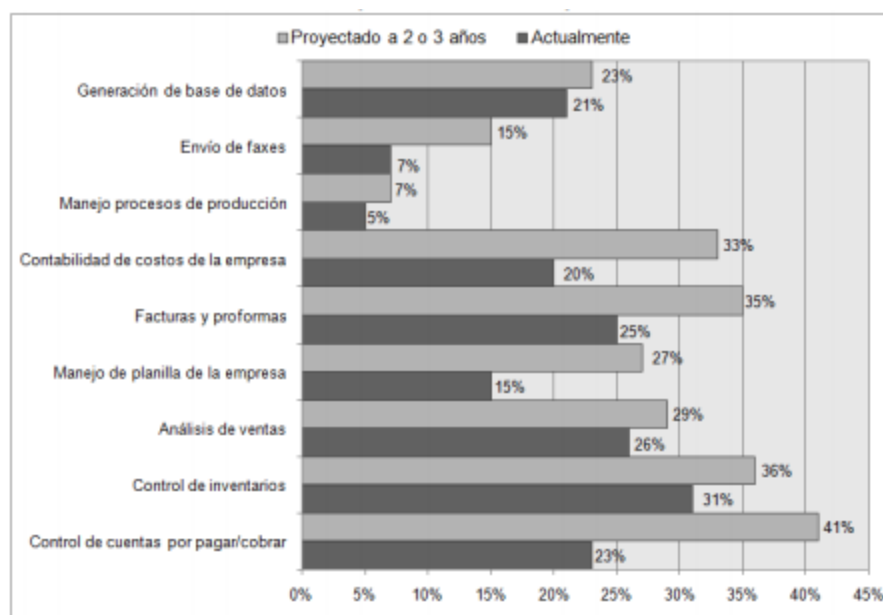
Los datos de la encuesta de FUSADES señalan que al clasificar las empresas por actividad económica en el periodo 2001 a 2008, es el rubro de servicios el que realiza la mayor inversión en software para el funcionamiento de sus empresas, mientras que los rubros de industria y construcción son segundo y tercero respectivamente; un elemento que resalta al observar esta gráfica es que a pesar que el rubro de la construcción realiza los mayores desembolsos, estos son irregulares a lo largo del año, mientras que el rubro de la industria realiza inversiones menores pero de forma equilibrada a lo largo del año (Lemus & Villatoro Canales, 2009).



Esquema 5 Serie trimestral del porcentaje de empresas en El Salvador que invierten en software clasificadas por rama de actividad económica

Fuente: La brecha digital en El Salvador: Causas y manifestaciones

Una vez que se conoce la inversión realizada por las empresas del país, en sus diferentes sectores, es necesario conocer el uso que dan a los diferentes software y hardware de producción, la siguiente gráfica brinda una idea del uso que las MIPYMES le dan a las computadoras que adquieren; la mayor parte de las empresas utilizan los software y hardware para contabilidad de la empresa, siendo el principal uso el control de inventarios con un 31%,; en segundo lugar de empleo se encuentra el análisis de ventas, que fue reportado por un 26% de las empresas encuestadas; el 25% manifestó emplear el software y hardware para la realización de facturas y proformas, el 21% para generar bases de datos, el 20% para realizar un control de contabilidad y costos, el 15% para el manejo de la planilla de la empresa y finalmente el 5% el manejo de los procesos de producción (Lemus & Villatoro Canales, 2009).



*Esquema 6 Uso de computadoras en las empresas en El Salvador
Fuente: La brecha digital en El Salvador: Causas y manifestaciones*

2.2.2.4. ANTECEDENTES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

La Universidad de El Salvador fue fundada del 16 de febrero de 1841. El decreto respectivo fue emitido por la Asamblea Constituyente, que recién se había instalado. Fue firmado por Juan José Guzmán, diputado presidencial, y los diputados secretarios Leocadio Romero y Manuel Barberena.

La orden de ejecución fue firmada por Juan Nepomuceno Fernández Lindo y Zelaya, quien gobernó el país en su carácter de jefe provisorio de Estado, del 7 de enero de 1841 al 1 de febrero de 1842.

La ejecución del decreto de fundación corrió a cargo del jefe de sección encargado del Ministerio de Relaciones y Gobernación, quien dispuso su impresión, publicación y circulación. La UES inició sus actividades hasta 1843, impartiendo matemáticas puras, lógica, moral, metafísica y física general. En 1880 se subdividió en facultades, algunas de las cuales desaparecieron tiempo después, mientras que otras nuevas fueron creadas. Es el primero y más grande centro de estudios superiores de la República de El Salvador. También es la única universidad pública del país.

Ciudad Universitaria, su campus central, está ubicado en la ciudad de San Salvador; también cuenta con sedes en las ciudades de Santa Ana, San Miguel y San Vicente. Ha desempeñado un papel fundamental en el desarrollo de la sociedad salvadoreña sobre los ámbitos educativo, social, económico y político; algunos de los principales personajes de la historia de El Salvador se han formado en esta universidad.

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Debido a las transformaciones que experimentaba el país en aspectos sociales, económicos y tecnológicos, el sector productivo del país requería de técnicos y profesionales en diferentes ramas de la actividad económica que se realizaban en esa época, especialmente la agricultura impulsada por el cultivo del café, que demandaba que técnicos realizaran estudios topográficos para delimitar las propiedades de una manera más exacta así como agrónomos que es por eso que se reactiva la Facultad de Agrimensura y se funda la Facultad de Ingeniería Civil (Cáliz Velasquez, 2006).

Para 1879, en la Universidad de El Salvador se impartían veinticinco cátedras distribuidas en diversas Facultades, funcionando además cátedras secundarias que dificultaban la centralización de la enseñanza superior; esta fue una de las principales causas precursoras de la reforma a la educación superior que eliminó las Universidades de Oriente y Occidente, centralizando la enseñanza en un solo instituto, formando a partir de entonces la Universidad Nacional de la República de El Salvador. Es desde esa fecha que el Alma mater se ha transformado de acuerdo a la realidad nacional, generando una actualización constante de las currículas impartidas, así como creando nuevas carreras que respondan a las necesidades del

entorno del país. Una de las principales necesidades, es la creación, mantenimiento y mejora de la infraestructura del país, así como de optimizar los procesos productivos y mejorar la economía nacional, estos y otros motivos impulsaron la creación de las carreras de ingeniería civil, arquitectura, ingeniería industrial, eléctrica y mecánica (Cáliz Velasquez, 2006).

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

La carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador tiene sus orígenes en el año de 1954, en respuesta al desarrollo tecnológico del sector industrial del país. En 1959 se registran los primeros alumnos de la carrera de Ingeniería Industrial en el alma mater sin embargo, es hasta 1961 que el departamento de Ingeniería Industrial comienza a consolidarse. En 1966 se aprueban los primeros planes de estudio de la Facultad de ingeniería y arquitectura, dichos planes fueron analizados de forma periódica por una comisión encargada hasta junio de 1970, fecha en la que se suprimen las carreras combinadas que existían, Mecánica Industrial y Eléctrica Industrial, otorgándole a la carrera de Ingeniería Industrial un nuevo enfoque; los hechos anteriores condujeron a un nuevo plan de estudios para la carrera denominado Plan 73 reformado; posterior a este plan, se aprueba el plan 78 como una actualización al contenido curricular que se impartía en la época, ya que para esa fecha la Universidad de El Salvador deja de ser uno de los centros de educación que impartían la carrera de Ingeniería Industrial al surgir nuevos centros de educación superior (Escuela de Ingeniería Industrial, 2012).

Entre los años 1978 y 1980 se construye el edificio de Ingeniería Industrial, que posee aulas para impartir clases, aulas equipadas para impartir dibujo técnico, un taller de ingeniería industrial, aulas para realizar laboratorios de ingeniería de métodos, distribución en planta, medida del trabajo entre otros, además de cubículos privados, salones de reunión para docentes y salas de sesiones para asesorías de trabajos de graduación. En el año de 1980, el conflicto armado experimentó su punto más álgido, obligando el cierre de la Universidad de El Salvador en diversas ocasiones, lo que generó la pérdida y deterioro del edificio, sus aulas y el equipo de laboratorio. Fue el terremoto de 1986 que inhabilita definitivamente el edificio de Ingeniería Industrial, provocando el reacomodo de la planta docente de las carreras de Ingeniería Industrial e Ingeniería Química en la tercera planta del edificio de Ingeniería Mecánica, trasladando el equipo y maquinaria de trabajo al taller de tecnología de dicha escuela (Escuela de Ingeniería Industrial, 2012).

Para 1988 se implementó la reforma al plan de estudios del año 78, resultado del congreso de docentes realizado en ese mismo año, el nuevo plan de estudios planteaba actualizaciones en áreas como matemáticas, mecánica de materiales, dibujo técnico, asignaturas electivas, por mencionar algunos. Hacia el año 1991 existían dos departamentos dentro de la escuela de ingeniería Industrial: El Departamento de Sistemas y el departamento de Producción, atendiendo cada departamento las carreras actuales de Ingeniería de Sistemas e Ingeniería Industrial respectivamente, el desarrollo tecnológico de la época contribuyó a la consolidación de la carrera de ingeniería de Sistemas al punto que la escuela de ingeniería industrial absorbía cerca del 40% de la población estudiantil de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura. La situación planteada anteriormente impulsó el proceso de separación de las carreras de Ingeniería Industrial e Ingeniería en Sistemas Informáticos, este proceso duró alrededor de dos años, contando con el apoyo de asesores nacionales y extranjeros con asesorías y capacitaciones; además de realizar el equipamiento de los laboratorios de la carrera de Ingeniería en Sistemas Informáticos según los requerimientos de la nueva carrera (Escuela de Ingeniería Industrial, 2012).

El proyecto reconstrucción del edificio de la Escuela de Ingeniería Industrial se gestionó en 1996, recibiendo dictamen favorable de financiamiento por las autoridades del Alma Mater, el proyecto fue la base para la reconstrucción realizada en el año 2000; en 1998 se realiza una nueva reforma educativa al plan de estudios, incorporando nuevas asignaturas y técnicas electivas con base en los requerimientos planteados por la realidad del sector nacional del país (Escuela de Ingeniería Industrial, 2012). En el año 2002 la Universidad de El Salvador fue sede de los Juegos Centroamericanos y del Caribe, generando la remodelación de su infraestructura; la reconstrucción inicia en el año 2000; la escuela de Ingeniería Industria resulta beneficiada con un edificio adecuado a las actividades de enseñanza y con centros de cómputo modernos para que tanto el personal docente como estudiantil realicen sus actividades (Escuela de Ingeniería Industrial, 2012).

2.2.3.MARCO CONTEXTUAL

El análisis de la implementación de un laboratorio de fabricación digital en la Escuela de Ingeniería Industrial, está enmarcado bajo el contexto de dos grandes sectores: el sector universitario y el sector empresarial.

Sector universitario: La temática del estudio sobre la implementación del laboratorio de fabricación digital para éste sector surge principalmente de la línea 2 del plan estratégico de la Escuela de Ingeniería Industrial (EII), específicamente del cumplimiento del objetivo de la Actualización curricular de la Carrera de Ingeniería Industrial.

La implementación de laboratorio de fabricación digital no solo beneficiaría a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial, sino que también ayudaría a la Facultad de Ingeniería y Arquitectura a ser una fuente generadora de innovación tecnológica y de investigación aplicada, beneficio que sin lugar a duda se trasladaría y magnificaría al Alma Mater¹⁶, dotando a ésta de un mejor posicionamiento a nivel nacional y regional.

Sector empresarial: Entendiendo el sector empresarial como aquel sector productivo de las micros, pequeñas y medianas empresas de El Salvador (MIPYMES).

Tan importante es la tecnificación del sector, que actualmente es necesaria para poder competir en el mercado. Obviamente, facilitaría relaciones de negocios más grandes, incrementaría los ingresos de la empresa y del grupo familiar. La falta de competitividad obliga a que muchas empresas de bienes o servicios no accedan a mejores mercados, aun cuando hay excepciones, y es por ello que la Escuela de Ingeniería Industrial a través de su laboratorio de fabricación digital apoyará el crecimiento e innovación de este sector, Siendo constructores de oportunidades para un país mejor, ya que el sector contribuye a generar ingresos entre el 25 a 30 por ciento del Producto Interno Bruto (PIB). No obstante, el porcentaje de participación podría ser mayor si el sector experimentará una mayor tecnificación, lo que le llevaría a ser más productivo. (Haydeé de Trigueros- Presidenta de CONAMYPE, 2010)

2.2.3.1. SECTOR UNIVERSITARIO

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

La Universidad de El Salvador (UES) es la institución de educación superior más grande y antigua de la República de El Salvador, es la única universidad pública del país. Está

¹⁶ La Universidad de El Salvador

conformada por nueve facultades históricas ubicadas en la Ciudad Universitaria, aunadas a tres facultades multidisciplinarias en el interior del país, que, en conjunto, imparten 169 carreras de educación superior.

MISIÓN INSTITUCIONAL

Institución en nuestro país eminentemente académica, rectora de la educación superior, formadora de profesionales con valores éticos firmes, garante del desarrollo, de la ciencia, el arte, la cultura y el deporte. Crítica de la realidad, con capacidad de proponer soluciones a los problemas nacionales a través de la investigación filosófica, científica artística y tecnológica; de carácter universal.

VISIÓN INSTITUCIONAL

Ser una universidad transformadora de la educación superior y desempeñar un papel protagónico relevante, en la transformación de la conciencia crítica y prepositiva de la sociedad salvadoreña, con liderazgo en la innovación educativa y excelencia académica, a través de la integración de las funciones básicas de la universidad: la docencia la investigación y la proyección social.

OFERTA ACADÉMICA

En la actualidad se imparten 169 carreras en las cuatro sedes la Universidad de El Salvador. A continuación, se muestra el listado de las carreras de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la sede central, que se verían beneficiadas tras la implementación del Laboratorio de fabricación digital:

- | | |
|--------------------------|--|
| 1. Arquitectura | 5. Ingeniería Eléctrica |
| 2. Ingeniería Civil | 6. Ingeniería Química |
| 3. Ingeniería Industrial | 7. Ingeniería de Alimentos |
| 4. Ingeniería Mecánica | 8. Ingeniería en Sistemas Informáticos |

No obstante, no se descarta el que el Laboratorio de Fabricación Digital, pueda traer beneficios para el crecimiento curricular de otras carreras pertenecientes a La Universidad de El Salvador.

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

La Facultad de Ingeniería y Arquitectura, actualmente con una población estudiantil de 5405 estudiantes, es la encargada de impartir siete carreras de la oferta académica de la Universidad de El Salvador las cuales se exponen a continuación:

1. Ingeniería Civil
2. Ingeniería Industrial
3. Arquitectura
4. Ingeniería Mecánica
5. Ingeniería Eléctrica
6. Ingeniería Química
7. Ingeniería de Alimentos
8. Ingeniería de Sistemas Informáticos

La facultad comprende la unión de ocho Escuelas, las cuáles albergan cada una de las carreras expuestas anteriormente, las cuáles se mencionan a continuación:

1. Escuela de Ingeniería Civil
2. Escuela de Ingeniería Industrial
3. Escuela de Ingeniería Química y de Alimentos
4. Escuela de Ingeniería Eléctrica
5. Escuela de Ingeniería Mecánica
6. Escuela de Ingeniería de sistemas Informáticos
7. Escuela de Arquitectura
8. Escuela de Posgrado

Cuenta con la Unidad de Ciencias Básicas, unidad encargada de la formación en competencias físicas y matemáticas de los estudiantes de las diferentes carreras de la facultad.

MISIÓN

La Facultad de Ingeniería y Arquitectura, como parte integral de la Universidad de El Salvador es una institución formadora de profesionales competentes, responsables y éticos, en las áreas de la Ingeniería y la Arquitectura, generadora de alternativas de solución a los problemas ingentes nacionales en sus áreas de competencia, promoviendo el desarrollo tecnológico, científico, social, cultural y económico; además promotora de la vinculación con los sectores productivos y sociales, tanto públicos como privado, así como nacionales e internacionales.

VISIÓN

La Facultad de Ingeniería y arquitectura deberá ser una institución que sirva de referente en las áreas de su especificidad a nivel nacional y regional, generadora de innovación tecnológica y de investigación aplicada.

INFRAESTRUCTURA

La Facultad de Ingeniería dispone de tres edificios con 32 aulas en total, 11 con capacidad para 100 estudiantes y 21 con capacidad de 50 estudiantes, un Auditorio con capacidad de 340 personas, un aula para usos múltiples con capacidad de 100 personas, 3 salones de estudio en la Biblioteca de la Facultad, un Infocentro, dos laboratorios equipados para Física, laboratorios de especialidad de las carreras que se imparten y espacios acondicionados en las áreas verdes para reuniones de estudio. También tiene la modalidad de Aula Virtual con plataforma MOODLE, en las cuales las asignaturas de la Escuela de Ingeniería Industrial se apoyan para complementar su proceso de enseñanza aprendizaje en sus estudiantes

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

La Escuela de Ingeniería Industrial es la unidad organizativa dentro de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura en la Universidad de El Salvador, encargada de la formación de profesionales en el área de la Ingeniería Industrial.

MISIÓN

Unidad Académica en el área de la Ciencia y la Tecnología, responsable de la formación integral de profesionales competentes en el campo de la Ingeniería Industrial, comprometidos a enfrentar y resolver problemas con planteamientos socio técnicos de sistemas en sectores productivos, contribuyendo al desarrollo sostenible de la Nación.

OBJETIVOS DE LA CARRERA

Se propone formar profesionales que, en términos generales, sean capaces de Diseñar y Gestionar sistemas productivos de bienes y servicios en condiciones necesarias para alcanzar niveles óptimos de calidad, productividad y sostenibilidad a empresas públicas, autónomas y privadas de cualquier tamaño y naturaleza, contribuyendo al crecimiento y desarrollo económico nacional y regional, con una formación integral concebida en beneficio del ser humano y su entorno.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Interprete y analice diseños de producto y sistemas de producción integrados por recursos: humanos, materiales, maquinas, financieros, tecnológicos, información, para lograr el uso óptimo de estos.
2. Resuelva problemas en los sistemas productivos con criterios de optimización de recursos, eficiencia, competitividad y respeto al ser humano.
3. Diseñe y analice los métodos, la organización y ejecución en los sistemas productivos de las empresas.
4. Desarrolle estudios de factibilidad innovadores que resuelvan óptimamente los problemas de necesidades de la sociedad salvadoreña.
5. Investigue y transmite los conocimientos adquiridos y sostenidos a través de publicaciones y soluciones a la problemática técnica y científica, que en su práctica laboral haya detectado.
6. Diseñe sistemas de gestión, organización, dirección y administración de recursos humanos y financieros.
7. Actúe correctamente respetando los principios éticos, morales y medioambientales con una actitud crítica y responsable.

DESCRIPCIÓN DE LAS ÁREAS CURRICULARES

El estudiante se formará en las siguientes áreas de conocimiento:

1. **BÁSICA:** Es la parte fundamental para el desarrollo de los conocimientos cuantitativos a través de las Ciencias Físicas, Matemáticas y Químicas.
2. **HUMANÍSTICA SOCIAL:** Permite tener un enfoque orientado a la solución de los problemas de la sociedad, considerando los efectos que estas soluciones pueden tener sobre la misma.
3. **CIENCIAS DE LA INGENIERÍA:** Orienta a la formación técnica de las Ingenierías que fundamenta la capacidad de análisis y resolución de problemas, a través del razonamiento científico.
4. **DIFERENCIADA:** Comprende conocimientos técnicos de la Ingeniería Industrial, orientados a los procesos productivos, métodos de optimización de recursos, procesos administrativos, sistemas de gestión y conocimientos contables y financieros.
5. **DE APLICACIÓN ORIENTADA:** Proporciona herramientas técnicas propias de la especialización de la carrera, en el área de Interés que el estudiante elija.

ÁREAS CURRICULARES O DE FORMACIÓN

Se ofrece a los estudiantes una formación que le permite desarrollarse en varios campos a través del conocimiento agrupado en las siguientes áreas:

1. Producción: Comprende técnicas utilizadas para la organización de la producción industrial.
2. Planeamiento y Gerencia: Permite aumentar la capacidad para tomar decisiones a niveles gerenciales.
3. Financiera: Reúne los conocimientos elementales de análisis de datos económicos a nivel empresarial y de agregados, para el desarrollo de negocios.
4. Métodos y Procesos: Aporta los conocimientos sobre la metodología de desarrollo de procesos productivos y administrativos, en cualquier tipo de empresa.

LABORATORIOS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Actualmente la Escuela de Ingeniería Industrial dispone para el refuerzo y práctica de los conocimientos previamente adquiridos en las clases teóricas, específicamente en las áreas de formación de las Tecnologías y Producción hace uso de los siguientes laboratorios:

1. Laboratorio de Tecnología Industrial y Producción: el cuál se encuentra ubicado en la primera planta del Edificio de Ingeniería Industrial.
2. Uso de los Infocentros de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura: ubicados en la primera planta del Edificio Administrativo de la facultad.
3. Uso de los laboratorios de la Escuela de Ingeniería Mecánica: ubicados en la primera planta del edificio de Ingeniería Mecánica.

ORGANIZACIÓN DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



Esquema 7 Estructura Organizativa de la Escuela de Ingeniería Industrial
Fuente: Plan de estudios de la carrera de Ingeniería Industrial 2017

PLAN DE ESTUDIO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

La Ingeniería Industrial es la rama de la Ingeniería que trabaja sobre el diseño, investigación, mejora, instalación y operación de sistemas de producción de bienes y servicios, integrados por hombres, máquinas, equipos, materiales, tecnologías e información.

La carrera de Ingeniería Industrial con código de carrera I10502, al año 2016 engloba 49 materias, 44 de ellas obligatorias, dejando 5 de opción electiva para completar el pensum vigente de estudio de la última reforma 1998, en un tiempo de 5 años (10 ciclos). A continuación, se muestra el pensum de estudio actual:

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL-1998					
N°	MATERIA	CÓDIGO	U.V	PRE-REQUISITO	CO-REQUISITO
CICLO I					
1	Psicología Social--	PSI115	4	Bachillerato	---
2	Matemática I	MAT115	4	Bachillerato	---
3	Métodos Experimentales	MTE115	4	Bachillerato	---
4	Comunicación Espacial Gráfica	CGR115	3	Bachillerato	
CICLO II					
5	Dibujo Técnico	DIT115	4	4	---
6	Historia Social y Económica de E.S. y C.A.	HSE115	4	1	---

7	Matemática II	MAT215	4	2	---
8	Física I	FIR115	4	1, 2	6
9	Química Técnica	QTR115	4	3	
CICLO III					
10	Métodos de Diseño	MDI115	4	Bachillerato	---
11	Matemática III	MAT315	4	7	---
12	Física II	FIR215	4	7,8	---
13	Mecánica de los Sólidos I	MSO115	4	5,6	---
14	Introducción a la Informática	IAI115	4	7	---
CICLO IV					
15	Tecnología Industrial I	TIR115	4	10,19	---
16	Matemática IV	MAT415	4	11	---
17	Física III	FIR315	4	11,12	---
18	Mecánica de los Sólidos II	MSO215	4	11,13	---
19	Programación	PRN115	4	14	---
CICLO V					
20	Tecnología Industrial II	TIR215	4	15	---
21	Probabilidad y Estadística	PYE115	4	16,18	---
22	Sistemas Electromecánicos	SES115	4	16,17	---
23	Mecánica de los Sólidos III	MSO315	4	16,18	---
24	Programación II	PRN215	4	19	---
CICLO VI					
25	Tecnología Industrial III	TIR315	4	20,23	---
26	Ingeniería Económica	IEC115	4	21	---
27	Investigación de Operaciones	IOP115	4	19,21	---
28	Mecánica de los Fluidos	MEF115	4	12,16,18	---
29	Manejo de Software para Microcomputadoras	MSM115	4	14	---
CICLO VII					
30	Ingeniería de Métodos IMT115	IMT115	4	25	---
31	Higiene y Seguridad Industrial	HGI115	4	25,28	---
32	Investigación de Operaciones	IOP215	4	26,27	---
33	Fundamentos de Economía	FDE115	4	6,7	---
34	Técnica Electiva 1	---	4	---	---
CICLO VIII					
35	Distribución en Planta	DIP115	4	30	---
36	Control de la Calidad	CDC115	4	32	---
37	Contabilidad y Costos	CYC115	4	29,30	---
38	Técnica Electiva 2	---	4	---	---
39	Técnica Electiva 3	---	4	---	---

CICLO IX					
40	Técnicas de Gestión Industrial	TGI115	4	35,36	---
41	Finanzas Industriales	FII115	4	37	---
42	Mercadeo	MER115	4	37	---
43	Psicología del Trabajo	PTR115	4	120 U.V	---
44	Técnica Electiva 4	---	4	---	---
CICLO X					
45	Formulación y Evaluación de Proyectos	FEP115	4	40,41,42	---
46	Administración de Proyectos	ADP115	4	40,41	45
47	Organización y Dirección Industrial	ODI115	4	40	---
48	Legislación Profesional	LPR115	4	120 U.V	---
49	Técnica Electiva 5	---	4	---	---
CICLO XI					
Trabajo de Graduación		---	---	---	---

*Tabla 1 Plan de Estudios de la Carrera de Ingeniería Industrial-Plan 1998
Fuente: Administración académica FIA - UES*

POBLACIÓN ESTUDIANTIL DE LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL 2016

Actualmente la carrera de Ingeniería Industrial cuenta con una población estudiantil de 910 estudiantes, según la base de datos de la Universidad de El Salvador en su página web¹⁷, A continuación, se muestra el recopilatorio de los estudiantes inscritos:

Código	Carrera	Cantidad		
		M	F	Total
110502	Ingeniería Industrial	574	336	910

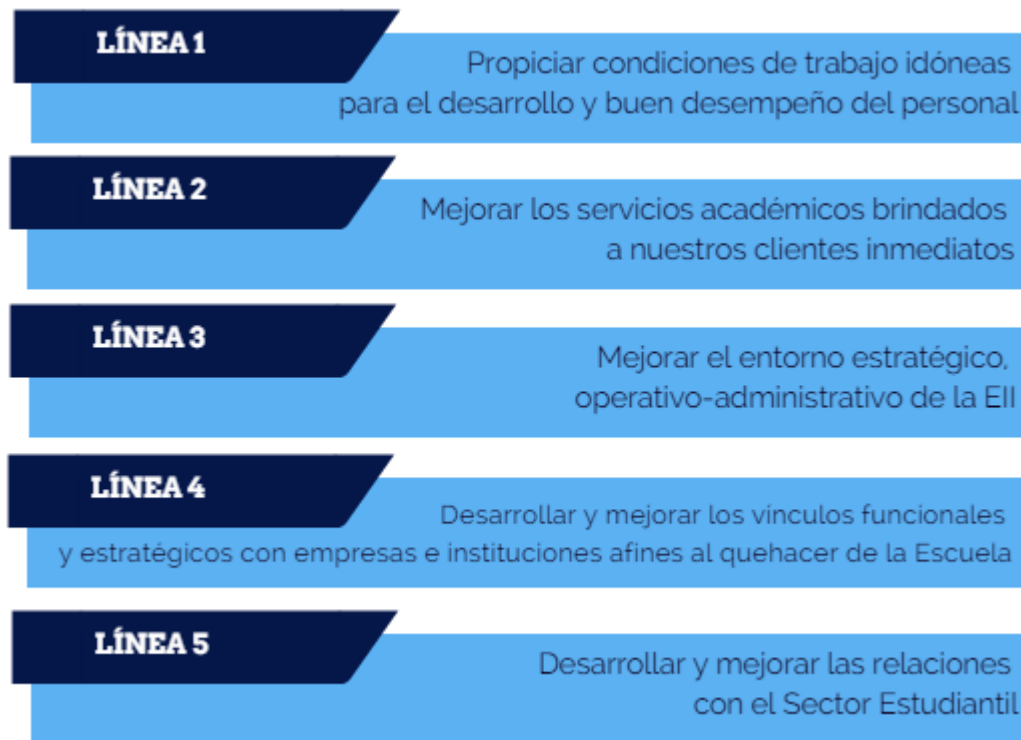
*Tabla 2 Población estudiantil de la carrera de Ingeniería Industrial año 2016
Fuente. Datos estadísticos sitio web de la Universidad de El Salvador, 2016*

PLAN ESTRATÉGICO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL 2011-2015

La EII presenta un futuro muy alentador, ya que ha conducido su accionar en los últimos 4 años y seguirá haciéndolo a través de un plan estratégico, el cual es conocido por todos los interesados, es apoyado por el personal, tiene claramente definidas sus líneas estratégicas objetivos y acciones estratégicas con asignaciones claras de responsabilidad e indicadores de monitoreo de logros. Esto mismo les ha abierto las puertas a muchas posibilidades, tanto nacional como internacionalmente. Con mucha seguridad puede asegurarse de la EII: Las

¹⁷ www.ues.edu.sv

perspectivas de seguir desarrollándose son extremadamente alentadoras, por lo que se planteó una serie de líneas estratégicas para alcanzar el éxito como formadoras de profesionales de la carrera de Ingeniería Industrial.



Esquema 8 Líneas estratégicas Escuela de Ingeniería Industrial 2011-2017

Fuente: Plan estratégico EII 2011-2017

La línea 2, es precisamente el contexto en el que se enmarca este estudio de factibilidad ya que la línea 2 tiene como objetivos:

1. Realizar la revisión y readecuación curricular de cara a una acreditación del programa de la carrera
2. Optimizar el actual proceso de Trabajo de Graduación
3. Implementar una dinámica anual de recepción/inducción a los nuevos aspirantes a Ingenieros Industriales
4. Optimizar el aporte de los auxiliares de cátedra en la EII
5. Desarrollar el área de posgrados relacionados al ámbito de ingeniería industrial de acuerdo a los requerimientos del entorno Profesional actual.
6. Diseñar e implementar un Sistema de intercambio docente a través de alianzas con Escuelas de otras universidades a nivel internacional

7. Atender problemas importantes que requieran ser abordados en el corto plazo.

La línea 4 también viene a enmarcar el estudio ya que intenta desarrollar y mejorar los vínculos funcionales y estratégicos con empresas e instituciones afines al quehacer de la Escuela pretendiendo dar cumplimiento a:

1. Potenciar, mejorar y oficializar una “Red de Alianzas Estratégicas” (RAES) con empresas e instituciones
2. Establecer una red de comunicación interactiva directa con los gremios profesionales relativos al ámbito de la Ingeniería Industrial.
3. Impulsar la investigación de calidad
4. Propiciar una proyección social en base a criterios de solidaridad
5. Proporcionar a los docentes medios de capacitación de acuerdo a sus necesidades y expectativas.

ACTUALIZACIÓN DE LA CURRÍCULA DE LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL-PLAN DE ESTUDIOS 2017

La Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador, en respuesta al progreso tecnológico del sector productivo del país y como una herramienta que genere el desarrollo del potencial con que cuenta, no sólo dentro de esta entidad sino también cada uno de los miembros que forman su población estudiantil, impulsó el proyecto de actualización curricular para la carrera de ingeniería industrial (Escuela de Ingeniería Industrial, Universidad de El Salvador, 2015); dicho proceso es el resultado de consultas a diferentes instituciones de educación superior a nivel nacional e internacional, a empresas pertenecientes a diversos rubros de producción del país y a estudiantes y profesionales graduados del alma mater, generando una propuesta curricular de primer nivel, que de recibir los recursos requeridos y el apoyo de todas las entidades involucradas asegura la formación exitosa de profesionales competitivos en el mercado laboral.

Esta formación de futuros profesionales se logrará a través de estrategias como la mejora de condiciones de trabajo y los servicios educativos que actualmente la escuela presta, así como de las herramientas y equipo que se requiere para impartir el contenido de las cátedras propuestas (Escuela de Ingeniería Industrial, Universidad de El Salvador, 2015) las cuales mantienen la base de formación en ingeniería industrial y propone instruir a los estudiantes en áreas especializadas de esta, específicamente economía y finanzas, producción y gerencia

estratégica, cuya enseñanza se ofrece actualmente de forma electiva para la comunidad estudiantil sin profundizar en un área de especialización específica, situación que se contrarrestará al ofrecer a los estudiantes una cartera de asignaturas que sigan una línea estratégica de educación (Escuela de Ingeniería Industrial, Universidad de El Salvador, 2015).

La creación de un laboratorio de fabricación digital, sería una herramienta de gran utilidad en la formación de profesionales en las diferentes ramas de la ingeniería, principalmente en la ingeniería industrial, ya que no sólo complementarían la formación de los estudiantes en el área de producción sino que facilitarían el conocimiento de nuevas plataformas de diseño digital y producción comandada a través de un ordenador, técnicas que cada día se vuelven más comunes en el sector productivo del país; también fomentarían el desarrollo de su inventiva, potenciando la investigación de nuevas tecnologías de fabricación y diseño de productos, contribuyendo al posicionamiento de la escuela de ingeniería industrial como un referente de formación superior.

DESCRIPCIÓN DE LA CARRERA SEGÚN PLAN DE ESTUDIOS 2017

NOMBRE DE LA INSTITUCIÓN	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
Unidad Responsable	Facultad de Ingeniería y Arquitectura
Nombre de la Carrera	Ingeniería Industrial
Código de la Carrera	I10502
Requisitos de Ingreso	Título de Bachiller
Título a otorgar	Ingeniero o Ingeniera Industrial
Duración en años y ciclos	5 años, 10 ciclos
Número de asignaturas	50 (Cincuenta)
Modalidad de Entrega	Presencial
Ciclo y año de Aplicación	Ciclo I / Año 2017
Total, de Unidades Valorativas	198 Unidades Valorativas
Sede donde se impartirá	Campus Central, Escuela de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura

	Campus Facultad Multidisciplinaria de Occidente, departamento de Santa Ana Campus Facultad Multidisciplinaria Oriental, departamento de San Miguel
No. de Horas de Servicio Social	500 Horas
Coeficiente de Unidades de Mérito (CUM)	7.0 (Siete punto cero)
Vigencia del Plan	5 años, el cual será actualizado después de cada promoción y se tiene como máximo dos años para su revisión o en caso especial cuando así lo requiera las autoridades de la Facultad.
Cupo	1,000 estudiantes

*Tabla 3 Descripción de la Carrera de Ingeniería industrial según Plan de estudios 2017
Fuente: Plan de estudios de la carrera de Ingeniería Industrial 2017-Escuela de Ingeniería Industrial.*

PERFIL PROFESIONAL ESPERADO DEL EGRESADO CON LA ABSORCIÓN DEL NUEVO PLAN DE ESTUDIOS

El egresado de Ingeniería Industrial será capaz de:

1. Investigar, diseñar, implantar, desarrollar, controlar y mejorar sistemas productivos de bienes y servicios en condiciones necesarias para alcanzar niveles óptimos de calidad, productividad y sostenibilidad a empresas públicas y privadas de cualquier tamaño y naturaleza.
2. Realizar estudios de factibilidad sobre proyectos en cualquier actividad económica armonizando talentos, recursos y capacidades que resuelvan óptimamente los problemas nacionales, regionales o internacionales y gestionar la implementación de los mismos.
3. Analizar las organizaciones y sus procesos productivos y administrativos, propiciando así el aprovechamiento óptimo de los recursos e integrando al personal apto, capacitado y actualizado según las exigencias de los enfoques adoptados en el mercado.
4. Tomar decisiones y sustentarlas, evidenciado su capacidad técnica y ética moral, bajo diversas condiciones, con flexibilidad y amplio criterio para lograr el beneficio de la mayoría, respetando la normativa social y ética establecida.

5. Desarrollar iniciativas emprendedoras ya sea propias o de cuenta ajena con vocación y compromiso visualizando oportunidades exitosas de proyectos y estimulando ambientes para desarrollar innovaciones en productos y servicios en la búsqueda de la satisfacción de necesidades de corte nacional, regional e internacional.
6. Propiciar a través de la investigación, diseño, implantación, desarrollo, control y mejora, la prevención de enfermedades profesionales y la protección a los trabajadores de los riesgos que propician las condiciones del medio ambiente con soluciones acordes a las circunstancias y sus capacidades físicas y psicológicas.
7. Proyectar, ejecutar, dirigir y supervisar equipos interdisciplinarios en toda clase de proyectos propios de su área, estableciendo relaciones y convenios impactantes con sólidos conocimientos científicos, tecnológicos, sociales, ambientales e investigativos.
8. Proyectar efectivamente con responsabilidad social y vocación de servicio, a través de la docencia y/o asistencia técnica, los conocimientos adquiridos y que seguirán adquiriéndose a través de estudios de postgrado y otras especialidades relacionadas con el desarrollo de la carrera.
9. Desempeñarse profesionalmente y personalmente, evidenciando habilidades personales tales como: trabajo en equipo, iniciativa, identificación y resolución de problemas, liderazgo, visión integral, dominio de las tecnologías de la información, creatividad y comunicación entre otras.
10. Desempeñarse profesionalmente y personalmente, evidenciando valores y actitudes personales tales como: la transparencia, compromiso social, actitud crítica constructiva y respeto al ser humano y al medio ambiente entre otros.

MALLA CURRICULAR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL, PLAN 2017

Se presenta a continuación la malla curricular de la Carrera. La información que se vierte por asignatura en la matriz sigue la estructura que se muestra en el cuadro a continuación:

Correlativo	Código
Nombre de la Asignatura	
U.V.	Prerrequisito *Correquisito

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA						Plan de Estudio:		2017	
Carrera: Ingeniería Industrial				Código: I10502		Nota Mínima de Aprobación: 6.0			
Total Asignaturas: 50				Total U.V.: 198		CUM Mínimo Exigible: 7.0			
Título a Otorgar: Ingeniero (a) Industrial						Duración de la Carrera: 5 Años/10 ciclos más 6 meses de Trabajo de Graduación			

CICLO I		CICLO II		CICLO III		CICLO IV		CICLO V		CICLO VI		CICLO VII		CICLO VIII		CICLO IX		CICLO X	
1	IIN115	6	FIR115	11	FIR215	16	FIR315	21	MEF115	26	IEC115	31	GCH115	36	MER115	41		46	
Investigación en Ingeniería		Física I		Física II		Física III		Mecánica de los Fluidos		Ingeniería Económica		Gestión del Capital Humano		Mercadeo		Técnica Electiva		Técnica Electiva	
4	B	4	1,2,*7	4	6,7	4	11,12	4	11,17	4	13,22	4	29	4	34	4		4	
2	MAT115	7	MAT215	12	MAT315	17	MAT415	22	FDE115	27	IOP115	32	CIC115	37	ADF115	42		47	
Matemática I		Matemática II		Matemática III		Matemática IV		Fundamentos de Economía		Investigación de Operaciones I		Contabilidad y Costos		Administración Financiera		Técnica Electiva		Técnica Electiva	
4	B	4	2	4	7	4	12	4	8,12	4	24	4	26	4	32	4		4	
3	PRS115	8	RES115	13	OF115	18	DIN115	23	EFE115	28	GCA115	33	IOP215	38	GCS115	43	GPR115	48	GEM115
Psicología y Relaciones Sociolaborales		Responsabilidad de la Ingeniería en la Economía y la Sociedad		Ofimática y Software para Ingeniería Industrial		Dinámica		Eficiencia Energética		Gestión de la Calidad		Investigación de Operaciones II		Gestión de la Cadena de Suministros		Gestión de la Producción		Gestión Empresarial	
4	B	4	3	4	5	4	11,15	4	16,18	4	19,24	4	26,27	4	33,35	4	38,39	4	43,44
4	DIT115	9	QTR115	14	LYA115	19	FAD115	24	PYE115	29	SSO115	34	ADO115	39	DIP115	44	LPR115	49	PTG115
Dibujo Técnico I		Química Técnica		Lógica y Algoritmos		Fundamentos de Administración		Probabilidad y Estadística		Seguridad y Salud Ocupacional		Análisis y Diseño Organizacional		Distribución en Planta		Legislación Profesional		Protocolo de Trabajo de Graduación	
3	B	4	B	4	5	4	8	4	12,14	4	21,25	4	28	4	35	4	140 U.V.	3	43,44,45
5	III115	10	DIT215	15	SDS115	20	TIR115	25	TIR215	30	TIR315	35	IMT115	40	MMT115	45	FEP115	50	GIP115
Introducción a la Ingeniería Industrial		Dibujo Técnico II		Sólidos Deformables		Tecnología Industrial I		Tecnología Industrial II		Tecnología Industrial III		Ingeniería de Métodos		Medida del Trabajo		Formulación y Evaluación de Proyectos		Gestión de la Implementación de Proyectos	
4	B	4	4,5	4	6,7	4	9,10	4	15,20	4	23,25	4	30	4	35	4	36,37,39	4	45

Esquema 2 Malla curricular de la carrera de ingeniería industrial

ASIGNATURAS TÉCNICAS ELECTIVAS

El Plan de Estudio 1998 del programa de Ingeniería Industrial cuenta con asignaturas técnicas electivas en su Pensum Académico, pero no tienen una orientación hacia un área específica de formación; sin embargo, en el Plan de Estudio 2017 se pide cursar 4 asignaturas electivas en los ciclos IX y X, a las cuales se les ha establecido un área de especialización, sin afectar el título otorgado, y se ofertarán según se detalla en el cuadro siguiente:

ÁREA DE ESPECIALIZACIÓN	CICLO	No.	ASIGNATURA	ASIGNATURA(S) PRERREQUISITO(S) (CICLO)
ECONOMÍA Y FINANZAS	IX	41A	Modelos para la Toma de Decisiones	Investigación de Operaciones II (VII)
		41B	Presupuesto de Producción	Administración Financiera (VIII)
		41C	Simulación de Procesos	Medida del Trabajo (VIII)
	X	46A	Economía Empresarial	Formulación y Evaluación de Proyectos (IX)
		46B	Gestión del Capital de Trabajo	Formulación y Evaluación de Proyectos (IX)
		46C	Gerencia Financiera Empresarial	Administración Financiera (VIII)
PRODUCCIÓN	IX	41A	Modelos para la Toma de Decisiones	Investigación de Operaciones II (VII)
		41B	Presupuesto de Producción	Administración Financiera (VIII)
		41C	Simulación de Procesos	Medida del Trabajo (VIII)
		42A	Ingeniería de Plantas Industriales	Distribución en Planta (VIII)
	X	46D	Administración del Mantenimiento Industrial	Gestión de la Producción (IX)
		46E	Procesos Industriales Automatizados	Distribución en Planta (VIII)
		46F	Manufactura Esbelta	Gestión de la Producción (IX)
GERENCIA ESTRATÉGICA	IX	41A	Modelos para la Toma de Decisiones	Investigación de Operaciones II (VII)
		41C	Simulación de Procesos	Medida del Trabajo (VIII)
		42B	Logística	Gestión de la Cadena de Suministros (VIII)
		42C	Planeación Estratégica	Análisis y Diseño Organizacional (VII)
	X	47A	Sistemas de Gestión y Aseguramiento de la Calidad	Gestión de la Producción (IX)
		47B	Ingeniería de Servicios	Mercadeo (VIII)
		47C	Evaluación del Impacto Ambiental	Legislación Profesional (IX), Formulación y Evaluación de Proyectos (IX)
		47D	Gestión Integral de Riesgos por Desastres	Legislación Profesional (IX), Formulación y Evaluación de Proyectos (IX)

*Tabla 4 Asignaturas técnicas electivas del nuevo plan de estudios 2017
Fuente: Plan de Estudios de la carrera de Ingeniería Industrial 2017*

2.2.3.2. SECTOR EMPRESARIAL

CLASIFICACIÓN DE LAS EMPRESAS EN EL SALVADOR

A nivel internacional no existen definiciones estandarizadas sobre las empresas que integran el sector MIPYME´s. Para este estudio se utiliza la clasificación de la Comisión Nacional de la Micro y Pequeña Empresa (CONAMYPE), en la cual se considera el número de trabajadores empleados remunerados y permanentes que las conforman, el valor de las ventas brutas de las empresas y el tipo de establecimiento para realizar las operaciones.

DEFINICIONES DE LA CLASIFICACION DE EMPRESA

Es un hecho que a nivel internacional no existen definiciones únicas sobre las empresas del sector MIPYMES. Aun cuando incorporan los elementos básicos del concepto empresa, se observa que cada país determina sus propios criterios y definiciones en función de sus respectivas condiciones, perspectivas y fines. A nivel nacional, aunque tampoco existe homogenización, las definiciones utilizadas consideran en diferentes grados, la dimensión financiera, en términos de las ventas o nivel de activos, combinada o no según los fines, con la dimensión laboral; en términos del número de trabajadores o empleo. Con base en lo anterior, la adopción de definiciones de las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (MIPYMES) para el caso de nuestro país, considera los siguientes criterios:

1. Parte del concepto general de empresa: “el desempeño organizado de una actividad económica planificada y sistemática a través de una unidad organizativa con personalidad jurídica, con la finalidad de producir, intermediar o vender bienes o servicios, en el mercado”; simplificando los requisitos implícitos en la misma.
2. Contempla aquellas variables que determinan y afectan su desempeño para identificar en función de ellas, las directrices de política necesarias para asegurar su desarrollo, basado en la productividad de sus recursos y las mejores estrategias de apoyo y atención que faciliten su inserción competitiva en los mercados local, regional e internacional conducentes a la rentabilidad de sus operaciones y el bienestar de sus propietarios y de sus trabajadores, en función de lo cual se determinan fundamentalmente:
 - A. La “dimensión laboral” que clasifica a las empresas de acuerdo al número máximo de trabajadores empleados remunerados y permanentes que las conforman;

- B. La “dimensión financiera”, que toma en cuenta el valor de las ventas brutas de las empresas.
- C. “Establecimiento o local Fijo” para realizar sus operaciones empresariales, exceptuando de dicha aplicación a los empresarios “unipersonales” que en su mayoría desarrollan sus actividades de forma ambulante.

CONCEPTO SEGÚN TAMAÑO DE UNIDAD ECONÓMICA O SEGMENTO EMPRESARIAL	INDICADORES(DIMENSIONES)		
	ESTABLECIMIENTO	LABORAL (TRABAJADORES PERMANENTES REMUNERADOS)	FINANCIERAS (VENTAS BRUTAS ANUALES)
Cuenta propia o Autoempleo: Toda persona que desarrolla una actividad económica en forma independiente, en un local fijo o en forma ambulante, con ventas brutas anuales inferiores a \$ 5,715 y sin trabajadores remunerados.	Fijo o Ambulante	Sin trabajadores remunerados	Hasta \$ 5,715
Microempresa: “Persona natural o jurídica que opera en el mercado produciendo y/o comercializando bienes o servicios por riesgo propio, con un nivel de ventas brutas anuales de hasta \$100,000; y hasta 10 trabajadores remunerados”	Fijo	Hasta 10	Hasta \$ 100,000
Pequeña Empresa “Persona natural o jurídica que opera en el mercado produciendo y/o comercializando bienes o servicios por riesgo propio, a través de una unidad organizativa, con un nivel de ventas brutas anuales hasta de \$ 1,000,000; y hasta 50 trabajadores remunerados”.	Fijo	Hasta 50	Hasta \$ 1,000,000
Mediana Empresa “Persona natural o jurídica que opera en el mercado produciendo y/o comercializando bienes o servicios por riesgo propio, a través de una unidad organizativa, con un nivel de ventas brutas hasta de \$ 7.0 millones y hasta 100 trabajadores remunerados”.	Fijo	Hasta 100	Hasta \$7 millones

*Tabla 5 Definición y clasificación de las empresas en El Salvador
Fuente: CONAMYPE 2008*

CLASIFICACIÓN DE LAS EMPRESAS SEGÚN DIFERENTES AUTORES: INSTITUCIONES NACIONALES E INTERNACIONALES

CRITERIO DE CLASIFICACIÓN DE EMPRESAS				
INSTITUCIÓN	MICRO	PEQUEÑA	MEDIANA	GRANDE
FUSADES	Menos de 11 empleados, cuyo activo total no excede de \$8,750	De 11 a 19 empleados cuyo activo total no excede de \$85,714	De 20 a 99 empleados, cuyo activo total no excede de \$228571	De 100 a más empleados y un activo total mayor de \$228571
ANEP	Con un grupo de empleados menor de 5 personas	Con un grupo de empleados igual a 5 y menor que 20	Con un número de empleados igual a 20 y menor que 100	Con un grupo de empleados mayor que 100
BCR	Con ventas inferiores a los \$68.571 anuales, y con menos de 50 empleados	Con ventas mayores a los \$68.571 y menores a los \$685714 con un número de empleados de 50 a 199	Con ventas anuales mayores a \$685,714 pero menores a \$4,571,429 y con un número de empleados de 50 a 199	Con ventas mayores a \$4,571,429 y un número de empleados superior a los 199
BMI	Con ventas inferiores a los \$68,571 anuales y con menos de 11 empleados	Con ventas mayores a \$8,571 y menores a \$685,714 con un número de empleados de 11 a 49	Con ventas anuales mayores a \$685,714 pero menores a \$4,571,429 y con un número de 50 a 199 empleados	Con ventas mayores a \$4,571,429 y un número de empleados superior a los 199.
MINEC	Con un grupo de 1 a 10 personas	Con un grupo de 11 a 49 personas	Con un número de 50 a 99 personas	Con un grupo de 100 a más personas
MINISTERIO DE HACIENDA	No definido	Paga impuestos menores que \$5714 durante el ejercicio fiscal	Pagan impuestos de \$5714 hasta \$34,286 durante el ejercicio fiscal	Pagan impuestos mayores a los \$34,286

Tabla 6 Clasificación según institución investigada

Fuente: Pagina web de institución que aporta

2.2.3.3. FABRICACIÓN DIGITAL EN EL SALVADOR

El patrón de comercio que El Salvador mantiene con el resto del mundo presenta un cambio en la estructura tecnológica a lo largo del período 1996-2009. La exportación de productos Intensivos en Economías de Escala ha aumentado de 20.6% a 42.9%, los productos Dominados por los Proveedores bajaron de 63.2% a 43.4% y los de tecnología Basada en Ciencia han disminuido en promedio 3.4% durante el periodo analizado. Las estructuras de importación permanecen similares con excepción de las importaciones de bienes pertenecientes a la categoría de Proveedores Especializados que tuvo una reducción de 5.4% respecto al inicio del periodo de estudio.

El aumento en la participación de las actividades relacionadas a Tecnologías Intensivas en Economías de Escala, sugiere una orientación a la innovación de procesos, un pequeño adelanto a la inversión de I + D y a la consecución de un leve progreso en el nivel de intensidad tecnológica. No obstante y la intensidad de la tecnología en el país sigue siendo baja, pues la participación de los sectores dependientes de proveedores sigue siendo alta y relativamente invariante, asimismo las industrias de intensidad tecnológica baja y con poca innovación son el 70% de la producción nacional: Actividades Agropecuarias, Elaboración de Alimentos, Industria Textil, Cuero, entre otras, implicando una incipiente industria innovadora de productos que parece tener carácter estructural en el país

El país ha estado especializado en industrias con bajo nivel innovador, cuya trayectoria tecnológica descansa en la importación de medios de producción e insumos que incorporan innovaciones tecnológicas a la Industrias Nacionales.

Por otra parte, el “Examen de las Políticas de Ciencia, Tecnología e Innovación El Salvador (UNCTAD-CEPAL, 2011) señala: “En cuanto a la generación de conocimiento, el sector de investigación es débil en recursos humanos y financieros, cuenta con poca participación privada y otorga un alto peso a las ciencias sociales y humanidades. Los niveles de inversión en I+D son extremadamente bajos tanto a nivel público como privado. Además, el acercamiento entre los organismos generadores de conocimiento y el sector productivo es muy reducido y los esfuerzos actuales en investigación tienen escasa repercusión en mejoras productivas. El sector productivo mayormente no demanda conocimiento ni tecnología, hay una baja conciencia sobre la utilidad del conocimiento para la generación de valor, existen escasas opciones de financiamiento y un número limitado de instrumentos de políticas de innovación, con presupuestos limitados. El sistema educativo adolece de fuertes debilidades.

La educación en general, y la superior en particular, tienen aún un amplio espacio que avanzar, particularmente en cuanto a su calidad, a la expansión de la enseñanza científica y tecnológica, y a la realización de actividades de investigación”. Asimismo, el “Informe Global de Competitividad 2012-2013, World Economic Forum”; consigna que El Salvador continúa mostrando un deterioro de su competitividad al bajar diez puestos (del 91 al 101); la disminución tiene que ver con la calidad del sistema educativo, el ambiente para la innovación, especialmente la calidad de las instituciones de investigación científica y poca disponibilidad de ingenieros y científicos.

Las tecnologías de fabricación digital, como la impresión 3D, prometen generar una tercera revolución industrial con profundas consecuencias para la manufactura, el comercio y el consumo (Adrian Smith, 2015). De forma similar a otras revoluciones tecnológicas recientes, tal como la de las tecnologías de información y comunicación, la fabricación digital ha generado expectativas considerables y empresas, usuarios e instituciones educativas están comenzando a adoptarlas. En la medida que aumenta el interés, es cada vez más evidente que la fabricación digital afectará el comercio, el empleo y diversos aspectos de la vida cotidiana.

Es del contexto anterior donde se sabe que El Salvador tiene un bajo nivel tecnológico en su industria, sin embargo, existen diferentes corrientes que están impulsando el crecimiento tecnológico de determinados sectores, ayudando en materia de innovación, crecimiento y emprendedurismo con un nuevo toque de versatilidad en sus productos y así potenciar sus ventas.

LABORATORIOS DE FABRICACIÓN DIGITAL EN EL SALVADOR

Una vez que se han presentado las temáticas concernientes a la fabricación digital y las corrientes que siguen los centros de formación en esta área tecnológica, se facilita la identificación de los centros de fabricación digital existentes en El Salvador; la búsqueda responderá a las corrientes antes presentadas y posteriormente a los centros de educación que poseen laboratorios relacionados con la tecnología de fabricación digital.

HACK LABS

A pesar que en América Latina existen 126 hacklabs oficiales existe recientemente un registro formal actualizado de hacklabs o hackerspaces en El Salvador (Corporación artistas de El salvador S.A de C.V, 2016), tampoco que se haya realizado algún tipo de evento que responda

a esta corriente; tal y como lo muestra el siguiente mapa, no existen hacklabs o hackerspaces certificados a través de la página comunitaria Hackerster.io (2016), web de la organización mundial de hackerspaces encargada de registrar el funcionamiento de estos espacios; los Hackerspaces más cercanos a la región se encuentran en Perú (4 centros), México (51 centros) y Colombia (5 centros).

HACKERSPACE

Un Hackerspace es un laboratorio abierto donde se comparten herramientas, dispositivos y conocimientos bajo la filosofía hacker de modificar o adaptar soluciones para que realicen funciones más allá de la que fueron diseñadas y bajo la filosofía de fuentes abiertas que consiste en compartir para crear. Estas son algunas de las cosas que están a disposición en el Hackerspace San Salvador:

1. Más de 300 dispositivos y componentes para crear cualquier tipo de solución.
2. Herramientas básicas para prototipado electrónico.
3. Acceso a internet.
4. Servidor local para realización de pruebas de software, aplicativos y proyectos del Internet de las Cosas (IoT).
5. Equipo audio/visual para documentación de proyectos.
6. Wiki local para documentación libre de proyectos.
7. Descuento en productos de la Tienda TeUbi.co.
8. Precios preferenciales en servicios de fabricación digital, prototipado rápido, asesorías de negocios o emprendimientos y alquiler de espacios comunes.

Todo lo anterior en un espacio cómodo, seguro, accesible y con todas las medidas de seguridad necesarias para que puedas desarrollar cualquier tipo de proyectos en un tiempo record.

El Hackerspace San Salvador se constituye como el primer y único laboratorio de desarrollo electrónico de puertas abiertas en El Salvador y su meta principal es el proveer de las herramientas necesarias para el desarrollo de dispositivos electrónicos a cualquier persona sin importar su nivel económico o educativo. El Hackerspace San Salvador se integra al ecosistema de los Laboratorios de Fabricación Digital (FABLabs) mediante una relación de alta sinergia que permite integrar dispositivos electrónicos en la fabricación digital abriendo el potencial para el desarrollo y replicación de dispositivos inteligentes y conectados entre sí en el Internet de las Cosas (Corporación artistas de El Salvador S.A de C.V, 2016).

MAKER SPACES

En país existen dos makerspaces legalmente registrados por la organización makerspace a través de su portal en internet (2016), estos son: el Laboratorio CT de la organización Casa Tomada y el makerspace ubicado dentro de la Academia Británica Cuscatleca.

El laboratorio CT, abrió sus puertas al público en 2014 implementado por la organización INSERT a través del proyecto “CulturaEntreTodxs” (Lab CT, s.f.); luego de dos años de conceptualización y formalización de la idea de fundar un centro que fomentara la innovación y acercar al público salvadoreño nuevas tecnologías de fabricación y herramientas en el área de electrónica. Este centro ofrece al público servicios de impresión láser, impresión 3D y corte láser, además de talleres y capacitaciones en el área de la electrónica abierta (Arduino) y TIC’s por medio del desarrollo de aplicaciones en sistema Android.

El makerspace ubicado en la Academia Británica Cuscatleca, es un centro privado que forma parte del ABCICT, espacio de formación técnico científico que busca crear en sus alumnos competencias en el área digital a través del desarrollo de manualidades y la introducción a programas lúdicos de diseño digital.

TECHSHOPS

Al igual que los hacklabs, no existe un registro de techshops a nivel nacional o centro americano; al ser parte de una cadena de establecimientos, para poder fundar un techshop es necesario adquirir una franquicia de la empresa en Estados Unidos; por lo que sus locaciones se limitan a territorio estadounidense como se mencionó en apartados anteriores, a continuación, se presenta un esquema de las locaciones actuales

FAB LABS

Según el portar Kikai labs (s.f.), en el país existen dos entidades asociadas con el movimiento FabLab del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), estas entidades son: FabLab San Salvador y Fab Lab San Salvador / Open Sessions, ambos dirigidos por la Asociación FabLab El Salvador, organización no gubernamental sin fines de lucro fundada el 23 de mayo de 2014 cuyo objetivo clave es la promoción e implementación de Fab labs en El Salvador y la región centroamericana (Rafael Ibarra, 2014) así como contribuir en la instalación y equipamiento de diversos laboratorios de fabricación digital en universidades, organizaciones de la sociedad civil y empresas a través de talleres y capacitaciones (Universidad Dr. José Matías Delgado, 2015).

El Fab Lab San Salvador busca, mediante la formación del Fab Academy, potenciar el recurso humano creativo y desarrollar el montaje y manejo de las máquinas del Fablab; bajo un efecto multiplicador desde el punto de vista de educación por competencias. Siendo su principal objetivo, resolver problemas locales con actores locales mediante la democratización y accesibilidad a la innovación socio-tecnológica que ofrecen las tecnologías de fabricación digital (FabLab San Salvador, s.f.). A pesar de no tener un espacio fijo para realizar sus actividades, han desarrollado proyectos con pequeñas comunidades de ahuachapan para fomentar en niños y adolescentes el interés por el uso de tecnologías de fabricación digital, fabricando junto a las comunidades pequeños espacios recreativos en periodos menores a una semana (Tatiana Alemán, 2015).

Mientras que Open Sessions de Fab Lab El Salvador, consiste en una serie de eventos de código abierto que van desde conferencias, cursos y talleres, hasta eventos de corta duración relacionados al diseño y la fabricación digital con alto contenido innovador en la elaboración de prototipos y productos realizados en conjunto con el sector público y privado. Una de sus principales características es la experimentación digital, pero también material de dichas técnicas, donde se exploran procesos innovadores de diseño y fabricación de productos y objetos con valor agregado (Fab Lab El Salvador, s.f.).

OTROS CENTROS DE FABRICACIÓN DIGITAL EN EL SALVADOR

Existen en el país, centros que no pueden ser clasificados de manera específica en alguno de los tipos de espacios antes presentados debido a que no cumplen con los requisitos de certificación o simplemente no han iniciado dicho proceso, pero se encargan de formar en diferentes áreas de la fabricación digital, estos centros se ubican principalmente en centros de educación superior, los cuales se enlistan a continuación:

UNIVERSIDAD CENTROAMERICANA JOSÉ SIMEÓN CAÑAS

La Universidad Centroamericana José Simeón Cañas ofrece laboratorios académicos con el fin de ofrecer una enseñanza de alta calidad y adicionalmente poder brindar servicios de pruebas de laboratorio al sector productivo del país, el departamento de Mecánica Estructural, cuenta con una serie de recursos en equipos y cada uno de estos desempeña una función vital en el área correspondiente entre los que se encuentra un Centro de Diseño Asistido por Computadora, que está dotado con computadoras y programas para el análisis y diseño de elementos estructurales de máquinas y edificaciones y un Taller Mecánico en el que se

realizan procesos básicos de manufactura en metales para fabricar piezas, además de laboratorios de informática y electrónica equipado con computadoras de la más reciente tecnología que apoyan las labores tanto de docencia como de investigación y servicio en dichas áreas.

UNIVERSIDAD DON BOSCO

La Universidad Don Bosco, es una de las instituciones de formación superior con un mayor número de laboratorios de formación en tecnologías de fabricación digital de forma especializada en cada una de sus carreras; la institución cuenta con Laboratorios de Diseño Gráfico que están equipadas con software y hardware de punta permitiendo a la comunidad estudiantil desarrollar destrezas en el área del diseño, animación digital e impresión 3D; la institución cuenta además, con un Instituto de Investigación e Innovación Electrónica que a su vez integra el Centro Internacional Certificado en Mecatrónica ambos poseen laboratorios iCIM para los procesos de manufactura integrados por computadora, que incluye procesos de planificación, producción y almacenaje. También incorpora los laboratorios “Virtual Mecatrónica”, para la simulación y desarrollo de procesos mediante diferentes tipos de software y de Automatización para la mejora de la productividad en los procesos industriales por medio de controladores y equipo especializado; además de tecnologías básicas sobre electrónica en lo relacionado con: Fundamentos generales de la Electrónica, Microprocesadores, Instrumentación y Control, Telecomunicaciones, Biomédica, Usos Múltiples, Redes de computadoras, Fabricación de circuitos impresos (Universidad Don Bosco, 2014).

Otros laboratorios, en el área de biomédica son: el Centro en Tecnologías aplicadas a la Ingeniería Biomédica, el Laboratorio de Biomédica Virtual que está equipado con software y hardware especializado para el desarrollo de aplicaciones virtuales en las áreas de bioinstrumentación, procesamiento de señales e imágenes biomédicas, modelado de sistemas fisiológicos, diseño de sistemas de información hospitalarios y biomecánica y finalmente el Laboratorio de Biomédica Experimental. El área de desarrollo de software posee el Centro de innovación de Software para Móviles, busca promover un modelo de innovación para la creación de productos y/o servicios en el campo de las tecnologías móviles, que apoye el desarrollo de la industria de software en El Salvador y América Central con el fin de impulsar el mercado de exportación. (Universidad Don Bosco, 2014).

Finalmente, cuenta con un centro de mecánica de precisión que está formado por siete laboratorios para el aprendizaje de las diferentes disciplinas de la mecánica: máquinas herramientas, hidráulica y neumática, soldadura, control numérico computarizado, ensayos destructivos de los materiales, obra de banco y refrigeración y aire acondicionado (Universidad Don Bosco, 2014).

UNIVERSIDAD FRANCISCO GAVIDIA

La Universidad Francisco Gavidia cuenta con el Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación (ICTI-UFG) cuyas líneas estratégicas de trabajo en el área científica y social del país buscan apoyar el sector productivo del país por medio de asesorías a pequeñas y medianas empresas especialmente en el área de diseño e innovación. Este Instituto está formado por varios centros de investigación y laboratorios, pero de acuerdo a la naturaleza de la presente investigación es el Laboratorio de Nanotecnologías el que responde a las necesidades de formación e investigación en las tecnologías de fabricación digital (Universidad Francisco Gavidia, s.f.).

El Laboratorio de Nanotecnologías es un espacio para el desarrollo científico en los campos de la nanociencia, infociencia y biociencia cuyo objetivo es desarrollar investigaciones que impacten en los sectores productivos nacionales, y realizar diagnósticos en el campo de los polímeros y áreas asociadas; actualmente se trabajan líneas y proyectos amparados en el convenio con el Centro Nacional de Alta Tecnología de Costa Rica (CENAT) y Laboratorio Nacional de Nanotecnologías LANOTEC, y el desarrollo de un laboratorio propio que cuenta ya con dos módulos, uno de impresión 3D y otro de microscopía (Instituto de Ciencia Tecnología e Innovación, Universidad Francisco Gavidia, 2014).

2.2.4.MARCO TEÓRICO

El CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología), establece que existe una relación positiva entre la generación y explotación del conocimiento y el desarrollo económico de los países, por lo que existe un gran interés por desarrollar una mejor capacidad de innovar, es decir, de generar nuevos productos, diseños, procesos, servicios, métodos u organizaciones o de intercambiar valor a los existentes y con ello lograr ventajas competitivas en la economía, que le permita alcanzar un crecimiento económico sustentable. (CONACYT, 2016)

El área de la industria en El Salvador, busca el desarrollo y la innovación con el fin de lograr un posicionamiento aceptable en el medio internacional; llegar a este fin depende de diversos factores. Uno de los principales factores para lograr el desarrollo de la industria es contar con profesionales competitivos con lo que respecta a las tendencias mundiales de fabricación y prestación de servicios.

En la actualidad, se presenta la fabricación digital como tendencia en método de fabricación, por lo que los actuales y futuros profesionales están preparándose en este ámbito ya que la industria demanda este tipo de conocimientos para contar con un banco de profesionales competentes y que garanticen que las industrias tendrán desarrollo tecnológico y como consecuencia la supervivencia y crecimiento.

En los métodos de fabricación actuales, se toma en cuenta tanto la maquinaria y los softwares, para dar paso al uso de la fabricación digital, este concepto engloba una serie de términos que son hasta cierto punto nuevos en muchos sectores de la industria. Hablar de un open software, arduinos y otros elementos de la fabricación digital, se complica un tanto por el poco conocimiento que se tiene al respecto, por lo menos en lo que respecta al ámbito nacional.

Se tiene como referencia diversas teorías de autores familiarizados con el tema de fabricación digital, tanto para la academia como para la industria, estas teorías son expuestas en el presente marco teórico. El enfoque de promocionar la innovación en los salones de clase es un punto de vista bastante discutido en la actualidad, además del apoyo de la creatividad individual, entre otros elementos que desarrollan el emprendedurismo, la innovación y la creatividad. Además, existen algunos escenarios planteados por la industria que actualmente aplican la fabricación digital como método de fabricación tanto a nivel de experimentación como a nivel de producción.

2.2.4.1. TENDENCIAS DE FABRICACIÓN DIGITAL

MAKERSPACE – IMPACTO POTENCIAL EN LA ENSEÑANZA

El equipo de mentores creadores de diversas publicaciones llamadas Makerspace Playbook, en la publicación dada en el verano del año 2013, establecen una teoría en lo que respecta al uso de los MakerSpaces y la enseñanza en la educación media y superior (MAKERSPACE, 2013). A continuación, se describen algunos de los puntos con mayor relevancia tratados en dicha publicación.

El movimiento Makerspace como líderes en el resurgimiento del DIY (do-it-yourself), está dedicado a promover el espíritu creativo en todos aquellos cuyas vidas toca. Por lo que no se ve ninguna razón por la que, como sociedad, no se pueda transformar la educación en un sistema que nutre a los individuos a adoptar los hábitos mentales que tienen los fabricantes y convertirse en los ciudadanos comprometidos que se quiere que nuestros hijos sean.

El mayor desafío y la mayor oportunidad para el fabricante de movimiento es muy ambicioso: transformar la educación. La esperanza es que los agentes de cambio serán los propios alumnos. Cada vez más, la tecnología les ha dado más control sobre sus vidas, e incluso el teléfono celular más simple puede cambiar la opinión de una persona que sea observada por primera vez.

El movimiento Makerspace, trata específicamente de brindar a la educación lo siguiente:

1. Creación del contexto en el que se desarrolla la mentalidad del hacedor, una mentalidad de crecimiento que los anima a creer que se puede aprender a hacer a partir de la nada.
2. La construcción de un nuevo cuerpo de la práctica en la enseñanza, “hacer” y un cuerpo de profesionales que esté dispuesto a seguirlo.
3. Diseño y desarrollo de Makerspaces con variedad de contextos comunitarios con el fin de servir a un diverso grupo de estudiantes que no pueden compartir el el acceso a los mismos recursos.
4. Identificar, desarrollar y compartir un amplio marco de los proyectos y los kits basados en una amplia gama de herramientas y materiales que se conectan a intereses de los estudiantes dentro y fuera de la escuela.
5. Diseño y albergue de las plataformas sociales en línea para la colaboración entre los estudiantes, los maestros y la comunidad.

6. El desarrollo de programas especialmente para los jóvenes que les permiten tener un papel destacado en la creación más decisiones.
7. Crear el contexto de la comunidad para la exposición y la preservación del trabajo del alumno en relación con todos los fabricantes. Asegurarse de que las nuevas oportunidades son creadas para que más personas participen.
8. Permitir que los individuos y grupos de individuos construyan un registro de participación en la comunidad de los Makerspace, que puede ser útiles para el avance académico y profesional, así como el sentido de avance personal de un estudiante en desarrollo.
9. El desarrollo de los contextos educativos que en la práctica hagan que los conceptos formales y la teoría se vinculen, para apoyar el descubrimiento y exploración, mientras se da al mismo tiempo la introducción de nuevas herramientas para el diseño avanzado y nuevas formas de pensar acerca de hacer. (Prácticamente, Esto significa desarrollar guías para los profesores, mentores y otros líderes.)
10. Fomentar en cada estudiante la capacidad total, la creatividad y la confianza para convertirse en agentes de cambio en su vida personal y en su comunidad.

ÁREAS DE IMPACTO

1. Inspiración: Invitando a los estudiantes a participar en la economía creativa y de dirigir su propio futuro
2. Innovación: Servir como un catalizador para la base invención.
3. Educación: La construcción de una conexión entre el la comunidad y los estudiantes.

Se está particularmente interesado en cómo el enfoque podría llegar a los estudiantes que no encajan bien en el sistema existente o que ya han salido de ella. En la Maker Faire¹⁸, no hay ganadores ni perdedores, “todo lo que es bueno es un juego justo”. No es una competencia, y no hay premios, por lo que no hay jueces que tengan que decidir quién ha tenido éxito y quién ha fallado. Los participantes trabajan en el arte, artesanía, la ingeniería, la música, la comida, la ciencia, la tecnología, salud, y con frecuencia en varias de estas áreas a la vez. Sus proyectos son reflexivos, desafiante e innovadores. Pero lo más importante, se muestra que todos los participantes son curiosos y motivados. (MAKERSPACE, 2013)

¹⁸ Maker Faire: Evento creado por la revista “Make” para proyectos del movimiento “Do It Yourself”

Los Estados Unidos en su Plan Nacional de Tecnología de la Educación (2010), la Oficina de Tecnología de la Educación, Departamento de Educación escribió:

“El modelo de aprendizaje del siglo 21 se describe en este plan llama a involucrar y capacitar el aprendizaje experiencias para todos los estudiantes. El modelo se pregunta en que nos centramos qué y cómo enseñamos para que coincida con lo que la gente necesita saber, cómo aprenden, dónde y cuándo aprenderán, y que necesita aprender. Este trae un estado de la tecnología de punta en el aprendizaje para habilitar, motivar, e inspirar a todos los estudiantes, independientemente de su origen, idiomas, o discapacidad, para lograr aprovecha el poder de la tecnología para proporcionar una forma personalizada de aprendizaje en lugar de una manera única para todos los planes de estudio, el ritmo de la enseñanza y las prácticas de enseñanza”.

Este es el desafío, no es suficiente para entrenar a los estudiantes para el mundo de hoy, hay que entrenarlos para mañana, un mañana que les obligará a dominar las tecnologías que todavía no existen. Pensar al respecto: un niño en la escuela media hoy va a ingresar el mejor momento de su carrera en 2040. No se tiene ninguna idea lo que el mundo será como a continuación. Por lo tanto, es el tiempo crucial para desarrollar habilidades tales como la curiosidad, la creatividad, y la capacidad de aprender por uno mismo. Estas son precisamente las habilidades que se perfeccionan mediante esfuerzos tales como los Makerspace. (MAKERSPACE, 2013)

2.2.4.2. HACKERSPACE – PASADO, PRESENTE Y FUTURO

Johannes Grenzfurthner y Frank Apunkt Schneide son miembros de monochrom¹⁹, un grupo de arte, tecnología y filosofía con base en Viena y en Zeta Draconis publica una revista en la que se refiere a los hackerspace (Monochrom, 2014), muestran a los hackerspace desde una perspectiva de impacto social, trascendente por los años hasta la actualidad y un poco de proyección con respecto a lo que se espera en el futuro del movimiento.

PASADO

La historia de los llamados hackerspaces se remonta al momento en que el movimiento contracultural estaba por alcanzar un estado de madurez. Durante la década posterior en que los hippies intentaron establecer nuevas formas de relaciones sociales, políticas, económicas

¹⁹ Monochrom: Proyecto internacional técnico, artístico, filosófico y colectivo con sede en Viena.

y ecológicas, se realizaron una gran cantidad de experiencias referentes a la construcción de nuevos espacios en los que vivir y trabajar. Eran considerados nichos para revivir y rescatar a las personas del monótono estilo de vida en que la sociedad burguesa conducía los espacios cívicos, desde los jardines de infantes hasta los cementerios, para resultar exactamente iguales entre sí y reproducir su orden patriarcal y económico.

Las políticas de establecer espacios abiertos fueron pensadas como declaraciones explícitas que confrontaban una sociedad capitalista (y en el Este: un comunismo autoritario) cuya propia estructura, propósito y modo de funcionamiento se consideraba en términos generales como alienante, para tomar el control de y para modificar sus relaciones y necesidades básicas humanas.

Es necesario darle una mirada al desarrollo histórico de los movimientos políticos y su relación con los espacios y la geografía: Esto se desarrolla en Europa, la revolución estudiantil de Francia de 1968 fue conducida por la idea de recuperar los lugares y establecer una psicogeografía distinta entre el laberinto de la ciudad a través de la desviación. Del mismo modo, el movimiento autónomo de la década del setenta que cobró vida en Italia y luego influenció a personas en países de habla alemana y los Países Bajos se centró en la apropiación de los espacios, ya sea para centros juveniles autónomos como para la apropiación de las ondas de radio piratas. En consecuencia, los primeros hackerspaces encajan mejor en una topografía contracultural, que consta de casas ocupadas, cafés alternativos, cooperativas agrícolas, empresas de gestión colectiva, comunas, centros de cuidado infantil no autoritarios y así. Todo esto estableció una estrecha red, para un estilo de vida alternativo del burgués (Monochrom, 2014).

PRESENTE

Los hackerspaces brindaron lugares donde la gente podía ir a trabajar en un ambiente no-represivo, relajado y tranquilo (al menos, tanto como cualquier tipo de espacio o entorno dentro de la sociedad capitalista puede ser llamado no-represivo, relajado y tranquilo). Sociológicamente llamados ‘terceros espacios’, son espacios que rompen con el esquema dual de la estructura espacial burguesa, con lugares para vivir y lugares para trabajar (además de lugares para actividades recreativas).

Representan un camino integrador que se niega a aceptar un estilo de vida formado mediante tal estructura. Esto significa que pueden llegar a formas de trabajo cooperativo y no represivo,

por ejemplo, en problemas técnicos que pueden resultar en soluciones nuevas e innovadoras. Y allí es exactamente dónde la “vida equivocada” podría ser la respuesta. El sistema capitalista es una entidad altamente adaptable por lo que no sorprende que espacios y modos de vida alternativos proveyeran ideas interesantes que pudieran ser ordeñadas y comercializadas. Ciertas características estructurales producto de este movimiento “revolucionario” fueron repentinamente muy aclamadas, aplicadas y reproducidas en laboratorios de desarrollo capitalistas.

“Hoy en día los hackerspaces, funcionan en forma distinta de como lo hacían inicialmente. Cuando el primer hackerspace se formó siempre había claras distinciones (un “antagonismo”) entre “nosotras” (las personas resistiendo) y “ellas” (las personas controlando). Cierta gente no quería vivir y trabajar dentro del esquema de trabajo burgués clásico y se negó a ser parte de su proyecto ideológico y político, por muy buenas razones. La alteridad de los espacios en ese entonces era determinada por la consistencia de una cultura dominante burguesa sobre la base de un orden dualista” (Monochrom, 2014).

FUTURO

Según el equipo de Monochrom lo que falta en todas las prácticas que ocurren en los hackerspaces es una teoría concisa de a qué se debe orientar el movimiento y qué debería ser atacado por los miembros, se plantea un escenario a futuro así:

“Una agenda política que de cierto glamour revolucionario a lo que se realiza a diario creando inventos técnicos, tendiendo redes por el mundo o utilizando la tecnología y habilidades de programación. Para alcanzarlo realmente se necesita un sentido más explícito y un entendimiento de la historia de lo que se está haciendo. Para comenzar, se deben organizar ciertos talleres en los hackerspaces donde podamos aprender acerca de filosofía, historia y otros aspectos que se necesitan recobrar en la cultura de los jóvenes. La teoría es un juego de herramientas para analizar y de construir el mundo. Además, se necesita reflejar y entender lo que los hackerspaces de hoy hacen bajo el “benevolente” control de un cierto grupo de mayormente personas concedoras de programación, trabajadores, técnicos, aficionados y hábiles con las manos. Y que dan forma a una práctica propia que condena a la mayoría de los hackerspaces actuales”. (Monochrom, 2014)

2.2.4.3. FABLABS – ESPACIO PARA LA CREACIÓN DE NUEVOS MUNDOS

Una de las colaboradoras de MEDIALAB PRADO, Alex Haché, realiza una investigación con respecto a las creaciones de los FABLABS, en conjunto con el equipo de Dossier ritmo²⁰, en la cual se da una perspectiva amplia sobre el mundo que abre un espacio maker, tal y como se expone a continuación:

Se ignora tanto la complejidad de las mercancías que rodean y que se puede ver tentado a cualquiera por llamar DIY a toda realización que no iría más allá del ensamblaje de ciertos componentes o un mueble bien elaborado con un toque distintivo. Así llega el kit, su imitación, su correspondiente mercantil. Más agradable que el simple uso de un bien de consumo, la autonomía se confunde con el ensamblaje o la reparación, esta también reducida a un simple cambio de piezas. El kit, como estrategia de marketing, aleja así el real concepto de un producto DIY de su esencia. (Haché, 2014)

Una vez descartado que se trate de un simple kit, incluso si se realiza en un Fab lab y si surge de la utilización de un software libre, se descubre simplemente un nuevo tipo de pensamiento igualitario: una personalización egocéntrica aliada con la ingenua y enfática economía del desarrollo sostenible. Así, las herramientas usadas y reivindicadas por los “creativos e innovadores” significan muchas veces exactamente lo contrario para sus productores. Sin ir más lejos como la extracción del mineral necesario para fabricar componentes electrónicos que resulta difícil imaginar autogestionada y digna labor, se puede descubrir lo que significa la simplicidad para los usuarios: lo complicado para los ingenieros o según Alain Besnier: “Hacer las cosas más sencillas para el usuario, es necesariamente tener que hacerlas más difíciles para el ingeniero que las inventa”. (Besnier, 2014) Aunque los makers tengan una consciencia más aguda de la dimensión social de las técnicas comparado con los técnicos o los ingenieros, se observa que en numerosos Fab labs, se preferirá la adquisición de una máquina muy precisa, aunque no-libre, ante una versión más limitada técnicamente pero que sería creada en un ámbito de relaciones sociales y medioambientales mejores. Entonces, parece poco probable que los makers puedan producir un verdadero cambio social. Las realizaciones actuales participan mucho más en una reactualización de las relaciones de producción y de consumo comunes que en la organización de cualquier superación. (Haché, 2014)

²⁰ Dossier ritmo: Organización observadora y recolectora de ideas DIY.

2.2.4.4. MODELO DE EMPRENDEDURISMO

Fundación Telefónica, en el año 2014 elabora un documento que es expuesto en la Web, el cual se titula “Fabricación Digital: Nuevos modelos de negocios y nuevas oportunidades para los emprendedores”, en el cual se describe una teoría sobre la relación con el emprendedurismo y la fabricación digital. A continuación, se describen algunos de los aspectos contenidos de la teoría descrita:

Hace décadas la creación de una empresa suponía generalmente la necesidad de inversión de grandes cantidades de dinero, era necesario contratar a un equipo de profesionales que llevaran a cabo el diseño y la planificación de la producción del producto que se iba desarrollar, personas dedicadas a ofrecer servicios como Recursos Humanos, Mercadeo, Finanzas, entre otros; además de la necesidad de contar con un equipo personal más o menos amplio, también era imprescindible disponer de instalaciones para la producción y la administración de la empresa, lo que en muchos casos requería unas necesidades de capital a las que difícilmente podía hacer frente una persona de clase media.

Muchas ideas buenas se quedaban solo en eso, ideas; ya que por la falta de posibilidades económicas las personas se mostraban imposibilitadas a dar marcha a los proyectos; en la actualidad este panorama se encuentra vigente en muchas ocasiones. Sin embargo, gracias a la innovación tecnológica este panorama se ha modificado en gran medida, muchas ideas se realizan con mayor facilidad al dar el uso correcto a las tecnologías y medios disponibles para lograr el correcto desarrollo de un producto nuevo innovador o la modificación de uno existente, con la utilización de mucho menos recursos, tanto económicos como de profesionales especialistas en un área específica.

En el proceso del emprendedurismo se observa una mayor cercanía entre el emprendedor y el inventor hasta el punto de ser el mismo actor. El emprendedor se puede considerar un inventor en un sentido amplio, ya que lo que trata es de ofrecer nuevos productos, o al menos dotar a los productos de alguna característica diferenciadora que permita mejorar su posición competitiva. La digitalización ha permitido que el emprendedor y el inventor se unan en uno mismo por medio de la fácil obtención de prototipos, muchas veces los nuevos inventos nacen en el momento que un emprendedor busca la solución a una necesidad que ha sido observada por el mismo. Bajo este panorama de emprendedurismo e invención se encuentran las diversas tecnologías de fabricación digital que aportan en gran manera una ventaja para el desarrollo de nuevos productos y mejora de los existentes a los emprendedores, inventores,

investigadores y en fin a todas las personas que desean realizar un bien o servicio determinado. (Fundación Telefonica, 2014)

En los cambios tecnológicos, hay que considerar otros modelos más generales, que en algunos casos se han promovido en el ámbito Web y que se tiende a replicar en otros campos, como el fenómeno open source²¹, crowdsourcing²² y otros. En otros casos son de ámbito más general, como el Do it yourself²³ (DIY) o la tendencia a comprar productos locales. Por tanto, aunque se trata de una tendencia con un profundo carácter tecnológico, no la propicia una tecnología concreta, sino la convergencia de varias, la fuerza de determinadas tendencias sociológicas y otros motivos de carácter más estratégico, como la excesiva dependencia de la producción con respecto a países asiáticos o la necesidad de buscar modelos más ecológicos y con menor consumo energético. (Fundación Telefonica, 2014)

2.2.4.5. OPORTUNIDADES PARA EL DESARROLLO LOCAL

La fabricación digital permite acortar el ciclo de desarrollo de productos desde la idea hasta el prototipo y testear²⁴ nuevas ideas de manera rápida y barata. Este proceso también habilita a las empresas a flexibilizar su producción y cambiar diseños y productos a medida del cliente. En conjunto estas capacidades abren oportunidades para el desarrollo local y permiten a las pequeñas industrias acceder a herramientas de diseño que antes se encontraban exclusivamente en manos de grandes firmas. (Fressoli & Smith, IDB Inter - American Development Bank, 2015)

Otros elementos relevantes del ecosistema de producción de la fabricación digital son:

1. La utilización de herramientas de crowdfunding²⁵ como el sitio web Kickstarter en Estados Unidos. Ideame en América Latina permite financiar la transformación de prototipos en productos.
2. El uso simultáneo de canales de distribución locales y globales. La fabricación digital permite combinar la exhibición de productos en negocios locales con la venta de artículos online a partir de páginas web. A partir del uso de tecnologías de fabricación digital, las pequeñas empresas pueden adaptar rápidamente su producción sin

²¹ Open source: Software de código abierto

²² Crowdsourcing: Recursos externos

²³ Do It Yourself: Hazlo tú mismo

²⁴ Testear: Someter a algo a prueba o control.

²⁵ Crowdfunding: Consultar glosario técnico.

depender de grandes inversiones de capital o grandes stocks requeridos por las grandes cadenas de distribución. Al mismo tiempo, la venta online les permite recibir pedidos de cualquier lugar del mundo.

La flexibilidad en la producción y la capacidad para fabricar objetos a medida del cliente ha permitido a empresas artesanales del norte de Italia contrarrestar la competencia de los países asiáticos. Utilizando herramientas de fabricación digital en industrias especializadas como la fabricación de muebles, artículos de decoración del hogar, lámparas y zapatos, pequeñas firmas italianas lograron volver a crecer y competir globalmente. La introducción de scanners digitales, impresoras 3D y cortadoras laser les permitió realizar un elemento que distinguía a estas empresas: el diseño de calidad, y así competir con la producción de bajo costo de China. Por ejemplo, un fabricante de zapatos de Mestre, Italia, utiliza scanners para obtener imágenes del pie y realizar hormas únicas a medida del cliente. Esta misma tecnología le permite recibir pedidos de clientes en diferentes partes del mundo, y crecer aun cuando la demanda local no aumentaba. (Faris, 2015)

Estos ejemplos pueden copiarse rápidamente en la región. Algunas empresas ya están utilizando herramientas y servicios de fabricación digital. La conjunción de éstas con otros elementos de infraestructura como las nuevas fuentes de financiamiento y redes de distribución online son fundamentales para impulsar estas prácticas.

2.2.4.6. OPEN SOURCE E INNOVACIÓN ABIERTA – NUEVOS MODELOS CREATIVOS

Durante buena parte de la era industrial la idea de innovación estuvo asociada al establecimiento de laboratorios de I+D (innovación y desarrollo) basados en instrumentos de propiedad intelectual y prácticas de secreto industrial. Esta cultura, profundamente arraigada en las empresas y, más recientemente, en las instituciones académicas, está cambiando a partir del ascenso del open source y la innovación abierta. (Fressoli & Smith, IDB Inter - American Development Bank, 2015)

Esta última constituye un nuevo modelo de creación de productos e ideas que aprovecha la creatividad de personas y expertos de diferentes disciplinas y pertenencias sociales. La idea básica de este modelo de innovación se encuentra resumida en una de las máximas del software libre, que afirma: cuanto mayor es la cantidad de ojos, la solución a los problemas se convierte en obvia. De esta manera, la innovación abierta apela a la inteligencia colectiva para

ampliar el potencial creativo. La implementación de estrategias de innovación abierta requiere de una serie de elementos que combinan: (Fressoli & Smith, IDB Inter - American Development Bank, 2015)

- Participación abierta: Transformando a los usuarios en colaboradores. Cualquier usuario puede aportar a la definición de los problemas y soluciones. La colaboración no es obligatoria, sino que está guiada por el interés común en resolver los problemas. Esto genera compromiso por parte de los participantes y permite aumentar la flexibilidad en la construcción de grupos de trabajo. Se evita que las personas se vean limitadas por las restricciones de pertenencia laboral o jerarquías arbitrarias.
- Diversidad: permite incluir personas de diferente origen y formación. La posibilidad de mezclar diferentes saberes aumenta la creatividad, la capacidad para aprender en la práctica y, sobre todo, el aprendizaje por interacción. Cuando la participación se abre a comunidades online, la diversidad se multiplica de manera exponencial, permitiendo atraer expertos de diferentes partes del mundo.
- Flexibilidad: a partir del uso de licencias abiertas cualquier persona puede modificar el diseño de las tecnologías o productos. Esto permite que los usuarios colaboren con los fabricantes en la resolución de errores o fallos. Pero también permite modificar los productos ad-hoc de acuerdo con nuevas necesidades y contextos.
- Velocidad: las prácticas de innovación abierta aceleran el proceso de resolución de problemas. Los espacios experimentales como los fablabs ayudan a los emprendedores a construir el problema, aprender las capacidades necesarias para resolverlo y testear posibles soluciones en poco tiempo. En algunos casos, se utilizan prácticas aceleradoras de la creatividad, como los hackathons que proponen desafíos cognitivos e invitan a diferentes grupos a resolverlos en un período corto de tiempo.

Los fablabs constituyen un locus privilegiado para el desarrollo de innovación abierta ya que utilizan herramientas open source, establecen colaboraciones online con creativos de diferentes partes del mundo y establecen días específicos para la participación de personas que no trabajan diariamente en el laboratorio. Algunas empresas están empezando a adoptar las metodologías participativas de innovación abierta que promueven los fablabs. En particular les interesa la facilidad para crear nuevos productos, hacer prototipos rápidos y desarrollarlos con un costo mucho más bajo que un laboratorio de I+D cerrado. (Fressoli & Smith, IDB Inter - American Development Bank, 2015)

2.2.4.7. ESCENARIOS DE EXPERIMENTACIÓN DE LA FABRICACIÓN DIGITAL

Realmente es difícil predecir o proyectar lo que sucederá a futuro con los cambios tecnológicos, resulta un tanto aventurado e incierto dar un resultado sobre los avances que presenta la tecnología, por lo tanto, en lugar de pronosticar el futuro. Según los profesores Mariano Fressoli Doctor en Ciencias Sociales de la Universidad de Buenos Aires y Adrian Smith Catedrático de Tecnología y Sociedad del Science Policy Research Unit (SPRU) (Fressoli & Smith, IDB Inter - American Development Bank, 2015) de la Universidad de Sussex del Reino Unido; es más importante comprender los espacios y redes de actores que se han involucrado en estas tecnologías, los escenarios planteados por estos autores se describen a continuación:

Según Fressoli (Fressoli & Smith, IDB Inter - American Development Bank, 2015), “en un primer espacio se encuentra una variedad de empresas locales y centros públicos y privados de investigación y desarrollo, y algunos sindicatos y cámaras empresarias que vienen ofreciendo servicios de transferencia de tecnologías y capacitación. Estos actores promueven el aumento de la productividad, el desarrollo de nuevos productos y el acceso a los mercados convencionales de producción de bienes manufacturados. Algunos de ellos vienen trabajando desde hace tiempo en la fabricación digital orientada a la producción industrial y en su mayoría se concentran en la provisión de servicios de prototipado rápido e ingeniería reversa en materiales y maquinarias. Muchas de estas iniciativas aspiran a crear nuevos nichos de mercado en software, arquitectura, joyería, muebles o nuevos materiales de fabricación que compitan a escala global”.

Al plantear el escenario anterior, se encuentra un gran inconveniente experimentado por diversos actores o involucrados, el cual es que las instituciones que conforman el sistema de fabricación digital son hasta cierto punto un tanto exclusivas, así como empresas, centros de investigación de universidades privadas, entre otras instituciones que se pueden llegar a catalogar como privilegiadas. A demás estas instituciones cuentan con mecanismos de protección a derechos de autor o algún tipo de política que bloquea o restringe el acceso a la información o visualización de los logros alcanzados. Todo esto desemboca en falta de colaboración para con los interesados en el desarrollo de habilidades de fabricación digital.

Según el catedrático Smith (Fressoli & Smith, IDB Inter - American Development Bank, 2015) “en el segundo espacio se encuentran las redes de laboratorios de fabricación digital

(denominados fablabs) que incluyen arquitectos, diseñadores, aficionados a la electrónica y artistas digitales. Los fablabs son espacios abiertos, donde cualquiera puede acceder a las herramientas de fabricación digital, aprender su uso y proponer proyectos. El primero de ellos fue creado por el Massachusetts Institute of Technology (MIT) en el Centre for Bits and Atoms en 2001 y en la actualidad existen más de 440 centros en todo el mundo.

En América Latina, existen más de 40 *fablabs* organizados en la Red Latinoamericana de Fablabs y conectados con la red mundial de estos centros. Uno de los proyectos de más alto perfil de la Red Latinoamericana de FabLabs es la construcción de un laboratorio flotante de fabricación digital. El Fab Flotante (como se denomina el proyecto) se propone navegar por el Amazonas peruano, proveyendo servicios inclusivos a las comunidades de la región. Al mismo tiempo, se busca investigar y promover el uso de materiales locales, y experimentar con formas sustentables de fabricación de biomateriales y con dispositivos electrónicos de mapeo y conservación de especies. (RED DE LATINO AMERICA Y EL CARIBE DE LABORATORIOS DE FABRICACIÓN DIGITAL, 2016)

A diferencia de los espacios enfocados en la producción industrial, los fablabs tienen como objetivo promover la experimentación y el aprendizaje con las nuevas tecnologías. Si bien no rechazan la cultura emprendedora, estos espacios en general respetan la cultura del software libre y ofrecen días abiertos al público en general, para que cualquiera pueda participar de los talleres. Este hecho demuestra el creciente interés que genera la cultura innovadora de los fablabs a la vez que presenta dudas sobre hasta qué punto las empresas podrán mantener la cultura open source que moviliza la creatividad colectiva. (Passebon, 2014)

A nivel regional también se observan cruces entre espacios formales como universidades, empresas y fablabs. En Brasil, la empresa de cosméticos Natura realizó en 2014 junto con FabLab Brasil y el MIT el desarrollo de nuevos productos. En Argentina, el CMDlab logró desarrollar junto con investigadores de la Facultad de Odontología de la Universidad de Buenos Aires, modelos físicos de dentaduras a partir de utilizar imágenes de resonancias. Esta técnica permitió simplificar y eliminar riesgos en las cirugías dentales complejas. En este sentido, varios de los momentos más creativos de la fabricación digital parecen suceder cuando se establecen espacios híbridos de experimentación que combinan saberes formales y académicos con la experimentación informal que se produce en los FabLabs y MakerSpaces. (Shiavo, Baumann, Noguiera, & Vera, 2013)

COMO LA INNOVACIÓN PUEDE POTENCIAR LA INDUSTRIA

El presidente ejecutivo de Google, Eric Schmidt, lo tiene claro, la tecnología, la innovación y el desarrollo del sector industrial y, por tanto, del empleo, están muy relacionados y van de la mano. De hecho, el directivo, que ha participado en la edición número 45 del Foro de Davos, asegura que existe una relación entre las nuevas tecnologías y el empleo y ha augurado que cada vez más trabajadores de clase media perderán sus empleos debido a la evolución de las tecnologías. En opinión de Schmidt no está claro que estos profesionales estén capacitados para volver a ser contratados, refiriéndose a los conocimientos de que disponen. (TodoStarups, 2015)

El presidente ejecutivo de Google, compara los sucesos de la época actual con los sucesos de la Revolución Industrial; por lo tanto, propone que la industria se encuentra frente a una nueva revolución, esto se observa en la medida que nuevos modelos de producción son adoptados cada vez más. Es evidente que los modelos de producción digital han aumentado lo cual implica un cambio radical en los sistemas manufactureros, se debe dar una reestructura para evitar problemas con los puestos de trabajo actuales. A futuro, Schmidt observa un panorama en el que la mano de obra deberá especializarse en métodos digitales de producción para conservar sus empleos.

Schmidt trata de no ser pesimista y ha apostado por que la tecnología se convierta en una oportunidad y no un problema para el empleo, por lo que ha incidido en la necesidad de que se potencie la innovación en toda la industria para así aprovechar estas oportunidades.

En concreto, el directivo de Google ha apoyado la creación de un espacio digital único en Europa, ya que supondría contratar a cuatro millones de personas. En este sentido, Schmidt ha indicado que por cada empleo en el sector tecnológico se pueden generar entre cinco y siete puestos adicionales en otras áreas diferentes pero relacionadas.

Del mismo modo, Schmidt ha querido recalcar que la inclusión de las tecnologías en el sector industrial podría suponer un cambio en la definición del trabajo, que podría suponer la creación de más trabajo a tiempo parcial y se redefinirá el trabajo más tradicional.

2.2.4.8. LA TECNOLOGÍA ESTIMULA LA CREATIVIDAD

“Si las nuevas tecnologías estimulan la creatividad en el aula, los educadores deberían plantearse seriamente cómo incorporarlas en sus estrategias de enseñanza”. (Santos, 2015)

En la actualidad si se cuestiona a un grupo de jóvenes con respecto a si existe algún tipo de relación entre la creatividad y las actividades que se realizan en un salón de clases, muy probablemente no se obtendrá una respuesta concreta o incluso se afirmara que no hay relación alguna. En la actualidad el salón de clases es tomado como un lugar donde se debe asistir por una obligación, a diferencia de lo que se percibe del mundo exterior, como un lugar libre donde se puede poner en práctica aquellas actividades preferidas por los jóvenes. Esto debe preocupar a los educadores y a todos los involucrados en el ámbito académico ya que a las personas que se están formando son jóvenes.

Cuando los estudiantes no se sienten involucrados, su educación sufre las consecuencias. El abandono escolar aumenta, los resultados se deterioran y lo peor de todo, aprender se convierte en sinónimo de aburrimiento. Esto puede ser dañino a corto plazo, pero, a largo plazo, es catastrófico. (Santos, 2015)

2.2.4.9. EL PODER DE LA CREATIVIDAD EN EL AULA

Diego Santos Miembro del equipo GoConqr²⁶ y responsable de su versión en español; realiza un análisis acerca del poder de la creatividad en el salón de clases, la relación con la tecnología, entre otras circunstancias que relacionan ciertas actitudes de los estudiantes ante la creatividad, se describe a continuación:

Cuando se enfoca adecuadamente, la creatividad es una poderosa arma contra el aburrimiento. Por si esto fuera poco, la creatividad convierte a los estudiantes en más versátiles, una cualidad fundamental en el entorno altamente cambiante en el que vivimos. ¿Pero qué relación existe entre la creatividad y las nuevas tecnologías? ¿Acaso no es posible ser creativo offline?

²⁶ GoConqr: Plataforma educativa, facilita la creación de entornos de aprendizaje personalizados con herramientas gratuitas.

La tecnología respalda la creatividad ya que su uso requiere interacción. Por tanto, si es usada correctamente, la tecnología permite que los estudiantes aprendan a través de la curiosidad, la colaboración y el pensamiento crítico.

Una de las críticas que se ha realizado al uso de la tecnología en el aula es que su uso se centra exclusivamente en la preparación de determinadas asignaturas relacionadas con las ciencias, las matemáticas y la ingeniería. Muchos docentes, sin embargo, no están de acuerdo con esta afirmación. Aaron Vanderwerff, Creativity Lab en Lighthouse Community Charter School, es uno de ellos. En una reciente entrevista con KQED News²⁷, Vanderwerff dijo que, aunque las nuevas tecnologías pueden ayudar con este tipo de asignaturas, “el objetivo no es crear científicos e ingenieros, sino abrir las puertas a los niños”.

Además, Vanderwerff está convencido de que, si son aplicadas correctamente, las nuevas tecnologías también pueden destapar el lado creativo de estudiantes que no tienen acceso a ellas en casa.

“Preferiría introducir este tipo de currícula en escuelas a las que acuden alumnos procedentes de familias con bajos ingresos que en cualquier otro tipo de escuelas ya que creo que, de esta manera, este tipo de estudiantes desarrollará su propia voz y carácter y se encontrarán con nuevas posibilidades en el futuro”. (Vanderwerff, 2015)

2.2.4.10. EL USO DE LOS LABORATORIOS PRÁCTICOS MEJORA LAS COMPETENCIAS ESTUDIANTILES

La importancia de los laboratorios tanto en la enseñanza de las ciencias como en la investigación y en la industria es, sin duda alguna, indiscutible. No se puede negar que el trabajo práctico en laboratorio proporciona la experimentación y el descubrimiento y evita el concepto de “resultado correcto” que se tiene cuando se aprenden de manera teórica, es decir, sólo con los datos procedentes de los libros.

Sin embargo, el uso de laboratorios requiere de tiempo adicional al de una clase convencional, por ejemplo, para descubrir y aprender de los propios errores. En términos generales, un laboratorio es un lugar equipado con diversos instrumentos de medición, entre otros, donde se realizan experimentos o investigaciones diversas, según la rama de la ciencia a la que se

²⁷ KQED: Medio de comunicación con acceso público con sede en San Francisco, California, Estados Unidos.

enfoque. Dichos espacios se utilizan tanto en el ámbito académico como en la industria y responden a múltiples propósitos, de acuerdo con su uso y resultados finales, sea para la enseñanza, para la investigación o para la certificación de la industria.

Prácticamente todas las ramas de las ciencias naturales se desarrollan y progresan gracias a los resultados que se obtienen en sus laboratorios. Por su parte, en el mundo de la industria, estos, entre otras cosas, permiten asegurar la calidad de productos. Así, en la academia los ejercicios del laboratorio se utilizan como herramientas de enseñanza para afirmar los conocimientos adquiridos en el proceso enseñanza-aprendizaje; en tanto que en la industria se emplean para probar, verificar y certificar productos. Cabe destacar que, en especial, permiten mostrar el fenómeno y comportamiento de ciertos procesos, así como complementar las clases impartidas en las universidades; mientras que, en el terreno de la investigación, permiten avanzar el estado del conocimiento y realizar investigación de punta. Por lo general este tipo de laboratorios se encuentran en instituciones de educación superior que proporcionan grados de maestría y doctorado.

Por otra parte, los laboratorios del sector industrial son más especializados y cubren un amplio abanico de aplicaciones con el propósito de asegurar un control y aseguramiento de calidad, aunque están más orientados hacia la industria. En los laboratorios de ambos sectores, las prácticas aportan parte del método científico, validan la teoría y calibran las simulaciones por computadora. Varias universidades y escuelas de graduados en todo el mundo están equipadas con diversos aparatos de investigación, desde los más moderados o tradicionales hasta los más avanzados, para servir a las necesidades de cada nación en términos de investigación y futuros investigadores y profesores universitarios. En el sector educativo, la experiencia en laboratorio también brinda la valiosa oportunidad para que los estudiantes desarrollen, además, habilidades de comunicación, tanto oral como escrita, liderazgo y cooperación. Las tareas rutinarias y las pruebas que sólo se limitan a resolver problemas aportan pocas posibilidades para desarrollar las habilidades de escritura. Por otra parte los experimentos y la divulgación de esta información a los otros profesionales con habilidades similares a aquellas que necesitan los ingenieros en sus prácticas. (Shiavo, Baumann, Noguiera, & Vera, 2013)

En experimentos donde el propósito principal consiste en demostrar mediciones físicas fundamentales y comprensión básica, no es necesario un equipo sofisticado, de hecho éste puede suponer trabas en el aprendizaje de los estudiantes si los experimentos son para

demostrar el proceso de pruebas y evaluación con ayuda de la computadora, tal como se utiliza en las grandes industrias. Con frecuencia se requiere de equipo moderno que, por lo general, es costoso. En este sentido, cabe señalar que a lo largo de los años se han hecho recomendaciones, tanto de empresarios como de varias organizaciones técnicas y profesionales, para revisar exhaustivamente los planes de estudio de la ingeniería con el fin de asegurar que los estudiantes estén preparados para la práctica profesional. (Shiavo, Baumann, Noguiera, & Vera, 2013).

2.2.5.MARCO LEGAL

La Universidad de El Salvador es la única una institución educativa de educación superior pública en el país, la cual está enmarcada en la Constitución de la República de El Salvador, la cual a su vez está regida bajo la Ley de educación superior y la ley orgánica de la Universidad de El Salvador.

En este apartado se presenta aquella normativa de interés, a la cual deberá apegarse el Laboratorio de Fabricación Digital con la prestación de sus posibles servicios a las MIPYMES, a fin de realizar operaciones transparentes y dentro de lo legal. Por ser una dependencia de la Universidad de El Salvador, estará suscrito a las leyes que la conforman.

Las adquisiciones y contrataciones necesarias para la implementación del laboratorio de fabricación digital son realizadas por medio de la Unidad de Adquisiciones y Contrataciones Institucionales (UACI), de la cual cabe resaltar los siguientes aspectos estipulados en la Ley LACAP.

2.2.5.1. CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA

La Constitución de la República de El Salvador en la sección tercera: educación, ciencia y cultura instauro en sus artículos aquellos aspectos referentes a la educación superior; en el artículo n° 53 establece: Que la educación y la cultura es inherente a la persona humana y obliga al Estado salvadoreño a su conservación, fomento y difusión. El Estado propiciará la investigación y el quehacer científico. En el artículo n° 61 establece: La educación superior se regirá por una ley especial. La Universidad de El Salvador y las demás del Estado gozarán de autonomía en los aspectos docente, administrativo y económico. Deberán prestar un servicio social, respetando la libertad de cátedra. Se regirán por estatutos enmarcados dentro de dicha ley, la cual sentará los principios generales para su organización y funcionamiento.

Se consignarán anualmente en el Presupuesto del Estado las partidas destinadas al sostenimiento de las universidades estatales y las necesarias para asegurar y acrecentar su patrimonio. Estas instituciones estarán sujetas, de acuerdo con la ley, a la fiscalización del organismo estatal correspondiente.

La ley especial regulará también la creación y funcionamiento de universidades privadas, respetando la libertad de cátedra. Estas universidades prestarán un servicio social y no perseguirán fines de lucro. La misma ley regulará la creación y el funcionamiento de los institutos tecnológicos oficiales y privados.

El Estado velará por el funcionamiento democrático de las instituciones de educación superior y por su adecuado nivel académico.

En conclusión, el estado es responsable de la educación, la universidad es libre para tomar sus decisiones y esas decisiones se harán en forma democrática

2.2.5.2. LEY DE EDUCACIÓN SUPERIOR

La Ley de Educación Superior en su artículo n°23 establece en lo referente a las dependencias y centros regionales:

Las instituciones de educación superior podrán crear las dependencias, escuelas y centros de investigación y proyección social necesarias para la realización de sus fines.

Podrán crear centros regionales, si sus normas estatutarias contemplan expresamente tal posibilidad, y si los estudios de factibilidad y viabilidad respectivos son aprobados por el Ministerio de Educación.

Los Centros Regionales deberán cumplir con los mínimos requisitos exigibles a las instituciones, a excepción del número de carreras.

Cada Centro Regional tendrá su propia organización administrativa, financiera y su registro académico, que le permitan cumplir con las funciones básicas de la educación superior que las universidades estatales y privadas están facultadas para determinar el modo en que cumplirán sus funciones, para este escenario las funciones de interés son las relacionadas con la docencia, investigación y proyección social, la universidad puede decidir cómo los docentes utilizaran sus horas de trabajo.

En el artículo n° 25 en lo referente a la Autonomía y Autoridad establece:

La Universidad de El Salvador y las demás del Estado gozan de autonomía en lo docente, lo económico y lo administrativo. Los institutos tecnológicos y los especializados estatales estarán sujetos a la dependencia de la unidad primaria correspondiente.

Es decir, la Universidad tiene la libertad para crear los diferentes centros o dependencias que decidiese, con el único requisito de que exista un estudio de factibilidad y viabilidad aprobado por el Ministerio de Educación para la implementación del mismo, dónde la Universidad tendrá la facultad de decidir en cuanto a lo docente, administrativo y económico de sí misma.

En su artículo n° 76 Sección Segunda-Disposiciones Transitorias, Derogatoria y Vigencia establece:

Art. 76.- La Universidad de El Salvador, se regirá por su Ley Orgánica y demás disposiciones internas, en todo lo que no contraríe la presente Ley.

Para lo cual es necesario estudiar las primicias o requisitos con las que la implementación de un laboratorio de fabricación digital en la escuela de ingeniería industrial deberá enfrentar antes de su creación

2.2.5.3. LEY ORGÁNICA DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

NATURALEZA JURÍDICA DE LA UNIVERSIDAD

En el artículo. 2 establece que: La Universidad de El Salvador, que en el curso de esta Ley se denominará “la Universidad” o la “UES”, es una corporación de derecho público, creada para prestar servicios de educación superior, cuya existencia es reconocida por el artículo 61 de la Constitución de la República, con personalidad jurídica, patrimonio propio y con domicilio principal en la ciudad de San Salvador.

CALIDAD ACADÉMICA Y CIENTÍFICA

La Ley Orgánica de la Universidad de El Salvador en su artículo n°11 establece que “El Rector, el Vicerrector Académico, los Decanos y Vice-decanos y el Personal Docente de la universidad, estarán especialmente obligados a velar por la constante superación, académica y científica, de la educación universitaria. Además, tras existir un estudio de factibilidad y viabilidad técnica.

ATRIBUCIONES Y DEBERES DE LA ASAMBLEA GENERAL UNIVERSITARIA

En el artículo 19 en su literal l) establece las siguientes atribuciones y deberes de La Asamblea General Universitaria:

l) Ratificar o no, a propuesta del Consejo Superior Universitario y previo estudio de factibilidad, los acuerdos para establecer, suprimir, fusionar, coordinar o agrupar Facultades, Escuelas, Departamentos, Institutos u otras unidades; conforme a las necesidades de la enseñanza, de la investigación científica o de la conservación y promoción de la cultura y del medio ambiente.”

Esta ley define que es deber de la asamblea general universitaria ratificar o no a propuesta del consejo superior el establecimiento de otras unidades conforme a las necesidades de enseñanza y como se ha mencionado anteriormente el establecimiento de un centro de vinculación es indispensable para el desarrollo de los estudiantes con espíritu de emprendimiento.

ATRIBUCIONES Y DEBERES DEL CONSEJO SUPERIOR UNIVERSITARIO.

En el artículo 22. - Dentro de sus funciones administrativa, docente, técnica y disciplinaria, el Consejo Superior Universitario tendrá las siguientes atribuciones y deberes:

“F) Previo estudio de factibilidad, aprobar los acuerdos para establecer, suprimir, fusionar, coordinar y agrupar Facultades, Escuelas, Departamentos, Institutos u otras unidades, de acuerdo a las necesidades de la enseñanza, la investigación científica, la conservación de la cultura y del medio ambiente; y someterlos a la ratificación de la Asamblea General Universitaria.”

Este artículo al igual que el anterior refiere a la ratificación del establecimiento de nuevas unidades que satisfagan una necesidad en la enseñanza de la comunidad estudiantil.

En el artículo 27.-Atribuciones y deberes del Vicerrector Académico, establece que dicho Vicerrector académico deberá:

H) Dirigir y evaluar todas las actividades de proyección social de la Universidad;

En el artículo 28.-Atribuciones y deberes del Vicerrector Administrativo, establece que el dicho Vicerrector Administrativo deberá:

G) Velar porque la universidad tenga un ambiente adecuado a su función educativa y ecológicamente sano;

H) Promover el bienestar estudiantil y el desarrollo integral del personal de la Universidad;

Estos dos últimos artículos hacen referencia a las atribuciones y deberes del vicerrector académico, propicie y evalúe las diferentes iniciativas de proyección social que se implementen dentro de la universidad, el Vicerrector Administrativo deberá velar porque la Universidad tenga un ambiente adecuado y por un desarrollo integral del personal de la universidad. De donde la proyección social como universidad puede verse magnificada tras la implementación de un laboratorio de fabricación digital en la EII, ya fomenta el desarrollo integral de sus estudiantes y el apoyo a las MIPYMEs.

PERSONERÍA JURÍDICA

El laboratorio de fabricación digital es para la Escuela de Ingeniería, al ser parte de la Universidad de El Salvador, presenta dos opciones de dependencia:

1. Ser dependiente de la Escuela de Ingeniería Industrial
2. Pertenecer a un Proyecto Académico Especial

La ventaja de pertenecer a uno y no al otro fundamentalmente radica en la burocratización del proceso de legalización del mismo tanto como del funcionamiento, por tal razón preliminarmente convendría situar la dependencia de éste de un proyecto académico especial y así poseer su propia asignación de fondos.

Además, al ser declarado de esta manera tiene mayores posibilidades de crecer y posicionarse en el mercado, tal como lo manifestaron otros laboratorios similares, que trabajan de la misma forma. Sin embargo, se recomienda también que la Escuela de Ingeniería Industrial sea la principal monitora de las actividades del laboratorio, a fin de garantizar que los objetivos vayan alineados a los que esta se propuso en un principio.

No obstante, todos los temas concernientes a lo legal para la implementación del laboratorio de Fabricación Digital, serán abordados con mayor profundidad; cuando se realice el Análisis de Viabilidad Legal del estudio, expuesto en la última etapa del estudio de factibilidad.

2.3. ANÁLISIS DE VIABILIDAD DE MERCADO

Un estudio de factibilidad de un proyecto comprende varias fases, la etapa inicial es el estudio de mercado; que es el punto de partida para la preparación del proyecto, debido a que las conclusiones que se derivan del estudio de mercado sirven de antecedente para los análisis de factibilidad técnicos, financieros y económicos posteriores. El estudio de mercado establece las relaciones entre sus elementos componentes: mercado consumidor, mercado competidor, mercado proveedor y mercado abastecedor; las relaciones establecidas en dicho estudio definen variables que a pesar de no ser parte directa del proyecto, condicionan, potencian o impiden su ejecución.

El presente estudio busca establecer un diagnóstico de factibilidad de mercado para la implementación de un Laboratorio de Fabricación Digital en la Escuela de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador, determinando los elementos que propicien o impidan su puesta en marcha así como las estrategias a llevar a cabo, de comprobarse la factibilidad de implementación, que garanticen un valor agregado no sólo al laboratorio como centro formador en el empleo de las tecnologías de fabricación digital sino también a la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador, como un referente en la formación de profesionales de la Ingeniería Industrial a nivel nacional.

2.4. ESTUDIO DEL MERCADO CONSUMIDOR

2.4.1. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO DEL MERCADO CONSUMIDOR

La finalidad del estudio de mercado para el análisis de factibilidad de implementación de un Laboratorio de Fabricación Digital en la Escuela de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador, es determinar si existe o no un grupo de consumidores suficiente como para justificar la implementación del proyecto y ser sostenible en el tiempo; así como las estrategias a seguir durante su operación, de comprobarse la factibilidad de mercado, que agreguen valor a los servicios que presta y agreguen competitividad a la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador.

Antes de iniciar el desarrollo del estudio de mercado consumidor del Laboratorio de Fabricación Digital, es imperativo definir una metodología que guíe el procedimiento a seguir

de acuerdo a las necesidades de información identificadas y los recursos con que se cuentan tal y como se detalla en los apartados siguientes.

2.4.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

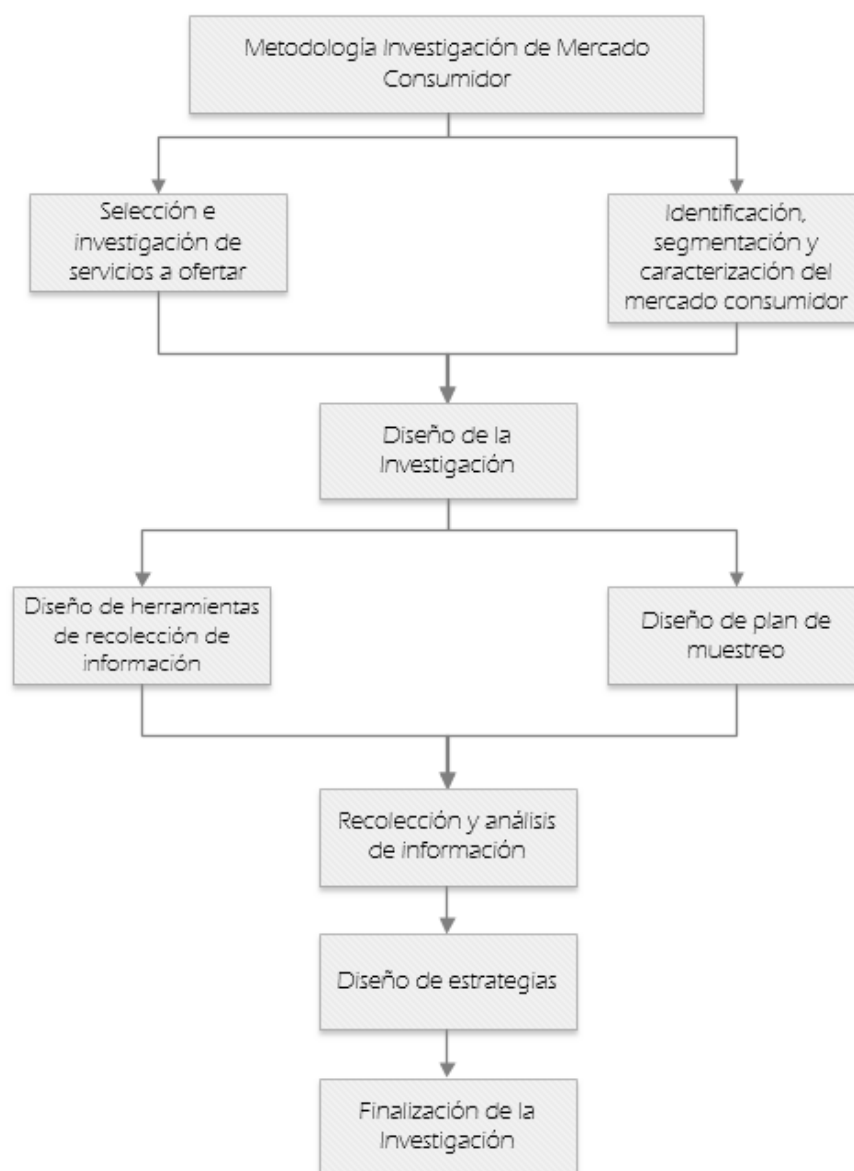
La investigación del mercado consumidor del Laboratorio de Fabricación Digital a implementar en la Escuela de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador, será de tipo descriptiva. Esta investigación permitirá, como su nombre lo indica, describir los servicios de fabricación digital que se ofrecen en el mercado, las características del mercado consumidor, así como la preferencia que este presenta a los servicios a ofertar.

La investigación descriptiva a desarrollar parte de la indagación exploratoria realizada previamente por el grupo analista en el marco referencial, con el fin de planear, estructurar y establecer qué grupos deberán considerarse sujetos de estudio, la información a recabar de cada uno de ellos, así como el momento, forma y lugar para la recolección de información; todo lo anterior con el objetivo de establecer el perfil de usuario del Laboratorio de Fabricación Digital, pronósticos de los segmentos del mercado consumidor que hagan uso en un futuro de los servicios del laboratorio y las percepciones de los segmentos de consumo sobre los servicios que el laboratorio ofrezca.

2.4.1.2. METODOLOGÍA GENERAL DEL ESTUDIO DE MERCADO CONSUMIDOR

El estudio del mercado consumidor de los servicios que ofrecerá el Laboratorio de Fabricación Digital de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador, tal y como se presenta en el siguiente esquema, inicia con la identificación, segmentación y caracterización del mercado consumidor sobre el que se desarrollará la investigación; paralelamente se realiza la selección de los servicios a ofertar dentro del laboratorio, esta será una elección previa de servicios con base en lineamientos de acreditación estipulados por las diferentes líneas de laboratorios de fabricación digital a nivel internacional y con los servicios que actualmente ofrecen centros de fabricación digital a nivel nacional, con el objeto de presentar durante el estudio del mercado consumidor una carta de servicios a los diferentes segmentos en análisis para que depuren dicha lista a través de la escogitación de aquellos servicios que se adapten

a los procesos y productos que realizan, además de identificar procesos y formas de prestación de servicios que más se adapten a sus necesidades.



Esquema 9 Metodología de estudio del mercado consumidor de los servicios de fabricación digital

Una vez que se identifican los segmentos de mercado a estudiar y los servicios a ofertar, se procede a realizar el diseño de la investigación, que incluye el establecimiento del tipo de investigación, las técnicas de recolección de información a emplear y las herramientas de recolección de datos que estas requieren, además se diseña el plan de muestreo del mercado consumidor. Posterior al diseño de los instrumentos de recolección de información se procede con la recopilación de la misma, esta etapa arrojará la información necesaria para el diseño

de las estrategias que respondan a las necesidades del mercado consumidor y generen valor agregado a los servicios del laboratorio de fabricación digital.

FUENTES DE INFORMACIÓN

La información obtenida en el desarrollo de la investigación del mercado consumidor provendrá de fuentes primarias como secundarias, como se presenta a continuación.

Fuentes Primarias, la información cuantitativa y cualitativa de fuentes primarias serán proporcionadas por:

1. Empresas manufactureras en el área metropolitana de San Salvador, por medio de una encuesta dirigida a dicho segmento.
2. Entrevista a expertos en la enseñanza de técnicas de fabricación digital a nivel local.
3. Entrevistas realizadas a planta docente de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador.
4. Observación directa en centros de educación superior que oferten servicios de fabricación digital a nivel nacional.

Fuentes Secundarias, la información requerida para fundamentar la investigación a fuentes primarias se obtendrá por medio de consultas a:

1. Directorio de Unidades Económicas, Dirección General de Estadística y Censos 2011 - 2012 (DIGESTYC).
2. Cubo OLAP, DIGESTYC.
3. Páginas web de empresas y organizaciones que ofrezcan servicios de fabricación digital a nivel nacional y centroamericano.

HERRAMIENTAS DE INVESTIGACIÓN

CUESTIONARIO ESTRUCTURADO PARA EMPRESAS MANUFACTURERAS EN EL ÁREA METROPOLITANA DE SAN SALVADOR

La realización de encuestas personales directas y electrónicas exige el uso de cuestionarios estructurados que garanticen una guía para la recolección y posterior tratamiento de la información, que incluye su agrupación, análisis e interpretación, con un alto grado de confiabilidad. El cuestionario a utilizar será directo debido a que en todo momento el encuestado conocerá la finalidad de la información recolectada a través de las preguntas que se le realicen.

CUESTIONARIO ESTRUCTURADO PARA EXPERTOS EN LA ENSEÑANZA DE TÉCNICAS DE FABRICACIÓN DIGITAL A NIVEL LOCAL

Las entrevistas personales a expertos en la enseñanza de las técnicas de fabricación, al igual que la encuesta a empresas manufactureras, requerirán de una guía que presente a los investigadores los lineamientos para la recolección de la información y faciliten su posterior análisis con el objetivo de homogeneizar las respuestas dadas por los expertos en la enseñanza entrevistados. Estas entrevistas personales serán directas, ya que el entrevistado siempre conocerá el fin para el que será utilizada la información que se le solicita.

CUESTIONARIO ESTRUCTURADO PARA PLANTA DOCENTE DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA FIA – UES

La ejecución de entrevistas semi dirigidas a personal docente de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador, persigue identificar las áreas curriculares que permiten la integración de la enseñanza de técnicas de fabricación digital dentro del nuevo plan de estudios 2017. Estas entrevistas requieren de un cuestionario que no sólo trace los requerimientos de información sino también que guíe el proceso de recolección de información. Al igual que los instrumentos anteriores, este cuestionario será directo debido a que en todo momento el encuestado conocerá la finalidad de la información recolectada a través de las preguntas que se le realicen.

UNIVERSO DE INTERES

La segmentación de mercado es una herramienta que permite alcanzar a cada “porción” del mercado en interés, empleando estrategias de marketing que buscan generar ventajas competitivas, adaptando las características de los servicios a ofertar con los requerimientos identificados a lo largo del desarrollo de la investigación.

En respuesta al hecho que un mercado no es homogéneo, ya que está integrado por diversas unidades que registran características, comportamiento y exigencias distintas, es necesario crear una diferenciación y posterior segmentación entre los usuarios finales de los servicios prestados por el Laboratorio de Fabricación Digital de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador y los grupos de interés para las consultas que implican el desarrollo del respectivo estudio del mercado. Lo anterior obedece a la necesidad de identificar los requerimientos tecnológicos exigidos por el sector manufactura del país, especialmente en el área de innovación y desarrollo de nuevos

productos, los servicios de fabricación digital que son ofertados con mayor frecuencia en el mercado y las pautas metodológicas empleadas en los centros de educación superior para la enseñanza del uso de estas tecnologías; con el fin de determinar las líneas estratégicas para la organización y funcionamiento del laboratorio.

El segmento de usuarios de los servicios ofertados por el laboratorio está formado por:

Estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador.

Empresas manufactureras del área metropolitana de San Salvador.

Para la realización de las consultas que forman parte del estudio de mercado consumidor, se deberá discriminar al grupo formado por estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial y en su lugar, consultar segmentos relacionados con la enseñanza de las técnicas de fabricación digital y del sector manufactura en el país, llamado a partir de este momento segmento de interés, que ofrezcan la información necesaria para establecimiento de los servicios de prototipado rápido demandados por el mercado y de las metodologías de enseñanza empleadas en la formación de competencias de su uso.

Lo anterior se debe a que el estudio directo de la población estudiantil de la carrera de ingeniería industrial en sí misma, no arrojaría datos sobre los requerimientos de la enseñanza de las técnicas de fabricación digital demandados por el sector productivo, ni de las técnicas empleadas para su enseñanza y aprendizaje. Es a través de la consulta con el sector de formación en tecnologías de fabricación digital y de la consulta al sector manufactura, que se establecerán los requerimientos en el área de fabricación y desarrollo de nuevos productos que presenta el sector productivo, así como de estrategias para la formación en el uso de las tecnologías de fabricación digital en base experiencias compartidas por profesionales destacados en el área.

El segmento de interés para el estudio del mercado consumidor se dividirá en dos grandes grupos:

1. Personal académico relacionado al ambiente de operación de los laboratorios de fabricación digital.
2. Empresas manufactureras del área metropolitana de San Salvador.

Estas unidades o segmentos no sólo son cuantificables, sino que deben de ser alcanzables por el grupo analista, para asegurar que las estrategias planteadas al final del mismo responden a las necesidades identificadas en la etapa de recolección y análisis de la información.

El método de abordaje de estos segmentos será diferente para cada uno de los mismos, ya que el estudio de las empresas manufactureras buscará establecer los servicios de fabricación digital requeridos en el mercado nacional, según el rubro al que pertenecen y la forma de prestación de estos servicios que más se acomode a sus procesos productivos, entre otros criterios de evaluación que serán recolectados mediante el abordaje directo a representantes de las industrias.

Mientras que la investigación del personal académico relacionado al ambiente de operación de los laboratorios de fabricación digital se realizará a través del abordaje a expertos en la enseñanza de estas tecnologías; con el fin de establecer, por medio del análisis de la información recolecta en las entrevistas realizadas, las técnicas, áreas y requerimientos de enseñanza implementadas por estos. Finalmente, las entrevistas con el personal docente de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador que permitirán la identificación de las áreas curriculares de la carrera que favorecen la enseñanza de las técnicas fabricación digital.

PLAN DE MUESTREO

Debido a la naturaleza del proyecto y a las características de los posibles usuarios del laboratorio de fabricación digital, no se desarrollará un plan de muestreo como tal, más bien se seleccionará de manera causal los individuos de cada segmento del mercado consumidor a consultar. Esta selección tomará en cuenta características representativas de los segmentos en estudio para asegurar que cada uno de los individuos abordados aporte información de valor tanto para la realización del presente análisis de mercado como para evaluaciones futuras; los criterios de selección de las unidades de población e estudiar se desarrollarán de forma oportuna en apartados siguientes.

2.4.2. SELECCIÓN PRELIMINAR DE LOS SERVICIOS A OFERTAR

Antes de proceder con el diseño del estudio de mercado consumidor y de realizar los instrumentos de recolección de información necesarios para su desarrollo, se lleva a cabo una escogitación preliminar de los servicios a ofrecer en el Laboratorio de Fabricación Digital de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador; esto con el objetivo de presentar a los segmentos en estudio una lista clara de servicios que facilite su selección y agilice el proceso de recolección de información. Serán los segmentos del mercado consumidor quienes discriminarán las diferentes opciones de servicios hasta obtener una lista final a ofertar, que no sólo satisfaga las necesidades que el sector productivo presenta, sino también que asegure la factibilidad de mercado del laboratorio y el establecimiento de estrategias de funcionamiento para su posicionamiento.

Este proceso inicia con la recopilación de información sobre los servicios prestados por Makerspaces y Hackerspaces en laboratorios ubicados en la región latinoamericana y los servicios ofrecidos por FabLabs en Iberoamérica, creando una lista de servicios que además de servir de referencia para identificar los servicios que son ofertados en un mayor número de laboratorios, permita conocer los servicios de centros de la región en condiciones similares a las del Laboratorio de Fabricación Digital de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador.

2.4.2.1. CARACTERIZACIÓN DE SERVICIOS

A pesar que existe una variedad de servicios que los laboratorios de fabricación digital ofrecen, de acuerdo a sus diferentes corrientes de trabajo, que puede llegar a ser tan amplia como la región geográfica abarcan; se debe realizar una discriminación precedente a la construcción de la lista de selección preliminar, asegurando que los servicios que se analizarán no sólo son factibles en el entorno técnico, social económico en el que se desarrollará en el centro sino también que sea compatible con el entorno en el que se desenvuelve el sector industrial.

Lo anterior se realiza a través de la consulta a las páginas de las organizaciones que rigen el funcionamiento de los centros de fabricación digital a nivel internacional y de las páginas de centros de servicio de fabricación digital a nivel nacional y regional; Seleccionando los servicios y procesos más representativos y agrupándolos en tres áreas: Fabricación y Producción, Consultoría y Educación.

1. **Fabricación y Producción:** Servicios de fabricación digital ofrecidos directamente por los diferentes laboratorios y centros al público en general, quienes realizan un desembolso para recibir cada servicio o pagan una cuota periódica para ser miembros del centro. Los servicios abarcan desde áreas básicas como la impresión 3D y electrónica hasta áreas especializadas que incluyen servicios de termo formado, maquinado CNC y carpintería, entre otros.
2. **Consultoría:** Servicios de capacitación y asesoría a estudiantes, emprendedores y empresas para el desarrollo de sus productos, incluye también el alquiler de espacios para la elaboración de sus proyectos, capacitaciones o presentaciones en general.
3. **Educación:** Cursos y talleres dirigidos a estudiantes e interesados en las diferentes técnicas de fabricación digital.

Una breve descripción de los servicios de fabricación digital incluidos en la preselección para la elaboración de los instrumentos de recolección de información del mercado consumidor se presenta a continuación:

SERVICIOS DE FABRICACIÓN Y PRODUCCIÓN

Como su nombre lo indica, los laboratorios de fabricación digital ofrecen servicios de fabricación y producción que agrupan procesos de fabricación digital que van desde el diseño asistido por computadora, la fabricación y evaluación de prototipos hasta el estudio, investigación y desarrollo de nuevos productos; los servicios se presentan a continuación:

1. **IMPRESIÓN 3D:** La impresión 3D se refiere a la creación de objetos y piezas en tres dimensiones a partir de un diseño que puede ser realizado por computadora a través de un software especializado, descargado desde internet o recogido a través de un scanner 3D; este proceso se realiza a través de la aplicación de capas sucesivas de material en la plataforma de la impresora hasta conseguir el objeto deseado (Área Tecnología.com, s.f.). Este es el servicio insignia de los laboratorios de fabricación digital, encontrándose en la mayoría de laboratorios, además de ser un requisito para ser acreditado como tal por medio de la organización FabLab.

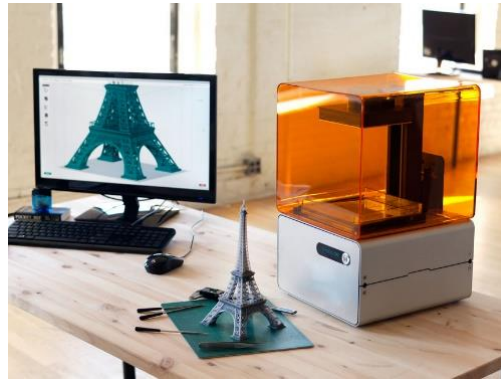


Ilustración 2 Impresora 3D junto a modelo digital e Impresión 3D de la Torre Eiffel

Fuente: NIKOPIK.com

2. **CORTE DE VINILO:** El vinilo de corte es una película autoadhesiva que se utiliza para la decoración y la rotulación de superficies planas y onduladas tanto en interiores como en exteriores (Productos de Impresión, 2014). Este tipo de vinilos son troquelados empleando un plotter de corte, herramienta que simula un plotter de impresión en la que se sustituye la plumilla por una cuchilla de corte que se mueve a lo largo de una guía mientras que rodillos permiten el movimiento del vinilo hacia adelante o hacia atrás hasta lograr el diseño deseado, el cual ha sido vectorizado previamente en un programa de diseño (Blog Brildor.com, 2009).

Este proceso ofrece diversas ventajas como regular la presión que la cuchilla ejerce sobre el vinilo de corte, medida en gramos, para controlar el nivel de profundidad de la perforación según sea el grosor del vinilo a perforar.



Ilustración 3 Plotter de corte de vinilo

Fuente: Avanceytec.com

3. **ROUTER CNC:** El servicio de corte por router CNC, como su nombre lo indica, es un proceso en el que se corta madera y una variedad de materiales blandos como acrílico, arcilla, latón, aluminio y láminas de acero, mediante una máquina controlada por control

numérico computarizado²⁸ (CNC). Se puede hacer una analogía entre un router y una impresora 3D, que trabaja en dimensiones de largo, ancho y profundidad en la que se coloca una placa base para realizar la deposición de material y formar un objeto (Juan Francisco, 2015).

Durante el proceso el usuario introduce las coordenadas de corte en el ordenador y este las procesa enviando las instrucciones a la máquina, generalmente estas señales se transmiten por medio puertos USB, puertos paralelos o periféricos, y realiza el corte según se ha diseñado (Cómo fabricar un router CNC, 2010).



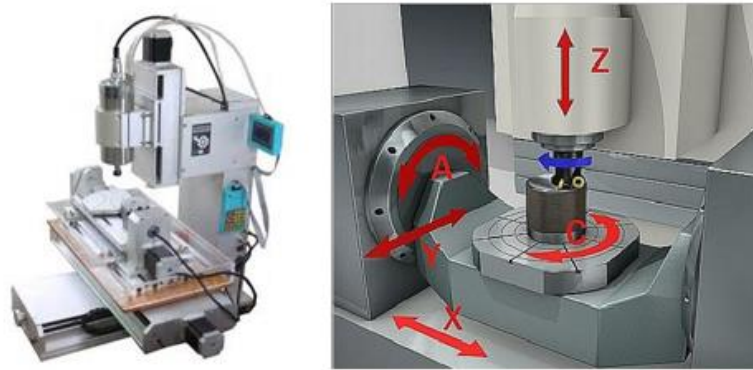
*Ilustración 4 Router CNC de dos cabezales
Fuente: Fabrica tu propio router.com*

4. FRESADO CNC: El fresado CNC es una operación de mecanizado por arranque de viruta en la que se emplea una herramienta rotativa de corte de varios filos, conocida como fresa, que funciona a través de Control Numérico Computarizado (Unión Carbono S.L., s.f.). Una fresadora CNC es una herramienta similar a las fresadoras convencionales y poseen las mismas partes móviles que estas: la mesa, el cabezal de corte, el husillo y los carros de desplazamiento lateral y transversal.

La diferencia de una fresadora CNC y sus homólogas de control manual es que presentan un sistema de control numérico en lugar de las tradicionales palancas y manivelas para accionar y dirigir las partes móviles. El sistema de Control Numérico Computarizado está constituido por panel de control que recibe la información sobre la pieza a maquinar, la información es introducida a en una interfaz de software por medio de un teclado para luego ser transmitida en forma de archivo de texto con las coordenadas, tipos de herramientas a emplear y demás información del tipo de mecanizado requerido; para realizar el mecanizado, la fresadora se apoya en un sistema de medición óptico de alta precisión para lograr las dimensiones y acabado deseado; el uso de Control Numérico Computarizado da origen a múltiples ejes de

²⁸ Control numérico computarizado, consultar glosario técnico.

desplazamiento complementarios, controlados de forma independiente, facilitando el mecanizado de piezas a través de diferentes planos y ángulos de aproximación. (Mecanizado Perú - Impresión 3D, s.f.).



*Ilustración 5 Fresadora CNC de 5 ejes
Fuente: Chinacnczone.com y Centro Avanzado de Fabricación, respectivamente*

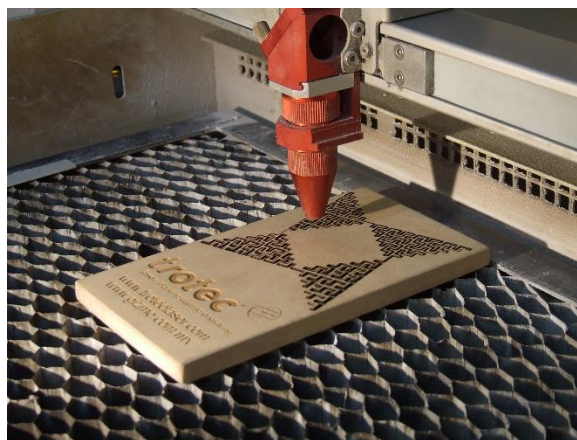
- 5. CORTE LASER:** Conocido también con el nombre de corte vector, el corte láser es un proceso de fabricación digital sustractiva y sin contacto que emplea una cortadora equipada con un láser de alta precisión que sale desde una boquilla hacia la pieza de trabajo, centrándose en una pequeña área de material y removiéndolo desde su capa más externa, según un diseño creado por computadora, y generando un borde de gran exactitud y calidad en sus acabados (Amada Miyachi America, Inc., s.f.). Debido a que la zona afectada por el calor tiene un tamaño mínimo, alrededor de 0.5 mm, el material sobre el que se trabaja presenta una deformación casi nula (Sculpteo, s.f.).



*Ilustración 6 Cortadora Láser
Fuente: Sculpteo.com y Lasermachineschina.com, respectivamente*

6. GRABADO LÁSER: Es una técnica de fabricación donde se emplea un rayo láser para efectuar el desgaste de la superficie de la pieza a grabar, según la profundidad indicada; este proceso se realiza mientras el rayo se desplaza hacia la izquierda y derecha, en sentido vertical, grabando líneas horizontales sobre la pieza (Guia Regalo Promocional, 2012). El nivel de desgaste que se genera en este proceso puede ir desde las micras hasta centímetros de profundidad, según su nivel de potencia (Trotec Laser, s.f.); en superficies como plásticos, madera o metales, el proceso de grabado láser produce una reacción química que genera un cambio de coloración de la misma, proceso conocido como grabado láser (Trotec Laser, s.f.).

La principal diferencia entre el corte y el grabado láser es la profundidad de alcance sobre la superficie de trabajo, mientras que en el corte atraviesa completamente la pieza según el diseño por computadora, el grabado láser deja marcas sobre la superficie pero sin atravesarla (Guia Regalo Promocional, 2012).



*Ilustración 7 Grabado Láser
Fuente: www.nellgroup.es*

7. SCANEO 3D: Es una técnica en la que se mide la geometría y volumen de un objeto físico empleando un scanner 3D, que proporciona una copia digital de gran exactitud que puede exportarse como un archivo de malla poligonal²⁹ que puede ser utilizada en procesos CAD, CAM o CAE (Go Scan 3D, s.f.).

El scanner 3D es un dispositivo que captura las características del objeto a través de un láser que lo recorre para capturar, a través de una nube de puntos, las

²⁹ Malla poligonal: Representación tridimensional de un cuerpo, formada por miles de puntos, llamados vértices, que se enlazan mediante líneas o aristas para formar una estructura similar a una malla extendida sobre toda la superficie de objeto.

características geométricas del mismo; esta nube es procesada posteriormente para determinar la forma en la que se unen y obtener el modelo tridimensional del objeto (Sistemas Adaptivos y Bioinspirados en Ingeniería Artificial, s.f.).



Ilustración 8 Scanner 3D

Fuente: www.3dmaker.systems.com

- 8. TERMO FORMADO:** El termo formado es un proceso que permite obtener una pieza aplicando presión, vacío y temperatura a una lámina o película de plástico (QuimiNet, 2008); para realizar este proceso de fabricación se emplea un molde o matriz de madera, resina o aluminio. Este proceso de fabricación consiste en el aumento de temperatura de una plancha o lámina de plástico de forma que “al reblandecerse pueda adaptarse a la forma de un molde por acción de presión o vacío mediante un contra molde” (Dominguez Aguilar , Garduño Villa , Quiroz Esquivel, Rodriguez Barbosa, & Sanchez Meza, 2012).

Una de las ventajas de su aplicación es el uso sencillo de la maquinaria necesaria para el desarrollo del proceso de fabricación, además de ser económico lo que lo convierte en una alternativa óptima en la fabricación de objetos de gran tamaño, configuración compleja y que en algunas ocasiones exigen una pared de espesor reducido (Tecnología de los Plásticos, 2011)



Ilustración 9 Termo formado industrial de plástico

Fuente: Así lo fabrican ASF

- 9. ELECTRÓNICA:** Los servicios de electrónica prestados en los laboratorios de fabricación digital consisten en el diseño y aplicación de dispositivos, por lo general de circuitos electrónicos, cuyo funcionamiento depende del flujo de energía para la generación, recepción, almacenamiento y transmisión de información (CODETEL, 2000); también incluye la prueba de elementos electrónicos, software y hardware como Arduinos, PLC, entre otros.

CONSULTORÍA

Los laboratorios de fabricación digital también ofrecen consultorías para emprendedores o empresas que desean aplicar tecnologías en sus procesos productivos que agreguen valor a los productos que se obtienen de estos, los servicios de consultoría se presentan a continuación:

- 1. ASESORÍA EN EL DESARROLLO DE PROYECTOS INTERACTIVOS:** Asesoría en el diseño y desarrollo de aplicaciones interactivas para dispositivos móviles, especialmente aquellos que funcionan a través de sistema operativo Android, integrando conceptos como Internet de las cosas (IoT)³⁰, open source e informática distribuida³¹; incluye el desarrollo de programas para las diversas etapas de los procesos productivos n empresas de manufactura. En los laboratorios de fabricación digital se realizan además pruebas de nuevo software y hardware además de desarrollo de software libre.

³⁰ Internet de las cosas, consultar glosario técnico

³¹ Informática distribuida, consultar glosario técnico

- 2. ASESORÍA EN EL DESARROLLO DE PRODUCTOS USANDO FABRICACIÓN DIGITAL:** Los servicios en el desarrollo de productos, prestados por los laboratorios de fabricación digital consultados incluyen: asesoría para emprendedores y empresas en el diseño y desarrollo de nuevos artículos, modelado digital, elaboración de planos de piezas y ensambles; prototipado, ensayo y evaluación de modelos 3D y finalmente la creación de modelos a partir de objetos existentes por medio de escaneo 3D, conocido como ingeniería inversa³².
- 3. REGISTRO DE MARCAS, DISEÑO Y PATENTES:** Este servicio comprende la asesoría y capacitación en el proceso de registro de patentes, productos y marcas; investigación y verificación de patentes ya inscritas para iniciar el proceso de registro, si este no se ha realizado previamente. Más que la realización del procedimiento per se, consiste en la capacitación del emprendedor o empresa para que realice por sí mismo.
- 4. DISEÑO DE PROCESOS:** El servicio tiene dos corrientes de trabajo: la primera que incluye el análisis, evaluación y mejora de procesos productivos de una empresa empleando soluciones de optimización que involucren tecnologías de fabricación digital; mientras que la segunda línea desarrolla el diseño de nuevos procesos productivos empleando estas tecnologías.
- 5. DISEÑO DE PRODUCTOS:** Diseño de productos para empresas, emprendedores o con fines de investigación que incluye la realización de un esquema tridimensional en programas de diseño asistido por computadora, planos de fabricación y prototipado, empleando tecnologías de impresión como la 3D o maquinado CNC.
- 6. ALQUILER DE ESPACIOS:** Alquiler de espacios por hora o a través de pago de membresía al laboratorio, el servicio permite el uso de maquinaria y equipo del laboratorio dentro de las instalaciones, se incluye además asesoría en el uso de maquinaria, procesos y equipo disponibles.

SERVICIOS EDUCATIVOS

Esta área se refiere a la formación de los usuarios del laboratorio en el uso correcto de las tecnologías de fabricación digital que lo conforman; además de permitir el uso del equipo y herramientas disponibles dentro de las instalaciones del centro:

³² Ingeniería inversa: Consultar glosario técnico.

1. CURSOS DE FORMACIÓN EN EL USO DE TÉCNICAS DE FABRICACIÓN DIGITAL:

Talleres de formación en áreas CAD, CAM y CAE, según las tecnologías disponibles en el centro, talleres y cursos de electrónica y programación, estos servicios son impartidos como un canon en los laboratorios, debido a que uno de sus objetivos principales es la democratización en el conocimiento, formación y uso de las tecnologías de fabricación digital.

2. ARTESANÍA DIGITAL: Taller que tiene como objetivo principal la formación de personas en el rubor de la fabricación de productos artesanales, empleando tecnologías de fabricación digital.

2.4.3. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LOS SERVICIOS

Los criterios para selección preliminar de los servicios de fabricación digital a ofrecer en el estudio de mercado consumidor son:

1. Servicios que son requeridos para la certificación de un laboratorio de fabricación digital en sus líneas de trabajo:

La selección preliminar de servicios a ofertar parte del hecho que para cada corriente de trabajo de los laboratorios de fabricación digital, existe un conjunto de requisitos de certificación que incluyen organización, procesos, servicios y mercado al que estos van dirigidos.

La discriminación de los servicios de fabricación digital tomará en cuenta aquellos procesos que son requeridos como criterios de certificación para el funcionamiento como un laboratorio de fabricación digital, dándole mayor importancia a aquellos establecidos por el Instituto Técnico de Massachusetts para recibir la certificación internacional de funcionamiento dentro de la red FabLab a nivel internacional; es importante mencionar que este criterio no contemplará los servicios relacionados con las techshops, debido a que su naturaleza es netamente comercial.

2. Servicios de fabricación digital ofrecidos por otros centros de fabricación digital a nivel iberoamericano:

La elección de servicios para la elaboración de instrumentos de recolección de información del estudio de mercado consumidor, priorizará aquellos que son ofertados actualmente por los centros de fabricación digital en el mercado nacional.

Lo anterior se realizará con base a datos recolectados acerca de los servicios de fabricación digital ofrecidos en el país, a través de una consulta exploratoria a las

páginas y visitas a empresas del rubro; identificando no sólo las tecnologías de fabricación digital que se ofertan con mayor frecuencia a nivel nacional, sino también las necesidades que el sector productivo nacional exige de los servicios que ofrecen los centros consultados.

- 3. Servicios de fabricación digital ofrecidos por otros centros de educación superior a nivel nacional:** Debido a que el laboratorio a implementar en la Escuela de Ingeniería Industrial tiene como objetivo principal la formación de futuros profesionales en el área de la fabricación digital, es imperativo tomar como referente los centros de educación superior y de educación especializada para preseleccionar aquellas tecnologías que sean enseñadas con mayor frecuencia en dichos centros.

2.4.4. SELECCIÓN DE LOS SERVICIOS

El siguiente cuadro resumen presenta los servicios de fabricación digital ofrecidos actualmente en el mercado según las líneas de trabajo que existen y el lugar en que estos centros se ubican:

No	CENTRO	ÁREA	FABRICACIÓN Y PRODUCCIÓN										CONSULTORÍA					EDUCACIÓN				
		SERVICIO	IMPRESIÓN 3D	CORTE DE VINILO	ROUTER CNC	FRESADO CNC	GRABADO LASER	ESCANEAO 3D	CORTE LASER	ELECTRÓNICA	ANIMACIÓN 3D	CARPINTERÍA	PROGRAMACIÓN	ASESORÍA EN EL DESARROLLO DE PROYECTOS	ASESORÍA EN EL DESARROLLO DE PRODUCTOS USANDO FD	REGISTRO DE MARCAS, DISEÑOS Y PATENTES	DISEÑO DE PROCESOS	DISEÑO DE PRODUCTOS	ALQUILER DE ESPACIOS	FORMACIÓN EN TFD ³³	TALLER DE	ARTESANÍA DIGITAL
1	FabLab MIT	EUA	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0
2	Crea FabLab	Argentina	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0
3	FabLab Móvil	Costa Rica	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0
4	FabLab UNED	Costa Rica	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1
5	FabLab Veritas	Costa Rica	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1
6	FabLab El Salvador	El Salvador	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	LabCT	El Salvador	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0
8	LFD- Universidad de La Laguna	España	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0
9	Laboratorio de Fabricación Valencia	España	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
10	Instituto de Arquitectura Avanzada de Cataluña	España	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0
11	FabLab IED Madrid	España	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
12	FabLab Barcelona	España	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0
13	Tacoma FabLab	EUA	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0
14	La granja FabLab (USAC)	Guatemala	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1
15	FabLab UNI	Perú	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0
SUBTOTAL SERVICIOS OFRECIDOS EN FAB LAB			15	5	2	5	9	4	12	8	5	2	9	9	11	2	4	15	7	14	7	2

Tabla 7 Servicios ofrecidos por Fablabs en laboratorios de Iberoamérica
Fuente: Elaboración propia

³³ TDF: Técnicas de Fabricación Digital

NO.	CENTRO	ÁREA	FABRICACIÓN Y PRODUCCIÓN										CONSULTORÍA						EDUCACIÓN			
		SERVICIO	IMPRESIÓN 3D	CORTE DE VINOLO	ROUTER CNC	FRESADO CNC	GRABADO LASER	ESCANEO 3D	CORTE LASER	ELECTRÓNICA	ANIMACIÓN 3D	CARPINTERÍA	PROGRAMACIÓN	ASESORÍA EN EL DESARROLLO DE PROYECTOS INTERACTIVOS	ASESORÍA EN EL DESARROLLO DE PRODUCTOS USANDO FD	REGISTRO DE MARCAS, DISEÑOS Y PATENTES	DISEÑO DE PROCESOS	DISEÑO DE PRODUCTOS	ALQUILER DE ESPACIOS	FORMACIÓN EN TFD	TALLER DE PROGRAMACIÓN	ARTESANÍA DIGITAL
Makerspaces																						
1	NETI Makerspace	Argentina	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1
2	Makerspace STGO	Chile	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1
3	Makerspace	EUA	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1
4	Hacedores Makerspace	México	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1
5	Makerspace México	México	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1
SUBTOTAL SERVICIOS OFRECIDOS EN MAKERSPACES			5	0	1	1	5	1	0	5	4	5	1	4	5	3	5	0	1	0	5	5
Hackerspaces																						
1	RootDevel Hackerspace	Colombia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0
2	HackBo	Colombia	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0
3	Hackerspace San Salvador	El Salvador	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0
4	Colima HackLab	México	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0
5	Hackerspace Perú	Perú	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0
SUBTOTAL SERVICIOS OFRECIDOS EN HACKERSPACES			1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	5	2	1	0	5	5	5	1	1	0

Tabla 8 Servicios ofrecidos por Makerspaces y Hackerspaces en Latinoamérica

Fuente: Elaboración propia

NO.	ÁREA	FABRICACIÓN Y PRODUCCIÓN											CONSULTORÍA					EDUCACIÓN			
	SERVICIO	IMPRESIÓN 3D	CORTE DE VINILO	ROUTER CNC	FRESADO CNC	GRABADO LASER	ESCANEADO 3D	CORTE LASER	ELECTRÓNICA	ANIMACIÓN 3D	CARPINTERÍA	PROGRAMACIÓN	ASESORÍA EN EL DESARROLLO DE PROYECTOS INTERACTIVOS	ASESORÍA EN EL DESARROLLO DE PRODUCTOS USANDO FD	REGISTRO DE MARCAS, DISEÑOS Y PATENTES	DISEÑO DE PROCESOS	DISEÑO DE PRODUCTOS	ALQUILER DE ESPACIOS	FORMACIÓN EN TFD	TALLER DE PROGRAMACIÓN	ARTESANÍA DIGITAL
1	Fablabs	15	5	2	5	9	4	12	8	5	2	9	9	11	2	4	15	7	14	7	2
2	Makerspaces	5	0	1	1	5	1	0	5	4	5	1	4	5	3	5	0	1	0	5	5
3	Hackerspaces	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	5	2	1	0	5	5	5	1	1	0
TOTAL SERVICIOS OFRECIDOS EN LFD⁷		21	5	4	6	14	6	12	13	9	7	15	15	17	5	14	20	13	15	13	7

Tabla 9 Consolidado de servicios ofrecidos por Makerspaces y Hackerspaces en la región Iberoamericana
Fuente: Elaboración propia

NO.	ÁREA	FABRICACIÓN Y PRODUCCIÓN											CONSULTORÍA					EDUCACIÓN			
	SERVICIO	IMPRESIÓN 3D	CORTE DE VINILO	ROUTER CNC	FRESADO CNC	GRABADO LASER	ESCANEADO 3D	CORTE LASER	ELECTRÓNICA	ANIMACIÓN 3D	CARPINTERÍA	PROGRAMACIÓN	ASESORÍA EN EL DESARROLLO DE PROYECTOS INTERACTIVOS	ASESORÍA EN EL DESARROLLO DE PRODUCTOS USANDO FD	REGISTRO DE MARCAS, DISEÑOS Y PATENTES	DISEÑO DE PROCESOS	DISEÑO DE PRODUCTOS	ALQUILER DE ESPACIOS	FORMACIÓN EN TFD	TALLER DE PROGRAMACIÓN	ARTESANÍA DIGITAL
1	Universidad Don Bosco	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0
2	Universidad José Simeón Cañas	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0
3	Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación (ICTI-UFG)	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0
SUBTOTAL SERVICIOS OFRECIDOS EN CENTROS DE EDUCACIÓN SUPERIOR A NIVEL NACIONAL		3	0	0	2	2	2	2	3	1	0	2	3	1	1	1	2	1	2	2	0

Tabla 10 Servicios de fabricación digital ofrecidos por centros de educación superior y especializada
Fuente: Elaboración propia

El siguiente cuadro presenta un consolidado de los servicios de fabricación digital que son ofertados con mayor frecuencia en centros a nivel nacional e internacional:

NO.	ÁREA SERVICIO	FABRICACIÓN Y PRODUCCIÓN										CONSULTORÍA						EDUCACIÓN			
		CORTE DE VINOLO	ROUTER CNC	FRESADO CNC	GRABADO LASER	ESCANEADO 3D	CORTE LASER	ELECTRÓNICA	ANIMACIÓN 3D	CARPINTERÍA	PROGRAMACIÓN	ASESORÍA EN EL DESARROLLO DE PROYECTOS INTERACTIVOS	ASESORÍA EN EL DESARROLLO DE PRODUCTOS USANDO FD	REGISTRO DE MARCAS, DISEÑOS Y PATENTES	DISEÑO DE PROCESOS	DISEÑO DE PRODUCTOS	ALQUILER DE ESPACIOS	FORMACIÓN EN TFD	TALLER DE PROGRAMACIÓN	ARTESANÍA DIGITAL	
1	Fablabs en la región Iberoamericana	15	5	2	5	9	4	12	8	5	2	9	9	11	2	4	15	7	14	7	2
2	Makerspaces en Latinoamérica	5	0	1	1	5	1	0	5	4	5	1	4	5	3	5	0	1	0	5	5
3	Hackerspaces en Latinoamérica	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	5	2	1	0	5	5	5	1	1	0
4	Servicios ofrecidos en centros de educación superior a nivel nacional	3	0	0	2	2	2	2	3	1	0	2	3	1	1	1	2	1	2	2	0
TOTAL SERVICIOS DE FABRICACIÓN OFERTADOS		24	5	4	8	16	8	14	16	10	7	17	18	18	6	15	22	14	17	15	7

Tabla 11 Tabla de frecuencias totales de servicios ofrecidos de fabricación digital ofrecidos en el mercado
Fuente: Elaboración propia

Tal y como se mencionó previamente, uno de los criterios para la preselección de servicios será la frecuencia con que estos son ofertados en el mercado, para lo cual se asignará puntos en una escala de 10 a 0.5 para los servicios de fabricación y producción, de 5 a 0.5 para los servicios de consultoría y de 4 a 1 para los servicios de educación, según el nivel de frecuencia registrado, siendo 10, 5 y 3 los puntajes máximos a asignar y 1 el porcentaje mínimo; las calificaciones registrarán variaciones de 1 punto, exceptuando el servicio con menor frecuencia registrada, cuya variación es de 0,5 puntos. Además se otorgará un punto extra en la calificación a cada servicio si este cumple el criterio de ser requerido para la certificación internacional FabLab, determinando a los servicios requeridos como todos aquellos existentes en el FabLab del MIT. Los puntajes para la selección preliminar de los servicios a analizar se presentan a continuación:

NO.	ÁREA	SERVICIO	FRECUENCIA DE OFERTA EN EL MERCADO	PONDERACIÓN SEGÚN OFERTA EN EL MERCADO	REQUISITO PARA CERTIFICACIÓN INTERNACIONAL FABLAB	PUNTAJÍA TOTAL
1	FABRICACIÓN Y PRODUCCIÓN	Impresión 3D	24	10	1	11
2		Corte de Vinilo	5	3	1	4
3		Router CNC	4	2	0	2
4		Fresado CNC	8	5	1	6
5		Grabado Laser	16	8	1	9
6		Escaneo 3D	8	5	0	5
7		Corte Laser	14	7	1	8
8		Electrónica	16	8	1	9
9		Animación 3D	10	6	0	6
10		Carpintería	7	4	0	4
11		Programación	17	9	1	9
1	CONSULTORÍA	Asesoría en el Desarrollo De Proyectos Interactivos	18	4	1	5
2		Asesoría en el desarrollo de productos usando FD	18	4	1	5
3		Registro de Marcas, Diseños y Patentes	6	1	0	1
4		Diseño de Procesos	15	3	0	3
5		Diseño de Productos	22	5	1	6
6		Alquiler de Espacios	14	2	1	3
1	EDUCACIÓN	Formación En TFD	17	4	1	5
2		Taller de Programación	15	2	1	3
3		Artesanía Digital	7	1	0	1

Tabla 12 Ponderación de criterios de preselección de servicios
Fuente: Elaboración propia

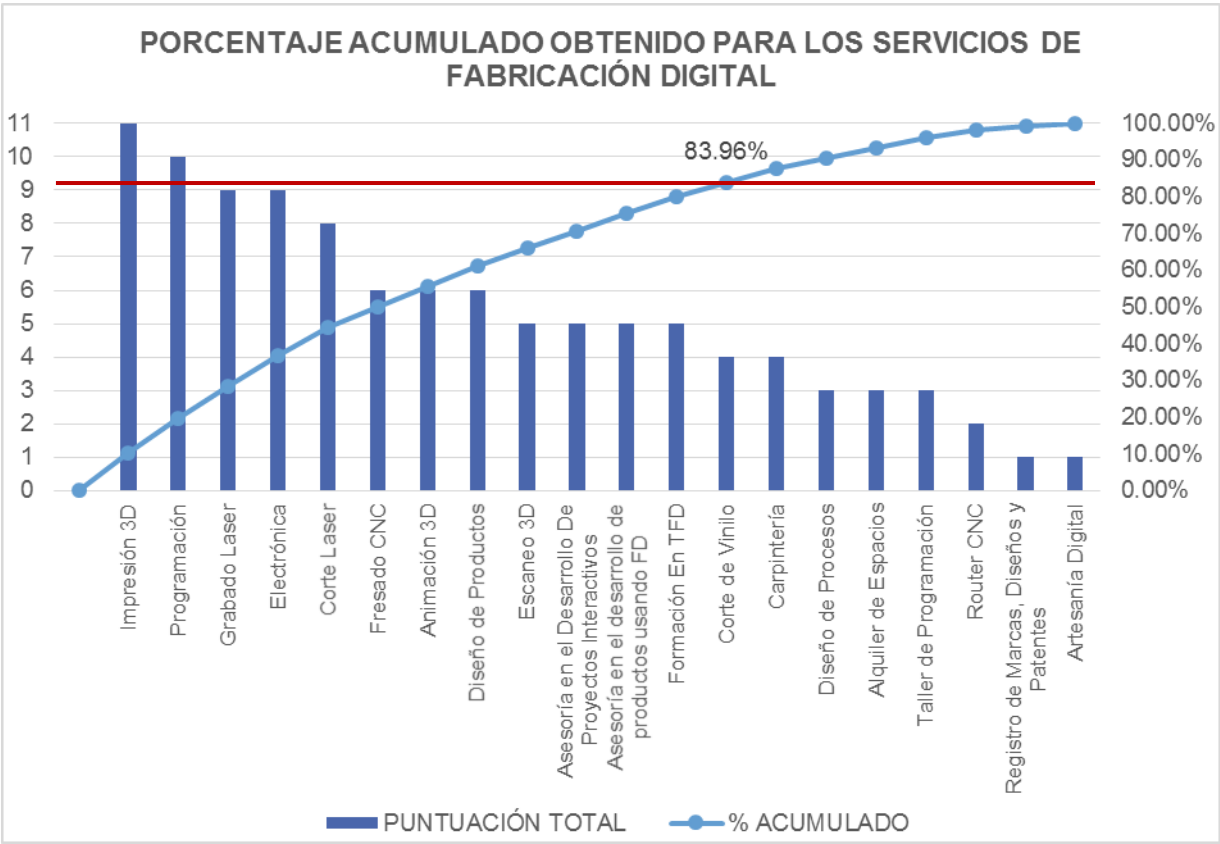
En la tabla siguiente se presentan la puntuación obtenida por cada servicio según la frecuencia con que es ofertada en el mercado y la puntuación asignada a aquellos servicios que son requisitos para obtener la certificación como laboratorio de fabricación digital:

NO.	ÁREAS			SERVICIO	PUNTUACIÓN TOTAL	%	% ACUMULADO
	FABRICACIÓN Y PRODUCCIÓN	CONSULTORÍA	EDUCACIÓN				
1	✓			Impresión 3D	11	10.38%	10.38%
2	✓			Programación	10	9.43%	19.81%
3	✓			Grabado Laser	9	8.49%	28.30%
4	✓			Electrónica	9	8.49%	36.79%
5	✓			Corte Laser	8	7.55%	44.34%
6	✓			Fresado CNC	6	5.66%	50.00%
7	✓			Animación 3D	6	5.66%	55.66%
8		✓		Diseño de Productos	6	5.66%	61.32%
9	✓			Escaneo 3D	5	4.72%	66.04%
10		✓		Asesoría en el Desarrollo De Proyectos Interactivos	5	4.72%	70.75%
11		✓		Asesoría en el desarrollo de productos usando FD	5	4.72%	75.47%
12			✓	Formación En TFD	5	4.72%	80.19%
13	✓			Corte de Vinilo	4	3.77%	83.96%
14	✓			Carpintería	4	3.77%	87.74%
15			✓	Diseño de Procesos	3	2.83%	90.57%
16		✓		Alquiler de Espacios	3	2.83%	93.40%
17			✓	Taller de Programación	3	2.83%	96.23%
18	✓			Router CNC	2	1.89%	98.11%
19		✓		Registro de Marcas, Diseños y Patentes	1	0.94%	99.06%
20			✓	Artesanía Digital	1	0.94%	100.00%
TOTAL					106	100%	

Tabla 13 Puntuación total y porcentajes de frecuencia para servicios de fabricación digital ofertados en el mercado

Fuente: Elaboración propia

Para realizar la selección de servicios se aplicará la técnica de Pareto, que busca establecer el orden de prioridades para la toma de decisiones. Tomando en cuenta la relación 80-20 dada por la técnica, se preseleccionarán aquellos servicios que se encuentran entre el 83.96% del total de puntajes asignados; esto se debe a que el servicio de corte de vinilo pesar de estar fuera del 80% de frecuencia en cuanto a oferta del mercado, es considerado un requisito para obtener la certificación internacional de funcionamiento para los laboratorios de fabricación digital.



Esquema 10 Porcentaje acumulado para los servicios de fabricación digital

Fuente: Elaboración propia

Al observar la gráfica de porcentajes de frecuencia acumulada, observamos que un total de **13 servicios serán preseleccionados para ser incluidos análisis del mercado consumidor del Laboratorio de Fabricación Digital**, de estos servicios 9 pertenecen al área de Fabricación y Producción: **Impresión 3D, Programación, Grabado Laser, Electrónica, Corte Laser, Fresado CNC, Animación 3D y Corte de Vinilo**; 3 servicios pertenecen al área de Consultoría: **Diseño de productos, Aseoría en el Desarrollo de Proyectos Interactivos, Aseoría en el desarrollo de productos usando Fabricación Digital**.

2.4.5. CARACTERIZACIÓN DEL MERCADO CONSUMIDOR

Partiendo de la premisa que el mercado no se comporta de manera uniforme y que existen individuos con necesidades, comportamientos y características similares, es que se realizará una segmentación del mercado consumidor que concentre los grupos de mercado según características y necesidades comunes; posterior a esta segmentación se caracterizará cada uno de estos grupos, la caracterización de mercado consumidor es una descripción de los perfiles que identifican cada uno de los segmentos del mercado que adquirirá los servicios del Laboratorio de Fabricación Digital de la Universidad de El Salvador.

2.4.5.1. SEGMENTACIÓN DEL MERCADO CONSUMIDOR

Como se detalló en el apartado de metodología de estudio del mercado consumidor, se realizará una segmentación de este mercado en dos grandes grupos: Personal académico relacionado al ambiente de operación de los laboratorios de fabricación digital y Empresas manufactureras del área metropolitana de San Salvador, abordando cada uno de estos segmentos con técnicas y herramientas de investigación de mercado diferentes. El objetivo de la segmentación de mercado es lograr penetrar un segmento por medio de la implementación de estrategias de marketing que otorguen una ventaja competitiva al Laboratorio de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador.

Las segmentaciones de los clientes del Laboratorio de Fabricación Digital deben de responder ciertas condiciones técnicas (Prieto Aguilar, 2005):

1. **Mensurabilidad:** Se refiere a que los segmentos en cuestión puedan ser medible o cuantificable, que el equipo analista cuente con la información precisa del número de empresas manufactureras en el país según los rubros a estudiar.
2. **Accesibilidad:** Implica que los segmentos de mercados seleccionados se pueden atender y alcanzar en forma eficaz, que las empresas permitan al equipo analista obtener información sobre los procesos productivos y de innovación de productos que realizan, así como necesidades y apreciaciones de los servicios ofrecidos por el laboratorio de fabricación digital a través de un instrumento de recolección de información.
3. **Sustancialidad:** Esta condición se relaciona al concepto de materialidad, es decir, que los segmentos en análisis, con base a la población recolectada en el Directorio de

Unidades Económicas de DIGESTYC sean lo suficientemente grandes y representativos para utilizarlos.

4. Diferencialidad: Se refiere a que los segmentos permitan identificar preliminarmente las características referentes a su interés, rubros y actividad económica.

La segmentación del mercado consumidor del Laboratorio de Fabricación Digital, se realizará con base en su localización geográfica, tamaño y actividad económica para las empresas y para el personal académico relacionado al ambiente de operación de los laboratorios de fabricación digital, la segmentación se realizará de acuerdo al cargo que desempeñen en el proceso educativo, como se muestra a continuación:

SEGMENTO MERCADO CONSUMIDOR	EMPRESA MANUFACTURERA
Rubros	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fabricación de productos de plástico: Envases plásticos, Productos plásticos para uso personal o doméstico, maquila de plásticos, Tuberías de plástico PVC y otros artículos para construcción, Fabricación de preformas plásticas. 2. Fabricación de tanques, depósitos y recipientes de metal. 3. Forjado, prensado, estampado y laminado de metales. 4. Fabricación de elementos elaborados de metal: Fabricación de tornillos, pernos, tuercas y otros remaches o sujetadores de metal y sus accesorios; Sujetadores de metal sin rosca (grapas, clips, etc.), Fabricación de trofeos y placas y reconocimientos 5. Fabricación de maquinaria de uso general: Motores y turbinas; Equipo hidráulico; Bombas, compresores, grifos y válvulas; Maquinaria para envasado 6. Fabricación de muebles: Muebles de oficina, restaurantes y espacios públicos, estantes armables y sillas especialmente metálicos 7. Fabricación de aparatos e instrumentos y materiales médicos y odontológicos: Fabricación de artículos y materiales para uso médico, quirúrgico, odontológico y otros suministros; Fabricación de aparatos y piezas protésicas y ortopédicas; Fabricación de calzado ortopédico. 8. Fabricación de otros tipos de maquinaria de uso general: Aparatos y equipo de aire acondicionado, ventilación, refrigeración para uso no doméstico. 9. Fabricación de calzado de cuero, lona sintético y otros
Tamaño ⁷	<ol style="list-style-type: none"> 1. Micro empresa, Hasta 10 personas 2. Pequeña empresa, De 11 a 50 personas 3. Mediana empresa, De 51 a 100 personas
Locación Geográfica	Área Metropolitana de San Salvador

Tabla 14 Segmentación de Mercado Consumidor: Empresas Manufactureras

Fuente: Elaboración propia

SEGMENTO MERCADO CONSUMIDOR	PERSONAL ACADÉMICO RELACIONADO AL AMBIENTE DE OPERACIÓN DE LOS LABORATORIOS DE FABRICACIÓN DIGITAL
Rubros	<ol style="list-style-type: none"> 1. Jefes de Departamento de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador. 2. Docencia en Centros de Educación Superior: Institutos Técnicos de Educación Superior y Universidades. 3. Docencia en centros que ofrecen servicios de Fabricación Digital.
Locación Geográfica	Área Metropolitana de San Salvador

Tabla 15 Segmentación de Mercado Consumidor: Personal Académico Relacionado al ambiente de operación de los Laboratorios de Fabricación digital

Fuente: Elaboración propia

2.4.6. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS DEL MERCADO CONSUMIDOR

Como se mencionó en el apartado “Metodología del Estudio del Mercado Consumidor” presentado previamente, los instrumentos a emplear durante el desarrollo del proceso de recolección de información son:

1. Cuestionario estructurado para empresas manufactureras.
2. Cuestionario estructurado para expertos en la enseñanza de técnicas de fabricación digital.
3. Cuestionario estructurado para planta docente de la Escuela de Ingeniería Industrial de la FIA – UES.

Es importante destacar el uso de una breve presentación sobre las tecnologías de fabricación digital, como herramientas de apoyo para la recolección de la información del mercado consumidor, especialmente para las empresas de manufactura y el personal docente de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador consultados. La presentación tiene como objetivo ilustrar conceptos básicos sobre los laboratorios de fabricación digital, el proceso de preselección de servicios para el laboratorio y la preselección per se de los servicios, como una ilustración a groso modo del contexto del desarrollo de la investigación; los detalles de la presentación se amplían en apartados posteriores.

2.4.6.1. DISEÑO DE HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

Los instrumentos listados anteriormente requieren de lineamientos para su diseño, uso y finalmente, el tratamiento de la información que estos recolectan; es imprescindible que se establezcan hipótesis acerca del comportamiento del mercado consumidor y los respectivos objetivos que especifiquen la finalidad de las preguntas o aspectos de investigación que componen los instrumentos de recolección de información e emplear en la presente investigación.

Debido a que el estudio de mercado consumidor de los servicios a ofrecer en el Laboratorio de Fabricación Digital de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador, requiere el uso de 3 instrumentos de recolección de información, es necesario que cada uno de estos tenga un objetivo que especifique la finalidad de su aplicación; es a partir de estos objetivos que se creará una matriz, para cada uno de ellos, que contenga las hipótesis del comportamiento de mercado, el objetivo que persigue cada pregunta y la información que esta pretende recolectar, como se muestra a continuación:

CUESTIONARIO PARA EMPRESAS MANUFACTURERAS

OBJETIVO

Establecer la conceptualización de los procesos a ofertar en el Laboratorio de Fabricación Digital de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador; con base en los requerimientos y necesidades expresadas por industrias manufactureras del área metropolitana de San Salvador que se verían beneficiadas por la cartera de servicios del centro.

MATRIZ DE CONGRUENCIA PARA ENTREVISTA A EMPRESAS MANUFACTURERAS	
OBJETIVO	PREGUNTA
Determinar el perfil de usuario del laboratorio de fabricación digital pertenecientes al segmento de empresas de manufactura	<ol style="list-style-type: none">1. Nombre de la empresa2. ¿Cuáles son los principales procesos (productos) que se realizan en la empresa?

<p>Establecer el nivel de adelanto del área de investigación, innovación y desarrollo de nuevos productos en las empresas manufactureras del área metropolitana de San Salvador.</p> <p>Determinar el nivel de uso de tecnologías de fabricación digital en los procesos de innovación y desarrollo de nuevos productos empleados en los rubros de manufactura consultados.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 3. ¿Existe un área o departamento dedicado a la innovación y desarrollo? 4. ¿Cuál es el proceso que se sigue para la fabricación de nuevos productos? 5. ¿El proceso de desarrollo de nuevos productos incluye servicios de prototipado? 6. ¿Está interesado en desarrollar nuevos productos o mejorar los productos que actualmente se realizan en la empresa?
<p>Establecer el grado de conocimiento de las tecnologías de fabricación digital por parte de las empresas de manufactura consultadas.</p> <p>Determinar el nivel de conocimiento de las tecnologías de fabricación digital en las empresas manufactureras consultadas.</p> <p>Determinar el nivel de conocimiento de las tecnologías de fabricación digital expresado por los encargados de las empresas manufactureras consultadas.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 7. ¿Conoce las tecnologías de fabricación digital? 8. Si conoce las TFD ¿Podría mencionar algunas? 9. ¿Conoce los beneficios que ofrece la aplicación de tecnologías de fabricación digital en una empresa? 10. Si conoce los beneficios de la implementación de TFD ¿Podría mencionarlos?
<p>Diagnosticar el nivel de uso de las tecnologías de fabricación digital en los procesos productivos.</p> <p>Identificar los procesos productivos que permiten el uso de las tecnologías de fabricación digital a través de la información expresada</p>	<ol style="list-style-type: none"> 11. ¿La empresa hace uso de algún servicio de fabricación digital de forma interna o por medio de outsourcing? 12. Si emplean tecnologías o servicios de fabricación digital dentro de la empresa, menciónelos:

<p>por las empresas de manufactura consultadas.</p>	<p>13. Si hacen uso de tecnologías o servicios de fabricación digital por medio de outsourcing, menciónelos:</p> <p>14. ¿Considera que dentro de la empresa existen procesos productivos que permitan la incorporación de técnicas de fabricación digital?</p> <p>15. ¿Podría mencionar los procesos que considera pueden ser utilizados la empresa?</p>
<p>Identificar los servicios de fabricación digital con mayor demanda por parte del sector manufactura.</p> <p>Estimar el grado de disponibilidad de las empresas manufactureras para la incorporación de tecnologías de fabricación digital a sus procesos productivos.</p> <p>Determinar el grado de disponibilidad de las empresas manufactureras para incorporar tecnologías de fabricación digital en sus procesos mediante el laboratorio de la Escuela de Ingeniería Industrial.</p>	<p>16. Con base a la situación actual de la empresa y de sus proyecciones de crecimiento ¿Estima que está en capacidad de introducir tecnologías de fabricación digital en sus procesos productivos y/o adquirir los servicios de fabricación digital por medio de outsourcing?</p> <p>17. De adquirir los servicios de fabricación digital a través de outsourcing ¿Lo realizaría en el laboratorio de fabricación digital de la Universidad de El Salvador?</p> <p>18. ¿En qué periodo estima que la empresa estaría en capacidad de introducir / adquirir tecnologías de fabricación digital en sus procesos productivos?</p> <p>28. ¿La empresa está en disposición de trabajar de forma conjunta con el laboratorio de fabricación digital a través del programa de Servicio Social Estudiantil de la escuela de Ingeniería Industrial?</p>
<p>Definir el posicionamiento de las empresas que ofrecen tecnologías de fabricación digital en el país, en el sector manufactura.</p> <p>Establecer el nivel de conocimiento de los servicios y formas de</p>	<p>19. ¿Conoce empresas que presten servicios de fabricación digital?</p> <p>20. Si conoce empresas que presten servicios de fabricación digital, menciónelas:</p> <p>21. ¿Conoce los precios por los servicios que ofrecen estas empresas?</p>

<p>prestación ofrecidos por las empresas que ofertan servicios de fabricación digital en el mercado.</p>	<p>22. Si los conoce, méncionelos:</p> <p>23. ¿Conoce las formas de pago a estas empresas por los servicios de fabricación digital que ofrecen?</p> <p>24. Si las conoce, mencione las formas de pago a las empresas por los servicios de fabricación digital que ofrecen</p>
<p>Identificar los métodos de prestación de servicios que se acomoden a las necesidades de las empresas manufactureras del área metropolitana de San Salvador.</p>	<p>25. Actualmente, ¿Cuál es el proceso que sigue la empresa para realizar el pago por servicios contratados?</p> <p>26. De adquirir los servicios que ofrece el laboratorio de fabricación digital ¿Cuál es la forma de pago que más se adecua a las operaciones realizadas en la empresa?</p> <p>27. De adquirir los servicios del laboratorio de fabricación digital ¿De qué forma prefiere realizar el contacto con el laboratorio?</p>

*Tabla 16 Matriz de congruencia para el cuestionario para empresas manufactureras
Fuente: Elaboración propia*

El diseño de instrumento de estudio de mercado consumidor se presenta a continuación:

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



ENTREVISTA EMPRESAS MANUFACTURERAS

SALUDO INICIAL: Mi nombre es (Nombre de la entrevistadora) y soy egresada de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador. Actualmente realizo trabajo de grado relacionado al tema de fabricación digital para la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador, agradezco su apertura para poder participar de esta entrevista, sin antes agregar que la información expuesta será únicamente con fines académicos, manteniendo la confidencialidad de la empresa.

OBJETIVO: Establecer la conceptualización de los procesos a ofertar en el Laboratorio de Fabricación Digital de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador; con base en los requerimientos y necesidades expresadas por industrias manufactureras del área metropolitana de San Salvador que se verían beneficiadas por la cartera de servicios del centro.

GENERALIDADES DE LA EMPRESA

1. Nombre de la empresa: _____
2. ¿Cuáles son los principales procesos (productos) que se realizan (fabrican) en la empresa?: _____

INNOVACIÓN Y DESARROLLO DE PRODUCTOS/PROCESOS

3. ¿Existe un área o departamento dedicado a la innovación y desarrollo? (Si la respuesta es sí continúe en la siguiente pregunta, caso contrario responda la pregunta 6).
 - Sí
 - No
4. ¿Cuál es el proceso que se sigue para la fabricación de nuevos productos?

5. ¿Incluye servicios de prototipado?
 - Sí
 - No
6. ¿Está interesado en desarrollar nuevos productos o mejorar los productos o procesos que actualmente se realizan en la empresa?
 - Sí
 - No

CONOCIMIENTO DE LAS TECNOLOGÍAS DE FABRICACIÓN DIGITAL

7. ¿Conoce las tecnologías de fabricación digital? (Sí su respuesta es sí continúe en la siguiente pregunta, en caso contrario se realiza una breve presentación de los servicios de fabricación digital preseleccionados y continúe en la pregunta 11).
 - Sí
 - No
8. Si las conoce, ¿Podría mencionar algunas?
 - Impresión 3D
 - Grabado Laser
 - Programación
 - Electrónica

- Corte Laser
- Fresado CNC
- Animación 3D y Corte de Vinilo
- Diseño de productos
- Asesoría en el Desarrollo de Proyectos Interactivos
- Asesoría en el Desarrollo de productos usando Fabricación Digital
- Otro (Especifique): _____

9. ¿Conoce los beneficios que ofrece la aplicación de las tecnologías de fabricación digital en una empresa?

- Sí
- No

10. Si los conoce, ¿Podría mencionarlos? _____

DISPONIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE TFD

11. ¿La empresa hace uso de algún servicio de fabricación digital de forma interna o por medio de outsourcing? (Si la respuesta es ninguna continúe en la pregunta 14).

- La empresa posee tecnologías de fabricación digital
- La empresa hace uso por medio de outsourcing
- Ninguna
- Ambas
- N.R.

12. Si emplean tecnologías o servicios de fabricación digital dentro de la empresa, menciónelos

- Impresión 3D
- Programación
- Grabado Laser
- Electrónica
- Corte Laser
- Fresado CNC
- Animación 3D y Corte de Vinilo
- Diseño de productos
- Asesoría en el Desarrollo de Proyectos Interactivos
- Asesoría en el Desarrollo de productos usando Fabricación Digital
- Otro (Mencione): _____

13. Si hacen uso de tecnologías o servicios de fabricación digital por medio de outsourcing, menciónelos:

- Impresión 3D
- Programación
- Grabado Laser
- Electrónica
- Corte Laser
- Fresado CNC
- Animación 3D y Corte de Vinilo
- Diseño de productos
- Asesoría en el Desarrollo de Proyectos Interactivos
- Asesoría en el Desarrollo de productos usando Fabricación Digital
- Otro (Mencione): _____

14. ¿Considera que dentro de la empresa existen procesos productivos que permitan la incorporación de técnicas de fabricación digital? (Si la respuesta es no continúe en la pregunta 19).

- Sí
- No

15. ¿Podría mencionar los procesos que considera pueden ser utilizados la empresa?

- Impresión 3D
- Programación
- Grabado Laser
- Electrónica
- Corte Laser
- Fresado CNC
- Animación 3D y Corte de Vinilo
- Diseño de productos
- Asesoría en el Desarrollo de Proyectos Interactivos
- Asesoría en el Desarrollo de productos usando Fabricación Digital
- Otro (Mencione): _____

16. Con base a la situación actual de la empresa y de sus proyecciones de crecimiento ¿Estima que está en capacidad de introducir tecnologías de fabricación digital en sus procesos productivos y/o adquirir los servicios de fabricación digital por medio de outsourcing?

- La empresa está en condiciones de introducir las TFD en sus procesos productivos
- La empresa no está en condiciones de introducir las TFD en sus procesos productivos
- La empresa está en condiciones de adquirir servicios de FD por medio de outsourcing
- La empresa no está en condiciones de adquirir servicios de FD por medio de outsourcing

17. De adquirir los servicios de fabricación digital a través de outsourcing ¿Lo realizaría en el laboratorio de fabricación digital de la Universidad de El Salvador?

- Sí
- No

18. ¿En qué periodo estima que la empresa estaría en capacidad de introducir/adquirir tecnologías de fabricación digital en sus procesos productivos?

- La empresa está en capacidad de introducir estas tecnologías a corto plazo
- La empresa está en capacidad de introducir estas tecnologías a mediano plazo
- La empresa está en capacidad de introducir estas tecnologías a largo plazo
- La empresa no está en capacidad de introducir TFD en sus procesos productivo

POSICIONAMIENTO DE LA COMPETENCIA

19. ¿Conoce empresas que presten servicios de fabricación digital? (Si la respuesta es sí continúe en la pregunta siguiente, caso contrario diríjase a la pregunta 25).

- Sí
- No

20. Si conoce empresas que presten servicios de fabricación digital, menciónelas:

21. ¿Conoce los precios por los servicios que ofrecen estas empresas?

- Sí
- No

22. Si los conoce, menciónelos:

23. ¿Conoce las formas de pago a estas empresas por los servicios de fabricación digital que ofrecen?

- Sí
- No

24. Si las conoce, mencione las formas de pago a las empresas por los servicios de fabricación digital que ofrecen:

- Anticipo del 50% y pago del 50% contra entrega
- Préstamo a 30, 60 y 90 días
- Contra entrega
- Desembolso del 100% al iniciar el pedido
- Pago en cuotas

25. Actualmente ¿Cuál es el proceso que sigue la empresa para realizar el pago por servicios/ productos adquiridos?

- Anticipo del 50% y pago del 50% contra entrega
- Préstamo a 30, 60 y 90 días
- Contra entrega
- Desembolso del 100% al iniciar el pedido
- Pago en cuotas

26. De adquirir los servicios que ofrece el laboratorio de fabricación digital ¿Cuál es la forma de pago que más se adecua a las operaciones realizadas en la empresa?

- Anticipo del 50% y pago del 50% contra entrega
- Préstamo a 30, 60 y 90 días
- Contra entrega
- Desembolso del 100% al iniciar el pedido
- Pago en cuotas

27. De adquirir los servicios del laboratorio de fabricación digital ¿De qué forma prefiere realizar el contacto con el laboratorio?

- En línea (Correo electrónico)
- De forma personal
- Teléfono
- Otro (Mencione): _____

28. ¿La empresa está en disposición de trabajar de forma conjunta con el laboratorio de fabricación digital a través del programa de Servicio Social Estudiantil de la escuela de Ingeniería Industrial?

- Si
- No

Muchas gracias por su participación, que tenga un feliz día

CUESTIONARIO ESTRUCTURADO PARA PLANTA DOCENTE DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA FIA – UES

OBJETIVO

Definir lineamientos para seleccionar áreas del pensum de la carrera de Ingeniería Industrial, metodologías y contenidos para la enseñanza de técnicas de fabricación digital a ofertar en el Laboratorio de Fabricación Digital de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador; a partir de la información proporcionada por docentes jefes de área de la carrera de ingeniería industrial de la FIA – UES.

MATRIZ DE CONGRUENCIA PARA ENTREVISTA A PLANTA DOCENTE DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA FIA – UES	
OBJETIVO	PREGUNTA
Identificar áreas de la currícula de ingeniería industrial, que según el criterio de la planta docente de la Escuela de Ingeniería Industrial, permitan la incorporación de la enseñanza de las tecnologías de fabricación digital.	1. ¿Qué áreas de la currícula de ingeniería industrial considera que permiten la enseñanza de tecnologías de fabricación digital? Señale la unidad, materia o tema en las que considera pueda aplicarse.
Identificar temáticas, proyectos y metodologías para la enseñanza de las tecnologías de fabricación digital a partir de la información proporcionada por el personal docente de la Escuela de ingeniería industrial de la Universidad de El Salvador.	2. Señale algún laboratorio, guía de trabajo, o alguna otra metodología de enseñanza, en la que considere pueda incorporarse las tecnologías de fabricación digital a la formación de ingenieros industriales de la Escuela de Ingeniería Industrial:
Identificar las tecnologías de fabricación digital, según la información proporcionada por la planta docente de la EII, que permiten su incorporación en la formación de profesionales en el área de ingeniería industrial.	3. De las tecnologías antes presentadas, ¿Cuáles considera que pueden implementarse en la formación de ingenieros industriales dentro de la EII?

*Tabla 17 Matriz de congruencia para el cuestionario para planta docente de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador
Fuente: Elaboración Propia*

El diseño del instrumento de recolección de información se presente a continuación:

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



ENTREVISTA A PLANTA DOCENTE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA FIA - UES

OBJETIVO: Definir lineamientos para seleccionar áreas del pensum de la carrera de Ingeniería Industrial, metodologías y contenidos para la enseñanza de técnicas de fabricación digital a ofertar en el Laboratorio de Fabricación Digital de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador; a partir de la información proporcionada por docentes jefes de área de la carrera de ingeniería industrial de la FIA – UES.

PREGUNTAS

4. ¿Qué áreas de la currícula de ingeniería industrial considera que permiten la enseñanza de tecnologías de fabricación digital? Señale la unidad, materia o tema en las que considera pueda aplicarse.
5. Señale algún laboratorio o guía de trabajo, o alguna otra metodología de enseñanza, en la que considere pueda incorporarse las tecnologías de fabricación digital a la formación de ingenieros industriales de la Escuela de Ingeniería Industrial:
6. De las tecnologías antes presentadas, ¿Cuáles considera que pueden implementarse en la formación de ingenieros industriales dentro de la EII?
 - Impresión 3D
 - Programación
 - Grabado Laser
 - Electrónica
 - Corte Laser
 - Fresado CNC
 - Animación 3D y Corte de Vinilo
 - Diseño de productos (3D Y 2D)
 - Asesoría en el Desarrollo de Proyectos Interactivos
 - Asesoría en el Desarrollo de productos usando Fabricación Digital
 - Otro (Especifique): _____

CUESTIONARIO ESTRUCTURADO PARA EXPERTOS EN LA ENSEÑANZA DE TÉCNICAS DE FABRICACIÓN DIGITAL

OBJETIVO

Definir estrategias para la enseñanza de las técnicas de fabricación digital a ofertar en el Laboratorio de Fabricación Digital de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador; a partir de experiencias e información compartida por expertos en la enseñanza de estas tecnologías en centros de educación superior.

MATRIZ DE CONGRUENCIA PARA ENTREVISTA A EXPERTOS EN LA ENSEÑANZA DE TECNOLOGÍAS DE FABRICACIÓN DIGITAL	
OBJETIVO	PREGUNTA
Verificar que el entrevistado cumpla con el perfil diseñado para la consulta a expertos en la enseñanza de las tecnologías de fabricación digital.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Profesión/ Título Académico 2. ¿Qué experiencia laboral relacionada con el uso y enseñanza de fabricación digital posee? 3. ¿Qué tecnologías de fabricación digital conoce? 4. ¿Qué tecnologías de fabricación digital maneja? 5. ¿Qué cargo desempeña actualmente?
Determinar las directrices metodológicas en la enseñanza de las tecnologías de fabricación digital, utilizadas por los expertos consultados que sirvan de guía en el establecimiento de los procesos de enseñanza desarrollados en del laboratorio de fabricación digital de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador.	<ol style="list-style-type: none"> 6. ¿Cuál es la metodología que sigue para la enseñanza de las tecnologías de fabricación digital? 7. ¿Qué temáticas imparte a sus estudiantes según las tecnologías de fabricación digital impartidas? 8. Con base en su experiencia en la enseñanza de técnicas de fabricación digital ¿Cuántas horas semanales considera que son necesarias para garantizar el aprendizaje de estas tecnologías?

	<p>9. Del dato anteriormente mencionado, ¿Cuántas horas semanales son teóricas y cuántas son prácticas?</p> <p>10. Según su experiencia, ¿Cuál es el número de personas que deben conformar los grupos de enseñanza para garantizar el aprendizaje del manejo de las técnicas de fabricación digital?</p>
<p>Interpretar fallos, limitantes y oportunidades en el proceso de enseñanza del uso de tecnologías de fabricación digital, con base a la información expresada por los expertos consultados.</p> <p>Incorporar en el diseño de los procesos del laboratorio de fabricación digital de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador estrategias correctivas y preventivas a las oportunidades y limitantes expresadas por los expertos en la enseñanza de TFD.</p>	<p>11. En su experiencia, ¿Cuáles han sido los principales inconvenientes en el proceso de enseñanza de las tecnologías de fabricación digital?</p> <p>15. Con base en su experiencia, ¿Podría brindar alguna recomendación sobre enseñanza y contenido a tratar en la enseñanza de tecnologías de fabricación digital, especialmente para la enseñanza en la carrera de ingeniería industrial?</p>
<p>Identificar de forma preliminar el equipo y programas que facilitan la enseñanza de los procesos de fabricación digital</p> <p>Identificar los procesos de fabricación digital que son enseñados con mayor frecuencia en los centros de educación superior, a partir de la información proporcionada por los expertos consultados.</p>	<p>12. ¿Cuáles considera que son los servicios de fabricación digital con mayor demanda en el mercado laboral?</p> <p>13. ¿Considera que existen equipos o softwares que faciliten la enseñanza de las tecnologías de fabricación digital?</p> <p>14. Si según su criterio existen equipos o software que facilita la enseñanza de TFD ¿Podría mencionarlos?</p>

Tabla 18 Matriz de congruencia para el cuestionario para expertos en la enseñanza de técnicas de fabricación digital

Fuente: Elaboración propia

ENTREVISTA A EXPERTOS EN LA ENSEÑANZA DE TÉCNICAS DE FABRICACIÓN DIGITAL

SALUDO INICIAL: Mi nombre es (Nombre de la entrevistadora) y soy egresada de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador. Actualmente realizo trabajo de grado relacionado al tema de fabricación digital para la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador, agradezco su apertura para poder participar de esta entrevista, antes de iniciar agrego que las ideas expresadas serán únicamente con fines académicos, manteniendo la confidencialidad de la información proporcionada por su persona.

OBJETIVO: Definir estrategias para la enseñanza de las técnicas de fabricación digital a ofertar en el Laboratorio de Fabricación Digital de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador; a partir de experiencias e información compartida por expertos en la enseñanza de estas tecnologías en centros de educación superior.

PERFIL DEL ENTREVISTADO

1. Profesión/ Título Académico: _____
2. ¿Qué experiencia laboral relacionada con el uso y enseñanza de fabricación digital posee?

3. ¿Qué tecnologías de fabricación digital conoce?
 - Impresión 3D
 - Programación
 - Grabado Laser
 - Electrónica
 - Corte Laser
 - Fresado CNC
 - Animación 3D y Corte de Vinilo
 - Diseño de productos
 - Asesoría en el Desarrollo de Proyectos Interactivos
 - Asesoría en el Desarrollo de productos usando Fabricación Digital
 - Otro (Especifique): _____

4. ¿Qué tecnologías de fabricación digital maneja?

- Impresión 3D
- Programación
- Grabado Laser
- Electrónica
- Corte Laser
- Fresado CNC
- Animación 3D y Corte de Vinilo
- Diseño de productos
- Asesoría en el Desarrollo de Proyectos Interactivos
- Asesoría en el Desarrollo de productos usando Fabricación Digital
- Otro (Especifique): _____
- _____
- _____

5. ¿Qué cargo desempeña actualmente? _____

EXPERIENCIA EN LA ENSEÑANZA EN LA TFD

6. ¿Cuál es la metodología que sigue para la enseñanza de las tecnologías de fabricación digital? _____

7. ¿Qué temáticas imparte a sus estudiantes según las tecnologías de fabricación digital impartidas? _____

8. Con base en su experiencia en la enseñanza de técnicas de fabricación digital ¿Cuántas horas semanales considera que son necesarias para garantizar el aprendizaje de estas tecnologías? _____

9. Del dato anteriormente mencionado, ¿Cuántas horas semanales son teóricas y cuántas son prácticas? _____

10. Según su experiencia, ¿Cuál es el número de personas que deben conformar los grupos de enseñanza para garantizar el aprendizaje del manejo de las técnicas de fabricación digital? _____

11. En su experiencia, ¿Cuáles han sido los principales inconvenientes en el proceso de enseñanza de las tecnologías de fabricación digital? _____

12. ¿Cuáles considera que son los servicios de fabricación digital con mayor demanda en el mercado laboral?

- Impresión 3D
- Programación
- Grabado Laser
- Electrónica
- Corte Laser
- Fresado CNC
- Animación 3D y Corte de Vinilo
- Diseño de productos
- Asesoría en el Desarrollo de Proyectos Interactivos
- Asesoría en el Desarrollo de productos usando Fabricación Digital
- Otro (Especifique): _____

13. ¿Considera que existen equipos o softwares que faciliten la enseñanza de las tecnologías de fabricación digital?

- Si
- No

¿Podría mencionarlos? _____

14. Algunas recomendaciones sobre enseñanza y contenido a tratar, especialmente para la enseñanza en la carrera de ingeniería industrial: _____

ELEMENTOS AUXILIARES EN LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Como se mencionó al inicio de este apartado, se empleará una breve presentación como un elemento auxiliar en el proceso de recolección de información para dos de los segmentos que forman parte del mercado consumidor de los servicios a ser ofertados por el laboratorio de fabricación digital de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador: empresas manufactureras en el Área Metropolitana de San Salvador y planta docente de la EII. Esta presentación tiene la finalidad de ilustrar a los segmentos consultados el contexto del desarrollo del estudio, los conceptos básicos sobre los laboratorios de fabricación digital, sus antecedentes, corrientes de trabajo y servicios que se realizan dentro de ellos; además de presentar de forma general el proceso de preselección de servicios realizado por el grupo analista y una conceptualización de cada uno de los servicios que forman parte de dicha preselección.

EMPLEO DEL ELEMENTO AUXILIAR EN LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

La presentación se realiza al inicio del proceso de recolección de información, luego que los miembros del equipo analista se identifican, presentan la solicitud de entrevista emitida, firmada y sellada por la Escuela de Ingeniería Industrial; explican que de existir algún dato o información que se considere secreta, puede omitirse sin ningún problema y finalmente agradecen la apertura por parte de las personas consultadas. La exposición debe realizarse en lenguaje sencillo para asegurar el entendimiento de su contenido y dar a conocer, o recordar, los servicios de fabricación digital existentes, facilitando el desarrollo de la entrevista posterior. Si el entrevistado tuviese alguna duda referente al tema, esta se despeja sin importar el momento en el que se presente.

Lo anterior, para que una vez iniciada la consulta con el instrumento de recolección de información, se desarrolle de forma fluida y entrevistado tenga una noción de la temática a tratar para poder identificar las necesidades de su entorno de trabajo que puedan ser satisfechas a través de la implementación de tecnologías de fabricación digital. En el apartado de anexos se detalla en el apartado de anexos: Presentación auxiliar para la recolección de información de mercado consumidor, al final del presente documento.

2.4.6.2. DISEÑO DEL PLAN DE MUESTREO

PLAN DE MUESTREO PARA SEGMENTO DE INDUSTRIAS DE MANUFACTURA EN EL ÁREA METROPOLITANA DE SAN SALVADOR

A partir de la información proporcionada por el Cubo OLAP³⁴ del DIGESTYC, que contiene una base de datos de las unidades económicas registradas a nivel nacional según la clasificación CIIU³⁵ revisión 4.0, se identifica que existen 161,934 unidades económicas a nivel nacional dentro del rubro de manufactura; de las cuales aproximadamente 2,685 se dedican a actividades productivas que pueden permitir la incorporación de tecnologías de fabricación digital como por ejemplo fabricación de productos plásticos, fabricación de productos metálicos, tanques y tuberías, fabricación de aparatos e instrumentos médicos y ortopédicos, entre otros³⁶.

Debido a la gran cantidad de empresas y rubros que se cubren en el análisis, como se indicó en el apartado caracterización del mercado consumidor, realizar un plan de muestreo para una población tan numerosa no sólo arrojaría una cantidad muestral que se aleja de la capacidad del grupo analista en cuanto a cobertura y alcance geográfico, sino que también exigiría el desarrollo del estudio por un espacio mayor de tiempo, debido al periodo que toma el contacto inicial con la empresa, la solicitud y envío de cartas de petición de entrevista a estas, el espacio de espera de respuesta y finalmente el desarrollo de las entrevistas. Además, el desarrollo de un muestreo aleatorio para la recolección de información podría generar una situación de discriminación de empresas que estuvieran abiertas a la realización del estudio e incluir aquellas que por políticas, por situaciones previas de espionaje corporativo o simplemente por convenios de trabajo con otros centros de educación superior negaran la realización de las entrevistas.

Es por los motivos expresados anteriormente que no se realiza un plan de muestreo para el desarrollo del estudio del mercado consumidor, sino que se identifican empresas que cumplan con requisitos como localización y pertenencia a un rubro que permita la incorporación de

³⁴ Cubo OLAP: Consultar glosario técnico.

³⁵ CIIU: Clasificación Industrial Internacional Uniforme; esta clasificación es un instrumento creado por la Oficina de Estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) que se utiliza para estandarizar las diferentes actividades económicas y productivas del país, ofreciendo un conjunto de categorías que sirven para la agrupación y presentación de fenómenos económicos.

³⁶ Consultar anexo: Unidades económicas registradas pertenecientes al sector manufactura a nivel nacional que pueden incorporar tecnologías de fabricación digital

tecnologías de fabricación digital, para posteriormente ser contactadas. La lista completa de requisitos se desarrolla en el apartado identificación del consumidor.

PLAN DE MUESTREO PARA SEGMENTO DE EXPERTOS EN LA ENSEÑANZA DE TECNOLOGÍAS DE FABRICACIÓN DIGITAL

Debido a que el número de centros de educación superior que imparten técnicas de fabricación digital en el país es reducido y que la mayoría guarda políticas de confidencialidad de las tecnologías, metodologías y procesos de enseñanza empleados; no se realizará muestreo del segmento formado por expertos en la enseñanza de TFD en centros de educación superior, sino que se tomarán en cuenta personal que labore en centros de educación ubicados en el Área Metropolitana de San Salvador y se muestren accesibles al consultársele sobre su disponibilidad para formar parte del estudio de este segmento de mercado.

PLAN DE MUESTREO PARA SEGMENTO PERSONAL DOCENTE DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

A causa del reducido grupo de catedráticos que conforma la plantilla docente de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador, realizar un muestreo de su población se vuelve contraproducente; debido a que se corre el riesgo de excluir personal clave en la selección y definición de tecnologías de fabricación digital a incluir en el proceso de formación de profesionales en la rama de la ingeniería industrial, así como de temáticas y metodologías de enseñanza, en aras de asegurar la aleatoriedad de la muestra. Es por estos motivos que se realizará la escogitación del personal según criterios de selección como pertenecer a una jefatura de la escuela de ingeniería industrial o formar impartir una cátedra del área de producción, entre otros; estos criterios se detallarán en el apartado de identificación del consumidor.

2.4.6.3. IDENTIFICACIÓN DEL CONSUMIDOR

PERFIL DEL ENTREVISTADO – CRITERIOS DE SELECCIÓN PARA ENTREVISTA

Como se menciona en el apartado anterior, sobre el plan de muestreo para los diferentes segmentos de mercado consumidor en estudio, la selección de cada individuo que forma parte de los segmentos empresas de manufactura, expertos en la enseñanza de TFD o personal académico de la Escuela de Ingeniería Industrial, responderá a una serie de características

que se convierten en criterios de selección, que forman el perfil del entrevistado, como se detalla a continuación:

PERFIL DE EMPRESAS DE MANUFACTURA	PERFIL DE EXPERTOS EN LA ENSEÑANZA DE TFD	PERFIL DE PERSONAL DOCENTE DE LA EII
<ol style="list-style-type: none"> 1. Empresa manufacturera perteneciente a uno de los rubros especificados en el apartado caracterización del mercado consumidor. 2. Empresa ubicada en los municipios del Área Metropolitana de San Salvador. 3. Empresa puede estar clasificada como pequeña, mediana o gran empresa según el número de empleados que laboran en ella como se indica en el apartado caracterización del mercado consumidor. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Nivel de educación superior como mínimo, de preferencia una carrera del área de ingeniería. 2. Laborar actualmente y haber laborado en un área relacionada a la enseñanza de fabricación digital 6 meses anteriores a la realización de la entrevista como mínimo 3. Laborar en centros de educación superior localizados en el Área Metropolitana de San Salvador 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Jefe de departamento de la Escuela de Ingeniería Industrial o encargado de cátedra del área de producción. 2. Haber laborado durante los 3 años anteriores a la realización de la entrevista en la Escuela de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador.

Tabla 19 Criterios de selección para individuos a entrevistar en el mercado consumidor

Fuente: Elaboración propia

2.4.7.RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

La investigación de tipo cualitativa busca recolectar información sobre las necesidades, conducta, opiniones y conocimiento de los individuos entrevistados referente al uso de tecnologías de fabricación digital. A pesar que el número de individuos pertenecientes a algunos grupos del mercado consumidor de los servicios ofertados por la laboratorio de fabricación de digital de la EII, como el sector manufactura o los expertos en la enseñanza del uso de tecnologías de fabricación digital, no es representativo del total de población; el objetivo de esta investigación es comprender el comportamiento del mercado en análisis, identificando sus necesidades para desarrollar líneas estratégicas para el diseño del laboratorio de fabricación digital.

Más que conocer el número de individuos que estarían dispuestos a hacer uso de los servicios del laboratorio de fabricación digital, la recolección y posterior análisis de información busca determinar qué servicios responden las necesidades planteadas por el sector manufactura, los rubros productivos que demostraron estar interesados en adquirir los servicios dentro del laboratorio de fabricación digital e la EII, las formas de prestación de estos que se adapten a sus procesos productivos, las metodologías y tecnologías implementadas por centros de educación superior y las áreas curriculares de la carrera de Ingeniería Industrial que permite el uso de tecnologías de fabricación digital.

ENTREVISTA A EMPRESAS MANUFACTURERAS DEL ÁREA METROPOLITANA DE SAN SALVADOR

Como se menciona en el apartado de diseño del plan de muestreo, se realiza la selección de empresas manufactureras tomando en cuenta el rubro al que pertenecen, la zona geográfica en la que están ubicados y su tamaño; posterior a la selección se envía una carta por correo electrónico o se entrega personalmente en la empresa solicitando la entrevista, de ser aceptada por la empresa y acordada una fecha, se realiza una visita y se entrevista a un representante o encargado del área de producción, innovación y desarrollo de nuevos productos o encargado de la misma; si la empresa niega la entrevista o no responde la solicitud se maneja como una no respuesta.

Previo a la realización de la entrevista se desarrolla la presentación auxiliar para la recolección de información, presentada en anexos, con el objetivo de dar conocer el contexto del desarrollo del estudio y crear, o afirmar, una noción sobre el concepto de fabricación digital y las

tecnologías que lo componen, facilitando así al entrevistado la respuesta de las preguntas planteadas por el grupo analista.

EMPRESAS ENTREVISTADAS

Se solicitó entrevista a un total de 17 empresas, en su mayoría de rubros diferentes, que pertenecen a la lista presentada en la caracterización del mercado consumidor; el listado de empresas consultadas y su actividad económica según el listado presentado en el apartado de caracterización del mercado consumidor de se detalla a continuación:

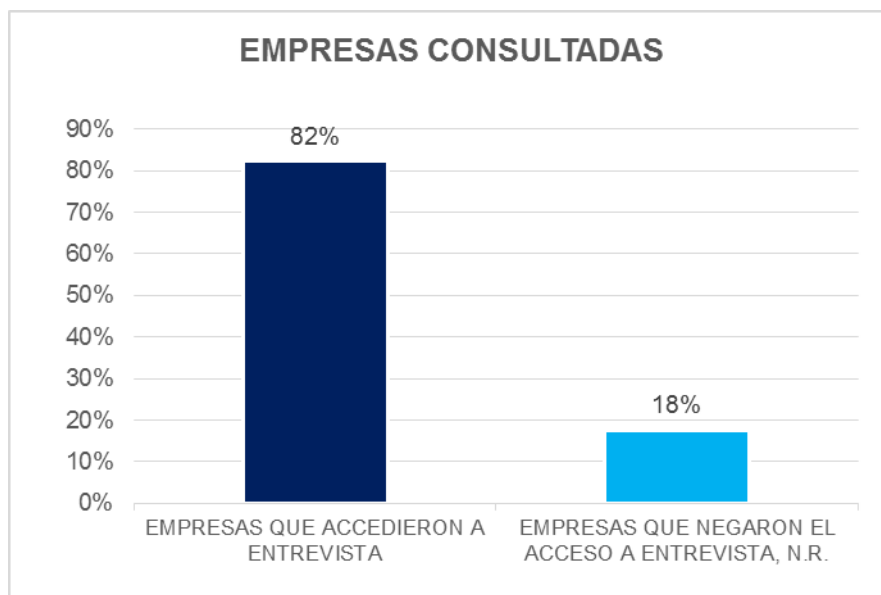
NO.	NOMBRE DE LA EMPRESA	ACTIVIDAD ECONÓMICA
1	Aqua Limpia El Salvador S.A. de C.V.	Fabricación de maquinaria de uso general: Motores y turbinas; Equipo hidráulico; Bombas, compresores, grifos y válvulas; Maquinaria para envasado
2	Laboratorio de Morfología Dental	Fabricación de aparatos e instrumentos y materiales médicos y odontológicos: Fabricación de artículos y materiales para uso médico, quirúrgico, odontológico y otros suministros; Fabricación de aparatos y piezas protésicas y ortopédicas; Fabricación de calzado ortopédico.
3	Termoprocesos Industriales Technologies S.A. de C.V.	Fabricación de productos de plástico: Envases plásticos, Productos plásticos para uso personal o doméstico, maquila de plásticos, Tuberías de plástico PVC y otros artículos para construcción, Fabricación de preformas plásticas.
4	CONVERPLAST S.A. DE C.V.	Fabricación de productos de plástico: Envases plásticos, Productos plásticos para uso personal o doméstico, maquila de plásticos, Tuberías de plástico PVC y otros artículos para construcción, Fabricación de preformas plásticas.
5	ACCOOPIMOLD de R.L.	Forjado, prensado, estampado y laminado de metales.
6	Vector S.A. de C.V.	Fabricación de otros tipos de maquinaria de uso general: Aparatos y equipo de aire acondicionado, ventilación, refrigeración para uso no doméstico
7	Miguel Ángel Automotriz	Fabricación de maquinaria de uso general: Motores y turbinas; Equipo hidráulico; Bombas, compresores, grifos y válvulas; Maquinaria para envasado

8	Industrias Posada S.A. de C.V.	Fabricación de muebles: Muebles de oficina, restaurantes y espacios públicos, estantes armables y sillas especialmente metálicos
9	Frio Aire S.A. de C.V.	Fabricación de otros tipos de maquinaria de uso general: Aparatos y equipo de aire acondicionado, ventilación, refrigeración para uso no doméstico
10	Alpina S.A. de C.V.	Elaboración de bebidas no alcohólicas; producción de agua mineral y otras aguas embotelladas
11	Compañía de Servicios y Equipo	Fabricación de maquinaria de uso general: Motores y turbinas; Equipo hidráulico; Bombas, compresores, grifos y válvulas; Maquinaria para envasado
12	Procesos Metálicos S.A. de C.V.	Fabricación de muebles: Muebles de oficina, restaurantes y espacios públicos, estantes armables y sillas especialmente metálicos
13	Maderas y Metales S.A. de C.V.	Fabricación de elementos elaborados de metal: Fabricación de tornillos, pernos, tuercas y otros remaches o sujetadores de metal y sus accesorios; Sujetadores de metal sin rosca (grapas, clips, etc.), Fabricación de trofeos y placas y reconocimientos
14	Servicios Ortopédicos	Fabricación de aparatos e instrumentos y materiales médicos y odontológicos: Fabricación de artículos y materiales para uso médico, quirúrgico, odontológico y otros suministros; Fabricación de aparatos y piezas protésicas y ortopédicas; Fabricación de calzado ortopédico.
15	Lemon - Grupo MRS S.A. de C.V.	Fabricación de calzado de cuero, lona sintético y otros
16	Termoencogibles S.A. de C.V.	Fabricación de productos de plástico: Envases plásticos, Productos plásticos para uso personal o doméstico, maquila de plásticos, Tuberías de plástico PVC y otros artículos para construcción, Fabricación de preformas plásticas.
17	ADOC S.A. de C.V.	Fabricación de calzado de cuero, lona sintético y otros

*Tabla 20 Empresas entrevistadas en el desarrollo de estudio de mercado consumidor
Fuente: Elaboración propia*

Para el desarrollo del tratamiento y análisis de la información proporcionada por las empresas consultadas, se realizó una modificación en el orden, presentación y análisis de respuestas respecto del listado de empresas presentado anteriormente, con el objetivo de mantener la confidencialidad de la información recolectada, las tablas de análisis de resultados se presentan en el anexo: Tabulación de información de mercado consumidor.

NUMERO DE EMPRESAS QUE BRINDARON INFORMACIÓN



*Esquema 11 Empresas consultadas y nivel de respuesta
Fuente: Elaboración propia*

Del total de 17 empresas consultadas 14 accedieron a realizar la entrevista para el desarrollo del estudio de mercado consumidor, que representa el 82% de la población total; mientras que el 18%, que equivale a 3 empresas consultadas, no respondieron la solicitud de entrevista o negaron el acceso a la misma debido a políticas internas. Los casos de no respuesta o negativa a la realización de entrevistas se maneja como no respuesta a partir de este momento para el desarrollo del análisis de datos.

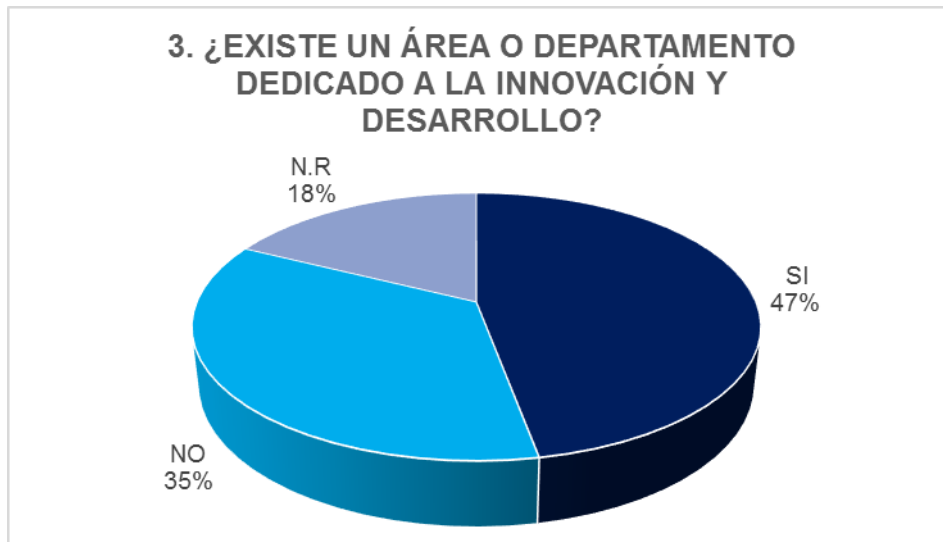
PRINCIPALES PROCESOS/ PRODUCTOS REALIZADOS EN LAS EMPRESAS CONSULTADAS

Como se observa en el instrumento de recolección de información para el segmento empresas del mercado consumidor, la pregunta 2 busca determinar los principales procesos o productos que se realizan cada empresa consultada; para ir más allá de la clasificación de unidades económicas y poder determinar de forma específica la principal productiva de cada organización consultada, a continuación se muestra una tabla resumen de la información recolectada:

NO.	NOMBRE DE LA EMPRESA	ACTIVIDAD ECONÓMICA
1	Aqua Limpia El Salvador S.A. de C.V.	Diseño y construcción de plantas para el tratamiento de aguas residuales, tratamiento de residuos orgánicos renovables
2	Laboratorio de Morfología Dental	Fabricación de piezas y prótesis dentales
3	Termoprocesos Industriales Technologies S.A. de C.V.	Fabricación de maquinaria por pedido, fabricación y comercialización de repuestos y accesorios e instrumentación
4	CONVERPLAST S.A. DE C.V.	Fabricación de bolsas y rollos plásticos
5	ACCOOPIMOLD de R.L.	Fabricación de troqueles para forjado de metales y matrices para la industria del plástico
6	Vector S.A. de C.V.	Instalación y asesoría sobre control de plagas
7	Miguel Ángel Automotriz	Fabricación y modificación de furgones y camiones secos o refrigerados, fabricación y montaje de carrocerías
8	Industrias Posada S.A. de C.V.	Fabricación de muebles metálicos
9	Frio Aire S.A. de C.V.	Importador, distribuidor, ensamblador e instalador de equipo de enfriamiento; asesoría en proyectos de diseño de sistema de enfriamiento
10	Compañía de Servicios y Equipo S.A. de C.V.	Instalación, desarrollo y mantenimiento de equipos electrónicos de control de calidad en el área farmacéutica
11	Alpina S.A. de C.V.	N.R.
12	Procesos Metálicos S.A. de C.V.	Fabricación de muebles metálicos
13	Maderas y Metales S.A. de C.V.	Fabricación de trofeos, reconocimientos, estatuillas, piezas decorativas, letreros y placas.
14	Servicios Ortopédicos	N.R.
15	Lemon - Grupo MRS S.A. de C.V.	Fabricación de productos derivados del cuero, principalmente calzado
16	Termoencogibles S.A. de C.V.	Fabricación de bolsas de consumo masivo y empaques flexibles
17	ADOC S.A. de C.V.	N.R.

*Tabla 21 Principales productos o servicios expresados por las empresas consultadas
Fuente: Elaboración propia*

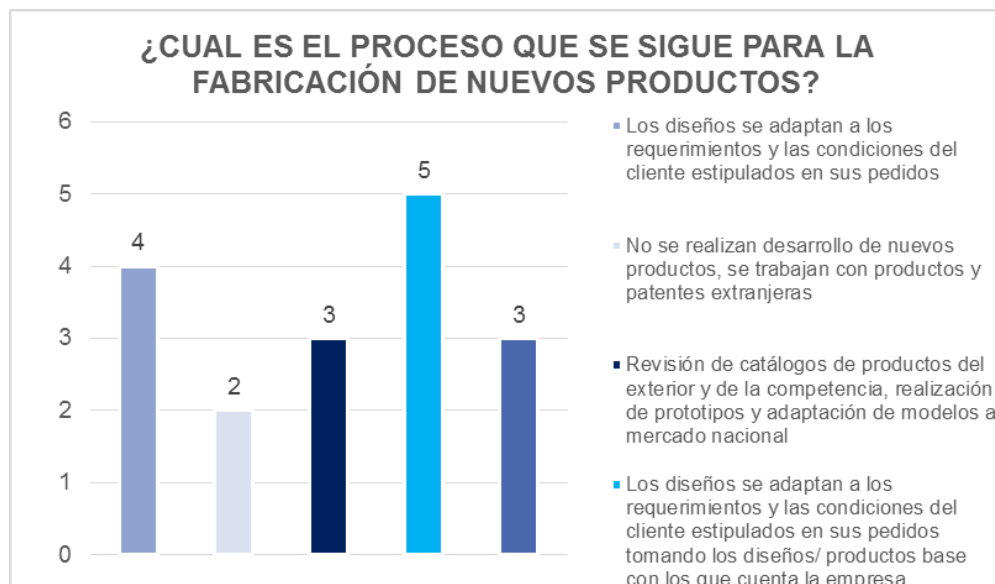
INNOVACIÓN Y DESARROLLO DE NUEVOS EN EL ÁREA DE MANUFACTURA



Esquema 12 Empresas que poseen un área o departamento dedicado a la innovación y desarrollo
Fuente: Elaboración propia

De las empresas consultadas el 47%, que equivale a 8 organizaciones, expresaron que existe un área o departamento dedicado a la innovación y desarrollo de nuevos productos; mientras que un 35%, es decir 6 empresas, manifestaron que no existe tal departamento, el 18% de los entrevistados no respondió la consulta.

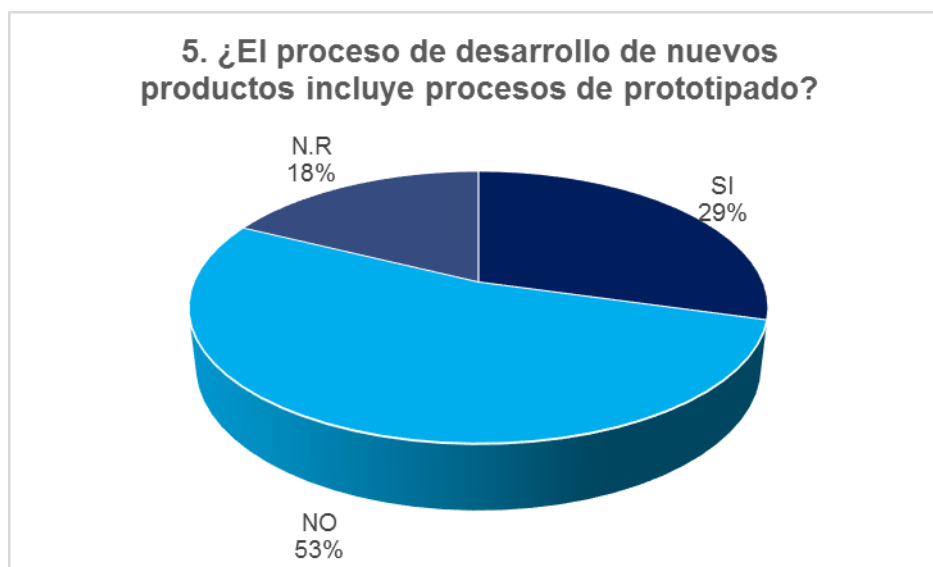
INNOVACIÓN Y DESARROLLO DE NUEVOS EN EL ÁREA DE MANUFACTURA



Esquema 13 Proceso de desarrollo de nuevos productos en el sector manufactura
Fuente: Elaboración Propia

En cuanto al proceso de desarrollo de nuevos productos, el 18% de las empresas, manifestó que el diseño de nuevos productos se realiza en base a los requerimientos y condiciones expresadas por clientes en sus pedidos u ordenas; el 12% declaró que no se desarrollan nuevos productos, sino que se trabajan con productos, patentes y diseños extranjeros; el 18% de los encuestados mencionó que el proceso de diseño se realiza por medio de la revisión de catálogos de productos de la competencia a nivel internacional y la adaptación de estos al mercado nacional; un 29% expresó que los diseños solicitados por los clientes se realizan a través de la adaptación de requerimientos y condiciones estipulados por este a diseños o productos base que ya posee la empresa, el 18% de los entrevistados no respondió la consulta.

INCLUSIÓN DE PROTOTIPADO EN EL PROCESO DE INNOVACIÓN Y DESARROLLO



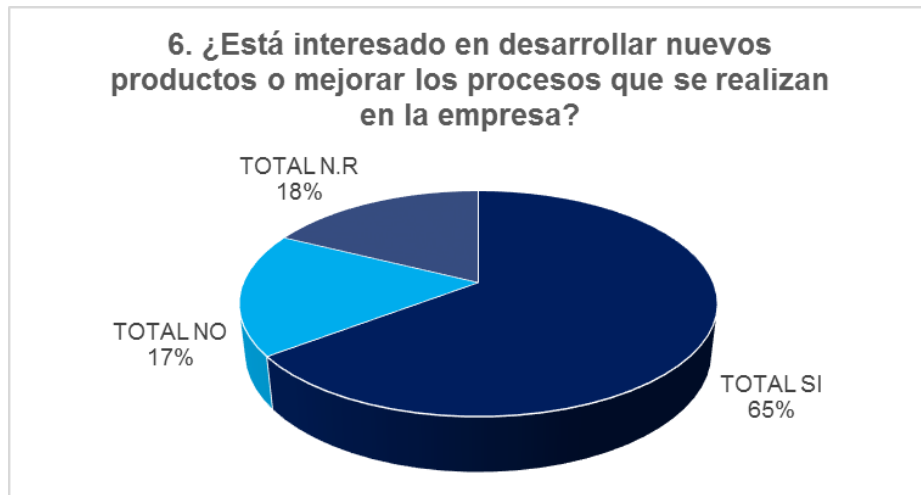
*Esquema 14 Inclusión de prototipado en procesos de desarrollo de nuevos productos
Fuente: Elaboración propia*

De las empresas consultadas, el 29% afirmó que el proceso de desarrollo de nuevos productos incluye la realización de prototipado de los productos, el 53%, es decir 9 empresas, manifestaron que sus métodos de desarrollo de nuevos productos no incluye procesos de prototipado; el 18% de los entrevistados no respondió la consulta.

INTERES DE LAS EMPRESAS EN DESARROLLAR NUEVOS PRODUCTOS Y MEJORA DE PROCESOS

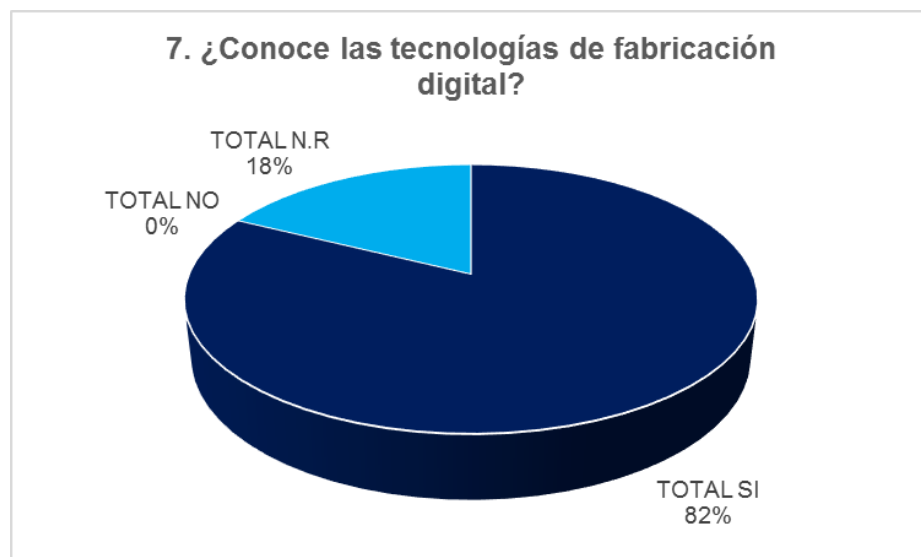
Del total de empresas consultadas, el 65% manifestó estar interesada en realizar mejoras en los procesos o desarrollar nuevos productos empleando tecnologías de fabricación digital; el

17% expreso no interesarle el desarrollo de nuevos productos ni mejorar sus procesos, mientras que el 18% del total de organizaciones consultadas no respondieron la consulta.



*Esquema 15 Empresas interesadas en desarrollar nuevos productos o mejorar procesos empleando TFD
Fuente: Elaboración propia*

CONOCIMIENTO DE LAS TECNOLOGÍAS DE FABRICACIÓN DIGITAL

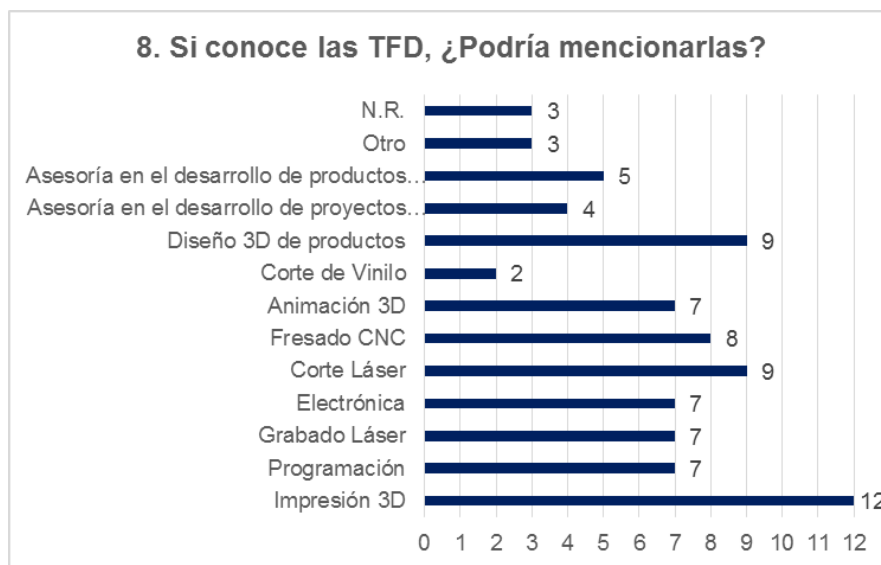


*Esquema 16 Conocimiento de las tecnologías de fabricación digital
Fuente: Elaboración propia*

Cuando se cuestionó a los encargados de las empresas sobre el conocimiento de las tecnologías de fabricación digital, sucede un hecho que llama la atención, el 82% de los entrevistados manifestó conocer al menos una tecnología de fabricación digital, es decir que

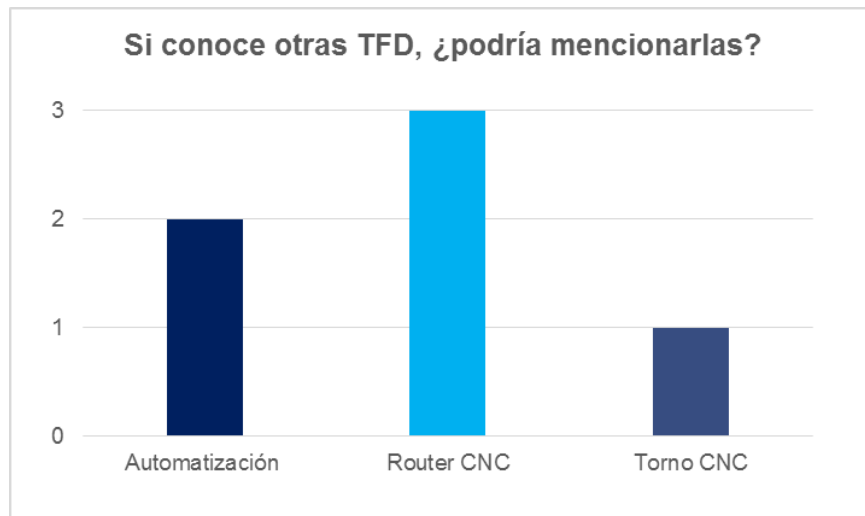
la totalidad de los individuos entrevistados, mientras que el 18% restante no respondió la consulta.

La pregunta 8 de la entrevista a empresas de manufactura persigue identificar, de forma específica, los servicios de fabricación digital más conocidos por dentro de las organizaciones consultadas, la gráfica siguiente ilustra los datos obtenidos: la impresión 3D es la tecnología de fabricación digital más conocida, al ser mencionada en 12 ocasiones durante la realización de la investigación del mercado consumidor; esta tecnología es seguida por los servicios de diseño 3D de productos que involucra procesos CAM y el proceso de corte láser, cada una con 9 menciones; en tercer lugar se encuentra el fresado CNC, que fue mencionado en un total del 8 ocasiones; los servicios de animación 3D, electrónica, grabado láser y programación finalizan el bloque de los tecnologías más conocidas.



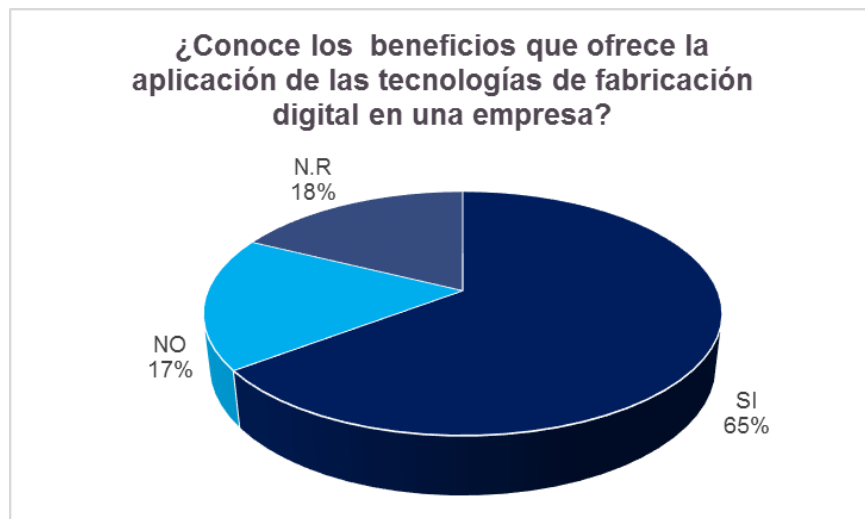
Esquema 17 Tecnologías de fabricación digital más conocidas por las empresas consultadas
Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, los servicios menos conocidos por los entrevistados fueron los servicios de asesoría en el desarrollo de productos empleando TFD, la asesoría en el desarrollo de proyectos interactivos y el corte de vinil que presentaron una frecuencia de 5, 4 y 2 menciones respectivamente. Al consultar si conocían otro tipo de servicios, los entrevistados manifestaron conocer procesos de automatización de maquinaria, router CNC y Torno CNC como se muestra en la siguiente gráfica:



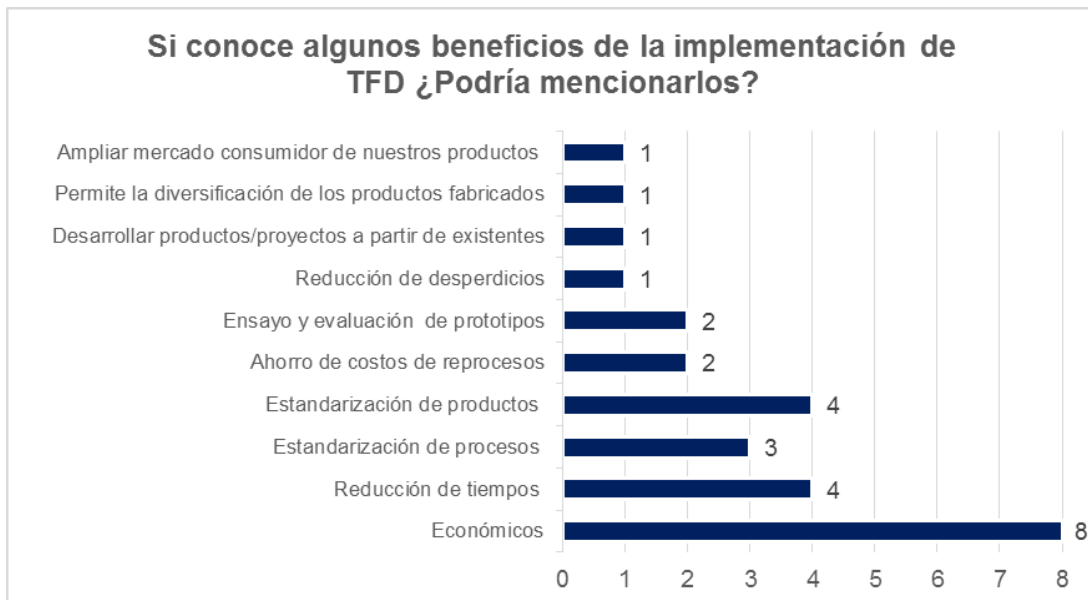
Esquema 18 Otras tecnologías de fabricación digital conocidas
Fuente: Elaboración propia

BENEFICIOS DE LA APLICACIÓN DE LAS TFD EN LA INDUSTRIA



Esquema 19 Conocimiento de los beneficios de la aplicación de TFD en las empresas
Fuente: Elaboración propia

Al consultar sobre el conocimiento de los beneficios de la aplicación de las TFD en las empresas, el 65% de la población entrevistada mencionó conocer al menos un beneficio, mientras que el 17% manifestó desconocer los beneficios que conlleva la aplicación de las tecnologías de fabricación digital en las empresas; el 18% restante no contestó la interrogante. Al pedir que se mencionara los beneficios que se conocen derivados de la aplicación de estas tecnologías, los resultados fueron los siguientes:

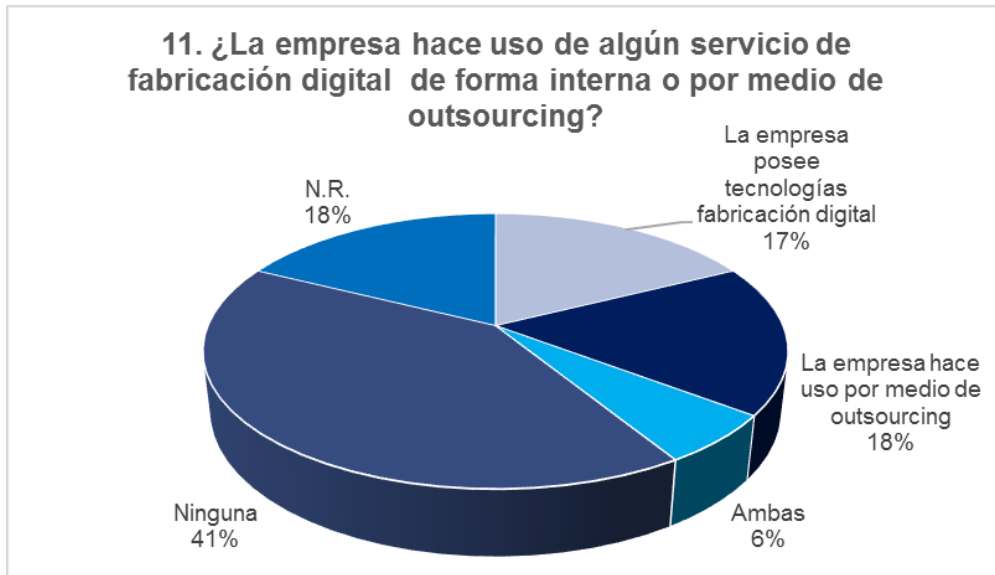


*Esquema 20 Beneficios de la aplicación de TFD
Fuente: Elaboración propia*

Beneficios económicos fue la ventaja principal mencionada por el segmento empresarial, seguido por reducción de tiempos de fabricación y estandarización de productos, en tercer lugar se encuentra la estandarización de procesos, estos conforman los beneficios más conocidos por el segmento de empresas manufactureras consultado. Otros beneficios mencionados son: Ahorro de costos de reprocesos, tener la capacidad de realiza ensayo y evaluación de prototipos, desarrollar productos o proyectos a partir de elementos ya existentes en archivos digitales, ampliar el mercado de consumo de los productos de la empresa y finalmente permitir la diversificación de la cartera de productos de esta.

USO DE LAS TECNOLOGÍAS DE FABRICACIÓN DIGITAL

Al consultar a las empresas si hacen uso de tecnologías de fabricación digital en sus procesos productivos, como muestra la pregunta 11 del instrumento de recolección de información para el segmento de mercado consumidor, se encuentra un dato interesante: a pesar que el 65% de los representantes de las empresas consultadas manifestó conocer estas tecnologías, únicamente el 41% las utiliza: el 17% emplea las tecnologías de fabricación digital directamente dentro de sus empresas, un 18% hace uso de estas tecnologías por medio de outsourcing y un 6% asegura emplear las TFD por ambos medios. Un dato curioso es que el 41% de los entrevistados asegura no usar tecnologías de fabricación digital pese a conocerlas.



*Esquema 21 Uso de las tecnologías de fabricación digital en las empresas consultadas
Fuente: Elaboración propia*

A las empresas que aseguraron emplear tecnologías de fabricación digital en sus procesos productivos, les fue solicitado mencionarlas, obteniendo los resultados presentados en la siguiente gráfica:



*Esquema 22 Tecnologías de fabricación digital empleadas
Fuente: Elaboración propia*

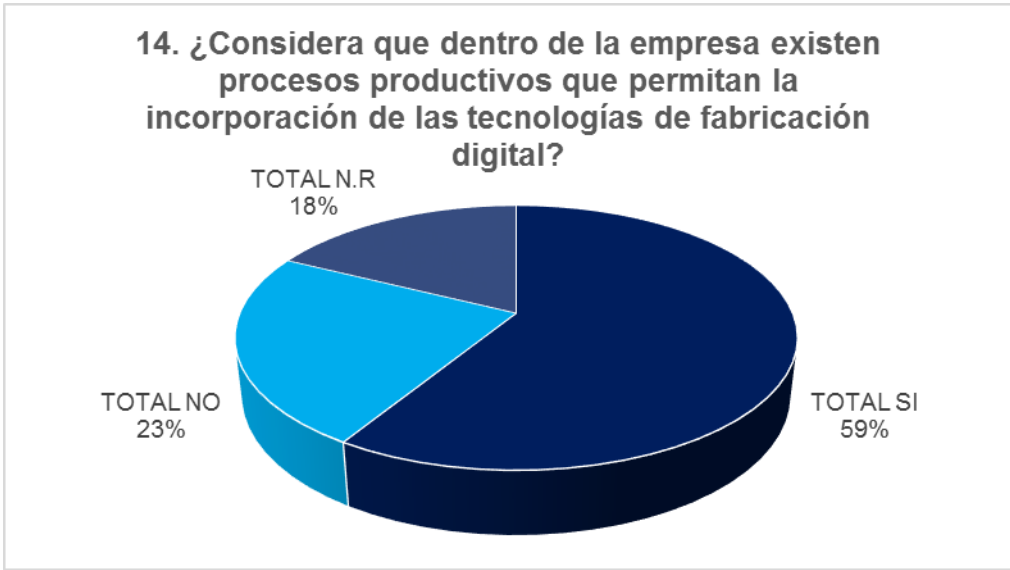
Los servicios más empleados dentro de las empresas son: diseño 3D de productos, fresado CNC, Corte láser, grabado láser, electrónica y programación; finalmente una empresa agregó que emplean el proceso de torneado CNC en sus procesos productivos.

También se les solicitó que de hacer uso de tecnologías de fabricación digital por medio de outsourcing fueran mencionadas, obteniendo que el diseño 3D de productos, corte de vinilo son contratados por dos de empresas haciendo uso de outsourcing, además los servicios de asesoría en el desarrollo de productos usando TFD, electrónica e impresión 3D son adquiridas por medio de outsourcing.



Esquema 23 Tecnologías de fabricación digital contratadas por medio de outsourcing
Fuente: Elaboración propia

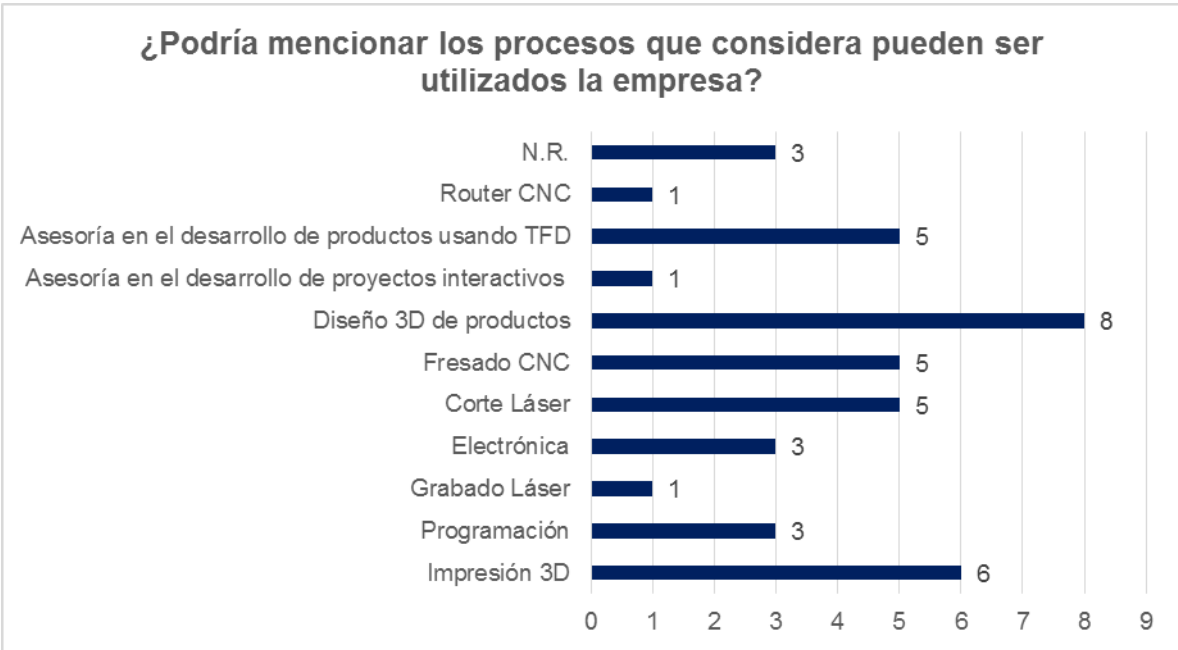
INCORPORACIÓN DE TFD A LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE LAS EMPRESAS



Esquema 24 Existencia de procesos productivos que permitan la incorporación de TFD
Fuente: Elaboración propia

A partir del estudio de mercado consumidor se pretende determinar la disponibilidad y capacidad de la empresa para introducir tecnologías de fabricación digital a sus procesos productivos; a través de la pregunta 14 del instrumento de recolección de información para empresas de manufactura se determina que un total del 59% de las empresas encuestadas consideran que existen procesos productivos que permiten la incorporación de tecnologías de fabricación digital, mientras que un 23% estima que los procesos que se realizan dentro de las mismas no permiten la incorporación de estas tecnologías, un 18% de las empresas consultadas no respondió la interrogante.

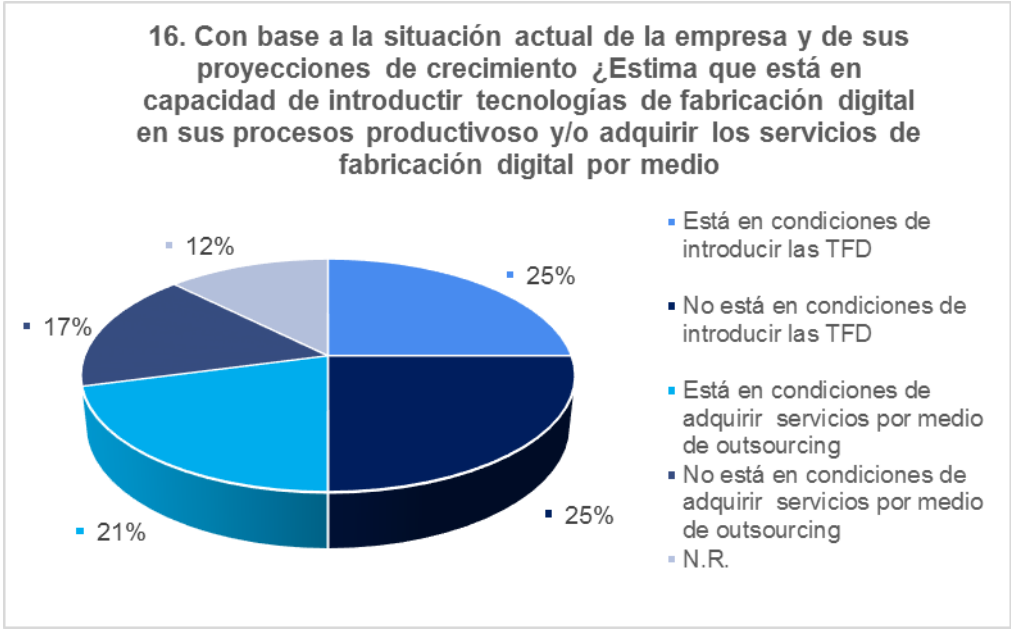
Una vez identificadas las empresas que consideran que existen procesos a los que puede incorporarse las tecnologías de fabricación digital, se procede a solicitar a los entrevistados que mencionen los procesos que pueden ser incorporados, obteniendo que los servicios que presentan mayor factibilidad para su agregación; en primer lugar el diseño de 3D de productos, que consiste en el la realización de objetos, piezas y partes a través de programas CAD y el proceso de impresión 3D; seguido por el grupo formado por la asesoría en el desarrollo de productos usando tecnologías de fabricación digital, fresado CNC y corte láser; en tercer lugar se encuentra el grupo de servicios compuesto por programación y electrónica, finalmente los servicios de corte láser, router CNC, y grabado láser completan la lista; los resultados se ilustran en la siguiente gráfica:



Esquema 25 Procesos que permiten su incorporación en los procesos productivos de las empresas

Fuente: Elaboración propia

Un vez que se identifican los servicios que permiten su incorporación a los procesos productivos de las empresas, es necesario establecer la disponibilidad de las empresas para introducirlos en el tiempo y la forma de incorporación, ya sea por medio de outsourcing o instalando los servicios en las empresas.

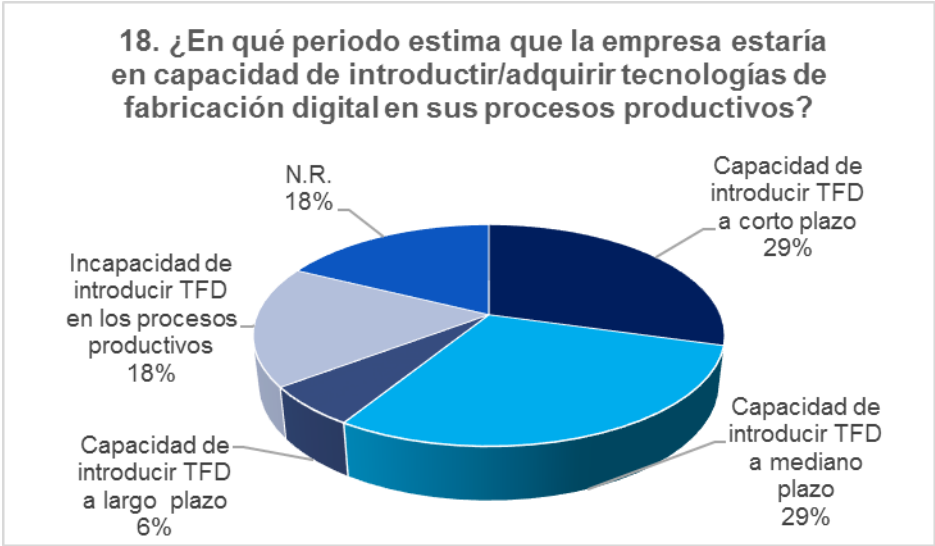


*Esquema 26 Capacidad de las empresas para incorporar tecnologías de fabricación digital a sus procesos productivos
Fuente: Elaboración propia*

Al realizar la consulta se obtuvo que el 25% de las empresas entrevistadas están en condiciones de introducir las tecnologías de fabricación digital de forma directa, es decir adquiriendo la maquinaria que requieran los procesos productivos, un 25% manifestó que no está en condiciones de adquirir maquinaria propia para implementar los servicios de fabricación digital, sin embargo el 21% del total de empresas visitadas expresó que está en las condiciones de adquirir los servicios por medio de outsourcing, mientras que el 17% no se encuentra en condiciones de adquirir los servicios de tal forma, finalmente un 12% de las empresas consultadas no respondieron las interrogantes.

Una vez identificados los porcentajes de empresas manufactureras en disposición de adquirir los servicios de fabricación digital, es necesario determinar el periodo en el que estas podrían introducir las tecnologías en sus procesos productivos; al consultarles el periodo en el que se estima se podrían incluir las TFD, se observó que el 58% de la población está en posibilidad de introducir estas tecnologías entre un corto o mediano plazo, el 29% de las organizaciones manifestaron que podrían hacerlo a corto plazo y el mismo porcentaje manifestó que está en

capacidad de hacerlo a mediano plazo; el 18% de las empresas de manufactura considera que no está en capacidad de introducir las tecnologías en sus procesos productivos, el 6% de las empresas entrevistada expresó que tiene capacidad de introducir las TFD a largo plazo y finalmente el 18% de la población no respondió el cuestionamiento.



*Esquema 27 Capacidad de las empresas para incorporar tecnologías de fabricación digital a sus procesos productivos
Fuente: Elaboración propia*

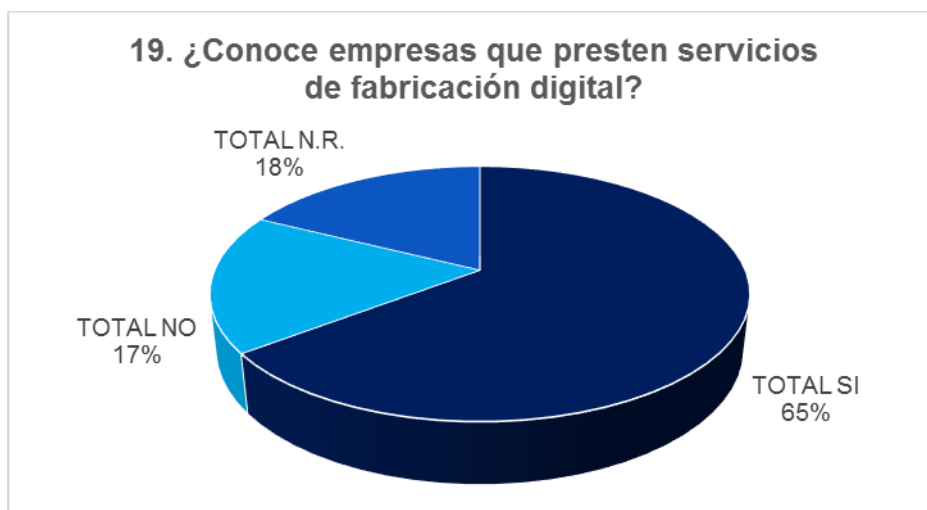
Del total de población que manifestó poder incorporar las tecnologías de fabricación digital a través de outsourcing, el 60% expresó que adquiriría los servicios a través del laboratorio de fabricación digital del alma mater; mientras que el 20% expresó que no lo harían, el 20% restante no contestó el cuestionamiento, los resultados obtenidos se presentan en la siguiente gráfica:



*Esquema 28 Disponibilidad incorporar TFD a través del laboratorio de fabricación digital de la EII
Fuente: Elaboración propia*

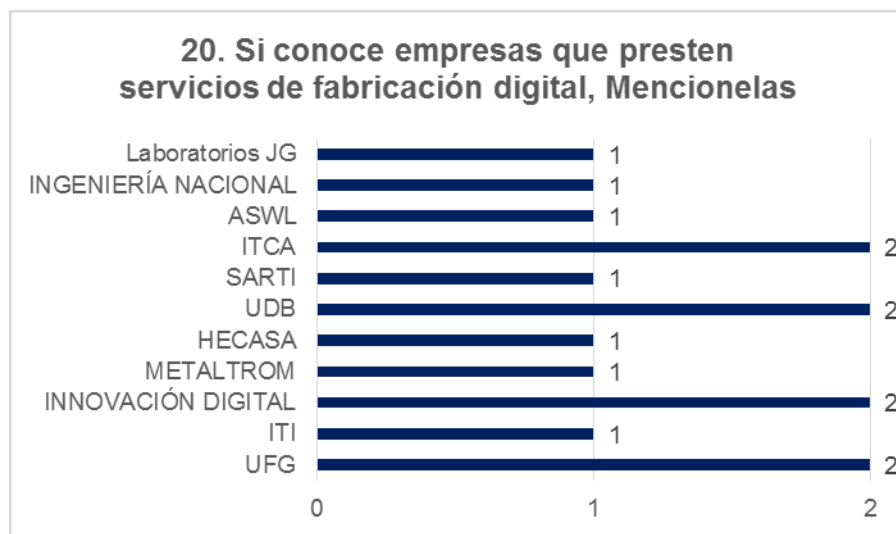
POSICIONAMIENTO DE LA COMPETENCIA

Un estudio de mercado consumidor no puede estar completo si no se realiza un sondeo del grado de posicionamiento de la competencia, por lo que se consultó a las empresas de manufactura si tenían conocimiento de empresas que presten servicios de fabricación digital a lo que el 65% de los entrevistados respondieron que sí conocen empresas que ofrezcan estos servicios, el 17% manifestó desconocer dichas empresas y un 18% no respondió la interrogante.



Esquema 29 Posicionamiento de la competencia en el mercado consumidor de TFD
Fuente: Elaboración propia

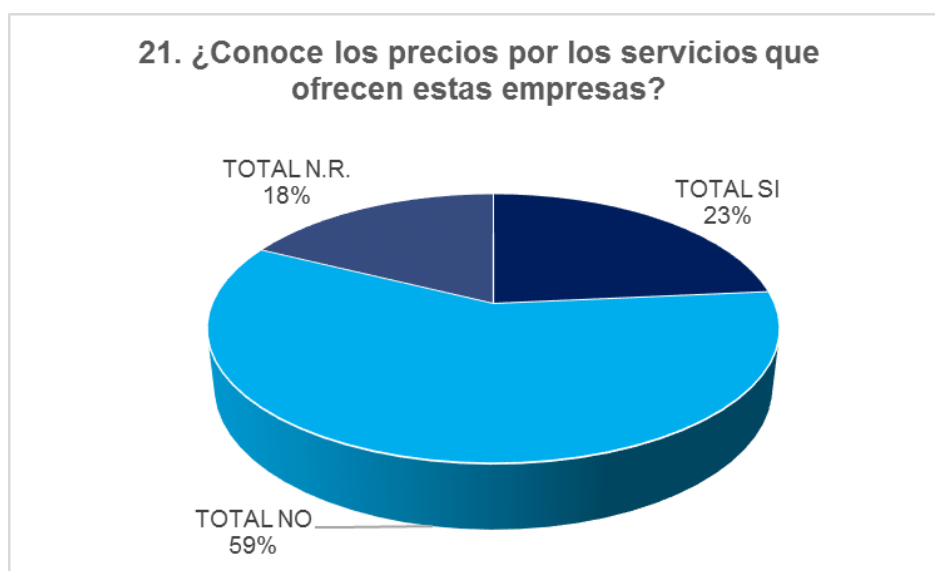
A las organizaciones que manifestaron conocer empresas competidoras se les solicitó que mencionaran las empresas conocidas como se muestra a continuación:



Esquema 30 Establecimientos de la competencia conocidos por el mercado consumidor de TFD
Fuente: Elaboración propia

Los centros de la competencia que son conocidos por el sector manufactura ofertan servicios de maquinado CNC y diseño 3D (Sarti, UDB, ITI, ITCA y Hecasa), servicios de electrónica (Ingeniería Nacional y ASWL), servicios de corte de vinilo (Innovación Digital) y servicios de impresión 3D (UFG, UDB y Laboratorios JG).

Una vez determinado el grado de conocimiento de la competencia es necesario establecer el grado de conocimiento de los precios del mismo; por lo que se consultó con las empresas de manufactura si conocían los rangos de precios de los servicios que la competencia oferta a lo que el 23% de la población abordada manifestó conocer algunos rangos de precios, el 59% de la población afirmó no conocer precios y un 18% no respondió la interrogante.



*Esquema 31 Conocimiento de precios y tarifas de la competencia por servicios prestados
Fuente: Elaboración propia*

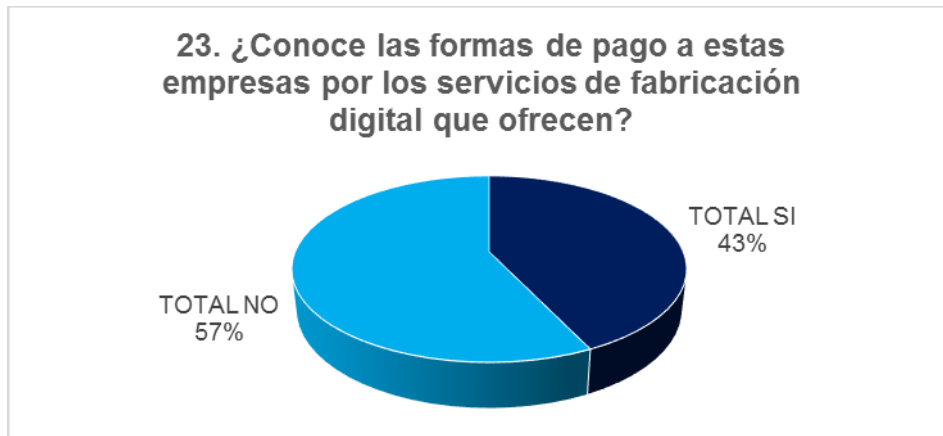
Los precios brindados por las empresas consultadas que se muestra a continuación:

22. SI LOS CONOCE, MENCIONELOS:			
ROTULO EN VINIL DE 4.5 X 7 IN	ROTULO EN VINIL DE 4.5 X 7 IN	ROTULO EN VINIL DE 4.5 X 7 IN	ROTULO EN VINIL DE 4.5 X 7 IN
\$0.97	\$0.97	\$0.97	\$0.97

*Tabla 22 Precios de la competencia conocidos por las empresas entrevistadas
Fuente: Elaboración propia*

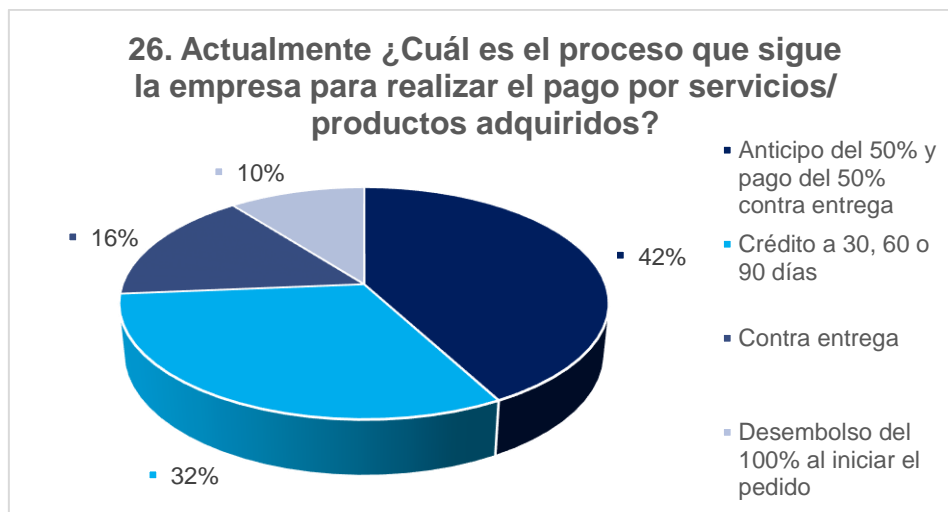
Luego a que las empresas expresaran conocer los servicios y precios que ofrece la competencia, es necesario consultar si estas conocen las formas de pago por los servicios ofertados, como se muestra en la gráfica de la pregunta 23 del instrumento recolector de información del segmento empresas de manufactura del mercado consumidor. Un 43% de la

población que manifestó conocer a la competencia y servicios que esta ofrece, mencionó conocer las formas de pago, mientras que el 57% expresó desconocer las formas de pago que la competencia ofrece.



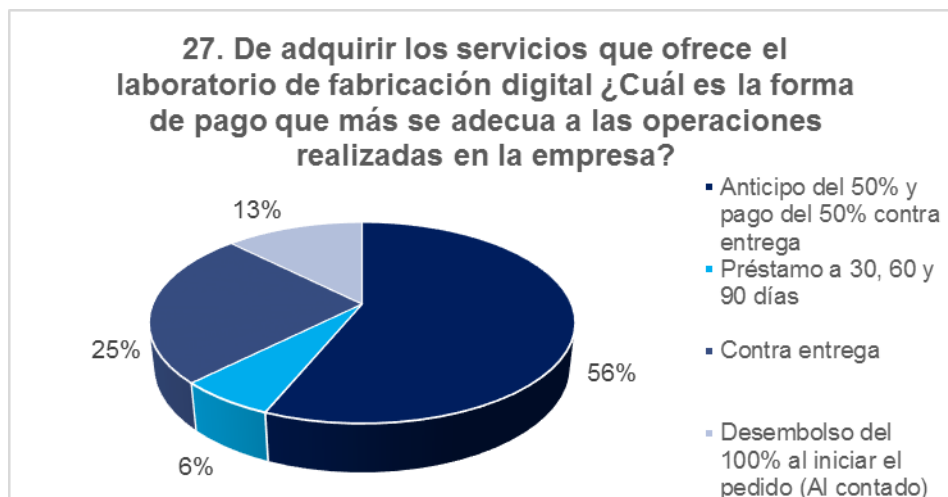
Esquema 32 Conocimiento de precios y tarifas de la competencia por servicios prestados
Fuente: Elaboración propia

No sólo es necesario conocer el posicionamiento que tienen las empresas de los servicios que la competencia ofrece, sus precios y formas de pago; sino también las formas de pago por otro tipo de servicios que el segmento manufactura consultado adquiere y la formas de pago por la adquisición de servicios del laboratorio de fabricación digital que mejor se adapta de a las operaciones que realiza; es por medio de las preguntas 26 y 27 del instrumento de recolección de información que se persigue recolectar los datos antes mencionados.



Esquema 33 Conocimiento de precios y tarifas de la competencia por servicios prestados
Fuente: Elaboración propia

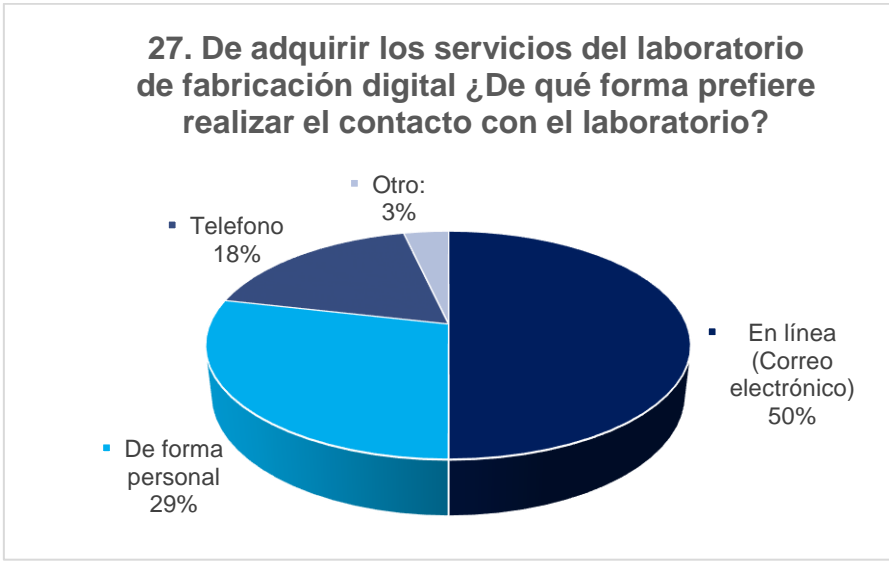
De las empresas consultadas, el 42% manifestó que su proceso de pago lo realiza por medio del pago de un anticipo del 50% al momento de realizar el pedido y un pago final del 50% contra entrega; el 32% manifestó que trabaja con créditos a 30, 60 o 90 días, el 16% expresó que el pago por productos o servicios adquiridos los realiza contra entrega, únicamente el 10% de las empresas consultadas manifestó realizar el pago por artículos o servicios mediante un desembolso del 100% del precio acordado al realizar el pedido.



*Esquema 34 Pago de servicios adquiridos seleccionado por las empresas consultadas
Fuente: Elaboración propia*

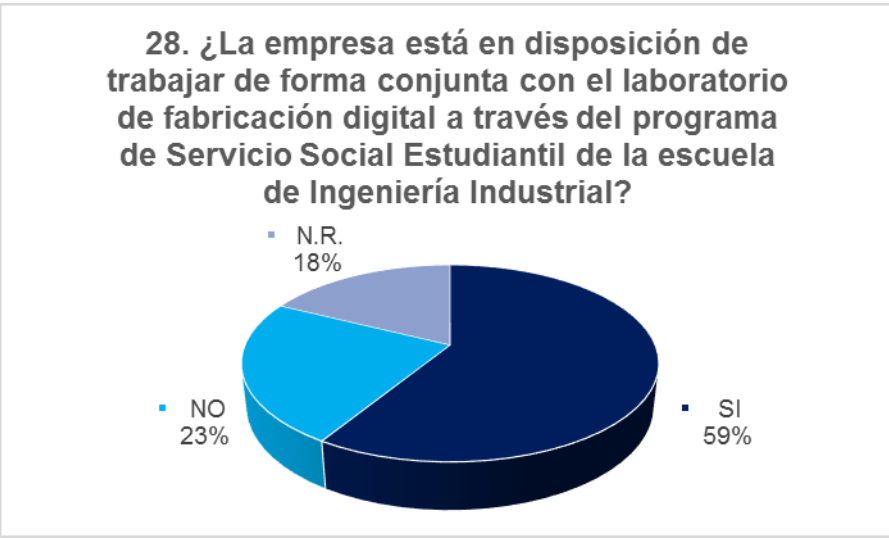
El 56% del segmento de empresas consultadas manifestó que de adquirir los servicios de fabricación en el laboratorio de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador, la forma de pago que más se adecua a las operaciones realizadas es el desembolso de un anticipo del 50% del monto total al realizar el pedido y el pago del 50% restante contra entrega; mientras que el 6% de las empresas consultadas expresaron que se les facilita adquirir los productos por medio de préstamos a 30, 60 y 90 días, el 15% manifestó su preferencia por trabajar con pagos contra entrega y el 13% de las empresas que adquirirían los productos expresaron que optan por un pago único al realizar el pedido.

Al preguntar a las empresas sobre el medio de contacto que prefieren para comunicarse con el laboratorio, el 50% eligió realizarlo por correo electrónico, el 29% mencionó que prefiere el contacto personal y el 18% la comunicación telefónica, el 3% mencionó una forma de comunicación alternativa que es una carta de servicio, el gráfico que ilustra la situación antes detallada se presenta a continuación:



Esquema 35 Medios de contacto con el laboratorio de fabricación digital seleccionado por las empresas consultadas
Fuente: Elaboración propia

Finalmente se preguntó a las empresas de manufactura sobre su disponibilidad de trabajar con el programa de servicio social estudiantil de la Escuela de Ingeniería Industrial en el desarrollo de proyectos que involucren tecnologías de fabricación digital a lo que el 59% de las empresas consultadas manifestaron su disposición de trabajar con el programa de SSE, el 23% manifestó que debido a políticas internas o por tener convenios vigentes con otras universidades no puede ser parte del programa de servicio social y el 18% restante no respondió al realizar la consulta.



Esquema 36 Disposición de empresas a formar parte del programa de SSE
Fuente: Elaboración propia

TALLER DIRIGIDO A CATEDRÁTICOS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

Uno de los objetivos del desarrollo del estudio mercado consumidor del laboratorio de fabricación digital de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador, es la determinación de las áreas curriculares que permiten la enseñanza de dichas tecnologías; parte de la realización del estudio del mercado consumidor es el desarrollo de un taller con catedráticos de la Escuela de Ingeniería Industrial para el fin antes planteado.

El proceso inició con la convocatoria a jefes de departamento de las diferentes áreas de enseñanza de la carrera de ingeniería industrial y coordinadores de cátedras del área de producción, indicando los datos sobre la realización del taller; este inició con la presentación auxiliar para la recolección de información, presentada en anexos, con el objetivo de dar conocer el contexto del desarrollo del estudio y crear, o afirmar, una noción sobre el concepto de fabricación digital y las tecnologías que lo componen, facilitando así a los entrevistados la respuesta de las preguntas planteadas por el grupo analista; a cada catedrático se le entregó una copia impresa de la presentación y el instrumento de recolección de información con las preguntas a desarrollar.

A final de la presentación se brindó un espacio a los catedráticos que formaron parte del taller para aclarar dudas referentes a esta y a la investigación, para posteriormente explicar el contenido del instrumento de recolección de información y estipular una fecha de entrega del mismo con sus respectivas respuestas. El personal docente convocado para la realización del taller se detalla a continuación:

NO.	NOMBRE	CARGO EN EII
1	Inga. Jeannette de Pocasangre	Jefa del Departamento de métodos y Procesos
2	Ing. Orlando Reyes	Jefe del Departamento de Producción
3	Ing. Saúl Granados	Jefe del Departamento de Planeamiento y Gerencia
4	Ing. Mario Fernández	Jefe del Departamento Económico Financiero
5	Ing. Adalberto Benítez	Coordinador de cátedra Tecnología Industrial II
6	Ing. Óscar René Monge	Coordinador de cátedras Organización y Dirección Industrial y Planeación Estratégica
7	Ing. Pedro Vásquez	Coordinador de cátedra Dibujo Técnico
8	Inga. Sonia García	Coordinadora de cátedra Ingeniería Económica

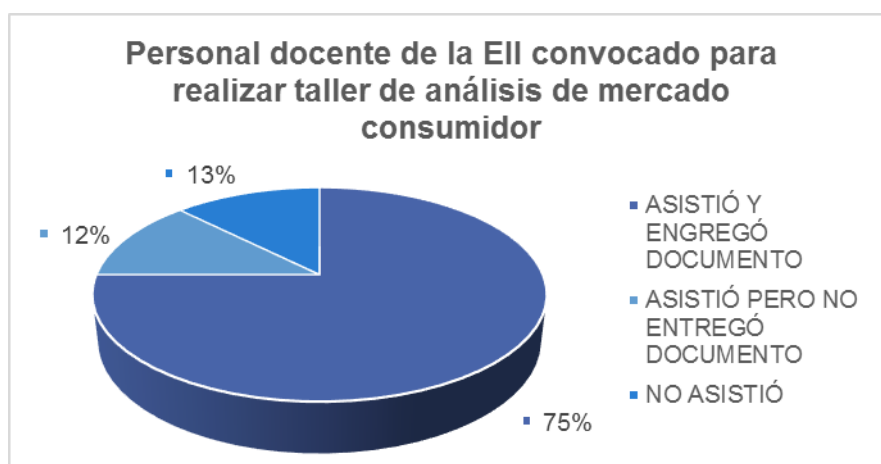
*Tabla 23 Personal docente de la EII convocado a taller de análisis de mercado consumidor
Fuente: Elaboración propia*

NUMERO DE CATEDRÁTICOS QUE BRINDARON INFORMACIÓN

La lista anterior de personal fue reducida debido a los siguientes aspectos:

1. Se seleccionó aquellos catedráticos que se presentaron en la fecha y hora convocada para la realización del taller.
2. Algunos de los catedráticos que formaron parte del taller no entregaron el documento de recolección de información en las fechas establecidas.

Del total de personal convocado, el 75% asistió al taller y entregó el documento de recolección de información en el periodo de tiempo establecido, el 12% de los entrevistados asistió al taller pero no entregó el documento y el 13% restante fue convocado pero no asistió al taller, este último caso se manejará como no respuesta, como se muestra en la gráfica siguiente:



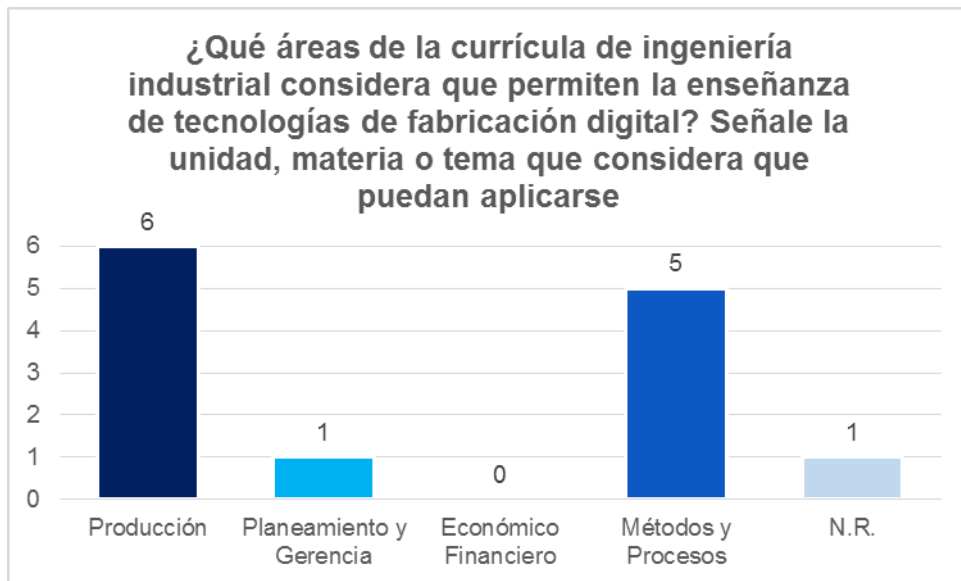
Esquema 37 Personal docente de la EII convocado para realizar taller de análisis de mercado consumidor

Fuente: Elaboración propia

Luego de agrupar, ordenar, tabular y analizar la información recolectada se obtuvieron los siguientes resultados:

ÁREAS DE LA CURRICULA DE INGENIERIA

Al consultar a los catedráticos sobre las áreas de la currícula de ingeniería industrial que, según su estimación, consideran que permiten la enseñanza de tecnologías de fabricación digital; se obtuvo que el área seleccionada por el mayor número de entrevistados es el área de producción, seguido por el departamento de métodos y procesos y finalmente el departamento de planeamiento y gerencia que fue seleccionado en una ocasión; uno de los catedráticos consultados no respondió el cuestionamiento, como se presenta en la siguiente gráfica:



*Esquema 38 Áreas de la currícula que permiten la incorporación de la enseñanza de las TFD
Fuente: Elaboración Propia*

A pesar que sólo el 50% del personal docente consultado respondió la solicitud realizada de señalar materias, unidades de enseñanza o temas específicos que permitan la instrucción de tecnologías de fabricación digital en el proceso de formación de profesionales de Ingeniería Industrial en la Universidad de El Salvador, la información proporcionada se convirtió en una herramienta útil para la identificación preliminar de las áreas formativas de las currículas 1998 y 2017 de la carrera en las que puede impartirse el uso de estas tecnologías, para que en la etapa de diseño se realice una discriminación y selección definitiva de las áreas de formación y sus respectivas cátedras en las que se implementará la enseñanza de las TFD.

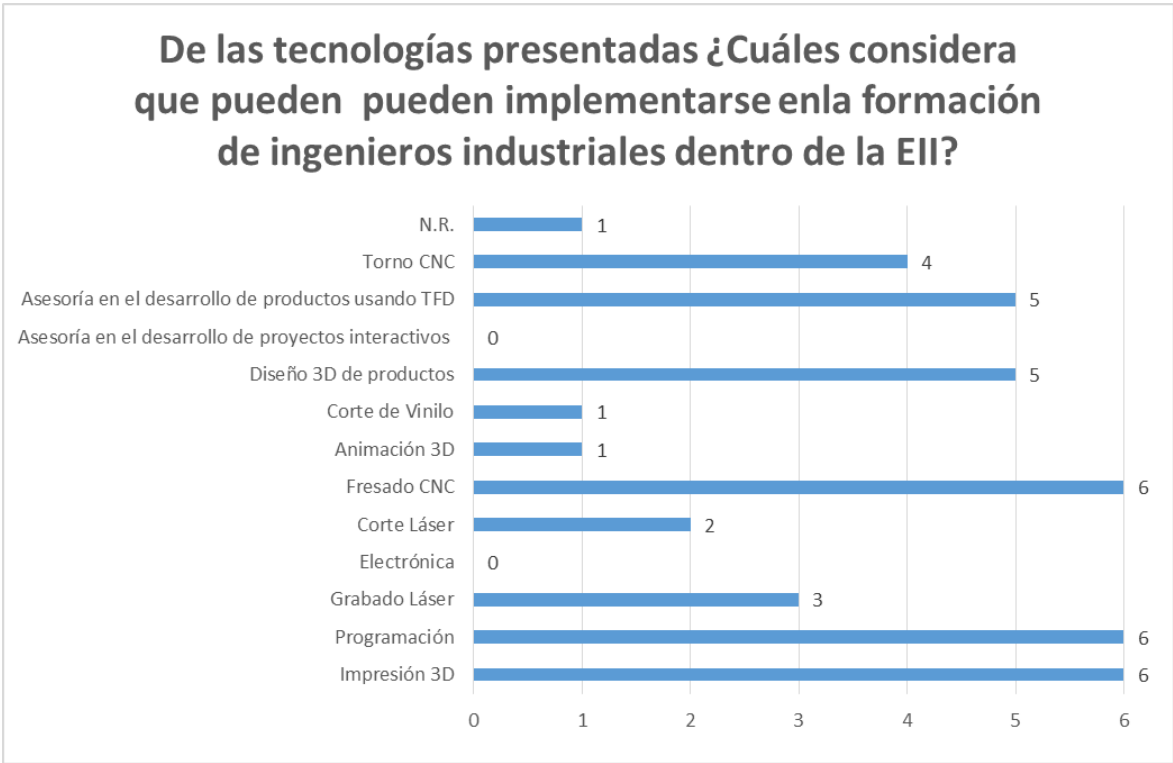
El siguiente cuadro muestra las materias y unidades señaladas por el personal docente que, según su criterio, se adaptan a las tecnologías preseleccionadas, además de sugerir metodologías de trabajo para la enseñanza de estos procesos:

NO.	MATERIA	PLAN DE ESTUDIOS		UNIDAD	LABORATORIO, GUÍA O METODOLOGÍA SUGERIDA
		1998	2017		
1	Ingeniería de Métodos (IMT-115)	X	X	N.R.	Apoyo para desarrollo de trabajos ex aula que involucran diseño de propuestas de mejora de productos y/o procesos
2	Tecnología Industrial I (TIR 115)	X	X	Unidad III: Herramientas y procesos de corte	Introducción al uso de maquinaria CNC
3	Tecnología Industrial II (TIR 215)	X	X	Unidad II: Materiales y sus propiedades	Involucrar el diseño digital de piezas y/o productos
				Unidad VI: Automatización	Enseñanza de procesos como grabado láser, diseño digital e impresión 3D
4	Tecnología Industrial III (TIR 315)	X	X	A lo largo del desarrollo de la materia	Incorporación de diseño CAM y elaboración de productos CAD para el desarrollo y análisis de pre y post producción a lo largo de la materia
5	Fundamentos de economía (FDE -115)	X	X	N.R.	Desarrollo de productos o prototipos como parte del trabajo ex aula desarrollado a lo largo de la materia
6	Distribución en planta (DIP-115)	X	X	N.R.	Diseño CAD de productos y de plantas industriales en análisis dentro del desarrollo de tarea ex aula.

7	Organización y Dirección Industrial (ODI -115)	X	X	A lo largo del desarrollo de la materia	A nivel de difusión en la asignatura puede realizarse charlas informativas sobre las tecnologías de fabricación digital y sus aplicaciones para incorporarlo en aspecto gerencial.
8	Mercadeo (MER -115)	X	X	A lo largo del desarrollo de la materia	Diseño de prototipos de productos/ empaques durante el desarrollo del trabajo ex aula de la materia, según
9	Formulación y Evaluación de Proyectos (FEP-115)	X	X	A lo largo del desarrollo de la materia	Diseño de prototipos, empaques y maquetas según implique el estudio desarrollado a lo largo de la materia
10	Simulación de Procesos Productivos (SPP-115)	X	X	Unidad VII: Desarrollo de software a la medida	Aplicación de programación, diseño 3D y simulación.
11	Ofimática y Software para Ingeniería Industrial (OFI -115)		X	Unidad VII	Puede realizar demostraciones de tecnologías de fabricación digital a lo largo del desarrollo de la materia
12	Procesos Industriales Automatizados		X	Unidades III y IV	N.R.
13	Protocolo de Trabajo de graduación		X	A lo largo del desarrollo de la materia	Depende de la naturaleza del trabajo realizado puede emplearse este laboratorio

*Tabla 24 Áreas de formación, unidades y materias que permiten la enseñanza de TFD
Fuente: Elaboración propia a partir de información recolectada en taller dirigido a catedráticos*

Al consultar sobre las tecnologías que consideran pueden implementarse en el proceso de formación de futuros ingenieros industriales de la Universidad de El Salvador, se obtuvo que los procesos seleccionados con mayor frecuencia por los catedráticos fueron: fresado CNC, Programación e Impresión 3D; siguiendo a este bloque se encuentran los procesos de diseño 3D de productos y la asesoría en el desarrollo de productos usando TFD; según la frecuencia de selección, los procesos anteriores son seguidos por torno CNC, corte y grabado láser. El resto de la lista lo conforman los servicios de Corte de vinilo y animación 3D.



*Esquema 39 Tecnologías que pueden implementarse en la formación de ingenieros industriales dentro de la EII
Fuente: Elaboración propia*

ENTREVISTA A EXPERTOS EN LA ENSEÑANZA DEL USO DE TECNOLOGÍAS DE FABRICACIÓN DIGITAL

Como se detalló en apartados anteriores, el objetivo de este instrumento es identificar procesos, metodologías y cátedras en las que se imparten tecnologías de fabricación digital en otras escuelas de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de EL Salvador y en otros centros de educación superior del país. Se entrevistaron 4 expertos en la enseñanza de tecnologías de fabricación digital, presentados a continuación³⁷:

No.	Profesión / Título académico	Centro de Educación superior en el que labora
1	Ing. Mecánico, Msc. Administración	Catedrático UES – UDB
2	Ing. Mecánico	Encargado de laboratorio de fabricación digital
3	Ing. Mecánico	Catedrático UES
4	Ing Industrial	Asistente administrativa, Universidad en Línea - Educación a Distancia

*Tabla 25 Expertos en la enseñanza de tecnologías de fabricación digital entrevistados
Fuente: Elaboración propia*

PERFIL DEL ENTREVISTADO

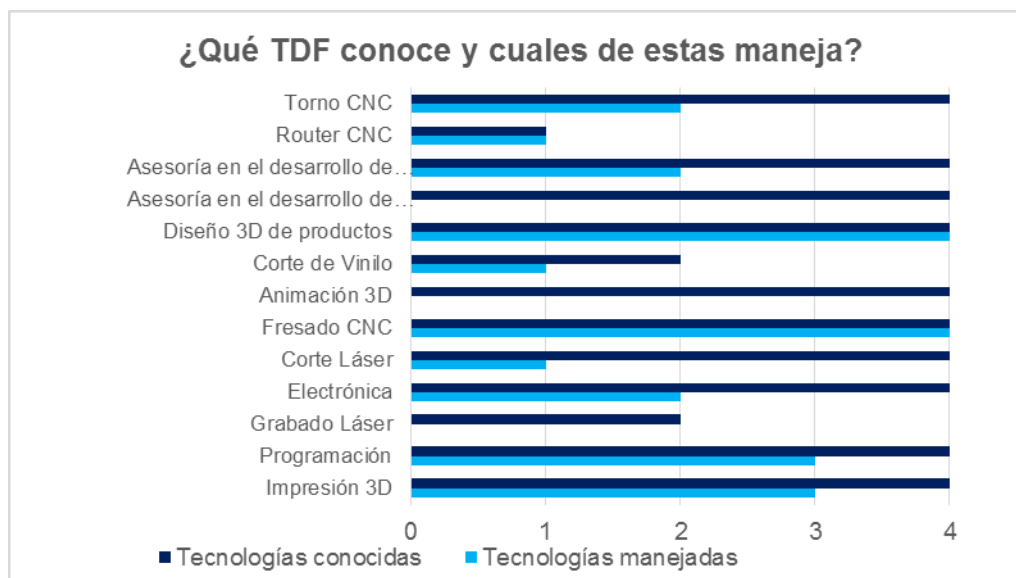
Debido a que no se presentan nombres de los profesionales entrevistados, las respuestas dadas por estos concuerdan con el listado de la tabla anterior: al consultarles su experiencia laboral relacionada con la enseñanza de tecnologías de fabricación digital, los entrevistados expresaron los siguientes datos:

No.	¿Qué experiencia relacionada con el uso y enseñanzas de la fabricación digital posee?
1	Cursos y capacitaciones relacionadas al diseño e impresión 3D, electrónica. Capacitación en prototipado en UDB
2	Encargado de taller de fabricación digital UDB, capacitaciones en fabricación digital brindadas a profesionales UDB
3	Curso de diseño 3D en software CAD en UES, enseñanza de programas CAM y simulación en UES, asesoría de trabajo de grado que involucra el uso de electrónica.
4	Diseño de maquinaria de envasado para exportación, curso de diseño 3D en software CAD en UES a través de la asociación de Estudiantes de Ingeniería Industrial,

*Tabla 26 Experiencia laboral de los expertos en enseñanza de fabricación digital consultados
Fuente: Elaboración propia*

³⁷ Por solicitud de los profesionales consultados, se omitirá presentar sus nombres.

En cuanto a las tecnologías de fabricación que son conocidas por los expertos en cuanto a conceptualización, funcionamiento básico y aplicaciones de uso tenemos que todas las tecnologías consultadas con excepción de Router CNC, corte de vinilo y grabado láser son conocidas por todos los expertos consultados.



Esquema 40 Experiencia laboral de los expertos en enseñanza de fabricación digital consultados
Fuente: Elaboración propia

Esta tendencia cambia al consultarles sobre las tecnologías de fabricación que manejan, ya que como se observa en la tabla anterior el fresado CNC, y diseño 3D de productos son las únicas tecnologías que todos los entrevistados expresaron manejar; estas son seguidas por la programación y la impresión 3D, con 3 menciones cada una, y estas a su vez son precedidas por la electrónica, torno CNC, y asesoría en el desarrollo de productos usando TFD; posteriormente encontramos las técnicas de corte de vinillo y corte láser; finalmente ninguno de los entrevistados manifestó no manejar ni conocer los procesos de asesoría en el desarrollo de procesos interactivos y el grabado láser.

EXPERIENCIA EN LA ENSEÑANZA DE TFD

Uno de los principales aportes de las entrevistas realizadas a expertos en la enseñanza de las tecnologías de fabricación digital, es la identificación de las líneas de trabajo que guían el proceso de enseñanza de estas; al consultarles sobre las metodologías de enseñanza implementadas, se obtuvo la información plasmada en el siguiente cuadro resumen:

No.	CATEDRÁTICO UES – UDB	STAFF DE LABORATORIO DE FABRICACIÓN DIGITAL UDB	CATEDRÁTICO UES	ASISTENTE ADMINISTRATIVA, UNIVERSIDAD EN LÍNEA - EDUCACIÓN A DISTANCIA
METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA DE TFD				
1	<p>Asignación de proyecto a los grupos, capacitación previa en el uso de las tecnologías de fabricación, análisis de piezas para aplicación de ingeniería inversa, escaneo, diseño y corrección de partes para su posterior impresión tridimensional.</p> <p>Procurar, en la medida de lo posible la asignación de temas innovadores que despierten el ingeniero de los estudiantes.</p>	<p>Se imparte por lo menos una clase teórica previa a cada sesión de laboratorio, además de proporcionar una guía de trabajo que se entrega con una semana de anticipación para que el estudiante la ensaye. Las sesiones de laboratorio inician explicando las operaciones a desarrollar, su procedimiento, alcances y limitantes además de una capacitación corta sobre las normas de laboratorio.</p> <p>Para poder realizar prácticas de laboratorio los estudiantes deben de cumplir con asignaturas pre requisitos (de nivel de 3er año de ingeniería o carreras técnicas).</p>	<p>Se asigna un proyecto por grupo de trabajo, antes de iniciar con el uso de programas, los miembros de cada grupo realizan una investigación teórica sobre los conceptos relacionados al tema asignado; posteriormente se realiza una sesión de laboratorio en la que se explica el uso básico y herramientas de los programas a emplear, el resto del ciclo los alumnos realizan prácticas de laboratorios y prácticas libres para el desarrollo de sus proyectos.</p>	<p>Se imparte clase teórica de repaso de dibujo técnico previa al inicio de los laboratorios; antes del desarrollo de cada práctica de laboratorio se entrega una guía de trabajo para que se estudie. Durante la clase el facilitador explica la guía y desarrolla los ejercicios introductorios de la guía para que posteriormente los estudiantes la desarrollen. Al finalizar el curso de formación, se asigna una tarea a cada alumno para evaluar sus conocimientos, se otorga una semana para la realización de la misma.</p>

TEMÁTICAS IMPARTIDAS				
2	Ingeniería Inversa, diseño tridimensional por computadora, simulación en software CAD de piezas en condiciones específicas, resistencia de materiales.	Tecnología de los materiales, diseño industrial, diseño de productos, mantenimiento aeronáutico, diseño de órtesis y prótesis.	Plataformas Arduino, diseño mecánico en software Autodesk, motores de combustión y proyecto de ingeniería mecánica (PIM)	Diseño de productos en software CAM: diseño de piezas, ensamble, operaciones especiales de diseño y relaciones de posición en ensambles
HORAS CLASE IMPARTIDAS				
3	2 sesiones de trabajo a la semana de 2 horas cada una, combinando exposición y explicación de teoría y práctica.	2 horas de laboratorio práctico a la semana para carreras de ingeniería y 3 horas de laboratorio práctico a la semana para carreras técnicas.	2 sesión de dos horas semanales: 1 hora de la sesión es de estudio teórico y explicación de guías de trabajo y 1 hora práctica	1 sesión de dos horas a la semana a lo largo del ciclo, durante un periodo de 8 semanas; sesiones de 5 horas al día, durante 5 días.
NÚMERO DE PERSONAS QUE CONFORMAN GRUPOS DE TRABAJO				
4	Grupos de trabajo de 3 a 5 personas para el desarrollo de cada proyecto.	Grupos teóricos de no más de 40 personas, grupos de laboratorios con un máximo de 12 estudiantes, con un máximo de 4 estudiantes por grupo.	Grupos de trabajo de 3 o 4 personas, dependiendo del alcance del tema asignado, pueden desarrollarse proyectos de forma individual.	Trabajo principalmente individual. Asignación de trabajos grupales para estudio de ensambles o proyecto final, máximo 4 integrantes por grupo.

Tabla 27 Información recolectada en el desarrollo de consulta a expertos en al enseñanza de TFD

Fuente: Elaboración propia a partir de entrevistas

Al consultar a los expertos sobre inconvenientes experimentados en el proceso de enseñanza de tecnologías de fabricación digital, manifestaron los siguientes aspectos:

- 1. Lograr que el estudiante comprenda la lógica de trabajo del software:** Uno de los principales retos en el proceso de enseñanza de los programas de diseño 3D, es romper la barrera tecnológica y lograr que los estudiantes comprendan su funcionamiento y la lógica de la interfaz y herramientas que lo componen.
- 2. Limitado número de recursos (software/ hardware):** Este aspecto se refiere al número reducido de ordenadores respecto del total de estudiantes que solicitan formar parte de los talleres; debido a que los espacios físicos disponibles son limitados, sólo puede aceptarse un número de reducido de estudiantes. A la situación anterior debe agregarse la restricción generada por el alto costo de las licencias de los software CAM que se utilizan en el proceso de enseñanza de diseño 3D.
- 3. Deserción de los estudiantes:** El segmento de los expertos consultados relacionado al desarrollo de talleres de formación en FIA – UES, expresaron que existe un porcentaje de estudiantes miembros de los grupos de formación que abandonan o asisten de forma irregular al curso, retrasando en algunas ocasiones el proceso de enseñanza del grupo debido a que deben de repetirse instrucciones, según estimaciones de los consultados este grupo no supera el 15% de los estudiantes inscritos.



Esquema 41 Tecnologías de fabricación digital con mayor demanda en el mercado según expertos consultados

Fuente: Elaboración propia

Sobre las tecnologías de fabricación que consideran más demandadas en el mercado, los expertos entrevistados señalaron que el diseño CNC y el diseño 3D de productos empleando software CAD encabezan la lista, seguidos por los servicios de saneo 3D, impresión 3D, corte láser y las asesorías en el desarrollo de programas interactivos y de productos empleando tecnologías de fabricación digital; en último lugar fueron seleccionados los servicios de programación y torno CNC, como se muestra en la gráfica anterior.

Finalmente, al solicitar recomendaciones en función de la experiencia en el proceso de enseñanza registrada por los expertos consultados, fue sugerido:

1. Trabajar a través de convenios con las empresas representantes y distribuidoras de los software a emplear.
2. Buscar patrocinio del sector privado y entidades diplomáticas para la puesta en marcha del laboratorio.
3. En cuanto a los servicios a prestar se recomendó emplear maquinaria de dimensiones pequeñas para reducir costos.
4. Realizar una diferenciación entre la maquinaria utilizada para los servicios educativos y la maquinaria empleada para prestar servicios al sector manufactura.
5. Capacitar de forma periódica tanto al personal docente de la EII como al personal encargado del laboratorio de fabricación digital sobre el uso y avances de las TFD.

2.4.8. CONCLUSIONES Y HALLAZGOS DE LA INVESTIGACIÓN DE MERCADO CONSUMIDOR

La investigación de mercado consumidor desarrollada a lo largo del presente capítulo, permitió emitir conclusiones sobre las características y necesidades de los segmentos que lo componen; esta información será una herramienta útil para la etapa de diseño del Laboratorio de Fabricación Digital de la Escuela de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador:

METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA

La consulta a catedráticos de la Escuela de ingeniería industrial de la Universidad de El Salvador y a profesionales con experiencia en la enseñanza de tecnologías de fabricación digital en centros de educación superior en el país, permitió identificar pautas metodológicas para la formación de futuros profesionales de la EII en el uso de TFD que servirán para el diseño del laboratorio de fabricación digital de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador; entre estas pautas se encuentra la realización de una fase introductoria al uso del equipo de laboratorio en el que se realice una revisión de contenidos de materias previas como dibujo técnico, tecnología industrial I, II y III y que además son prerrequisito para poder hacer uso del mismo.

Se recomendó también trabajar con grupos de laboratorio no mayores a 40 estudiantes y organizar grupos de trabajo no mayores 4 de personas para asegurar una enseñanza personalizada dentro de las capacidades del laboratorio y que todos los miembros realicen un trabajo en proporciones similares; además fue recomendado asignar trabajos individuales a los alumnos para asegurar la comprensión del uso de estas tecnologías. Respecto a las horas clase para la enseñanza de las TFD los expertos recomendaron dos sesiones semanales de dos horas que incluyan al menos una hora de estudio teórico de los principios y uso de la maquinaria y el resto de práctica; finalmente la capacitación continua del personal docente involucrado en la enseñanza de las tecnologías de fabricación digital, el abastecimiento a tiempo del laboratorio y el mantenimiento del equipo son inconvenientes experimentados por los expertos consultados que se deben tener en cuenta en la etapa de diseño.

Un hallazgo importante de la realización de la investigación del mercado consumidor de los servicios de laboratorio, es la disposición de las empresas manufactureras a trabajar con la Escuela de Ingeniería Industrial por medio del programa de Servicio Social Estudiantil; el 59%

de las empresas consultadas demostró estar dispuesta a trabajar con el laboratorio en programas de diseño digital, investigación y desarrollo de nuevos productos y mejora de productos o procesos empleando TFD. El 23% que expresó no poder trabajar de forma conjunta con la EII por medio del programa de SSE debido a que actualmente tienen convenios con otras universidades privadas o que para la realización de sus proyectos es necesario el trabajo conjunto, con expertos en áreas ajenas a la ingeniería industrial, a tiempo completo, como es el caso de la elaboración de prótesis y piezas dentales.

Además, la realización del taller con catedráticos de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador permitió identificar, de forma preliminar, materias de la currícula en los planes de estudio 1998 y 2017 que debido sus contenidos, metodología evaluativa y de enseñanza permiten incorporar la enseñanza de tecnologías de fabricación digital a la formación de profesionales en la rama de la ingeniería industrial, además de ser compatibles con las líneas de trabajo de investigación, innovación y desarrollo de prototipos y nuevos productos del centro. Las materias preseleccionadas como resultado de la consulta a catedráticos de la Escuela de ingeniería industrial se presentan a continuación:

NO.	MATERIA	PLAN DE ESTUDIOS	
		1998	2017
1	Ingeniería de Métodos (IMT-115)	X	X
2	Tecnología Industrial I (TIR 115)	X	X
3	Tecnología Industrial I (TIR 215)	X	X
4	Tecnología Industrial III (TIR 315)	X	X
5	Fundamentos de economía (FDE -115)	X	X
6	Distribución en planta (DIP-115)	X	X
7	Mercadeo (MER -115)	X	X
8	Formulación y Evaluación de Proyectos (FEP-115)	X	X
9	Simulación de Procesos Productivos (SPP-115)	X	X
10	Ofimática y Software para Ingeniería Industrial (OFI -115)		X
11	Protocolo de Trabajo de graduación (PTR-115)		X

Tabla 28 Selección de materias de la carrera de ingeniería industrial que pueden hacer uso de los servicios del laboratorio de fabricación digital

Fuente: Elaboración propia

Es importante mencionar que Esta lista será sometida a filtros más rigurosos en la etapa de diseño de la solución, en la que se realizará la escogitación final de cátedras que serán tomadas en cuenta para el desarrollo de guías de trabajo en el centro.

DISPONIBILIDAD DE EMPRESAS PARA EL USO DE SERVICIOS DE FABRICACIÓN DIGITAL

A pesar que la disposición de las empresas manufactureras a hacer uso de los servicios de fabricación digital ofertados por el laboratorio de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador no puede extrapolarse para realizar una proyección exacta del comportamiento del total del segmento de mercado consumidor, por ser un estudio de tipo cualitativo y no cuantitativo, la información obtenida permite estimar que existe mercado consumidor externo a la Universidad de El Salvador que dispuesto a hacer uso de los servicios prestados por el centro, y que es lo suficientemente grande para garantizar la continuidad de operaciones del laboratorio en la línea de servicios orientados al desarrollo e investigación de nuevos productos para el sector productivo del país.

Al remitirse a los datos obtenidos a través del instrumento de recolección de información del mercado consumidor, se observa que el 59% de los consultados estiman que dentro de sus empresas existen procesos productivos que permiten la incorporación de tecnologías de fabricación digital, de estas el 25% aseveró que está en condiciones de introducir las TFD directamente en su empresa y el 21% que está en condiciones de introducirlas por medio de servicios de outsourcing; al cuestionar a este último segmento sobre su disposición para adquirir los servicios de fabricación digital a través del laboratorio de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador, el 60% expresó que está en disposición de contratar los servicios a través de la EII. En cuanto al periodo de introducción de tecnologías de fabricación digital, tanto de formada directa como por medio de outsourcing, el 29% manifestó estar en la capacidad de introducirlas a corto plazo, el 29% a mediano plazo y el 6% a largo plazo.

SERVICIOS DEMANDADOS

Respecto de los servicios de fabricación digital demandados por los segmentos consultados, se obtuvo que para las empresas manufactureras el diseño e impresión de 3D de productos fue seleccionado el mayor número de ocasiones, seguido por el bloque de servicios formado por asesoría en el desarrollo de productos usando TFD, fresado CNC y corte láser, que

registraron la misma frecuencia; en tercer lugar se encuentran los servicios de programación y electrónica; finalmente la selección es completada por los servicios de router CNC, corte y grabado láser.

Mientras que los servicios seleccionados por catedráticos de la EII son encabezados por el fresado CNC, Programación e Impresión 3D; siguiendo a este bloque se encuentran los procesos de diseño 3D de productos y la asesoría en el desarrollo de productos usando TFD; según la frecuencia de selección, los procesos anteriores son seguidos por torno CNC, corte y grabado láser; el resto de la lista lo conforman los servicios de Corte de vinilo y animación 3D.

Finalmente los expertos entrevistados señalaron en primer lugar al fresado CNC y el diseño 3D de productos empleando software CAD, seguidos por los servicios de escaneo 3D, impresión 3D, corte láser y las asesorías en el desarrollo de programas interactivos y de productos empleando tecnologías de fabricación digital; en último lugar fueron seleccionados los servicios de programación y torno CNC.

PRESTACIÓN DE SERVICIOS Y CANALES DE COMUNICACIÓN

Como se estipuló previamente, la información recolectada a través de la investigación del segmento consumidor por el grupo analista no pretende convertirse en una herramienta de proyección matemática del comportamiento del mercado, únicamente busca establecer líneas de trabajo para el laboratorio de fabricación digital de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador que respondan a las necesidades y procesos productivos del sector manufactura y permitan el funcionamiento del laboratorio de forma sostenible.

La investigación sobre la forma de prestación de los servicios para el segmento del mercado consumidor de empresas de manufactura, incluyó la consulta de aspectos como las formas de pago y los medios de contacto que mejor se adaptan a sus necesidades y procesos productivos; respecto a las formas de pago, se concluye que el desembolso de un anticipo del 50% del monto total y un pago del 50% restante contra entrega; no sólo es la forma de cancelación seleccionada por el mayor número de empresas abordadas, 56% de los entrevistados, sino que también en la forma de cancelación que se adecúa tanto a las necesidades de las empresas de efectuar un desembolso en montos que no impliquen un desajuste de su sostenibilidad financiera, como a las necesidades de funcionamiento del laboratorio.

Respecto de los medios de promoción y comunicación del centro, el contacto a través de correo electrónico y la comunicación de forma presencial, por medio de visitas a los diferentes clientes o de estos al laboratorio, son los medios mejor que se adaptan al requerimiento de las empresas de verificar que el proceso de elaboración de piezas y prototipos cumpla con sus requerimientos. A través de la consulta a empresas se identificaron nuevas formas de promoción que pueden ser usadas por el Laboratorio de Fabricación Digital de la EII como la carta de servicios que consiste en una carta enviada a posibles clientes haciéndoles saber del laboratorio, los servicios que presta, las ventajas y características diferenciadoras que posee en el mercado, el contacto directo y proyectos realizados, el envío de la carta es acompañada por llamadas telefónicas a sus destinatarios informándoles del envío e invitándoles a conocer más del laboratorio.

2.5. ESTUDIO DE MERCADO ABASTECEDOR

La importancia del estudio de mercado abastecedor radica en formar una idea clara acerca de los elementos que afecta o deciden la elección de las materias primas, suministros e insumos. En este mercado se abordan las posibles alternativas de obtención de las materias primas, condiciones de compra, calidades, disponibilidad, condiciones de abastecimiento, vida útil, tiempos de entrega, la posible estacionalidad de las materias primas entre otros aspectos que serán trascendentales para el desarrollo del proyecto. Al obviar alguno de estos aspectos se corre el riesgo de tener una falla en el funcionamiento del proyecto, para el presente caso de la implementación de un laboratorio de fabricación digital, es de gran relevancia marcar la proyección de los suministros que se usarán en las diversas maquinarias y equipos ya que la funcionalidad de los laboratorios se da en la práctica que los usuarios realizarán en ellos.

El presente estudio muestra una particularidad y es que la materia prima a usar dependerá de la maquinaria elegida para uso en el laboratorio de fabricación digital, sin embargo, es hasta en la fase de diseño detallado del proyecto donde se brindan las posibles alternativas de maquinaria y equipo a utilizar, por lo tanto, para realizar el análisis de proveedores se deberá realizar una previa idea de las posibles maquinarias y equipos a usar en el laboratorio.

A futuro se deben considerar las políticas y normativas de la Universidad de El Salvador en cuanto a cómo se manejan las compras o adquisiciones en la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, ya que el proyecto del laboratorio posiblemente dependerá de las disposiciones de la universidad; se debe tomar en consideración que la financiación del proyecto sea por otros medios y no por fondos propios de la Universidad de El Salvador.

Para el desarrollo de la investigación del mercado abastecedor, se estructura la metodología del estudio, se detalla el tipo de investigación, fuentes de información, herramientas de investigación y el universo de interés que involucra el estudio. Además, se describirá el perfil del abastecedor, se exponen los principales hallazgos de la investigación de mercado, resaltando aquellos puntos que se consideren pueden alterar o modificar en alguna medida la solución o diseño proyectado.

2.5.1. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO DEL MERCADO ABASTECEDOR

La metodología de la investigación del mercado abastecedor considera en primer lugar, la identificación de los componentes del laboratorio de fabricación digital, como lo son softwares, maquinaria, equipo y materias primas. Luego se detallan las diversas fuentes de abastecimiento divididas en fuentes locales e internacionales.

Se proceda a realizar la caracterización del mercado, lo que consiste en asignar cualidades que deben cumplir los proveedores para ser tomados en consideración en el proyecto, la caracterización se elabora con los siguientes pasos:

1. Identificación de maquinaria y equipo
2. Identificación de materias primas, insumos y suministros
3. Fuentes de abastecimiento, localización de fuentes de abastecimiento, condiciones y disponibilidad.
4. Caracterización de los abastecedores

2.5.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

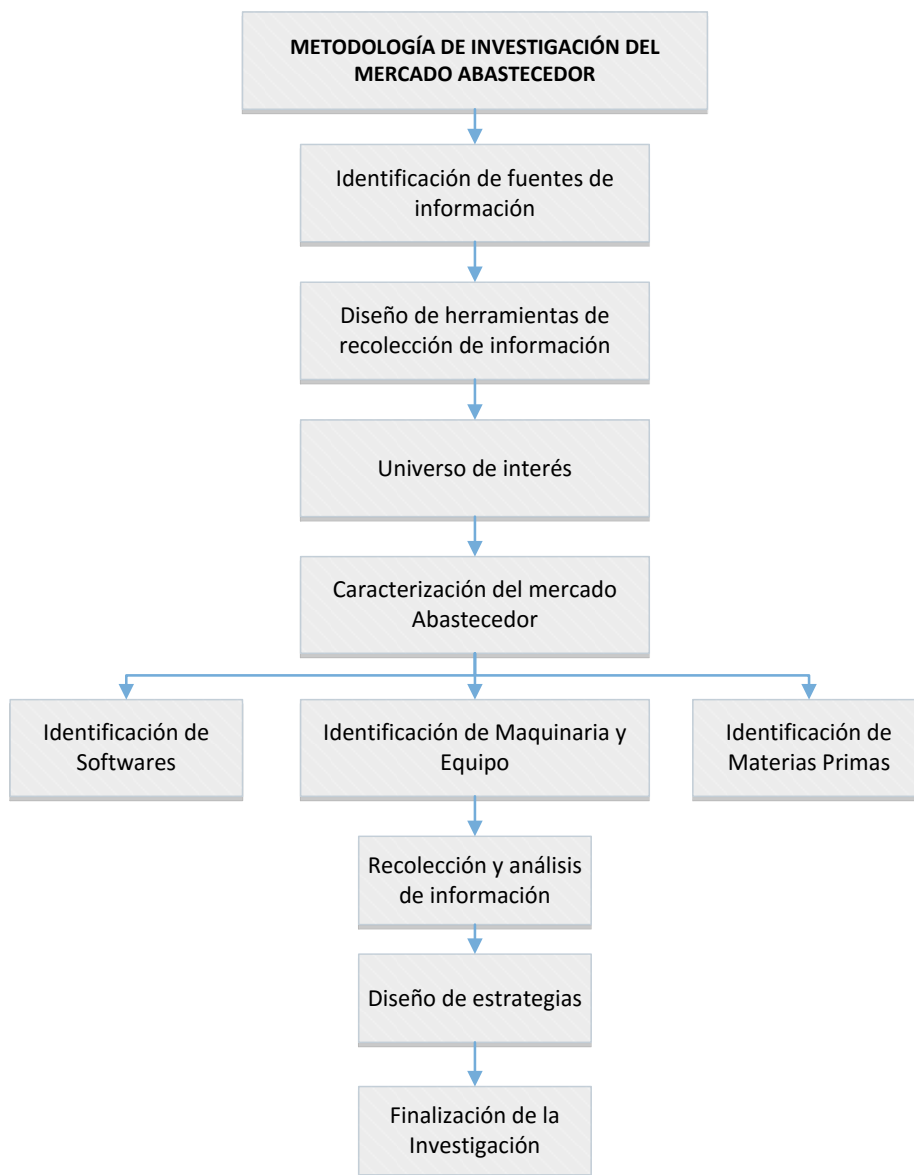
El tipo de investigación a desarrollar en el presente estudio de mercado abastecedor, es descriptiva; para el caso particular de los sujetos de interés se tiene que considerar la propiedad que un mercado abastecedor se enfoca al suministro de materias primas, suministro e insumos, para el proyecto de análisis de la implementación de un laboratorio de fabricación digital se estudiará, en primer lugar, las posibles maquinarias, equipos y softwares a utilizar en el laboratorio de fabricación digital con esto se obtendrá una idea clara acerca de cuáles serán las líneas de suministro de materiales a seguir. Cabe destacar que la maquinaria que se utiliza en los laboratorios de fabricación digital tiene la propiedad que la materia prima con la que trabajan, son específicas para un cierto modelo de maquinaria, por lo tanto, se debe tener una idea previa a la etapa de diseño del laboratorio cuales podrían ser algunas de las maquinas empleadas.

Para observar el mercado abastecedor, la investigación de campo no es funcional, ya que los proveedores son a nivel internacional, por lo tanto se utilizarán fuentes de información secundarias La investigación descriptiva consiste en observar al sujeto de interés en su entorno normal, sin ninguna intervención o alteración por parte del observador, lo cual será

aplicado en el presente estudio debido a que el trato que se tendrá con los posibles proveedores será a nivel de recolección de información .

Para delimitar una zona de abastecimiento, no se tendrá un área geográfica marcada o limitada en un mapa ya que el mercado es muy extenso, resaltando que la industria del comercio obedece a un mundo globalizado, se podría dar el caso de estar contactando a una oficina en Costa Rica para el pedido de un tipo de maquinaria y la empresa que proveerá la maquinaria se encuentra localizada en Alemania, sin embargo el cliente no se da cuenta que el área geográfica en la cual está influyendo económicamente es a parte de la región centroamericana, un país de Europa.

2.5.1.2. METODOLOGÍA GENERAL DEL ESTUDIO DE MERCADO ABASTECEDOR



*Esquema 42 Metodología de Investigación de Mercado Abastecedor
Fuente: Elaboración propia*

La metodología general del mercado abastecedor, sigue los lineamientos establecidos previamente en la metodología general de la investigación. Para comenzar se es necesario realizar la selección e investigación del mercado abastecedor, de manera que se estudien los posibles proveedores tanto de maquinaria y equipo como de materia prima, ya que uno va relacionado directamente con el otro.

Se realizará la identificación y caracterización del mercado abastecedor, adecuando a los elementos que conforman los laboratorios de fabricación digital, la identificación consiste en determinar cuáles son los posibles proveedores puntualmente, la segmentación es delimitar y la caracterización brindar cualidades específicas que contendrán los proveedores. Luego se procede al diseño de la investigación donde se elaboran herramientas de recolección de información y plan de muestreo, para luego realizar la recolección y análisis de la información con lo que se elabora las estrategias del mercado el propósito por el cual se realiza la investigación.

2.5.1.3. FUENTES DE INFORMACIÓN

Para el desarrollo de la investigación del mercado proveedor se utilizarán fuentes secundarias de información, las cuales permiten obtener información previamente escrita sobre el tema en análisis, provenientes de estadística, trabajos de grado, libros, datos propios de alguna empresa, revistas, documentos oficiales o cualquier otro medio que ha registrado información que tenga alguna relación con respecto al tema de investigación.

Además, para estudiar el mercado proveedor, se procederá a usar el método de la observación, de la siguiente manera:

1. Observar los productos presentes en el mercado
2. Servicios que prestan los proveedores, tanto pre y post venta
3. Estrategias de cubrimiento de mercado
4. Clientes

Se proceder a visitar las diversas páginas webs y redes sociales de los posibles proveedores, se podrá mediante las visitas a las páginas sitios, obtener información de políticas, estrategias, clientes y otros ya que es común que se maneje esta información en internet.

Uno de los puntos de gran relevancia a tratar es la localidad en donde accionan los proveedores, su accesibilidad entre otros aspectos de importancia para la obtención final de los elementos necesarios en el laboratorio de fabricación digital.

2.5.1.4. HERRAMIENTAS DE INVESTIGACIÓN

Para el desarrollo de las investigaciones de mercado se seleccionan las diversas herramientas que se aplican para la recolección de la información, para el caso del estudio del mercado

proveedor de la implementación de un laboratorio de fabricación digital no serán necesarias las herramientas de uso común como la encuesta y entrevista; esto debido a que por las características propias del mercado en estudio se utilizarán únicamente fuentes secundarias de información, por lo tanto, las herramientas serán internet, libros, revistas, datos de estadísticas de gobierno, estadísticas de particulares o cualquier otro tipo de documentación que sea relevante para el tema de investigación. Esto aplica al mercado proveedor ya que en los mercados consumidor y competidor se utilizarán las herramientas de encuestas, entrevistas, focus group, entre otros.

2.5.1.5. UNIVERSO DE INTERES

El universo de interés, se refiere a la delimitación del grupo de individuos en los que se enfocará la investigación, se procede a segmentar en grupos con características uniformes. La segmentación se puede basar de forma geográfica, demográfica, psicográfica, socioeconómica y conductual.

Para el caso del mercado proveedor, el universo de interés resulta un tanto amplio, ya que su segmentación se basará en características técnicas, es decir, que se tomarán como universo de interés aquellos posibles proveedores de las materias primas, suministros e insumos que cumplan con los requerimientos técnicos requeridos por la maquinaria, equipo y softwares que funcionarán en el laboratorio de fabricación digital.

2.5.2. CARACTERIZACIÓN DEL MERCADO ABASTECEDOR

La caracterización del mercado abastecedor, consiste en marcar los elementos que identifiquen o diferencien a los posibles proveedores en el diseño de un laboratorio de fabricación digital. Es en esta parte donde se podrá brindar una idea más clara y hasta cierto punto delimitar los actores que se presentarán como abastecedores, ya que es en esta parte donde se identifican las especificaciones brindadas por el mercado, con lo cual se puede realizar una comparativa con las necesidades que requerirá el diseño del laboratorio.

Como se mencionó anteriormente, para lograr un correcto análisis de la provisión de materia prima, suministros e insumos, se es necesario conocer previamente que tipo de maquinaria y equipo se utilizarán, debido a que depende totalmente del tipo de maquinaria y equipo la definición de las materias primas a usar, por lo tanto, se describe en primer lugar los softwares, maquinarias y equipos.

2.5.2.1. IDENTIFICACIÓN DE SOFTWARE

SOFTWARE

En un laboratorio de fabricación digital se utilizan diversos softwares, esto dependerá del tipo de productos o servicios que se pretendan brindar. En el marco referencial se mencionan los requerimientos que debe cumplir un laboratorio de fabricación digital, entre estos se mencionan los software 2D para diseño, modificación de imágenes y escaneo de imágenes, además en un enfoque un tanto más artístico se utilizan diversos softwares de tipo vector o landscape, en el mercado existe una amplia variedad de estos, sin embargo, se debe tomar en consideración si estos son software libre o si se debe realizar la compra de las licencias oficiales para poder ejecutar proyectos en determinados softwares. Además, se cuenta con los programas de diseño 3D, con los cuales se busca la construcción de productos o partes, en volúmenes reales o a escala, con los cuales se tiene una mejor interpretación o visualización del producto real, para este tipo de diseño se cuenta con una amplia gama de software que al igual que con los diseños en 2D se tienen softwares libres y otros que es necesario la compra de la licencia. Otros softwares que se usan en los laboratorios de fabricación digital son los de audio y video, ya que algunos proyectos ameritan soluciones de tipo multimedia, esto dependerá del proyecto en cuestión. Otros softwares utilizados en los laboratorios de fabricación digital son los de simulación ya que se utilizarán tarjetas electrónicas en los proyectos de automatización, se espera estos se complementen entre ellos.

A continuación, se describe brevemente algunos de los softwares utilizados en los laboratorios de fabricación digital, cabe destacar, que solo son algunos de los existentes en el mercado, exponer la amplia gama de estos programas abarcaría un estudio propio de ellos, por lo tanto solamente se exponen aquellos con los cuales se ha tenido un tipo de acercamiento en los proyectos hasta ahora ejecutados por los estudiantes de la Universidad de El Salvador; sin embargo esto no limita a la posibilidad que en la etapa de diseño del laboratorio se opte por utilizar un programa que probablemente nunca ha sido abordado por los estudiantes o profesores de la Universidad de El Salvador.

SOFTWARES 2D: DISEÑO, IMÁGENES DE TRAMA Y LANDSCAPE

Las herramientas de dibujo en 2D se basan en entidades geométricas vectoriales como puntos, líneas, arcos y polígonos, con las que se puede operar a través de una interfaz gráfica. Algunos softwares 2D:

1. GIMP

GIMP es un acrónimo de GNU Image Manipulation Program. Es un programa de distribución gratuita para tareas como retoque fotográfico, composición de imágenes y creación de imagen. El editor de imágenes ES gratuito y de código abierto. GIMP es un editor de imágenes multiplataforma disponible para GNU / Linux, OS X, Windows y más sistemas operativos. El software, puede cambiar su código fuente y distribuir los cambios. El software se orienta para los diseñadores gráficos, fotógrafos, ilustradores, o científicos, a proporciona herramientas sofisticadas para hacer su trabajo. GIMP proporciona las herramientas necesarias para la manipulación de imágenes de alta calidad. De retoque a la restauración de materiales compuestos creativas, el único límite es su imaginación. La creación de las ilustraciones originales es una característica especial del programa, GIMP ofrece a los artistas la potencia y flexibilidad para transformar imágenes en creaciones verdaderamente únicas. (The GIMP Team, 2015)



Ilustración 10 Logo GIMP
FUENTE: GIMP.ORG

2. PHOTOSHOP

Es un editor de gráficos rasterizados desarrollado por Adobe Systems Incorporated. Usado principalmente para el retoque de fotografías y gráficos, su nombre en español significa literalmente "taller de fotos". Es líder mundial del mercado de las aplicaciones de edición de imágenes y domina este sector de tal manera que su nombre es ampliamente empleado como sinónimo para la edición de imágenes en general. Photoshop ha dejado de ser una herramienta únicamente usada por diseñadores, para convertirse en una herramienta usada profusamente por fotógrafos profesionales de todo el mundo, que lo usan para realizar el proceso de retoque y edición digital, no teniendo que pasar ya por un laboratorio más que para la impresión del material. (ADOBE, 2016)



Ilustración 11 Logo Photoshop
Fuente: adobe.com.la

3. MyPaint

El programa ha mostrado un avance rápido hasta el día de hoy, MyPaint es una herramienta ágil, libre de distracciones, y fácil para los pintores digitales. Es compatible con las tabletas gráficas hechas por Wacom³⁸, y muchos otros dispositivos similares. Su motor de cepillo es versátil y configurable, y proporciona herramientas útiles y productivos. (MyPaint, 2014)



Ilustración 12 Logo MyPaint
FUENTE: MYPAIN.T.ORG

Los cepillos estándar pueden emular los medios tradicionales como el carbón, lápices, tinta o pintura. Pero no tiene por qué limitarse a sólo las normales. Es fácil de hacer, nuevos pinceles expresivos ingeniosos que no responden a nada convencional. El modo de pantalla completa elimina los líos de la interfaz, dejándole con sólo su cepillo y su creatividad. Todavía se puede revelar las herramientas que desea, cuando los necesite. Este enfoque libre de distracciones significa que puede concentrarse mejor en el arte de hacer, no la herramienta que hará con. MyPaint tiene la simplicidad, sin embargo, le da todas las herramientas que necesita para crear una gran obra de arte. (MyPaint, 2014)

³⁸ Wacom: Marca de pantallas para lápiz interactivo

4. ILLUSTRATOR

El programa consiste en crea ilustraciones vectoriales. La aplicación de gráficos vectoriales estándar del sector te permite crear logotipos, iconos, bocetos, tipografías y complejas ilustraciones para cualquier formato: impreso, web, interactivo, vídeo y móvil. Adobe Illustrator (AI) es un editor de gráficos vectoriales en forma de taller de arte que trabaja sobre un tablero de dibujo, conocido como “mesa de trabajo” y está destinado a la creación artística de dibujo y pintura para ilustración (ilustración como rama del arte digital aplicado a la ilustración técnica o el diseño gráfico, entre otros). Adobe Illustrator contiene opciones creativas, un acceso más sencillo a las herramientas y una gran versatilidad para producir rápidamente gráficos flexibles cuyos usos se dan en (maquetación-publicación) impresión, vídeo, publicación en la Web y dispositivos móviles. (ADOBE, 2016)



Ilustración 13 Logo Illustrator

FUENTE: ADOBE.COM.LA

5. FreeCAD

FreeCAD es una aplicación libre de diseño asistido por computadora en tres dimensiones, ingeniería asistida por computadora, para la asistencia en ingeniería mecánica y el diseño de elementos mecánicos. Está basado en Open CASCADE y programado en los lenguajes C++ y Python. FreeCAD presenta un entorno de trabajo similar a CATIA, SolidWorks, SolidEdge, ArchiCAD o Autodesk Revit. Utiliza técnicas de modelado paramétrico y está provisto de una arquitectura de software modular, pudiendo añadir de forma sencilla funcionalidades sin tener que cambiar el núcleo del sistema. (FreeCAD, 2014)



Open Source parametric 3D CAD modeler

Fuente: freecadweb.org

Ilustración 14 Logo FreeCAD

A diferencia de los CAD analíticos tradicionales, como pueden ser AutoCAD o Microstation, FreeCAD es un CAD paramétrico que utiliza parámetros para definir sus límites o acciones.

En el diseño paramétrico cada elemento del dibujo (muros, puertas, ventanas, entre otros) es tratado como un objeto, el cual no es definido únicamente por sus coordenadas espaciales (x, y, z), sino también por sus parámetros, ya sean estos gráficos o funcionales. Las bases de datos relacionadas con los objetos hacen que este software, y especialmente su banco de trabajo de arquitectura, esté muy relacionado con el enfoque BIM, en el que un modelo BIM contiene el ciclo de vida completo de la construcción, desde el concepto hasta la edificación. Como muchos modernos modeladores CAD en 3D, tiene un componente para dos dimensiones para extraer un diseño detallado de un modelo 3D y con ello producir dibujos en 2D, pero el diseño directo en 2D (como el de AutoCAD LT) no es la meta, ni tampoco la animación ni formas orgánicas (como las creadas por Maya, 3ds Max o Cinema 4D). (FreeCAD, 2014)

SOFTWARES CAD 3D

El diseño asistido por computadora, se utiliza en un amplio rango de herramientas computacionales que asisten a ingenieros, arquitectos y diseñadores. Algunos de los softwares utilizados son:

1. SKETCH UP

Es un programa de diseño gráfico y modelado en tres dimensiones basado en caras o capas, para entornos de arquitectura, ingeniería civil, diseño industria, diseño escénico, GIS, videojuegos o películas.



Ilustración 15 Logo SketchUp

Fuente: sketchup.com.es

Su principal característica es la de poder realizar diseños en 3D de forma extremadamente sencilla. El programa incluye entre sus recursos un tutorial en vídeo para ir aprendiendo paso a paso cómo se puede ir diseñando y modelando el propio ambiente. Permite conceptualizar y modelar imágenes en 3D de edificios, coches, personas y cualquier objeto o artículo que imagine el diseñador o dibujante, además el programa incluye una galería de objetos, texturas e imágenes listas para descargar.

Sketchup publica el lenguaje en el que están escrito en Ruby³⁹ los comandos para que los usuarios puedan escribir segmentos de programa para cambiar la funcionalidad. Estos pequeños o grandes programas se llaman plugins. Existe una gran variedad de estos con aplicaciones particulares como el dibujo automatizado de techumbres, piezas de acero, cabello, entre otros. (SketchUp, 2016)

2. AUTODESK 123D

Autodesk 123D es un conjunto de funciones CAD y herramientas de modelado 3D creadas por Autodesk. Es similar al alcance de Sketch Up y está basado en Autodesk Inventor. Además, de las funciones más básicas de dibujo y modelado también tiene el montaje y la restricción de apoyo de STL⁴⁰. Disponible para el software se encuentran también una biblioteca de bloques y objetos previamente elaborados. Autodesk también está trabajando en colaboración con tres empresas (Ponoko, Techshop y 3D Systems) que permitan a los usuarios de 123D para crear objetos físicos a partir de sus diseños utilizando la impresión 3D tecnología. (AUTODESK, 2016)

CATCH: Crea modelos 3D a partir de fotografías tomadas en diferentes ángulos utilizando la fotogrametría, es una de las principales herramientas de 123D.

El programa de captura de Autodesk está disponible para su uso en Windows en su página web. Además, existe una aplicación en la tienda de juegos para Android, la tienda de aplicaciones para iOS, y la tienda de Windows Phone. Estos programas utilizan la tecnología de fotogrametría para crear un modelo 3D de varias imágenes tomadas por el usuario. Esto se hace uniendo las imágenes visuales con estructuras comunes de forma automática, a continuación, preguntar al usuario para ayudar a conectar los puntos que no se pudo determinar a través de software. La captura se puede utilizar para crear modelos 3D de las personas, lugares y cosas. Con la creación de una cuenta de Autodesk, los usuarios también

³⁹ Ruby: Lenguaje de programación interpretativo, reflexivo y orientado a objetos

⁴⁰ STL: Formato de archivo de estereolitografía CAD

pueden exportar sus modelos de nueva creación para manipular aún más en el popular software de modelado 3D.



*Ilustración 16 Logo Autodesk 123D
Fuente: Autodesk.es*

SOLIDWORKS

Brinda herramientas de software 3D completas para crear, simular, publicar y administrar los datos. Los productos de SolidWorks son fáciles de aprender y utilizar; obtendrá mejores diseños, más rentables y de forma más rápida. La facilidad de uso de los productos de SolidWorks permite a más ingenieros, diseñadores y profesionales de la tecnología centrarse más que nunca en las ventajas del 3D al darles vida a los diseños. (Dassault Systemes SolidWorks Corporation, 2016)



*Ilustración 17 Logo SolidWorks
Fuente: Autodesk.es*

El programa permite modelar piezas y conjuntos y extraer de ellos tanto planos técnicos como otro tipo de información necesaria para la producción. Es un programa que funciona con base en las nuevas técnicas de modelado con sistemas CAD. El proceso consiste en traspasar la idea mental del diseñador al sistema CAD, "construyendo virtualmente" la pieza o conjunto. Posteriormente todas las extracciones (planos y ficheros de intercambio) se realizan de manera bastante automatizada.

3. AUTODESK INVENTOR

Autodesk Inventor se basa en técnicas de modelado paramétrico. Los usuarios comienzan diseñando piezas que se pueden combinar en ensamblajes. Corrigiendo piezas y ensamblajes pueden obtenerse diversas variantes. Como modelador paramétrico, no debe ser confundido con los programas tradicionales de CAD. Inventor se utiliza en diseño de ingeniería para

producir y perfeccionar productos nuevos, mientras que en programas como AutoCAD se conducen solo las dimensiones. Un modelador paramétrico permite modelar la geometría, dimensión y material de manera que, si se alteran las dimensiones, la geometría actualiza automáticamente basándose en las nuevas dimensiones. Esto permite que el diseñador almacene sus conocimientos de cálculo dentro del modelo, a diferencia del modelado no paramétrico, que está más relacionado con un “tablero de bocetos digitales”. Inventor también tiene herramientas para la creación de piezas metálicas. Como parte final del proceso, las partes se conectan para hacer ensamblajes. Los ensamblajes pueden consistir en piezas u otros ensamblajes. Las piezas son ensambladas agregando restricciones entre las superficies, bordes, planos, puntos y ejes. (AUTODESK, 2016)



Ilustración 18 Autodesk Inventor

Fuente: autodesk.es

4. AUTOCAD

Autodesk AutoCAD es un software de diseño asistido por computadora utilizado para dibujo 2D y modelado 3D. Actualmente es desarrollado y comercializado por la empresa Autodesk. El nombre AutoCAD surge como creación de la compañía Autodesk, donde Auto hace referencia a la empresa y CAD a dibujo asistido por computadora (por sus siglas en inglés *computer assisted drawing*). AutoCAD es un software reconocido a nivel internacional por sus amplias capacidades de edición, que hacen posible el dibujo digital de planos de edificios o la recreación de imágenes en 3D; es uno de los programas más usados por arquitectos, ingenieros, diseñadores industriales y otros. Además de acceder a comandos desde la solicitud de comando y las interfaces de menús, AutoCAD proporciona interfaces de programación de aplicaciones (API) que se pueden utilizar para determinar los dibujos y las bases de datos. (AUTODESK, 2016)



Ilustración 19 Logo Autodesk AutoCAD

FUENTE: AUTODESK.ES

Entre las funciones de AutoCAD gestiona una base de datos de entidades geométricas (puntos, líneas, arcos y otros) con la que se pueden operar a través de una pantalla gráfica en la que se muestra el llamado editor de dibujo. Procesa imágenes de tipo vectorial, aunque admite incorporar archivos de tipo fotográfico o mapa de bits, donde se dibujan figuras básicas o primitivas. Permite organizar los objetos por medio de capas o estratos, ordenando el dibujo en partes independientes con diferente color y grafismo.

5. MAYA

Autodesk Maya es un programa informático dedicado al desarrollo de gráficos 3D por ordenados, efectos especiales y animación. Surgió a partir de la evolución de Power Animator y de la fusión de Alias y Wavefront, dos empresas canadienses dedicadas a los gráficos generados por el ordenador. Más tarde Silicon Graphics, el gigante informático, absorbió a Alias-Wavefront, que finalmente fue absorbida por Autodesk dueña de 3d Studio Max.



Ilustración 20 Logo Maya

FUENTE: AUTODESK.ES

Maya se caracteriza por su potencia y las posibilidades de expansión y personalización de su interfaz y herramientas. MEL (Maya Embedded Language) es el código que forma el núcleo de Maya y gracias al cual se pueden crear scripts y personalizar el paquete. El programa posee

diversas herramientas para modelado, animación, renderización, simulación de ropa y cabello, dinámicas (simulación de fluidos) y otros. (AUTODESK, 2016)

6. CORELDRAW

CorelDRAW es una aplicación informática de diseño gráfico vectorial, es decir, que usa fórmulas matemáticas en su contenido. Ésta, a su vez, es la principal aplicación de la suite de programas CorelDRAW Graphics Suite ⁴¹ ofrecida por la corporación Corel y que está diseñada para suplir múltiples necesidades, como el dibujo, la maquetación de páginas para impresión y/o la publicación web, todas incluidas en un mismo programa. Actualmente la versión más reciente de CorelDRAW es la versión X8 (V.18) (Corel Corporation, 2016)

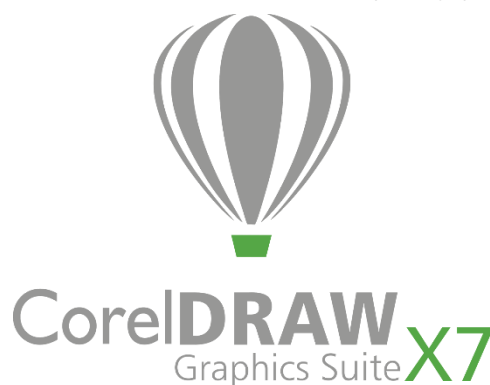


Ilustración 21 Logo CorelDRAW

FUENTE: CORELDRAW.COM/LA/

2.5.2.2. IDENTIFICACIÓN DE MAQUINARIA Y EQUIPO

Uno de los componentes de gran importancia en un laboratorio de fabricación digital es la maquinaria, ya que son los dispositivos que se usaran para el desarrollo de los productos; los diversos laboratorios de fabricación digital tienen en común las siguientes máquinas: impresoras 3D y cortadoras láser.

TIPOS DE IMPRESORAS 3D

Una impresora 3D es una máquina capaz de realizar réplicas de diseños en 3D, creando piezas o maquetas volumétricas a partir de un diseño hecho por ordenador, descargado de internet o recogido a partir de un escáner 3D. Surgen con la idea de convertir archivos de 2D en prototipos reales o 3D. Comúnmente se ha utilizado en el prototipado o en la prefabricación de piezas o componentes, en sectores como la arquitectura y el diseño industrial. En la

⁴¹ CorelDRAW Graphics suite: Paquete de programas enfocado al sector de diseño gráfico, distribuido por la compañía Corel.

actualidad se está extendiendo su uso en la fabricación de prótesis médicas, ya que la impresión 3D permite adaptar cada pieza fabricada a las características exactas de cada paciente.

La impresión 3D en el sentido original del término se refiere a los procesos en los que secuencialmente se acumula material en una cama o plataforma por diferentes métodos de fabricación, tales como polimerización, inyección de aporte, inyección de aglutinante, extrusión de material, cama de polvo, laminación de metal y depósito metálico. A continuación, se muestra una de las clasificaciones de impresión 3D:

TIPO	TECNOLOGÍAS	MATERIALES
Extrusión	Modelado por deposición fundida (FDM)	Termoplásticos HDPE, metales eutécticos ⁴² , materiales comestibles
Hilado	Fabricación por haz de electrones (EBF)	Casi cualquier aleación
Granulado	Sinterizado directo de metal por láser (DMLS)	Casi cualquier aleación
	Fusión por haz de electrones (EBM)	Aleaciones de titanio
	Sinterizado selectivo por calor (SHS)	Polvo termoplástico
	Sinterizado selectivo por láser (SLS)	Termoplásticos, polvos metálicos, polvos cerámicos
	Proyección aglutinante (DSPC)	Yeso
Laminado	Laminado de capas (LOM)	Papel, papel de aluminio, capa de plástico
Fotoquímicos	Estereolitografía (SLA)	Fotopolímero
	Fotopolimerización por luz ultravioleta (SGC)	Fotopolímero

Tabla 29 Clasificación de impresoras 3D

Fuente: Revista científica, World Scientific

⁴² Es una mezcla de dos componentes con punto de fusión o punto de vaporización mínimo, inferior al correspondiente a cada uno compuesto en estado puro.

1. IMPRESIÓN POR EXTRUSIÓN

DEPOSICIÓN DE MATERIAL FUNDIDO (FDM)

También conocida por FFF (Fused Filament Fabrication). La técnica aditiva del modelado por deposición fundida es una tecnología que consiste en depositar polímero fundido sobre una base plana, capa a capa. El material, que inicialmente se encuentra en estado sólido almacenado en rollos, se funde y es expulsado por la boquilla en minúsculos hilos que se van solidificando conforme van tomando la forma de cada capa.

Se trata de la técnica más común en cuanto a impresoras 3D de escritorio y usuarios domésticos se refiere. Aunque los resultados pueden ser muy buenos, no suelen ser comparables con los que ofrecen las impresoras 3D por SLA. La ventaja principal es que esta tecnología ha permitido poner la impresión 3D al alcance de cualquier persona. El proceso es sencillo:

1. **Procesado previo:** El software de preparación de bandeja lamina y coloca un archivo CAD 3D. A continuación, calcula la trayectoria para extrudir el material termoplástico y cualquier material de soporte necesario.
2. **Producción:** La impresora 3D calienta el material termoplástico hasta que alcanza un estado semilíquido y lo deposita en gotas ultrafinas a lo largo de la trayectoria de extrusión. En los casos en los que se precisa un soporte o apoyo, la impresora 3D deposita un material eliminable que hace las veces de andamiaje.
3. **Post procesado:** El usuario retira el material de soporte o lo disuelve en agua y detergente y, a continuación, la pieza ya se puede utilizar.

La utilización de este tipo de impresión ofrece diversas ventajas, como que es la tecnología más limpia, fácil de usar y adecuada para laboratorios u oficinas, los termoplásticos de producción compatibles son estables mecánica y medioambientalmente, las geometrías y las



Ilustración 22 Impresión por FDM

cavidades complejas que podrían ser problemáticas al usar otros sistemas se convierten en tarea fácil gracias a la tecnología FDM.

En cuanto al material utilizado, la tecnología FDM utiliza los mismos materiales termoplásticos probados que se pueden encontrar en los procesos de fabricación tradicionales. Para aplicaciones que requieran tolerancias exactas, resistencia y estabilidad medioambiental (o propiedades especializadas tales como la disipación electrostática, la translucencia, la biocompatibilidad, la inflamabilidad V0 y la clasificación FST), le presentamos un termoplástico de FDM que puede utilizar. Actualmente se utilizan una gran variedad de materiales, entre los que predominan ABS (Acrilonitrilo Butadieno Esterino) y PLA (Poliácido láctico).

2. IMPRESORAS 3D GRANULADAS

SINTERIZACIÓN SELECTIVA POR LÁSER (SLS)

También conocido en inglés como Selective Laser Sintering (SLS), esta tecnología se nutre del láser para imprimir los objetos en 3D. Nació en los años 80, y pese a tener ciertas similitudes con la tecnología SLA, ésta permite utilizar un gran número de materiales en polvo (cerámica, cristal, nylon, poliestireno, etc.). El láser impacta en el polvo, funde el material y se solidifica. Todo el material que no se utiliza se almacena en el mismo lugar donde inició la impresión por lo que, no se desperdicia nada.

El sinterizado selectivo por láser, conocido en inglés bajo el nombre de SLS (selective laser sintering), permite imprimir objetos funcionales sin recurrir a un aglutinante intermediario o a una eventual etapa de ensamble. Antes de la impresión, la concepción del objeto es realizada a partir de un software de CAD (CATIA, SolidWorks, ProEngineer y otros) para que este sea enviado a una impresora en formato numérico. Luego, la impresión se realiza capa por capa, a partir de polvos fusionados, gracias a la temperatura generada por un láser CO2. (Sánchez S. , 2015)

Este proceso es utilizado, no solamente en el área de diseño sino también en la industria automóvil, la aeronáutica y en la ingeniería biomédica (las piezas impresas son biocompatibles). Los dos grandes fabricantes de impresoras que utilizan el sinterizado selectivo por láser son 3D Systems y EOS GmbH, cada cual proponiendo una extensa lista de impresoras.



*Ilustración 23 Piezas dentales
Fuente: xataca.com*

Una de las impresoras 3D más famosas que utilizan esta tecnología de impresión 3D es la EOS. Con las dos últimas tecnologías se consigue una mayor precisión de las piezas impresas y mayor velocidad de impresión.

3. IMPRESORAS 3D POR FOTOQUÍMICOS

ESTEREOLITOGRAFÍA (SLA)

Esta técnica fue la primera en utilizarse. Este proceso, conocido como SLA (stereolithograph apparatus), utiliza el principio de foto-polimerización para fabricar modelos, en resinas acrílicas o epóxicas y en ABS, de todas las tallas y de una geometría compleja con una gran precisión. Antes de la impresión, un archivo numérico 3D es obtenido a través de un software de CAD (SolidWorks, Sculpt o Maya, por ejemplo). Este archivo, generalmente en formato STL, es transmitido a la máquina, donde un segundo software hace un corte del modelo en varias capas de impresión con un espesor fijo. Consiste en la aplicación de un haz de luz ultravioleta a una resina líquida (contenida en un cubo) sensible a la luz. (Sánchez S. , 2015).

CORTADORAS LÁSER

El corte con láser es una técnica empleada para cortar piezas de chapa (lámina de un material duro especialmente madera y metal); caracterizada en que su fuente de energía es un láser que concentra luz en la superficie de trabajo. Es especialmente adecuado para el corte previo y para el recorte de material sobrante pudiendo desarrollar contornos complicados en las piezas. Para destacar como puntos desfavorables se puede mencionar que este procedimiento requiere una alta inversión en maquinaria y cuanto más conductor del calor sea el material, mayor dificultad habrá para cortar. El láser afecta térmicamente al metal, pero si la graduación es la correcta no deja rebaba. Las piezas a trabajar se prefieren opacas y no pulidas porque reflejan menos. Los espesores más habituales varían entre los 0,5 y 6 mm para acero y aluminio. (TROTEC, 2016)

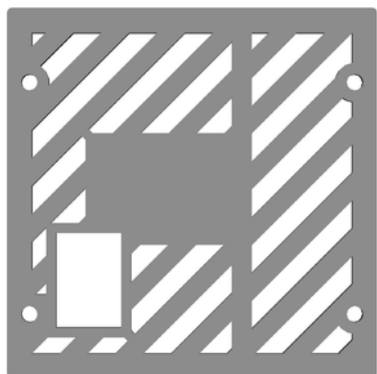


Ilustración 25 Dibujo de placa

Fuente: demaquinasyherramientas.com/mecanizado/

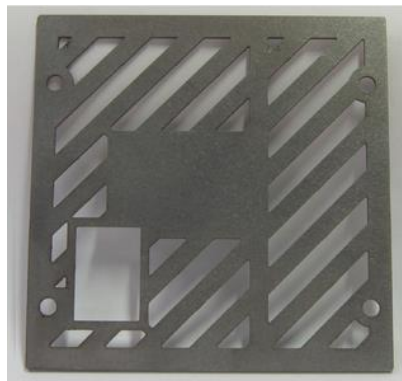


Ilustración 24 Placa con corte láser

Fuente: demaquinasyherramientas.com/mecanizado/

TIPOS DE CORTADORES LÁSER

A continuación, se presenta la clasificación de cortadoras láser (DE MAQUINAS HERRAMIENTAS, 2015):

1. LÁSER DE CO₂ (LÁSERES DE GAS)

Los láseres de CO₂ son láseres de gas basados en una mezcla gaseosa de dióxido de carbono que se estimula eléctricamente. Con una longitud de onda de 10,6 micrómetros, resultan adecuados sobre todo para tratar materiales no metálicos y la mayoría de los plásticos. Los láseres de CO₂ tienen una eficiencia relativamente alta y muy buena calidad de rayo, por lo que son uno de los tipos de láser más extendidos. Este tipo de láser es adecuado para los siguientes materiales: madera, acrílico, vidrio, papel, textiles, plásticos, películas, cuero y piedra.

2. LÁSER DE FIBRA

Los láseres de fibra pertenecen al grupo de los láseres sólidos. Generan el rayo láser mediante lo que se conoce como "Seed Laser" y lo amplifican en fibras de vidrio especialmente montadas a las que se suministra energía a través de diodos de bombeo. Con una longitud de onda de 1,064 micrómetros, los láseres de fibra consiguen un diámetro de foco muy pequeño, por lo que su intensidad es hasta 100 veces superior a la de los láseres de CO₂ de la misma potencia media emitida. Este tipo de láser es adecuado para los siguientes materiales: metales, metales revestidos y plásticos.

3. ND: YAG, ND: YVO (LÁSERES DE CRISTAL)

Como los láseres de fibra, los láseres de cristal pertenecen a los láseres sólidos. Para aplicaciones de marcado, en la actualidad estos láseres son bombeados por diodos (antes mediante lámparas de rayos). Los tipos de láser más habituales de esta categoría son Nd: YAG (granate de itrio-aluminio dopado de neodimio) y Nd: YVO (Ortovanadato de itrio dotado de neodimio), llamados así por el elemento de dopado neodimio y el cristal anfitrión. Con 1,064 micrómetros, los láseres de cristal presentan la misma longitud de onda que los láseres de fibra y por lo tanto también resultan adecuados para marcar metales y plásticos. Este tipo de láser es adecuado para los siguientes materiales: metales, metales revestidos, plásticos, y en parte también cerámica.

FRESADORA CNC

La introducción del control numérico computarizado (CNC) ha ampliado exponencialmente las aplicaciones de las máquinas industriales mediante la automatización programable de la producción y el logro de movimientos imposibles de efectuar manualmente, como círculos, líneas diagonales y otras figuras más complicadas que posibilitan la fabricación de piezas con perfiles sumamente complejos. Esto también se traduce en la optimización de muchas variables esenciales de todo proceso de manufactura: productividad, precisión, seguridad, rapidez, repetitividad, flexibilidad y reducción de desechos. La multiplicidad de fresadoras que existen hoy en día se ha expandido cómodamente hacia la proliferación de sus pares equipadas con CNC. De hecho, también existen kits especiales para transformar las viejas fresadoras en una fresadora CNC. (DE MAQUINAS HERRAMIENTAS, 2015)

Las fresadoras CNC están adaptadas especialmente para el fresado de perfiles, cavidades, contornos de superficies y operaciones de tallado de dados, en las que se deben controlar simultáneamente dos o tres ejes de la mesa de fresado. Aunque, dependiendo de la complejidad de la máquina y de la programación efectuada, las fresadoras CNC pueden funcionar de manera automática, normalmente se necesita un operador para cambiar las fresas, así como para montar y desmontar las piezas de trabajo.

Entre las industrias que emplean habitualmente fresadoras CNC se encuentran la automovilística (diseño de bloques de motor, moldes y componentes diversos), la aeroespacial (turbinas de aviones) y la electrónica (elaboración de moldes y prototipos), además de las dedicadas a la fabricación de maquinaria, instrumental y componentes eléctricos. (DE MAQUINAS HERRAMIENTAS, 2015)

MICROCONTROLADORES TARJETAS ELECTRÓNICAS

Una de las herramientas que se utilizan en los laboratorios de fabricación digital son los microcontroladores o tarjetas electrónicas, las cuales están ligadas a un software open source; las tarjetas electrónicas se aplican en proyectos de automatización, desarrollo de aplicaciones para dispositivos electrónicos, artistas, diseñadores, aficionados a la electrónica y cualquier interés en crear objetos y entornos interactivos.

Para comprender de que se trata un microcontrolador o una tarjeta electrónica, se compara con un PLC⁴³, el cual es una computadora utilizada en la industria para automatizar procesos electromecánicos, como el control de maquinaria en líneas de montaje o en funciones mecánicas. La función básica y primordial del PLC incluye el control del relé⁴⁴ secuencial, control de movimiento, control de procesos, sistemas de control distribuido y comunicación por red.

Los microcontroladores que actualmente se utilizan en los diversos laboratorios de fabricación digital son Arduino y Raspberry pi, esto según el Ingeniero Carlos Campos, docente de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Don Bosco (Saravia, 2016), debido a diversos beneficios para los usuarios como la facilidad del lenguaje de programación que utilizan, debido a la interface de código y programa de compilación, además de los precios relativamente bajos en el mercado de componentes electrónicos.

⁴³ PLC: Programmable Logic Controller (Controlador Lógico Programable)

⁴⁴ Relé: Interruptor que abre o cierra circuitos electrónicos independientes

“Tener una placa de Arduino, es como tener un PLC⁴⁵ en pequeño, sus funciones al final son muy parecidas solo que, a una escala de prototipos, por ello es que para laboratorios donde realizamos pruebas de automatización, proyectos a escala y cualquier proyecto en general de índole electrónico usamos un Arduino y no un PLC, abarataremos costos, simplificamos el trabajo y desarrollamos aplicaciones muy diversas” (Saravia, 2016).

A continuación, se describe brevemente las diversas tarjetas electrónicas existentes en el ámbito de la automatización; cabe mencionar que las tarjetas electrónicas son conocidas por diversos nombres, los que se mencionarán a continuación son microcontroladores, tarjetas electrónicas y tarjetas de desarrollo.

1. ARDUINO

Arduino es una herramienta para hacer que los ordenadores puedan sentir y controlar el mundo físico a través de una computadora u ordenador personal. Es una plataforma de desarrollo de computación física (physical computing) de código abierto, basada en una placa con un sencillo microcontrolador y un entorno de desarrollo para crear software (programas) para la placa. Arduino es una plataforma open source de desarrollo de prototipos, basada en hardware y software fácil de usar. Está desarrollada para artistas, diseñadores, aficionados a la electrónica, y cualquiera interesado en crear objetos y entornos interactivos. (Arduino, 2014).

Se puede usar Arduino para crear objetos interactivos, leyendo datos de una gran variedad de interruptores y sensores y controlar multitud de tipos de luces, motores y otros actuadores físicos. Los proyectos de Arduino pueden ser autónomos o comunicarse con un programa (software) que se ejecute en tu ordenador (ej. Flash, Processing, MaxMSP). La placa se puede montar por el usuario o comprarla ya lista para usar, en cuanto al software de desarrollo este es abierto y se puede descargar de forma gratuita.

A continuación, se describen algunos conceptos relacionados con Arduino:

1. Multi-Plataforma: El software de Arduino funciona en los sistemas operativos Windows, Macintosh OSX y Linux. La mayoría de los entornos para microcontroladores están limitados a Windows.

⁴⁵ PLC: Programmable Logic Controller (Controlador Lógico Programable)

2. Entorno de programación simple y directo: El entorno de programación de Arduino es fácil de usar para principiantes y lo suficientemente flexible para los usuarios avanzados. Pensando en los profesores, Arduino está basado en el entorno de programación de Processing⁴⁶ con lo que el estudiante que aprenda a programar en este entorno se sentirá familiarizado con el entorno de desarrollo Arduino.
3. Software ampliable y de código abierto: El software Arduino está publicado bajo una licencia libre y preparado para ser ampliado por programadores experimentados. El lenguaje puede ampliarse a través de librerías de C++, y si se está interesado en profundizar en los detalles técnicos, se puede dar el salto a la programación en el lenguaje AVR C en el que está basado. De igual modo se puede añadir directamente código en AVR C en los programas si así se desea.
4. Hardware ampliable y de Código abierto: Arduino está basado en los microcontroladores ATMEGA168, ATMEGA328y ATMEGA1280. Los planos de los módulos están publicados bajo licencia Creative Commons⁴⁷, por lo que diseñadores de circuitos con experiencia pueden hacer su propia versión del módulo, ampliándolo u optimizándolo. Incluso usuarios relativamente inexpertos pueden construir la versión para placa de desarrollo para entender cómo funciona y ahorrar algo de dinero.

COMPONENTES DE LA PLATAFORMA

1. Software
 - A. SDK (Software Developer Kit)
 - B. Escribir
 - C. Compilar Sketches
 - D. Cargarlos en el Hardware.
2. Hardware
 - A. Placa Arduino (diferentes versiones)
 - B. Diversos elementos que se pueden integrar a la placa, los cuales se adquieren por separado.

⁴⁶ Processing: Compilación de softwares de lenguaje flexible, para codificar en dispositivos visuales

⁴⁷ Creative Commons: Organización que permite compartir la creatividad y el conocimiento de manera gratuita, respetando derechos de autor, pero facilitando la edición de diversas obras.



*Ilustración 26 Placa de Arduino
Fuente: Elaboración propia*

C. RASPBERRY PI

Raspberry Pi es un ordenador de placa reducida o (placa única) de bajo costo desarrollado en Reino Unido por la Fundación Raspberry Pi, con el objetivo de estimular la enseñanza de ciencias de la computación en las escuelas. Aunque no se indica expresamente si es hardware libre o con derechos de marca, en su sección de preguntas y respuestas frecuentes (FAQs) explican que disponen de contratos de distribución y venta con dos empresas, pero al mismo tiempo cualquiera puede convertirse en revendedor o redistribuidor de las tarjetas RaspBerry Pi, por lo que se entiende que es un producto con propiedad registrada, pero de uso libre. De esa forma mantienen el control de la plataforma, pero permitiendo su uso libre tanto a nivel educativo como particular. Tampoco deja claro si es posible utilizarlo a nivel empresarial u obtener beneficios con su uso, asunto que se debe consultar con la fundación. (RASPBERRY PI FOUNDATION, 2016)

En cambio, el software sí es open source, siendo su sistema operativo oficial una versión adaptada de Debian⁴⁸, denominada RaspBian, aunque permite otros sistemas operativos, incluido una versión de Windows 10.

2.5.2.3. IDENTIFICACIÓN DE MATERIAS PRIMAS

La descripción de las materias primas es conforme al de maquinaria y equipo que se utilizarán en el laboratorio de fabricación digital, por lo tanto, se retoman los materiales mencionados

⁴⁸ Debian: Sistema operativo y distribución de software libre

anteriormente en cada tipo de maquinaria y también los posibles suministros e insumos que utilicen los equipos requeridos en un laboratorio de fabricación digital.

Para el caso de las impresoras 3D se tienen (Bernabé, 2016):

FILAMENTO

1. PLA (Poliácido Láctico)

Este material biodegradable es uno de los más utilizados en la impresión 3D; procede de materia orgánica (maíz, trigo y otros), por lo que ofrece capacidad de biodegradación bajo condiciones adecuadas. Sus ventajas permiten que el material sea utilizado para principiantes en la impresión 3D, algunas de ellas son:

- A. Facilidad de impresión
- B. No necesita cama caliente
- C. Muy estable
- D. Velocidad de impresión "más rápida" que otros materiales
- E. Se obtiene de recursos renovables
- F. Material reciclable

El material, presenta algunas desventajas, se mencionan a continuación:

- A. Poca resistencia térmica (se vuelve endeble a partir de los 60 °C)
- B. Material más frágil que otros materiales (poca resistencia mecánica)
- C. Sensible a la humedad (conservarlo al vacío o lejos de zonas húmedas)

2. ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno)

Este material plástico procedente del petróleo, es muy utilizado en la industria, ingeniería, piezas de automoción, elementos mecánicos, piezas industriales en general, entre otros. Además, se puede utilizar para elementos decorativos y muchas más aplicaciones. Presenta las siguientes ventajas:

- A. Muy estable a altas temperaturas (Aproximadamente 80 °C - 90 °C)
- B. Conserva la tenacidad a temperaturas extremas (-40 °C hasta 90 °C). La mayoría de los plásticos no tienen esta capacidad
- C. Alta capacidad de mecanizado: se puede lijar, perforar, entre otros
- D. Resistente a ataques químicos
- E. Muy resistente a los impactos

Algunas desventajas que presenta el material ABS, son:

- A. Es necesaria cierta experiencia en impresión 3D
- B. Dificultad de impresión media (esto dependiendo del objeto que se trate)
- C. Contracción entre capas más rápida que el PLA, pudiendo resquebrajarse la pieza si las condiciones del entorno son demasiadas frías
- D. Pueden producirse el efecto Warping⁴⁹ fácilmente.

3. PET (Tereftalato de Polietileno)

Esta variedad de plástico es usada con cualquier tipo de objeto y envases de uso alimenticio que esté en contacto humano (vasos, cucharas, cepillos, recipientes, platos, entre otros); además de elementos decorativos que aporten transparencia, entre los más importantes, en resumen se trata de un poliéster, por lo tanto, presenta facilidad de mecanizado. Algunas de sus ventajas son:

- A. Presenta alta transparencia, incluso siendo el filamento de color
- B. Alta resistencia al desgaste y corrosión
- C. Buena resistencia química y térmica
- D. Resistente a impactos
- E. Es impermeable
- F. Resiste a esfuerzos permanentes (flexibilidad)
- G. Baja absorción de humedad
- H. Alta capacidad de mecanizado
- I. Resistente a ácidos, bases y grasas

Las principales desventajas son:

- A. Levemente tóxico
- B. No es biodegradable
- C. Se vuelve endeble⁵⁰ a partir de 70 °C aproximadamente

4. HIPS (Poli estireno de alto impacto)

Se trata de un polímero mezclado con estructuras repetitivas de estireno⁵¹ y butadieno⁵², generando una alta capacidad de resistencia a impactos. Este material se usa con

⁴⁹ Efecto Warping: Las esquinas tienden a levantarse debido a la contracción

⁵⁰ Endeble: Califica algo que es muy débil y tiene poca solidez, fuerza o resistencia

⁵¹ Estireno: Hidrocarburo aromático

⁵² Butadieno: Se obtiene de la destilación del petróleo

bastante frecuencia en envases alimenticios (como para yogurt, quesos, dulces, entre otros de origen lácteo), además para la fabricación de cubiertos y vajillas (tenedores, cucharas, entre otros) y la fabricación de juguetes, calzado, separadores de frutas, entre otros.

Algunas de sus ventajas son:

- A. Ofrece una resistencia elevada, incluso a bajas temperaturas
- B. Material reciclable
- C. No necesita cama caliente
- D. Excelente estabilidad térmica
- E. Resistente a ácidos y bases
- F. Alta capacidad de mecanizado
- G. Inexistencia de Warping y de grietas entre capas
- H. No desprende gases nocivos
- I. Resistente al agua
- J. Buen aislante térmico

Las desventajas que presenta son:

- A. No se puede utilizar para fabricar piezas destinadas a estar a la intemperie
- B. Temperatura a la cual empieza a deformarse: 80 °C.

5. TPE (Elastómero termoplástico)

El material flexible consiste en una combinación de plástico (termoplástico) y caucho (elastómero), el cual, ofrece las mejores propiedades de cada tipo. Se usa para crear partes táctiles suaves de herramientas, elementos protectores, pulseras, collares, elementos decorativos, juguetes flexibles, entre otros. Sus ventajas son:

- A. Amortiguan muy bien los impactos
- B. Gran resistencia a rotura del material por fatiga
- C. Capacidad de estiramiento moderados y recuperación de su forma
- D. Material reciclable

Algunas desventajas son:

- A. Poca resistencia a agentes químicos y al calor
- B. Pérdida de elasticidad si se funden a una temperatura por encima de los establecido

C. Con el paso del tiempo, pierden la capacidad elástica conforme su uso

6. Fibra de Carbono

Uno de los materiales más usados y más famoso en todas las ramas de la industria, ingeniería y en otros campos de competición es la fibra de carbono. Esta fama se debe por ser un material que posee dos sobresalientes características como la súper resistente y que es ultra ligero. Este material se puede aplicar para la fabricación de piezas de bicicletas, motocicletas, vehículos en general, aeromodelismo, modelismo y otros. Algunas ventajas:

- A. Ofrece una gran resistencia mecánica y gran ligereza
- B. Gran adhesión y un gran refuerzo entre capas por las fibras que contiene
- C. Buen aislante térmico
- D. Material muy estable a altas temperaturas
- E. Grandes acabados con aspecto fibroso
- F. Gran resistencia al impacto

Las desventajas que presenta este material son:

- A. Temperaturas de impresión elevadas
- B. Material muy abrasivo

POLVOS SLS

POLVOS METALICOS

1. POLVO DE TITANIO (Ti6Al4V)

El polvo de Titanio Ti6Al4V es uno de los más utilizados en el sector gracias a su facilidad de mecanizado y excelentes propiedades mecánicas. Se utiliza frecuentemente en prototipos, piezas finales, aplicaciones mecánicas (como implantes y prótesis), turbinas de gas e industria química. El polvo de Titanio Ti6Al4V está sometido a las normativas ASTM F1108⁵³ (vaciado) y ASTM F1472⁵⁴ (forjado). (ARCAM, 2016)

⁵³ ASTM F1108: Especificación que cubre los requisitos químicos, mecánicos y metalúrgicos en el proceso de vaciado.

⁵⁴ ASTM F1472: Especificación que cubre los requisitos para el forjado de la aleación del titanio, para su uso en aplicaciones de implantes quirúrgicos.

2. POLVO DE CROMO COBALTO (COCR ASTM F75)

El polvo de Cromo-cobalto es muy utilizado en la Impresión 3D para moldes de utillaje de piezas plásticas, gracias a la dureza del material y los acabados “espejo” finos de gran calidad. Típicamente, el CoCr se utiliza en turbinas de gas e implantes ortopédicos y dentales.

El polvo de Cromo Cobalto está sometido a la normativa ASTM F75⁵⁵. La empresa Arcam⁵⁶ comercializa CoCr ASTM F75 para impresión 3D.

POLIMEROS

Los polímeros son macromoléculas (generalmente orgánicas) formadas por la unión mediante enlaces covalentes de una o más unidades simples llamadas monómeros. El nailon, el polietileno y la baquelita de polímeros sintéticos.

1. POLIESTIRENO

El poliestireno (PS) es un polímero termoplástico que se obtiene de la polimerización del estireno monómero. Existen cuatro tipos principales: el PS cristal o GPPS, que es transparente, rígido y quebradizo; el poliestireno de alto impacto o HIPS, resistente al impacto y opaco blanquecino, el poliestireno expandido o EPS muy ligero, y el poliestireno extruido, similar al expandido, pero más denso e impermeable. Las aplicaciones principales del PS anti choque y el PS cristal son la fabricación de envases mediante extrusión-termo formado, y de objetos diversos mediante moldeo por inyección.

2.5.3. FUENTES DE ABASTECIMIENTO

Luego de identificada la maquinaria, equipo y materiales que se utilizarán en el Laboratorio de Fabricación Digital, se procede a delimitar las diversas fuentes de abastecimiento posibles para el proyecto. Estas fuentes se dividen en dos tipos, las nacionales que son los distribuidores autorizados en el país y las regionales que se encuentran en el área centroamericana. Cabe destacar que a nivel internacional existe una gran variedad de formas de adquisición de este tipo de maquinaria y equipo, pero no son medios formales, es decir son ventas por medio de sitios web, sin asesoría, políticas de abastecimiento y en general carecen de un sistema de provisión, por lo tanto, son excluidas del estudio.

⁵⁵ ASTM F75: Especificación que cubre los requisitos para la inversión en las aplicaciones quirúrgicas.

⁵⁶ ARCAM: Compañía que provee tecnología para la manufactura aditiva con sede en Suecia.

2.5.3.1. FUENTES NACIONALES

1. TEUBICO

La tienda tiene como principal objetivo ayudar a los individuales, hobbyistas e instituciones en la adquisición de materiales para la construcción y realización de proyectos electrónicos de una manera rápida y sencilla, con principal énfasis en el aprendizaje y el intercambio de conocimientos. En esta tienda se busca facilitar la construcción de proyectos electrónicos, por muy complicados, difíciles o extraños que parezcan. La tienda es 100% virtual. Todos los productos deben ser ordenados a través de Internet vía Facebook, email o la página web.



Ilustración 27 Logo TEUBICO

FUENTE: TEUBICO.COM

DIRECCIÓN:

Local #111 del centro comercial Galería Olímpica. Una cuadra al sur del monumento al Salvador del Mundo, entre la 65 avenida sur y la avenida olímpica. Esquina opuesta al lubricentro Castrol.

CONTACTO

Ing. Mario Gómez

Administrador tienda TEUBICO

2279 - 4509

7985 – 2061

tienda@teubico.com

MAPA DE UBICACIÓN:



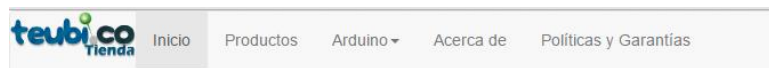
Ilustración 28 Ubicación tienda TEUBICO

FUENTE: [GOOGLE.COM.SV/MAPS/](https://www.google.com/sv/maps/)

HORARIOS DE ATENCIÓN:

Al ser virtual la tienda se encuentra abierta 24 horas al día, 7 días a la semana. Sin embargo, el local de entrega atiende de lunes a viernes de 09:00am a 05:00pm y los días sábados previa cita de 8:00am a 12:00md

PÁGINA WEB:



Productos Arduino en TeUbi.co



Ilustración 29 Página web TEUBICO

Fuente: teubico.com

CERTIFICACIONES

La tienda TEUBICO es distribuidor certificado de las siguientes marcas reconocidas a nivel internacional:

- A. SparkFun Electronics
- B. Adafruit Industries Inc.
- C. SeedStudio
- D. Arduino oficial

PRODUCTOS

La tienda está directamente relacionada con el espacio Hackerspace San Salvador (este es descrito en el mercado competidor) ya que nace en la misma iniciativa de dar apoyo a los hobbyistas del mundo maker, por lo tanto, se especializa en Arduinos, componentes de Arduinos, RaspBerry pi, componentes de RaspBerry pi y demás accesorios para los softwares. La tienda también ofrece impresoras 3D, para ello el comprador debe realizar una previa requisición y las impresoras son compradas en Argentina. A continuación, un listado de las categorías de productos ofertados por TEUBICO:

- Arduinos



Ilustración 30 Arduinos TEUBICO
FUENTE: TEUBICO.COM

Componentes de audio

- A. Tableros
- B. Cables

- C. Componentes
- D. Herramientas de desarrollo
- E. Kits electrónicos
- F. LCD's
- G. Sensores
- H. Herramientas
- I. Dispositivos para tableros electrónicos
- J. Raspberry Pi
- K. Impresoras 3D, se describen a continuación:

REPLIKAT

La marca con la cual ha trabajado TEUBICO es REPLIKAT, de origen argentino, cuenta con cuatro años de experiencia en el mercado, además, actualmente tiene presencia en algunos países a nivel latinoamericano como lo es El Salvador, exactamente en el espacio INSERT⁵⁷.

Durante la visita al espacio INSERT, se realizó una entrevista a uno de los técnicos que operan en el espacio, Mario Gómez, expone que los servicios de impresión 3D se resuelven con la impresora marca REPLIKAT, “la calidad de impresión no es la mejor, eso lo sabemos, nuestro equipo ha funcionado bastante bien para el uso de un laboratorio abierto al público, por lo tanto, recomendamos el uso de este tipo de impresoras de bajo perfil, es funcional para un laboratorio (Gómez, 2016)”

Replikat fabrica sus impresoras para que se pueda utilizar cualquier marca de filamentos, de esta manera no se queda atado al precio y variedad de un único fabricante de insumos.



REPLIKAT
INNOVACIÓN

Ilustración 31 Logo REPLIKAT
FUENTE: REPLIKAT.COM.AR

⁵⁷ INSERT: Organización salvadoreña orientada a la innovación social y tecnológica.

La marca no solamente distribuye impresoras 3D, también cuenta con un escáner 3D, a continuación, se listan los productos disponibles:

IMPRESORES 3D

- A. Replikat M5
- B. Replikat XY
- C. Replikat curva

ESCANER

- A. Replikat scanner

GARANTÍA Y SOPORTE

- A. Garantía

Los modelos REPLIKAT en ambas versiones, convencional y extendido, cuenta con 1 año de garantía en todos sus componentes.

- B. Soporte Técnico

Al adquirir Los productos, Replikat te ofrece una capacitación de 2 horas sin costo adicional, presencial o vía Skype para el comprador y/o el personal de la empresa que se encargará de la utilización de la máquina.

- C. Servicio Post- Venta Premium

La marca cuenta con un servicio postventa Premium, lo que consiste en que tras de cada máquina se cuenta con el respaldo de un equipo de profesionales para capacitar en el uso de esta nueva tecnología y para dar soporte técnico de calidad.

- D. Soporte a Clientes

Los clientes cuentan con tutoriales y soporte vía web, que se encontrarán en el sitio www.replikat.com.ar/soporte.

2. IPESA

IPESA, Instrumentación y Procesamiento Electrónico, S.A., es una empresa fundada en 1971 con presencia en El Salvador, Guatemala, Honduras y Nicaragua. La misión de IPESA es promover la transferencia y utilización tecnológica de los sistemas de computación por medio de los servicios y productos de proveedores de prestigio, permitiendo de esta manera el desarrollo informático para

apoyar la competitividad empresarial requerida por las instituciones y empresas en los diversos los países.

IPESA, en sus distintas líneas, cuenta con una amplia cartera de clientes en la Región Centroamericana que comprende empresas del sector de telecomunicaciones, gobierno, instituciones educativas y empresas del sector privado. Los cambios en el mercado, tanto a escala local como mundial, han hecho que empresas tradicionales como IPESA amplíen los servicios ofrecidos. Esto significa que, en adición al servicio de venta y mantenimiento de equipo, se proveen los servicios profesionales para soluciones integradas, así como servicios de valor agregado.



*Ilustración 32 Logo IPESA
Fuente: ipesa.com*

Se realizó una entrevista con el Ingeniero Moisés Argueta, Jefe de Ventas IPESA El Salvador, a quién se le expuso el proyecto del Laboratorio de Fabricación Digital para la Universidad de El Salvador; el ingeniero Argueta menciona que la Universidad Don Bosco ha tenido algunos acercamientos a IPESA, con motivo de ampliar el laboratorio actual, sin embargo, aún no se ha concretado una venta para dicha universidad, esto con respecto a su representatividad en el área académica del país. Se mencionó además que IPESA ha desarrollado soluciones en tecnologías 3D para diversas industrias del país y de la región centroamericana, por confidencialidad no se proporcionaron nombres de las empresas que han desarrollado este tipo de soluciones.

DIRECCIÓN:

85 Avenida Norte #345, Colonia Escalón, San Salvador.

CONTACTO:

Ing. Moisés Argueta

Jefe de ventas IPESA El Salvador

2209 – 1400

7860 – 6961

MAPA DE UBICACIÓN:

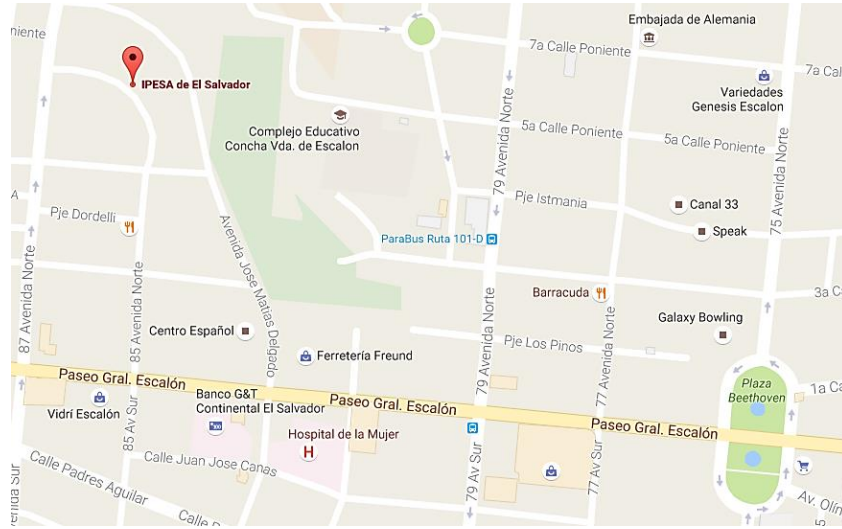


Ilustración 33 Ubicación IPESA
Fuente: google.com/sv/maps/

HORARIOS DE ATENCIÓN:

Lunes a viernes de 7:00 am a 5:00 pm

PÁGINA WEB:



Ilustración 34 Página Web IPESA

FUENTE: IPESA.COM

CERTIFICACIONES

IPESA es distribuidor autorizado de las siguientes marcas:

- A. HEWLETT PACKARD ENTERPRISE
- B. HP
- C. SYMANTEC
- D. CITRIX
- E. VMWARE
- F. AUTODESK
- G. ADOBE
- H. BLACKBOARD
- I. CISCO
- J. ROSETTA STONE
- K. STRATASYS
- L. MAKERBOT
- M. CHECK POINT
- N. MICROSOFT
- O. SDESYS

PRODUCTOS

IPESA trabaja con dos marcas de maquinarias de fabricación digital, según expuso el Ingeniero Argueta, pueden proveer cualquier producto del catálogo web proporcionado por las marcas, a continuación, se describe brevemente ambas marcas:

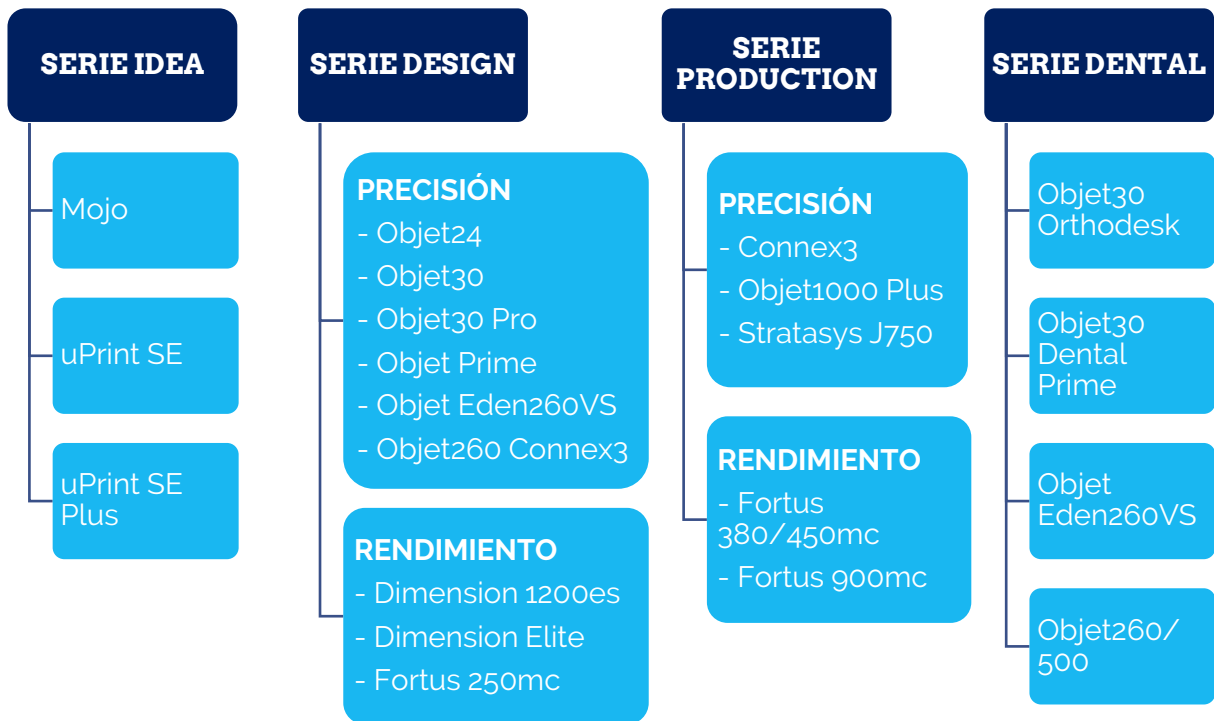
2. STRATASYS



Ilustración 35 Logo STRATASYS

FUENTE: STRATASYS.COM/ES

El catálogo de STRATASYS se sub divide en cuatro series, las cuales a su vez contienen diversos tipos de impresoras, se mencionan a continuación:



Esquema 43 Series STRATASYS
 FUENTE: STRATASYS.COM/ES

3. CNC QSA

Quality Systems Advisors (QSA) es una empresa salvadoreña dedicada a la optimización de rentabilidad de operaciones en CNC, se trabaja sin ningún vínculo con proveedores de maquinaria u otros insumos, el objetivo es brindar un asesoramiento neutral a las compañías en la elección de los productos adecuados a las necesidades. La experiencia con la que cuenta QSA es de más de 15 años, enfocándose a optimizar recursos, reducir tiempos, mejorar la calidad de los productos o servicios y por ende incrementar las ganancias de las compañías.

Se entrevistó al Ingeniero Ulises Rodríguez, coordinador de manufactura y especialista en modelado 3D de CNC QSA; en dicha entrevista se manifestó que la empresa ha trabajado con compañías como AEROMAN, Grupo CYBSA, SARAN, General de Techos y Proyectos Salva Bosques, entre muchas otras reconocidas en el país.



Ilustración 36 Logo CNC QSA

CONTACTO:

Ing. Ulises Rodríguez

Director General CNC QSA

2274 – 2694

7850 – 7285

ulises@cnc-elsalvador.com

HORARIOS DE ATENCIÓN:

Lunes a viernes de 8:00 am a 5:00 pm

PÁGINA WEB:



Ilustración 37 Página Web CNC QSA

Fuente: cnc-elsalvador.com

CERTIFICACIONES:

Como se mencionó anteriormente, CNC QSA no está aliado con una marca o proveedor específico, por lo tanto, no es distribuidor autorizado de marcas más, sin embargo, cuenta con contactos de diversas marcas a nivel internacional, a los cuales se puede recurrir luego de analizadas las necesidades de cada empresa.

PRODUCTOS:

Durante la entrevista realizada al Ing. Ulises Rodríguez, se expuso que los productos que mayormente distribuye CNC QSA, son máquinas CNC, en diversas gamas, es decir tanto para

producción en serie y las de uso académico, el Ingeniero Rodríguez explicó la importancia de enseñar a los estudiantes de ingeniería el modelado por computadora de productos, piezas, partes y componentes ya que a su criterio y conforme a la experiencia en el rubro, el uso de las tecnologías de fabricación digital es la herramienta que actualmente está dando las mejores soluciones a las empresas que han optado por usarlas, en cuestión de reducción de costos y aumento de la productividad (Rodríguez, 2016).

2.5.3.2. FUENTES INTERNACIONALES

En la región centroamericana, Costa Rica, la Universidad Estatal a Distancia (UNED) cuenta con un Laboratorio de Fabricación Digital, este laboratorio se asemeja a la idea de laboratorio que se implementará en la Universidad de El Salvador, por lo tanto, se consideran como posibles proveedores con los que cuenta la UNED.

1. CRCIBERNÉTICA

CRCibernética.com es patrocinado por Gridshield⁵⁸ con el objetivo de sembrar y hacer crecer la comunidad de hardware de código abierto en Costa Rica, proporcionando una fuente de microcontroladores y componentes relacionados mediante una tienda online. Son distribuidores autorizados de Arduino.cc, Adafruit y Sparkfun.

CONTACTO:

Ana Lazo

ana.lazo@crcibernetca.com

consultas@crcibernetica.com

CRCibernética tiene operaciones solamente en Costa Rica; CRCibernética no es una tienda física, es únicamente una tienda en línea.

HORARIO PARA RECOGER PAQUETES:

Lunes - viernes 7:00 am a 5:30 pm

Sábados, domingos y feriados nacionales cerrados

⁵⁸ Gridshield: Empresa costarricense de ingeniería y servicios dedicada a implementar softwares y procesos para la gestión de tecnologías de información (TI).

DIRECCIÓN PARA RECOGER PAQUETES EN CENTRO COLÓN:

Edificio Centro Colón Piso 9 Local 1

Paseo Colón, San José

PÁGINA WEB:



Ilustración 38 Página Web CRCIBERNETICA
Fuente: crcibernetica.com

DESCRIPCIÓN:

Una característica es que mantienen los niveles "Stock actual", en tiempo real, así que, si se observa un artículo disponible en la página web, deben ser capaces de proveerlo al instante. La promesa de CRCibernética.com a los clientes para proporcionar una fuente de productos de hardware de código abierto para los inventores de Costa Rica en Costa Rica.

CATEGORIAS DE PRODUCTOS

1. Filamento 3D (24 colores o tipos)
2. Partes de impresoras 3D
3. Impresoras 3D
4. Intel
5. Raspberry Pi
6. Robótica
7. Arduinos
8. Escudos de arduinos
9. pcDuino
10. Accesorios
11. Displays

- 12. LEDs
- 13. Herramientas
- 14. Electronic Brik
- 15. Motores
- 16. RFID
- 17. Sensors
- 18. Wireless
- 19. Componentes
- 20. Kits
- 21. Cables y conectores

3D Printers

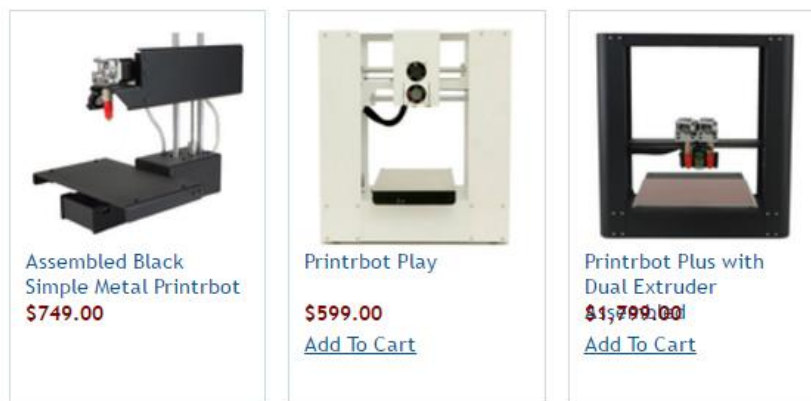


Ilustración 39 Impresoras 3D
FUENTE: CRCIBERNETICA.COM

POLÍTICA DE DEVOLUCIONES:

Se puede devolver la mayoría de nuevos elementos, no utilizados dentro de los 15 días de la entrega para un reembolso completo. En el caso de un defecto de fábrica se sustituye el producto defectuoso inmediatamente.

POLÍTICA DE PRIVACIDAD:

Esta política cubre el uso de la información personal, se toma como asunto de seriedad la privacidad y se adoptan todas las medidas para proteger la información personal. Cualquier información personal recibida solamente será utilizada para completar los pedidos. No se venderá o distribuirá la información a nadie.

2. GRUPO SG

Grupo SG es una empresa con más de 40 años en la industria de Artes Gráficas, cuenta con representaciones en 9 países de Latinoamérica, trabaja bajo un enfoque de servicio real pre y post venta; además de asesoría e innovación.

CONTACTO

Sidney Fearon

Business Development 3D

sidney.fearon@grupo-sg.com

Teléfono móvil: (502) 4768 – 9291

Teléfono oficina: (502) 2310 – 7402

GRUPO SG
IMAGINA • CREA • IMPRIME

Sidney Fearon | Business Development 3D
Cel: +502 4768-9291 Skype: sidney.fearon
Ofic: +502 2310-7408 Email: sidney.fearon@grupo-sg.com
Ofic: +502 2310-7409
Servicios Artes Gráficas, S.A. 23 calle 14-58 Condado El Naranjo Zona 4 de Mixco Distribodegas 3, Interior B-1. Guatemala 01057, C.A.

sgcentroamerica.com | 3dcentroamerica.com

HEIDELBERG efi SCODIX ESKO

Fuente: Sidney Fearon

Ilustración 40 Tarjeta presentación de Contacto

DIRECCIÓN

Servicios Artes Gráficas, S.A. 23 calle 14 – 58 Condado El Naranjo, Zona 4 de Mixco Distribodegas 3, Interior B – 1, Guatemala 01057, C.A.

PÁGINA WEB

LLAME AL: (506) 2240-8804 Español

BOSYSTEMS
CENTRAL AMÉRICA, MÉXICO & VENEZUELA

Una división de **GRUPO SG**
IMAGINA • CREA • IMPRIME

Home | Impresoras 3D | Escaners 3D | Software 3D | Casos de Éxito | La Empresa | Contáctenos | Blog

Impresoras 3D

De nada suelta a todo el potencial de la impresión 3D. No importa cuál sea su aplicación, si puede imaginarlo puede imprimirlo, y nosotros podemos ayudar.

VER MÁS

La Compañía Casos de Éxito Soporte Técnico

Ilustración 41 Página Web

Fuente: sgcentroamerica.com

DESCRIPCIÓN

Grupo SG se caracteriza por tener personal capacitado directamente por los fabricantes de las marcas que distribuyen, por lo tanto, el servicio de asesoría es brindado por técnicos capacitados eficazmente. Además, se caracteriza por poseer un amplio stock de repuestos y consumibles. La empresa trabaja con la marca 3D SYSTEMS.

3D SYSTEMS

Es considerada líder en soluciones de contenido para imprimir en 3D, materiales de impresión y servicios on-demand⁵⁹. La compañía también proporciona CAD, ingeniería inversa y herramientas de software de inspección, impresoras 3D de consumo, aplicaciones y servicios.

PRODUCTOS

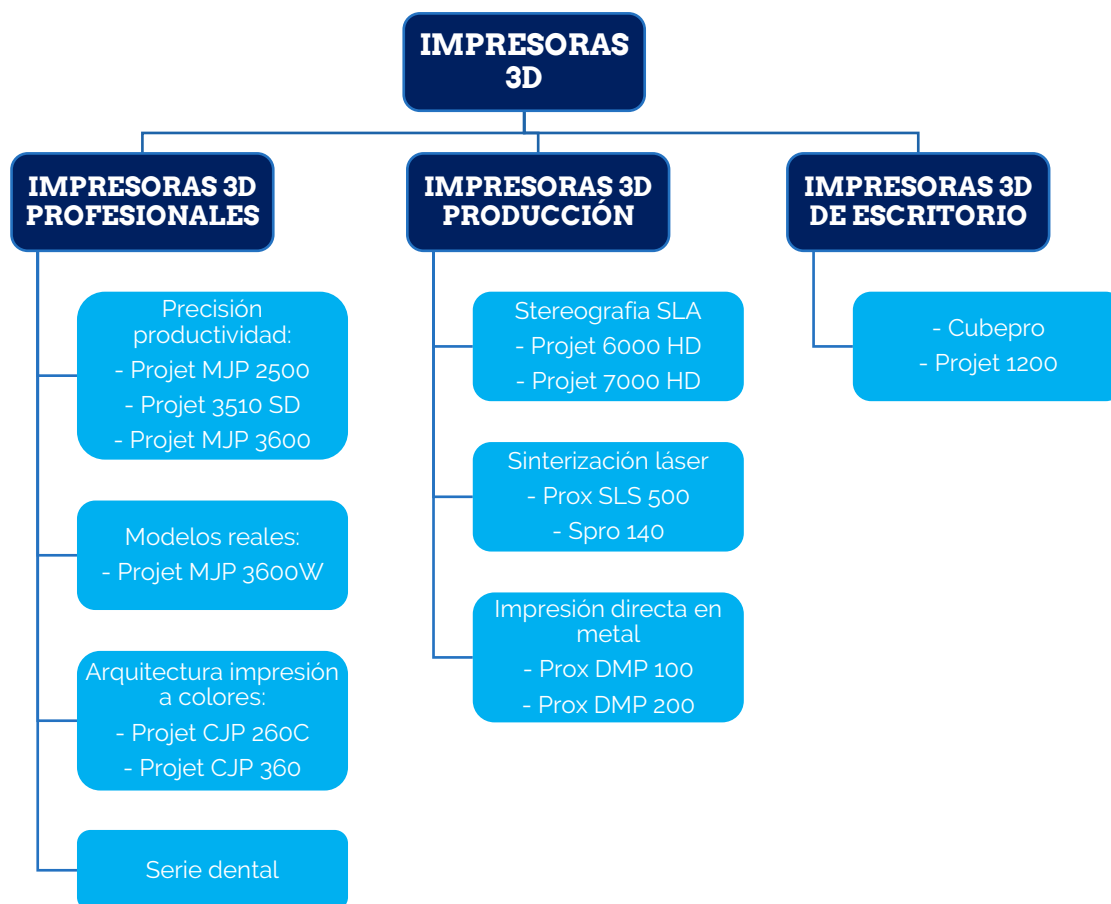


Ilustración 42 Series de Impresores

Fuente: sgcentroamerica.com

⁵⁹ On-demand: Estándar de servicio vinculado a los requerimientos de la empresa, se denomina outsourcing evolucionado.

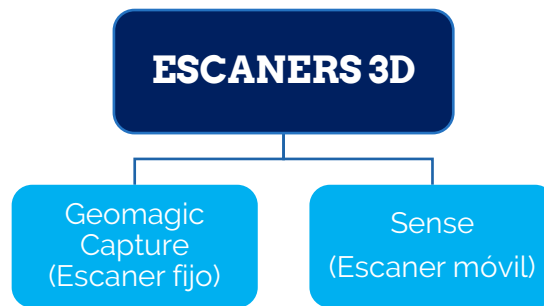


Ilustración 43 Series de Escáneres

Fuente: sgcentroamerica.com

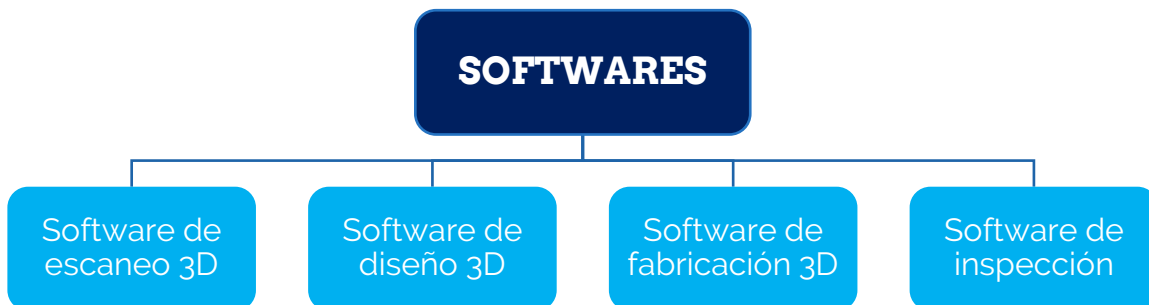


Ilustración 44 Series de Softwares

Fuente: sgcentroamerica.com

POLITICAS

Durante la entrevista con el contacto de GRUPO SG, se expusieron las políticas de venta que posee la organización, estas políticas son:

- A. Asesoría previa a la adquisición de un producto, de parte de personal capacitado por la marca proveedora de la maquinaria, equipo o software en cuestión.
- B. Seguimiento post venta, en el cual se da un acompañamiento durante dure el proceso de adaptación del usuario al producto.
- C. Sistema On- demand, el cual consiste en dar al cliente los requerimientos específicos que solicite.

Grupo SG, cuenta con presencia a nivel centroamericano, los proveedores del país de Costa Rica aseguran poder realizar visitas a El Salvador ya que actualmente no se cuenta con distribuidores en el país; además de la disposición de utilizar medios web para comunicación en vivo.

2.5.4. INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS DEL MERCADO ABASTECEDOR

Se tuvo la oportunidad de entrevistar a los diversos posibles proveedores del proyecto, para con los nacionales se realizaron visitas y algunas reuniones; para con los internacionales las entrevistas fueron por medio de video llamadas.

Estas entrevistas dieron apertura a que las personas representantes de los proveedores compartieran sus experiencias con diversas ventas tanto para el área académica como para la industria de producción; los internacionales, relataron sobre el crecimiento a nivel centroamericano del uso de tecnologías de fabricación digital.

2.5.4.1. DISEÑO DEL INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Como ya se mencionó anteriormente, el instrumento utilizado es la entrevista, si bien se estructuran una serie de preguntas correlativas, el objeto principal durante la entrevista es que los proveedores expongan sus experiencias a nivel académico con la venta de tecnologías de fabricación digital.

Si el proveedor no cuenta con este tipo de experiencia, se toma a bien conocer como ha sido el trato de ventas con sus clientes, ya sean de tipo hobbyistas, para producción en serie o de tipo profesional. Si bien se estructuran una serie de preguntas, la entrevista no se cierra solamente a conocer esta información, sino más bien son preguntas introductorias para dar apertura a que el entrevistado exprese sus conocimientos, sus criterios y experiencias con respecto al tema de provisión de tecnologías de fabricación digital.

En el presente estudio se tiene la particularidad que dos de los proveedores entrevistados son internacionales, se han tomado en consideración por recomendación de la Vicerrectoría de Investigación de la UNED de Costa Rica (Universidad Estatal a Distancia) Ingeniero Diana Hernández; quienes han montado un Laboratorio de Fabricación Digital en dicha universidad, estas entrevistas se realizaron vía web por video-llamadas.

A continuación, se muestra de manera muy breve y resumida las respuestas a las preguntas estructuradas mediante el uso de cuadros resumen, luego se elabora un análisis de los resultados de la investigación. Uno de los propósitos del presente estudio de mercado es marcar pauta ante el diseño de la solución que se dará al proyecto, se pueden marcar líneas estratégicas para lograr los objetivos del diseño.

ENTREVISTA A PROVEEDORES DE TECNOLOGIAS DE FABRICACIÓN DIGITAL

PROVEEDOR

- NACIONAL
- INTERNACIONAL

SALUDO INICIAL: El entrevistador se presenta en nombre de la Universidad de El Salvador y explica que se encuentra en el desarrollo del trabajo de grado, da una introducción de lo que consiste el proyecto y lo que espera obtener con la entrevista por medio de compartir el objetivo.

OBJETIVO: Conocer la oferta de los diversos proveedores en cuestión a maquinaria y equipo, materias primas e insumos, disponibilidad y su posible historial trabajando con instituciones de tipo académico, además de propiciar un dialogo abierto en el cual se puedan obtener datos de interés para el Laboratorio de Fabricación Digital de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador.

CUERPO DE LA ENTREVISTA

1. Presentación de empresa
2. ¿Qué series oferta de maquinaria y equipo de fabricación digital?
3. ¿Qué tipo de materia prima utiliza la maquinaria y equipo que ofrece?
4. ¿En cuestión de disponibilidad y stock como se encuentra su organización?
5. ¿Ha tenido o tiene actualmente contratos con Universidades, Colegios, Escuelas o Instituciones académicas?
6. ¿Por qué debemos aceptarlo como proveedor para el proyecto del Laboratorio de Fabricación Digital de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador?

2.5.4.2. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Se muestra de manera resumida las respuestas obtenidas de las entrevistas a los 5 posibles proveedores, las entrevistas fueron más extensas con respecto a lo presentado en las tablas, parte de lo descrito anteriormente en el temán 1.3 FUENTES DE ABASTECIMIENTO, es retomado de las entrevistas realizadas a los contactos presentados por los proveedores, estás personas mostraron disponibilidad de dar continuidad al proyecto, mediante la presentación de sus productos a las personas involucradas en el proyecto. A continuación, el resumen de las entrevistas.

PROVEEDOR	PREGUNTA 1: ¿Qué series oferta de maquinaria y equipo de fabricación digital?
PROVEEDOR 1 TEUBICO	Bajo perfil, contamos con 3 modelos de impresores y un escáner.
PROVEEDOR 2 IPESA	Serie básica, serie de diseño, serie de producción y serie dental, contamos con diversos modelos en cada serie.
PROVEEDOR 3 CNC QSA	Alto perfil, podemos ofertar maquinaria CNC para la elaboración de prototipos, además de softwares de modelado para diseño industrial.
PROVEEDOR 4 CRCIBERNÉTICA	Bajo perfil, nuestra maquinaria es funcional para modeladores hobbystas y usos moderados; nuestros componentes electrónicos son de uso convencional, se podría decir para proyectos integrados.
PROVEEDOR 5 GRUPO SG	Contamos con 3 series para las impresoras, profesionales, producción y escritorio.

Tabla 30 Resumen pregunta 1

Fuente: Elaboración propia

PROVEEDOR	PREGUNTA 2: ¿Qué tipo de materia prima utiliza la maquinaria y equipo que ofrece?
PROVEEDOR 1 TEUBICO	La ventaja de nuestros impresores es que usan cualquier tipo de filamento PLA o ABS, sin importar marca.
PROVEEDOR 2 IPESA	Nuestros modelos utilizan materia prima exclusiva de STRATASYS, ya sea en filamentos o polvos.
PROVEEDOR 3 CNC QSA	No podemos hablar de “materia prima” para prototipado, se necesitaría adquirir el material específico para cada tipo de proyecto a modelar.
PROVEEDOR 4 CRCIBERNÉTICA	La maquinaria es compatible con filamentos para impresión 3D, se obtendrá una mejor calidad de producto cuanto mejor calidad sea el filamento; en cuanto a los componentes electrónicos somos certificados por diversas marcas, Arduino.cc, Adafruit y Sparkfun.
PROVEEDOR 5 GRUPO SG	Por recomendación de los profesionales de la marca, solamente usamos material de la misma, no recomendamos mezcla calidades ya que se podrían presentar defectos en los productos finales.

Tabla 31 Resumen pregunta 2

Fuente: Elaboración propia

PROVEEDOR	PREGUNTA 3: ¿En cuestión de disponibilidad y stock como se encuentra su organización?
PROVEEDOR 1 TEUBICO	No contamos con un stock definido en maquinaria y materiales, deben ser solicitados con meses de anticipación, sin embargo, los equipos electrónicos están disponibles en un amplio stock.
PROVEEDOR 2 IPESA	Al trabajar directamente con la marca, contamos con disponibilidad inmediata para los pedidos, claro que depende únicamente del tiempo en que tarde enviar al país.
PROVEEDOR 3 CNC QSA	La disponibilidad dependerá de la maquinaria o equipo seleccionado, los proveedores de máquinas CNC, en ocasiones adaptan la maquinaria a las necesidades o condiciones del cliente.
PROVEEDOR 4 CRCIBERNÉTICA	Contamos con un amplio stock de productos, esto se puede observar en la página web con nuestro inventario en línea.
PROVEEDOR 5 GRUPO SG	La disponibilidad dependerá de la maquinaria solicitada, al ser una organización de tipo internacional se debe tomar en cuenta tiempos de entrega, embarques y otras variables que afectan los tiempos.

Tabla 32 Resumen pregunta 3

Fuente: Elaboración propia

PROVEEDOR	PREGUNTA 4: ¿Ha tenido o tiene actualmente contratos con Universidades, Colegios, Escuelas o Instituciones académicas?
PROVEEDOR 1 TEUBICO	No realmente, si tenemos clientes que son estudiantes de bachillerato, universidad o técnicos.
PROVEEDOR 2 IPESA	Sí, tenemos acercamientos con la Universidad Don Bosco, aunque nuestros clientes actuales son empresas de manufactura.
PROVEEDOR 3 CNC QSA	Sí, trabajamos con la Universidad Don Bosco, la Universidad Centroamericana José Simeón Cañas y el ITCA; además de brindar consultoría a proyectos que están implementado el modelado en CNC.
PROVEEDOR 4 CRCIBERNÉTICA	Sí, completamente, actualmente somos proveedores de la UNED (Universidad a Distancia) tenemos muy buenas relaciones con ellos, además existen algunos institutos de educación básica que son clientes.
PROVEEDOR 5 GRUPO SG	Sí, tenemos participación en la Universidad Don Bosco, y claro con la UNED en Costa Rica, entre otras universidades que han solicitado asesoría y maquinaria.

Tabla 33 Resumen pregunta 4

Fuente: Elaboración propia

PROVEEDOR	PREGUNTA 5: ¿Por qué debemos aceptarlo como proveedor para el proyecto del Laboratorio de Fabricación Digital de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador?
PROVEEDOR 1 TEUBICO	Porque entendemos el contexto bajo el cual quiere trabajar la Universidad de El Salvador, nosotros estamos inmersos en el mundo FabLab.
PROVEEDOR 2 IPESA	Ofrecemos la mejor calidad disponible en el mercado en cuestión de soluciones IT, nuestra marca es reconocida a nivel mundial, por lo que observamos la serie idea se adapta a sus necesidades de fabricación.
PROVEEDOR 3 CNC QSA	Nuestro trabajo será permanente, el servicio de consultoría se da antes, durante y después de la implementación del proyecto, al no estar casados con una marca en específico somos imparciales en nuestras recomendaciones de proveedores.
PROVEEDOR 4 CRCIBERNÉTICA	Podemos formar alianzas de provisión, nunca hemos trabajado fuera de Costa Rica, la experiencia con la que contamos con la UNED, es muy buena por lo tanto podríamos brindar soluciones a efectivas a la Universidad de El Salvador.
PROVEEDOR 5 GRUPO SG	Nosotros brindamos equipos de la mejor calidad, recomendamos en base a la experiencia y garantizamos la funcionalidad de lo vendido, no se pierde al cerrar trato con nuestra organización.

Tabla 34 Resumen pregunta 5

Fuente: Elaboración propia

2.5.4.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Luego de la investigación realizada al mercado proveedor se llega a una serie de conclusiones que serán de gran importancia para el diseño de la solución, además se forman líneas estratégicas a seguir para la toma de decisiones en cuestiones de los requerimientos del laboratorio de fabricación digital.

Respecto a los proveedores locales, se cuenta con un proveedor de maquinaria de alto perfil, el cual cuenta con disponibilidad inmediata, programas estructurados de asesoría pre y post venta, evidentemente IPESA, muestra ventajas a nivel nacional, la marca STRATASYS, muestra un amplio menú de modelos dentro de las diversas series.

Los proveedores de maquinarias de bajo perfil locales, están relacionados con el movimiento MAKER, por lo tanto, comprenden a ciencia cierta cuál es el enfoque que se pretende tendrá el laboratorio de la UES, este es el caso de TEUBICO; este proveedor se especializa en componentes electrónicos, la maquinaria de fabricación digital debe ser solicitada con mucha anticipación ya que la marca provee al hacer un pedido específico, la disponibilidad no es inmediata.

La opción de adquisición de maquinaria CNC por medio de CNC SQA, queda un tanto excluida, ya que su enfoque no es de realizar modelado libre, sino más bien, se enfoca en la creación de réplicas con materiales exactos y deja un tanto de lado la parte de innovación y creatividad.

El proveedor internacional CRCIBERNETICA, es especialista en componentes electrónicos, cuenta con una amplia variedad de dispositivos amparados a marcas de renombre mundial, con respecto a la maquinaria ofertada para fabricación digital se quedan cortos a 3 modelos en comparativa a los demás proveedores.

GRUPO SG, muestra un amplio menú de opciones de maquinaria para fabricación digital, es internacional y fue contactada por recomendación de la UNED, ha sido la más interesada en el proyecto, se observa en su página web diversos proyectos en los que ha participado, además de expresar su experiencia en el área académica universitaria.

La decisión de utilizar un solo proveedor o una combinación de estos dependerá de los requerimientos de la etapa de diseño, se deberán considerar aspectos como que servicios se prestarán, demanda de los servicios, calidad requerida, consumidores y muchos otros que influirán en esta decisión.

Los proveedores expresaron que en el país la maquinaria mayor demanda presenta ya sea por la industria o por instituciones académicas son las impresoras 3D.

Los proveedores de maquinaria de alto perfil, presentan una ventaja bastante significativa con respecto a los proveedores de maquinaria de bajo perfil y es que estas máquinas son vendidas junto con los softwares de modelado 3D para las impresoras, software de escaneo para los escáneres e incluso softwares de inspección, mientras que la maquinaria de bajo perfil no cuenta con estos beneficios.

2.6. ESTUDIO DEL MERCADO COMPETIDOR

El análisis de la competencia será la forma de poner las ideas frente al espejo y constatar los defectos y debilidades, así como las fortalezas y oportunidades, de las que deberá valerse el Laboratorio de Fabricación Digital para con esto ofrecer servicios por encima de la competencia y ser altamente competitivo.

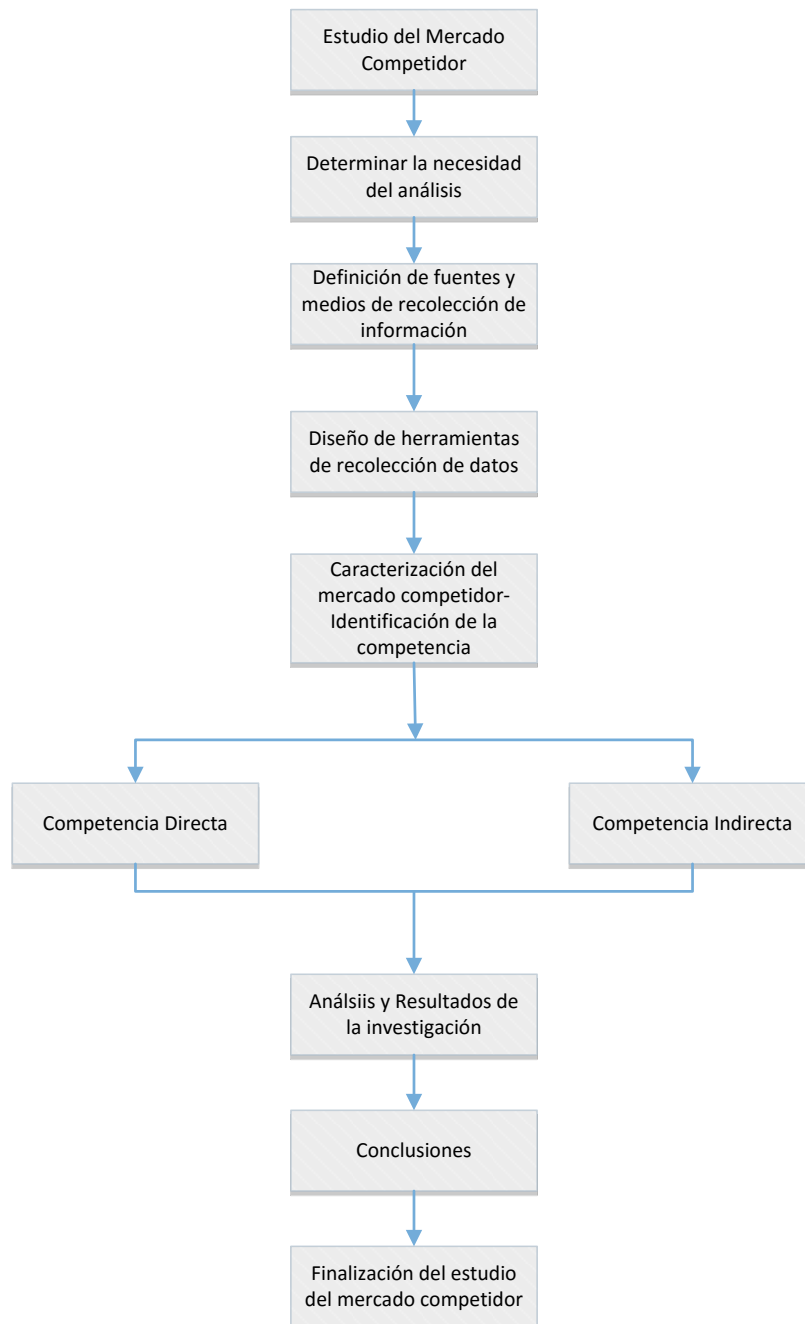
Competencia: para este caso, competencia hace referencia al grupo de empresas o negocios que ofrecen productos o servicios iguales o similares a los que ofrecerá el Laboratorio de Fabricación Digital.

La competencia directa.: Son las empresas que actúan dentro del mismo sector y tratan de satisfacer las necesidades de los mismos grupos de clientes, para este estudio las empresas que son competencia directa son todas aquellas que brindan servicios derivados del uso de la fabricación digital.

Competencia indirecta: Son aquellas empresas que opera en el mismo mercado, con los mismos canales de distribución, que tocan el mismo perfil de potenciales clientes y cubren las mismas necesidades, pero cuyo producto/servicio o solución difiere en alguno de sus atributos principales. Se analizarán aquellas empresas que cuentan con la prestación de servicios de prototipado y diseño tradicional, es decir talleres de mecánica general industrial.

Para tener un panorama claro de lo que se pretende estudiar a continuación se presenta una metodología a seguir para el estudio del mercado competidor.

2.6.1.METODOLOGÍA DEL ESTUDIO DEL MERCADO COMPETIDOR



Esquema 44 Metodología estudio de mercado competidor

Fuente: Elaboración propia

El estudio del mercado competidor se iniciará determinando la necesidad del por qué llevar a cabo dicho análisis, definiendo previamente las fuentes y medios de recolección que se utilizarán para el estudio; el diseño de los instrumentos a utilizar, el paso siguiente consistirá en caracterizar la competencia a nivel de la ciudad de San Salvador, para este apartado se identificará los tipos de competencia:

1. Competencia Directa
2. Competencia Indirecta

En la caracterización de la competencia se analizará las “características” con las que determinados centros, laboratorios y/o instituciones que ofrecen servicios iguales o similares actualmente en el país. Para con ello poder determinar las oportunidades con las que el Laboratorio de Fabricación Digital deberá contar y así poder estar a la altura de cualquier entidad dedicada a la fabricación digital en el país específicamente en el departamento de San Salvador.

Para finalizar después de haber realizado un análisis con los hallazgos encontrados en el estudio, se procederá a establecer las conclusiones finales del estudio de dicho mercado.

2.6.1.1. DETERMINAR LA NECESIDAD DEL ANÁLISIS

El análisis detallado de los competidores puede aportar información muy valiosa y útil para la implementación del laboratorio de fabricación digital. No en vano, los competidores ya están haciendo, en gran medida, lo que la iniciativa de Escuela de Ingeniería Industrial de implementar un laboratorio de fabricación digital con fines educativos pretende desarrollar a corto plazo y en un mediano plazo con fines productivos. En este sentido, es necesario valorar rigurosamente sus pautas de comportamiento, porque en gran medida pueden estar provocadas por el comportamiento del mercado.

Por lo que se vuelve extremadamente importante saber con quién se estará constantemente en una carrera de nunca acabar, definida en gran manera por las estrategias que se implementen para lograr sobrevivir y sobresalir. Además, es necesario ya que con ello se conocerá el entorno para la introducción de los servicios que se deberá tener en oferta, sabiendo que aspectos resaltar de sus servicios que lo harán único en el mercado, logrando posicionamiento y fidelización del cliente que tendrá.

El análisis de la competencia deberá ayudar a responder preguntas tales como:

- ¿Qué tantos competidores existen y quiénes son?
- ¿Cuál es el tamaño de la empresa competidora y su fortaleza financiera?
- ¿Cuál es el importe de las ventas de los competidores?
- ¿Cuál es la calidad del producto, mercancía o servicios ofrecidos por los
- competidores actuales y potenciales?

2.6.1.2. DEFINIR LOS MEDIOS Y FUENTES DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

La investigación se centra en un tipo de investigación descriptiva y de campo. La realización del estudio se llevará a cabo con la aplicación de dos tipos de fuentes de información: las fuentes primarias y las fuentes secundarias, ambas muy necesarias para realizar cualquier tipo de investigación. Dependiendo de lo que se desee conocer será necesario el uso de alguno de los dos tipos de fuentes o de ambas al mismo tiempo. A continuación, se explicará que tipos de fuentes de información se utilizará para el estudio del mercado competidor.

FUENTES DE INFORMACIÓN

FUENTES PRIMARIAS

Principalmente para el estudio del mercado competidor se hará uso de las fuentes primarias, utilizando medios como la investigación por observación y la investigación por comunicación.

1. INVESTIGACIÓN POR OBSERVACIÓN

Para recolectar información acerca de la competencia, lo usual es utilizar la técnica de la observación y, por ejemplo, visitar sus locales para observar y tomar nota de sus procesos, el desempeño de su personal, su atención al cliente, sus productos o servicios más solicitados, sus precios, etc.

Para el lograr estudiar la competencia del Laboratorio de Fabricación Digital se procederá con la técnica de observación directa, conllevando a la realización de actividades como:

1. Visitar la competencia: visitar los principales competidores y realiza una tarea de observación con un guion preparado que incluya todos aquellos aspectos que se requieran conocer; observando elementos como:
 - A. ¿Quiénes son los posibles competidores?
 - B. Productos que fabrica

- C. Servicios que presta.
- D. Precios que maneja, si se pueden conocer
- E. Estrategias de mercado.
- F. Clientes que maneja actualmente.
- G. Maquinaria con la que trabaja

2. Visitar las páginas webs y redes sociales de los principales competidores: incluyendo variables adicionales como diseño, usabilidad, seguidores en redes sociales, ranking, entre otras.

Las redes sociales pueden brindar además información interesante en base a los comentarios de los clientes.

2. INVESTIGACIÓN POR COMUNICACIÓN

La investigación por comunicación, es la más apropiada para recoger información descriptiva y es muy flexible, porque permite recoger mucha información de características diferentes y en distintas situaciones. Además, recogerá información rápida y a bajo costo.

Los medios de recolección de información que se utilizarán bajo este tipo de investigación son:

3. LA ENTREVISTA PERSONAL

La entrevista personal es flexible y relativamente rápida, y se utilizará en este caso, ya que el entrevistador podrá captar la atención de entrevistado por un periodo más largo de tiempo, permitiendo así, explicar preguntas difíciles y explorar asuntos que se estimen de mayor profundidad.

4. EL CLIENTE MISTERIOSO

Con el empleo de esta técnica, se pretende obtener información de primera mano cómo la atención al cliente, que constituye un hecho diferencial frente a la competencia, las instalaciones, la accesibilidad y localización demográfica; así como la afluencia de clientes al establecimiento, cuya percepción por parte del público resulta un elemento clave para fidelizar a quienes ya son clientes.

FUENTES SECUNDARIAS

En el desarrollo de la investigación se hará uso de las fuentes de información secundaria que hacen referencia a datos ya existentes, elaborados para distintos fines, es decir se trata de información que ha sido publicada por diferentes entidades como: la Asociación FabLab San Salvador, Las diferentes instituciones de educación superior poseedoras de laboratorios de fabricación digital o afines; u alguna otra entidad relacionada o interesada en el rubro de la fabricación digital en el país.

El uso de estas fuentes de información ayudará a plasmar aspectos como:

1. Número de establecimientos o iniciativas del mismo en el país.
2. Servicios que generalmente ofrecen
3. Tipo de clientes que generalmente atienden

2.6.2.DISEÑO DE HERRAMIENTAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Como se mencionó anteriormente se hará uso de la entrevista personal como medio para la recolección de información; para la cual se auxiliará de la herramienta del cuestionario siguiente, el cual posee el banco de preguntas que se les hará a los encargados de los diferentes establecimientos competidores directos que se visiten.

OBJETIVO	PREGUNTA
Conocer el rubro de servicios, especialidades, programas que ofrece la competencia.	¿Cuál es el rubro o especialidad a la que se dedica? ¿Qué tipos de servicios ofrece? ¿Cuáles son los principales procesos que efectúan?
Determinar la relación cliente-empresario, desde la contratación del servicio, desarrollo y entrega del mismo, así como los medios de pago de los mismos.	¿Cómo hacen saber a los potenciales clientes de su oferta de servicio? ¿Qué medios de promoción y publicidad utilizan? ¿Cómo hace entrega de sus servicios, tiene comunicación constante con sus clientes en el desarrollo del producto o servicio?

	<p>¿Poseen servicio post venta luego de entregar dicho producto o servicio?</p> <p>¿Cómo cobran sus servicios, otorgan crédito?</p> <p>¿Tienen algunos precios preferenciales a x clientes?</p>
Conocer la clase de empresas que contratan los servicios de fabricación digital.	¿Con qué clases de empresas ha trabajado generalmente en el pasado, o con cuáles trabaja actualmente?
Determinar la modalidad de cobro de los servicios ofrecidos por el centro.	¿Cómo definen el precio a cobrar para cada uno de los servicios ofertados a las empresas?
Conocer el grado de especialización que tienen o deben tener los profesionales de un Laboratorio de Fabricación Digital y que tipo de maquinaria operan.	<p>¿Poseen los profesionales de la competencia algún tipo de certificación o especialización?</p> <p>¿Con qué tipo de maquinaria relacionada con la fabricación digital cuentan?</p>
Conocer las principales fortalezas de la institución, su evolución y visión de negocio.	<p>¿Cuántos son los años de servicio desde que nacieron?</p> <p>¿En tres palabras que describe su empresa?</p>

Tabla 35 Cuestionario para entrevista a competidores directos

Fuente: Elaboración propia

2.6.3. CARACTERIZACIÓN DEL MERCADO COMPETIDOR

2.6.3.1. UNIVERSO DE INTERÉS

La población de interés para el estudio del mercado competidor debido a el rubro al que pertenece la fabricación digital, como se ha plasmado en el marco referencial del estudio de factibilidad, es escasa en nuestro país, debido a ello para el estudio de los competidores del estudio del mercado competidor se centrará en los establecimientos existentes en la ciudad de San Salvador.

2.6.3.2. DISEÑO DE LA MUESTRA PARA EL ESTUDIO DE LA COMPETENCIA

Dado a su número pequeño de competidores directos se pretende analizar la mayoría de todos los existentes en la ciudad de San Salvador.

El estudio de los competidores directos e indirectos del Laboratorio de Fabricación Digital no se desarrollará en base al diseño de una muestra, como resultado se listan los siguientes factores argumentando el por qué no hacer la escogitación de una muestra:

1. En el país no existe registro legal de unidades económicas de rubros de laboratorios de fabricación digital como tal u afines
2. Los competidores directos son relativamente escasos y ninguno posee un registro legal alusivo en su totalidad a un Laboratorio de Fabricación Digital.
3. El diseñar una muestra para una población extremadamente pequeña, arrojaría una unidad muestral no representativa.
4. Existen numerosos competidores indirectos que funcionan de manera clandestina, es decir no se encuentran registrados legalmente al menos bajo los servicios que prestan; tal es el caso de los talleres de mecánica general, comúnmente derivados de negocios familiares.
5. Se puede abarcar en su mayoría la observación y análisis de todos los competidores actuales en el país.⁶⁰

2.6.3.3. IDENTIFICACIÓN DE LA COMPETENCIA

COMPETENCIA DIRECTA

Son las empresas que actúan dentro del mismo sector y tratan de satisfacer las necesidades de los mismos grupos de clientes, para este estudio las empresas que son competencia directa son todas aquellas que brindan servicios derivados del uso de la fabricación digital.

Identificar los competidores significa entre muchas otras cosas identificar sus productos, servicios que ofrecen, es decir: el qué venden, estudiar cómo lo producen, qué características tiene el producto o servicio, que lo hace tan competitivo o que lo hace un desastre. Además

⁶⁰ El que se pueda abordar o no a todos los competidores directos dependerá en gran medida de la disposición de estos a colaborar con el estudio.

de sus estrategias de venta y marketing. Es decir, cómo lo venden: qué canales de distribución utilizan, cuántos puntos de ventas tienen, cómo lo comercializan, sus campañas publicitarias (publicidad online y offline), contenidos en páginas web, redes sociales, foros, etc. En general se identificarán aspectos como:

1. Precios, campañas de promociones
2. Posicionamiento en el mercado, marcas, imagen en el mercado
3. Gama de productos o servicios que compiten directamente con nuestra oferta.
4. Medios de promoción y publicidad
5. Zona geográfica predominante
6. Calidad de los productos/servicios

Criterios para la selección del estudio de los competidores

1. Se estudiarán los competidores presentes en la ciudad de San Salvador
2. Para los competidores indirectos se estudiarán aquellos establecimientos de competidores más representativos en el mercado y que la visita al establecimiento no se vea limitada a factores de seguridad ciudadana.
3. Se identificarán aquellos competidores directos con mayores años de existencia en el país y que han venido innovando en el tiempo.

A continuación, se muestra en un esquema general los competidores directos e indirectos identificados, posteriormente se procede a detallar cada uno por separado.

IDENTIFICACIÓN DE COMPETIDORES				
COMPETIDORES DIRECTOS				
FABLAB	MAKERSPACE	HACKERSPACE	TECHSHOP	LABORATORIOS DE INSTITUCIONES EDUCATIVAS
<ol style="list-style-type: none"> 1. FabLab El Salvador 2. Impresora 3D.SV Factory Lab 3. LASERTEC 	<ol style="list-style-type: none"> 1. FabLab CT 2. Makerspace Academia Británica Cuscatleca 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hackerspace San Salvador 	N.A.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Universidad Centroamericana José Simeón Cañas. Departamento de electrónica e informática. 2. Universidad don Bosco. Laboratorio de prototipado rápido 3. Universidad Francisco Gavidia.

				Laboratorio de Nanotecnologías
COMPETIDORES INDIRECTOS				
<ol style="list-style-type: none"> 1. Grupo Barón 2. Talleres Moldtrow 3. TDS Maquinados Industriales 4. Grupo Sarti 5. Talleres generales de mecánica industrial 6. Grupo Delpin 				

*Tabla 36 Competidores directos e indirectos
Fuente: Elaboración propia*

COMPETIDORES DIRECTOS

La competencia directa son las empresas que actúan dentro del mismo sector y tratan de satisfacer las necesidades de los mismos grupos de clientes, para este estudio las empresas que son competencia directa son todas aquellas que brindan servicios derivados del uso de la fabricación digital. A continuación, se describen cada uno de los competidores encontrados en el municipio de San Salvador.

FABLAB EL SALVADOR

Primer Laboratorio de Fabricación Digital impulsado por la Asociación FabLab El Salvador con el apoyo de la Red Latinoamericana de Fablabs-FABLAT.

FabLab SV-Asociación FabLab El Salvador es el mayor promotor e impulsor de FabLabs en El Salvador y la región Centroamericana, dada su ubicación en el Istmo se proyecta en el mediano Plazo a ser un catalizador de la Innovación mediante el Uso de técnicas y herramientas de Fabricación Digital desde México hasta Colombia



Ilustración 45 Logo asociación FabLab El Salvador

Fuente: FabLab El Salvador

1. ¿Cuál es su alcance?

El Alcance de Fablab SV es desarrollar una plataforma de cooperación entre personas y organizaciones de diversas comunidades, ciudades y municipalidades de El Salvador, la región e incluso de países del mundo; destinada a fomentar que cualquier persona pueda fabricar cualquier cosa en cualquier lugar del mundo, que sea de utilidad para sus sociedades u otras sociedades; a partir de compartir conocimiento tecnológico, social y del uso de máquinas de fabricación digital.

2. Alianzas o respaldos institucionales

Actualmente Fablab SV está trabajando con varios respaldos institucionales como de la DICA-MINEC (Dirección de Innovación y Calidad del MINEC), TROTEC Latinoamérica, Lasertec El Salvador, Sistema Consultores, The Carrot Concept, SVnet, JMTelcom, ECMH-Escuela de Comunicaciones Mónica Herrera, entre otros apoyos, todo ello a partir del impulso que la Iniciativa de implementación del Fab Lab San Salvador está llevando a cabo para dinamizar el ecosistema de innovación socio-tecnológico y de Fablab's en El Salvador.

3. Misión

Resolver problemas locales con actores locales mediante la creación de una Comunidad Inclusiva de Personas y la democratización del acceso a máquinas de Fabricación Digital e innovación tecnológica; cuyo enfoque sea la creatividad, investigación, invención, innovación y desarrollo.

4. Dirección

Actualmente no posee un espacio físico como tal para prestar sus servicios, funciona como asociación, el cual presta sus servicios en colaboración con otros centros u organizados de manera habitual en diversos entes pertenecientes a dicha asociación.

5. Contacto:

Email: fablab.sansalvador@gmail.com

Carlos Valladares

6. Servicios y programas que ofrece

A. Artesanal

Es un programa orientado al sector Mipymes del sector de Profesionales del Diseño, producción y marketing entre otras áreas para Estudiantes de diversas áreas relacionadas / Prácticas Profesionales

Busca establecer una mejora significativa y disruptiva del Sector, con la incorporación de dos componentes: Innovación Tecnológica y Co-creación. Este programa incorpora servicios como:

- a. Prototipado
- b. Testeo
- c. Producción
- d. Embalaje y comercialización

Todos los anteriores involucrando la innovación y el uso de herramientas de fabricación digital.

B. Diseño y desarrollo de Productos

Es un programa que ofrece a Startup, emprendedores y empresarios que buscan mediante la innovación y modelos de escalamiento, poder ofrecer nuevos productos o servicios al mercado.

Algunos de los rubros son: Mobiliario, Accesorios, Moda, textiles, calzado, Diseño Industrial y de productos, entre otros.

C. TIC's y Hardware

Es un programa que ofrece Startup, emprendedores y empresarios que buscan ofrecer productos o servicios con bases en las TICs y/o Hardware/dispositivos-componentes electrónicos

Este sector es uno de los más crecientes, y sin duda que mueven cada día más las tendencias, no sólo en temas de Aplicaciones Webs y sistemas de funcionamiento inteligente, sino en nuevas formas de ver el mundo, de estudiar, de comprar, etc.y es ahí donde el tema de Hardware y sobre todo de Open Hardware

FabLab SV ofrece servicios alusivos a la fabricación digital como:

- A. Servicios de Impresión 3D

- B. Servicios de escáner 3D
- C. Servicios de electrónica
- D. Servicios de Animación 3D
- E. Servicios de Asesoría para el desarrollo de nuevos productos

7. Precios

Los precios dependerán del servicio que se preste y la institución a la que se preste, ya que si ésta, es una institución educativa se manejan precios diferentes en cuanto si se tratara de la prestación de servicios a entidades privadas.

8. Medios y estrategias publicitarias

Cuenta de Facebook: Maneja sus eventos a través de su página de Facebook: Fab Lab El Salvador, actualmente es calificado en 5 estrellas por un total de 7 opiniones, posee 2,253 me gusta.

9. Página Web

Dirección electrónica: www.fablab.org.sv

IMPRESORA 3D. SV. FACTORY LAB

Es una empresa dedicada al servicio completo de fabricación de objetos, ofrece asesoramiento inicial desde el diseño hasta el modelado y fabricación del objeto final.

1. ¿Cuál es su alcance?

Factory Lab vende servicios de asesoría, diseño y fabricación digital de casi cualquier objeto. Hace del proceso de fabricación algo divertido y fácil para el usuario, mientras que ayuda a toda persona en el proceso de creación de cosas nuevas

2. Servicios y programas que ofrece

Programas

- A. Modelos conceptuales: Desarrollo de nuevas e innovadoras ideas
- B. Prototipos y piezas funcionales: Validación de productos
- C. Piezas herramientas: Desarrollo de x piezas para uso de líneas de producción
- D. Fabricación a demanda: Centro de manufactura personal, se fabrican las piezas que se deseen en las cantidades requeridas

Servicios

- A. Servicios de impresión y modelado 3D.
- B. Prototipado de productos
- C. Asesoría en diseño de productos
- D. Elaboración de materiales de estudio sobre el uso de las tecnologías de fabricación digital.

3. Alianzas o respaldos institucionales

La institución no cuenta al momento con alianzas estratégicas más, sin embargo, si manifiesta para a largo plazo poder emprender ese tipo de relaciones.

4. Precios

Factory Lab, cobra sus servicios por volumen de material utilizado en la impresión o trabajo a utilizar. En el caso de asesorías se cobra por proyecto o por hora dependiendo del cliente.

5. Medios de promoción y estrategias

El laboratorio se da a conocer por medio de su cuenta de Facebook: Impresora 3D SV. 3D Factory Lab, así como su presencia en ferias relacionadas con el ámbito tecnológico y el emprendedurismo. Actualmente posee 460 me gusta con 4 estrellas de 5 de un total de 4 opiniones.

6. Dirección

Calle Lorena y Calle Roma #170, San Salvador, 503 San Salvador

Horario

Lun-Vie: 9:00-05:30

Sáb: 9:00-12:00

7. Contacto

info@3dfactorylab.com

Sitio web: www.3dfactorylab.com

Teléfono: 2323-8201

LASERTEC

Empresa dedicada al rubro de la Fabricación Digital, soluciones de grabado y corte con láser, router CNC, impresión 3D.

1. ¿Cuál es su alcance?

Entidad especializada en darle forma a las ideas de sus clientes “Si no ves lo que buscas, contáctanos: Cuéntanos tu idea, y nosotros nos encargamos de darle forma” es su eslogan. La entidad trabaja desde la idea hasta la realidad cada producto que se les es demandado, manufacturando productos a través de las tecnologías de fabricación digital como: Impresión 3D, cnc router, corte y grabado láser.

2. Servicios que ofrece

Servicios

- A. Arquitectura y modelado 3D.
- B. Arte
- C. Rotulación comercial
- D. Grabado láser, en vidrio, madera, metal cuero y acrílico.
- E. Corte láser en vidrio, cuero, madera, metal, cuero y acrílico.
- F. Prototipado de productos
- G. Asesoría en diseño de productos
- H. Corte de vinyl.
- I. Impresión 3D

3. Alianzas o respaldos institucionales

La empresa mantiene buenas relaciones con la asociación Fab Lab El Salvador apoyando la fabricación digital en el país.

4. Precios

Los precios de sus servicios dependen del producto o proyecto a desarrollar, los servicios de impresión 3D son cobrados por hora generalmente.

5. Medios de promoción

Maneja su promoción a través de su cuenta de Facebook: Lasertec, además de utilizar la opción de ventas corporativas.

6. Dirección

Calle El Progreso No. 3044 Col Ávila, San Salvador

Lun-Vie: 9:00-5:30 Sáb: 9:00-12:00

7. Contacto

Teléfono: 2224-0055

Correo electrónico: info@lasertec.com.sv

Página web: <http://www.lasertec.com.sv>

LABCT-LABORATORIO DE LA CASA TOMADA

Laboratorio de Innovación en Nuevas Tecnologías ubicado en La Casa Tomada, en la Embajada de España; LabCT es un laboratorio que nació bajo la iniciativa INSERT (Innovación Social y Tecnología) (INSERT, 2016) tras el proyecto Cultura entre todos, con el fin de hacer accesible el uso de nuevas e innovadoras tecnologías a toda persona u empresa demandante de este servicio, además de educar a muchos en esta cultura tecnológica, con el fin último de ayudar al desarrollo del país.

1. ¿Cuál es su alcance?

Laboratorio dedicado a brindar apoyo generalmente a empresas y personas naturales innovadoras con deseos de aprender nuevas tecnologías de fabricación digital.

2. Servicios que ofrece

- A. Consultoría
- B. Asesoría
- C. Diseño
- D. Fabricación en: Impresión 3D, Corte Láser, Grabado CNC, Electrónica, y Aplicaciones móviles

3. Alianzas o respaldos institucionales

LabCT forma parte de la Embajada Española, además cuenta con el apoyo incondicional de la Asociación Fab Lab El Salvador, Hackerspace San Salvador, LASERTEC, entre otras instituciones internacionales que los respaldan.

4. Precios

Los precios se fijan de acuerdo al proyecto o trabajo a realizar, no se tiene un estándar, existen proyectos que se cobran por hora u otros por volumen de material u hora uso.

5. Medios de promoción

Se da a conocer por su página de Facebook: LabCT Actualmente posee 218 me gusta. También se da conocer en ferias relacionadas con el uso de nuevas tecnologías.

6. Dirección

La Casa Tomada, Calle La Reforma #179, San Salvador.

7. Contacto

Correo electrónico: innovacion.lacasatomada@gmail.com

MAKERSPACE ACADEMIA BRITÁNICA CUSCATLECA

El makerspace ubicado en la Academia Británica Cuscatleca, es un centro privado que forma parte del ABCICT, espacio de formación técnico científico que busca crear en sus alumnos competencias en el área digital a través del desarrollo de manualidades y la introducción a programas lúdicos de diseño digital.

HACKERSPACE SAN SALVADOR

El Hackerspace San Salvador se constituye como el primer y único laboratorio de desarrollo electrónico de puertas abiertas en El Salvador y su meta principal es el proveer de las herramientas necesarias para el desarrollo de dispositivos electrónicos a cualquier persona sin importar su nivel económico o educativo.

1. ¿Cuál es su alcance?

A diferencia de otros espacios similares, el Hackerspace San Salvador opta por existir en un espacio compartido. En este espacio se combinan la fabricación digital con la fabricación artesanal para poder aprovechar las sinergias. Los usuarios podrán hacer uso del Hackerspace y acceder a los servicios ofrecidos por las secciones de fabricación digital y artesanal para poder crear prototipos y experimentos funcionales replicables; siguiendo esta filosofía el laboratorio brinda las herramientas necesarias para que los asistentes puedan crear

todo tipo de soluciones que contribuya a la tecnificación y mejoramiento de la calidad de vida de los salvadoreños.

2. Alianzas o respaldos institucionales

Actualmente Hackerspace San Salvador trabaja en alianzas con la asociación Fab Lab SV, LabCT, entre otras instituciones sin fines de lucro para el desarrollo de sus proyectos.

3. Misión

Brindar los más novedosos productos, herramientas y servicios que permitan a sus suscriptores el crear soluciones tecnológicas disruptivas e innovadoras en el área de tecnologías de información, electrónica, robótica y telecomunicaciones

4. Dirección

Final 105av Norte y Calle Arturo Ambrogi #442. Colonia Escalón, San Salvador. El Salvador.

5. Contacto

Mario Gómez- 7985-2061, Fundador

Sitio web: hackerspace.teubico.com

6. Servicios y programas que ofrece

Servicios de espacios físicos compartidos a través de membresías: servicios de electrónica basadas en el open source, espacios virtuales de soporte: Registro y difusión de proyectos de miembros.

7. Precios

Los precios de sus servicios se rigen bajo el contrato de membresías a sus suscripciones mensuales que pueden ser: estudiantiles, personales o corporativas que oscilan entre los precios de \$25.00, \$30.00 y \$50.00 mensuales respectivamente.

Con este tipo de contratos-membresías el usuario tiene derecho al uso de todos los componentes herramientas del centro, así como a asesorías en sus proyectos. Sin embargo, también posee modalidades de pago por hora en pagos por uso o en asesorías, aproximadamente \$3.50 y \$7.00 por hora respectivamente. (Hackerspace San Salvador, 2016)

8. Medios de promoción y publicidad

Cuenta de Facebook

Maneja sus eventos a través de su página de Facebook: Hackerspace San Salvador, actualmente es calificado en 4 estrellas por un total de 1 opinión, posee 1,340 me gusta.

9. Alianzas y relaciones estratégicas

Hackerspace San Salvador tiene como alianza estratégica buenas relaciones con la asociación FabLab SV. Además de otros centros relacionados con el ámbito del emprendedurismo, como Inbox (Asesoría en el diseño de nuevos productos en El Salvador), LabCT.

LABORATORIOS EN INSTITUCIONES EDUCATIVAS

UNIVERSIDAD CENTROAMERICANA JOSÉ SIMEÓN CAÑAS. DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA E INFORMÁTICA, Y MECÁNICA ESTRUCTURAL

El Departamento de Electrónica e Informática (DEI) es la unidad académica de la UCA que concentra los recursos y esfuerzos relacionados a las áreas tecnológicas de la electrónica y la informática, desde una perspectiva académica e investigativa.

Siguiendo la inspiración institucional, el DEI realiza actividades de proyección social, investigación y docencia desde el conocimiento acumulado por los miembros que lo conforman.

Dentro de su cuerpo docente el DEI cuenta con catedráticos que han realizado estudios de especialización en Alemania, Estados Unidos, Japón, México, Costa Rica y El Salvador.

Como parte de su infraestructura, unos conjuntos de talleres de informática equipado con computadoras de la más reciente tecnología apoyan las labores tanto de docencia como de investigación y servicio en dicha área. Por su parte, la electrónica se ve apoyada con su propio conjunto de laboratorios provistos con las herramientas y dispositivos adecuados.

La Universidad Centroamericana José Simeón Cañas ofrece laboratorios académicos con el fin de ofrecer una enseñanza de alta calidad y adicionalmente poder brindar servicios de pruebas de laboratorio al sector productivo del país, el departamento de Mecánica Estructural, cuenta con una serie de recursos en equipos y cada uno de estos desempeña una función

vital en el área correspondiente entre los que se encuentra un Centro de Diseño Asistido por Computadora, que está dotado con computadoras y programas para el análisis y diseño de elementos estructurales de máquinas y edificaciones y un Taller Mecánico en el que se realizan procesos básicos de manufactura en metales para fabricar piezas, además de laboratorios de informática y electrónica equipado con computadoras de la más reciente tecnología que apoyan las labores tanto de docencia como de investigación y servicio en dichas áreas.

UNIVERSIDAD DON BOSCO. CENTRO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍAS APLICADAS A LA MANUFACTURA-LABORATORIO DE PROTOTIADO RÁPIDO

La Universidad Don Bosco, es una de las instituciones de formación superior con un mayor número de laboratorios de formación en tecnologías de fabricación digital de forma especializada en cada una de sus carreras; la institución cuenta con Laboratorios de Diseño Gráfico que están equipadas con software y hardware de punta permitiendo a la comunidad estudiantil desarrollar destrezas en el área del diseño, animación digital e impresión 3D; la institución cuenta además, con un Instituto de Investigación e Innovación Electrónica que a su vez integra el Centro Internacional Certificado en Mecatrónica ambos poseen laboratorios iCIM para los procesos de manufactura integrados por computadora, que incluye procesos de planificación, producción y almacenaje. También incorpora los laboratorios “Virtual Mecatrónica”, para la simulación y desarrollo de procesos mediante diferentes tipos de software y de Automatización para la mejora de la productividad en los procesos industriales por medio de controladores y equipo especializado; además de tecnologías básicas sobre electrónica en lo relacionado con: Fundamentos generales de la Electrónica, Microprocesadores, Instrumentación y Control, Telecomunicaciones, Biomédica, Usos Múltiples, Redes de computadoras, Fabricación de circuitos impresos (Universidad Don Bosco, 2014).

Otros laboratorios, en el área de biomédica son: el Centro en Tecnologías aplicadas a la Ingeniería Biomédica, el Laboratorio de Biomédica Virtual que está equipado con software y hardware especializado para el desarrollo de aplicaciones virtuales en las áreas de bioinstrumentación, procesamiento de señales e imágenes biomédicas, modelado de sistemas fisiológicos, diseño de sistemas de información hospitalarios y biomecánica y finalmente el Laboratorio de Biomédica Experimental. El área de desarrollo de software posee el Centro de innovación de Software para Móviles, busca promover un modelo de innovación para la

creación de productos y/o servicios en el campo de las tecnologías móviles, que apoye el desarrollo de la industria de software en El Salvador y América Central con el fin de impulsar el mercado de exportación. (Universidad Don Bosco, 2014).

Finalmente, cuenta con un centro de mecánica de precisión que está formado por siete laboratorios para el aprendizaje de las diferentes disciplinas de la mecánica: máquinas herramientas, hidráulica y neumática, soldadura, control numérico computarizado, ensayos destructivos de los materiales, obra de banco y refrigeración y aire acondicionado (Universidad Don Bosco, 2014).

Actualmente la Universidad Don Bosco está en el proceso de inauguración de su primer laboratorio de prototipado rápido (Universidad Don Bosco , 2016) implementado gracias a la ayuda de la cooperación alemana; el cual está dotado con maquinaria de fabricación digital como:

1. Impresora 3D
2. Scanner 3D
3. Software de modelado 3D

El laboratorio iniciará sus operaciones con propósitos de investigación y preparación educativa, pero a un corto plazo será abierto al público con la venta de sus servicios.

UNIVERSIDAD FRANCISCO GAVIDIA. LABORATORIO DE NANOTECNOLOGÍAS


La Universidad Francisco Gavidia cuenta con el Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación (ICTI-UFG) cuyas líneas estratégicas de trabajo en el área científica y social del país buscan apoyar el sector productivo del país por medio de asesorías a pequeñas y medianas empresas especialmente en el área de diseño e innovación. Este Instituto está formado por varios centros de investigación y laboratorios, pero de acuerdo a la naturaleza de la presente investigación es el Laboratorio de Nanotecnologías el que responde a las necesidades de formación e investigación en las tecnologías de fabricación digital (Universidad Francisco Gavidia, s.f.).

El Laboratorio de Nanotecnologías es un espacio para el desarrollo científico en los campos de la nanociencias, infociencias y biociencias cuyo objetivo es desarrollar investigaciones que impacten en los sectores productivos nacionales, y realizar diagnósticos en el campo de los polímeros y áreas asociadas; actualmente se trabajan líneas y proyectos amparados en el convenio con el Centro Nacional de Alta Tecnología de Costa Rica (CENAT) y Laboratorio

Nacional de Nanotecnologías LANOTEC, y el desarrollo de un laboratorio propio que cuenta ya con dos módulos, uno de impresión 3D y otro de microscopía (Instituto de Ciencia Tecnología e Innovación, Universidad Francisco Gavidía, 2014).

COMPETIDORES INDIRECTOS

Se analizarán aquellas empresas que cuentan con la prestación de servicios de prototipado y diseño tradicional, es decir talleres de mecánica general industrial localizados en el municipio de San Salvador. A continuación, se detalla aspectos como los servicios que ofrece, maquinaria y/o equipo con el que cuenta y su localización geográfica de los principales talleres de mecánica general localizados en dicho municipio:

<p style="text-align: center;">GRUPO BARÓN</p> 	<p>Grupo de tres empresas familiares: Rectificado de Motores, Repuestos para motores y La División Industrial que es la tercera compañía del GRUPO BARON, esta nació del rectificado de motores, comenzando como un taller de mantenimiento, y posteriormente empezó a fabricar moldes de inyección de plástico, punzones y matrices. El servicio Industrial de Inversop, es uno de los más completos en El Salvador; esto debido a la gran variedad de maquinaria que la empresa posee. Cuenta con equipo y personal altamente calificado en el servicio a la Industria Nacional; en todo lo concerniente a la reparación y fabricación de piezas de metal mecánica</p>
<p style="text-align: center;">Servicios que ofrece</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fabricación de piñones y engranajes de todo tipo 2. Fabricación y rectificación de ejes y chumaceras 3. Fabricación de cajas reductoras 4. Fabricación de poleas 5. Fabricación de herramientas 6. Fabricación de levas 7. Reparación de maquinaria dosificadores lineal o rotativa

	8. Reparación de maquinaria de tercería 9. Reparación o fabricación de piezas y maquinaria agrícola 10. Fabricación de bandas transportadoras 11. Fabricación de tanques metálicos 12. Fabricación o reparación de estructuras metálicas 13. Matriceria Industrial 14. Maquinaria para panadería
Maquinaria y equipo con el que cuenta	Tornos convencionales, Fresadoras Universales y de Pedestal, Fresadora CNC, Centro de Torneado CNC, Erosionadora, Pantógrafos, Talladora de Engranajes, Rectificadoras Planas, y Cilíndricas, Mandrinadoras Horizontales y Verticales, Taladros Radiales, Sierras Automáticas, Limadoras, Afiladoras, Un área especializada de soldadura, Sistemas CAD-CAM, etc
Localización	21 Avenida Sur, San Salvador, El Salvador CA


Tabla 37 Competidor indirecto-Grupo Barón

Fuente: Elaboración a partir de la página web: hbaron.com

<p>GRUPO SARTI</p> 	<p>Para el inicio del tercer milenio el Grupo SARTI bajo su mística de progreso aplicado en 85 años de existencia, es líder de la región en Fundición, Metalmecánica y Fabricación de maquinaria pesada.</p>
Servicios que ofrece	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mecánica General 2. Fundición 3. Proyectos 4. Cortinas, puertas y ventanas
Maquinaria y equipo con el que cuenta	Tornos convencionales, Fresadoras Universales y de Pedestal, Fresadora CNC, Centro de Torneado CNC, Erosionadora, Pantógrafos, Talladora de Engranajes, Rectificadoras Planas, y Cilíndricas, Mandrinadoras

	Horizontales y Verticales, Taladros Radiales, Sierras Automáticas, Limadoras, Afiladoras, Un área especializada de soldadura, Sistemas CAD-CAM, etc
Localización:	Talleres SARTI Oficinas: Calle Gerardo Barrios, N° 1265, San Salvador, El Salvador.

*Tabla 38 Competidor indirecto-Grupo Sarti
Fuente: Elaboración a partir de la página web: gruposarti.com*

<p style="text-align: center;">TDS EL SALVADOR- MAQUINADOS INDUSTRIALES</p> 	<p>Maquinados Industriales TSD dedicados a realizar todas aquellas actividades dirigidas a cubrir los requerimientos de la empresa metal-mecánica en cuanto a la fabricación de piezas, ya sea maquinados CNC, industriales o convencionales, torneado y fresado de piezas y otros diversos procesos bajo estándares de calidad y tolerancias internacionales, únicos en El Salvador, con servicios de torno y fresadora cnc, expertos en tratamientos térmicos, revenidos y normalizados. Innovadores en diseños y conceptos para la optimización del rendimiento de repuestos y todo tipo de piezas de maquinaria industrial.</p>
<p style="text-align: center;">Servicios que ofrece</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Maquinados CNC <p>Torneados y fresados, grabado de logos, figuras, volúmenes de producción desde una pieza en adelante, exactitud, repetitividad y tiempos de entrega.</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. Rectificados de precisión <p>Mecanizado de todo tipo de aceros, materiales endurecidos y carburos de tungsteno, ofreciendo tolerancias de (\pm) 0.01mm (0.0005").</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. Afilados

	<p>Todo tipo de cuchillas rectas, circulares y dentadas hasta 800 milímetros de largo incluidas en carburos de tungsteno.</p> <p>4. Electro erosionado</p> <p>Perforado y grabado cualquier tipo de forma en aceros y carburos de tungsteno.</p>
Maquinaria y equipo con el que cuenta	Maquinaria especializada, de alta calidad y tecnología en el área metal-mecánica, como Tornos CNC, Tornos Convencionales, Fresadoras, Equipo de Corte y Equipo de Soldadura, esto sumado a un gran equipo de expertos en la Materia
Localización:	Calle Los Almendos #27, Col. El Rosal Sur., San Salvador

Tabla 39 Competidor Indirecto-TSD maquinados Industriales El Salvador
Fuente: Elaboración a partir del sitio web: www.maquindosinusdrialestsd.com.sv

<p>TALLERES MOLDTROK</p> 	<p>Empresa dedicada a la fabricación de elementos de metalmecánica en El Salvador.</p>
Servicios que ofrece	Servicios de mecánica general, fabricación de piezas únicas, mantenimiento industrial. Etc.
Maquinaria y equipo con el que cuenta	Maquinaria especializada, de alta calidad y tecnología en el área metal-mecánica, como Tornos CNC, Tornos Convencionales, Fresadoras, Equipo de Corte y Equipo de Soldadura, esto sumado a un gran equipo de expertos en la Materia
Localización:	25 Av. Sur Nº 416, San Salvador

Tabla 40 Competidor Indirecto- Talleres Moldtrok
Fuente: Elaboración a partir de la página web: talleresmoldtrok.com.sv

<p style="text-align: center;">GRUPO DELPIN-TALLER INDUSTRIAL</p> 	<p>Grupo Delpin tiene como lema ingeniería a la medida. El Grupo tiene más de 25 años sirviendo a la industria, con instalaciones en El Salvador, Honduras y Nicaragua. Además, es conformado por DELPIN Taller Industrial para asistirle en la instalación y reparación de equipos y DELPIN Logistics que permite ampliar la capacidad de entrega en tiempos oportunos.</p>
<p style="text-align: center;">Servicios que ofrece</p>	<p>Delpin taller industrial cuenta con personal capacitado en montaje de equipos industriales, paneles de control, elaboración de piezas y reparación de máquinas, así como la asesoría y diseños de productos.</p>
<p style="text-align: center;">Maquinaria y equipo con el que cuenta</p>	<p>Maquinaria especializada, de alta calidad y tecnología en el área metal-mecánica, como taladro radial, soldadoras MIG y TIG, sierra sin fin, tornos, nipleras, fresadoras, dobladoras y cortadoras de láminas</p>
<p style="text-align: center;">Localización</p>	<p>75 Avenida Norte y Pasaje Milán, Residencial Nobles de la Escalón, #9-10 San Salvador, El Salvador PBX: (503) 2262-2680 y (503) 2239-7329 (Taller Industrial)</p>

*Tabla 41 Competidor indirecto-Grupo Delpin
Fuente: Elaboración a partir de la página web: www.grupodelpin.com*

Los competidores indirectos antes descritos presentan un panorama general del tipo de Talleres industriales que generalmente ofrecen servicios derivados de la metalmecánica. Sin embargo, después de dichos competidores identificados, existen números talleres de mecánica industrial que también ofrecen servicios como fabricación de piezas en lote o como prototipos, algunos funcionan de manera clandestina y algunos otros funcionan bajo otro giro, para lo cual a continuación se presenta un conjunto de características que reúnen este tipo de talleres:

<p>TALLERES DE MECÁNICA INDUSTRIAL EN GENERAL</p>	<p>La principal actividad de los Talleres Mecánicos Industriales es la fabricación y reparación de piezas metálicas, comúnmente denominados maquinados, de maquinarias de cualquier rama de la industria manufacturera</p>
<p>Servicios que ofrece</p>	<p>Debido a la gran variedad existente de piezas y partes mecánicas es difícil tipificar los productos de los talleres.</p> <p>Pero entre los servicios comunes se ofrecen:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Fabricación de piezas metálicas 2. Soldadura 3. Montaje industrial 4. Hojalatería 5. Fundición <p>Otras actividades a las que se dedican adicionalmente algunos talleres son: matricería, Servicios de mecánica general, fabricación de piezas únicas, mantenimiento industrial, etc.</p>
<p>Maquinaria y equipo con el que cuenta</p>	<p>La maquinaria utilizada es de tipo general: tornos, fresadoras, taladros y otras máquinas del mismo tipo.</p> <p>Generalmente carecen de maquinaria altamente especializada y su capacidad de producción es limitada</p>
<p>Localización</p>	<p>Se tomó en cuenta la caracterización de los talleres de localizados en el municipio de San Salvador</p>
<p>Características de los procesos productivos</p>	<p>Los procesos productivos presentan un claro estrangulamiento al depender de proveedores que exigen pagos al contado en los insumos, generalmente a un costo elevado por los bajos volúmenes de compra, en tanto que la demanda es</p>

	esporádica, en pequeños volúmenes y requiere crédito
Nivel tecnológico	Bajo

Tabla 42 Competidor indirectos-Talleres mecánicos industriales
Fuente: Elaboración propia

2.6.4.RESULTADOS DE ENTREVISTAS A COMPETIDORES DIRECTOS

Como resultado de la aplicación del cuestionario de la entrevista expuesto en apartado de diseño de herramientas de recolección de datos antes abordado, éste se aplicó a los competidores directos: Hackerspace San Salvador, LabCT, Impresión 3D. Factory Lab SV, LASERTEC; de los cuáles se obtuvieron las siguientes respuestas comunes:

PREGUNTA	RESPUESTAS COMUNES
¿Cuál es el rubro o especialidad a la que se dedica?	Prototipado, modelismo Desarrollo de proyectos utilizando open source-electrónica Asesoría en el desarrollo de ideas innovadoras
¿Qué tipos de servicios ofrece?	1. Impulsar ideas innovadoras 2. Asesoría y consultoría de proyectos 3. Modelado 4. Impresión 3D 5. Servicios de electrónica 6. Corte láser 7. Grabado láser
¿Cuáles son los principales procesos que efectúan?	Procesos relacionados con la Fabricación Digital, relacionados con la enseñanza de nuevas tecnologías. Asesoría y consultoría de ideas innovadoras
¿Cómo hacen saber a los potenciales clientes de su oferta	1. Fanpage 2. Blogspot 3. Ferias, congresos o talleres relacionados con la tecnología.

<p>de servicio, es decir cómo se promocionan o publican?</p>	<p>4. Ventas Corporativas 5. Recomendaciones de terceros</p>
<p>¿Cómo hace entrega de sus servicios, tiene comunicación constante con sus clientes en el desarrollo del producto o servicio?</p>	<p>Si el cliente lo solicita se le brinda la oportunidad de desarrollo de todo el producto. Si es asesoría o consultoría la comunicación es vital. Si el cliente lo desea se lleva a cabo incluso hasta grabaciones de video o voz del desarrollo de todas las etapas de su producto o servicio solicitado Según la filosofía “Hazlo tú mismo” del movimiento Making, asesorar en el proceso es el espíritu de este centro.</p>
<p>¿Poseen servicio post venta luego de entregar dicho producto o servicio?</p>	<p>Sí, es de vital importancia poseer dicho extra, atrae más clientes Siempre, es parte del servicio que se paga y de nuestra filosofía como centro.</p>
<p>¿Cómo cobran sus servicios, otorgan crédito?</p>	<p>No, nuestra capacidad como entidad financiera no aplica para dichos casos. A emprendedores innovadores se manejan planes preferenciales.</p>
<p>¿Tienen algunos precios preferenciales a x clientes?</p>	<p>A Algunos sectores como: estudiantes, emprendedores, microempresas, etc.</p>
<p>¿Con qué clases de empresas ha trabajado generalmente en el pasado, o con cuáles trabaja actualmente?</p>	<p>1. Estudiantes de artes, ingeniería, mercadeo, electrónica o carreras afines. 2. Microempresas 3. Personas particulares</p>

¿Cómo definen el precio a cobrar para cada uno de los servicios ofertados a las empresas?	Depende en gran medida del trabajo o servicio que se preste. Algunas veces es mejor cobrar por hora de servicio o uso y otras veces es mejor por volumen de material utilizado.
¿Poseen los profesionales de la competencia algún tipo de certificación o especialización?	Si, aunque la mayoría de todos manejan el espíritu Making, "Hazlo tú mismo" y han sido muy autodidactas al respecto. Aunque siempre se imparten cursos de especializaciones internacionales.
¿Con qué tipo de maquinaria relacionada con la fabricación digital cuentan?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Impresoras 3D 2. Scanner 3D 3. Cortadoras láser 4. Software y hardware libre
¿Cuántos son los años de servicio desde que nacieron?	6 meses, 4 meses, 2 años, 1 mes
¿En tres palabras que describe su empresa?	<ol style="list-style-type: none"> 3. Innovación, inspiración, libertad 4. Innovación, Desarrollo e investigación 5. Emprendedurismo, Innovación y Originalidad 6. Hazlo tú mismo

Tabla 43 Resultados de entrevistas a competidores indirectos
Fuente: Elaboración propia

2.6.5. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LAS ENTREVISTAS

PREGUNTA	RESPUESTAS
¿Cuál es el rubro o especialidad a la que se dedica?	La competencia generalmente está dedicada a rubros como el prototipado, modelado 3D, el desarrollo y asesoría de ideas innovadoras utilizando tecnologías de fabricación digital, y la consultoría.

<p>¿Qué tipos de servicios ofrece?</p>	<p>Básicamente sus servicios son de:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Asesoría y consultoría de proyectos 2. Modelado 3D 3. Impresión 3D 4. Servicios de electrónica 5. Corte láser 6. Grabado láser
<p>¿Cuáles son los principales procesos que efectúan?</p>	<p>Sus procesos van desde la opción enseñanza de tecnologías de fabricación digital hasta la venta de servicios de asesoría y consultoría de proyectos utilizando tecnologías de fabricación digital.</p>
<p>¿Cómo hacen saber a los potenciales clientes de su oferta de servicio, es decir cómo se promocionan o publican?</p>	<p>Principalmente utilizan medios como: Facebook, todos especificaron que es el mayor medio por el cual se dan a conocer. Además de hacer presencia en ferias u talleres relacionados a la tecnología, Solo uno de ellos manifestó el utilizar las ventas corporativas las cuales han sido de mucho éxito.</p>
<p>¿Cómo hace entrega de sus servicios, tiene comunicación constante con sus clientes en el desarrollo del producto o servicio?</p>	<p>La mayoría está consiente que es de vital importancia involucrar al cliente en el desarrollo de su producto, afirmando que con la incorporación de estas tecnologías al mercado es inconcebible que el cliente no conozca como se hizo su producto, es parte de la filosofía de este tipo de laboratorios.</p>
<p>¿Poseen servicio post venta luego de entregar dicho producto o servicio?</p>	<p>Son para todos los laboratorios entrevistados reglas de oro que deben de cumplirse con cada cliente, el fin último siempre es ayudarse unos con otros.</p>
<p>¿Cómo cobran sus servicios, otorgan crédito?</p>	<p>La mayoría concuerda que no resulta financieramente conveniente otorgar crédito, su alcance económico-financiero no lo permite, no subsistirían como tal, aunque dependiendo el cliente así se pueden tener consideraciones especiales.</p>

<p>¿Tienen algunos precios preferenciales a x clientes?</p>	<p>Generalmente se otorgan precios preferenciales a cualquier persona u entidad educativa que requiera servicios de enseñanzas de estas tecnologías. Aunque también se puede trabajar muy cordialmente con personas emprendedoras y microempresas</p>
<p>¿Con qué clases de empresas ha trabajado generalmente en el pasado, o con cuáles trabaja actualmente?</p>	<p>Este tipo de laboratorios presta sus servicios generalmente a estudiantes de artes, ingeniería, mercadeo, electrónica o carreras afines. Trabajando en el desarrollo de microempresas y personas altamente emprendedoras.</p>
<p>¿Cómo definen el precio a cobrar para cada uno de los servicios ofertados a las empresas?</p>	<p>No existe una forma única de definir un precio de x producto o servicio, generalmente éste dependerá de factores como: cantidad de material utilizado en el producto, hora de uso de la maquinaria, proyecto asesorado o ejecutado, o en algunos casos del cliente que se tenga.</p>
<p>¿Poseen los profesionales de la competencia algún tipo de certificación o especialización?</p>	<p>La mayoría de los profesionales de este tipo de Laboratorios poseen cualidades únicas y originales en el autoaprendizaje de estas nuevas tecnologías. Sin embargo, cuentan con capacitaciones y certificaciones internacionales a las cuales son sometidos para reforzar sus conocimientos.</p>
<p>¿Con qué tipo de maquinaria relacionada con la fabricación digital cuentan?</p>	<p>La mayoría de estos laboratorios cuentan con al menos una Impresora 3D, 1 de ellas con un Scanner 3D y una Cortadora láser, y todas con software y hardware libre</p>
<p>¿Cuántos son los años de servicio desde que nacieron?</p>	<p>Todos estos laboratorios tienen prácticamente en período de lanzamiento su empresa en el país, ya que el laboratorio que mayor tiempo de presencia en el mercado tiene es de apenas 2 años, actualmente es un nicho de mercado en crecimiento al que se ataca.</p>
<p>¿En tres palabras que describe su empresa?</p>	<p>La innovación las describe, y no cabe ninguna duda ya que para pertenecer al rubro de empresas dedicadas a la fabricación digital</p>

	es necesario conocer y saber innovar desde donde sea y como sea.
--	--

*Tabla 44 Análisis de los resultados de las entrevistas
Fuente: Elaboración propia*

2.6.6.CONCLUSIONES MERCADO COMPETIDOR

La fabricación digital, según el estudio antes desarrollado, sin dudar en ningún momento está presente en El Salvador, aun no explotada y mucho menos conocida, pero lo está, no existe un laboratorio de fabricación registrado como tal, pero si existen algunos centros que intentan reunir este tipo de características; los cuáles presentan generalmente cierto tipo de cualidades que los hacen únicos:

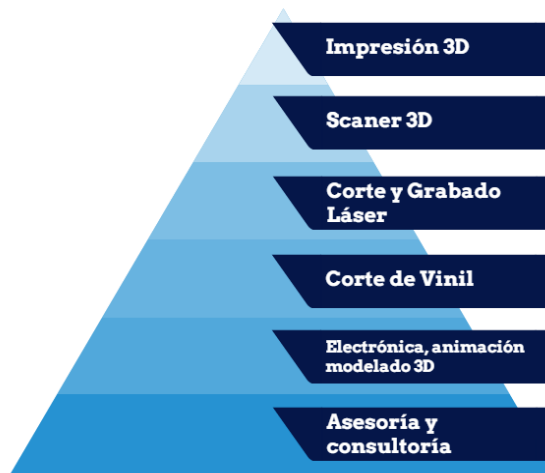
1. Son centros con altos conocimientos en su rubro
2. Nacieron como iniciativas de personas emprendedoras
3. Comparten la filosofía maker – hazlo tú mismo (DIY)
4. Altamente comunicativos e involucrados con sus clientes
5. Comprometidos con el desarrollo y difusión de la cultura de nuevas tecnologías de fabricación digital, que promuevan la creatividad, innovación, investigación y desarrollo tanto personal como a nivel de sociedad.
6. Originalidad, y estilo en cada proyecto ejecutado
7. Trabajan en alianzas, son prácticamente una sola red, se ayudan unos con otros para ejecutar bien un proyecto
8. Comprometidos con el desarrollo humano, social y económico del país.
9. Comparten espacios físicos de trabajo en centros relacionados con incubadoras de empresas, o emprendedores; fomentando la investigación, desarrollo e innovación del conglomerado de empresas y emprendedores que lo conforman. Generalmente estos espacios no se encuentran identificados como tal y son bastante reducidos.
10. Localización demográfica en áreas no conflictivas que propician el fácil acceso al centro.

En relación a la competencia indirecta aunque existen reconocidos y excelentes talleres de mecánica industrial convencionales en el país en los que se pudieran realizar infinidad de los proyectos que la fabricación digital puede ofrecer; no deja de ser para muchos casos en los que requiera: economizar, mejorar un proceso, validar productos, innovar, entre muchas otras razones, el hacer uso de laboratorios fabricación digital y así pertenecer y mantenerse en un

mercado altamente cambiante que con el paso del tiempo exige incorporaciones tecnológicas cada vez más vanguardistas.

2.6.6.1. SERVICIOS

Luego del estudio del mercado competidor previo, se puede constatar que los servicios que generalmente son más ofrecidos por este tipo de laboratorios orientados a la fabricación digital son:



Esquema 45 Servicios generalmente ofrecidos por la competencia

Fuente: Elaboración propia

2.6.6.2. MEDIOS DE PROMOCIÓN Y PUBLICIDAD

Los medios de promoción y publicidad de este tipo de centros se reducen a:

- A. Página de Facebook
- B. Presencia en ferias, talleres u congresos afines a la tecnología
- C. Ventas corporativas

2.6.6.3. DEFINICIÓN DE PRECIOS DE PRODUCTOS Y SERVICIOS

El definir un precio como tal para un producto o servicio dependerá en gran medida de:

- A. El proyecto o trabajo a ejecutar; cuestiones relacionadas al tiempo y dificultad del mismo.
- B. Las horas uso de la maquinaria u equipo
- C. La entidad a la que se preste el servicio

D. Y del volumen de material utilizado en el desarrollo del producto.

2.6.6.4. CLIENTES CON LOS QUE GENERALMENTE TRABAJAN

- A. Estudiantes de carreras como artes, ingeniería, diseño gráfico, electrónica u afines.
- B. Micros y pequeñas empresas en general
- C. Personas particulares-emprendedoras

2.6.6.5. MAQUINARIA Y EQUIPO DEL CUAL DISPONEN

- A. Impresoras 3D
- B. Cortadoras Laser
- C. Scanner 3D
- D. CNC-Router
- E. Software y hardware libre

No existe Laboratorio de Fabricación Digital alguno en alguna institución educativa a la fecha, a excepción del Laboratorio de Prototipado Rápido que está por inaugurarse en la Universidad Don Bosco, el cual contará con una Impresora 3D, un Scanner 3D, Software y Hardware libre, el cual será abierto con propósitos educativos e investigativos, no descartando pueda ser abierto a prestar sus servicios al público como la mayoría de los laboratorios pertenecientes a dicha institución.

2.7. CANALES DE DISTRIBUCIÓN Y MEDIOS DE PROMOCIÓN

El proyecto de análisis de factibilidad de la implementación de un laboratorio de fabricación digital, está definido para ser distribuido por la Escuela de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador; esto debido al origen del proyecto. La iniciativa surge en base a las necesidades de desarrollo para con los profesionales graduados por la escuela de ingeniería industrial, así como también por la necesidad de crecimiento del sector productivo del país. El proyecto se limita a la implementación de un laboratorio de fabricación digital en la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador, como canal único de distribución de los servicios; la Escuela de Ingeniería Industrial actuará como el productor de los servicios, los estudiantes y las empresas solicitantes de los servicios serán los consumidores finales, los asesores denominados en el laboratorio o el personal a cargo serán los intermediarios, es así como funcionara la dinámica del canal de distribución.



*Esquema 46 Canal distribuidor
Fuente: Elaboración propia*

2.7.5. MEDIOS DE PROMOCIÓN

La promoción de los servicios prestados por el laboratorio de fabricación digital se efectuará con los recursos propios de la Escuela de Ingeniería Industrial de la FIA de la Universidad de El Salvador; mediante el desarrollo de la organización de las funciones de los colaboradores

asignados al laboratorio se proyecta que una de las tareas sea dar seguimiento a la promoción al laboratorio.

En primer lugar, se tendrá promoción vía web, con los siguientes recursos:

1. PÁGINA WEB UES



Ilustración 46 Página web UES

La página web oficial de la Universidad de El Salvador publica noticias acerca de los eventos que se desarrolla en el alma mater, por lo tanto, se puede emplear en cuestiones de promocionar las actividades que se desarrollen en el laboratorio, además de mantener informada tanto a la población estudiantil como a las empresas de los avances y proyectos que se desarrollen en el laboratorio de fabricación digital.

FAN PAGE ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL FIA UES



Ilustración 47 Fan Page Escuela de Ingeniería Industrial FIA UES

En esta página se promocionan los eventos, actividades y las acciones desarrolladas por la Escuela de Ingeniería Industrial de la FIA UES, por lo tanto, se podrá emplear en cuanto al lanzamiento del laboratorio, promocionar los diversos proyectos que desarrolle y principalmente ofertar los servicios a las empresas interesadas.

2. FAN PAGE CENTRO DE FOMENTO DE LA INNOVACIÓN Y EL EMPRENDIMIENTO CEFIE



Ilustración 48 Fan Page Centro de Fomento de la Innovación y el Emprendimiento CEFIE

El CEFIE promociona eventos relacionados con la innovación y el emprendimiento, por las cualidades antes mencionadas del laboratorio de fabricación digital, será un medio de promoción directa. El involucramiento de ambas entidades es esencial ya que ambos giran en torno al mismo objetivo de promover el desarrollo de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador.

3. Ferias y Congresos relacionados al área de ciencia y tecnología

La Universidad de El Salvador al ser una institución de educación superior recibe invitaciones a participar en ferias, congresos y eventos que giran en torno al desarrollo tecnológico, por lo tanto, se visualiza la oportunidad de llevar a promocionar los servicios ofrecidos por el laboratorio de fabricación digital.

La forma de dar promoción en este tipo de eventos es por medio la ubicación de kioscos informativos durante el desarrollo de los eventos, en estos se puede optar por elaborar una serie de artículos o elementos de publicidad como brochures, imágenes y videos de las creaciones efectuadas en el laboratorio, entre muchos otros elementos que se podrán desarrollar.

2.8. CONCLUSIONES DE VIABILIDAD DE MERCADO

A pesar que la disposición de las empresas del sector manufactura de hacer uso de los servicios de fabricación digital ofertados por el laboratorio de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador no puede extrapolarse para realizar una proyección exacta del comportamiento del total del segmento de mercado consumidor, por ser un estudio de tipo cualitativo, la información obtenida permite estimar que existe mercado consumidor externo a la Universidad de El Salvador que dispuesto a hacer uso de los servicios prestados por el centro, y que es lo suficientemente grande para garantizar el aprovechamiento del laboratorio orientado al desarrollo e investigación de nuevos productos.

Al remitirse a los datos obtenidos a través del instrumento de recolección de información del mercado consumidor, se observa que el 59% de los consultados estiman que dentro de sus empresas existen procesos productivos que permiten la incorporación de tecnologías de fabricación digital, de estas el 25% aseveró que está en condiciones de introducir las TFD directamente en su empresa y el 21% que está en condiciones de introducirlas por medio de servicios de outsourcing; al cuestionar a este último segmento sobre su disposición para adquirir los servicios de fabricación digital a través del laboratorio de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador, el 60% expresó que está en disposición de contratar los servicios a través de la EII. En cuanto al periodo de introducción de tecnologías de fabricación digital, tanto de formada directa como por medio de outsourcing, el 29% manifestó estar en la capacidad de introducirlas a corto plazo, el 29% a mediano plazo y el 6% a largo plazo.

Un hallazgo importante de la realización de la investigación del mercado consumidor de los servicios de laboratorio, es la disposición de las empresas manufactureras a trabajar con la Escuela de Ingeniería Industrial por medio del programa de Servicio Social Estudiantil; el 59% de las empresas consultadas demostró estar dispuesta a trabajar con el laboratorio en programas de diseño digital, investigación y desarrollo de nuevos productos y mejora de productos o procesos empleando TFD.

La oferta del mercado proveedor de tecnologías de fabricación digital se divide en maquinaria de alto perfil, mediano perfil y bajo perfil; la decisión de adquisición de los equipos para el laboratorio de fabricación digital estará determinado por los servicios seleccionados que el laboratorio ejecutará. Con la investigación realizada se obtuvieron proveedores nacionales de tecnologías de alto perfil y proveedores internacionales de tecnologías de alto perfil, al igual

que con las tecnologías de mediano y tecnologías de bajo perfil, se cuentan con proveedores tanto nacionales como internacionales.

El mercado competidor facilitó guías para la conceptualización del diseño del laboratorio de fabricación digital, mediante la identificación de la competencia directa e indirecta, visualizando con ello, que la oferta de servicios que involucren tecnologías de fabricación digital es un mercado que actualmente en el país no ha sido explotado, pero que presenta pautas prometedoras de crecimiento.

2.9. DIAGNÓSTICO

2.9.1 DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

2.9.1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A partir de los estudios de cada mercado expuesto anteriormente, y en vista de la existencia de la necesidad de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador de la implementación de un Laboratorio de Fabricación Digital para el desarrollo, innovación que potencie el crecimiento económico del país, se procede a la formulación del problema de la forma siguiente:

2.9.1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El problema se planteará mediante un estado A y un estado B, que permita visualizar de una



forma clara el punto en el que se está y lo que se pretende lograr.

ESTADO A

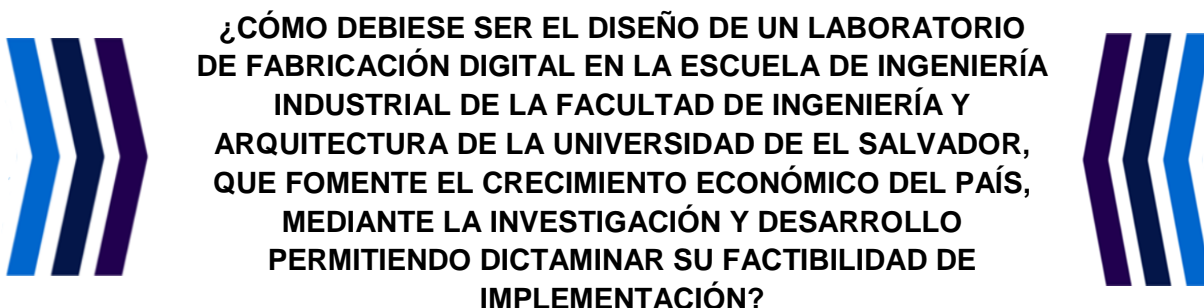
Ausencia de apoyo en acciones de investigación y desarrollo que involucre el uso de tecnologías de fabricación digital para fomentar el crecimiento económico y tecnológico del país.

ESTADO B

Diseño de un Laboratorio de Fabricación Digital en la Escuela de Ingeniería Industrial que permita potenciar el crecimiento económico del país mediante la Investigación y Desarrollo en tecnologías de Fabricación Digital.

2.9.1.3 ENUNCIADO DEL PROBLEMA

Una vez planteada la problemática a resolver y en vista de poder entender mejor el problema se procede a establecer el enunciado del problema:



2.9.1.4 ANÁLISIS DEL PROBLEMA

El estudio de los segmentos de mercado realizado previamente, con el objetivo de establecer el diagnóstico de factibilidad de la implementación del Laboratorio de Fabricación Digital en la Escuela de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería de Arquitectura de la Universidad de El Salvador, estableció lineamientos para determinar la conceptualización del diseño del laboratorio.

Se observó que la problemática encontrada gira en torno a las necesidades expuestas por estudiantes y empresas, donde ambos actores demandan determinados servicios como tal, en algunos casos no necesitados en proporciones iguales; derivándose de ello la necesidad de una selección previa de los servicios que deberá tener el laboratorio sin descuidar ninguna de las necesidades de dichos sectores, y así poder determinar la orientación o enfoque que deberá tener el Laboratorio de Fabricación Digital.

Sin lugar a duda pretender hablar sobre crecimiento económico del país, mediante la investigación y Desarrollo con el uso de tecnologías de fabricación digital, no sólo se logra con un enfoque único hacia el fortalecimiento de la I+D en el sector productivo del país, sino que se enlaza estrechamente al fortalecimiento de la educación a nivel superior en el país. En otras palabras, se debe de invertir en potenciar la educación del perfil del egresado de ingeniería industrial, así como las otras ingenierías afines; incorporando competencias que fomenten la creatividad y la innovación, a través de la investigación y desarrollo del uso de las tecnologías de fabricación Digital.

Es a partir de esta situación que se concluye que la problemática de conceptualización identificada gira en torno a las siguientes preguntas:

1. ¿El concepto del diseño del laboratorio de Fabricación digital para la Escuela de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador deberá enfocarse en la prestación de servicios con uso exclusivo para fines educativos e investigación, es decir para atacar las necesidades descubiertas en el fortalecimiento de la malla curricular de la carrera de Ingeniería Industrial, esto derivado de los análisis respectivos del estudio del segmento de la plataforma de docentes de la Escuela de Ingeniería Industrial, así como el del segmento de los expertos en educación?
2. ¿El concepto del diseño del Laboratorio de Fabricación Digital en la Escuela de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador deberá enfocarse en la prestación y comercialización de servicios para el sector productivo del país, es decir satisfacer todos aquellos servicios relacionados con la fabricación digital mayormente demandados por las empresas salvadoreñas?
3. ¿Deberá enfocarse en el diseño de un Laboratorio de Fabricación Digital mixto, es decir que presente en determinados porcentajes el enfocarse a un Laboratorio con fines de educación e investigación, y un laboratorio que sea capaz de vender aquellos servicios demandados por el sector productivo del país?

Estos escenarios a través de las preguntas planteadas anteriormente servirán como guía para la búsqueda de alternativas de solución que permitan establecer la conceptualización del diseño del Laboratorio de Fabricación Digital.

2.9.1.5 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

SELECCIÓN DE SERVICIOS DEL LABORATORIO DE FABRICACIÓN DIGITAL

Antes de realizar la propuesta, escogitación y diseño de la solución al problema previamente descrito, es necesario realizar la selección final de los servicios que serán ofertados en el Laboratorio de Fabricación Digital de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador como respuesta a las necesidades productivas identificadas en el sector manufactura, a los requerimientos de formación práctica que exige el nuevo plan curricular 2017 de la carrera de ingeniería industrial que busca generar un valor agregado al perfil profesional del egresado de la de ingeniería industrial del Alma Mater que lo haga destacar en el mercado laboral.

METODOLOGÍA DE SELECCIÓN DE SERVICIOS

El proceso de selección de servicios inició con el estudio de mercado consumidor, en el apartado selección preliminar de los servicios a ofertar; a partir de la investigación exploratoria de los servicios de los laboratorios de fabricación digital a nivel iberoamericano, en sus 4 corrientes de trabajo, y de los servicios ofertados en los centros de educación superior a nivel nacional. La lista obtenida fue sometida a calificación según su frecuencia de oferta y si son considerados criterios de certificación internacional de la asociación FabLab del MIT; a partir de esta calificación, se realizó la selección preliminar de los servicios según 3 líneas de trabajo: fabricación y producción, consultoría y educación, como se presenta a en el siguiente esquema:

SERVICIOS A OFERTAR EN EL LABORATORIO DE FABRICACIÓN DIGITAL DE LA EII

FABRICACIÓN Y PRODUCCIÓN		CONSULTORÍA		EDUCACIÓN
Impresión 3D	Electrónica	Asesoría en el desarrollo de productos usando TFD	Registro de marcas, diseños y patentes	Formación en tecnologías de fabricación digital
Corte de vinilo	Programación			
Fresado CNC	Animación 3D	Asesoría en el desarrollo de proyectos interactivos usando TFD	Diseño de productos	Artesanía Digital
Grabado Láser	Termoformado			
Escaneo 3D	Corte láser		Alquiler de espacios	
Torno CNC	Router CNC			

Esquema 47 Servicios a ofertar en el laboratorio de fabricación digital de la EII

Fuente: Elaboración propia

Es sobre este listado que se realizará la selección final de servicios a ofertar; la metodología a emplear para la selección final de servicios será la evaluación por puntos, que es un sistema técnico por el cual se asignan puntuaciones a una serie de características según criterios previamente estipulados (Gestión Estratégica del Recurso Humano, 2012).

CRITERIOS DE SELECCIÓN

Los criterios de selección son una serie de características cuya función principal es servir de referencia para la evaluación de los servicios, garantizando que la selección realizada no sólo cumple con los requerimientos establecidos por el mercado de las tecnologías de fabricación digital sino también por las características de trabajo y del entorno de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador.

Los factores que indican en la selección de servicios a ofertar y que serán considerados en el análisis son:

1. Frecuencia de selección por los segmentos de mercado consumidor
2. Frecuencia de oferta en el mercado competidor
3. Compatibilidad con la naturaleza de las operaciones del centro
4. Disponibilidad de proveedores
5. Facilidad de abastecimiento de materias primas e insumos para funcionamiento

FRECUENCIA DE SELECCIÓN POR LOS SEGMENTOS DE MERCADO CONSUMIDOR

Este aspecto se refiere a la frecuencia y priorización dada en la selección realizada por los diferentes segmentos del mercado consumidor; la selección de este criterio se debe a que son los segmentos de este mercado, ya sea empresas de manufactura o personal relacionado a la enseñanza de las TFD, los que conocen verdaderamente el entorno en el que trabajan y las necesidades que este exige.

Asignación de puntos

La asignación de puntos se establece en función de la jerarquización realizada en base a la selección hecha por los diferentes segmentos de mercado consumidor; para la determinación de la posición jerárquica se tomará en cuenta el orden de selección establecido en el apartado de análisis de resultados del mercado consumidor, como se muestra en el siguiente cuadro:

POSICIÓN JERÁRQUICA	PUNTUACIÓN SEGÚN SELECCIÓN DE SEGMENTOS CONSUMIDORES		
	EMPRESAS MANUFACTURERAS	EXPERTOS EN LA ENSEÑANZA DE TFD	CATEDRÁTICOS DE LA EII
1 - 2	10	10	8
3 - 6	7	7	6
7 - 9	5	5	4
10 - 13	3	3	3
14 - 17	1	1	1

Tabla 45 Ponderación de servicios según selección realizada por mercado consumidor
Fuente: Elaboración propia

Puntuación obtenida

SERVICIO / SEGMENTO	SERVICIOS																
	Impresión 3D	Programación	Grabado Láser	Electrónica	Corte Láser	Fresado CNC	Animación 3D	Corte de Vinilo	Diseño 3D de productos	Asesoría en el desarrollo	Asesoría en el desarrollo	Escaneo 3D	Termoformado	Router CNC	Torno CNC	Formación en TFD	Artesanía Digital
Empresas manufactureras	10	1	7	7	10	10	1	1	10	1	10	1	1	7	1	1	1
Expertos en la enseñanza de TFD	8	8	4	1	4	8	3	3	6	1	6	1	1	1	4	1	1
Catedráticos de la EII	10	7	1	1	10	10	1	1	10	10	10	10	1	1	7	1	1
TOTAL	28	16	12	9	24	28	5	5	26	12	26	12	3	9	12	3	3

Tabla 46 Puntuación de los servicios de fabricación digital en base a la selección de los segmentos del mercado consumidor
Fuente: Elaboración propia

FRECUENCIA DE OFERTA EN EL MERCADO COMPETIDOR

En este criterio se evaluará la frecuencia con que los servicios son ofertados por la competencia, su importancia radica en que permite tener una referencia clara del alcance de mercado competidor en la satisfacción necesidades de los consumidores y por lo tanto, garantizar que los servicios seleccionados para el laboratorio de la Escuela de Ingeniería

Industrial de la Universidad de El Salvador verdaderamente satisfacen las demandas de los clientes.

Asignación de puntos

La definición de la puntuación se realiza en función de la frecuencia en que los servicios son ofertados por la competencia, tomando como base el listado presentado en el apartado de conclusiones del estudio de mercado competidor como se detalla en el siguiente cuadro:

POSICIÓN JERÁRQUICA	PUNTUACIÓN SEGÚN FRECUENCIA DE OFERTA DE LA COMPETENCIA
1 - 2	10
3 - 6	7
7 - 9	5
10 - 13	3
14 - 17	1

Tabla 47 Ponderación de servicios según selección realizada por mercado consumidor
Fuente: Elaboración propia

Puntuación obtenida

SERVICIO / SEGMENTO	SERVICIOS																
	Impresión 3D	Programación	Grabado Láser	Electrónica	Corte Láser	Fresado CNC	Animación 3D	Corte de Vinilo	Diseño 3D de productos	Asesoría en el desarrollo	Asesoría en el desarrollo	Escaneo 3D	Termoformado	Router CNC	Torno CNC	Formación en TFD	Artesanía Digital
Oferta Competencia	10	1	7	7	7	7	5	7	5	5	5	10	1	1	1	1	1
TOTAL	10	1	7	7	7	7	5	7	5	5	5	10	1	1	1	1	1

Tabla 48 Puntuación de los servicios de fabricación digital en base a la oferta de mercado competidor
Fuente: Elaboración propia

COMPATIBILIDAD CON LA NATURALEZA DE LAS OPERACIONES DEL LABORATORIO

Este criterio se refiere a que la afinidad de cada servicio con la naturaleza del laboratorio: ser un centro que potencia la investigación y el desarrollo de nuevos productos a través de procesos de prototipado y digital; además de la afinidad a las áreas de desarrollo curricular de la carrera de ingeniería industrial.

La importancia de este criterio radica en el hecho que a pesar que servicios hayan sido identificados altamente demandados por el segmento de empresas manufactureras del mercado consumidor, existen establecimientos de la competencia con un alto nivel de desarrollo, calidad ofrecida

Asignación de puntos

La asignación de puntos se establece en función de la afinidad de los servicios con las áreas de la carrera de ingeniería industrial y su uso en procesos de prototipado y desarrollo de productos.

POSICIÓN JERÁRQUICA	PUNTUACIÓN SEGÚN COMPATIBILIDAD CON LAS OPERACIONES DEL LABORATORIO	
	¿Es una tecnología/ proceso a fin con las áreas de desarrollo de la carrera de ingeniería industrial?	¿Es una tecnología/ proceso empleado en el desarrollo de nuevos productos / prototipado?
SI	10	10
NO	5	5

*Tabla 49 Ponderación de servicios según selección realizada por mercado consumidor
Fuente: Elaboración propia*

Puntuación obtenida

SERVICIO / SEGMENTO	SERVICIOS																
	Impresión 3D	Programación	Grabado Láser	Electrónica	Corte Láser	Fresado CNC	Animación 3D	Corte de Vinilo	Diseño 3D de productos	Asesoría en el desarrollo de proyectos interactivos	Asesoría en el desarrollo de productos usando TFD	Escaneo 3D	Termoformado	Router CNC	Torno CNC	Formación en TFD	Artesanía Digital
Empresas manufactureras	10	7	7	7	10	10	1	1	10	1	10	1	1	7	1	1	1
Expertos en la enseñanza de TFD	8	8	4	1	4	8	3	3	6	1	6	1	1	1	4	1	1
Catedráticos de la EII	10	7	1	1	10	10	1	1	10	10	10	10	1	1	7	1	1
TOTAL	28	22	12	9	24	28	5	5	26	12	26	12	3	9	12	3	3

Tabla 50 Puntuación de los servicios de fabricación digital en base a la selección de los segmentos del mercado consumidor

Fuente: Elaboración propia

DISPONIBILIDAD DE PROVEEDORES

Este criterio evalúa la facilidad de encontrar proveedores de las tecnologías requeridas, con la calidad especificada y en periodos de tiempo que no impidan la puesta en marcha del laboratorio de fabricación digital en la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador, ponderando si los proveedores son locales o internacionales.

Asignación de puntos

La asignación de puntos se establece en función de la localización del proveedor, si es a nivel local (nacional) o a nivel internacional y la disponibilidad de equipo que este presenta ya que esto influye en la rapidez de contacto con el proveedor, el periodo de tiempo en el que puede abastecerse el laboratorio de la EII y el monto que debe desembolsar para realizarlo, como se muestra a continuación:

TIEMPO DE ENTREGA	ASIGNACIÓN DE PUNTOS SEGÚN LOCALIZACIÓN DE PROVEEDOR
Nacional	8
Internacional	5
Ambos	10

Tabla 51 Ponderación de servicios según selección localización de proveedor

Fuente: Elaboración propia

PERIODO	ASIGNACIÓN DE PUNTOS SEGÚN DISPONIBILIDAD DE MAQUINARIA
Disponibilidad inmediata	5
Requiere de pedido	3

*Tabla 52 Ponderación de servicios según disponibilidad de maquinaria
Fuente: Elaboración propia*

PERIODO	ASIGNACIÓN DE PUNTOS SEGÚN TIEMPO DE ENTREGA DE MAQUINARIA Y EQUIPO
Menor a 1 mes	5
1 -3 meses	3
> 3 meses	1

*Tabla 53 Ponderación de servicios según periodo de entrega de maquinaria y equipo
Fuente: Elaboración propia*

Importante mencionar que la inclusión de todos los procesos y servicios de fabricación digital a considerar ofertar en el laboratorio de la EII se debe a que a pesar que algunos son netamente servicios, requieren de maquinaria y recursos humanos para poder ser ofrecidos a los segmentos de mercado consumidor.

Puntuación obtenida

La puntuación de cada proceso y servicio se basa en los resultados derivados de la realización del estudio de mercado proveedor, obteniendo los siguientes resultados:

SERVICIO / CRITERIO	SERVICIOS																
	Impresión 3D	Programación	Grabado Láser	Electrónica	Corte Láser	Fresado CNC	Animación 3D	Corte de Vinilo	Diseño 3D de productos	Asesoría en el desarrollo	Asesoría en el desarrollo de productos usando TFD	Escaneo 3D	Termoformado	Router CNC	Torno CNC	Formación en TFD	Artesanía Digital
Localización proveedor	10	10	5	10	5	5	10	5	10	8	8	10	10	10	10	8	8
Disponibilidad de maquinaria	3	3	3	5	3	3	3	3	3	5	5	3	3	3	3	5	5
Tiempo de entrega	5	5	3	5	3	3	3	3	5	5	5	3	3	3	3	5	3
TOTAL	18	18	11	20	11	11	16	11	18	18	18	16	16	16	16	18	16

Tabla 54 Puntuación de los servicios de fabricación digital en base a la selección de los segmentos del mercado consumidor

Fuente: Elaboración propia

FACILIDAD DE ABASTECIMIENTO DE MATERIAS PRIMAS E INSUMOS PARA FUNCIONAMIENTO

Este criterio evalúa el periodo de abastecimiento de materias primas para los procesos y servicios a ofrecer en el centro, que abarca el tiempo de realización de pedido, envío, tramitación en aduanas de ser importado el producto y entrega local del mismo.

La importancia de este criterio radica en que es un esfuerzo vano el proveer al laboratorio de maquinaria y equipo para iniciar operaciones, si el periodo de entrega de materia prima por parte de los proveedores no asegura el abastecimiento para el adecuado funcionamiento del mismo.

Asignación de puntos

La asignación de puntos se realiza en función del periodo de tiempo en el que los proveedores pueden abastecer el laboratorio de la EII, como se muestra a continuación:

POSICIÓN JERÁRQUICA	PUNTOS SEGÚN SELECCIÓN POR PERIODOS DE ABASTECIMIENTO DE MATERIA PRIMA
Menor a 1 semana	5
> 1 semana y < 45 días	3
> 45 días	1

Tabla 55 Ponderación de servicios según periodo de abastecimiento de materias primas
Fuente: Elaboración propia

Puntuación obtenida

La puntuación de cada proceso y servicio se basa en los resultados derivados de la realización del estudio de mercado proveedor, obteniendo los siguientes resultados:

SERVICIO / CRITERIO	SERVICIOS																
	Impresión 3D	Programación	Grabado Láser	Electrónica	Corte Láser	Fresado CNC	Animación 3D	Corte de Vinilo	Diseño 3D de productos	Asesoría en el desarrollo de proyectos interactivos	Asesoría en el desarrollo de productos usando TFD	Escaneo 3D	Termoformado	Router CNC	Torno CNC	Formación en TFD	Artesanía Digital
Facilidad de abastecimiento de materias primas	1	3	1	5	1	1	3	1	3	3	3	1	1	1	1	3	1
TOTAL	1	3	1	5	1	1	3	1	3	3	3	1	1	1	1	3	1

Tabla 56 Puntuación de los servicios de fabricación digital en base a la selección de los segmentos del mercado consumidor

Fuente: Elaboración propia

2.9.1.6 SELECCIÓN FINAL DE SERVICIOS A OFERTAR

La selección final de procesos inicia con la recopilación de las calificaciones otorgadas en cada uno de los criterios de selección previamente descritos, dichas calificaciones se suman para obtener el puntaje total de cada servicio y proceso de fabricación digital considerado a prestar en el laboratorio de la EII. La apreciación de cada servicio y el puntaje obtenido total por cada se presenta en el siguiente cuadro:

SERVICIO / CRITERIO	SERVICIOS																
	Impresión 3D	Programación	Grabado Láser	Electrónica	Corte Láser	Fresado CNC	Animación 3D	Corte de Vinilo	Diseño 3D de productos	Asesoría en el desarrollo de proyectos interactivos	Asesoría en el desarrollo de productos usando TFD	Escaneo 3D	Termoformado	Router CNC	Torno CNC	Formación en TFD	Artesanía Digital
Facilidad de abastecimiento de materias primas	1	3	1	5	1	1	3	1	3	3	3	1	1	1	1	3	1
Frecuencia de selección por los segmentos de mercado consumidor	28	22	12	9	24	28	5	5	26	9	26	12	3	9	12	3	3
Frecuencia de oferta en el mercado competidor	10	1	7	7	7	7	5	7	5	5	5	10	1	1	1	1	1
Compatibilidad con la naturaleza de las operaciones del laboratorio	28	22	12	9	24	28	5	5	26	12	26	12	3	9	12	3	3
Disponibilidad de proveedores	18	18	11	20	11	11	16	11	18	18	18	16	16	16	16	18	16
Facilidad de abastecimiento de materias primas e insumos para funcionamiento	1	3	1	5	1	1	3	1	3	3	3	1	1	1	1	3	1
TOTAL	85	66	43	50	67	75	34	29	78	47	78	51	24	36	42	28	24

Tabla 57 Cuadro resumen de las ponderaciones de los servicios de fabricación digital en evaluación

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente los servicios son ordenados de acuerdo a la puntuación registrada por cada uno de ellos, la lista de servicios según su puntuación se presenta a continuación:

No.	SERVICIO	CALIFICACIÓN OBTENIDA
1	Impresión 3D	85
2	Diseño 3D de productos	78
3	Asesoría en el desarrollo de productos usando TFD	78
4	Fresado CNC	75
5	Corte Láser	67
6	Programación	66
7	Escaneo 3D	51
8	Electrónica	50
9	Asesoría en el desarrollo de proyectos interactivos	47
10	Grabado Láser	43
11	Torno CNC	42
12	Router CNC	36
13	Animación 3D	34
14	Corte de Vinilo	29
15	Formación en Tecnologías de fabricación digital	28
16	Termoformado	24
17	Artesanía Digital	24

*Tabla 58 Servicios según ponderación otorgada a partir de los criterios de evaluación
Fuente: Elaboración propia*

Una vez se cuenta con la lista de servicios según su ponderación, es necesario determinar un criterio para la selección final de los mismos, en este caso es la calificación alcanzada respecto del total posible a obtener según los criterios desarrollados anteriormente por cada servicio y tecnología a ofertar; para esto es necesario realizar el cálculo de la calificación máxima posible a obtener por los servicios que es de 95 puntos; este valor se obtiene de la sumatoria de las puntuaciones máximas obtenidas en cada criterio como se detalla a continuación:

No.	CRITERIO	PONDERACIÓN MÁXIMA POR CRITERIO
1	Frecuencia de selección por los segmentos de mercado consumidor	30
2	Frecuencia de oferta en el mercado competidor	10
3	Compatibilidad con la naturaleza de las operaciones del laboratorio	30
4	Disponibilidad de proveedores	20
5	Facilidad de abastecimiento de materias primas e insumos para funcionamiento	5
PONDERACIÓN TOTAL		95

*Tabla 59 Ponderación máxima a obtener en evaluación por puntos
Fuente: Elaboración Propia*

La condicionante para realizar la selección final de servicios será obtener como mínimo el 50% de la calificación máxima que puede ser obtenida en la evaluación por puntos, es decir que los servicios serán seleccionados si y sólo si tienen una puntuación igual o mayor a 48 puntos; a pesar que este criterio es subjetivo por ser estipulado por el grupo analista, es lo suficientemente válido para asegurar que los servicios a implementar cumplen al menos la mitad de los criterios de selección establecidos.

Al remitirse a la tabla 60, se observa que **de los 17 servicios y procesos en análisis, 8 cumplen con el criterio de calificación previo**; por lo que se convierten en los servicios a considerar implementar dentro del Laboratorio de Fabricación Digital de la Escuela de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador, estos servicios son: **Impresión 3D, Diseño de productos, Asesoría en el desarrollo de productos usando TFD, Fresado CNC, Corte Láser, Programación, Escaneo 3D y Electrónica.**

No.	SERVICIO	CALIFICACIÓN OBTENIDA
1	Impresión 3D	85
2	Diseño 3D de productos	78
3	Asesoría en el desarrollo de productos usando TFD	78
4	Fresado CNC	75
5	Corte Láser	67
6	Programación	66
7	Escaneo 3D	51
8	Electrónica	50

*Tabla 60 Servicios y procesos de fabricación digital seleccionados
Fuente: Elaboración Propia*

Es sobre estos servicios que se realizará el diseño de las soluciones a la problemática previamente definida y que servirán de guía para el desarrollo de las etapas de investigación posteriores.

2.9.1.7 IDENTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Luego de la definición de la principal problemática en el desarrollo de la conceptualización del Laboratorio de Fabricación Digital de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador, es imperativo definir líneas de trabajo que guíen sus operaciones, según el mercado al que va dirigido y las tecnologías que formarán parte de este; a continuación, se presenta las alternativas de solución propuestas a la situación identificada.

METODOLOGÍA DE SELECCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

La metodología a emplear que regirá el proceso de selección de alternativas de solución es la evaluación por puntos; como se mencionó en el apartado de selección final de servicios, la evaluación por puntos es una metodología en la que se asignan ponderaciones a una serie de características según criterios de evaluación establecidos por el grupo analista.



Esquema 48 Servicios a ofertar en el laboratorio de fabricación digital de la EII

Fuente: Elaboración propia

El proceso inicia con la identificación de las alternativas de solución a la problema planteado en apartados previos, posteriormente se definen los criterios de evaluación de las alterativas; esta definición incluye la conceptualización de los criterios y definición de su importancia; posteriormente se determina la ponderación de cada criterio y su respectivo impacto en la implementación del laboratorio, con estos insumos se procede a evaluar y ponderar las

alternativas de solución para que finalmente la alternativa con mayor puntuación sea la seleccionada.

PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Previo a la descripción de las alternativas de solución a la problemática identificada, es imperativo definir la forma en que el Laboratorio de Fabricación Digital será administrado; luego de indagar las posibles formas de administración, se identificó que el laboratorio puede ser una unidad conducida directamente por la Universidad de El Salvador, puede ser administrado por la Facultad de Ingeniería y Arquitectura o puede ser una unidad administrada por la Escuela de Ingeniería Industrial de la FIA-UES.

Al analizar las alternativas de administración del laboratorio disponibles y las implicaciones que estas conllevan, se estableció que este sea dirigido de forma directa por la Escuela de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador. Lo anterior se debe a que la idea del laboratorio de fabricación digital nace con los objetivos de apoyar la implementación del plan curricular 2017 de la carrera de ingeniería industrial, generar un valor agregado en el perfil del profesional de la carrera y potenciar la innovación y el desarrollo tecnológico del sector manufactura. Además, al ser administrado por el Alma Mater como una unidad independiente o por la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, las actividades formativas de la EII deberán de acoplarse al desarrollo de actividades de otras unidades o escuelas, lo que restringe el alcance sobre la población demandante de sus servicios.

Una vez establecido que el laboratorio de fabricación digital será administrado por la Escuela de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador, se procede a proponer alternativas de solución al problema planteado, que persigue determinar el diseño del laboratorio de tal manera que fomente el crecimiento económico del país, mediante la investigación y desarrollo; permitiendo dictaminar así la factibilidad de su implementación.

ALTERNATIVA 1: LABORATORIO DE FABRICACION DIGITAL DIRIGIDO A ESTUDIANTES

Esta alternativa orienta de las actividades del laboratorio de fabricación digital a la formación de los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador para realizar prácticas de laboratorio, proyectos

de investigación y desarrollo de nuevos productos, sin cerrar la posibilidad a estudiantes y docentes de otras escuelas de la facultad a hacer uso de las tecnologías que la conforman.

Las actividades se desarrollan dentro del local del laboratorio, los estudiantes asisten al desarrollo de prácticas en un horario establecido para los diferentes grupos de laboratorio, estas prácticas son guiadas por el docente coordinador de cátedra asignado y la persona encargada del laboratorio; la forma de retribución de los docentes es por medio de asignación de carga académica.

Las tecnologías y servicios de fabricación digital desarrollados dentro de esta alternativa, con base en la selección realizada en el apartado selección final de servicios a ofertar en el laboratorio de fabricación digital y en la finalidad de la alternativa, de formar a la población estudiantil son:

1. Impresión 3D
2. Escaneo 3D
3. Diseño 3D de productos
4. Fresado CNC
5. Corte Láser
6. Programación
7. Electrónica

Los servicios a ofertar y su priorización difiere del presentado en apartados anteriores, debido a que se han ponderado según el mercado al que va dirigido las actividades laboratorio, población estudiantil de la EII, y al objetivo de la presente alternativa, que es fomentar el crecimiento económico del país por medio de la formación de profesionales de ingeniería con un alto grado de desarrollo de competencias creativas e innovación a través de un laboratorio de fabricación digital dentro de la Escuela de Ingeniería Industrial de la FIA –UES.

ALTERNATIVA 2: LABORATORIO DE FABRICACIÓN DIGITAL DIRIGIDO A EMPRESAS DEL SECTOR MANUFACTURA

Esta alternativa dirige los servicios del laboratorio de fabricación digital directamente a las empresas de manufactura que requieran realizar procesos de prototipado de productos o asesoría en el desarrollo e innovación de los mismos.

Los servicios solicitados por las empresas se realizan dentro del local del laboratorio, existe comunicación entre los encargados de este y las empresas por vías electrónicas y de forma

presencial; en la que se determinan las necesidades del cliente, se realiza un análisis de los procesos que sus necesidades exigen, y se realizan un estimado del costo de los servicios requeridos; una vez que realiza el pago de los servicios, se ponen en marcha el proceso de prototipado.

Las tecnologías y servicios de fabricación digital desarrollados dentro de esta alternativa, con base en la selección realizada en el apartado selección final de servicios a ofertar en el laboratorio de fabricación digital y en la finalidad de la alternativa, de formar a la población estudiantil son:

1. Asesoría en el desarrollo de productos usando TFD
2. Diseño 3D de productos
3. Impresión 3D
4. Escaneo 3D
5. Fresado CNC
6. Corte Láser
7. Programación
8. Electrónica

Los servicios a ofertar y su priorización difiere del presentado en apartados anteriores, debido a que se han ponderado según el mercado al que va dirigido las actividades laboratorio, empresas de manufactura, y al objetivo de la presente alternativa, que es fomentar el crecimiento económico del país y potenciar la innovación y modernización de las industrias manufactureras a través de un laboratorio de fabricación digital dentro de la Escuela de Ingeniería Industrial de la FIA –UES.

ALTERNATIVA 3: LABORATORIO DE FABRICACIÓN DIGITAL DIRIGIDO A ESTUDIANTES Y EMPRESAS DEL SECTOR MANUFACTURA

La tercera, es una combinación de las propuestas de solución previamente presentadas, es decir un laboratorio de fabricación digital orientado a satisfacer las necesidades de innovación de productos y desarrollo de prototipos de las empresas de manufactura y los requerimientos de formación de profesionales del área de ingeniería industrial de acuerdo a la implementación del nuevo plan curricular impulsado por la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador.

Las actividades del laboratorio se desarrollarán a través de la organización y adecuación de tiempos y servicios para atender los segmentos de mercado a los que van dirigidos: los

estudiantes que desarrollan prácticas de laboratorio guiadas por el docente coordinador de cátedra asignado y el encargado del laboratorio y las empresas que solicitan servicios de prototipado y asesoría en el desarrollo de nuevos productos. Esta alternativa no sólo permite el aprovechamiento óptimo de los recursos con los que contará el laboratorio, sino que ofrece la posibilidad de ser sostenible en el tiempo a través de la oferta de servicios al sector manufactura; otra de las ventajas de esta alternativa mixta es que abre la posibilidad al sector manufactura y población estudiantil de trabajar de forma conjunta, a través de programas y unidades de la Escuela de Ingeniería Industrial como el Servicio Social Estudiantil y el Centro de Fomento de la Innovación y el Desarrollo, asesorando a empresas en el desarrollo y mejora de productos y procesos.

A pesar de trabajar con el sector manufactura, esta propuesta no deja de lado el segmento principal de mercado consumidor al que debe sus actividades: la población estudiantil de la carrera de ingeniería industrial de la Universidad de El Salvador; por lo que se plantea que la proporción de las actividades que se desarrollen en el laboratorio destinadas a este segmento sea mayor a las actividades destinadas al sector manufactura, por ejemplo destinar el 60% de las actividades del laboratorio a la formación de estudiantes y el 40% de las actividades restantes programas a prestar servicios a empresas de manufactura.

Las tecnologías y servicios de fabricación digital implementados en esta alternativa, se basan en la escogitación realizada en el apartado selección final de servicios a ofertar en el laboratorio de fabricación digital y en la finalidad de la propuesta de formar a la población estudiantil y ofrecer servicios y procesos de fabricación digital, la selección final se presenta a continuación:

1. Impresión 3D
2. Diseño 3D de productos
3. Escaneo 3D
4. Asesoría en el desarrollo de productos usando TFD
5. Fresado CNC
6. Corte Láser
7. Programación
8. Electrónica

Los servicios a ofertar y su priorización difieren del orden presentado en apartados previos, debido a que se han ponderado según los mercados a los que se dirigen las actividades

laboratorio y a los objetivos de la presente alternativa que son: fomentar el crecimiento económico del país, potenciar la innovación y la modernización de las industrias manufactureras, ofreciendo profesionales de ingeniería industrial con un valor agregado en su perfil profesional a través de un laboratorio de fabricación digital dentro de la Escuela de Ingeniería Industrial de la FIA –UES.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

Los criterios de evaluación son una serie de características cuya función principal es servir de referencia para la valoración de las alternativas propuestas, garantizando que la selección realizada no sólo cumpla con los requerimientos establecidos por el mercado de las tecnologías de fabricación digital sino también por las características de trabajo y del entorno de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador.

Los factores que indiquen en la selección de servicios a ofertar y que serán considerados en el análisis son:

1. Facilidad de implementación y aprobación de la alternativa
2. Posibilidad de crecimiento programado
3. Cobertura del objetivo principal del centro
4. Disponibilidad de recursos
5. Compatibilidad con otros programas de la EII

Luego de seleccionar factores que permitirán la evaluación de alternativas, se procede a asignar el peso con el que cada uno incide en su implementación, el resultado de esta asignación de pesos se basa en el efecto que pueden ejercer para el desarrollo de las actividades del laboratorio, el alcance sobre el mercado objetivo, percepción de ingresos y crecimiento, entre otros.

No.	Aspecto	Peso
1	Facilidad de implementación de la alternativa	25%
2	Posibilidad de crecimiento programado	15%
3	Cobertura del objetivo principal del centro	30%
4	Compatibilidad con otros programas de la EII	30%
TOTAL		100%

*Tabla 61 Asignación de pesos por factores para la evaluación de alternativas de solución
Fuente: Elaboración Propia*

FACILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DE LA ALTERNATIVA

El criterio evalúa la facilidad con que las alternativas pueden ser llevadas a cabo, incluye aspectos como la facilidad de aprobación del proyecto por parte de las autoridades universitarias, susceptibilidad a experimentar modificaciones en el plan de implementación diseñado y posibilidad de creación de convenios estratégicos con entidades externas a la universidad para su funcionamiento. Su importancia radica en el hecho que una alternativa puede beneficiar a todos los segmentos del mercado consumidor del laboratorio de fabricación digital, contener la mayor cantidad de tecnologías disponibles pero tener un diseño de tal grado de complejidad que no sea aprobado por las autoridades universitarias.

Asignación de puntos

ASPECTO A EVALUAR EN LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN	PUNTUACIÓN SEGÚN FACILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN	
	ALTA PROBABILIDAD	BAJA PROBABILIDAD
Aprobación del proyecto por parte de las autoridades universitarias	10	5
Susceptibilidad a experimentar modificaciones en el plan de implementación diseñado	5	8
Posibilidad de creación de convenios estratégicos con entidades externas a la universidad para su funcionamiento	10	5

Tabla 62 Ponderación de alternativas según su facilidad de implementación
Fuente: Elaboración propia

Puntuación obtenida

ASPECTO A EVALUAR EN LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN	ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN		
	Laboratorio de fabricación digital dirigido a estudiantes	Laboratorio de fabricación digital dirigido a empresas	Laboratorio de fabricación digital dirigido a estudiantes y empresas
Facilidad de aprobación del proyecto por parte de las autoridades universitarias	10	5	10
Susceptibilidad a experimentar modificaciones en el plan de implementación diseñado	8	5	5
Posibilidad de creación de convenios estratégicos con entidades externas a la universidad para su funcionamiento	5	10	10
TOTAL	23	10	25

Tabla 63 Puntuación obtenida por alternativas según facilidad de implementación
Fuente: Elaboración Propia

POSIBILIDAD DE CRECIMIENTO PROGRAMADO

Este criterio evalúa la posibilidad que ofrece la alternativa de solución de implementar de forma gradual y programada en el tiempo el laboratorio de fabricación digital; de acuerdo a la manera en que ingresos que son percibidos, ya sea por medio de financiamiento periódico otorgado por la universidad o a través del ingreso de efectivo producto de la oferta de servicios y procesos a empresas manufactureras. La importancia de este criterio radica en el hecho que, a pesar que el laboratorio cuente con la aprobación para su implementación, el desembolso de recursos necesarios para realizarla puede sufrir retrasos o modificaciones a los montos estipulados.

Asignación de puntos

La asignación de puntos se establece en función de la facilidad que ofrece cada alternativa para lograr la recepción de fondos, la susceptibilidad a sufrir modificaciones presupuestarias y a experimentar modificaciones en el plan de implementación diseñado.

ASPECTO A EVALUAR EN LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN	PUNTUACIÓN SEGÚN POSIBILIDAD DE CRECIMIENTO PROGRAMADO	
	SI	NO
Facilidad para lograr la recepción de fondos para el laboratorio	10	5
Susceptibilidad a sufrir modificaciones presupuestarias (reducciones)	3	5
Susceptibilidad a experimentar modificaciones en el plan de implementación diseñado	5	10

*Tabla 64 Ponderación de alternativas según el criterio de crecimiento programado
Fuente: Elaboración propia*

Puntuación obtenida

ASPECTO A EVALUAR EN LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN	ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN		
	Laboratorio de fabricación digital dirigido a estudiantes	Laboratorio de fabricación digital dirigido a empresas	Laboratorio de fabricación digital dirigido a estudiantes y empresas
Facilidad para lograr la recepción de fondos para el laboratorio	5	10	10
Susceptibilidad a sufrir modificaciones presupuestarias	5	3	5
TOTAL	10	13	15

*Tabla 65 Puntuación obtenida por alternativas según posibilidad de crecimiento programado
Fuente: Elaboración Propia*

COBERTURA DEL OBJETIVO PRINCIPAL DEL LABORATORIO

Este criterio evalúa el alcance de los servicios del centro hacia los segmentos de mercado consumidor identificados y la posibilidad de generar impacto a través de la potenciación de la innovación y desarrollo en los mismos; su importancia se deriva del hecho que, el trabajar de forma conjunta con el sector empresarial, permitirá formar a los estudiantes de forma más completa, al poder desarrollar investigación y propuestas de solución y mejora en un ambiente laboral real.

Asignación de puntos

La asignación de puntos se establece en función de la cobertura de cada alternativa para sobre los segmentos de mercado consumidor identificados para el laboratorio de fabricación digital de la EII, como se muestra a continuación:

ASPECTO A EVALUAR EN LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN	PUNTUACIÓN SEGÚN CRITERIO DE COBERTURA DEL LABORATORIO		
	SEGMENTO EMPRESAS DE MANUFACTURA	SEGMENTO ESTUDIANTES DE LA EII	AMBOS
Segmentos de mercado consumidor que son cubiertos con la propuesta de solución	4	4	8

*Tabla 66 Ponderación de alternativas según el criterio de crecimiento programado
Fuente: Elaboración propia*

Puntuación obtenida

ASPECTO A EVALUAR EN LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN	ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN		
	Laboratorio de fabricación digital dirigido a estudiantes	Laboratorio de fabricación digital dirigido a empresas	Laboratorio de fabricación digital dirigido a estudiantes y empresas
Segmentos de mercado consumidor que son cubiertos con la propuesta de solución	5	10	10
TOTAL	5	10	10

*Tabla 67 Puntuación obtenida por alternativas según posibilidad de crecimiento programado
Fuente: Elaboración Propia*

COMPATIBILIDAD CON PROGRAMAS DE LA EII

El presente criterio mide la disponibilidad de cada una de las opciones para trabajar con otros programas y unidades de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador como el Centro de Fomento de la Innovación y Emprendimiento (CEFIE), el programa de Servicio Social Estudiantil (SSE) y programas externos a la Universidad en los que la EII participa como el proyecto Inventa Investigación de la Dirección de Innovación y Calidad del Ministerio de Economía y el programa Inventa – NOVUS, que busca generar proyectos innovadores con el apoyo de la academia y empresas; además este criterio busca estimar el aprovechamiento del laboratorio en el proceso de implementación del nuevo programa curricular de la carrera de ingeniería industrial de la Universidad de El Salvador.

Asignación de puntos

La asignación de puntos se establece en función de la cobertura de cada alternativa que cada alternativa ofrece al laboratorio de fabricación digital para trabajar de forma conjunta con otros programas de la EII, como se muestra a continuación:

ASPECTO A EVALUAR EN LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN	ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN		
	Laboratorio de fabricación digital dirigido a estudiantes	Laboratorio de fabricación digital dirigido a empresas	Laboratorio de fabricación digital dirigido a estudiantes y empresas
Disponibilidad de trabajar con el programa de Servicio Social Estudiantil de la EII	SI	NO	SI
Disponibilidad de trabajar como el Centro de Fomento de la Innovación y Emprendimiento (CEFIE)	SI	SI	SI
Disponibilidad de trabajar con programas de la Dirección de Innovación y Calidad del MINEC	SI	NO	SI
Realización de pasantías coordinadas por la EII	NO	NO	SI
Aprovechamiento del laboratorio en el proceso de implementación del nuevo programa curricular de la carrera de ingeniería industrial de la Universidad de El Salvador	SI	NO	SI
TOTAL RESPUESTAS AFIRMATIVAS	4	1	5

*Tabla 68 Ponderación de alternativas según la compatibilidad con programas de la EII
Fuente: Elaboración propia*

La ponderación según el número de indicadores que cumple las alternativas se presentan a continuación:

NO. DE ASPECTOS CON LOS QUE CUMPLEN LAS ALTERNATIVAS	PUNTUACIÓN
1 -2 alternativas	2
1 -2 alternativas	5
3- 4 alternativas	8
5 alternativas	10

*Tabla 69 Puntuación según número de aspectos en evaluación cumplidos
Fuente: Elaboración propia*

Puntuación obtenida

ASPECTO A EVALUAR EN LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN	ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN		
	Laboratorio de fabricación digital dirigido a estudiantes	Laboratorio de fabricación digital dirigido a empresas	Laboratorio de fabricación digital dirigido a estudiantes y empresas
Disponibilidad de trabajar con el programa de Servicio Social Estudiantil de la EII	SI	NO	SI
Disponibilidad de trabajar como el Centro de Fomento de la Innovación y Emprendimiento (CEFIE)	SI	SI	SI
Disponibilidad de trabajar con programas de la Dirección de Innovación y Calidad del MINEC	SI	NO	SI
Realización de pasantías coordinadas por la EII	NO	NO	SI
Aprovechamiento del laboratorio en el proceso de implementación del nuevo programa curricular de la carrera de ingeniería industrial de la Universidad de El Salvador	SI	NO	SI
TOTAL RESPUESTAS AFIRMATIVAS	4	1	5

*Tabla 70 Evaluación de alternativas según la compatibilidad con programas de la EII
Fuente: Elaboración propia*

ASPECTO A EVALUAR EN LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN	ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN		
	Laboratorio de fabricación digital dirigido a estudiantes	Laboratorio de fabricación digital dirigido a empresas	Laboratorio de fabricación digital dirigido a estudiantes y empresas
Compatibilidad con programas de la EII	8	2	10
TOTAL OBTENIDO	8	2	10

Tabla 71 Puntuación obtenida por alternativas según compatibilidad con programas de la EII
Fuente: Elaboración propia

2.9.1.8 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Luego de calificar las propuestas de solución según los criterios estipulados, se recopilan la información sobre las puntuaciones obtenidas y se multiplica por el impacto de cada una de estas en la implementación de las propuestas, como se muestra en el siguiente cuadro:

No.	ASPECTO	PESO	PUNTUACIÓN DE ALTERNATIVAS		
			Laboratorio de fabricación digital dirigido a estudiantes	Laboratorio de fabricación digital dirigido a empresas	Laboratorio de fabricación digital dirigido a estudiantes y empresas
1	Facilidad de implementación de la alternativa	25%	23	10	25
2	Posibilidad de crecimiento programado	15%	10	13	15
3	Cobertura del objetivo principal del centro	30%	5	10	10
4	Compatibilidad con otros programas de la EII	30%	8	2	10
TOTAL		100%	46	35	60

Tabla 72 Puntuación de alternativas según criterios de evaluación
Fuente: Elaboración propia

Al realizar el cálculo de la propuesta de solución por el peso de cada factor de evaluación se tienen los siguientes datos:

No.	ASPECTO	PESO	PUNTUACIÓN DE ALTERNATIVAS		
			Laboratorio de fabricación digital dirigido a estudiantes	Laboratorio de fabricación digital dirigido a empresas	Laboratorio de fabricación digital dirigido a estudiantes y empresas
1	Facilidad de implementación de la alternativa	25%	5.75	2.5	6.25
2	Posibilidad de crecimiento programado	15%	1.5	1.95	2.25
3	Cobertura del objetivo principal del centro	30%	1.5	3	3
4	Compatibilidad con otros programas de la EII	30%	2.4	0.6	3
TOTAL		100%	11.15	8.05	14.5

*Tabla 73 Puntuación final de alternativas de solución
Fuente: Elaboración propia*

Al observar los valores obtenidos se tiene que la alternativa que obtuvo un mayor puntaje fue la de un laboratorio de fabricación digital dirigido a estudiantes y empresas con una puntuación de 14. Puntos, frente a las alternativas de un laboratorio de fabricación digital dirigido a estudiantes y de un Laboratorio de fabricación digital dirigido exclusivamente a empresas que obtuvieron 11.1 y 8.05 puntos respectivamente; por lo que **la alternativa de solución seleccionada para el desarrollo del diseño de laboratorio de fabricación digital es la alternativa número 3: Laboratorio de fabricación digital para la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador dirigido tanto a estudiantes como empresas.**

2.9.1.9 CONCEPTUALIZACIÓN DEL DISEÑO

ANÁLISIS DE LA SOLUCIÓN

Conforme a la finalidad del estudio, el análisis de la implementación de un Laboratorio de Fabricación Digital, se visualiza una solución que involucra dos actores: los estudiantes de la Universidad de El Salvador y las empresas del sector productivo de El Salvador.

En primer lugar, se determina que la solución ante la problemática planteada consiste en la realización de un diseño de laboratorio de fabricación digital que se enfoque a la enseñanza de nuevas tecnologías de fabricación y a la vez que permita la prestación de servicios de fabricación digital al sector productivo del país; este diseño debe amarrar a ambos actores en un mismo plano, es decir, que la academia y la industria deberán interactuar en el laboratorio, se proyecta un trabajo de manera conjunta.

Se ha realizado una selección de los servicios a implementar en el laboratorio de fabricación digital, la solución implica el desarrollo de la parte tecnológica, didáctica, espacio físico, mano de obra o recurso humano, sistemas de apoyo y todos aquellos elementos que se involucren para el correcto funcionamiento del laboratorio de fabricación digital. La solución implica una serie de sistemas que deben funcionar entorno al mismo objetivo, misión y visión.

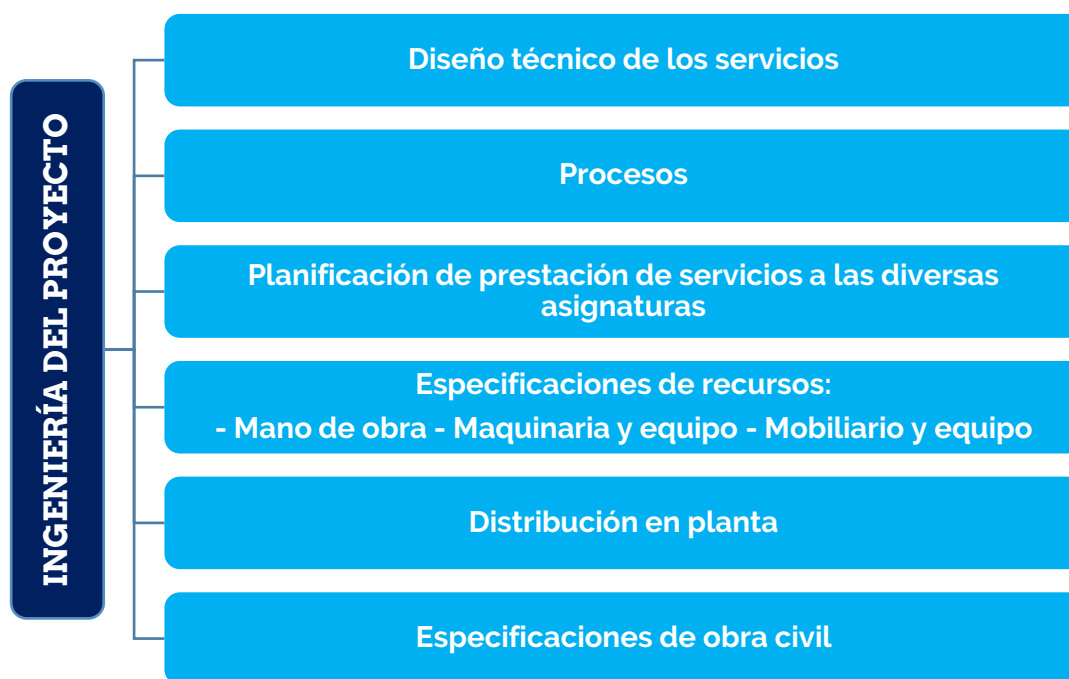
El laboratorio de fabricación digital se diseñará bajo los requisitos determinados por el estudio del mercado consumidor, proveedor y competidor, siempre bajo la idea principal del compromiso académico ante el nuevo plan de estudios de la carrera de ingeniería industrial 2017; con lo que se tomarán en cuenta los programas de las asignaturas que se relacionen en alguna medida al enfoque del laboratorio.

Bajo el desarrollo del estudio de mercado y con el análisis de los resultados de la investigación, la solución que se determina es que la implementación del laboratorio de fabricación digital para la Universidad de El Salvador debe ser de manera modular, ya que para implementar los diversos servicios requeridos por los consumidores y que son factibles para la Universidad de El Salvador, se deben realizar inversiones, adecuar instalaciones, capacitar personal y una serie de acciones que se desarrollaran paulatinamente.

CONCEPTUALIZACIÓN DEL DISEÑO DE LOS SERVICIOS DEL LABORATORIO DE FABRICACIÓN DIGITAL

A continuación, se describen brevemente las partes que contendrá la etapa de diseño, como se mencionó anteriormente la solución consiste en la creación del diseño de un laboratorio de fabricación digital que desarrolle servicios que contengan planes y programas que involucren tanto a prácticas académicas de índole estudiantil, como el apoyo al sector productivo del país.

INGENIERÍA DEL PROYECTO



Esquema 49 Ingeniería del proyecto

Fuente: Elaboración propia

Es la parte más amplia del diseño, se aplicarán diversas técnicas de ingeniería para determinar los requerimientos necesarios para el correcto funcionamiento del laboratorio. El diseño técnico de los servicios consiste en describir las propiedades y características que presentarán los servicios seleccionados, en aspectos de tiempos, espacios, forma y otros; en cuanto a los procesos, se realizará una descripción, mediante el uso de diversas técnicas de ingeniería, de los pasos que conlleva realizar determinado servicio.

La planificación de servicios a diversas asignaturas consiste en la elección de las materias en las cuales se aplicarán las tecnologías presentes en el laboratorio, determinar las unidades

que abarca y ejemplificar algunas guías prácticas. Las especificaciones de recursos determinaran la necesidad de mano de obra, maquinaria y equipo, mobiliario entre otros.

La distribución en planta se realiza de acuerdo con la mejor utilización que se le pueda dar al espacio físico asignado y las especificaciones de obra civil consisten en describir aquellas modificaciones o construcciones que se realizarán en el laboratorio.

TAMAÑO DEL PROYECTO



*Esquema 50 Tamaño del proyecto
Fuente: Elaboración propia*

Consiste en determinar el alcance de la envergadura del proyecto, especificar la oferta que brindará o la porción de la demanda de mercado que cubrirá el laboratorio. Con la determinación del tamaño del proyecto se ejecutará la planificación de prestación de los servicios.

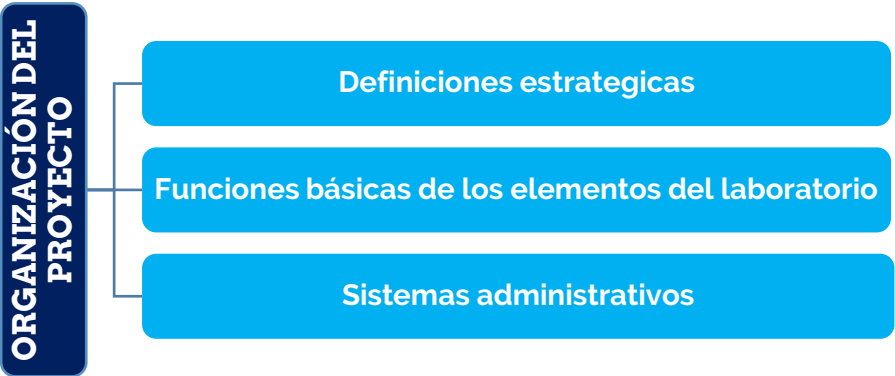
LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO



*Esquema 51 Localización del Proyecto
Fuente: Elaboración propia*

Por las condiciones del proyecto, la localización ya está definida, más, sin embargo, en esta parte se describe porque es oportuno que la localización sea en las instalaciones de la Universidad de El Salvador, además de mencionar los beneficios y contras con respecto a determinada localización.

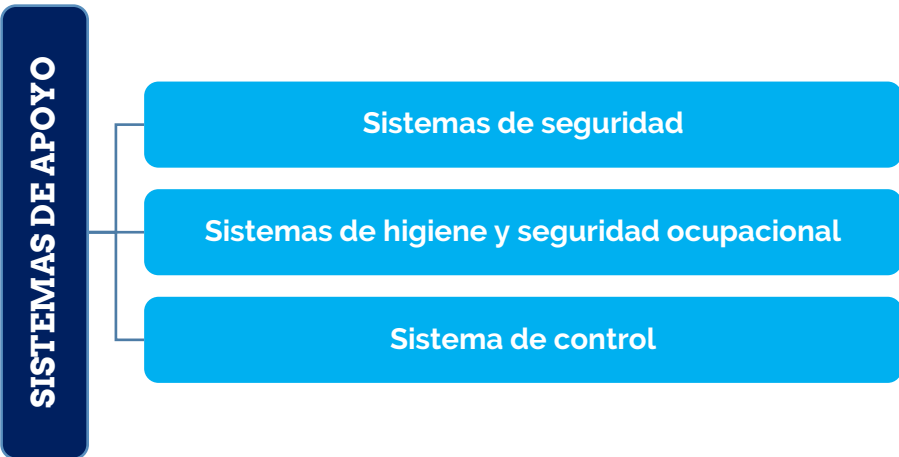
ORGANIZACIÓN DEL PROYECTO



*Esquema 52 Organización del Laboratorio
Fuente: Elaboración propia*

En esta parte del estudio se definirá todo lo relacionado con la parte organizativa del laboratorio de fabricación digital, se determinará misión, visión, objetivos, líneas estratégicas y demás aspectos. A demás se establecerán las funciones que se realizarán en el laboratorio desde la óptica administrativa.

SISTEMAS DE APOYO



*Esquema 53 Sistemas de Apoyo
Fuente: Elaboración propia*

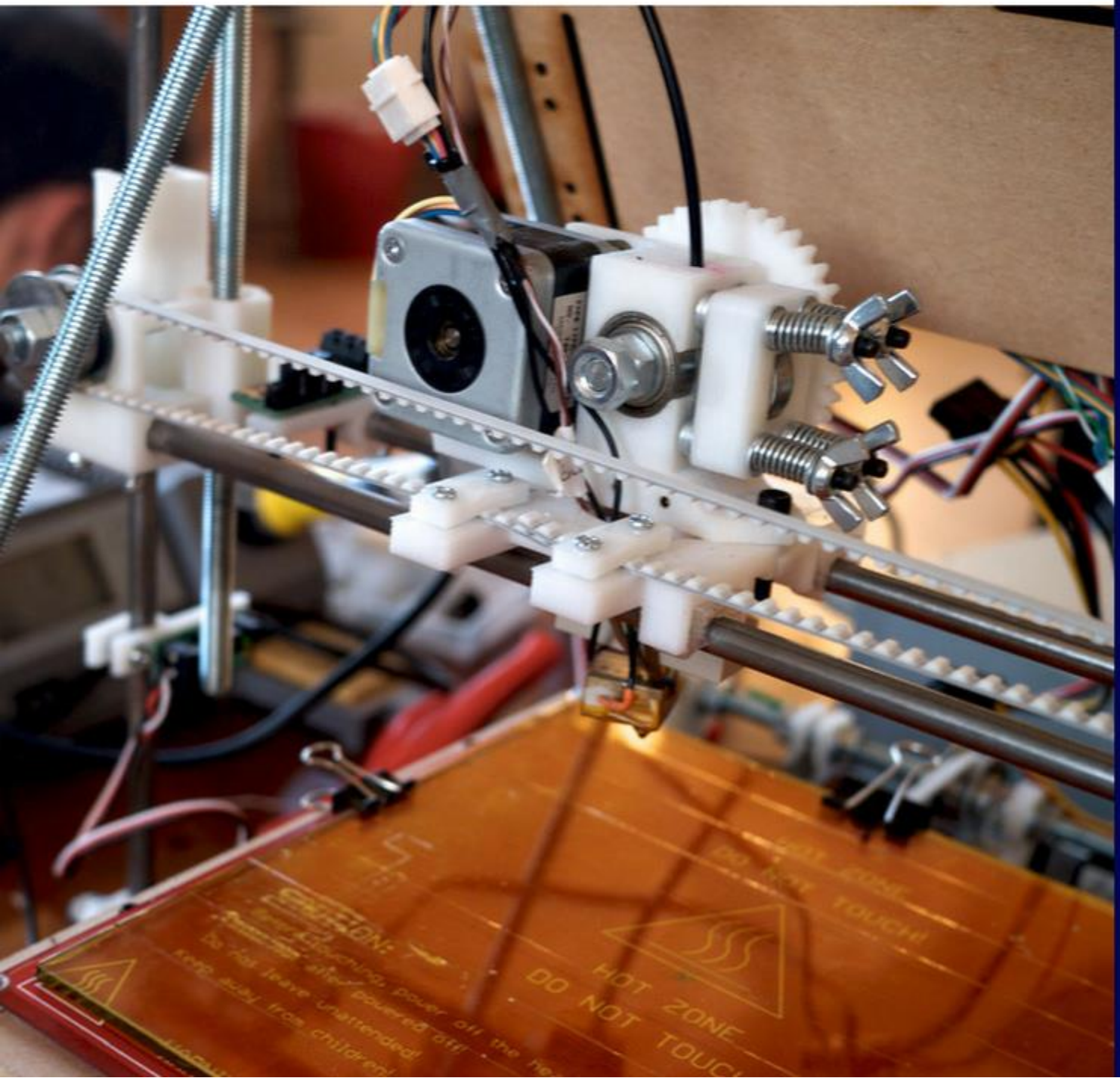
Para el correcto y completo funcionamiento del laboratorio de fabricación digital, se es necesario contar con diversos sistemas de apoyo que complementaran las actividades realizadas para trabajar bajo las condiciones adecuadas.

CONCLUSIÓN

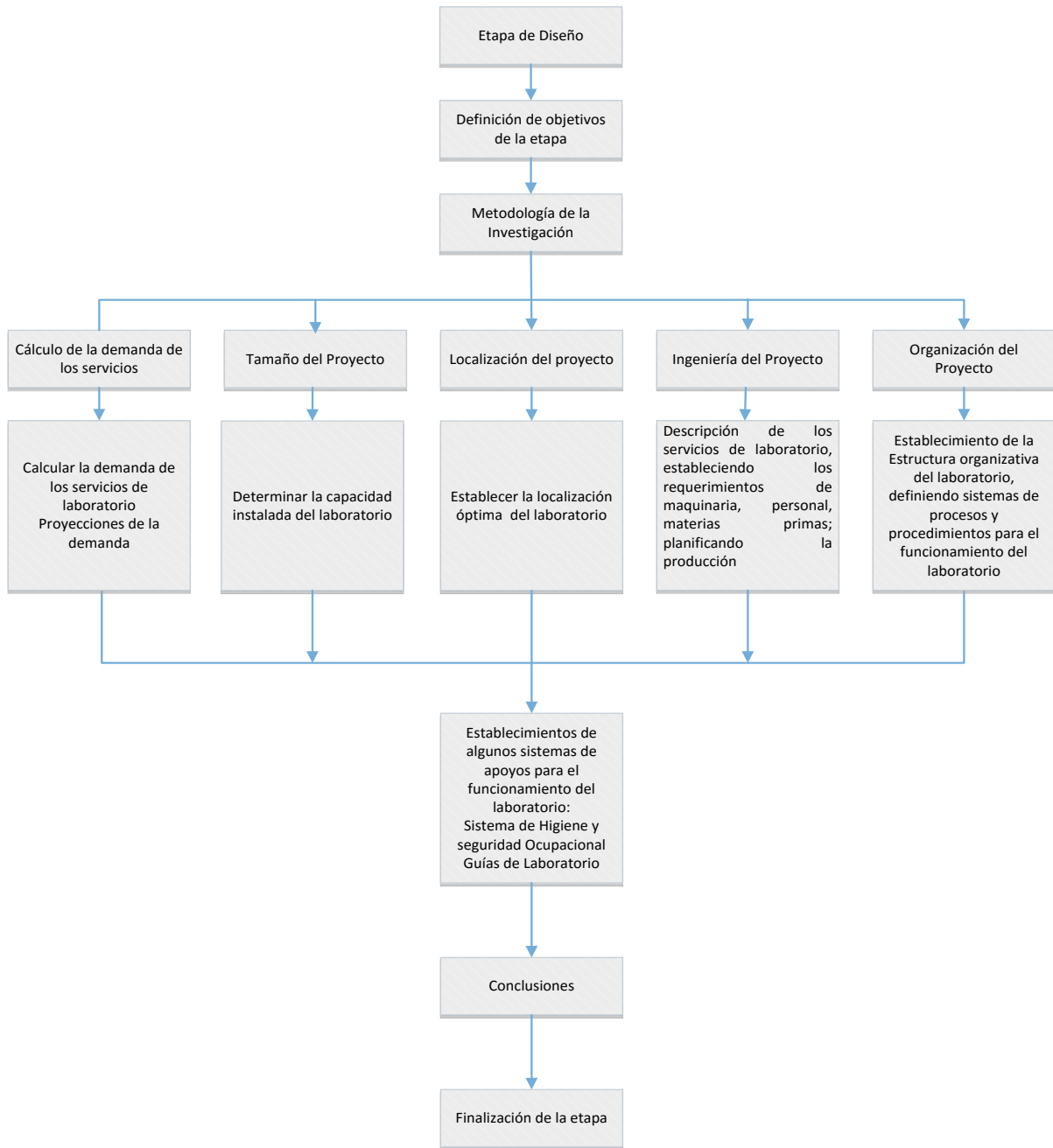
La conceptualización del diseño de la solución del laboratorio de fabricación digital es una descripción de manera general que puede variar conforme el desarrollo de cada una de las partes.

DISEÑO

Capítulo III



3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN DE LA ETAPA DE DISEÑO



Esquema 54 Metodología General Etapa de Diseño

Fuente: Elaboración propia

El esquema anterior muestra la metodología a seguir para la realización de ésta etapa, inicialmente se definirán los objetivos a lograr en esta etapa, definiendo para ello la metodología a seguir como panorama general de lo que se desarrollará a lo largo de la etapa.

3.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La etapa de diseño del Estudio de Factibilidad del Laboratorio de Fabricación Digital a implementar en la Escuela de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador, será de tipo descriptiva. Esta investigación permitirá, como su nombre lo indica, describir los servicios de fabricación digital que se ofrecen en el mercado, aquellos mayormente demandados por los segmentos de interés, los requerimientos de maquinaria y equipo, recurso humano, insumos y materias primas; estableciendo el tamaño y localización óptimo del laboratorio.

La investigación descriptiva a desarrollar parte de la indagación exploratoria realizada previamente por el grupo analista en los marcos teórico, referencial, conceptual, contextual y legal; con el fin de planear, estructurar y establecer qué grupos deberán considerarse sujetos de estudio, la información a recabar de cada uno de ellos, así como el momento, forma y lugar para la recolección de información; todo lo anterior con el objetivo de acertar con el objetivo de la etapa de diseño del laboratorio de fabricación digital.

3.1.2. FUENTES DE INFORMACIÓN

La investigación en general se llevará a cabo con la ayuda de fuentes de información primaria y secundaria:

Fuentes de Información Primaria

1. Resultados y conclusiones del desarrollo de la etapa de diagnóstico
2. Entrevistas a los proveedores

Fuentes de Información Secundaria:

1. Artículos de revista
2. Libros de texto
3. Internet
4. Reseñas de artículos

5. Fichas técnicas de maquinaria y equipo
6. La ley general de prevención de riesgos
7. Reglamento General de Prevención
8. Ley de Educación Superior
9. Ley Orgánica de la UES
10. Plan de estudios de la carrera de Ingeniería Industrial, plan 1998 y plan 2017

CÁLCULO DE LA DEMANDA

En el análisis del cálculo de la demanda se cuantifica para cada uno de los sectores de interés la demanda insatisfecha por dichos sectores; además se realizarán las proyecciones pertinentes para tener y conocer el panorama al que se puede enfrentar el laboratorio.

TAMAÑO Y LOCALIZACIÓN ÓPTIMA DEL LABORATORIO DE FABRICACIÓN DIGITAL

En el desarrollo de éstos apartados se intenta describir, analizar y seleccionar todos aquellos factores influyentes para la determinación de éstos. Luego de analizar cada factor determinando su influencia o no en el establecimiento de la Capacidad instalada del laboratorio y la Localización óptima del mismo; se procede a dar la propuesta de solución óptima para ambos apartados.

INGENIERÍA DEL PROYECTO

La base para su elaboración es el diagnóstico previamente investigado, de donde se obtuvieron datos e información correspondiente a las necesidades de maquinaria y equipo, demanda estudiantil, demanda empresarial, entre otros requerimientos necesarios para el correcto desarrollo del diseño de la solución del Laboratorio de Fabricación Digital.

Se definirán aspectos claves como:

Descripción de los 8 servicios del Laboratorio de Fabricación Digital determinados como aceptados en la etapa de diagnóstico, se realiza una selección por módulos de los servicios, con esto se logra tener un mejor control con respecto a la implementación paulatina de los servicios.

1. Requerimientos de maquinaria y equipo de productos 3D
2. Determinación del período de producción
3. La planificación de la prestación de servicios

4. La distribución en planta

ORGANIZACIÓN DEL PROYECTO

En éste apartado se describe todo lo concierne a funcionamiento organizacional y funcional del laboratorio de fabricación digital; describiendo una serie de procesos y procedimientos que ayudan al óptimo funcionamiento del laboratorio.

Como aspectos complementarios se describen algunos sistemas de apoyo que ayudaran con el objetivo del flaboratorio. Al final se formularán una serie de conclusiones derivadas de todo el diseño del laboratorio de fabircación digital.

3.2. ESTIMACIÓN DE DEMANDA PARA LOS SERVICIOS DE LABORATORIO DE FABRICACIÓN DIGITAL

El pronóstico o estimación de la demanda es un “cálculo estimativo de los niveles en que un producto o servicio serán requeridos en un tiempo futuro” **Fuente especificada no válida.**; es una predicción del comportamiento de un elemento o conjunto de elementos en un entorno, según una serie de condiciones establecidas **Fuente especificada no válida.**, en muchas ocasiones con “propósitos de planificación” dentro de una empresa **Fuente especificada no válida.** El pronóstico o estimación de demanda del mercado contiene los niveles en que un producto o servicio serán requeridos por un segmento poblacional, en una región y un periodo futuro específico **Fuente especificada no válida.**; la importancia de los pronósticos en el sector productivo radica en el hecho que facilitan el proceso de toma de decisiones proporcionando al personal encargado, según su nivel jerárquico, la información necesaria para determinar el tamaño de una industria según la cuota de mercado que se espera alcanzar, el nivel de sus operaciones y de sus procesos productivos, entre otras características de una empresa.

El proceso de estimación de demanda de los servicios a ofertar por el Laboratorio de Fabricación Digital de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador, comprenderá el análisis y proyección del comportamiento de los segmentos de su mercado consumidor: estudiantes de la carrera de ingeniería industrial y de empresas manufactureras ubicadas en el AMSS; la clasificación y estudio de los diferentes segmentos de mercado busca determinar la correcta estimación de sus necesidades y proyecciones de conducta para asegurar que el diseño del laboratorio responda de forma competitiva no sólo a la demanda actual y requerimientos de los sectores en análisis, sino también a los requerimientos de estos en periodos futuros.

La estimación de demanda se realizará a partir de la información recolectada en el apartado análisis de viabilidad de mercado, la consulta sitios web de proveedores de equipos y servicios de fabricación digital y la consulta a encargados de laboratorios de fabricación digital en centros de educación superior, a profesionales en el área de fabricación digital y al personal docente encargado de la formación de la EII; con el objetivo de establecer, de la forma más precisa posible, el comportamiento de los segmentos de mercado, su variabilidad, el periodo en el que puede registrarse y establecer así predicciones del mismo.

Cabe destacar que a pesar que la información recolectada en la etapa de diagnóstico es de tipo cualitativa, que la información que complementará el proceso de estimación de la demanda proviene de fuentes secundarias y que no se cuenta con un registro histórico del comportamiento de todos los segmentos de mercado en análisis, como el caso del segmento de estudiantes de la modalidad de educación a distancia. El objetivo de este cálculo es establecer de la forma más aproximada posible a la realidad el comportamiento del mercado consumidor de los servicios del laboratorio de fabricación digital; para lograr esta estimación, además de la información recolectada, es necesario considerar durante el proceso criterios que permitan proyectar el comportamiento de los grupos en estudio, por ejemplo: número de estudiantes inscritos por materia, materias seleccionadas según su apertura a la enseñanza de TFD, porcentaje de deserción de la carrera de ingeniería industrial, entre otros.

3.2.1. ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA DEL SEGMENTO ESTUDIANTES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

La estimación de la demanda de los servicios del laboratorio de fabricación digital exigida por el sector estudiantil de la carrera de ingeniería industrial, comprende el análisis del comportamiento y requerimientos de la población estudiantil en modalidad presencial y modalidad a distancia de dicha carrera; dentro de este análisis es imperativo realizar una diferenciación de las materias preseleccionadas en la etapa de diagnóstico a partir de la información proporcionada por el sector docente de la EII, entre aquellas que permiten la enseñanza y uso de tecnologías de fabricación digital durante el desarrollo de la cátedra y las materias que, según los contenidos que la componen, permite la enseñanza de TFD en proyectos ex aula que son asignados a los grupos de trabajo durante su desarrollo. A continuación, se presenta la lista de materias preseleccionadas en la etapa de diagnóstico según el periodo en el que permite la enseñanza y uso de las tecnologías de fabricación digital:

CÁTEDRAS QUE PERMITEN USO Y ENSEÑANZA TFD A LO LARGO DE SU DESARROLLO	CÁTEDRAS QUE PERMITEN USO Y ENSEÑANZA TFD POR MEDIO DE ASIGNACIONES EX AULA
Tecnología Industrial I (TIR-115)	Ingeniería de Métodos (IMT-115)
Tecnología Industrial II (TIR-215)	Fundamentos de Economía (FDE-115)
Tecnología Industrial III (TIR-315)	Distribución en planta (DIP-115)
Ofimática y Software para Ingeniería Industrial (OFI -115)	Mercadeo (MER-115)
	Simulación de Procesos Productivos (SPP-115)
	Formulación y Evaluación de Proyectos (FEP-115)

Tabla 74 Materias de la carrera de ingeniería industrial que permite el uso y enseñanza de TFD

Fuente: Elaboración propia

CRITERIOS A CONSIDERAR PARA EL DESARROLLO DEL CÁLCULO DE LA DEMANDA DE LOS SERVICIOS DEL LABORATORIO FABRICACIÓN DIGITAL

Como se explicó anteriormente, para asegurar un cálculo lo más cercano a la realidad de los requerimientos de mercado consumidor de los servicios del Laboratorio de Fabricación Digital de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador, es necesario la consideración de criterios de análisis que permitan relacionar las variables que rigen el comportamiento de los diferentes segmentos del mercado en análisis. Los criterios a considerar para el desarrollo del cálculo de demanda fueron determinados a partir del análisis de aquellas variables que pueden modificar de alguna manera el número de horas de funcionamiento requeridas para la formación de futuros profesionales de ingeniería industrial; dichos criterios se presentan a continuación:

- 1. Promedio de estudiantes inscritos por asignatura según su modalidad de estudio:** Este criterio se refiere al número máximo de estudiantes que puede ser inscritos por materia según la modalidad de estudio en la que están inscritos para cursar la carrera de ingeniería industrial (presencial o a distancia); el valor de los cupos permitidos por asignatura se obtendrán de la consulta a catedráticos de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador.
- 2. Número de equipos de trabajo que conforman un grupo de laboratorio y número de personas que conforman dichos equipos:** La determinación de número de grupos de laboratorio por cátedra que deben de ser abiertos para satisfacer la demanda de formación de estudiantes dependerá de dos variables, la primera es el cupo máximo

de alumnos permitido en cada grupo de laboratorio asignado por encargados de cada una de las mismas y por la coordinación de la EII número de personas que conforman; la segunda variable es el número de estudiantes permitido dentro de cada equipo de trabajo.

- 3. Porcentaje de equipos de trabajo que harán uso del laboratorio de fabricación digital:** Este criterio describe el porcentaje aproximado de estudiantes o grupos de trabajo de estudiantes que harán uso de los servicios del laboratorio según el tipo de proyecto a desarrollar este dato es un porcentaje estimado del número de estudiantes que desarrollarían estos proyectos dentro del laboratorio y se obtendrá con base a la información proporcionada por expertos en la enseñanza de tecnologías de fabricación digital.
- 4. Número de proyectos sugeridos a desarrollar por materia en el laboratorio:** El presente criterio influye en el comportamiento de los segmentos de mercado consumidor de los servicios del laboratorio de fabricación digital ya que el número de prácticas de laboratorio y/o proyectos establecidos para asignar a los estudiantes determina las tecnologías a emplear y el número total de horas de funcionamiento que serán requeridas por materia y/o proyecto en cada ciclo que se cursa.
- 5. Tiempo de desarrollo de una práctica o proyecto según el tipo de tecnología de fabricación digital a emplear:** El criterio de tiempo de desarrollo expresa un tiempo promedio aproximado que lleva la realización de un proyecto con las diferentes tecnologías de fabricación digital seleccionadas en la etapa de diagnóstico, los datos correspondientes a este criterio se recogen de la consulta a sitios web de páginas que ofertan estos servicios, proveedores de maquinaria de fabricación digital y expertos en el uso de estas tecnologías.
- 6. Años de estudio y niveles de deserción de la carrera:** Este criterio se refiere al periodo estimado de culminación de la carrera y al porcentaje estimado de estudiantes de ingeniería industrial que abandona los estudios a lo largo de desarrollo de la carrera, en sus modalidades presencial y a distancia, incluye además a los estudiantes que experimentan retrasos en la continuidad de sus estudios debido a materias reprobadas o a factores externos.

La estimación de la demanda se expresará como una conjugación de las variables antes descritas por medio de una ecuación que satisfaga la necesidad de describir el comportamiento de los diferentes segmentos en estudio.

CÁLCULO DE LA DEMANDA PARA SEGMENTO DE ESTUDIANTES DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN MODALIDAD PRESENCIAL

La demanda de los servicios del laboratorio de fabricación digital de la EII de la FIA-UES debe responder no sólo al número de estudiantes inscritos por asignatura en la carrera de ingeniería industrial. Es imperativo considerar otros factores para asegurar que todos los alumnos que requieran hacer uso de su maquinaria e instalaciones sean atendidos de forma óptima, para lo que se considerarán criterios presentados en apartados anteriores que permitan expresar matemáticamente la forma en que las variables que influyen en el comportamiento del mercado consumidor, en este caso el segmento compuesto por estudiantes de la carrera de ingeniería industrial en modalidad presencial.

ANÁLISIS DE DEMANDA PARA CÁTEDRAS QUE PERMITEN EL USO Y ENSEÑANZA DE FABRICACIÓN DIGITAL A LO LARGO DE SU DESARROLLO

La clasificación de materias según la factibilidad que ofrece para la enseñanza de tecnologías de fabricación digital se refiere a todas aquellas cátedras que, según el contenido que desarrollan y las competencias que buscan formar en el perfil del profesional de la ingeniería industrial de la Universidad de El Salvador, permiten la incorporación de las TFD a lo largo del desarrollo de las temáticas que las conforman en los proyectos asignados a los estudiantes, ya sea de manera individual o grupal, en la que se aplique el uso de los procesos de fabricación digital como una herramienta de enseñanza de procesos de alternativos que respondan a las necesidades del mercado laboral a nivel nacional.

Para iniciar el proceso de estimación de demanda es necesario considerar el **número máximo de estudiantes que pueden ser inscritos por asignatura**, datos recolectados de la consulta tanto a catedráticos como al director de la Escuela de Ingeniería Industrial quienes en base a su experiencia y a registros históricos realizan un estimado del número de cupos abiertos por materia, además del ciclo en el que serán impartidas, para realizar un cálculo lo más apegado a la realidad posible. La determinación de estos cupos incluye la consideración de criterios como el periodo estimado para la culminación de la carrera de ingeniería industrial y los niveles de deserción que existen dentro esta; para la modalidad este periodo es de 5 años con un nivel de deserción del 50%, distribuidos de forma proporcional a lo largo de los años de estudio.

MODALIDAD PRESENCIAL	
Porcentaje deserción modalidad presencial	50%
Años de estudio para obtener grado	5

Tabla 75 Periodo de culminación de estudios en modalidad presencial

Fuente: Elaboración propia

NIVELES DE DESERCIÓN EN MODALIDAD PRESENCIAL	
Años de estudio	% de deserción
1	10%
2	10%
3	10%
4	10%
5	10%
TOTAL	50%

Tabla 76 Niveles de deserción en modalidad presencial

Fuente: Elaboración propia

A partir de este valor se realiza un cálculo del **número de grupos de laboratorios que son necesarios para suplir la demanda de alumnos inscritos**, tomando en cuenta la información recolectada a través de la consulta a expertos en la enseñanza de TFD y de las visitas realizadas a laboratorios de fabricación digital en el país se determinó que el número máximo de estudiantes que pueden formar los grupos de laboratorio son de 25 personas y dentro de estos se formen equipos de trabajo de 5 personas, la relación del número de laboratorios se expresa de la siguiente manera:

$$\text{Grupos de laboratorio por asignatura} = \frac{\text{Número máx. de estudiantes inscritos por asignatura}}{\text{Número máx. de personas que forman equipos de trabajo}}$$

Ecuación 1 Número de grupos de laboratorio por asignatura

Tomando la información recolectada en etapas previas, se desarrolla una matriz de cálculo del número de grupos de laboratorio para cada cátedra según el número de cupos habilitados, el número de equipos de trabajo que forman un grupo de laboratorio y el número de personas que conforman cada equipo de trabajo.

ASIGNATURAS	ESTUDIANTES INSCRITOS POR ASIGNATURA MODALIDAD PRESENCIAL	NÚMERO DE GRUPOS DE LABORATORIO POR ASIGNATURA
CICLO I		
Tecnología Industrial I (TIR-115)	150	6
Tecnología Industrial III (TIR-315)	75	3
SUBTOTAL	225	9
CICLO II		
Tecnología Industrial II (TIR-215)	150	6
Ofimática y Software para Ingeniería Industrial (OFI -115)	150	6
SUBTOTAL	300	12
TOTAL ANUAL	525	21

Tabla 77 Número de estudiantes y grupos de trabajo por asignatura

Fuente: Elaboración Propia

En cuanto al **tiempo promedio que requiere el desarrollo de un proyecto** empleando tecnologías de fabricación digital, luego de la consulta a expertos relacionados con la prestación y enseñanza de estos procesos y la consulta a páginas de proveedores tanto de maquinaria como de los procesos sobre los tiempos que llevan los proyectos demandados, se realiza una estimación del promedio de horas para realizar cada uno de estos, datos estimados en horas, como resume la siguiente tabla:

Servicio	Impresión 3D	Diseño 3D	Asesoría en el desarrollo de productos usando TFD	Corte y grabado láser	Escaneo 3D	Electrónica
Tiempo promedio por servicio (hr/proyecto)	3	4	8	3	4	6

Tabla 78 Tiempo promedio requerido para la realización de proyectos empleando tecnologías de fabricación digital

Fuente: Elaboración Propia

El número estimado de proyectos asignados por ciclo se determina luego de la consulta a de cátedráticos de la Escuela de Ingeniería Industrial del Alma Mater que sugirieron el número de trabajos a desarrollar en cada cátedra según las temáticas que se realizan durante su desarrollo, estas asignaciones pueden ser de dos naturalezas: proyectos nuevos que desarrollen a partir de las temáticas estudiadas en cada cátedra y proyectos realizados con

anterioridad que se adapten para incorporar el uso de tecnologías de fabricación digital, los datos recolectados se presentan a continuación:

CICLO	I		II	
Servicio/ Materia	Tecnología Industrial I (TIR-115)	Tecnología Industrial III (TIR-315)	Tecnología Industrial II (TIR-215)	Ofimática y Software para Ingeniería Industrial (OFI -115)
Impresión 3d	0	2	2	1
Diseño 3d	4	3	3	1
Asesoría en el desarrollo de productos usando TFD	0	0	0	0
Corte y Grabado Láser	0	2	2	1
Escaneo 3D	0	2	1	1
Electrónica	0	0	0	1
TOTAL	4	9	8	5

*Tabla 79 Número de proyectos sugeridos para asignar a estudiantes
Fuente: Elaboración Propia*

Es importante destacar que para la materia Ofimática y Software para Ingeniería Industrial debido a que se cursa en primer año de la carrera, fue sugerido que se desarrollen charlas demostrativas y clases magistrales en las que se introduzcan a los estudiantes al uso de tecnologías de fabricación digital en áreas de trabajo del ingeniero industrial, generando un primer acercamiento a estos procesos, mostrando a los estudiantes los usos que pueden darse a estas tecnologías para los proyectos desarrollados en la el área profesional de la carrera, al ser clases demostrativas no es requerido que se imparta completamente en el laboratorio de fabricación digital, además de podría ser impartida a varios grupos en una misma sesión.

Una vez determinados los valores que tomarán los criterios que influyen en el comportamiento del segmento de estudiantes de la carrera de ingeniería industrial, es necesario crear una expresión que agrupe estas variables y explique la forma en que se relacionan; es el caso del **total de horas requeridas por servicios para cada materia**, que determinará la relación del número de proyectos a asignar por tipo de tecnología en cada materia y el tiempo promedio que lleva desarrollar cada uno de estos proyectos

Total de horas de uso de LFD por servicio

= Número de proyectos a asignar sugeridos x tiempo promedio por servicio

Ecuación 2 Total de horas de uso del laboratorio de fabricación digital por materia

EL **total de horas requeridas por ciclo para cada materia**, es el resultado de la suma aritmética de las horas requeridas por cada tipo de tecnología para el desarrollo de los proyectos sugeridos que se desarrollen dentro de cada cátedra; posteriormente se procede a desarrollar una ecuación que permita establecer el total de horas clase necesarias por materia. Dicho cometido se logra al relacionar el total de horas de uso del laboratorio de fabricación digital (LFD) y un factor de conversión que relaciones la duración de una hora clase de 100 minutos dentro de la FIA - UES con una hora reloj de 60 minutos (1 hora/ clase = 1.67 horas).

$$\text{Total de horas requeridas por ciclo por materia} = \sum \text{total de horas de uso de LFD por servicio}$$

Ecuación 3 Total de horas requeridas por ciclo por materia

$$1 \frac{\text{hora}}{\text{clase}} = 1.67 \text{ horas}$$

Ecuación 4 Factor de conversión de horas clase a horas

$$\text{Total horas clase} = \frac{\text{Total de horas requeridas por ciclo por materia}}{1.67}$$

Ecuación 5 Total de horas clase requeridas por materia

A partir de las relaciones anteriores (plasmadas en las ecuaciones 3, 4 y 5) y los datos recolectados en etapas del análisis previas, se construye la matriz presentada da continuación:

CICLO	I		II	
	Tecnología Industrial I (TIR-115)	Tecnología Industrial III (TIR-315)	Tecnología Industrial II (TIR-215)	Ofimática y Software para Ingeniería Industrial (OFI -115)
Impresión 3D	0	6	6	2
Diseño 3D	16	12	12	1
Asesoría en el desarrollo de productos usando TFD	0	0	0	0
Corte y grabado láser	0	6	6	1
Escaneo 3D	0	8	4	1
Electrónica	0	0	0	2
Total horas / # Proyectos por ciclo	16	32	28	7
Total horas clase	10	19	17	4

*Tabla 80 Número de horas para suplir la demanda de servicios del LFD por materia por grupo de laboratorio
Fuente: Elaboración Propia*

Finalmente debe relacionarse el número de horas requeridas para suplir la demanda por materia y el número de laboratorios por materia que deben de existir para satisfacer la demanda de estudiantes inscritos.

$$\frac{\text{Horas requeridas por materia}}{\text{ciclo}} = \text{Total horas clase} \times \text{número de grupos de laboratorio por materia}$$

Ecuación 6 Total de horas requeridas de uso del LFD por materia para la población estudiantil presencial
Fuente: Elaboración propia

Los datos de las tablas número 4 y número 7 se introducen en la ecuación número 6 para formar la siguiente matriz que resume el número de horas requeridas para cada servicio dentro de cada ciclo para el desarrollo de cada materia formativa de la carrera de ingeniería industrial.

CICLO	I		II		TOTAL
	Tecnología Industrial I (TIR-115)	Tecnología Industrial III (TIR-315)	Tecnología Industrial II (TIR-215)	Ofimática y Software para Ingeniería Industrial (OFI -115)	
Impresión 3D	0	18	36	7	61
Diseño 3D	96	36	72	8	212
Asesoría en el desarrollo de productos usando TFD	0	0	0	0	0
Corte y grabado láser	0	18	36	7	61
Escaneo 3D	0	24	24	9	57
Electrónica	0	0	0	11	11
TOTAL HORAS	96	96	168	42	402

Tabla 81 Horas requeridas por materia por ciclo del LFD para la población estudiantil presencial
Fuente: Elaboración propia

De las tablas anteriores se concluye que el total de horas requeridas para satisfacer la demanda de población estudiantil en modalidad presencial es de 402 horas anuales, divididas en 192 horas durante el ciclo I y 210 horas durante el ciclo II; en cuanto a cátedras de formación para los futuros profesionales de la carrera de ingeniería industrial la cátedras de Tecnología Industrial I y III requieren cada una de 10 horas clase por ciclo para poder atender a un grupo de laboratorio, que equivale a un total de 96 horas por ciclo para todos los grupos de laboratorio que comprenden la materia; la cátedra de Tecnología Industrial II requiere de un total de 17 horas por ciclo para atender a un grupo de laboratorio, es decir 168 horas por ciclo; finalmente la cátedra de Ofimática y Software para Ingeniería Industrial exige un total de 4 horas clase

para ofrecer a los alumnos charlas sobre el uso de las TFD en las diferentes áreas de la ingeniería industrial, que equivale a 42 horas por ciclo para atender a la población total de alumnos inscritas dentro de ella.

ANÁLISIS DE DEMANDA PARA CÁTEDRAS QUE PERMITEN EL USO Y ENSEÑANZA DE FABRICACIÓN DIGITAL A TRAVÉS DE ASIGNACIONES EX AULA

Esta clasificación se refiere a todas aquellas cátedras que permiten el uso de las tecnologías de fabricación digital como un valor agregado al desarrollo de proyectos o asignaciones ex aula, de manera individual o grupal, que complementan la formación del futuro profesional en la rama de la ingeniería industrial en la que se aplique el uso de los procesos de fabricación digital. El primer paso para el cálculo de la demanda de este tipo de cátedras es determinar el **número máximo de estudiantes que pueden ser inscritos por asignatura**, a partir de la consulta a catedráticos que realizaron un estimado del número promedio de cupos abiertos por materia según datos históricos y experiencia de ciclos de inscripción previos; tal y como se desarrolló el cálculo de demanda para cátedras que permiten la incorporación de los servicios de fabricación digital de forma directa en el desarrollo de sus planificación.

El análisis para determinar el **número de grupos de laboratorios que son necesarios para suplir la demanda de alumnos inscritos** difiere al realizado en el apartado anterior, debido a que no todos los alumnos harán uso de los servicios del laboratorio sino que un porcentaje del total de inscritos, según lo permita su proyecto asignado, por lo que el cálculo de demanda de grupos de laboratorio que son habilitados para la inscripción cada ciclo se realizará según el número de integrantes de cada equipo de trabajo, en este caso 5 estudiantes, como se presenta a continuación:

Asignaturas	Estudiantes inscritos por asignatura modalidad presencial	Número de grupos de laboratorio por asignatura
CICLO I		
Fundamentos de economía (FDE-115)	300	7
Formulación y Evaluación de Proyectos (FEP-115)	60	1
Ingeniería de Métodos (IMT-115)	100	1
SUBTOTAL	360	9
CICLO II		
Mercadeo (MER-115)	60	1
Fundamentos de economía (FDE-115)	100	2
Distribución en planta (DIP-115)	75	1
SUBTOTAL	135	4
TOTAL ANUAL	595	13

*Tabla 82 Número de estudiantes y grupos de trabajo por asignatura
Fuente: Elaboración propia*

En cuanto al tiempo promedio que requiere el desarrollo de un proyecto **utilizando tecnologías de fabricación digital**, se emplearán los datos del apartado anterior que fueron proporcionados por expertos relacionados al área de fabricación digital.

Servicio	Impresión 3D	Diseño 3D	Asesoría en el desarrollo de productos usando TFD	Corte y grabado láser	Escaneo 3D	Electrónica
Tiempo promedio por servicio (Hr/Proyecto)	3	4	8	3	4	6

Tabla 83 Tiempo promedio requerido para la realización de proyectos empleando tecnologías de fabricación digital

Fuente: Elaboración Propia

La estimación del número de proyectos que pueden ser asignados a los diferentes grupos de trabajo serán de dos tipos: proyectos nuevos que desarrollen a partir de las temáticas estudiadas en cada cátedra en el plan de estudios 2017 y proyectos realizados con anterioridad en el plan de estudios 1998 que se adapten para incorporar el uso de tecnologías de fabricación digital, como se muestra en la siguiente tabla:

CICLO	I			II	
	Fundamentos de economía (FDE-115)	Formulación y Evaluación de Proyectos (FEP-115)	Ingeniería de Métodos (IMT-115)	Mercadeo (MER-115)	Distribución en planta (DIP-115)
Impresión 3D	1	1	1	1	1
Diseño 3D	1	1	1	1	1
Asesoría en el desarrollo de productos usando TFD	1	1	1	1	0
Corte y Grabado Láser	1	1	1	1	0
Escaneo 3D	0	1	1	1	0
Electrónica	1	0	0	0	0
TOTAL	5	5	5	5	2

Tabla 84 Número de proyectos sugeridos para asignar a estudiantes

Fuente: Elaboración Propia

Al determinar los valores de las variables que tomarán los criterios que condicionan el comportamiento de la demanda de los servicios del laboratorio de fabricación digital de las materias en análisis, debe crearse una expresión matemática que las relacione y explique su

comportamiento; en el caso del **total de horas requeridas por servicios para cada materia**, que establece la relación del número de proyectos a asignar según las tecnologías sugeridas a emplear en cada materia y el tiempo promedio que lleva desarrollar cada uno de estos proyectos:

Total de horas de uso de LFD por servicio

= Número de proyectos a asignar sugeridos x tiempo promedio por servicio

Ecuación 7 Total de horas de uso del laboratorio de fabricación digital por materia

El **total de horas requeridas por ciclo para cada materia**, es el resultado de la suma aritmética de las horas requeridas por cada tipo de tecnología para el desarrollo de los proyectos sugeridos dentro de cada cátedra.

Total de horas requeridas por ciclo por materia = \sum total de horas de uso de LFD por servicio

Ecuación 8 Total de horas requeridas por ciclo por materia

Posteriormente se desarrolla una ecuación que permite establecer el total de horas clase necesarias por materia; a diferencia del cálculo en el apartado anterior, es necesario incorporar una variable adicional a este análisis: el porcentaje de estudiantes estimado que hará uso de los servicios del laboratorio, este porcentaje se refiere al número aproximado de grupos de trabajo que emplearan los procesos de fabricación digital para el desarrollo de los proyectos extracurriculares asignados en las materias que cursan; este porcentaje se presenta en la tabla 85:

PORCENTAJE DE GRUPOS DE TRABAJO QUE HARÁN USO DE LOS SERVICIOS DEL LABORATORIO					
CICLO	I			II	
Servicio/ Materia	Fundamentos de economía (FDE-115)	Formulación y Evaluación de Proyectos (FEP-115)	Ingeniería de Métodos (IMT-115)	Mercadeo (MER-115)	Distribución en planta (DIP-115)
Porcentaje Estimado	25%	30%	20%	30%	10%

Tabla 85 Porcentaje de alumnos que harán uso de los servicios del LFD en proyectos ex aula

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se relaciona el total de horas de uso del laboratorio de fabricación digital (LFD) a un factor de conversión que permita transformar la duración de una hora clase de 100 minutos dentro de la FIA - UES con una hora reloj de 60 minutos (1 hora/ clase = 1.67 horas).

$$1 \frac{\text{hora}}{\text{clase}} = 1.67 \text{ horas}$$

Ecuación 9 Factor de conversión de horas clase a horas

Total horas clase

$$= \frac{\text{Total de horas requeridas por ciclo por materia}}{1.67}$$

** porcentaje de grupos que harán uso del laboratorio*

Ecuación 10 Total de horas clase requeridas por materia

A partir de las relaciones anteriores, plasmadas en las ecuaciones 8, 9 y 10, y los datos recolectados en etapas del análisis previas, se construye la siguiente matriz que describe el número de horas requeridas por cada materia a lo largo de cada ciclo:

CICLO	I			II		
	Fundamentos de economía (FDE-115)	Formulación y Evaluación de Proyectos (FEP-115)	Ingeniería de Métodos (IMT-115)	Fundamentos de economía (FDE-115)	Mercadeo (MER-115)	Distribución en planta (DIP-115)
Impresión 3D	2	3	2	1	3	3
Diseño 3D	4	4	4	1	4	4
Asesoría en el desarrollo de productos usando TFD	5	8	5	3	8	0
Corte y grabado láser	2	3	2	1	3	0
Escaneo 3D	0	4	0	0	4	0
Electrónica	4	0	4	2	0	0
Total horas / # Proyectos por ciclo	17	22	17	8	22	7
Total horas clase	10	13	10	5	13	4

*Tabla 86 Número de horas para suplir la demanda de servicios del LFD por materia por grupo de laboratorio
Fuente: Elaboración Propia*

Finalmente debe relacionarse el número de horas requeridas para suplir la demanda por materia y el número de laboratorios por materia que deben de existir para satisfacer la demanda de estudiantes inscritos.

$$\frac{\text{Horas requeridas por materia}}{\text{ciclo}} = \text{Total horas clase} \times \text{número de grupos de laboratorio por materia}$$

Ecuación 11 Total de horas requeridas por materia para la enseñanza de las TFD

CICLO	I			II			TOTAL
	Fundamentos de Economía (FDE-115)	Formulación y Evaluación de Proyectos (FEP-115)	Ingeniería de Métodos (IMT-115)	Fundamentos de Economía (FDE-115)	Mercado (MER-115)	Distribución en planta (DIP-115)	
Impresión 3D	5	3	5	3	1	2	12
Diseño 3D	10	4	10	3	1	2	18
Asesoría en el desarrollo de productos usando TFD	13	7	13	8	2	0	30
Corte y grabado láser	5	3	5	3	1	0	11
Escaneo 3D	10	4	10	0	1	0	5
Electrónica	0	0	0	5	0	0	15
TOTAL HORAS	43	20	43	20	7	4	91
HORAS POR CICLO	62			29			

Tabla 87 Total de horas requeridas de uso del LFD por materia para la población estudiantil presencial

Fuente: Elaboración propia

De las tablas anteriores se concluye que el total de horas requeridas para satisfacer la demanda de población estudiantil en modalidad presencial para aquellas materias que permiten la incorporación del uso de las tecnologías de fabricación digital por proyectos es de **91 horas anuales**, divididas en 62 horas durante el ciclo I que corresponden a 43 horas para satisfacer las demanda de la población estudiantil inscrita en la materia de Fundamentos de

economía; Para el ciclo II la demanda de horas de trabajo que está formada por 20 horas para satisfacer la demanda generada por los grupos que conforman la cátedra de Fundamentos de Economía durante el ciclo par, 7 horas para el desarrollo los proyectos de la cátedra de Mercadeo y 2 horas para desarrollar trabajos de la cátedra de distribución en planta.

Una vez realizado la estimación de las horas requeridas para satisfacer la demanda de materias que permiten la incorporación de TFD en el proceso de formación de futuros profesionales de ingeniería industrial a lo largo de su desarrollo y por medio de proyectos, se realiza el cálculo final de la total demanda de servicios del laboratorio de fabricación digital de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador para un año lectivo, que no es más que la suma aritmética de las demandas por servicio y por materia; los datos mencionados se presentan en el siguiente cuadro resumen:

DEMANDA TOTAL DE HORAS DE SERVICIO DEL LABORATORIO DE FABRICACIÓN DIGITAL PARA LAS CÁTEDRAS DE LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL						
CICLO	TIPO ASIGNATURA	ASIGNATURA	HORAS DE TRABAJO	TIPO ASIGNATURA	ASIGNATURA	HORAS DE TRABAJO
CICLO I	CÁTEDRAS QUE PERMITEN EL USO Y ENSEÑANZA DE TFD A LO LARGO DE SU DESARROLLO	Tecnología Industrial I (TIR-115)	106	CÁTEDRAS QUE PERMITEN EL USO Y ENSEÑANZA DE TFD A TRAVÉS DE PROYECTOS	Fundamentos de Economía (FDE-115)	61
		Tecnología Industrial III (TIR-315)	96		Ingeniería de Métodos (IMT-115)	61
		Tecnología Industrial II (TIR-215)	168		Formulación y Evaluación de Proyectos (FEP-115)	21
Ofimática y Software para Ingeniería Industrial (OFI -115)		43	Fundamentos de Economía (FDE-115)		21	
					Mercadeo (MER-115)	114
					Distribución en Planta (DIP-115)	24
CICLO II						
TOTAL			413	TOTAL		302
						715

Tabla 88 Cuadro resumen de la demanda de horas de servicio de laboratorio de fabricación digital para las cátedras de ingeniería industrial
Fuente: Elaboración Propia

En cuanto a la **demanda de horas servicio por asignatura de la carrera ingeniería industrial en modalidad presencial al año es de 715 horas** distribuidas de la siguiente

manera: para el **ciclo I, la demanda asciende a 413** horas distribuidas como se detalla a continuación: para las cátedras de Tecnología Industrial I y Tecnología Industrial III la demanda es de 106 y 96 horas de trabajo respectivamente, siendo estas dos las cátedras que exigen mayor número de horas de trabajo durante ese periodo, el resto de asignaturas que requieren servicios ofertados por el LFD durante el ciclo I son Fundamentos de Economía e Ingeniería de Métodos con una demanda de 21 y 61 horas de servicio respectivamente y Formulación y evaluación de proyectos con 20 horas de servicios de fabricación digital del laboratorio.

El número de **horas de servicio requeridas para el ciclo II asciende a 302 horas** desglosadas de la siguiente manera: Tecnología Industrial II presenta requerimientos de 168 horas de trabajo en el LFD y Mercadeo 114 horas, siendo las materias que exigen mayor número de horas de servicio dentro del Laboratorio de Fabricación Digital; el resto de demanda lo complementan las cátedras de Ofimática y Software para Ingeniería Industrial con 43 horas, Fundamentos de Economía con 21 horas y Distribución en Planta 24 horas de trabajo.

Es necesario además de analizar la demanda servicios, establecer aquellos que requieren mayor número de horas de trabajo debido a que serán las tecnologías que requieran mayor número de equipos para suplir la demanda o los equipos de mayor capacidad de producción, siendo el servicios de diseño 3D el que requiere mayor número de horas de servicio (268); los servicios Asesoría para la fabricación empleando TFD y grabado láser requieren (87 horas de servicio cada una); finalmente los servicios de impresión 3D, escaneo 3D y electrónica requieren de 114, 107 y 28 horas de servicio cada uno, a simple vista la demanda de los servicios de impresión 3D no exige una demanda de servicios considerable, sin embargo este proceso de fabricación puede ser usado dentro de los servicios de diseño 3D y Asesoría en el desarrollo de productos, por lo que se dejaría de lado posibilidades de ociosidad dentro de la máquina; la demanda de horas por servicio para el laboratorio de fabricación digital se detalla a continuación.

CICLO	I					II					TOTAL
	Tecnología Industrial I (TIR-115)	Tecnología Industrial III (TIR-315)	Fundamentos de economía (FDE-115)	Formulación y Evaluación de Proyectos (FEP-115)	Ingeniería de Métodos (IMT-115)	Tecnología Industrial II (TIR-215)	Fundamentos de economía (FDE-115)	Ofimática y Software para Ingeniería Industrial (OFI -115)	Mercadeo (MER -115)	Distribución en Planta (DIP-115)	
Impresión 3D	0	18	8	3	8	36	3	5	0	0	81
Diseño 3D	96	36	10	4	10	72	4	6	24	24	268
Asesoría en el desarrollo de productos usando TFD	0	0	20	7	20	0	7	12	48	0	114
Corte y grabado láser	0	18	8	3	8	36	3	5	18	0	99
Escaneo 3D	10	24	0	4	15	24	0	6	24	0	107
Electrónica	0	0	15	0	0	0	4	9	0	0	28
TOTAL HORAS	106	96	61	21	61	168	21	43	114	24	715

Tabla 89 Demanda de horas de servicio por tipo de tecnología para el laboratorio de fabricación digital

3.2.2. PROYECCIÓN DE DEMANDA PARA SEGMENTO DE ESTUDIANTES DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN MODALIDAD PRESENCIAL

Como consecuencia de la consideración de criterios como los niveles de inscripción por ciclo y porcentajes de deserción de la carrera de ingeniería industrial en el cálculo de la demanda de los servicios del laboratorio de fabricación digital de la EII, que se establecieron con base a experiencia de personal docente y a registros de inscripción por materia en los últimos 4 años, se asumirá que los niveles de inscripción se mantienen constantes en el tiempo, como se ha indicado de la consulta al director de la EII de la Universidad de El Salvador, lo anterior se debe a que de existir una reducción en el nivel de inscripción en una asignatura debido a repetición, se vería compensado en aumento en los niveles de inscripción de la misma

asignatura en un año posterior y en los niveles de demanda de otras asignaturas, por lo que el nivel de trabajo de la maquinaria de cada servicio se mantendría relativamente constante; el hecho de contar únicamente con datos de inscripción por carrera de los últimos cuatro años impide realizar el análisis de la tendencia del comportamiento de los niveles de inscripción por cada una de las materias en estudio para la carrera de ingeniería industrial, impide realizar un análisis cuantitativo exacto que permita establecer una tendencia matemática del comportamiento de la población estudiantil presencial.

Es por los motivos anteriormente expresados que la proyección de demanda para los servicios de fabricación digital para las cátedras de formación de la carrera de ingeniería industrial de la Universidad de El Salvador se considera constante en el tiempo y el cálculo de la demanda total para el periodo en análisis no es más que la suma aritmética de las horas de servicio requeridas por cada tipo de tecnología en estudio, dato recogido del análisis realizado en el apartado anterior de **620 horas al año**, para los próximos años, como muestra la tabla presentada a continuación

PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DE SERVICIOS DE FABRICACIÓN DIGITAL DEL LABORATORIO DE LA EII PARA POBLACIÓN DE ESTUDIANTES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN MODALIDAD PRESENCIAL (HORAS /AÑO)					
AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	TOTAL
715	715	715	715	715	3575

*Tabla 90 Proyección de la demanda de los servicios de laboratorio de fabricación digital
Fuente: Elaboración Propia*

La estimación de un nivel de demanda constante, a pesar de las fluctuaciones del comportamiento de la población, permite asegurar no sólo la cobertura posibles crecimientos en los niveles de demanda de los servicios de fabricación digital debido al aumento de población o inscripción por asignatura si no que, en el caso de registrarse disminución en el número de registrados por materia en la carrera de ingeniería industrial, podría abrirse las puertas a la investigación multidisciplinaria de productos y procesos de fabricación alternativos dentro de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

3.2.3.CÁLCULO DE LA DEMANDA PARA SEGMENTO DE ESTUDIANTES DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN MODALIDAD A DISTANCIA

El cálculo de la demanda de los servicios de fabricación digital para el segmento de estudiantes de ingeniería industrial en modalidad a distancia desarrollará la misma metodología empleada en el cálculo de demanda para el segmento de población estudiantil en modalidad presencial, empleando las ecuaciones y relaciones planteadas previamente y asumiendo criterios empleados en el proceso de cálculo como el número de cupos abiertos para la inscripción de materias, número de trabajos que pueden ser asignados según las cátedras a impartir, número de equipos de trabajo que conforman un grupo de laboratorio y número de miembros que posee cada equipo, además del factor de conversión de la duración de una hora clase en la FIA a una hora reloj para el cálculo de demanda, entre otros.

A pesar que se empleará de forma general la misma metodología y criterios de cálculo, es necesario realizar modificaciones del análisis para garantizar que el cálculo de la demanda de servicios de fabricación digital es congruente con el comportamiento del sector estudiantil de ingeniería industrial a distancia y con el proceso de trabajo del modelo de universidad en línea, estos cambios dentro del análisis son la eliminación de materias a impartir tanto en ciclos pares como impares, la incorporación progresiva de materias a impartir en los primeros años en el sistema de formación en línea, los niveles de deserción y años para culminar la carrera en modalidad en línea. Respecto a los niveles de deserción para la modalidad a distancia, luego de consultar al director de Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador, se determinó que el periodo de estudios proyectado para culminar la carrera es de 10 años con un nivel de deserción de 50% distribuido a lo largo del periodo de estudios de forma proporcional, los siguientes cuadros muestran el comportamiento de estas variables.

MODALIDAD PRESENCIAL	
Porcentaje deserción modalidad presencial	50%
Años de estudio para obtener grado	10

*Tabla 91 Periodo de culminación de estudios en modalidad presencial
Fuente: Elaboración propia*

NIVELES DE DESERCIÓN EN MODALIDAD PRESENCIAL			
Años de estudio	% de deserción	Años de estudio	% de deserción
1	5%	6	5%
2	5%	7	5%
3	5%	8	5%
4	5%	9	5%
5	5%	10	5%

*Tabla 92 Niveles de deserción en modalidad a distancia
Fuente: Elaboración propia*

Estos niveles de deserción ya han sido considerados en el establecimiento de cupos para las materias a impartir en el diseño de la metodología de trabajo de la Universidad en Línea, en este caso el número de grupos de laboratorio y los cupos a aperturar para la inscripción de materias tendrán la misma capacidad que los habilitados para la modalidad presencial, además se estima la capacidad de los laboratorios de 25 estudiantes como máximo con grupos entre 4 y 5 alumnos para formar los grupos de trabajo; se emplea tiempo de desarrollo de un proyecto proporcionado por los expertos en la materia que se usó en apartados anteriores, además del porcentaje de grupos de laboratorio que se estima harán uso de los servicios de fabricación digital en sus proyectos ex aula, datos que se detallan en las tablas 7 y 12 del cálculo de la demanda de modalidad presencial, obteniéndose la siguiente matriz:

Asignaturas	Cupos por asignatura modalidad a distancia	Número de grupos de laboratorio por asignatura
CICLO I		
CÁTEDRAS QUE PERMITEN EL USO Y ENSEÑANZA DE FABRICACIÓN DIGITAL A LO LARGO DE SU DESARROLLO		
Tecnología Industrial I (TIR-115)	150	6
Tecnología Industrial III (TIR-315)	75	3
SUBTOTAL	225	9
CÁTEDRAS QUE PERMITEN EL USO Y ENSEÑANZA DE FABRICACIÓN DIGITAL A TRAVÉS DE ASIGNACIONES EX AULA		
Fundamentos de economía (FDE-115)	300	8
Formulación y Evaluación de Proyectos (FEP-115)	60	1
SUBTOTAL	360	9
TOTAL POR CICLO	585	18
CICLO II		

Cátedras que permiten el uso y enseñanza de fabricación digital a lo largo de su desarrollo		
Tecnología Industrial II (TIR-215)	150	6
Ofimática y Software para Ingeniería Industrial (OFI - 115)	150	6
Ingeniería de Métodos (IMT-115)	100	1
SUBTOTAL	300	12
Cátedras que permiten el uso y enseñanza de fabricación digital a través de asignaciones ex aula		
Mercadeo (MER-115)	60	1
Distribución en planta (DIP-115)	75	1
SUBTOTAL	135	2
TOTAL POR CICLO	435	14
TOTAL ANUAL	1020	32

Tabla 93 Cupos por asignatura para la modalidad de educación a distancia
Fuente: Elaboración propia

Posterior a esto se precede a realizar el cálculo de la demanda de horas de servicio tanto para las materias que permiten la incorporación de TFD a lo largo de su desarrollo como de las materias que permiten la incorporación de RFS a través de asignaciones ex aula, empleando las ecuaciones 2, 3, 5 y 6 obteniéndose los datos presentados en la siguiente matriz:

DEMANDA TOTAL DE HORAS DE SERVICIO DEL LABORATORIO DE FABRICACIÓN DIGITAL PARA LAS CÁTEDRAS DE LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL							
CICLO	TIPO ASIGNATURA	ASIGNATURA	HORAS DE TRABAJO	TIPO ASIGNATURA	ASIGNATURA	HORAS DE TRABAJO	
CICLO I	CÁTEDRAS QUE PERMITEN EL USO Y ENSEÑANZA DE TFD A LO LARGO DE SU DESARROLLO	Tecnología Industrial I (TIR-115)	96	CÁTEDRAS QUE PERMITEN EL USO Y ENSEÑANZA DE TFD A TRAVÉS DE PROYECTOS	Fundamentos de Economía (FDE-115)	60	TOTAL
		Mercadeo (MER-115)			114		
		Tecnología Industrial III (TIR-315)	96		Ingeniería de Métodos (IMT-115)	60	
Tecnología Industrial II (TIR-215)		168	Formulación y Evaluación de Proyectos (FEP-115)		20		
CICLO II	Ofimática y Software para Ingeniería Industrial (OFI -115)	42	Distribución en Planta (DIP-115)	24			
TOTAL			413	TOTAL		302	715

Tabla 94 Demanda de los servicios de fabricación digital en modalidad a distancia

Fuente: Elaboración propia

Analizando la tabla presentada anteriormente se observa que el total **de horas requeridas para satisfacer la demanda de población estudiantil en modalidad de educación a distancia es de 648 horas anuales**, divididas en **402 horas durante el ciclo I y 244 horas durante el ciclo II**. Para el ciclo I las materias de formación en la carrera de ingeniería industrial las cátedras de Tecnología Industrial I y Tecnología III exigen de 96 horas de trabajo cada una, siendo las que presentan un mayor nivel de demanda de horas de servicio, la cátedra de Fundamentos de Economía exige de 60 horas de trabajo, Mercadeo de 114 horas de trabajo, siendo la cátedra que exige un mayor número de horas de trabajo, finalmente Ingeniería de Métodos reclama 60 horas de trabajo; en cuanto a las materias del ciclo II, la demanda está compuesta de la siguiente forma: Tecnología Industrial II presenta una demanda de 168 horas, que es la cátedra que presenta mayor demanda en el año, Ofimática y Software para Ingeniería Industrial presenta una demanda de 42 horas en el ciclo, Formulación y Evaluación de Proyectos exige una demanda de 20 horas y Distribución en Planta de 24 horas de trabajo en el ciclo.

Pero establecer la demanda que presenta cada materia de formación en la carrera sería en vano si no se especifica las horas de trabajo por cada uno de los servicios a ofertar en el laboratorio debido a que serán estas tecnologías que requieran mayor número de equipos para suplir la demanda del mercado consumidor, ser los equipos de mayor capacidad de producción, además de requerir programas de mantenimiento detallados que garanticen la vida útil y calidad de los servicios prestados. El servicio que requiere de mayor número de horas de trabajo es el de diseño 3D con 272 horas de trabajo, los servicios de asesoría en el desarrollo de productos y corte y grabado láser presentan una demanda de 87 horas cada uno, el servicio de escaneo 3D exige 82 horas de trabajo y los servicios de electrónica presentan una demanda de 24 horas por ciclo; a simple vista el servicio de impresión 3D requiere de menor número de horas trabajo (69 horas) y por lo tanto la probabilidad de mantenerse ocioso aumenta, cabe recalcar que este servicio está incluido en los procesos de asesoría en el diseño de productos empleando TFD y Diseño 3D. La demanda de horas por servicio para el laboratorio de fabricación digital se detalla en la matriz presentada a continuación.

ICLO	I					II				TOTAL
	Tecnología Industrial I (TIR-115)	Tecnología Industrial III (TIR-315)	Fundamentos de economía (FDE-115)	Formulación y Evaluación de Proyectos (FEP-115)	Ingeniería de Métodos (IMT-115)	Tecnología Industrial II (TIR-215)	Ofimática y Software para Ingeniería Industrial (OFI-115)	Mercadeo (MER-115)	Distribución en Planta (DIP-115)	
Impresión 3D	0	18	8	3	8	36	5	0	0	69
Diseño 3D	96	36	10	4	10	72	6	24	24	272
Asesoría en el desarrollo de productos usando TFD	0	0	20	7	20	0	12	48	0	87
Corte y grabado láser	0	18	8	3	8	36	5	18	0	87
Escaneo 3D	10	24	0	4	15	24	6	24	0	82
Electrónica	0	0	15	0	0	0	9	0	0	24
TOTAL HORAS	96	96	60	20	60	168	42	114	24	670

*Tabla 95 Demanda de horas de servicio del laboratorio de fabricación digital para las cátedras de la carrera de ingeniería industrial –modalidad a distancia
Fuente: Elaboración propia*

Es necesario establecer aquellos que requieren mayor número de horas de trabajo debido a que serán las tecnologías que requieran mayor número de equipos para suplir la demanda o los equipos de mayor capacidad de producción, siendo el servicios de diseño 3D el que requiere mayor número de horas de servicio (267); los servicios Asesoría para la fabricación empleando TFD y grabado láser requieren de 81 y 86 horas de trabajo respectivamente; finalmente los servicios de impresión 3D, escaneo 3D y electrónica requieren de 68 y 82 horas de servicio cada uno, a simple vista la demanda de los servicios de impresión 3D no exige una demanda de servicios considerable, sin embargo este proceso de fabricación puede ser usado dentro de los servicios de diseño 3D y Asesoría en el desarrollo de productos, por lo que se dejaría de lado posibilidades de ociosidad dentro de la máquina.

3.2.4.PROYECCIÓN DE DEMANDA PARA SEGMENTO DE ESTUDIANTES DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN MODALIDAD A DISTANCIA

Como consecuencia de la consideración de criterios como los niveles de inscripción por ciclo y porcentajes de deserción de la carrera de ingeniería industrial en el cálculo de la demanda de los servicios del laboratorio de fabricación digital de la EII, que se establecieron con base a experiencia de personal docente y a registros de inscripción por materia en los últimos 4 años, se asumirá que los niveles de inscripción se mantienen constantes en el tiempo, información obtenida de la consulta al director de la EII de la Universidad de El Salvador. Lo anterior se debe a que de existir una reducción en el nivel de inscripción en una asignatura debido a repitencia, esta se ve compensado en el aumento en los niveles de inscripción de la misma asignatura en un año posterior y en los niveles de demanda de otras asignaturas, por lo que el nivel de trabajo de la maquinaria de cada servicio se mantendrá constante; el hecho de contar únicamente con datos de inscripción por carrera de los últimos cuatro años, impide realizar un análisis cuantitativo exacto que permita establecer una tendencia matemática del comportamiento de la población estudiantil a distancia.

La diferencia del análisis de proyección de demanda de los servicios para el segmento de estudiantes en modalidad a distancia respecto de la estimación para el sector presencial será el hecho que no todas las materias formativas serán impartidas desde el año 1 del periodo en análisis, sino que su ingreso será de forma paulatina a partir de los primeros años de funcionamiento de la Universidad en línea, que coincide con la puesta en marcha de los servicios del laboratorio de fabricación digital, hasta que a final del quinto año se hayan impartido todas las materias de la currícula en la plataforma on line.

AÑO	CICLO	MATERIA
1	I	N.A.
	II	Ofimática y Software para Ingeniería Industrial (OFI -115)
2	I	Tecnología Industrial I (TIR-115)
	II	Tecnología Industrial II (TIR-215)
3	I	Tecnología Industrial III (TIR-315) Fundamentos de Economía (FDE-115)
	II	Ingeniería de Métodos (IMT-115)
4	I	Distribución en Planta (DIP-115)
	II	Mercadeo (MER-115)
5	I	Formulación y Evaluación de Proyectos (FEP-115)
	II	N.A.

Tabla 96 Ciclo de incorporación de enseñanza de cátedras de la carrera de ingeniería industrial
Fuente: Elaboración propia

Tal y como se indica en el apartado de proyección de demanda para el segmento de estudiantes de la carrera de ingeniería industrial en modalidad presencial, se considerarán requerimientos constante para las cátedras a partir del quinto año lectivo, que es en el periodo a partir del cual serán ingresados a la plataforma de estudios en línea todas las currículas de formación de la carrera de ingeniería industrial, el análisis de proyección de demanda se realizará para un lapso de tiempo de 10 años debido a que es este el periodo estimado para la culminación de la de la carrera en modalidad en línea según información proporcionada por el director de la EII de la Universidad de El Salvador, obteniéndose de la suma aritmética de las demandas por materias según en ciclo en el que está se introduce a la plataforma en línea a lo largo en el periodo de formación, hasta que a partir del quinto año todas las cátedras de la carrera estén disponibles en el portal de la Universidad en línea de las horas de servicio requeridas por cada tipo de tecnología en estudio, como lo muestra la siguiente matriz:

AÑO EN EL QUE SE INICIARÁ A IMPARTIR CADA CÁTEDRA	MATERIAS A IMPARTIR / DEMANDA (HORAS /CICLO)									DEMANDA AL AÑO (HORAS / AÑO)
	Ofimática y Software para Ingeniería Industrial (OFI -115)	Tecnología Industrial I (TIR-115)	Tecnología Industrial II (TIR-215)	Tecnología Industrial III (TIR-315)	Fundamentos de economía (FDE-115)	Ingeniería de Métodos (IMT-115)	Distribución en Planta (DIP-115)	Mercadeo (MER -115)	Formulación y Evaluación de Proyectos (FEP-115)	
1	42	N.A. ⁶¹	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	42
2	42	96	168	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	306
3	42	96	168	96	60	60	N.A.	N.A.	N.A.	522
4	42	96	168	96	60	60	24	114	N.A.	660
5	42	96	168	96	60	60	24	114	20	680
6	42	96	168	96	60	60	24	114	20	680
7	42	96	168	96	60	60	24	114	20	680
8	42	96	168	96	60	60	24	114	20	680
9	42	96	168	96	60	60	24	114	20	680
10	42	96	168	96	60	60	24	114	20	680

Tabla 97 Demanda de horas al año por materia
Fuente: Elaboración Propia

La proyección de la demanda de servicios de fabricación digital para el sector estudiantil para un periodo de 10 años se presentan en el siguiente cuadro resumen, hasta el año 5 la demanda

⁶¹ N.A.: No Aplica, cátedras aún no han sido impartidas en el periodo de análisis

total de servicios de fabricación digital para el laboratorio del a EII es de 2210 horas, a partir del año cuando la demanda es constante, con un valor de 680 horas al año, siendo al final del periodo en análisis la **demanda total de 5610 horas para un periodo de 10 años.**

PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DE SERVICIOS DE FABRICACIÓN DIGITAL DEL LABORATORIO DE LA EII PARA POBLACIÓN DE ESTUDIANTES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN MODALIDAD A DISTANCIA (HORAS /AÑO)										
AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10	TOTAL
42	306	522	660	680	680	680	680	680	680	5610

*Tabla 98 Proyección de la demanda de los servicios de laboratorio de fabricación digital
Fuente: Elaboración Propia*

3.3. ESTIMACIÓN TOTAL DE LA DEMANDA DE SERVICIOS DE FABRICACIÓN DIGITAL

DEMANDA TOTAL ANUAL DE SERVICIOS DE FABRICACIÓN DIGITAL DEL LABORATORIO DE LA EII PARA POBLACIÓN DE ESTUDIANTES DE INGENIERÍA INDUSTRIAL (HORAS / AÑO)			
AÑO	MODALIDAD PRESENCIAL	MODALIDAD EN LÍNEA	TOTAL ANUAL
AÑO 1	715	42	757
AÑO 2	715	306	1021
AÑO 3	715	522	1237
AÑO 4	715	660	1375
AÑO 5	715	680	1395
AÑO 6	715	680	1395
AÑO 7	715	680	1395
AÑO 8	715	680	1395
AÑO 9	715	680	1395
AÑO 10	715	680	1395
TOTAL	7150	5610	12,760

*Tabla 99 Estimación de la demanda de servicios de fabricación digital para el segmento de población estudiantil
Fuente: Elaboración Propia*

Luego de realizar el estimado de la demanda de los servicios de fabricación digital para el sector estudiantil de la carrera de ingeniería industrial se procede a calcular la demanda anual total para dicho segmento poblacional, obteniendo los datos presentados en la tabla anterior. Al analizar los resultados se observa que un aumento del nivel de demanda desde 757 horas

en el año 1 hasta 1395 horas de trabajo en el año 5, este aumento progresivo y posterior estabilización del nivel de demanda de los servicios se debe a la incorporación gradual de materias que serán impartidas a la plataforma en línea del sistema de educación a distancia.

Una de las ventajas que ofrecerá el aumento progresivo de los niveles de demanda es la corrección de errores que puedan darse en la prestación y calidad de los servicios a causa de fallos en la coordinación de actividades, de errores de maquinaria durante los procesos de fabricación, entre otros, preparándose así al aumento de demanda de ciclos posteriores.

3.4. ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA DE SECTOR EMPRESAS DE MANUFACTURA

Para iniciar el proceso de estimación de la demanda de los servicios de fabricación digital del laboratorio de la Escuela de Ingeniería Industrial de parte sector empresas de manufactura, es necesario definir el segmento de empresas que estará en análisis, en este caso empresas con rubros que permitan la incorporación de tecnologías de fabricación digital en sus procesos productivos, retomando la información del apartado Segmentación del Mercado Consumidor: Empresas De Manufactura se presenta la lista de rubros identificados como posibles usuarios de los servicios del laboratorio.

Rubros	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fabricación de productos de plástico: Envases plásticos, Productos plásticos para uso personal o doméstico, maquila de plásticos, Tuberías de plástico PVC y otros artículos para construcción, Fabricación de preformas plásticas. 2. Fabricación de tanques, depósitos y recipientes de metal. 3. Forjado, prensado, estampado y laminado de metales. 4. Fabricación de elementos elaborados de metal: Fabricación de tornillos, pernos, tuercas y otros remaches o sujetadores de metal y sus accesorios; Sujetadores de metal sin rosca (grapasa, clips, etc.), Fabricación de trofeos y placas y reconocimientos 5. Fabricación de maquinaria de uso general: Motores y turbinas; Equipo hidráulico; Bombas, compresores, grifos y válvulas; Maquinaria para envasado 6. Fabricación de muebles: Muebles de oficina, restaurantes y espacios públicos, estantes armables y sillas especialmente metálicos 7. Fabricación de aparatos e instrumentos y materiales médicos y odontológicos: Fabricación de artículos y materiales para uso médico, quirúrgico, odontológico y otros suministros; Fabricación de aparatos y piezas protésicas y ortopédicas; Fabricación de calzado ortopédico. 8. Fabricación de otros tipos de maquinaria de uso general: Aparatos y equipo de aire acondicionado, ventilación, refrigeración para uso no doméstico. 9. Fabricación de calzado de cuero, lona sintético y otros
--------	--

Tabla 100 Rubros de manufactura que pueden ser posibles usuarios de los servicios del laboratorio de fabricación digital de la EII

Fuente: Elaboración propia

Una vez identificados los rubros en interés es necesario cuantificar el número de empresas que forman parte de estos y así establecer la población total en análisis para el establecimiento de la demanda, para esto se recurrirá a la información recolectada del Cubo OLAP⁶² del DIGESTYC que contiene la información de las unidades económicas a nivel nacional según los rubros de la clasificación CIIU⁶³ 4.0; de la consulta a esta base de datos se obtuvo que existen **2,685 unidades económicas a nivel nacional** registradas dentro de los 9 rubros en análisis, la distribución de unidades económicas dentro de cada actividad productiva se presenta a continuación:

ACTIVIDAD ECONÓMICA	UNIDADES ECONÓMICAS REGISTRADAS
Fabricación de productos de plástico	66
Fabricación de productos metálicos, tanques, depósitos y generadores de vapor	1281
Fabricación de maquinaria	33
Fabricación de muebles	1261
Fabricación de instrumentos, materiales médicos, ortopédicos y odontológicos	44
TOTAL	2685

*Tabla 101 Unidades económicas registradas pertenecientes al sector manufactura en análisis a nivel nacional
Fuente: Cubo OLAP – DIGESTYC*

Luego de establecer la población en análisis se procede a consultar los resultados del estudio del segmento de manufactura dentro del mercado consumidor de los servicios de laboratorio, de la pregunta número 16 del instrumento de recolección de información⁶⁴ de este segmento, desarrollado en la etapa de diagnóstico, se tiene que el 46% de las empresas están dispuestas a incorporar tecnologías de fabricación digital a sus procesos productivos, de este porcentaje el 25% manifestó estar dispuesto a introducir las de forma directa en su empresa y un 21%

⁶² Cubo OLAP: Consultar Glosario Técnico.

⁶³ CIIU: Clasificación Industrial Internacional Uniforme; esta clasificación es un instrumento creado por la Oficina de Estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) que se utiliza para estandarizar las diferentes actividades económicas y productivas del país.

⁶⁴ Para observar gráficos de los resultados obtenidos consultar anexo “Información requerida para el cálculo de demanda de servicios de fabricación digital”

por medio de outsourcing, de la pregunta número 17 se obtuvo que del porcentaje que mencionó estar dispuesto a incorporar los servicios por medio de outsourcing, el 60% manifestó estar en disposición de trabajar con el laboratorio de la universidad de El Salvador, tomando este porcentaje y relacionándolo con el total de unidades económicas antes presentado se plantea la siguiente ecuación que relaciona las variables descritas:

Población de interés

*= población total * porcentaje de empresas dispuestas a usar de las TFD*

** porcentaje dispuesto a adquisirir los servicios por outsourcing*

** porcentaje dispuesto a hacer uso de TFD a través del laboratorio dela EII*

Ecuación 12 Ecuación para estimación de población meta de los servicios del LFD

Sustituyendo valores en la expresión anterior se tiene:

$$Población\ de\ interés = 2685 * 46\% * 21\% * 60\% = 156\ empresas$$

Es decir que existen 156 empresas en la disposición de realizar sus productos y prototipos con el laboratorio de fabricación digital, decir es la población meta de los servicios a ofertar; a pesar de identificar el estimado de empresas también es necesario determinar una cuota de mercado que convierta las metas de servicios a ofertar en alcanzables y permita realizar no sólo el diseño del laboratorio que responda a las necesidades del mercado, sino que también permita establecer acciones para satisfacer de forma oportuna la demanda de este segmento con la calidad requerida y en el tiempo indicado. En este caso la cuota de mercado a cubrir con los servicios del laboratorio de la EII será de 2%, este valor se debe a que las tecnologías de fabricación digital son procesos que están en etapas introductorias dentro del mercado productivo a nivel nacional, dicho crecimiento en el nivel de penetración se estipula como el resultado de la promoción de los servicios del laboratorio empleando estrategias de marketing y por medio del trabajo conjunto con entidades nacionales ya sea a través de convenios o de cartas de entendimiento. Luego de multiplicar el factor de porcentaje de población a atender con el valor de la población total se tiene:

$$Población\ meta = población\ de\ intrés * cuota\ de\ mercado = 156 * 2\% = 4 \frac{empresas}{mes}$$

Es decir que serán 16 empresas a las que el laboratorio de la Escuela de Ingeniería Industrial el número meta se ofertarán los servicios de fabricación digital. Una vez establecido el número de empresas es necesario identificar los servicios de producción usando TFD más demandados por estas, al consultar la pregunta 14 y 15 del instrumento de recolección de

información para empresas del sector manufactura⁶⁵ se tiene que los procesos de diseño 3D, impresión 3D, asesoría en el desarrollo de productos empleando TFD, fresado CNC y Corte láser son los servicios que fueron identificados por el segmento de empresas como los procesos que, según su criterio, pueden ser introducidos en sus métodos de manufactura.

Se procede a determinar la demanda del tiempo requerido para desarrollar sus productos y prototipos; para ello se toma como referencia los datos brindados por el Centro de Manufactura y Prototipado Rápido de la Universidad Don Bosco los datos brindados por la UDB y la información obtenida de la consulta a páginas de proveedores tanto de maquinaria como de los procesos sobre los tiempos que llevan los proyectos demandados, se realiza una estimación del promedio de horas para realizar cada uno de estos, datos estimados, como resume la siguiente tabla:

No.	SERVICIO	HORAS POR SERVICIO MENSUAL
1	Impresión 3D	8
2	Diseño 3D de productos	8
3	Asesoría en el desarrollo de productos usando TFD	4
4	Fresado CNC	6
5	Corte láser	6
6	Programación	N.A.
7	Escaneo 3D	10
8	Electrónica	N.A.
PROMEDIO		7

*Tabla 102 Duración de servicios de fabricación digital para empresas de manufactura
Fuente: Elaboración propia*

Respecto al número de servicios prestados a las empresas, los encargados del laboratorio manifestaron que las empresas solicitan servicios de fabricación digital aproximadamente cada 3 meses.

Con la información detallada previamente se procede a realizar la estimación de la demanda de servicios de fabricación digital; debido a que no existe una variable que exprese de forma

⁶⁵ Consultar anexos

directa el número de empresas que solicitan cada tecnología de fabricación digital al mes, la estimación del número de horas requeridas por el sector manufactura para el laboratorio se establecerá a partir de la relación del promedio de horas que requieren los servicios de fabricación digital ofertados en UDB y la población meta de empresas que se busca atender, esta relación se presenta en la siguiente ecuación:

$$\text{Demanda de sector empresas} = \text{población meta} * \text{demanda promedio mensual de servicios}$$

Ecuación 13 Demanda de servicios de fabricación digital para sector empresas de manufactura

Debido a que no se puede establecer de forma directa el número de horas demandadas por las empresas de manufactura para cada servicio de fabricación, será necesario el establecimiento de un factor que estimado que aproxime esta variable en cálculos requeridos en etapas posteriores. Para realizar la proyección de la demanda de servicios de fabricación digital para el segmento de manufactura se procede a sustituir en la ecuación anterior los valores siguientes:

$$\text{Demanda de sector empresas} = 4 \frac{\text{empresas}}{\text{mes}} * 7 \frac{\text{horas}}{\text{servicio}} = 28 \frac{\text{horas}}{\text{mes}}$$

Con lo que se obtiene que el número de horas requeridas al mes para suplir la **demanda de servicios de fabricación digital es de 115.2 horas al mes**, estimando un comportamiento constante de esta variable, el cálculo de la demanda no es más que la multiplicación del número de meses al año por la demanda mensual:

$$\text{Demanda de sector empresas} = 28 \frac{\text{horas}}{\text{mes}} * 12 \frac{\text{meses}}{\text{año}} = 336 \frac{\text{horas}}{\text{año}}$$

A partir de la consulta realizada al director de la Escuela de Ingeniería Industrial y a encargados del Centro de Manufactura y Prototipado Rápido de la Universidad Don Bosco, se proyecta un crecimiento anual de 2% de la demanda de servicios del sector manufactura, obteniendo una demanda actual al final del periodo como se muestra en el siguiente cuadro:

PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DE SERVICIOS DE FABRICACIÓN DIGITAL DEL LABORATORIO DE LA EII PARA EL SEGMENTO DE EMPRESAS DE MANUFACTURA (HORAS /AÑO)										
AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10	TOTAL
N.A.	N.A.	336	343	350	357	364	371	378	386	2884

*Tabla 103 Proyección de la demanda de los servicios de laboratorio de fabricación digital
Fuente: Elaboración Propia*

Es necesario recalcar que el año 1, periodo en el que se realizará la puesta en marcha del laboratorio realizado por la Escuela de Ingeniería Industrial, no coincidirá con el inicio de la prestación de servicios de fabricación digital de forma directa al sector empresas de manufactura; por lo que el cálculo de la demanda para dicho segmento iniciará en el año 3, estableciendo un periodo de dos años para la realización de trámites dentro de la universidad que permitan la autorización de prestación de servicios a empresas y la percepción de fondos por dicha actividad.

3.5. RESUMEN DE LA DEMANDA

El cálculo total de la demanda se obtiene de la suma aritmética de las horas de servicio exigidas por los segmentos que componen el mercado consumidor de los procesos de fabricación digital que se ofertarán en el laboratorio. Debido a que el fin principal de este centro es la formación de futuros profesionales en la rama de ingeniería industrial, el inicio de sus actividades se dirigirá a la instrucción de este segmento de mercado; se ha estipulado un periodo de dos años para iniciar la prestación de servicios al sector manufactura, dentro de ese periodo se prevé cumplir con las disposiciones legales y trámites necesarios para la realización de las actividades al sector externo a la Universidad y la captación de fondos por la captación del mismo.

PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DE SERVICIOS DE FABRICACIÓN DIGITAL DEL LABORATORIO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL			
AÑO/ SEGMENTO	ESTUDIANTES	EMPRESAS MANUFACTURERAS	TOTAL ANUAL
1	757	N.A.	757
2	1021	N.A.	1021
3	1237	350	1573
4	1375	357	1718
5	1395	364	1745
6	1395	371	1752
7	1395	378	1759
8	1395	386	1766
9	1395	394	1773
10	1395	402	1781
TOTAL	12760	2884	15644

*Tabla 104 Demanda total de servicios de fabricación digital
Fuente: Elaboración propia*

De la tabla se observa que la demanda de horas de trabajo para el año 1 de funcionamiento del laboratorio es de 757 horas anuales, que para el año 3 se experimenta un incremento debido a la incorporación de servicios dirigidos al sector manufactura registrándose para dicho periodo una demanda de 1375 horas de trabajo que representa el 69.46% del periodo de trabajo desarrollado en el laboratorio, mientras que las horas de trabajo destinadas al sector manufactura representa el 19.65% restante con una demanda 350 horas anuales. Esta demanda incrementa anualmente debido al crecimiento del número de empresas del segmento manufactura atendidas en el laboratorio; el mayor incremento registrado según proyecciones, una vez puesta en marcha la atención a ambos segmento de mercado, será del año 3 al año 4, periodo que reportará un aumento del 9.22% siendo el segundo mayor aumento de demanda en el primer decenio de funcionamiento del laboratorio y el primero desde que se brinde atención a los des segmentos del mercado de consumo. Estos periodos serán críticos para la atención de los segmentos de consumo y se pondrá a prueba la capacidad del centro para suplir con los requerimientos de calidad exigidos, la demanda de los servicios de fabricación digital, además de servir de herramienta de evaluación del número de personas que guiará el desarrollo de proyectos del laboratorio, se convierte en un requerimiento a tomar en cuenta en las elección de la maquinaria y equipo a utilizar dentro de este.

3.6. TAMAÑO DEL PROYECTO

El tamaño del proyecto forma parte de uno de los elementos esenciales en el estudio técnico de un proyecto, a lo largo del desarrollo de la definición del tamaño del proyecto se pretende dar respuesta a interrogantes como: ¿Cuánto producir? y así definir ¿Cuánto es la capacidad instalada del laboratorio de fabricación digital?

La importancia de definir el tamaño que tendrá el proyecto es representada principalmente por la incidencia que éste tiene sobre el nivel de las inversiones, de operación, de los costos e ingresos del proyecto que se estimen, y por tanto, sobre la rentabilidad del proyecto.

Para definir el tamaño se procederá a analizar una serie de factores que influyen en la decisión del tamaño óptimo, los cuáles se definen a continuación en el siguiente apartado.

3.6.1.FACTORES QUE INFLUYEN EN LA DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DEL PROYECTO

Existen factores que se utilizan para determinar el tamaño del proyecto, factores que inciden en una mejor optimización de los recursos, estos factores son:

1. Características de la Demanda Insatisfecha
2. Características del Mercado de Abastecimiento
3. Disponibilidad del Recurso Financiero
4. Economía de Escala
5. Características de la Mano de Obra
6. Maquinaria y Equipo

A continuación, se describe cada uno de los factores antes mencionados:

1. Características de la demanda insatisfecha

A través del estudio de mercado realizado en la etapa de diagnóstico se determinó si existe o no una demanda potencial y en qué cantidad, para con ello poder determinar el tamaño del proyecto y así saber el porcentaje de éstas que se puede satisfacer.

La demanda es uno de los factores más importantes para condicionar el tamaño del proyecto. El tamaño propuesto sólo puede aceptarse en caso de que la demanda sea claramente superior. Si el tamaño propuesto fuera igual a la demanda, no sería recomendable llevar a cabo la implementación del LFD, puesto que sería muy riesgoso, siendo uno de los factores

determinantes el tamaño del proyecto, se deben de considerar las proyecciones de demanda realizadas en la etapa de diagnóstico.

El tamaño debe de considerar satisfacer un porcentaje de la demanda insatisfecha presentada en el ámbito académico presencial y a distancia, así como en el ámbito empresarial.

2. Características del Mercado de Abastecimiento

El abasto suficiente en cantidad y calidad de materias primas es un aspecto vital en el desarrollo de un proyecto, es necesario conocer el alcance de cada uno de los proveedores en cuánto a los volúmenes y características de materias primas que se manejarán, así como la localización de las áreas de producción; son los factores respecto al suministros de insumos para ajustar el tamaño del laboratorio. El aprovisionamiento de suministros de insumos y materias primas no es factor desencadenante a la hora de establecer el tamaño del LFD, esto debido que debido a la búsqueda de proveedores nacionales y la necesidad de materia prima que el LFD llegara a prescindir; perfectamente se puede cubrir con los proveedores nacionales; además de los requerimientos de maquinaria estipularán que dichos equipos utilicen materia prima genérica; elemento que facilitaría mayormente el abastecimiento de materias primas.

3. Disponibilidad de Recurso Financiero

Este es otro de los factores más importantes al momento de implementar el proyecto. Sin embargo, por la naturaleza y el marco en el que se llevará cabo la implementación del LFD, el financiamiento del proyecto no se verá limitado financieramente debido al marco contextual en el que se le ha dado el enfoque al LFD, se espera que el proyecto se lleve a cabo bajo recursos propios tras la aprobación de un proyecto académico especial en el auge de la actualización de la malla curricular de la carrera de Ingeniería Industrial y la virtualización de la carrera a través de Educación a Distancia UES..

4. Economía de Escala

Éste factor no genera mayor incidencia a la hora de ajustar el tamaño del laboratorio de fabricación digital, el atribuir que la tecnología y volumen de producción que se tendrá provocarán una disminución del costo medio a largo plazo en el Laboratorio de Fabricación Digital resulta impensable, dado que el marco o enfoque del laboratorio no gira entorno producción en masa.

5. Características de la Mano de Obra

La especialización de la mano de obra si bien es necesaria para el correcto funcionamiento del Laboratorio de Fabricación Digital no limita el ajuste para el tamaño del proyecto, esto debido a la no necesidad de incorporar alto número de recurso humano al laboratorio; además la selección y contratación de todo el recurso humano a disponer en el LFD se proyectará cumpla con un plan de capacitación e instrucción a dichas tecnologías; por tal razón la mano de obra no es un factor condicionante.

6. Maquinaria y Equipo

Esta otra variable condicionante del tamaño, tiene que ver con ciertos procesos tecnológicos que exigen un volumen mínimo de producción que puede ser superior las necesidades y programación del proyecto, de tal manera que los costos de operación pueden resultar muy elevados, que no permiten la implementación y por ende la operación del proyecto, sin embargo y como se ha establecido anteriormente el enfoque del LFD es inicialmente con fines académicos para lo cual no es necesario implementar tecnologías de producción que tiendan a ser más eficientes a mayor tamaño; derivando con ello un factor no condicionante para el establecimiento del tamaño del Laboratorio de fabricación digital.

Después la definición de cada uno de los factores que pueden ser influyentes se concluye que el ajuste del tamaño del Laboratorio de Fabricación Digital, se ve influenciado por las características de la demanda insatisfecha, en el siguiente apartado se procede con la determinación del tamaño del proyecto.

3.6.2.DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DEL PROYECTO

La determinación del tamaño del proyecto es influenciada principalmente como se expuso anteriormente por las características de la demanda insatisfecha en los dos sectores de interés: Sector Académico y Sector Productivo. Las proyecciones de demanda (apartado 4.5) para éstos sectores se muestran a continuación:

PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DE SERVICIOS DE FABRICACIÓN DIGITAL DEL LABORATORIO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL			
AÑO/ SEGMENTO	ESTUDIANTES	EMPRESAS MANUFACTURERAS	TOTAL ANUAL
1	757	N.A.	757
2	1021	N.A.	1021
3	1237	350	1573
4	1375	357	1718
5	1395	364	1745
6	1395	371	1752
7	1395	378	1759
8	1395	386	1766
9	1395	394	1773
10	1395	402	1781
TOTAL	12760	2884	15644

Tabla 105 Proyección de la demanda anual de los sectores de interés del laboratorio de fabricación digital.

Fuente: Elaboración propia

De la tabla se observa que la demanda de horas de trabajo para el año 1 de funcionamiento del laboratorio es de 757 horas anuales, que para el año 3 se experimenta un incremento debido a la incorporación de servicios dirigidos al sector manufactura registrándose para dicho periodo una demanda de 1375 horas de trabajo que representa el 69.46% del periodo de trabajo desarrollado en el laboratorio, mientras que las horas de trabajo destinadas al sector manufactura representa el 19.65% restante con una demanda 350 horas anuales.

De lo anterior y con base al análisis realizado en el cálculo de la demanda en el apartado 4.2. Para determinar el tamaño del laboratorio digital gira en torno al establecimiento de una capacidad instalada que pueda suplir la demanda insatisfecha establecida; para éste caso se tiene el siguiente escenario:

El tamaño óptimo del Laboratorio de Fabricación Digital se dispondrá del total de horas anual del primer año, más un 20% del mismo total anual; el decidir tomar un 20% como excedente al total de horas del primer año es debido a desbalance o errores en la estimación y consideraciones de las proyecciones de la demanda, por ejemplo las variantes por ciclo de la

matrícula de estudiantes, entre otras.; entonces el tamaño óptimo del Laboratorio de Fabricación Digital se ajustaría de la siguiente manera:

Capacidad instalada del Laboratorio de Fabricación Digital= 908.40 horas de trabajo en un año académico normal.

Es necesario señalar que el elegir tomar un 20% como incremento radica en la variante de que en el promedio de los dos primeros años de las proyecciones estimadas se tiene que se atenderían específicamente 889 horas anuales, de donde el total anual del primer año más un 20% del mismo, aproximadamente representa el promedio de los dos primeros años; éstos dos primeros años de funcionamiento que servirán para poder estabilizar la oferta académica que el laboratorio tendrá a la demanda académica proyectada; para con ello en el año 3 poder ofrecer servicios a sector empresarial con una perspectiva más organizada y de mejor calidad.

3.7. LOCALIZACIÓN

La selección de la localización de un proyecto es un proceso de análisis que busca estimar el sitio que ofrece las condiciones más ventajosas, y menos desventajosas, en las que puede ponerse ubicarse un proyecto; esta selección es tan importante como la determinación del tamaño y de los procesos que se desarrollarán en el laboratorio debido a que una correcta ubicación permitirá prever inconvenientes que impidan el correcto desarrollo de las actividades del laboratorio como la facilidad de disposición de desperdicios, seguridad de la zona, disponibilidad de mano de obra, entre otros.

3.7.1.METODOLOGÍA PARA LA LOCALIZACIÓN DEL LABORATORIO

La metodología a emplear para la definición de la localización del laboratorio será cualitativa, empleando técnicas de análisis de ventajas y desventajas y la técnica de evaluación por puntos, para la determinación de macrolocalización y microlocalización del laboratorio respectivamente. La técnica de ventajas y desventajas, como su nombre lo indica, es el análisis de las prerrogativas y perjuicios que conlleva la puesta en marcha de una alternativa de ubicación de laboratorio de fabricación digital; mientras que la técnica de evaluación por puntos consiste en determinar criterios de evaluación de las diversas alternativas; asignándole a cada una un peso o ponderación según el efecto que ejercen, ya sea positiva o negativamente, en el desarrollo de actividades del laboratorio, para posteriormente seleccionar la alternativa que presente la calificación más alta.

El análisis de localización comprende dos etapas: la macrolocalización en la que se evaluarán diferentes zonas de las que pueden establecerse las instalaciones del laboratorio según diversos criterios y la microlocalización, en la que se evalúan dentro del área seleccionada las posibles alternativas de localización del Laboratorio de Fabricación Digital de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador; el objetivo principal del análisis de macrolocalización y microlocalización es seleccionar una zona apta para el establecimiento del Laboratorio de Fabricación Digital de la EII desde los enfoques técnicos y logísticos.

Tanto el análisis de macrolocalización como el de microlocalización seguirán la siguiente metodología:

1. Identificación de factores determinantes: Debido a que existen diferentes factores que influyen sobre la localización de un proyecto, se vuelve imperativo determinar cuáles serán aquellos criterios determinantes para la selección tanto de la macrolocalización como de la microlocalización del proyecto; incluye además la ponderación de cada uno de los factores de evaluación.
2. Identificación de alternativas: Identificación y caracterización de las diferentes opciones de ubicación, tanto para macrolocalización como para microlocalización, para el Laboratorio de Fabricación Digital de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador. Involucra además la recolección de toda la información concerniente a las alternativas para poder evaluarlas de forma cuantitativa si es un criterio tangible y cualitativo si el criterio es subjetivo.
3. Calificación y selección de alternativas: Evaluación de las opciones seleccionadas según los criterios y ponderaciones determinados en etapas anteriores, selección de la alternativa óptima, es decir la que obtuvo no sólo mayor puntuación, sino que cumplió con otros criterios de evaluación estipulados.

Es importante recordar que no habrá una alternativa que sea mejor que todas las demás en todos los aspectos, el objetivo del estudio no es el de buscar una localización óptima sino localización que además de ofrecer ventajas, ofrezca el menor número de inconvenientes o desventajas. En última instancia, otros factores más subjetivos pueden determinar la localización definitiva del Laboratorio de Fabricación Digital de la EII.

3.7.2.MACROLOCALIZACIÓN

La macrolocalización del proyecto se refiere a la definición de la zona geográfica general en la que se ubicará el Laboratorio de Fabricación Digital, esta es una decisión de largo plazo, de difícil y costosa variación y que por lo tanto incide significativamente en los resultados de las operaciones del proyecto; la importancia de la macrolocalización radica en que la selección actual de la zona de establecimiento del laboratorio pueda no serlo en el futuro, por lo que se requiere un análisis objetivo considerando todos los factores que pueden incidir en sus actividades tanto en el presente como en el futuro.

3.7.2.1. FACTORES DETERMINANTES PARA LA MACROLOCALIZACIÓN

Los factores dominantes de la localización son:

1. **Mercado consumidor de los servicios del laboratorio:** Se refiere a la cercanía de la localización a los segmentos de mercado consumidor de los servicios del laboratorio de fabricación digital sin obstaculizar, en la medida de lo posible, el desarrollo normal de sus actividades. Este aspecto es parte vital para el funcionamiento del laboratorio, debido a que su fin principal es la formación de estudiantes de la carrera de ingeniería industrial en las tecnologías de fabricación digital y la atención de las necesidades del sector manufactura en el desarrollo y prototipado de nuevos productos.
2. **Localización de fuentes de abastecimiento:** Este criterio va más allá de la cercanía de las instalaciones del laboratorio a sus proveedores y el periodo de adquisición de materias primas, al referirse a las facilidades legales que ofrece la localización para la compra de materiales que requiere la realización de los procesos de fabricación digital, a la disponibilidad de técnicos y personal docente de la Escuela de Ingeniería Industrial para realizar las actividades planificadas para el laboratorio sin interferir en las actividades que se desarrollan en la EII.
3. **Disponibilidad de pago de servicios:** Según las características de las actividades a desarrollar en el laboratorio es necesaria su requisición a través del pago en una colecturía designada para esta actividad, este factor evaluará la factibilidad de realización de dicho pago.
4. **Facilidad de acceso e identificación:** Este factor se refiere a dos aspectos principales, el primero es la facilidad que cada macrolocalización permite tanto a los segmentos de mercado consumidor como al personal técnico y docente a cargo para acceder al laboratorio y el segundo aspecto a la facilidad de identificación de las diferentes localizaciones por el público general.

3.7.3. CARACTERÍSTICAS DE LA MACROLOCALIZACIÓN

Tomando en cuenta los factores determinantes para la macrolocalización y luego de consultar con la dirección de la Escuela de Ingeniería Industrial sobre la ubicación de laboratorio de fabricación digital, se identificó la necesidad que sus instalaciones estén situadas en la Facultad de Ingeniería y Arquitectura; lo anterior con el fin de asegurar el cumplimiento los

requisitos de funcionamiento del laboratorio y de suplir las necesidades del segmento consumidor de los servicios de fabricación digital, especialmente el sector estudiantil de la carrera de ingeniería industrial. Para poder validar o refutar esta selección es necesario realizar un análisis de las ventajas y desventajas que ofrece a ubicación según los factores previamente enlistados, como se muestra a continuación:

MERCADO CONSUMIDOR DE LOS SERVICIOS DEL LABORATORIO

VENTAJAS	DESVENTAJAS
MERCADO CONSUMIDOR DE LOS SERVICIOS DEL LABORATORIO	
<p>La ubicación del laboratorio dentro de la FIA ofrece el prestigio y respaldo del Alma Mater a las actividades y servicios que este ofertará además de ofrecer la facilidad al personal docente y estudiantes de asistir a sus prácticas sin interrumpir la programación del resto de actividades organizadas por la EII, favoreciendo el desarrollo puntual de las mismas.</p> <p>Del estudio de diagnóstico se identificó que del 21% de empresas de manufactura que manifestaron estar dispuestas a adquirir los servicios de fabricación digital, el 60% se expresó a favor de adquirirlos en a través del laboratorio de fabricación digital de la EII, lo que indica que existe un mercado que confía en el prestigio y actividades del laboratorio y está dispuesta a trabajar de forma conjunta con este.</p>	<p>Muchas empresas presentan recelo de la Universidad de El Salvador debido a hechos ocurridos en el pasado que han empañado la imagen del centro de estudios.</p> <p>Del 20% de empresas encuestadas que expresaron su negativa a trabajar con el laboratorio de fabricación digital de la EII, expresaron que actualmente tienen convenios con otras universidades o centros de educación superior.</p>
LOCALIZACIÓN DE FUENTES DE ABASTECIMIENTO	
<p>La existencia de convenios de cooperación entre la Universidad y entidades nacionales</p>	<p>Existen limitantes en el proceso de compra, al ser la Universidad un ente estatal, como</p>

<p>como el Ministerio de Economía e internacionales la cooperación de KOICA y USAID permite la obtención de financiamiento y/o patrocinio para la compra de equipo que exige la puesta en marcha del laboratorio de fabricación digital de la EII.</p> <p>La existencia de canales de compra establecidos dentro de la universidad favorece y facilita el proceso de adquisición de equipo y materias primas para el funcionamiento del laboratorio.</p> <p>La ubicación del laboratorio dentro de la universidad permitirá el trabajo conjunto con otras facultades y escuelas que pueden estar interesadas en la investigación y desarrollo de nuevos productos.</p>	<p>las estipuladas por la Ley de Adquisiciones y Contrataciones de la Administración Pública y la ley Orgánica que rige las actividades del Alma Mater que estipulan procedimientos de compra que pueden limitar montos y periodos límites de compras como el límite de compra de activos de \$57.14 y realizar licitaciones para la adquisición de materias primas y suministros que requieren demasiado tiempo de espera y con costos elevados que retrasan las unidades de la universidad.</p>
<p>DISPONIBILIDAD DE PAGO DE SERVICIOS</p>	
<p>La existencia de una colecturía habilitada para el pago de servicios ofrecidos por las diferentes unidades dentro de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura facilitan la prestación y solicitud de servicios a ofertar en el laboratorio para los diferentes segmentos del mercado consumidor, sin necesidad de habilitar una nueva colecturía o realizar trámites que pueden retrasar la apertura de los servicios del centro al mercado de empresas de manufactura.</p>	<p>Debe de realizarse las gestiones necesarias para realizar la captación de fondos a nombre del laboratorio.</p>
<p>FACILIDAD DE ACCESO E IDENTIFICACIÓN</p>	
<p>Ubicar el laboratorio de fabricación digital dentro de la FIA aseguraría el fácil acceso no sólo de los estudiantes sino también de</p>	<p>Para garantizar la correcta identificación del laboratorio es necesario realizar la correcta</p>

personas interesadas en el desarrollo de productos para sus empresas, que pueden identificar con facilidad el laboratorio.	señalización dentro de la universidad y un plan de marketing que posicione los servicios a ofertar en el mercado de interés fuera de la universidad.
--	--

Tabla 106 Análisis de incidencia de mercado consumidor en la macrolocalización del laboratorio de fabricación digital
Fuente: *Elaboración Propia*

Luego de analizar las ventajas y desventajas que conlleva la ubicación del laboratorio en la Facultad de Ingeniería y Arquitectura se observa que el valor que agregan las ventajas al trabajo del laboratorio y las condiciones que ofrece para el desarrollo de sus actividades son de mayor impacto que desventajas generadas a la Escuela de Ingeniería Industrial, por lo que se ratifica la selección de la contraparte de ubicarla dentro de la Facultad. A partir de esta selección se procede a definir la parte exacta en la que se ubicará el laboratorio, es decir su microlocalización.

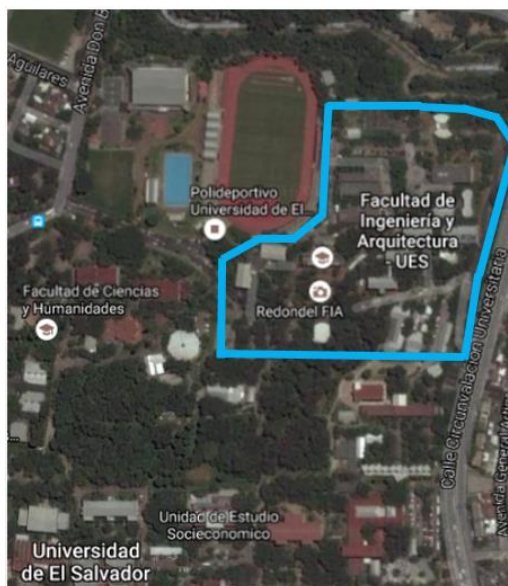


Ilustración 49 Facultad de Ingeniería y Arquitectura
Fuente: *Google maps*

3.7.4.MICROLOCALIZACIÓN

Una vez establecida la Facultad de Ingeniería y Arquitectura como el área de macrolocalización del Laboratorio de Fabricación Digital de la Escuela de Ingeniería Industrial, procede a realizarse el proceso de microlocalización, que consiste en el establecimiento del área idónea para ubicar las instalaciones del laboratorio.

3.7.4.1. FACTORES DETERMINANTES PARA LA MICROLOCALIZACIÓN

Los factores dominantes de la microlocalización son:

1. **Seguridad de las instalaciones:** Este criterio se refiere a la seguridad material que ofrece las opciones de localización para la maquinaria, equipo y materiales del laboratorio de fabricación digital de hurtos o robos, especialmente en periodos en los que hay cese de actividades en la Alma Mater.
2. **Puesta en marcha:** Se refiere a la facilidad que ofrece cada alternativa para la instalación del laboratorio y el inicio de sus actividades en cuanto a construcción y/o adecuación de los espacios, así como el monto requerido para la instalación del laboratorio.
3. **Disponibilidad de espacio físico para futuras expansiones:** El presente criterio está determinado por la facilidad que ofrecen las opciones de microlocalización para realizar una ampliación en sus instalaciones para suplir un aumento de demanda o la incorporación de nuevas tecnologías en el laboratorio.
4. **Compatibilidad con las actividades de la EII:** La facilidad de implementación que ofrece cada alternativa de macrolocalización y el desarrollo de las actividades planificadas para el laboratorio sin interrumpir aquellas realizadas actualmente, la importancia de este criterio radica en que una alternativa puede presentar facilidades de implementación pero una vez realizada a la puesta en marcha puede impedir el normal desarrollo de las actividades realizadas en la actualidad en dicha área.

PONDERACIÓN DE LOS FACTORES DETERMINANTES PARA LA MICROLOCALIZACIÓN

Luego de seleccionar y determinar el impacto de los factores en el proyecto se procede a asignar el peso con el que cada uno incide en este, el resultado de esta asignación de pesos se basa en el efecto que pueden ejercer para el desarrollo de las actividades del laboratorio, los niveles de producción, crecimiento, accesibilidad, entre otros.

NO.	FACTOR	PESO ASIGNADO
1	Seguridad de las instalaciones	40%
2	Puesta en marcha	20%
3	Disponibilidad de espacio físico para futuras expansiones	25%
4	Compatibilidad con las actividades de la EII	15%
TOTAL %		100%

*Tabla 107 Asignación de peso por factores para la evaluación de la macrolocalización
Fuente: Elaboración Propia*

Una condición para que la alternativa con mayor puntaje sea la seleccionada como alternativa óptima es que los factores de seguridad de las instalaciones y puesta en marcha deben de presentar un grado de cumplimiento de cada criterio de 50% como mínimo.

ESCALA DE CUMPLIMIENTO PARA LA CALIFICACIÓN DE FACTORES DETERMINANTES

Una vez que se ha asignado el peso a cada factor de evaluación se procede a asignar dentro de cada uno los criterios de evaluación, que no son más que los elementos de evaluación que se mencionan en el apartado anterior. A continuación se muestra un cuadro que resume los criterios para la evaluación de los factores de selección de la microlocalización:

CALIFICACIÓN	PUNTUACIÓN SEGÚN CALIFICACIÓN	GRADO DE CUMPLIMIENTO DE LOS CRITERIOS
Excelente Localización	5	100% ≥ criterio > 75%
Muy buena localización	4	75% ≥ criterio > 50%
Buena Localización	3	50% ≥ criterio > 25%
Regular Localización	2	criterio ≤ 25%
Mala Localización	1	No cumple con el criterio

*Tabla 108 Escala de calificación para la microlocalización
Fuente: Elaboración Propia*

3.7.4.2. IDENTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MACRO LOCALIZACIÓN

Se han identificado alternativas viables para la adecuación y/o construcción del laboratorio que se detallan según los criterios en listados previamente:

ALTERNATIVA A: ÁREA FRENTE A LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



Ilustración 50 Opción de microlocalización 1: Área frente a la Escuela de Ingeniería Industrial

La alternativa A es un terreno ubicado frente al Edificio de la Escuela de Ingeniería Industrial con área de 160.00 m²; posee dos formas de acceso la primera desde la entrada del Polideportivo de la Universidad y la segunda por medio de la entrada de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, ambos permiten la ingreso vehicular al estacionamiento de la Facultad, el terreno presenta desnivel con gradas que facilitan su acceso a la parte más alta, de emplearse será necesario el nivelado de la superficie del mismo, así como la remoción de mesas de concreto y adecuación para la construcción de las instalaciones del laboratorio.

Actualmente el terreno funciona como un área verde por lo que la instalación del laboratorio no implicaría la interrupción o choque de actividades de organizadas por la EII o por otra unidad de la FIA, de realizarse la construcción del laboratorio en esta área será necesario la instalación de un sistema de seguridad que resguarde la maquinaria y equipo de laboratorio; la identificación del área es sencilla y posee puntos de referencia para ubicar a personas ajenas a la facultad que deseen hacer uso de los servicios del laboratorio.

ALTERNATIVA B: ESPACIO COMPARTIDO CON EL LABORATORIO DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL DELA EII

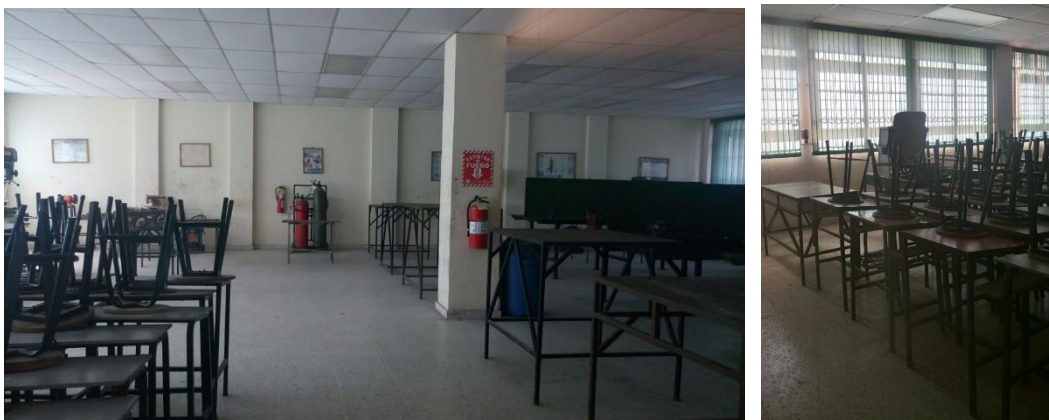


Ilustración 51 Opción de microlocalización 2: Laboratorio de Tecnología Industrial

La segunda opción es la adecuación de un área del laboratorio de tecnología ubicado en el edificio de Ingeniería Industrial, sus vías de acceso son la entrada de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura y la entrada del Polideportivo del Alma Máter; esta opción implica la adecuación de un área para la instalación del laboratorio de fabricación digital, dejando libre el resto para al desarrollo de las actividades de cátedras como tecnología industrial I, Tecnología Industrial II y prácticas de la cátedra de Higiene y Seguridad Industrial; el espacio que puede utilizarse es de 40.00 m² aproximadamente.

Los principales inconvenientes que presenta esta alternativa son la realización de actividades de cátedras mencionadas con anterioridad, con grupos de laboratorio numerosos que de reducirse el área de trabajo entorpecería la realización de las actividades y prácticas que actualmente se realizan dentro de ella, la inviabilidad de la expansión del área destinada para el laboratorio de existir un aumento en el número de equipo o cambio de las tecnologías a emplear y/o un incremento de la demanda de los servicios, será imposible expandir el área de trabajo sin afectar las actividades que se realizan en el laboratorio de producción. De instalarse el laboratorio de fabricación digital en este lugar será necesario reforzar la seguridad tanto física como ocupacional de las instalaciones para garantizar la integridad del equipo, maquinaria y personal que hace uso de este, además de instalar un sistema de ventilación y aire acondicionado para reducir la temperatura e impedir el calentamiento del equipo en uso.

ALTERNATIVA C: SALA DE CONSULTAS DE LA EII



Ilustración 52 Opción de microlocalización 3: Salón de consultas de la EII

La tercera alternativa para la instalación del laboratorio de fabricación digital es el Salón de consultas de la Escuela de Ingeniería Industrial, ubicado en la tercera planta del edificio de esta unidad; este salón cuenta con un área de 41.2 m² y un área expandible de 18.8 m² en caso de existir un cambio de tecnologías y un aumento de demanda de los servicios de fabricación digital. Las vías de acceso a este salón son, al igual que las opciones anteriores, la entrada de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura y el acceso del Polideportivo de la universidad; el acceso al laboratorio es sencillo y no requiere mayores complicaciones para indicar su acceso a personas ajenas a la Facultad.

El salón cuenta con aire acondicionado, lo que reduce su adecuación y asegura el buen estado de maquinaria y equipo en cuanto a posibles alzas de temperatura que puede sufrir debido al uso; las medidas de seguridad física y ocupacional que deben ser aplicadas son mínimas en comparación con las dos alternativas anteriores, debido a que por cercanía a la jefatura y área de cubículos de la Escuela de Ingeniería Industrial y su ubicación en la tercera planta del Edificio reduce el riesgo de robo de maquinaria, esta situación no implica que no deba de tomarse las medidas necesarias para reducir al mínimo las posibilidades de hurto de equipo y materiales.

CALIFICACIÓN	RANGO	GRADO DE CUMPLIMIENTO DE LOS CRITERIOS
Excelente Localización	5	100% ≥ criterio > 75%
Muy buena localización	4	75% ≥ criterio > 50%
Buena Localización	3	50% ≥ criterio > 25%
Regular Localización	2	criterio ≤ 25%
Mala Localización	1	No cumple con el criterio

Tabla 109 Calificación de alternativas de según grado de cumplimiento de criterios de selección
Fuente: Elaboración Propia

3.7.4.3. CALIFICACIÓN Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Una vez realizada la descripción de las alternativas y tomando en cuenta los criterios de evaluación antes descritos, se procede a realizar una calificación de cada una de las opciones de microlocalización del laboratorio de fabricación digital de la Escuela de Ingeniería Industrial; estas calificaciones permitirán compara y vislumbrar la alternativa que cumple con los requisitos para la instalación del centro.

FACTORES	PESO	CALIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS			TOTAL		
		A	B	C	A	B	C
Seguridad de las instalaciones	35%	4	3	5	1.40	1.05	1.75
Puesta en marcha	20%	3	4	5	0.40	0.8	1.00
Disponibilidad de espacio físico para futuras expansiones	25%	4	1	4	1.00	0.25	1.00
Compatibilidad con las actividades de la EII	20%	5	2	3	1.00	0.40	0.60
TOTAL	100%	15	10	18	3.80	2.50	4.55

Tabla 110 Calificación de alternativas según microlocalización
Fuente: Elaboración Propia

De la tabla anterior se concluye que la alternativa C, **Sala de Consultas de la Escuela de Ingeniería Industrial**, obtuvo mayor puntuación y que además presenta un grado de cumplimiento mayor al 50% de los criterios seguridad de las instalaciones y puesta en marcha por lo que es seleccionada como la microlocalización del laboratorio de fabricación digital.

3.8. INGENIERÍA DEL PROYECTO

3.8.1.METODOLOGÍA DE LA INGENIERÍA DEL PROYECTO



Esquema 55 Metodología de la Ingeniería del Proyecto

Fuente: Elaboración propia

En el diagrama anterior se muestra la secuencia de pasos a seguir para el desarrollo de la ingeniería del proyecto, la base para su elaboración es el diagnóstico previamente investigado, de donde se obtuvieron datos e información correspondiente a las necesidades de maquinaria y equipo, demanda estudiantil, demanda empresarial, entre otros requerimientos necesarios para el correcto desarrollo del diseño de la solución del Laboratorio de Fabricación Digital.

En primer lugar, se describen los 8 servicios del Laboratorio de Fabricación Digital determinados como aceptado en la etapa de diagnóstico, se realiza una selección por módulos de los servicios, con esto se logra tener un mejor control con respecto a la implementación paulatina de los servicios.

En la parte de requerimientos de maquinaria y equipo se exponen las diversas propuestas dadas por el mercado proveedor de posibles soluciones a los requerimientos de maquinaria y equipo, para determinar la mejor opción se realiza un análisis de características relevantes para la elección de una alternativa con respecto a otra, se utilizó el sistema de evaluación por puntos para llegar a una solución, esta se integró con la maquinaria para impresión 3D, escaneo 3D, diseño de productos 3D y las computadoras necesarias para el funcionamiento de cada una de las máquinas mencionadas.

El desarrollo de la ingeniería del proyecto continúa con la determinación del período de producción, el cual se basa en la política de días laborales de la Universidad de El Salvador.

La planificación de la prestación de servicios se sub-divide en la determinación de los estándares de materia prima, para luego elaborar el sistema de inventarios, las UBPP, balance de materiales y el personal requerido para la operatividad del Laboratorio de Fabricación Digital.

El desarrollo del diseño de los procesos no es más que mostrar de manera esquemática como es la secuencia de ejecución de los procesos de los servicios en cuestión, esto servirá para validar la funcionalidad de los servicios a prestar.

La distribución en planta es la conclusión esquemática del diseño del Laboratorio de Fabricación Digital con todas las áreas previstas. Se describen dos sistemas de apoyo necesarios al Laboratorio de Fabricación Digital.

3.8.2. DESCRIPCIÓN DE LOS SERVICIOS DEL LABORATORIO DE FABRICACIÓN DIGITAL

Para proceder a describir los servicios del laboratorio de fabricación digital, se retoman los seleccionados en la etapa de diagnóstico, es en esta parte donde se comienza a trabajar con cada uno de los servicios de forma modular, lo que significa que se tomara el laboratorio de fabricación digital como un sistema; el cual será entendido o estudiado con la unión de varias partes que interactúan entre sí y que trabajaran en conjunto para alcanzar un objetivo común, realizando cada una de ellas una tarea necesaria para la consecución de dicho objetivo. Cada uno de los servicios en los que se encuentre dividido el sistema laboratorio de fabricación digital es un sub módulo. A continuación, se describen los ocho módulos que conforman el sistema del Laboratorio de Fabricación Digital.

1. IMPRESIÓN 3D

La impresión 3D se refiere a la creación de objetos y piezas en tres dimensiones a partir de un diseño que puede ser realizado por computadora a través de un software especializado, descargado desde internet o recogido a través de un scanner 3D; este proceso se realiza a través de la aplicación de capas sucesivas de material en la plataforma de la impresora hasta conseguir el objeto deseado (Área Tecnología.com, s.f.). Este es el servicio insignia de los laboratorios de fabricación digital, encontrándose en la mayoría de laboratorios, además de ser un requisito para ser acreditado como tal por medio de la organización FabLab.

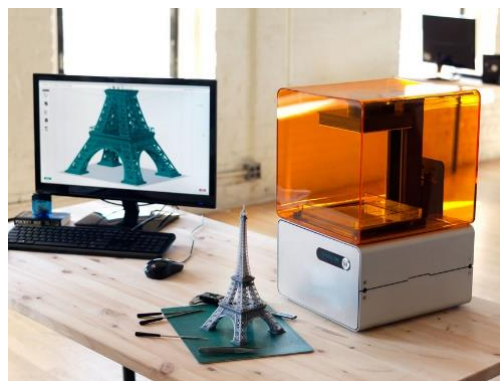


Ilustración 53 Impresora 3D junto a modelo digital e Impresión 3D de la Torre Eiffel

Fuente: NIKOPIK.com

2. DISEÑO DE PRODUCTOS 3D

Diseño de productos para empresas, emprendedores o con fines de investigación que incluye la realización de un esquema tridimensional en programas de diseño asistido por computadora, planos de fabricación y prototipado, empleando tecnologías de impresión como la 3D o maquinado CNC.

3. ASESORÍA EN EL DESARROLLO DE PRODUCTOS USANDO TECNOLOGÍAS DE FABRICACIÓN DIGITAL

Los servicios en el desarrollo de productos, prestados por los laboratorios de fabricación digital consultados incluyen: asesoría para emprendedores y empresas en el diseño y desarrollo de nuevos artículos, modelado digital, elaboración de planos de piezas y ensambles; prototipado, ensayo y evaluación de modelos 3D y finalmente la creación de modelos a partir de objetos existentes por medio de escaneo 3D, conocido como ingeniería inversa⁶⁶.

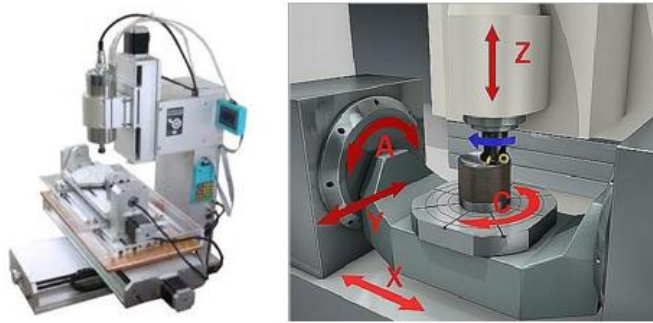
4. FRESADO CNC

El fresado CNC es una operación de mecanizado por arranque de viruta en la que se emplea una herramienta rotativa de corte de varios filos, conocida como fresa, que funciona a través de Control Numérico Computarizado (Unión Carbono S.L., s.f.). Una fresadora CNC es una herramienta similar a las fresadoras convencionales y poseen las mismas partes móviles que estas: la mesa, el cabezal de corte, el husillo y los carros de desplazamiento lateral y transversal.

La diferencia de una fresadora CNC y sus homólogas de control manual es que presentan un sistema de control numérico en lugar de las tradicionales palancas y manivelas para accionar y dirigir las partes móviles. El sistema de Control Numérico Computarizado está constituido por panel de control que recibe la información sobre la pieza a maquinar, la información es introducida a en una interfaz de software por medio de un teclado para luego ser transmitida en forma de archivo de texto con las coordenadas, tipos de herramientas a emplear y demás información del tipo de mecanizado requerido.

⁶⁶ Ingeniería inversa: Consultar glosario técnico.

Para realizar el mecanizado, la fresadora se apoya en un sistema de medición óptico de alta precisión para lograr las dimensiones y acabado deseado; el uso de Control Numérico Computarizado da origen a múltiples ejes de desplazamiento complementario, controlados de forma independiente, facilitando el mecanizado de piezas a través de diferentes planos y ángulos de aproximación. (Mecanizado Perú - Impresión 3D, s.f.).



*Ilustración 54 Fresadora CNC de 5 ejes
Fuente: Chinacnczone.com y Centro Avanzado de Fabricación, respectivamente*

5. CORTE LASER

Conocido también con el nombre de corte vector, el corte láser es un proceso de fabricación digital sustractiva y sin contacto que emplea una cortadora equipada con un láser de alta precisión que sale desde una boquilla hacia la pieza de trabajo, centrándose en una pequeña área de material y removiéndolo desde su capa más externa, según un diseño creado por computadora, y generando un borde de gran exactitud y calidad en sus acabados (Amada Miyachi America, Inc., s.f.). Debido a que la zona afectada por el calor tiene un tamaño mínimo, alrededor de 0.5 mm, el material sobre el que se trabaja presenta una deformación casi nula (Sculpteo, s.f.).



*Ilustración 55 Cortadora Láser
Fuente: Sculpteo.com y Lasermachineschina.com, respectivamente*

6. PROGRAMACIÓN

El servicio de programación se refiere al uso de microcontroladores como Arduino y Raspberry pi. Una de las herramientas que se utilizan en los laboratorios de fabricación digital son los micro controladores o tarjetas electrónicas, las cuales están ligadas a un software open source; las tarjetas electrónicas se aplican en proyectos de automatización, desarrollo de aplicaciones para dispositivos electrónicos, artistas, diseñadores, aficionados a la electrónica y cualquier interés en crear objetos y entornos interactivos.

Para comprender qué es un microcontrolador o una tarjeta electrónica, se compara con un PLC⁶⁷, el cual es una computadora utilizada en la industria para automatizar procesos electromecánicos, como el control de maquinaria en líneas de montaje o en funciones mecánicas. La función básica y primordial del PLC incluye el control del relé⁶⁸ secuencial, control de movimiento, control de procesos, sistemas de control distribuido y comunicación por red.

7. ESCANEEO 3D

Es una técnica en la que se mide la geometría y volumen de un objeto físico empleando un scanner 3D, que proporciona una copia digital de gran exactitud que puede exportarse como un archivo de malla poligonal⁶⁹ que puede ser utilizada en procesos CAD, CAM o CAE (Go Scan 3D, s.f.).

El scanner 3D es un dispositivo que captura las características del objeto a través de un láser que lo recorre para capturar, a través de una nube de puntos, las características geométricas del mismo; esta nube es procesada posteriormente para determinar la forma en la que se unen y obtener el modelo tridimensional del objeto (Sistemas Adaptivos y Bioinspirados en Ingeniería Artificial, s.f.).

⁶⁷ PLC: Programmable Logic Controller (Controlador Lógico Programable)

⁶⁸ Relé: Interruptor que abre o cierra circuitos electrónicos independientes

⁶⁹ Malla poligonal: Representación tridimensional de un cuerpo, formada por miles de puntos, llamados vértices, que se enlazan mediante líneas o aristas para formar una estructura similar a una malla extendida sobre toda la superficie de objeto.



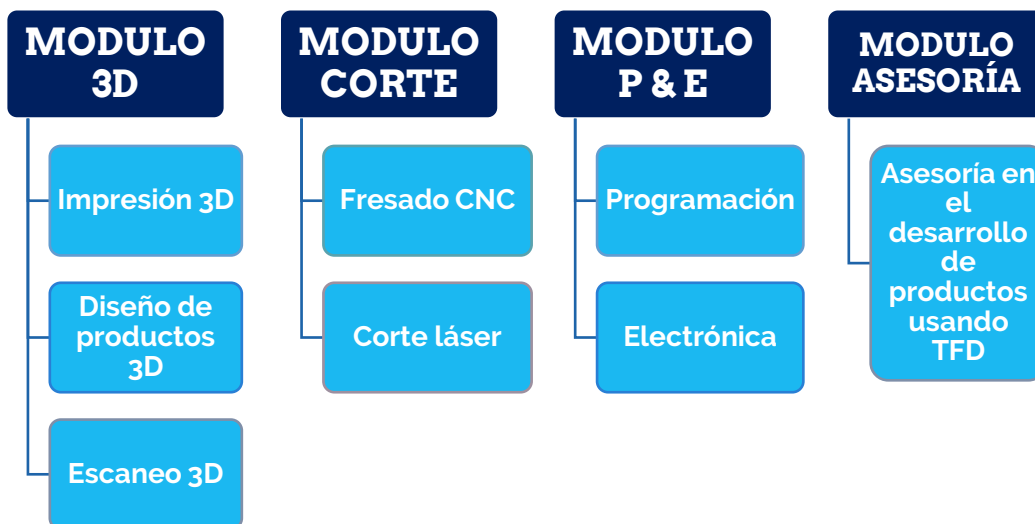
Ilustración 56 Scanner 3D

Fuente: www.3dmaker.systems.com

8. ELECTRÓNICA

Los servicios de electrónica prestados en los laboratorios de fabricación digital consisten en el diseño y aplicación de dispositivos, por lo general de circuitos electrónicos, cuyo funcionamiento depende del flujo de energía para la generación, recepción, almacenamiento y transmisión de información (CODETEL, 2000); también incluye la prueba de elementos electrónicos, software y hardware como Arduinos, PLC, entre otros.

Descritos los 8 servicios seleccionados en la etapa de diagnóstico, se proceden a agrupar de forma modular así:



Esquema 56 Agrupación de Módulos

Fuente: Elaboración propia

El módulo 3D integra los sub módulos impresión 3D, diseño de productos 3D y escaneo 3D; se han relacionado entre sí debido a la coherencia que poseen, debido al alcance del laboratorio, independientemente ellas no funcionarían, siempre es necesaria la utilización del CAD para las operaciones de modificación de las dimensiones de los objetos o la forma. Al escanear un objeto se deberá procesar de manera que pase por un programa que lea las dimensiones y forma del objeto para que luego se modifique en un programa CAD y así podrá llegar a la decodificación para su impresión. Para el caso del diseño de productos, se utilizarán softwares, para así codificarlo al lenguaje de la impresora.

3.8.3.REQUERIMIENTOS DE MAQUINARIA Y EQUIPO

Previamente se ha determinado la demanda de servicios que presentará el laboratorio de fabricación digital, este dato es fundamental para la determinación de la maquinaria y equipo con que deberá contar el laboratorio.

Se procede a trabajar bajo un análisis modular, es decir, tomando en consideración las características propias de cada uno de los ocho servicios seleccionados en la etapa de diagnóstico.

Se procede a seleccionar la maquinaria y equipo para cada uno de los ocho módulos expuestos anteriormente, para dar propuestas de solución se procede a agrupar los módulos de acuerdo a la relación que muestran entre ellos. Para el módulo 3D se desarrollarán tres propuestas de solución de maquinaria y equipo para el módulo 3D, dependerá del tipo de servicio en cuestión; serán sometidas a una valoración por parte de los investigadores y el asesor en cuanto a la factibilidad de la selección de uno sobre el otro.

En la etapa de diagnóstico se estudió sobre los diversos elementos que conformarían el laboratorio de fabricación digital, se caracterizaron en cuanto a sus usos, tipos, propiedades y otros elementos de interés en cuanto al análisis de elección de unos de ellos. Entre estos elementos se tienen software de diseño 3D, impresión 3D y sus tipos, fresadoras CNC, microcontroladores y tarjetas electrónicas.

Además, se identificaron las materias primas concernientes a los tipos de impresoras 3D los cuales se derivan en una gama extensa, así como es la gama de impresoras 3D, bajo este panorama se identifica que las materias primas dependerán específicamente de la maquinaria seleccionada, por lo tanto, el desarrollo de la ingeniería del proyecto tiene como parte

preliminar la elección de la maquinaria y equipo, para que así se pueda ir desglosando de manera correcta el tipo de materia prima que se usara, los suministros e insumos.

Otro punto de gran importancia para la elección de la maquinaria y equipo es que en la etapa de diagnóstico se investigó sobre las posibles fuentes de abastecimiento de maquinaria y equipo tanto nacionales como internacionales, otro punto de referencia a tomar en consideración es el estudio de la competencia, ya que se considera y analizan las maquinarias con que cuentan y el uso para el cual han sido seleccionadas, así como las ventajas y desventajas que pudieran presentar. Se estudió el laboratorio de la Universidad Don Bosco, el cual sigue hasta cierto punto los lineamientos que se han establecido para el laboratorio de fabricación digital de la UES, por lo tanto, es un patrón de referencia.

Para el presente estudio, se desarrolla a profundidad el módulo 3D, ya que el desarrollo de todos los módulos del laboratorio implicaría una investigación mucho más larga en cuestión de tiempo; se elaboran sugerencias para los demás módulos mencionados. El estudio de estos módulos significa continuidad al proyecto del Laboratorio de Fabricación Digital para la escuela de Ingeniería Industrial, por lo tanto, si se le da la importancia necesaria se podrá desarrollar un laboratorio que incluya los modelos de fabricación que están a la vanguardia con los avances tecnológicos.

Para dar una solución a la elección de maquinaria y equipo, se analizaron algunos criterios propios del proyecto y así obtener la solución que mejor se adapte a las necesidades.

3.8.3.1. CARACTERÍSTICAS A EVALUAR

DISPONIBILIDAD

Este criterio significa la facilidad con la que se obtendrá la maquinaria seleccionada, es decir, que tan abastecido se encuentra el proveedor con respecto a la maquinaria seleccionada.

COMPATIBILIDAD CON MATERIALES

Este factor se refiere a la variedad de materiales aceptables para que el equipo trabaje, se tienen dos diversos tipos de equipo, las impresoras 3D que trabajan con filamento, este se encuentra en tantos tipos como se imaginen, desde plásticos, metales e incluso materiales comestibles; depende de las propiedades y características de cada modelo de impresora para su compatibilidad con los materiales, se deberá elegir el equipo que sea compatible con el

mayor número de materiales. Para el caso de los escáneres 3D se tiene restricciones de tamaño y en algunos casos de materiales transparentes (como el cristal).

VOLUMEN

Se refiere al tamaño máximo y mínimo que se puede trabajar en los equipos, este factor es de gran relevancia debido a que limita la realización de los trabajos en los equipos, los objetos que serán impresos o escaneados se verán totalmente afectados por este factor.

SOFTWARES PARA MAQUINARIA

Para el funcionamiento de la maquinaria en análisis, se es necesaria la utilización de softwares de diseño, de escaneo y de impresión, en algunos casos se tiene maquinaria y equipo que utilizan softwares exclusivos de la marca del fabricante, en otros casos se tiene equipo que funciona con softwares libres; además se deberá valorar la familiaridad que los futuros usuarios tengan con el programa, ya que el alcance no es formar expertos en el uso de softwares de diseño, sino más bien que esto sea una herramienta para el prototipado.

CALIBRACIÓN DE MAQUINARIA

Este factor se refiere a una de las características principales de los equipos en cuestión, consiste en el modo de ajuste de las máquinas para la iniciación del trabajo asignado, se presentan dos posibles modos de ajuste, manual y automático; en consulta con los expertos se sugirió la adquisición de equipos con calibración automática, ya que la precisión que dará este tipo de ajuste es mucho más segura y confiable que la calibración manual, de esto dependerá en gran medida la obtención de un buen producto.

PESO

El equipo mostrara limitantes de peso máximo y mínimo permisible para trabajar con los objetos en proceso, en el caso de los escaners, este factor viene a complementarse con el tamaño del objeto en análisis; los impresores 3D, dependerán en mayor porcentaje del tamaño del objeto.

TIEMPO DE ESCANEO

Este factor dependerá en gran sentido de la precisión con la que se esta operando la maquinaria, al comparar los diferentes equipos, se observan equipos que trabajan a mayor precisión y mantienen una alta velocidad, por lo tanto el factor es relativo.

EVALUACIÓN COMPUTADORAS Y SOFTWARE PARA DISEÑO

COMPUTADORAS

Uno de los equipos con gran importancia para el desarrollo de las actividades del laboratorio de fabricación digital son las computadoras, ya que en éstas se desarrollan las actividades de diseño, escaneo e impresión, por lo tanto, son imprescindibles para el laboratorio, se debe evaluar la parte de hardware y otras propiedades que se adapten a los softwares que se utilizarán.

SOFTWARE PARA DISEÑO

Se deberá elegir entre los diversos softwares de diseño cual es el que mejor se adapte a las necesidades de los usuarios del laboratorio, además se debe considerar que los estudiantes de la Universidad de El Salvador están familiarizado con el uso de determinados softwares, ya que el alcance del proyecto no va más allá de formar expertos en diversos programas de diseño, sino más bien que estos sean una herramienta para los usuarios.

3.8.3.2. SELECCIÓN DE MAQUINARÍA Y EQUIPO

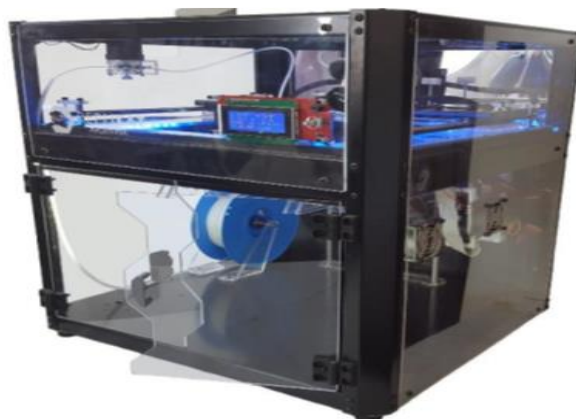
MÓDULO 3D

Se desarrollan 3 propuesta de solución para el presente módulo, en la etapa de diagnóstico se mostraron los diferentes proveedores y marcas de maquinaria 3D con la que se cuenta para el proyecto, es en base a esta oferta y a los requerimientos de la demanda determinada que se abordan las propuestas de solución. Ver Anexo 1. Cotización de maquinaria y equipo propuesta 1.

PROPUESTA 1

IMPRESIÓN 3D

Se proponen las siguientes maquinarias de la marca REPLIKAT:



MODELO XY EXTENDIDA - ACERO INOXIDABLE

- Impresora 3D
- Suministro de materiales
- Software libre

*Esquema 57 Impresora 3D y sus elementos
Fuente: Replikat.com*

El modelo XY de impresora 3D en su versión de acero inoxidable con volumen de impresión extendido presenta diversos beneficios como una estructura resistente de metal, compatible con materiales de impresión ABS, PLA, nylon, flexibles, entre otros. La impresora cuenta con un sistema Bowden⁷⁰ el cual permite que el extrusor esté montado fuera del carro para alivianar el peso lo que produce impresiones de mayor calidad, posee un carro ultraliviano que

⁷⁰ Bowden: Es un mecanismo de transmisión del movimiento en el que el movimiento de un núcleo (en este caso filamento) se transmite a través de un tubo exterior al mismo.

permite velocidades y aceleraciones mayores, por lo tanto, reduce el tiempo de impresión. Una de las características a destacar el uso de software libre, sin licencias de renovación.

ESPECIFICACIONES

REMOTO

Para controlar la impresora se este donde sea, desde cualquier dispositivo que navegue en internet, sin importar la marca o el sistema operativo

CÁMARA WEB INTEGRADA

Para ver remotamente como viene la impresión y hacer algún ajuste de ser necesario

FILMACIÓN DE TODO EL PROCESO

Al estilo timelapse (video acelerado). Se puede ver el proceso de impresión completo en sólo minutos.

NIVELES DE USUARIO

Se pueden crear usuarios y restringir el acceso. Por ejemplo un usuario administrador puede cambiar cualquier cosa, pero un usuario visitante solo puede ver el estado en general

COLA DE TRABAJOS

Con tiempos de producción y posibilidad de re-impresión con un solo click.

SISTEMA DE VENTILACIÓN DE CAPAS

2 ventiladores enfrían el material apenas se deposita en la impresión. Ayuda a mejorar notoriamente la calidad de las piezas que tienen partes curvas en vertical o trepadas con ángulos complejos

SENSOR DE FIN DE FILAMENTO

Con el sensor de fin de filamento, la impresora se pausa automáticamente para que se pueda cambiar el carretel y continuar con la impresión de la pieza, optimizando el uso del filamento.

SISTEMA DE CONTRAPESO EN EL EJE Z

Mejora notablemente la calidad de impresión y elimina el mantenimiento del eje Z.

TAMAÑO

600 ancho x 580 largo x 740 alto mm

VOLUMEN DE IMPRESIÓN

XY Extendida – Acero Inoxidable

250mm x 250mm x 450mm

PRECIO

\$ 3,433.57

ESPECIFICACIONES

- Estructura ultra resistente de metal, con cerramientos de acrílico

- Alta precisión y acabado final de piezas impresas

- Materiales de impresión: ABS, PLA, Nylon, Flexible, otros

- Incluye 3 Boquillas de cambio rápido y sencillo: 0.25mm, 0.4mm y 1mm

- Capacidad de colocar un segundo pico en el futuro sin necesidad de modificar la computadora de abordo

- Sistema Bowden: Permite que el extrusor esté montado fuera del carro, para alivianar el peso, lo que produce impresiones de mayor calidad

- Carro ultraliviano: Permite velocidades y aceleraciones mayores, lo que reduce el tiempo de impresión

- Software libre y sin licencias de renovación

- SoftwCompatible con todos los sistemas operativos: Windows, Windows 8, Apple, linux libre y sin licencias de renovación

DISEÑO DE PRODUCTOS 3D

Para El desarrollo del sub-modulo Diseño de Productos 3D, se presenta la opción de uno de los softwares descritos en la etapa de diagnóstico.

AUTOCAD



AUTODESK
AUTOCAD

*Ilustración 57 Logo AUTOCAD
Fuente: autodesk.com*

Autodesk AutoCAD es un software de diseño asistido por computadora utilizado para dibujo 2D y modelado 3D. AutoCAD es un software reconocido a nivel internacional por sus amplias capacidades de edición, que hacen posible el dibujo digital de planos de edificios o la recreación de imágenes en 3D; es uno de los programas más usados por arquitectos, ingenieros, diseñadores industriales y otros. Además de acceder a comandos desde la solicitud de comando y las interfaces de menús, AutoCAD proporciona interfaces de programación de aplicaciones (API) que se pueden utilizar para determinar los dibujos y las bases de datos. (AUTODESK, 2016)

Entre las funciones de AutoCAD gestiona una base de datos de entidades geométricas (puntos, líneas, arcos y otros) con la que se pueden operar a través de una pantalla gráfica en la que se muestra el llamado editor de dibujo. Procesa imágenes de tipo vectorial, aunque admite incorporar archivos de tipo fotográfico o mapa de bits, donde se dibujan figuras básicas o primitivas. Permite organizar los objetos por medio de capas o estratos, ordenando el dibujo en partes independientes con diferente color y grafismo.

ESCANEEO 3D

El escáner propuesto es de la marca REPLIKAT a continuación, sus especificaciones:



*Esquema 58 Escáner 3D y sus elementos
Fuente: REPLIKAT.AR*

Una de las características que definen a este escáner es su alta precisión y acabado final de piezas, gracias a su tecnología de precisión, se logran escaneos con detalles finos de alta definición. Además, se consiguen modelos de piezas 3D fieles al original, desde las líneas y texturas más complejas, con un acabado sorprendente. Su gabinete completamente cerrado, se podrá escanear sin preocupación de variación lumínica de la habitación. Es ideal para escaneos de piezas pequeña; el Scanner 3D de escritorio Replikat permite escanear cualquier tipo de piezas con gran definición en un área de 150 mm x 150 mm y una altura de 150 mm Brinda la posibilidad de escanear piezas translúcidas como de vidrio, plástico, acrílico, etc.

ESPECIFICACIONES**RESOLUCIÓN**400 a 3200 LPC

LONGITUD DE ONDA LÁSER543.5 nm

ESTRUCTURAGabinete metálico pintado al horno

PRECIO**\$ 1,084.91****ESPEORES DE ALUMINIO**5 mm

CHAPA DE ACERO1.6 mm

DIMENSIONES QUE OCUPA EN UN ESCRITORIO350 mm x 450mm x 300mm

PESO TOTAL17.63 lbs

ÁREA DE ESCANEEO150 mm x 150 mm

ALTURA DE ESCANEEO150 mm

Cama giratoria 360° para captar todas sus posiciones

Software libre y sin licencias de renovación

SoftwCompatible con todos los sistemas operativos: Windows, Windows 8, Apple, linux libre y sin licencias de renovación

Posibilidad de escaner de manao

PROPUESTA 2

IMPRESIÓN 3D

El sub-módulo impresión 3D será conformado por las siguientes maquinarias de la marca MAKERBOT, distribuidas por IPESA .Ver Anexo 2: Cotizaciones de maquinaria y equipo propuesta 2



MAKERBOT REPLICATOR DESKTOP 3D PRINTER

- Impresora 3D
- Boquilla de extrusión inteligente
- Cámara para monitoreo
- 20 Libras de filamento

*Esquema 59 Impresora 3D MAKERBOT REPLICATOR
Fuente: makerbot.com*

Las funciones de esta impresora son estandarizadas para así lograr una impresión 3D fácil y accesible; para garantizar una impresión 3D fácil y accesible, el Replicador MakerBot viene con el Smart Extruder y todas las características estándar de su predecesor. Algunas de esas características incluyen una pantalla LCD, una cámara de a bordo, así como conectividad USB, Wi-Fi y Ethernet.

Diseñado y probado para mayor confiabilidad, la Replicador MakerBot imprime 30% más rápido que su predecesor y ofrece un volumen de compilación 25% más grande. Para mayor confiabilidad y precisión, cuenta con hardware mejorado, como un pórtico rediseñado. Para asegurar un rendimiento consistente, las nuevas impresoras 3D y sus subsistemas fueron rediseñados rigurosamente y probados por más de 380.000 horas en múltiples instalaciones.

Esta combina con potentes herramientas de flujo de trabajo para agilizar el proceso de impresión 3D; ahorra tiempo y acelera la iteración emparejando el Replicator con el software MakerBot Print y MakerBot Mobile. La Replicator está habilitada para la nube, por lo que puede controlarlo remotamente con MakerBot Print o la aplicación MakerBot Mobile. Con MakerBot Print, se puede importar piezas y ensamblajes de CAD nativos, organizarlos automáticamente durante la preparación de la impresión e imprimirlos en una o más impresoras. Para empezar a imprimir de forma rápida y sencilla, MakerBot Mobile ofrece una configuración totalmente inalámbrica guiada.

Contiene una placa de construcción Flex con superficie de agarre; con la superficie de agarre nueva, las impresiones se adhieren mejor, lo que reduce la deformación y curling⁷¹. Las impresiones también son más fáciles de quitar con la nueva Placa Flexible. Incluye el MakerBot Smart Extruder, lo cual da doble la garantía de su predecesor, el Smart Extruder es una culminación del diseño del producto y 160,000 horas de rigurosas pruebas que ofrecen un rendimiento confiable y consistente con resultados superiores usando el filamento de fabricación de PLA de MakerBot.

Un sistema de cámara a bordo para control, sirve para supervisar de forma remota el progreso de impresión desde MakerBot Print y MakerBot Mobile.

Facilidad de uso a través de la pantalla LCD y el dial, junto con un dial intuitivo, la pantalla LCD permite configurar y mantener la impresora 3D, pre visualizar archivos de impresión y acceder fácilmente a su biblioteca de objetos.

⁷¹ Curling: Defecto en impresión 3d, provoca concavidad no deseada en la pieza

ESPECIFICACIONES**TECNOLOGÍA DE IMPRESIÓN**

Modelado por deposición fundida

VOLUMEN DE CONSTRUCCIÓN

295 X 195 X 165 mm

\$ 3,577.08

VOLUMEN

9.492 centímetros cúbicos

RESOLUCIÓN DE CAPA

100 micras (0.0039 in)

DIÁMETRO DEL FILAMENTO

1.75 mm

COMPATIBILIDAD CON FILAMENTOS

Filtro MakerBot PLA Carrete grande,
Filtro MakerBot PLAPequeño carrete,
Filtro de PLA duro de MakerBotcarrete grande

COMPATIBILIDAD CON EXTRUSORES

Smart Extruder +, Tough PLA Smart Extruder

DIÁMETRO DE LA BOQUILLA

0.4 mm

TIPO DE ARCHIVO DE IMPRESIÓN

.MAKERBOT

TEMPERATURA AMBIENTE DE FUNCIONAMIENTO

15-32 ° C [60-90 ° F]

TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO

0-38 ° C [32-100 ° F]

DIMENSIONES DEL PRODUCTO

528 X 441 X 410 mm (20.8 X 17.4 X 16.2 in)

CAJA DE ENVÍO

616 X 524 X 579 mm (24.3 X 20.7 X 22.9 in)

ESPECIFICACIONES	PESO DEL PRODUCTO 18.3 KG (40.4 LBS)
	PESO DE ENVÍO (INCLUYE EL JUEGO DE ACCESORIOS) 22.8 KG (50.2 LBS)
PRECIO \$ 3,577.08	CONSTRUCCIÓN PC ABS con refuerzo de acero en polvo-revestido,Fundición y Extrusiones de Aluminio para Componentes de Movimiento
	CONSTRUIR SUPERFICIE Superficie del agarre
	NIVELACIÓN DE PLACAS DE CONSTRUCCIÓN Nivelado en fábrica
	MOTORES PASO A PASO Ángulo de paso de 1.8 ° con 1/16 micro-stepping
	PRECISIÓN DE POSICIONAMIENTO XY 11 micrómetros (0.0004 in)
	PRECISIÓN DE POSICIONAMIENTO Z 2.5 micrómetros (0.0001 in)
	PAQUETE DE SOFTWARE El software de impresión MakerBot,MakerBot Mobile
	TIPOS DE ARCHIVOS COMPATIBLES STL, OBJ
	SISTEMAS OPERATIVOS Windows (7,10) Mac OS X
	REQUERIMIENTOS DE ENERGÍA 100 - 240 V, 50 - 60 Hz 0.7 - 0.43 A
	CONECTIVIDAD USB, Ethernet, Wifi,

DISEÑO DE PRODUCTOS 3D

Para completar el módulo 3D, se ejecutará la parte de diseño de productos, esto consiste en la utilización de softwares de diseño CAD. Los diseños dependerán de las necesidades del usuario o del solicitante de los servicios. Para el funcionamiento de este módulo se necesitan computadoras, equipadas con el software adecuado. En la etapa de diagnóstico se describieron los diversos softwares que se pueden utilizar en el laboratorio, retomando estos, se elabora la propuesta siguiente:

SOLIDWORKS



Ilustración 58 Logo SOLIDWORKS

Fuente: solidworks.com

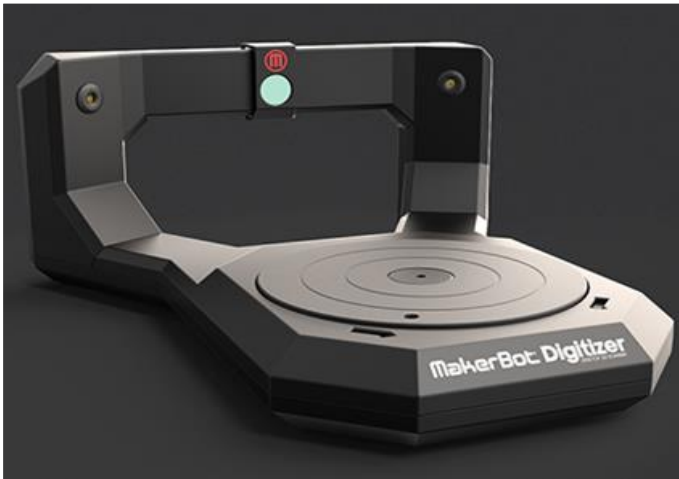
Brinda herramientas de software 3D completas para crear, simular, publicar y administrar los datos. Los productos de SolidWorks son fáciles de aprender y utilizar; obtendrá mejores diseños, más rentables y de forma más rápida. La facilidad de uso de los productos de SolidWorks permite a más ingenieros, diseñadores y profesionales de la tecnología centrarse más que nunca en las ventajas del 3D al darles vida a los diseños. (Dassault Systems SolidWorks Corporation, 2016)

El programa permite modelar piezas y conjuntos y extraer de ellos tanto planos técnicos como otro tipo de información necesaria para la producción. Es un programa que funciona con base en las nuevas técnicas de modelado con sistemas CAD. El proceso consiste en traspasar la idea mental del diseñador al sistema CAD, "construyendo virtualmente" la pieza o conjunto. Posteriormente todas las extracciones (planos y ficheros de intercambio) se realizan de manera bastante automatizada.

PRECIO: \$ 7,800.00 (Licencia para 5 años)

ESCANEEO 3D

El escáner 3D propuesto para el modulo es distribuido por IPESA, en la marca MAKERBOT



MakerBot Digitizer

- Escaner 3D
- Software

Esquema 60 Escáner 3D y sus elementos

Fuente: makerbot.com

El escáner 3D de escritorio MakerBot Digitizer puede escanear un objeto real y producir un modelo 3D listo para imprimir en solo 12 minutos, sin necesidad de un proceso posterior o limpieza. Todos los escaneos del MakerBot Digitizer se crean con el software fácil de usar MakerWare for Digitizer de MakerBot. MakerWare for Digitizer crea archivos de estereolitografía (STL) estándar que se pueden importar o modificar con la mayoría de los softwares de modelado en 3D. El MakerBot Digitizer tiene una precisión dimensional de más de 2 mm.

PRECIO \$ 904.75	ESPECIFICACIONES	LONGITUD DE ONDA 650 nm, nominal
		POTENCIA TOTAL DEL LÁSER <3.5mW
		CANTIDAD DE LÁSERES 2
		POTENCIA LASÉR POR CLASIFICACIÓN <300μ W
		MODO DE OPERACIÓN Onda continua
		DIÁMETRO DEL RAYO <5mm
		DIVERGENCIA 1 Radián x < 5m Radián
		ESTADO Los objetos deben permanecer estaticos
		PESO Menor a 6.6 libras
		ÁREA DE ESCANEO Mayor a 50.8 x 50.80 mm menor a 203.20 X 203.20 mm

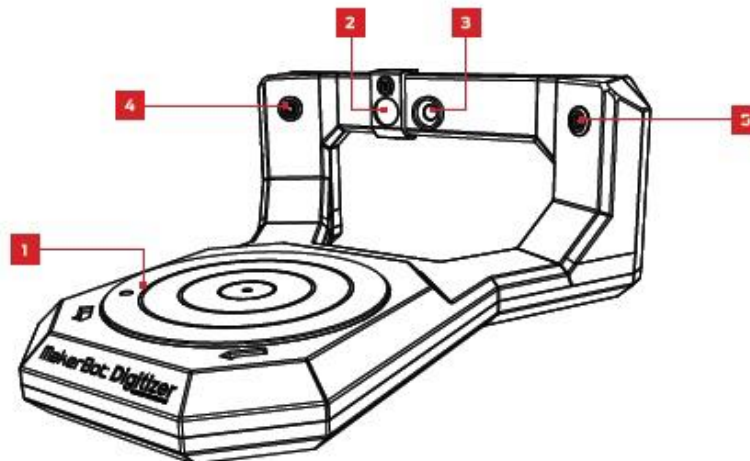


Ilustración 59 Vista frontal

Fuente: makerbot.com

VISTA FRONTAL

1. Placa giratoria
2. Filtro de la cámara
3. Cámara
4. Apertura del láser izquierdo
5. Apertura del láser derecho

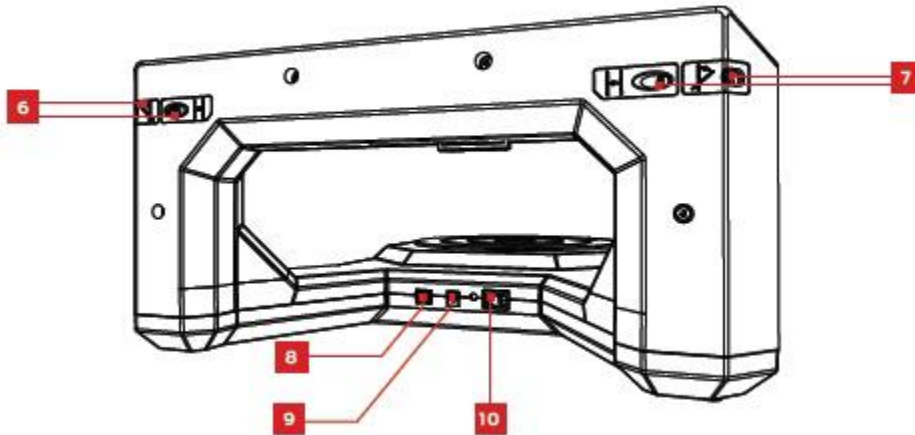


Ilustración 60 Vista lateral

Fuente: makerbot.com

VISTA TRASERA

6. Tornillos de ajuste para el láser derecho
7. Tornillos de ajuste para el láser izquierdo
8. Puerto USB
9. Puerto de entrada de la energía
10. Interruptor de encendido

FUNCIONAMIENTO

El escáner 3D de escritorio MakerBot Digitizer crea un modelo 3D digital de un objeto físico al tomar una secuencia rápida de fotos mientras el objeto rota en la placa giratoria del MakerBot Digitizer.

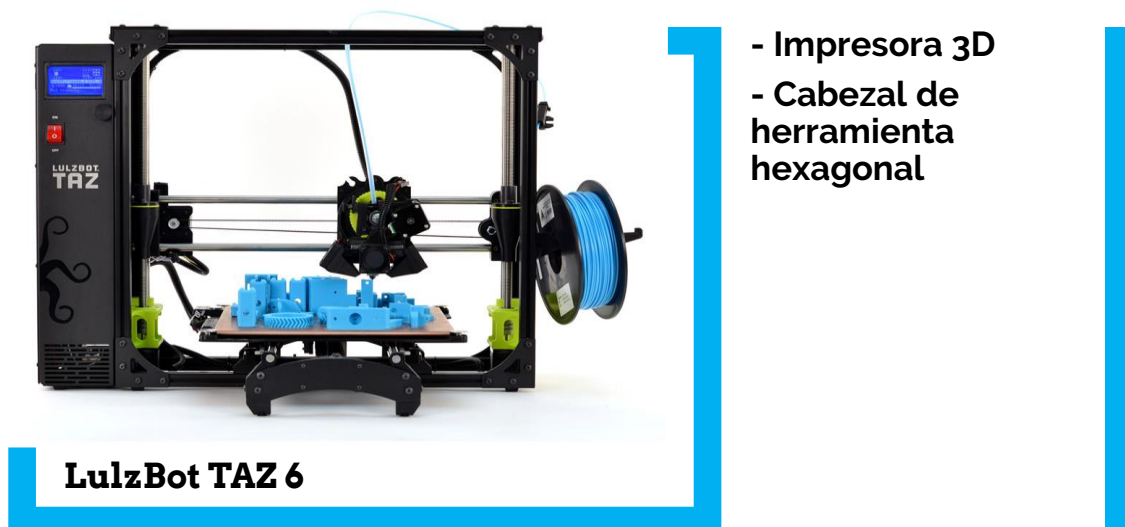
Esto es lo que sucede:

1. Dos láseres, uno montado en la esquina izquierda y el otro en la derecha del MakerBot Digitizer, crean líneas de láser que definen el perfil del objeto, mientras una cámara toma una serie de fotografías.
2. El software MakerWare for Digitizer toma las fotografías de las líneas de láser y las combina para crear una nube de puntos.
3. Una vez que el escaneo está completo, MakerWare for Digitizer genera una red 3D múltiple visible que se puede enviar directamente a su impresora MakerBot 3D mediante MakerBot MakerWare, se pueden compartir en Thingiverse.com, o modificar en casi cualquier software 3D de modelado.

PROPUESTA 3

El módulo 3D será conformado por las siguientes maquinarias, el proveedor en este caso es ALSW, para las impresoras 3D se exponen dos marcas diversas de impresoras Ver Anexo 3. Cotización de maquinaria y equipo propuesta 3

IMPRESIÓN 3D



Esquema 61 Impresora 3D LulzBot TAZ 6

Fuente: lulzbot.com

La impresora 3D LulzBot TAZ 6 ha sido catalogada como una de las más fiables y fáciles de usar; por sus propiedades de innovadora, autonivelante y auto limpieza con un cabezal de herramienta modular para materiales flexibles y multi materiales. Cuenta con uno de los volúmenes de impresión más grandes en su clase.

La impresión 3D es más fiable que nunca con el sistema integrado automático de nivelación cama, todo LulzBot de metal v2 caliente End, y la superficie de impresión PEI climatizada. Con el extremo caliente todo el metal, se puede aprovechar el mercado de vanguardia para los nuevos materiales. Perfecta superficie tanto para objetos grandes y pequeños, el PEI se calienta al construir mantiene los objetos 3D impresos en su lugar cuando se calienta y también cuando se enfría.

ESPECIFICACIONES

SUPERFICIE DE IMPRESIÓN

Con calefacción en la cama de vidrio de borosilicato cubierta con superficie de impresión PEI.

PRECIO

\$ 4,900.00

ÁREA DE IMPRESIÓN

280 mm x 280 mm x 250 mm

VOLUMEN DE IMPRESIÓN

19.600 cm³ de espacio utilizable

VELOCIDAD MÁXIMA DE IMPRESIÓN

200 mm / seg

PROMEDIO VELOCIDAD DE IMPRESIÓN

30 - 50 mm /seg

ESPESOR DE LA CAPA CON LA BOQUILLA DE 0.5 MM

0.050 mm a 0.5 mm

MATERIALES

ABS, PLA, PVA, filamentos de madera, poliéster (Tritan), PETT, bronce, cobre, filamentos de acero inoxidable, policarbonato, nylon, PETG, PLA conductor y ABS, filamentos luminiscentes UV, PCTPE, PC -ABS, Aleación 9/10, y más otros.

ESPECIFICACIONES TAMAÑOS DE FILAMENTOS INCANDESCENTES

3 mm estándar

MULTI-SOFTWARE COMPATIBLE

Se da la libertad de usar cualquier número de programas de software de impresión en 3D, Cura LulzBot, y otras opciones de software libre compatibles incluyen OctoPrint, BotQueue, Slic3r, tiraje, MatterControl, y muchos más.

DIMENSIONES

66 cm x 52 cm x 52 cm

DIMENSIONES DE FUNCIONAMIENTO

82 cm x 63 cm x 52 cm

PESO

19.5 Kg (43 lb)

REQUISITOS DE ENERGÍA

100 - 240 VAC

POTENCIA DE SALIDA

24 voltios 500 vatios 21 amperios

CONSUMO DE CORRIENTE PROMEDIO

5.3 Amperios

MÁXIMA TEMPERATURA DE LA CABEZA DE LA HERRAMIENTA

300 ° C (572 ° F)

MÁXIMA TEMPERATURA CLIMATIZADA DE LA CAMA

120 ° C (248 ° F)

IMPRESIÓN 3D

Para la impresión 3D se expone la impresora LULZBOT mini.



LULZBOT mini

- Impresora Lulzbot mini 3D
- Cepillo de cerdas planas
- Cuchillo de eliminación de piezas
- Unidad USB con archivos de origen

Esquema 62 Impresora 3D

Fuente: lulzbot.com

La impresora LulzBot mini tiene como lema construir con lo que sea, ya que con su sistema de filamentos abierto tiene el potencial casi ilimitado para usar nuevos materiales en la impresión, el extremo caliente hexagonal de LulzBot calienta hasta 300 ° C (572 ° F) y la cama se calienta hasta 120 ° C (248 ° F), lo que significa que su impresora puede calentarse hasta las temperaturas requeridas para los materiales de grado industrial. LulzBot está facilitado para la innovación libre, en cuanto a hardware y software, son libres y gratuitos; esto con el fin de colaborar con los innovadores y emprendedores.

ESPECIFICACIONES	DIMENSIONES FÍSICAS 435 mm x 340 mm x 385 mm
	PESO 8.55kg (18.85lbs)
PRECIO \$ 3,400.00	REQUISITOS DE ALIMENTACIÓN 100 - 240 V CA con fuente de alimentación de conmutación automática
	POTENCIA DE SALIDA 24 voltios 150 vatios 6,25 amperios
	POTENCIA MÁXIMA 300 vatios
	TEMPERATURA MÁXIMA DE CABEZA HERRAMIENTA 300 ° C (572 ° F)
	TEMPERATURA MÁXIMA DE LA CAMA CALENTADA 120 ° C (248 ° F)
	SUPERFICIE DE IMPRESIÓN Lecho de vidrio borosilicato calentado cubierto con superficie de impresión PEI
	ÁREA DE IMPRESIÓN 152mm x 152mm x 158mm
	VOLUMEN DE IMPRESIÓN 3.650 cm ³ (223 pulgadas ³) de espacio útil
	VELOCIDAD DE IMPRESIÓN SUPERIOR 275mm / s (10.8in / sec) a 0.18 de altura de capa
	GROSOR DE LA CAPA De 0.05mm a 0.50mm (0.002in - 0.020in)

Los materiales con los que es compatible la impresora son: ABS, PLA, HIPS, PVA, filamentos de madera, Poliéster (Tritan), PETT, bronce y filamentos de cobre, Policarbonato, Nylon, PETG, PLA conductores y ABS, Filtros luminiscentes UV, PCTPE, PC-ABS, y otros, la variedad de materiales es una gran ventaja.

DISEÑO DE PRODUCTOS 3D

AUTODESK INVENTOR



Ilustración 61 Logo Inventor Autodesk

Fuente: autodesk.com

Autodesk Inventor se basa en técnicas de modelado paramétrico. Los usuarios comienzan diseñando piezas que se pueden combinar en ensamblajes. Corrigiendo piezas y ensamblajes pueden obtenerse diversas variantes. Como modelador paramétrico, no debe ser confundido con los programas tradicionales de CAD. Inventor se utiliza en diseño de ingeniería para producir y perfeccionar productos nuevos, mientras que en programas como AutoCAD se conducen solo las dimensiones. Un modelador paramétrico permite modelar la geometría, dimensión y material de manera que, si se alteran las dimensiones, la geometría actualiza automáticamente basándose en las nuevas dimensiones. Esto permite que el diseñador almacene sus conocimientos de cálculo dentro del modelo, a diferencia del modelado no paramétrico, que está más relacionado con un “tablero de bocetos digitales”. Inventor también tiene herramientas para la creación de piezas metálicas. Como parte final del proceso, las partes se conectan para hacer ensamblajes. Los ensamblajes pueden consistir en piezas u otros ensamblajes. Las piezas son ensambladas agregando restricciones entre las superficies, bordes, planos, puntos y ejes. (AUTODESK, 2016).

ESCANEEO 3D

Se propone un escáner de la marca LulzBot, el cual es distribuido por ALSW.



- Escaner 3D

Esquema 63 Escáner 3D

Fuente: lulzbot.com

Con una impresionante zona de escaneo láser de 250 mm de diámetro y 205 mm de altura, los usuarios expertos pueden escanear en 3D de un objeto físico casi del tamaño de una pelota de voleibol, la plataforma de exploración se hace girar por un motor paso a paso estándar que puede girar con precisión de un objeto de hasta 3 kilogramos o 6.6 libras de peso. Los dos láseres de barrido pueden capturar los detalles finos de la superficie con una precisión de escaneo 3D de 0.5 mm (500 micras).

Una vez montado el escáner 3D Ciclop, se procede a utilizar Horus para calibrar y operar el escáner 3D. Horus explorará su objeto físico y generará un archivo de capa. Recomendamos el uso de Blender y MeshLab de limpiar y editar el archivo y, finalmente, para generar un modelo de impresión 3D en el formato STL.

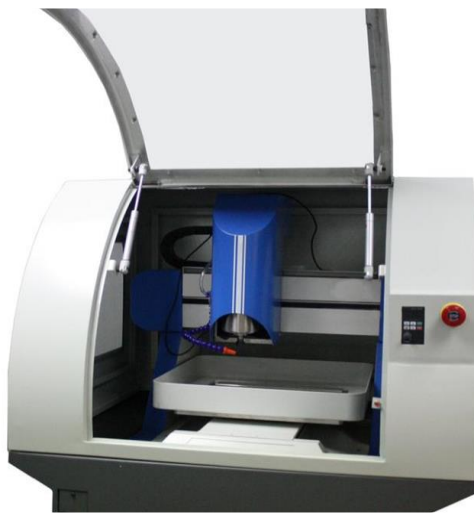
ESPECIFICACIONES	JUNTA DE CONTROL ZUM BT-328
PRECIO \$ 950.00	TARJETA DE ALIMENTACIÓN ZUM SCAN
	CÁMARA Logitech C270 HD
	LÁSER 2 Clase 1 láser de línea
	CONEXIÓN Cable USB micro
	ALIMENTACIÓN 12V 1.5A
	MOTOR 1 NEMA motor paso a paso (1,7A 1,8 grados / paso)
	ESCANEO DE PRECISIÓN 0.5 mm
	PASOS POR ROTACIÓN 1,600 max (1/8 de micropasos)
	EL PESO MÁXIMO SOPORTADO 6.6 KG
	TIEMPO DE EXPLORACIÓN TÍPICA 2-8 minutos
	DIÁMETRO 250 mm
	ALTURA 205 mm

MÓDULO CORTE

Se proponen dos tipos de maquinaria para este módulo las cuales son:

FRESADO CNC

Se propone la utilización de una fresadora de mesa la cual se usada en la elaboración de prototipos, marca TEC – CAM 30/30



MINI FRESADORA TEC - CAM 30/30

- Fresadora CNC
- Software

*Esquema 64 Fresadora CNC
Fuente: perezcamps.com*

Consiste en una estructura de hierro fundido Husillo de bolas, el mandril refrigerado por agua con 1,5 kW de potencia. Las aplicaciones para las cuales se puede usar son reclamo publicitario, grabado de placas, tarjetas de identificación, paneles eléctricos, pequeños rótulos, señalización, trofeos, marcados y grabados industriales. Una de sus características principales es el ajuste y control de velocidad por software, programación y procesamiento de pequeñas series de piezas, movimiento de tres ejes interpolados. Entre los materiales que puede mecanizar se encuentran latón, cobre, grafito, acero, acero inoxidable, plásticos, aluminio, metacrilato, madera, resina, entre otros.

ESPECIFICACIONES	ÁREA DE MECANIZADO X-Y-Z 300 x 295 mm
	ALTURA EJE Z 100 mm
	RESOLUCIÓN 0.2 mm
	MOVIMIENTO EJES X-Y-Z 55 kg
	VELOCIDAD MÁX. DEPLAZAMIENTO VACÍO 3.6m/min
	MOTORES Paso a paso
	VOLTAJE 220 V, 50 - 60 Hz, 1 ph
	POTENCIA MANDRIL 1.5kW
	FORMATO ARCHIVOS NC-CODE/G-CODE
	PESO 120 kg

CORTE LÁSER



Esquema 65 Cortadora Láser

Fuente: ProMarker.com

La Serie ProMarker ofrece un marcaje ultra rápido a la vez que sencillo. Ha sido diseñada para marcar metales y plásticos, artículos promocionales, merchandising o placas de datos. Además, con su sencillo software se puede imprimir directamente desde un programa de diseño, sin tener que convertir el gráfico a ningún formato específico. Cuenta con un marcaje de alta velocidad, ha sido desarrollada para marcar grandes cantidades de objetos pequeños (llaveros, bolígrafos, USB, placas, entre otros) en poco tiempo. El software de estos láseres funciona como un driver de impresora. Es compatible con todos los formatos gráficos y CAD habituales. No requiere importar o convertir gráficos, sólo mandarlos a imprimir. El software posee una base de datos de materiales. Los cabezales de láser galvánicos apenas necesitan mantenimiento y son totalmente fiables. El consumo de energía es muy bajo y no precisa consumibles ni recambios para funcionar.

ESPECIFICACIONES

TIPO DE LÁSER

Fibra láser

ÁREA DE TRABAJO

180 X 180 mm

ALTURA MÁXIMA DE PIEZAS

250 - 531 mm

POTENCIA

10 - 20 Watt

SOFTWARE PARA MARCAR LÁSER DIRECTMARK

Con el controlador de impresora DirectMark, el láser de marcado es tan fácil de utilizar como una impresora de oficina

PUNTERO LÁSER

El puntero láser adicional permite colocar fácilmente las piezas para marcar de manera sencilla y rápida, en el área de trabajo del láser.

ÁREA DE TRABAJO ILUMINADA

La iluminación del área de trabajo ayuda a colocar correctamente las piezas y a enfocar el láser de forma precisa antes de marcar o grabar.

INTEGRACIÓN DE LÁSERES EN FLUJOS DE TRABAJO Y CADENAS DE MONTAJE

Los láseres galvo de Trotec pueden incorporarse de forma óptima a sus flujos de trabajo y materiales, pasando a formar parte de su actual cadena de montaje.

EJE Z

Las compactas estaciones de trabajo para láser ProMarker y SpeedMarker 300, pueden ir equipadas con un eje controlable de forma mecánica o bien controlable por software, en cuyo caso también se puede dirigir con el teclado de la máquina.

MODULO P & E

PROGRAMACIÓN Y ELECTRÓNICA

La idea de este módulo es integrar la electrónica en el desarrollo de diversos proyectos que se pueden dar a los estudiantes de ingeniería industrial; se trata de incluir además a las otras ingenierías que conforman la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador.

Durante el diagnóstico se determinó que los actores, para el presente estudio estaban interesados en adquirir el servicio de soluciones utilizando dispositivos electrónicos, algunas de las empresas entrevistadas se mostraron totalmente interesadas a la adquisición de este tipo de servicios ya que los problemas que se presentan en sus organizaciones son pro cuestiones de procesos que necesitan automatización; con la utilización de este servicio, específicamente con las tarjetas electrónicas que pueden controlar diversas maquinas computadoras, incluso algunas se tiene una solución a maquinaria completamente mecánica que no ha sido automatizada; se puede emplear este servicio en mostrar como solventar este tipo de situaciones. A continuación, se muestran a manera de sugerencias de elementos de tarjetas electrónicas mayormente utilizados por los expertos en crear soluciones electrónicas.

De la tienda Teubico, estudiada como posible proveedor en la etapa de diagnóstico se muestran los siguientes elementos:

PRODUCTO	PRECIO
KIT Inalámbrico Temperatura	\$19.25
Arduino UNO SMD	\$26.00
Arduino M0	\$30.00
Sparkfun FreeSoC2	\$60.00
Sparkfun Redboard	\$25.00
MicroView	\$45.00
Arduino Esplora	\$57.00
Adafruit Pro Trinket - 5V 16MHz	\$12.50

Bloque Electrónico - Buzzer	\$1.50
Arduino DUE	\$69.00
FIO V3.3	\$37.00
Arduino Mega 2560 R3	\$65.00
Chip SMD ATmega328	\$6.00
Arduino Leonardo	\$27.75
Lilypad 328	\$24.50
SparkFun PoEthernet Shield	\$44.00
Shield MP3 Player	\$43.00
Shield DataLogger MicroSD	\$17.00
RAMPS Shield v1.4	\$65.00
Adafruit Motor Shield v2	\$20.50
Proto-Screw Shield	\$19.50
Shield WiFi CC3000 Adafruit	\$48.00
Ethernet Shield	\$55.00
Case para Arduino	\$18.50
SparkFun Inventor's Kit	\$105.00
RedBoard	\$25.00
Arduino Micro	\$25.00
Arduino UNO R3	\$29.50
ATmega328	\$8.75
ProtoShield para Arduino	\$12.50

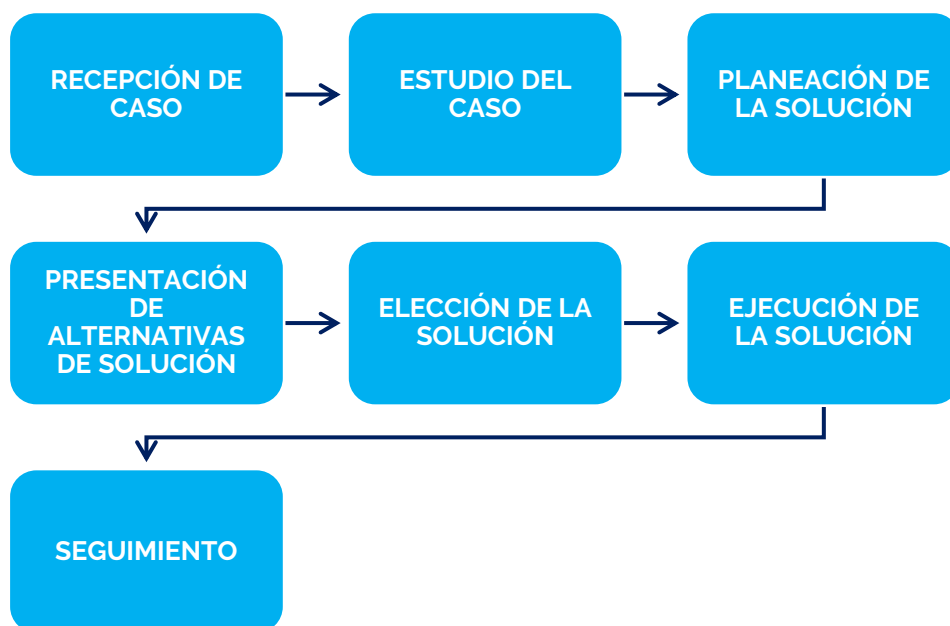
*Tabla 111 Productos módulo programación y electrónica
Fuente: Teubico.com*

MODULO ASESORÍA

El modulo consiste en brindar asesoría sobre el desarrollo de productos usando Tecnologías de Fabricación Digital, en este módulo se emplearán todos los elementos que conforman al Laboratorio de Fabricación Digital en cuanto a su maquinaria y equipo, recurso humano y todos aquellos elementos con los que pueda contar el laboratorio. Principalmente se tendrán dos grandes actores:

- Empresas salvadoreñas solicitando asesoría en la solución de algún problema propio de sus productos, innovación, desarrollo de nuevos productos y otras circunstancias que puedan requerir el uso del Laboratorio de Fabricación Digital.
- Estudiantes de la Universidad de El Salvador que se encuentren desarrollando proyectos de cátedra, proyectos de horas sociales, practicas u cualquier otro proyecto en el cual se puedan utilizar los elementos del Laboratorio de Fabricación Digital.

Se planea que la mecánica con la cual trabaje el módulo sea de la siguiente manera:



*Esquema 66 Fases del módulo asesoría
Fuente: Elaboración propia*

Luego de descrita la maquinaria y equipo a utilizar en el Laboratorio de Fabricación Digital, se procede a exponer la oferta de computadoras que se a adaptan a los requerimientos de los equipos:

COMPUTADORAS

Las propuestas mencionadas anteriormente tienen en común el uso de máquinas computadoras, por lo tanto, se presenta las especificaciones de las maquinas aptas para el trabajo de modelado que se debe realizar en el Laboratorio de Fabricación Digital, Ver Anexo 4. Equipos informáticos; a continuación, se presenta la propuesta por STB COMPUTER, S.A. DE C.V.:

ESPECIFICACIONES

PC CLON CORE I7 6a GENERACION

PROCESADOR INTEL CORE i7-6700 3.4Ghz LGA 1151, 4 CORES/8MB CACHE

PRECIO:
\$ 1,094.00

MOTHERBOARD GIGABYTE G1.SNIPER B7 LGA 1151/DDR4/PCI-EX16/AUD 7.1CH/LAN/USB3.0/SATA EXTRESS

MEMORIA RAM KINGSTON HYPERX FURY 8GB DDR4 2133MHZ CL14 DIMM BLACK

DISCO DURO TOSHIBA 1TB SATA 3.5" 7200RPM 6.0Gb/s

COOLER PARA CPU ITL S775/1366/1156/1150 AMD K8/AM2/AM3

FUENTE DE PODER COOLER MASTER ELITE 460W 80 PLU

CASE COOLER MASTER N400 ATX MID TOWER BLACK

TECLADO GAMING OMEGA KB-801 USB ESPAÑOL

MOUSE OMEGA GAMING USB NEGRO/ROJO

TARJETA VIDEO EVGA GEFORCE GTX1050 TI 4GB SC GAMING ACX DDR5 2.0 DVI, DISPLAY PORT, HDMI, DVI-D

MONITOR AOC 28" LED M2870VHE 1920x1080 VGA/DVI/HDMI

La propuesta presentada por AEON COMPUTERS, S.A. DE C.V.:

ESPECIFICACIONES

MEMORIA RAM DIMM KINGSTON FURY DDR4 8GB X4
2133MHZ BLACK

PRECIO:**\$ 2,647.00**

ALMACENAMIENTO SEAGATE ST1000DM003
1TB,64MB,7200RPM, 3.5"

DISCO DE ESTADO SÓLIDO SSD ZOTAC PS3110-S10
240GB SATA III 6GBPS PHINSON IT500

PROCESADOR INTEL CORE I7 6700 3.4GHZ, LGA1151 8M
CACHE

MOTHERBOARD ASROCK MB-Z170 GM K6 4DDR4 3866(OC)
3PCI EXPRES

QUEMADOR SATA LITEON IHAS124-14 DVDRW INTERNO
SATA BLACK

SISTEMA DE ENFRIAMIENTO THERMALTAKE FRIO SILENT
14 CPU COOLER 140MM FAN CL-P002-AL14BL-B

TARJETA DE VIDEO ZOTAC ZT-P10800B-10P GTX 1080 AMP
EXTREME EDITION

PC CASE NZXT CS-NT-CA-PH240-W1 PHANTOM 240 MID
TOWER 2X120MM VENTANA

FUENTE DE PODER COUGAR X700 700W ATX12V / EPS12V
SLI READY CROSSFIRE READY 80 PLUS BRONZE

LICENCIA DE MICROSOFT WINDOWS 10 PRO X64 SPA. OEI
DVD

MONITOR SAMSUNG LS24F350FHLXZP 24" FULL HD 1920 X
1080 PLS HDMI

MOUSE COUGAR 200M-BLACK 2000 DPI 6 BOTONES

TECLADOS USB KLIP XTREME KKS-050S

Se tiene una propuesta por parte de IPESA, S.A. DE C.V.:

ESPECIFICACIONES

COMPUTADORA HP WORSTATION Z440 - MT - 4U

PRECIO:

\$ 1,995.52

Procesador Xeon E5-1603V3 / 2.8 GHz

Memoria RAM 8 GB - Disco duro HDD 1 TB - DVD SuperMulti

Tarjeta de video Quadro K620 - GigE

Windows 10 Pro 64-bit -- vPro

Monitor HP ProDisplay P232 - LED monitor - 23" - 1920 x 1080

TN - 250 cd/m² - 1000:1 - 5 ms - VGA, DisplayPort - black

RAM 8 GB (installed) / 128 GB (max) - DDR4 SDRAM - ECC - PC4-17000

RAM 8 GB (installed) / 128 GB (max) - DDR4 SDRAM - ECC - PC4-17000

Hard Drive 1 x 1 TB - SATA 6Gb/s

Video Memory 2 GB GDDR3 SDRAM

3.8.4.SOLUCIÓN INTEGRADA

Se procede a describir cada una de las características a evaluar en base a lo encontrado con la oferta de los posibles proveedores de maquinaria para luego dar la elección del equipo por medio de la evaluación por puntos.

3.8.4.1. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

DISPONIBILIDAD

Este criterio significa la facilidad con la que se obtendrá la maquinaria seleccionada, es decir, que tan abastecido se encuentra el proveedor con respecto a la maquinaria seleccionada. Para este criterio en particular se observa que todos los proveedores deben importar la maquinaria, es decir, no se tiene un stock de maquinaria en el país, por lo tanto, los proveedores analizados se encuentran en las mismas circunstancias, esto incluso para la provisión de materia prima.

COMPATIBILIDAD CON MATERIALES

Las opciones mostradas trabajan por tecnología de modelado por deposición fundida, más sin embargo se tiene una gran brecha con la funcionalidad de los materiales a emplear, la opción mostrada por Replikat da una gama de uso de 4 materiales, aunque según el fabricante podrían ser más, dependiendo de las características del material, pero no se han efectuado pruebas con los materiales disponibles en el mercado. Con respecto a la MakerBot, según entrevista con el distribuidor se podrían usar otros materiales a parte del ABS y del PLA más, sin embargo, la garantía del producto se pierde. Con respecto a la propuesta de la impresora LulzBot se encuentra una gran ventaja con respecto al material, ya que según entrevista con el proveedor se ha registrado un uso de más de 16 materiales diversos como, por ejemplo, ABS, PLA, Flexibles, Madera, textiles, nylon, materiales biodegradables (café, maíz, otros), acero inoxidable, acero 90/10, cobre y muchos otros registrados por el fabricante; la ventaja de la impresora LulzBot con respecto a los materiales es muy notoria.

VOLUMEN

Se realiza una comparación de dimensiones entre cada una de las propuestas, considerando que las 3 impresoras relacionadas son de prototipado o serie diseño, no se compara la impresora LulzBot mini, ya que es una impresora a menor escala en comparación de la LulzBot TAZ 6, está si es competitiva con los otros dos modelos.

La impresora Replikat tiene un área de impresión de 250mm x 250mm x 450mm, la impresora MakerBot 295mm x 195mm x 165mm y la impresora LulzBot TAZ 6 280mm x 280mm x 250mm; la que muestra un mayor volumen de impresión es la Replikat más, sin embargo, se observa que el área de impresión es la más pequeña, su altura es la que le da mayor tamaño; por lo tanto, no se puede dictaminar que una es mejor que otra en esta característica. Esta característica también es concerniente al área de escaneo.

SOFTWARES PARA MAQUINARIA

Se comparan los softwares con los que trabaja cada una de las impresoras, esto con respecto a su facilidad de uso (según el juicio de expertos), si es un software libre o con licencia de uso, si las renovaciones o actualizaciones son gratuitas o no lo son y la facilidad de la obtención de información con respecto a su uso, es decir, si se puede encontrar ejemplos de su uso, guías de trabajo y otros elementos para facilitar el trabajo adecuado con el software. Es de tomar en consideración, además, que los usuarios del Laboratorio de Fabricación Digital serán principiantes en la mayoría de los casos, por lo tanto, se necesitan softwares amigables con los usuarios.

CALIBRACIÓN DE MAQUINARIA

Según las entrevistas realizadas a los expertos una de las características críticas para el uso de las impresoras 3D es la calibración, ya que de este factor depende en gran medida el éxito de la realización de una pieza, se tienen dos opciones de calibración de la maquinaria una es la calibración manual la cual se hace mediante el movimiento de tornillos que posicionan la boquilla de impresión el otro tipo es de calibración automática es la que el mismo software ejecuta mediante ordenes que recibe del programa. Bajo esta característica, la única impresora que trabaja del modo automático es la marca LulzBot.

PESO

Esta característica es propia del escaner 3D, ya que proporcionan un límite de peso permisible para los objetos que se desean escanear, según una contraindicación si se sobre pasa el peso máximo permisible se podría dañar el equipo, es de tomar muy en consideración esta característica ya que influiría totalmente en el tipo de objetos que se escanearan.

TIEMPO DE ESCANEEO

Se refiere al tiempo promedio estandar que ofrecen los escaner para procesar un determinado objeto, es notorio que dependera en gran medida de la geometria del objeto en cuenti3n ya que si es un objeto con muchas irregularidades en su forma, el escaner deber3a mostrar mayor atenci3n en determinados puntos, m3s sin embargo, los fabricantes de los escaner brindan un dato del tiempo promedio por paso del motor de escaneo sobre un objeto.

EVALUACI3N COMPUTADORAS Y SOFTWARE PARA DISE3O

COMPUTADORAS

Se han propuesto 3 diversos tipos de computadoras para el Laboratorio de Fabricaci3n digital, el criterio principal para la decisi3n de la adquisici3n de un equipo con respecto al otro es con respecto a la funcionalidad que presentaban para la utilizaci3n de los softwares de impresi3n 3D, escaneo 3D y dise3o de productos 3D, bajo este enfoque se obtiene que todos los equipos son funcionales para el desarrollo adecuado de los softwares anteriormente mencionados. Antes de elegir una opci3n se consulto con los proveedores si pod3an cambiar algunas de las partes del equipo que estaban cotizando, para as3 lograr un mejor equipo y una mejora en el precio, esto se logro de una muy buena manera. Adem3s, se analizo el criterio de la garant3a de los equipos, la cual es dada para 1 a3o en las tres propuestas, bajo este panorama se eligio la opci3n m3s barata.

SOFTWARE PARA DISE3O

Se propone la utilizaci3n de un software gratuito, tal es el caso de AUTODESK para estudiantes, profesores y centros de ense3anza, Autodesk ofrece a los estudiantes, a los profesores y a las instituciones educativas acceso gratuito a software de dise3o profesional, aplicaciones de creatividad y proyectos reales.

Las suites de Autodesk para dise3o y creaci3n en 3D proporcionan conjuntos de herramientas ampliados, interoperabilidad exclusiva y una experiencia de uso homog3nea, adem3s de la comodidad de su implantaci3n en los laboratorios de los centros educativos.

Con el programa Education Master Suite, se presenta una soluci3n de software multidisciplinar ayuda a los profesores a preparar a los aspirantes a arquitectos, ingenieros y artistas digitales con herramientas de software 2D y 3D. Se encuentra destinada a: Dise3adores, Arquitectos e Ingenieros

Para la adquisición de los productos de AUTODESK de forma gratuita, es necesario que la gestión sea por parte de la institución educativa que brindara la enseñanza a los estudiantes, por lo tanto, se sugiere que una vez aprobado el plan de implementación del proyecto, se recurra a gestionar la obtención de los softwares.

Los productos incluidos en Education Master Suite:

PRODUCTOS	
AutoCAD	AutoCAD Map 3D
Inventor	AutoCAD Architecture
Revit	Navisworks Manage
3ds Max	Alias Design (inglés)
3ds Max Design	Inventor Professional
<u>Maya</u>	Simulation CFD Motion
Revit	Simulation Mechanical
AutoCAD Civil 3D (inglés)	Simulation Moldflow Adviser Ultimate
3ds Max Design (inglés)	<u>Showcase</u> (inglés)

Tabla 112 Productos AUTODESK

Fuente: Autodesk.com

3.8.4.2. ASIGNACIÓN DE PESOS A CARACTERÍSTICAS

Para determinar la mejor alternativa de solución, se utiliza el método de evaluación por puntos, previamente analizada cada una de las propuestas de solución y además descritas las características técnicas de interés para la solución; se tiene una visión clara del peso de cada característica y la ventaja que presenta una con respecto a la otra. A continuación, se presenta un cuadro con la asignación del peso con el que cada característica incide en las propuestas de impresoras 3D para el laboratorio de fabricación digital:

NO.	CARACTERÍSTICAS	PESO ASIGNADO
1	Disponibilidad	10%
2	Compatibilidad con materiales	30%
3	Volumen de impresión	25%
4	Softwares para maquinaria	15%
5	Calibración de maquinaria	20%
TOTAL %		100%

Tabla 113 Asignación de peso a características de impresión 3D

Fuente: Elaboración Propia

Para la disponibilidad se asigna un peso del 10% debido a que se observa que el factor está presente de igual forma en los proveedores, ya que toda la maquinaria debe ser importada, la compatibilidad con materiales es la característica con mayor peso debido a que esto limitará o extenderá las posibilidades de fabricación de prototipos; en cuanto al volumen de impresión, es una característica que determina si una pieza se puede imprimir en un solo volumen o si se deberá realizar una impresión por partes. Cuando se refiere a los softwares, es con respecto a si son libres, se debe adquirir una licencia o actualizaciones. La calibración de la maquinaria como se menciona en el apartado de las características a evaluar es de vital interés justo en el momento de la operación del equipo, por lo tanto, se asigna un valor del 20%.

La asignación de pesos para las características de las propuestas de escáneres 3D para el Laboratorio de Fabricación Digital son las siguientes:

NO.	FACTOR	PESO ASIGNADO
1	Disponibilidad	10%
2	Peso	25%
3	Volumen de escaneo	30%
4	Tiempo de escaneo	15%
5	Software	20%
TOTAL %		100%

*Tabla 114 Asignación de peso a características de escaneo 3D
Fuente: Elaboración propia*

La característica disponibilidad tiene un peso del 10% debido a que la maquinaria es extranjera, no se tienen equipos locales, el peso tiene una importancia del 25% limitará en algún sentido las piezas a procesar, luego el tiempo de volumen de escaneo, lo cual afecta en gran medida las piezas que se podrán tratar, por lo tanto, tiene el mayor peso del 30%; el tiempo de escaneo se regulara de acuerdo con la precisión que se desee para la pieza en análisis. El software que se utilizará en el equipo en análisis podrá ser libre, de licencia y/o con actualizaciones, por lo tanto, tiene un peso del 20% es de considerar que tantas ventajas ofrece un software libre con respecto a uno que se tenga que comprar.

Una vez que se ha asignado el peso a cada característica técnica de evaluación se procede a asignar dentro de cada una los criterios de evaluación. A continuación, se muestra un cuadro que resume los criterios para la evaluación de las características técnicas de selección de la maquinaria:

CALIFICACIÓN	PUNTUACIÓN SEGÚN CALIFICACIÓN	GRADO DE CUMPLIMIENTO DE LOS CRITERIOS
Excelente	5	100% ≥ criterio > 75%
Muy buena	4	75% ≥ criterio > 50%
Buena	3	50% ≥ criterio > 25%
Regular	2	criterio ≤ 25%
Mala	1	No cumple con el criterio

*Tabla 115 Escala de calificación para las propuestas
Fuente: Elaboración propia*

3.8.4.3. CALIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Luego de analizadas las diversas propuestas de solución, realizar consultas a expertos e investigar sobre el campo de acción de las maquinas en cuestión, se puede realizar un juicio justo sobre la calificación que se brindará a una alternativa con respecto a la otra. En primer lugar, se analizan las características de las propuestas de impresoras 3D, luego se analizan los escáneres 3D, para el caso de las propuestas de softwares de diseño se observa que en la propuesta de venta del paquete de Autodesk incluye dos de los softwares propuestos en las alternativas anteriores, por lo tanto, se sugiere que se adquiera el paquete completo de Autodesk. Las alternativas de solución para las impresoras 3D son denominadas así:

A: REPLIKAT XY EXTENDIDA – ACERO INOXIDABLE

B: MAKERBOT REPLICATOR DESKTOP 3D PRINTER

C: LULZBOT TAZ 6

D: LULZBOT MINI

IMPRESIÓN 3D

CARACTERÍSTICAS	PESO	CALIFICACIÓN DE PROPUESTAS				TOTAL			
		A	B	C	D	A	B	C	D
DISPONIBILIDAD	10%	3	3	3	3	0.3	0.3	0.3	0.3
COMPATIBILIDAD CON MATERIALES	30%	3	1	5	5	0.9	0.3	1.5	1.5
VOLUMEN DE IMPRESIÓN	25%	5	2	5	3	1.25	0.5	1.25	0.75
SOFTWARE PARA MAQUINARIA	15%	2	2	5	5	0.3	0.3	0.75	0.75
CALIBRACIÓN DE MAQUINARIA	20%	3	3	5	5	0.6	0.6	1	1
TOTAL	100%	16	11	23	21	3.35	2	4.8	4.3

Tabla 116 Puntuación Impresora 3D

Fuente: Elaboración propia

Las alternativas de solución para los escáneres 3D son denominadas así:

A: ESCÁNER REPLIKAT

B: MAKERBOT DIGITIZAR

C: ESCÁNER 3D CICLOP (BQ) LULZBOT

ESCANEEO 3D

CARACTERÍSTICAS	PESO	CALIFICACIÓN DE PROPUESTAS					TOTAL
		A	B	C	A	B	C
DISPONIBILIDAD	10%	3	3	3	0.30	0.30	0.30
PESO	25%	3	5	5	0.75	0.30	1.25
VOLUMEN	30%	3	4	2	0.90	0.50	0.60
TIEMPO DE ESCANEEO	15%	2	2	5	0.30	0.30	0.75
SOFTWARE	20%	3	3	5	0.60	0.60	1.00
TOTAL	100%	14	17	20	2.85	2.00	3.90

Tabla 117 Puntuación Escáneres 3D

Fuente: Elaboración propia

De la puntuación anterior, se puede observar que la alternativa ganadora para el caso de las impresoras 3D es la de marca LulzBot, en su modelo LulzBot TAZ 6, ya que muestra ventajas muy notorias en cuanto a las características técnicas analizadas. Con respecto al análisis de los escáneres 3D, se observa de igual manera que la marca LulzBot es la ganadora, mostrando ventajas en cuanto al software y el tiempo de escaneo principalmente.

Con respecto al sub modulo diseño 3D, se tomará la opción de software gratuito para estudiantes y centros de enseñanza presentada por AUTODESK, con una gama de 18 programas de diseño disponibles dentro de los cuales se encuentra INVENTOR y AUTOCAD, los cuales fueron considerados en las propuestas mencionadas anteriormente.

A continuación, se presenta de forma esquemática la solución de diseño propuesta para la implementación del Laboratorio de Fabricación Digital:

3.8.4.4. ESQUEMA DE LA SOLUCIÓN



Esquema 67 Solución integrada

Fuente: Elaboración propia

3.8.5. CARACTERÍSTICAS MATERIAS PRIMAS, SUMINISTROS E INSUMOS

El tipo de impresoras seleccionada es de tecnología de deposición de material fundido, la materia prima que utiliza este tipo de maquinaria es el FILAMENTO, el cual se puede presentar en diversos tipos y composiciones. Para el caso del escáner 3D, esta maquinaria funciona para diseño, es decir, atrapar en 3 dimensiones el objeto colocado en su base, por lo tanto, no

necesita de materia prima. A continuación, se describen algunas de las posibles materias primas que usaran la impresora LulzBot:

1. PLA (Poliácido Láctico)

Este material biodegradable es uno de los más utilizados en la impresión 3D; procede de materia orgánica (maíz, trigo y otros), por lo que ofrece capacidad de biodegradación bajo condiciones adecuadas. Sus ventajas permiten que el material sea utilizado para principiantes en la impresión 3D, algunas de ellas son:

- A. Facilidad de impresión
- B. No necesita cama caliente
- C. Muy estable
- D. Velocidad de impresión "más rápida" que otros materiales
- E. Se obtiene de recursos renovables
- F. Material reciclable

El material, presenta algunas desventajas, se mencionan a continuación:

- A. Poca resistencia térmica (se vuelve endeble a partir de los 60 °C)
- B. Material más frágil que otros materiales (poca resistencia mecánica)
- C. Sensible a la humedad (conservarlo al vacío o lejos de zonas húmedas)

2. ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno)

Este material plástico procedente del petróleo, es muy utilizado en la industria, ingeniería, piezas de automoción, elementos mecánicos, piezas industriales en general, entre otros. Además, se puede utilizar para elementos decorativos y muchas más aplicaciones. Presenta las siguientes ventajas:

- A. Muy estable a altas temperaturas (Aproximadamente 80 °C - 90 °C)
- B. Conserva la tenacidad a temperaturas extremas (-40 °C hasta 90 °C). La mayoría de los plásticos no tienen esta capacidad
- C. Alta capacidad de mecanizado: se puede lijar, perforar, entre otros
- D. Resistente a ataques químicos
- E. Muy resistente a los impactos

Algunas desventajas que presenta el material ABS, son:

- A. Es necesaria cierta experiencia en impresión 3D
- B. Dificultad de impresión media (esto dependiendo del objeto que se trate)
- C. Contracción entre capas más rápida que el PLA, pudiendo resquebrajarse la pieza si las condiciones del entorno son demasiadas frías
- D. Pueden producirse el efecto Warping⁷² fácilmente.

3. PET (Tereftalato de Polietileno)

Esta variedad de plástico es usada con cualquier tipo de objeto y envases de uso alimenticio que esté en contacto humano (vasos, cucharas, cepillos, recipientes, platos, entre otros); además de elementos decorativos que aporten transparencia, entre los más importantes, en resumen, se trata de un poliéster, por lo tanto, presenta facilidad de mecanizado. Algunas de sus ventajas son:

- A. Presenta alta transparencia, incluso siendo el filamento de color
- B. Alta resistencia al desgaste y corrosión
- C. Buena resistencia química y térmica
- D. Resistente a impactos
- E. Es impermeable
- F. Resiste a esfuerzos permanentes (flexibilidad)
- G. Baja absorción de humedad
- H. Alta capacidad de mecanizado
- I. Resistente a ácidos, bases y grasas

Las principales desventajas son:

- A. Levemente tóxico
- B. No es biodegradable
- C. Se vuelve endeble⁷³ a partir de 70 °C aproximadamente

4. HIPS (Poli estireno de alto impacto)

Se trata de un polímero mezclado con estructuras repetitivas de estireno⁷⁴ y butadieno⁷⁵, generando una alta capacidad de resistencia a impactos. Este material se usa con bastante

⁷² Efecto Warping: Las esquinas tienden a levantarse debido a la contracción

⁷³ Endeble: Califica algo que es muy débil y tiene poca solidez, fuerza o resistencia

⁷⁴ Estireno: Hidrocarburo aromático

⁷⁵ Butadieno: Se obtiene de la destilación del petróleo

frecuencia en envases alimenticios (como para yogurt, quesos, dulces, entre otros de origen lácteo), además para la fabricación de cubiertos y vajillas (tenedores, cucharas, entre otros) y la fabricación de juguetes, calzado, separadores de frutas, entre otros.

Algunas de sus ventajas son:

- A. Ofrece una resistencia elevada, incluso a bajas temperaturas
- B. Material reciclable
- C. No necesita cama caliente
- D. Excelente estabilidad térmica
- E. Resistente a ácidos y bases
- F. Alta capacidad de mecanizado
- G. Inexistencia de Warping y de grietas entre capas
- H. No desprende gases nocivos
- I. Resistente al agua
- J. Buen aislante térmico

Las desventajas que presenta son:

- A. No se puede utilizar para fabricar piezas destinadas a estar a la intemperie
- B. Temperatura a la cual empieza a deformarse: 80 °C.

5. TPE (Elastómero termoplástico)

El material flexible consiste en una combinación de plástico (termoplástico) y caucho (elastómero), el cual, ofrece las mejores propiedades de cada tipo. Se usa para crear partes táctiles suaves de herramientas, elementos protectores, pulseras, collares, elementos decorativos, juguetes flexibles, entre otros. Sus ventajas son:

- A. Amortiguan muy bien los impactos
- B. Gran resistencia a rotura del material por fatiga
- C. Capacidad de estiramiento moderados y recuperación de su forma
- D. Material reciclable

Algunas desventajas son:

- A. Poca resistencia a agentes químicos y al calor
- B. Pérdida de elasticidad si se funden a una temperatura por encima de los establecido
- C. Con el paso del tiempo, pierden la capacidad elástica conforme su uso

6. FIBRA DE CARBONO

Uno de los materiales más usados y más famoso en todas las ramas de la industria, ingeniería y en otros campos, es la fibra de carbono. Esto se debe a que el carbono es un material que posee dos sobresalientes características, una es la gran resistencia y que es un material ultra ligero. Este material se puede aplicar para la fabricación de piezas de bicicletas, motocicletas, vehículos en general, aeromodelismo, modelismo y otros. Algunas ventajas:

- A. Ofrece una gran resistencia mecánica y gran ligereza
- B. Gran adhesión y un gran refuerzo entre capas por las fibras que contiene
- C. Buen aislante térmico
- D. Material muy estable a altas temperaturas
- E. Grandes acabados con aspecto fibroso
- F. Gran resistencia al impacto

Las desventajas que presenta este material son:

- A. Temperaturas de impresión elevadas
- B. Material muy abrasivo

7. FILAMENTO DE MADERA

Fabricado a partir de fibras de madera (40%) y un polímero de unión, que recrea un acabado de la superficie y la textura similar a la de la madera.

Las piezas obtenidas con filamentos pueden ser lijadas y pintadas. Además, si se modifica la temperatura de extrusión cambia ligeramente el color de superficie de la pieza. Cuanto menor sea la temperatura de extrusión se obtiene un color más claro y si la temperatura de extrusión es más alta se obtiene una superficie de color más oscura en la figura.

Es especialmente adecuado para la impresión en 3D de elementos decorativos. Dado que la combinación de las nuevas geometrías que se pueden fabricar a través de la impresión en 3D y las diversas posibilidades de acabado de superficie que ofrece este filamento permitirá crear piezas decorativas innovadoras.

8. FILAMENTO DE ACERO INOXIDABLE

El filamento de Acero inoxidable está compuesto por un polímero (PLA) y filamento molido de acero inoxidable pulverizado. Este pulverizado de acero inoxidable no le ofrece más resistencia al filamento que el PLA estándar, simplemente ofrece un aspecto y una densidad más parecida al acero inoxidable. Aunque el filamento contenga polvo de acero no es suficiente la cantidad del mismo para que este filamento sea conductor de electricidad.

Una vez impresa la pieza se puede optar por dos acabados diferenciados. Se puede optar por pulir o cepillar la pieza para un acabado metálico brillante o bien no tratar la pieza para tener un aspecto de metal fundido. A continuación, se muestran las distintas técnicas de Post-Procesado:

- Cepillado
- Roca pulidora
- Pulido de ruedas
- Resina epoxi

Las materias primas descritas anteriormente, son las que se pueden utilizar en la impresora 3ca LuzBolt, la cual fue seleccionada como alternativa ganadora; con esta amplia gama de materiales se tienen muchas opciones de fabricación de diversos prototipos para la amplia gama de proyectos que se presenten en el laboratorio.

3.8.6.DETERMINACIÓN DEL PERIODO DE PRODUCCIÓN

La programación del periodo de producción es necesario para realizar la planificación del trabajo y posteriormente el diseño de la organización del laboratorio de fabricación digital, garantizando que esta cumpla de manera satisfactoria las demandas de sus segmentos de consumo. Entre los factores a considerar para el establecimiento del periodo productivo del centro se tiene la jornada laboral, periodos de asueto, periodos de paro, entre otros.

3.8.6.1. POLÍTICA LABORAL

Para definir el aprovechamiento de la capacidad instalada, es necesario fijar el tiempo normal de trabajo como sigue:

FACTOR	VALOR
Número de turnos al día	1
Número de horas de trabajo al día	8
Días laborales de trabajo a la semana	5
Días no laborales de trabajo a la semana	2
Días laborales al año ⁷⁶	287

*Tabla 118 Factores para el establecimiento del tiempo normal de trabajo
Fuente: Elaboración propia*

Por lo tanto, el tiempo normal de trabajo estará dado por la siguiente ecuación:

$$\text{Tiempo Normal de Trabajo (T.N.O)} = \frac{\text{días laborales}}{\text{año}} * \frac{\text{horas laborales}}{\text{día}}$$

Ecuación 14 Tiempo Normal de Trabajo

Sustituyendo los valores en la ecuación anterior se tiene:

$$\text{Tiempo Normal de Trabajo} = 287 * 8 = 2296 \text{ horas/año}$$

El dato de tiempo normal de trabajo al año debe ajustarse tomando en cuenta los días de asueto laboral otorgados al año, debido a que el laboratorio se regirá bajo la normativa de la

⁷⁶ El número de días laborales al año se obtuvo de la resta del total de días anuales menos el número de días no laborales al año, asumiendo un año de trabajo de 365 días

Universidad de El Salvador, será necesario considerar también los asuetos otorgados en el Alma Mater además de los especificados en el artículo 190 del código de trabajo, los cuales se determinan a continuación:

DÍAS DE ASUETO REMUNERADO EN LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR		
FECHA	CELEBRACIÓN	DÍAS DE ASUETO
1-15 de enero	Vacaciones de inicio de año	15
16 de febrero	Firma de los acuerdos de paz	1
N.A.	Semana Santa	5
1 de mayo	Día del trabajo	1
10 de mayo	Día de la madre	1
17 de junio	Día del padre	1
22 de junio	Día del maestro	1
28 de junio	Día del trabajador universitario	1
1- 6 de agosto	Fiestas agostinas	6
15 de septiembre	Día de la independencia	1
2 de noviembre	Día de los difuntos	1
15 – 31 de diciembre	Vacaciones de fin de año	15
TOTAL ANUAL		49

Tabla 119 Días de asueto remunerado en la universidad de El Salvador
Fuente: Elaboración propia

El tiempo normal ajustado está dado por la ecuación

Tiempo Normal de Trabajo Ajustado (TNTA)

= Tiempo normal de trabajo – Tiempo de asueto anual

Ecuación 15 Tiempo Normal de Trabajo Ajustado

Para poder realizar el cálculo del tiempo normal ajustado, es necesario transformar el tiempo de asueto anual a horas para poder realizar el tratamiento necesario transformarlo a horas, obteniendo un valor de 392 horas de asueto al año, sustituyendo en la ecuación 15 los datos anteriores se tiene:

$$TNTA = 2296 - 392 = 1904 \text{ horas/año}$$

Por lo tanto al año el tiempo total de trabajo en el año es de 1904 horas, este dato aún no es un valor confiable debido a que no considera periodos en los que se dan paros de labores debido a fallos en los procesos, mantenimiento de maquinaria y el tiempo de preparación de esta para el correcto desarrollo de las actividades productivas que desarrollarán; al considerar los elementos tanto planificados como los no planificados se puede estimar la capacidad real de operación, por lo que se consideran los elementos:

ELEMENTO DE PARO EN LOS PROCESOS	TIEMPO
Preparación de maquinaria	30 MINUTOS / DÍA = 143.5 horas/ año
Mantenimiento preventivo	Aproximadamente 8 horas al mes, 96 horas/ año
Total de elementos planificados	239.5 horas/ año
Imprevistos (15%)	35.93 horas/ año
TOTAL	275.43 horas / año

*Tabla 120 Periodo de paro a los procesos del laboratorio
Fuente: Elaboración propia*

De acuerdo a lo anterior,

$$\begin{aligned}
 \text{Tiempo Real de la Operación} &= \text{Tiempo Normal de Trabajo Ajustado} - \text{Tiempo improductivo} \\
 &= 1904 \text{ horas/año} - 275.43 \text{ horas/año} \\
 &= 1628.57 \text{ horas/año}
 \end{aligned}$$

De acuerdo a los datos obtenidos el tiempo real de operación del planta es de 1628.57 horas al año; al retomar la información sobre la proyección de demanda para el laboratorio, se observa que es hasta el año 3 que la demanda de horas de trabajo del laboratorio puede ser cubierta sin complicaciones, en dicho periodo se registra una demanda de 1573 horas de trabajo anuales; a partir del cuarto año la demanda supera el tiempo real de operación del centro, por lo que se vuelve necesario tomar medidas que permitan suplir este requerimiento. Una de estas medidas es el aumento en el número de maquinaria y equipo para el desarrollo de las actividades del laboratorio, debido a que las estimaciones del tiempo normal de trabajo fueron realizadas para un equipo dentro de cada clase de tecnología que formará el laboratorio.

3.8.7. PLANIFICACIÓN DE LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS

El paso inicial a la planeación de la producción y como una respuesta a la naturaleza de trabajo de laboratorio de fabricación digital, que se enfoca a la atención del segmento estudiantil de la carrera de ingeniería industrial y al segmento empresas de manufactura, es la creación de propuestas de contenido a desarrollar en los laboratorios de enseñanza en tecnologías de fabricación digital de las diferentes cátedras de formación de profesionales de la ingeniería; lo anterior con el objetivo de determinar los insumos requeridos durante el proceso educativo implementado por el Laboratorio de Fabricación Digital de la Escuela de Ingeniería Industrial.

Para realizar estimación de los requerimientos de materia prima se toma en cuenta la selección de servicios realizada al inicio del apartado de ingeniería del proyecto, en donde fue seleccionado el módulo 3D para iniciar la implementación del laboratorio debido a la envergadura que el proyecto implica, la prontitud de su implementación y la facilidad de adecuación de las tecnologías que lo componen al plan de estudios de la carrera de ingeniería industrial, dicho módulo se compone por los servicios de Diseño 3D, Escaneo 3D e Impresión 3D. Debido a que el único tipo de tecnología que requiere el uso de materia prima es la impresión 3D, será el servicio a tomar en cuenta en el análisis de requerimientos de materia prima, en este caso filamento para impresión.

La estimación del requerimiento de materia prima del servicio de impresión 3D exige el establecimiento del número de proyectos y las temáticas a desarrollar en las cátedras que conforman el pensum de ingeniería industrial, para lo cual se retoma la información de las tablas del apartado de estimación de demanda de los servicios de fabricación digital para el sector estudiantil y con esto generar posteriormente una lista con propuestas de posibles laboratorios a llevar a cabo en cada una de las asignaturas. Las materias que permiten el uso de diseño tridimensional a lo largo de su desarrollo para el ciclo I es Tecnología Industrial III con 2 prácticas de laboratorio, mientras que durante el ciclo II las asignaturas de Tecnología Industrial III y Ofimática y Software para Ingeniería Industrial las prácticas requeridas son 2 y 1 respectivamente. Mientras que para las cátedras que permiten la implementación de TFD a través de proyectos ex aula para el ciclo I son Fundamentos de Economía, Formulación y evaluación de Proyectos, Ingeniería de Métodos, Mercadeo y Distribución en planta, cada uno con 1 proyecto ex aula estimado a desarrollar por asignatura.

CICLO	I					II					TOTAL
SERVICIO / MATERIA	Tecnología Industrial I (TIR-115)	Tecnología Industrial III (TIR-315)	Fundamentos de economía (FDE-115)	Formulación y Evaluación de Proyectos (FEP-115)	Ingeniería de Métodos (IMT-115)	Tecnología Industrial II (TIR-215)	Ofimática y Software para Ingeniería Industrial (OFI -115)	Mercadeo (MER-115)	Distribución en planta (DIP-115)	Fundamentos de economía (FDE-115)	
Impresión 3D	0	2	1	1	1	2	1	1	1	1	11

Tabla 121 Número de laboratorios sugeridos a desarrollar por materia
Fuente: Elaboración Propia

De la tabla anterior se obtiene que dentro las cátedras que permiten la enseñanza de TFD durante su desarrollo, el número sugerido de laboratorios a desarrollar anualmente son 11 laboratorios distribuidos de la siguiente manera: durante el ciclo I, se propone desarrollar 2 laboratorios para la asignatura Tecnología Industrial III y durante el ciclo II se sugiere la ejecución de 2 laboratorios para las cátedras de Tecnología Industrial II y 1 laboratorio expositivo para la cátedra de tecnología industrial 3 en el que se presente a los estudiantes el uso y las aplicaciones de las TFD, en este caso de la impresión 3D.

En el caso de las cátedras que permiten el uso de TFD para el desarrollo de proyectos ex aula se tiene que durante el ciclo I se desarrollarán un proyecto para las cátedras de Fundamentos de Economía, Formulación y Evaluación de Proyectos e Ingeniería de Métodos; mientras que durante el ciclo II se proyecta desarrollar un proyecto en las cátedras de Mercadeo, Distribución en Planta y Fundamentos de Economía.

3.8.7.1. DESCRIPCIÓN DE LABORATORIOS A DESARROLLAR

Previo a realizar el cálculo de materia prima se desarrolla una breve descripción de las prácticas sugeridas para ejecutar en el laboratorio de fabricación digital para las diferentes cátedras, como se muestra a continuación.

CÁTEDRAS QUE PERMITEN LA ENSEÑANZA DE TFD A LO LARGO DE SU DESARROLLO

TECNOLOGÍA INDUSTRIAL III

Las siguientes prácticas de laboratorio son una sugerencia para desarrollar dentro de la cátedra:

1. **PROYECTO DE LA ASIGNATURA:** Esta práctica se refiere al desarrollo de la asignación realizada de construcción del prototipo de un producto para la realización de su análisis de pre producción, producción y post producción.

Una vez es asignado a cada grupo de trabajo su respectivo producto y a cada miembro de este las piezas a construir; los estudiantes proceden a realizar la identificación de medidas y características geométricas de la pieza, para desarrollar el diseño 3D de la misma, una vez este diseño es terminado el grupo de estudiantes se acerca al laboratorio para la fabricación de la(s) pieza(s) de su proyecto. Se sugiere a la cátedra el solicitar al menos una pieza por impresión 3D por cada equipo de trabajo.

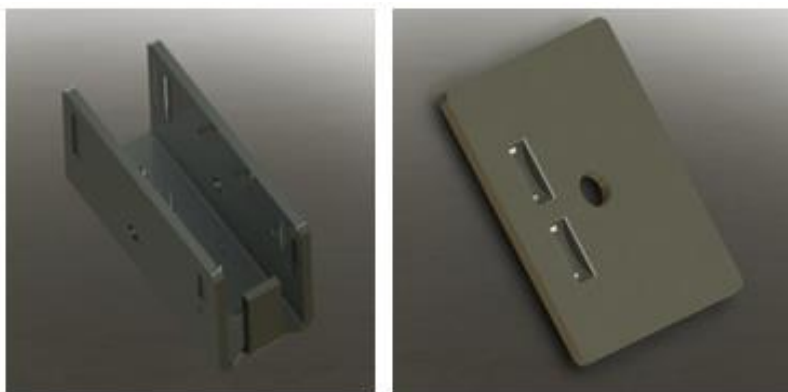


Ilustración 62 Soporte de carril y yunque de engrapadora de tipo pesado desarrollada para la cátedra tecnología industrial III

Fuente: Elaboración propia

2. **ENSAMBLE DE PIEZAS IMPRESAS EN 3D:** El fin de esta práctica de laboratorio es que el estudiante refuerce sus conocimientos de fabricación de piezas empleando tecnologías de fabricación digital, comprendiendo la importancia del correcto dimensionamiento de las mismas, a partir de instrumentos proporcionados por la cátedra con indicaciones de construcción, para lograr su ensamblaje con éxito.

La metodología de esta práctica consiste en la entrega al estudiante de planos de las piezas para que estos realicen su diseño tridimensional, posteriormente el estudiante

realiza la impresión de las piezas en el laboratorio de fabricación digital y las ensambla para comprobar que ha realizado correctamente el diseño de las mismas. Esta práctica presenta variedad de opciones para su desarrollo, que las piezas a ensamblar sean realizadas por un grupo de estudiantes y la evaluación se realice según el grado de acoplamiento entre piezas, otra forma de evaluación es que las piezas se realicen de la misma manera en equipos de trabajo pero que sea el encargado de laboratorio que el estudiante

TECNOLOGÍA INDUSTRIAL II

Las siguientes prácticas de laboratorio son una sugerencia para desarrollar dentro de la cátedra:

1. **FABRICACIÓN DE PIEZAS UTILIZANDO TFD:** Esta práctica tiene como objetivo permitir al estudiante la comprensión del proceso de fabricación de una pieza empleando procesos de fabricación digital, específicamente impresión 3D dentro del análisis realizado en la materia sobre el estudio de procesos productivos y el análisis de la fabricación.

La metodología básica consistirá en la construcción de una pieza por medio de impresión 3D de un modelo digital tridimensional que puede ser realizado por el alumno a partir de un plano proporcionado por la cátedra o que puede ser entregado directamente a este por para su impresión.

2. **ESTUDIO DE PIEZAS USANDO TFD:** Esta práctica persigue que el estudiante realice un modelo 3D de una pieza para estudiar su comportamiento a esfuerzos tanto de forma física como a través de simulaciones del software de diseño.

La metodología básica consistirá en la construcción de una pieza por medio de impresión 3D de un modelo de objeto o una probeta para su impresión y posterior análisis de comportamiento de la pieza a ciertos esfuerzos físicos.

OFIMÁTICA Y SOFTWARE PARA INGENIERÍA INDUSTRIAL

Como se mencionó desde la etapa de diagnóstico, el desarrollo de laboratorios en la cátedra de Ofimática y Software para Ingeniería Industrial consiste en la presentación a los alumnos que forman parte de la cátedra los diferentes usos que pueden darse a las tecnologías de fabricación digital en la ingeniería.

1. **PONENCIA SOBRE TFD Y SUS APLICACIONES EN INGENIERÍA:** Esta propuesta consiste en realizar una serie de charlas en las que se presente a los estudiantes los

diferentes usos de las TFD, sus conceptos básicos y clasificaciones de los diferentes tipos de tecnologías, los tipos de maquinaria que son empleados y que además se profundice sobre los procesos que son ofertados en el laboratorio modelado e impresión 3D y escaneo 3D, esto con el fin de despertar en los estudiantes los conocimientos básicos de estos procesos productivos que innovan la metodología de prototipado de un producto y la curiosidad individual de profundizar en cada uno la investigación sobre sus posibles aplicaciones. Estas ponencias deben de contar además del apoyo audio visual sobre trabajos realizados en la industria y en el laboratorio, la presentación de piezas de aplicación de ingeniería realizadas a través de impresión 3D que serán mostradas a los diferentes grupos de la cátedra.

CÁTEDRAS QUE PERMITEN LA ENSEÑANZA DE TFD A TRAVÉS DE PROYECTOS EX AULA

FUNDAMENTOS DE ECONOMÍA

1. **PROYECTO DE LA ASIGNATURA:** Esta práctica se refiere al desarrollo del proyecto de la asignatura sobre el estudio de factibilidad de la fabricación y comercialización de un producto o servicio en el mercado nacional.

La metodología sugerida para el desarrollo de este proyecto consiste en el desarrollo de una propuesta de servicio o producto innovador a comercializar; una vez que cada grupo de trabajo el diseño de su producto innovador y luego de identificar los servicios a desarrollar en el laboratorio, se procede a realizar el esquema en un software de diseño tridimensional, se dirige al laboratorio de fabricación digital para realizar su las piezas que conforman su producto empleando impresión 3D, otra opción para este proyecto es que se realice un escaneo de un producto ya existente en el mercado y que realicen modificaciones sobre el diseño generado en el proceso de escaneo para posteriormente realizar la impresión 3D del objeto en el laboratorio de fabricación digital.

FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS

1. **PROYECTO DE LA ASIGNATURA:** Esta práctica se refiere al desarrollo del proyecto ex aula sobre emprendedurismo e innovación, en el que los estudiantes realizan un plan de trabajo para el lanzamiento de un producto o servicio innovador.

La metodología sugerida para el trabajo conjunto de los estudiantes que cursan esta cátedra en el laboratorio consiste en el desarrollo de un diseño de prototipo de un producto una vez se haya obtenido la información referente a las necesidades identificadas a suplir en el mercado consumidor y los requerimientos establecidos por los mercado competidor, abastecedor y distribuidor para un producto específico, una vez se desarrollen estos modelos los estudiantes se acercan a laboratorio para realizar la pieza por medio de impresión 3D; otra opción para este proyecto es que se realice un escaneo de un producto ya existente en el mercado y que realicen modificaciones sobre el diseño generado en el proceso de escaneo para posteriormente realizar la impresión 3D del objeto en el laboratorio de fabricación digital.

INGENIERÍA DE MÉTODOS

1. **PROYECTO DE LA ASIGNATURA:** Esta práctica se refiere al desarrollo del proyecto ex aula sobre la optimización de un proceso productivo dentro de una empresa de manufactura. Las opciones que ofrece el laboratorio para el desarrollo de este proyecto son la creación de modelos de guías o herramientas que faciliten el proceso productivo y disminuyan los tiempos de transformación de la materia prima para obtener un producto, así como el desarrollo de modelos 3D de una planta para el análisis de producción o el análisis de recorridos de un proceso. Al igual que en el resto de proyectos ex aulas que pueden ser desarrollados en el laboratorio, una vez que los alumnos desarrollan el modelo 3D del objeto a realizar, se acercan al centro donde se realiza la impresión 3D del mismo.

MERCADEO

Las siguientes prácticas de laboratorio son una sugerencia para desarrollar dentro de la cátedra:

2. **PROYECTO DE LA ASIGNATURA:** Este proyecto consiste en el desarrollo del prototipo de un producto tomando como base la información recolectada en la etapa de investigación de los segmentos de mercado, una vez desarrollado el diseño del prototipo en un software de modelado 3D, el grupo de trabajo se acerca al laboratorio para solicitar la impresión 3D del

prototipo, posteriormente el grupo de trabajo revisa la pieza y realiza acabados en la misma de ser necesario.

DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

3. **PROYECTO DE LA ASIGNATURA:** Esta práctica se refiere al desarrollo del proyecto ex aula sobre el diseño de distribución en planta para una empresa. Las opciones que ofrece el laboratorio para el desarrollo de este proyecto son la creación de modelos de guías o herramientas que faciliten el proceso productivo y disminuyan los tiempos de transformación de la materia prima para obtener un producto, así como el desarrollo de modelos 3D de la planta diseñada para el análisis de producción y presentación a la contraparte. Al igual que en el resto de proyectos ex aulas que pueden ser desarrollados en el laboratorio, una vez que los alumnos desarrollan el modelado del objeto a realizar, se acercan al centro donde se realiza la impresión 3D del mismo

La explicación del contenido de las guías de trabajo de laboratorio y una muestra de guías a realizar se presenta en el apartado de sistemas de apoyo del trabajo del laboratorio.

3.8.7.2. CÁLCULOS DE REQUERIMIENTOS DE MATERIAS PRIMAS PARA EL DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES DEL LABORATORIO DE FABRICACIÓN DIGITAL

Es necesario considerar ciertos factores en el cálculo del total de materias primas requeridas para el desarrollo de las prácticas de laboratorio para asegurar que los datos obtenidos son lo más apegados posibles a la realidad, entre estos datos tenemos:

1. La conversión de gramos de filamento a centímetros cúbicos de impresión, obtenido de consultar el portal en línea Fab Laboratory (2012) el cual indica que 0.75 gramos de filamento ABS o PLA de 3 mm de grosor equivale a 1 cm³ de una pieza impresa, para efectos de cálculo se ha agregado un 15% a este factor de conversión debido a que la cantidad de filamento empleado en una impresión aumenta no solo por el tipo de geometría a imprimir sino también por la malla de relleno que conforma la pieza, entre mayor trama exista dentro de la pieza mayor estabilidad esta presenta, el porcentaje agregado se debe también al hecho que ciertas piezas necesitan el uso de estructura de soporte para garantizar su correcta impresión; este material es retirado al terminar

la pieza y su única función es proporcionar una estructura de soporte para la construcción de partes con diseños complejos.

2. Al cálculo de consumo de materia prima por laboratorio debe agregarse un nuevo factor de 5% que está relacionado con errores de impresión a causa de interrupciones en el proceso de impresión por cortes de energía, fallos en el sistema, errores de diseño o errores de maquinaria como des calibración de la boquilla en el proceso de deposición de filamento para formar la pieza.
3. Otros datos a tener en cuenta son: el número de grupos de laboratorio dentro de cada cátedra, el número de equipos de trabajo que las conforman y los porcentajes de estos que realizarán las prácticas o harán uso del laboratorio de fabricación digital para el desarrollo de sus proyectos. El cálculo de requerimientos de materias primas incluye la consideración del número de piezas a imprimir por equipo de laboratorio y el número piezas a desarrollar dentro de cada práctica.

Una vez determinado cada uno de los factores a tomar en cuenta para el cálculo de requerimientos de materia prima se procede a crear una matriz que presente de forma esquemática los datos obtenidos por cada materia impartida durante los ciclos I y II en la carrera de ingeniería industrial como se muestra a continuación:

#	Asignatura	Nombre del laboratorio sugerido	Dimensión aproximada de estos piezas a desarrollar (cm ³)	Estimado de materia prima a emplear (gr)	Número de piezas por práctica (aprox.)	Número de alumnos por signatura	Número o % de grupos de trabajo que desarrollarán la práctica	Número de grupos de laboratorio por materia	Número de grupos de trabajo por grupo de laboratorio	Número de trabajos por grupo de laboratorio	Total materia prima por laboratorio
CICLO I											
1	Tecnología Industrial III (TIR-315)	Proyecto de la asignatura	40	36.00	1	75	100%	3	15	15	540.00
		Ensamble de piezas impresas en 3D	20	18.00	2		100%			30	1080.00
2	Fundamentos de economía (FDE-115)	Proyecto de la asignatura	60	54.00	2	300	25%	8	60	30	3240.00
3	Formulación y Evaluación de Proyectos (FEP-115)	Proyecto de la asignatura	40	36.00	1	60	30%	1	12	4	129.60
4	Ingeniería de Métodos (IMT-115)	Proyecto de la asignatura	20	18.00	10	100	20%	1	20	40	7200.00
TOTAL CICLO											12,189.60
CICLO II											
1	Tecnología Industrial II (TIR-215)	Fabricación de piezas utilizando TFD	60	54.00	2	150	100%	6	30	60	6480.00
		Estudio de piezas utilizando TFD	20	18.00	2		100%			60	2160.00

2	Ofimática y Software para Ingeniería Industrial (OFI -115)	Presentación del uso de TFD	15	13.50	3	150	100%	6	30	3	121.50
3	Mercadeo (MER-115)	Proyecto de la asignatura	60	54.00	1	60	30%	1	12	4	194.40
4	Distribución en planta (DIP-115)	Proyecto de la asignatura	20	18.00	1	75	10%	1	15	2	27.00
5	Fundamentos de economía (FDE-115)	Proyecto de la asignatura	36.00	2	100	100	25%	2	20	10	720.00
TOTAL CICLO											9702.90
TOTAL			355.50	27	1095	N.A.	29	355.50	214	257	21892.50

Tabla 122 Cálculo de requerimientos de materia prima para el desarrollo de los laboratorios de las asignaturas de la carrera de ingeniería industrial

Fuente: Elaboración Propia

De la tabla anterior se concluye que el requerimiento anual de materia prima para el desarrollo de las actividades del laboratorio dirigidas a la atención del segmento de estudiantes de la carrera de ingeniería industrial es de 21,892.50 gramos de filamento de 3.00 mm de espesor, que equivale a 22 rollos de filamento de 1 kilogramo.

Al analizar la información generada en el apartado del cálculo de demanda de servicios de fabricación digital se constata que la capacidad los cupos habilitados para cada asignatura, las prácticas de laboratorio proyectadas para que sean desarrolladas y el número equipos de laboratorio que las conformarán coincide con el número estimado a habilitar para la modalidad presencial, por lo que el cálculo de los requerimientos de materias primas para la formación de la población estudiantil en modalidad a distancia será en igual que las cantidades requeridas para la formación del segmento estudiantil presencial como se muestra continuación:

$$\text{Demanda MP}_{\text{modalidad a distancia}} = \text{Demanda MP}_{\text{modalidad presencial}} = 21892.50 \frac{\text{gr}}{\text{Filamento}}$$

Ecuación 16 Demanda de materia prima para modalidad a distancia

Con esto se tiene que la demanda anual de materias primas para la modalidad a distancia es de 21,892.50 gramos que equivale a 22 rollos de filamento de 1 kilogramo; de los cálculos anteriores se tiene que la **demanda total anual para la atención del segmento estudiantil** de la carrera de ingeniería industrial es de 43,785 gramos, que equivale a **44 rollos de filamento para impresión 3D** que deben ser adquiridos por el laboratorio de forma anual.

En cuanto a la estimación de los requerimientos de materia prima del sector manufactura, remitiendo a los datos estimados en el apartado de cálculo de demanda, se tiene que mensualmente se atenderá un promedio de 4 empresas que solicitan servicios de fabricación digital, para realizar un estimado de la cantidad de materia prima para realizar los procesos destinados a la atención del sector manufactura se realiza la consulta al Ingeniero Gilberto Carrillo, representante del Centro de Prototipado Rápido de la Universidad Don Bosco, quien indicó que del total de servicios prestados a las empresas el 50% pertenecen a diseño e impresión 3D, con un volumen de producción de 600 cm³ mensuales. Partiendo de este dato y tomando en cuenta estimaciones sugeridas por la dirección de la Escuela de Ingeniería Industrial, esta cantidad como un aproximado a imprimir en proyectos solicitados por el sector manufactura por mes de trabajo en el laboratorio, de lo cual se tiene que el total anual de materia prima, en este caso de filamento de impresión 3D, está dado por:

$$\text{Demanda de MP para el sector manufactura} = \text{demanda mensual} * 12 \frac{\text{meses}}{\text{año}}$$

Ecuación 17 Cálculo de requerimiento de materia prima para el sector manufactura.

De la ecuación anterior y empleando el factor de conversión utilizado en el cálculo de demanda de materia prima para el sector estudiantil se tiene que:

$$\text{Demanda MP sector manufac.} = 600 \text{ cm}^3 * 0.75 \frac{\text{gramos}}{\text{cm}^3} = 450 \frac{\text{gramos}}{\text{año}}$$

$$\text{Demanda de MP para el sector manufactura} = 450 * 12 \frac{\text{meses}}{\text{año}} = 5400 \frac{\text{gramos}}{\text{año}}$$

Por lo que se concluye que la demanda total de materia prima para los servicios de impresión 3D será de 2700 gramos al año, que equivale a 6 rollos de filamento de 1 Kg. A partir de las estimaciones y cálculos realizados previamente, se estima la demanda total de filamento necesario de forma anual para el desarrollo de las prácticas de laboratorio como muestra el siguiente cuadro:

No.	Segmento	Demanda de Materia prima (gr)
1	Sector estudiantes	43,785.00
2	Sector empresas de manufactura	5400.00
TOTAL		43,790.00

*Tabla 123 Demanda de MP para atender los segmentos de demanda a TF
Fuente: Elaboración Propia*

Por lo que se concluye que la demanda anual total de materias primas para el desarrollo de las actividades del laboratorio es igual a 43,790.00, que equivale a aproximadamente a **44 rollos de filamento de 1 kg que deben ser comprados anualmente**

3.8.7.3. SISTEMA DE INVENTARIO

Para el Laboratorio de fabricación digital de la Escuela de Ingeniería Industrial, en su primera fase de implementación del módulo 3D se tiene la particularidad que funcionará con un solo tipo de materia prima, es decir, el filamento para las impresoras 3D. El otro tipo de maquinaria que se usará en el Laboratorio es el escáner 3D este debido a la particularidad de su funcionamiento no necesita materia prima, ya que trabajará con los objetos propuestos por los usuarios para ser escaneado.

Como se describió anteriormente es una sola materia prima en diversos tipos, es decir, la composición es diversa. Principalmente se utilizarán dos tipos de filamento en el Laboratorio de Fabricación Digital, el PLA y el ABS, ya que son los que se encuentran con mayor facilidad en el mercado y presenta mayor ventaja para con las propiedades de moldeo. Para el presente análisis se retoma el ABS descrito en la Planificación de la prestación de servicios.

Se procede a obtener la materia prima necesaria para la prestación del servicio de impresión 3D en un período de tiempo uniforme para las prácticas de cátedras presenciales, las prácticas de las cátedras de educación a distancia y las empresas solicitantes del servicio.

El stock mínimo permisible para la materia prima filamento será determinado para el período de 1 mes, ya que los proveedores de materia prima han manifestado que, en caso de desabastecimiento local, se tardarían alrededor de 2 semanas en conseguir la materia prima puesta en el Laboratorio de Fabricación Digital.

La demanda mensual se divide por los dos segmentos de interés el estudiantil y el de las empresas. Para el caso del sector estudiantil en modalidad presencial y a distancia se ha determinado una demanda total para ambos ciclos (duración de 4 meses cada uno) de 43,785.00 gramos de filamento, la demanda mensual viene dada por:

$$Demanda\ mensual\ estudiantes = \frac{43,785.00\ gramos}{8\ meses}$$

$$Demanda\ mensual\ estudiantes = 5,473.13 \frac{gramos}{mes}$$

Para el sector empresarial, la demanda mensual viene dada por:

$$Demanda\ mensual\ empresas = 450\ gramos/mes$$

La demanda de materia prima mensual total es de:

Demanda mensual total = Demanda mensual estudiantil + Demanda mensual empresarial

$$Demanda\ mensual\ total = 5,473.13 \frac{gramos}{mes} + 450.00 \frac{gramos}{mes}$$

$$Demanda\ mensual\ total = 5,923.13 \frac{gramos}{mes}$$

Bajo este análisis se determina que el Laboratorio de Fabricación Digital debe contar con un inventario mínimo de 15 días como política de inventarios, es decir:

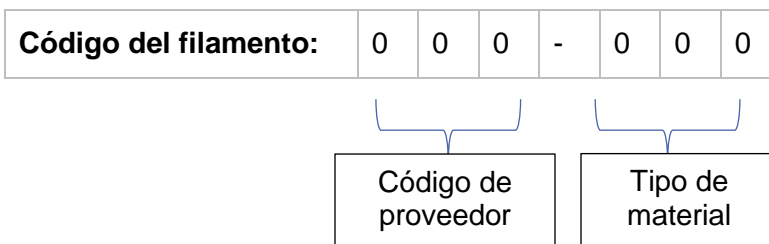
Politica de inventario = 15 días

MÉTODO DE INVENTARIO

Para manejar el inventario de materia prima que contendrá el Laboratorio de Fabricación Digital, se propone el método PEPS (Primeras Entradas Primeras Salidas); si bien es cierto que el filamento no es una materia prima perecedera, se toma a bien las consideraciones y sugerencias de los proveedores y de los expertos en trabajos 3D, al sugerir el uso de los filamentos en un período no mayor a 6 meses luego de su recepción.

Para manejar el inventario se empleará un sistema computarizado, en el cual se registrarán las entradas y salidas de materia prima, esto mediante el software Excel de Microsoft, el cual ya está incluido en el paquete de computadoras seleccionado en las alternativas de solución.

Cabe destacar una particularidad con respecto a la materia prima a utilizar en el laboratorio, si bien el ABS y el PLA son los materiales más comunes en el mercado y con mayor uso por los que trabajan con Tecnologías de Fabricación Digital; se prevé que se tendrán situaciones en las que los usuarios solicitarán el uso de un material distinto a los anteriormente mencionados, es una de las ventajas que ofrecen las impresoras seleccionadas, la variedad de materiales que se pueden utilizar, por lo tanto, se establece que para el correcto control del inventario, se genere un código por cada material que se esté utilizando en las prácticas, la codificación será de la siguiente manera:



A continuación, se presentan el formato para el control de inventario:


UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR											
FACULTAD DE INGENEIRÍA Y ARQUITECTURA											
ESCUELA DE INGENEIRÍA INDUSTRIAL											
LABORATORIO DE FABRICACIÓN DIGITAL											
											
REGISTRO DE CONTROL DE INVENTARIO											
NOMBRE DE LA MATERIA PRIMA:		UNIDAD DE COMPRA:			CÓDIGO DE FILAMENTO			EXISTENCIAS MÍNIMAS			
PROVEEDOR:		CÓDIGO PROVEEDOR:			EXISTENCIAS MÁXIMAS			MÉTODO		PEPS	
NO.	FECHA (DD/MM/AA)	CONCEPTO	ENTRADAS			SALIDAS			EXISTENCIAS		
			CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1				\$0.00	\$0.00		\$0.00	\$0.00		\$0.00	\$0.00
2				\$0.00	\$0.00		\$0.00	\$0.00		\$0.00	\$0.00
3				\$0.00	\$0.00		\$0.00	\$0.00		\$0.00	\$0.00
4				\$0.00	\$0.00		\$0.00	\$0.00		\$0.00	\$0.00
5				\$0.00	\$0.00		\$0.00	\$0.00		\$0.00	\$0.00
6				\$0.00	\$0.00		\$0.00	\$0.00		\$0.00	\$0.00
7				\$0.00	\$0.00		\$0.00	\$0.00		\$0.00	\$0.00
8				\$0.00	\$0.00		\$0.00	\$0.00		\$0.00	\$0.00
9				\$0.00	\$0.00		\$0.00	\$0.00		\$0.00	\$0.00
10				\$0.00	\$0.00		\$0.00	\$0.00		\$0.00	\$0.00
11				\$0.00	\$0.00		\$0.00	\$0.00		\$0.00	\$0.00
12				\$0.00	\$0.00		\$0.00	\$0.00		\$0.00	\$0.00
13				\$0.00	\$0.00		\$0.00	\$0.00		\$0.00	\$0.00
14				\$0.00	\$0.00		\$0.00	\$0.00		\$0.00	\$0.00
15				\$0.00	\$0.00		\$0.00	\$0.00		\$0.00	\$0.00
16				\$0.00	\$0.00		\$0.00	\$0.00		\$0.00	\$0.00
17				\$0.00	\$0.00		\$0.00	\$0.00		\$0.00	\$0.00
18				\$0.00	\$0.00		\$0.00	\$0.00		\$0.00	\$0.00
19				\$0.00	\$0.00		\$0.00	\$0.00		\$0.00	\$0.00
20				\$0.00	\$0.00		\$0.00	\$0.00		\$0.00	\$0.00

Ilustración 63 Formato de registro de control de inventario

Fuente: Elaboración propia

3.8.7.4. UNIDADES BUENAS A PLANIFICAR PRODUCIR

En el presente estudio se tiene la particularidad que la producción estará determinada únicamente por los requerimientos de los usuarios, es decir, que no se tendrá un stock fijo, ya que la producción estará completamente determinada por los servicios brindados en las materias, las solicitudes de los estudiantes y en un futuro, por la demanda de las empresas.

Solamente el servicio de impresión 3D es afectado por los factores de materia prima, desperdicios y tiempo de producción. El porcentaje de producción buena terminada, según lo investigado el estándar de desperdicio es del 5% en la impresión 3D, por lo tanto, el porcentaje bueno es 95%.

A continuación, se detalla la demanda de la prestación de servicios de los dos grandes sectores que abarca el estudio, el empresarial y el estudiantil.

EMPRESARIAL

En base a los datos recolectados en el estudio de las empresas solicitantes de los servicios 3D se estima las proyecciones de ventas, para el caso particular de los servicios prestados al sector empresarial se tiene que es hasta en el año 3 de la implementación del laboratorio que se comenzará a brindar los servicios a las empresas.

AÑO	IMPRESIÓN 3D	ESCANEEO 3D	DISEÑO 3D
1			
2			
3	24	48	96
4	25	49	98
5	25	50	100
6	26	51	102
7	27	53	106
8	28	55	110
9	29	57	114
10	30	59	118

*Tabla 124 Servicios a empresas
Fuente: Elaboración Propia*

ESTUDIANTIL

En la planificación de la prestación de servicios, se estima por cada materia la solicitud de servicios de impresión 3D, este dato se obtiene de la tabla 125 cálculo de requerimientos de materia prima para el desarrollo de las asignaturas, se toman las siguientes consideraciones:

AÑO	IMPRESIÓN 3D	ESCANEEO 3D	DISEÑO 3D
1	65	92	56
2	65	92	56
3	65	92	56
4	65	92	56
5	65	92	56
6	65	92	56
7	65	92	56
8	65	92	56
9	65	92	56
10	65	92	56

Tabla 125 Servicios a estudiantes

Fuente: Elaboración propia

VENTAS TOTALES

A continuación, se agrupa la prestación de servicios por su tipo para la proyección de los próximos 10 años:

SERVICIO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
IMPRESIÓN 3D	65	65	89	90	90	91	92	93	94	95
ESCANEEO 3D	92	92	140	141	142	143	145	147	149	151
DISEÑO 3D	56	56	152	154	156	158	162	166	170	174

Tabla 126 Pronóstico de venta a 10 años

Fuente: Elaboración Propia

Se procede a determinar los servicios que se brindarán por medio de las Unidades Buenas a Planificar Producir, esto es tomando en consideración el porcentaje de desperdicio antes mencionado, además para los servicios de escaneo y de diseño 3D, las ventas totales serán las mismas UBPP, por criterio de satisfacción de demanda puntual.

UNIDADES BUENAS A PLANIFICAR PRODUCIR

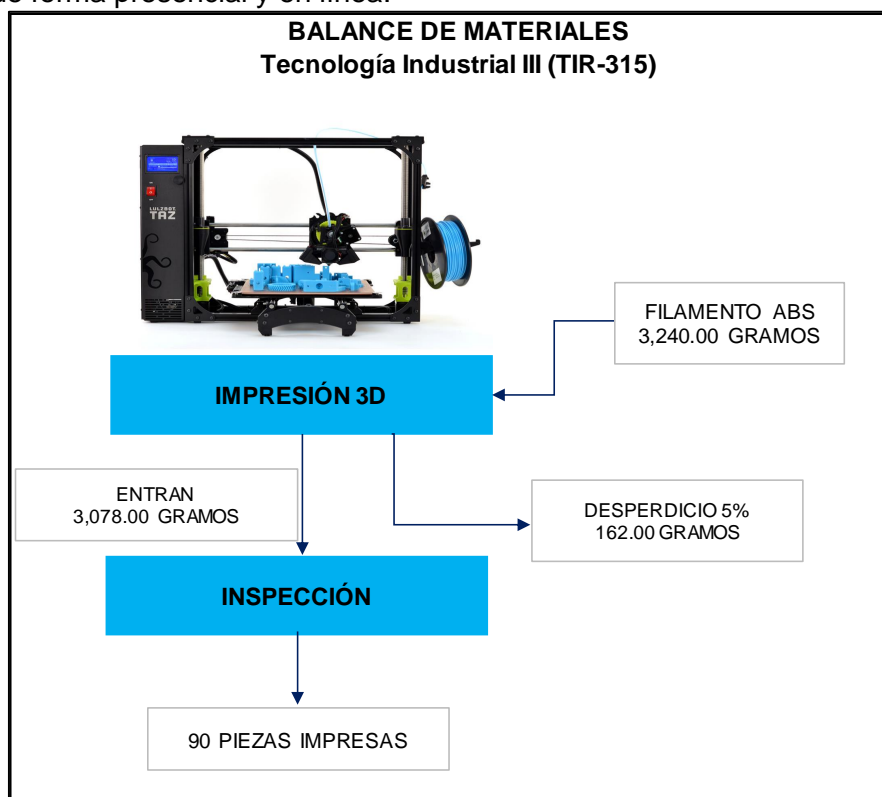
A continuación, se presenta el pronóstico de producción para los siguientes 10 años.

SERVICIO	UBPP 10 AÑOS									
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
IMPRESIÓN 3D	68	68	94	95	95	96	97	98	99	100
ESCANEADO 3D	92	92	140	141	142	143	145	147	149	151
DISEÑO 3D	56	56	152	154	156	158	162	166	170	174

Tabla 127 UBPP 10 años
Fuente: Elaboración Propia

3.8.7.5. BALANCE DE MATERIALES

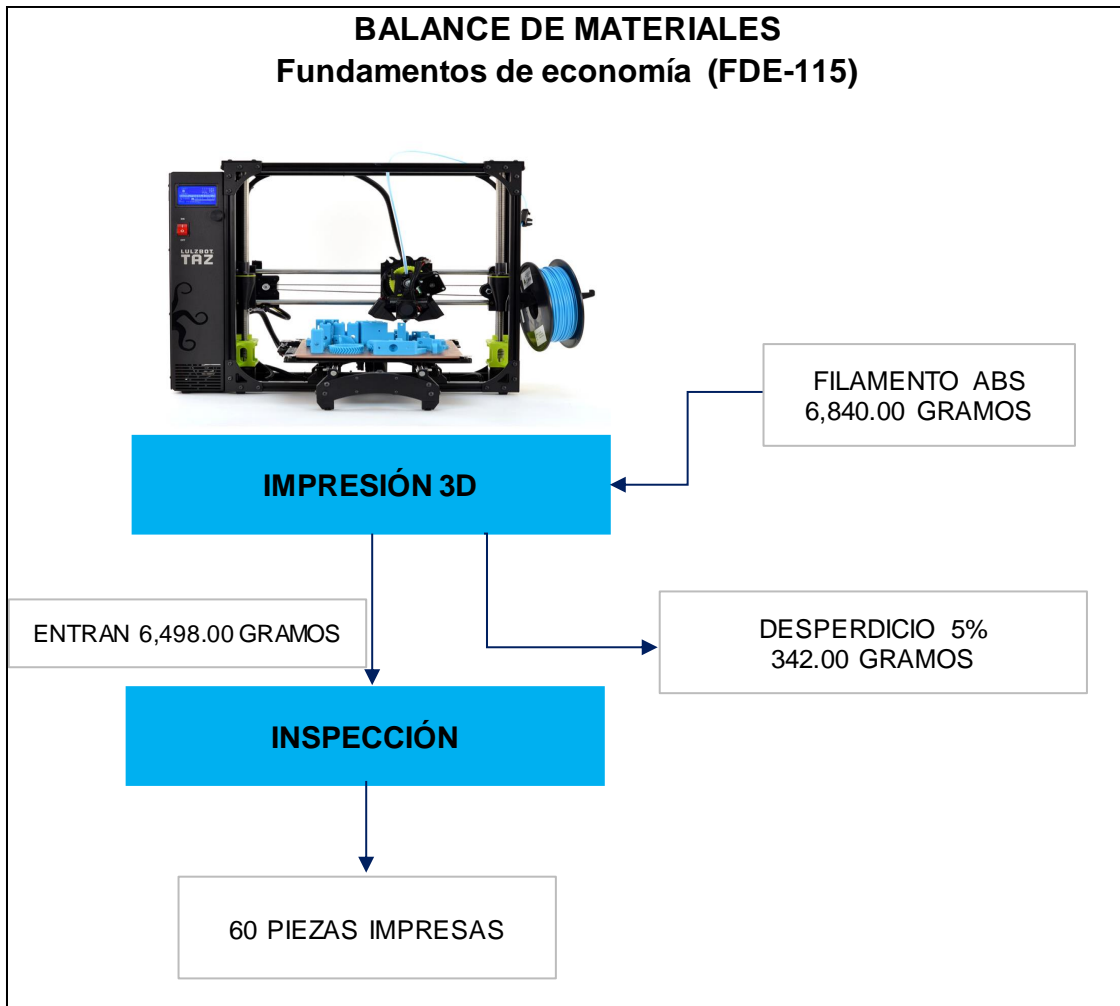
El Balance de Materiales se efectúa para cada una de las materias que tienen asignadas prácticas de laboratorio, el balance se realiza por ciclo, de esta forma se tendrá una estimación del consumo de materiales por asignatura y se le podrá asociar un costo individual de manera más sencilla. A continuación, se muestra el balance de materiales para las asignaturas que cursarán de forma presencial y en línea:



Esquema 3 Balance de materiales de la cátedra Tecnología industrial III

Fuente: Elaboración propia

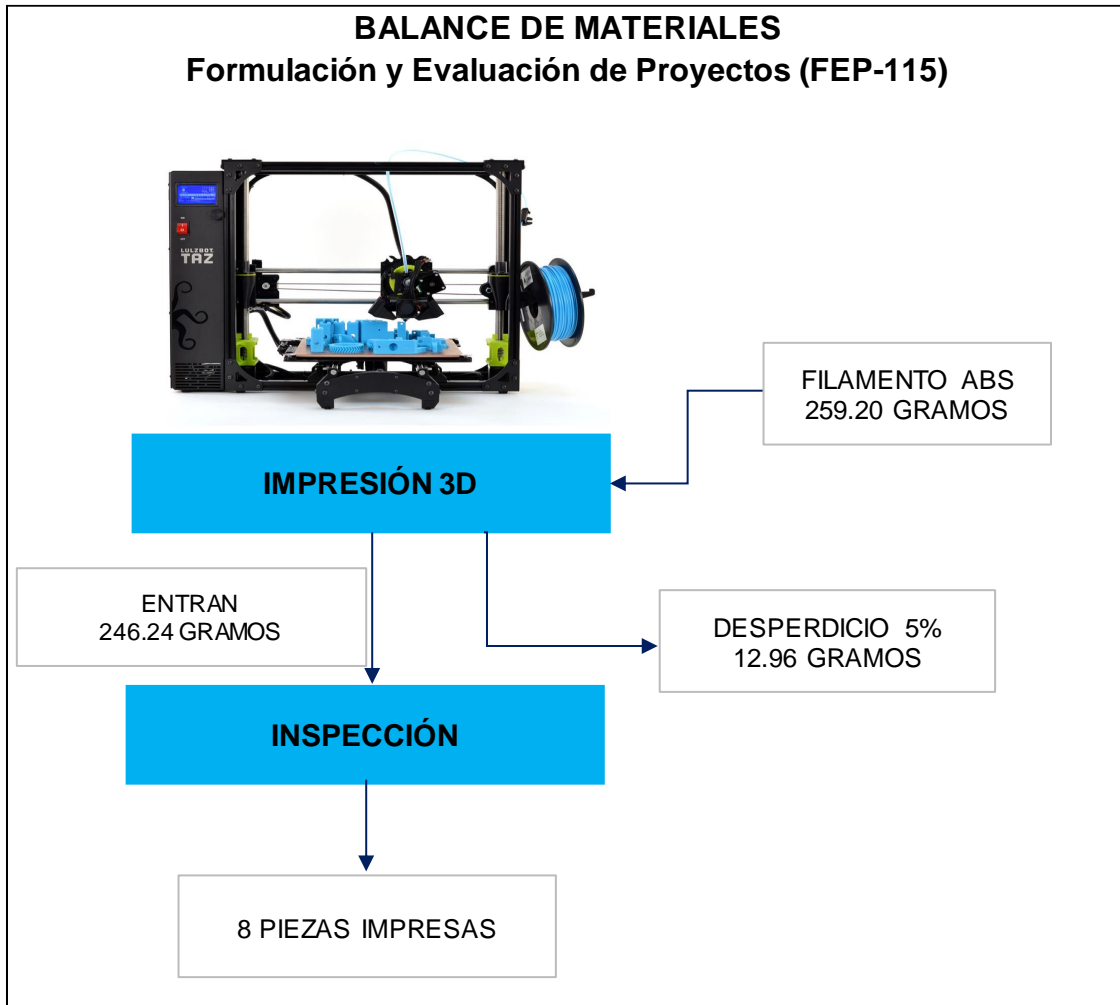
BALANCE DE MATERIALES
Fundamentos de economía (FDE-115)



Esquema 4 Fundamentos de Economía

Fuente: Elaboración propia

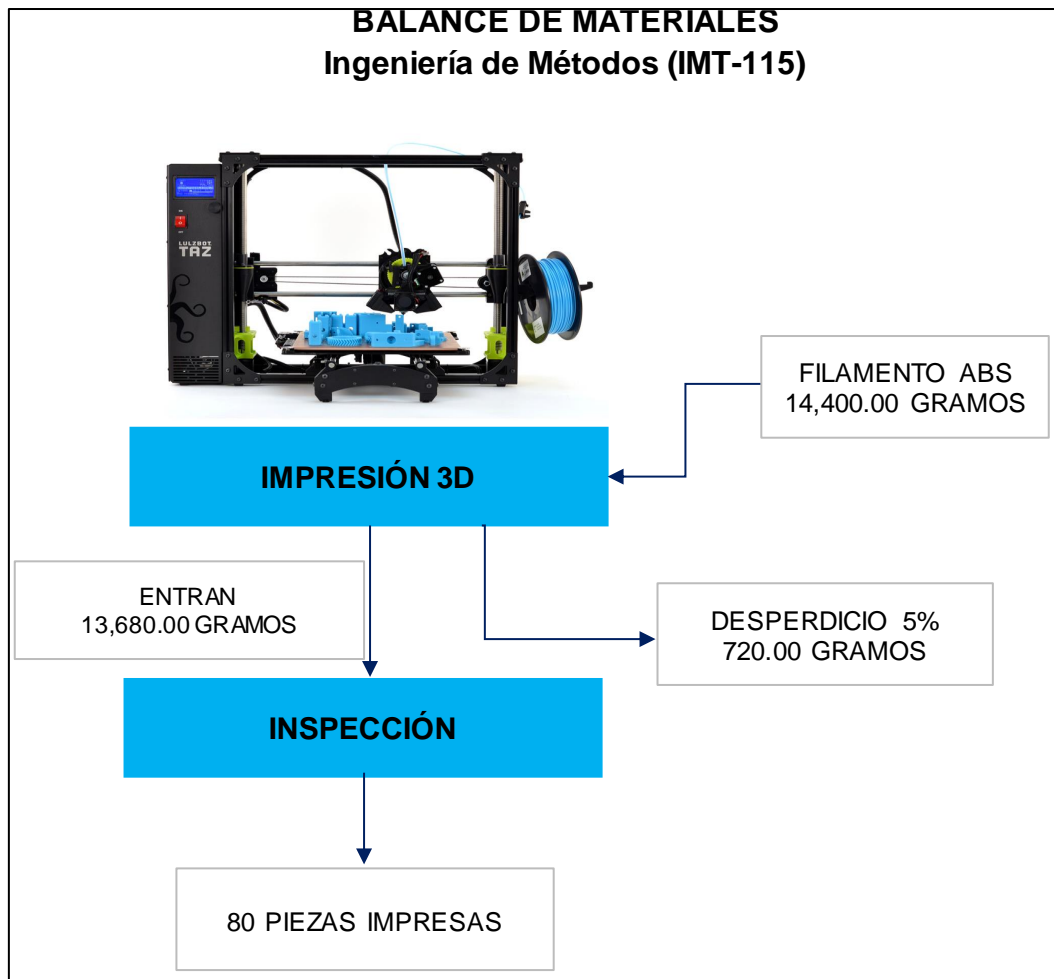
BALANCE DE MATERIALES Formulación y Evaluación de Proyectos (FEP-115)



Esquema 5 Balance de materiales de la cátedra Formulación y Evaluación de Proyectos

Fuente: Elaboración propia

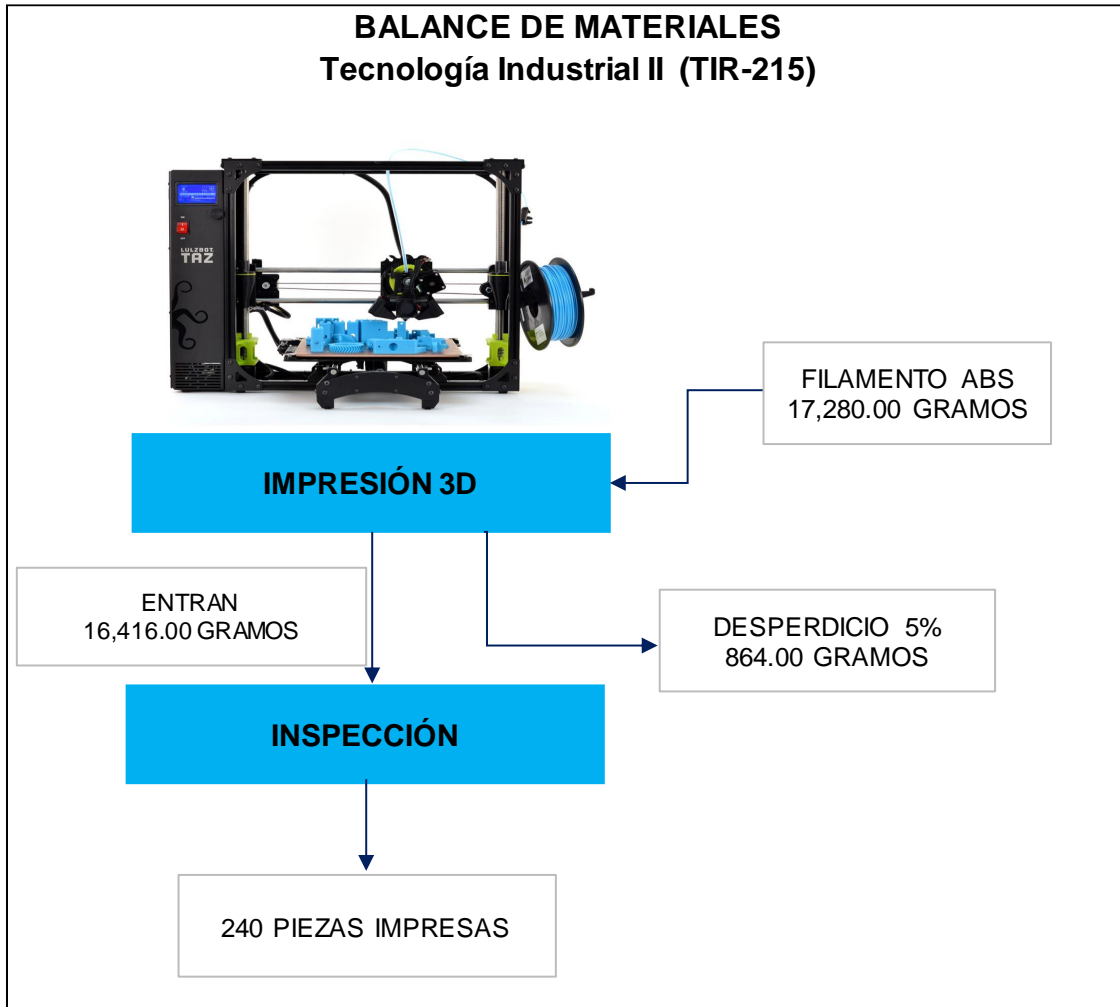
BALANCE DE MATERIALES
Ingeniería de Métodos (IMT-115)



Esquema 6 Balance de materiales de la cátedra Ingeniería de Métodos

Fuente: Elaboración propia

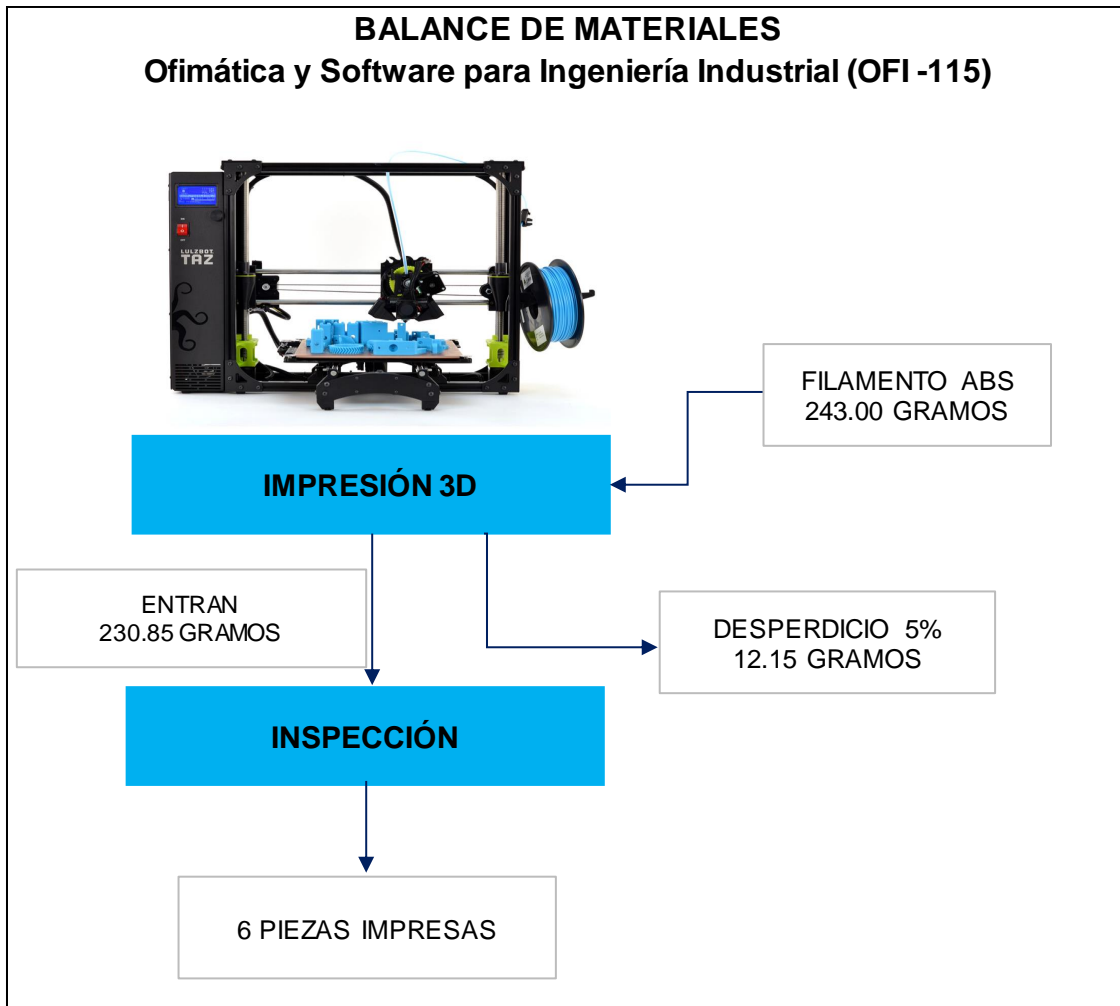
A continuación, se muestra el balance de materiales para las asignaturas del ciclo II que conllevan prácticas de laboratorio:



Esquema 7 Balance de materiales de la cátedra Tecnología Industrial II

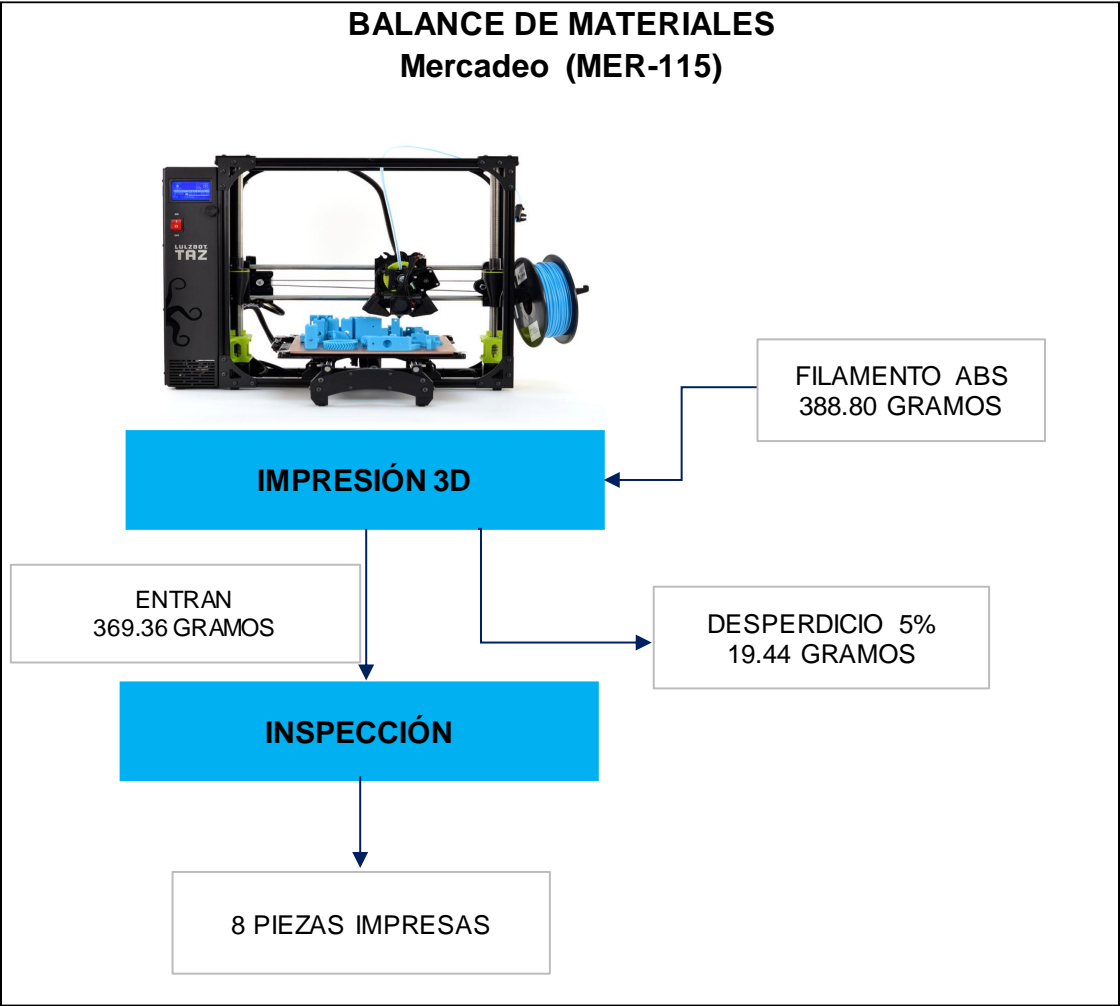
Fuente: Elaboración propia

BALANCE DE MATERIALES
Ofimática y Software para Ingeniería Industrial (OFI -115)



Esquema 8 Balance de materiales de la cátedra Ofimática y Software para ingeniería Industrial

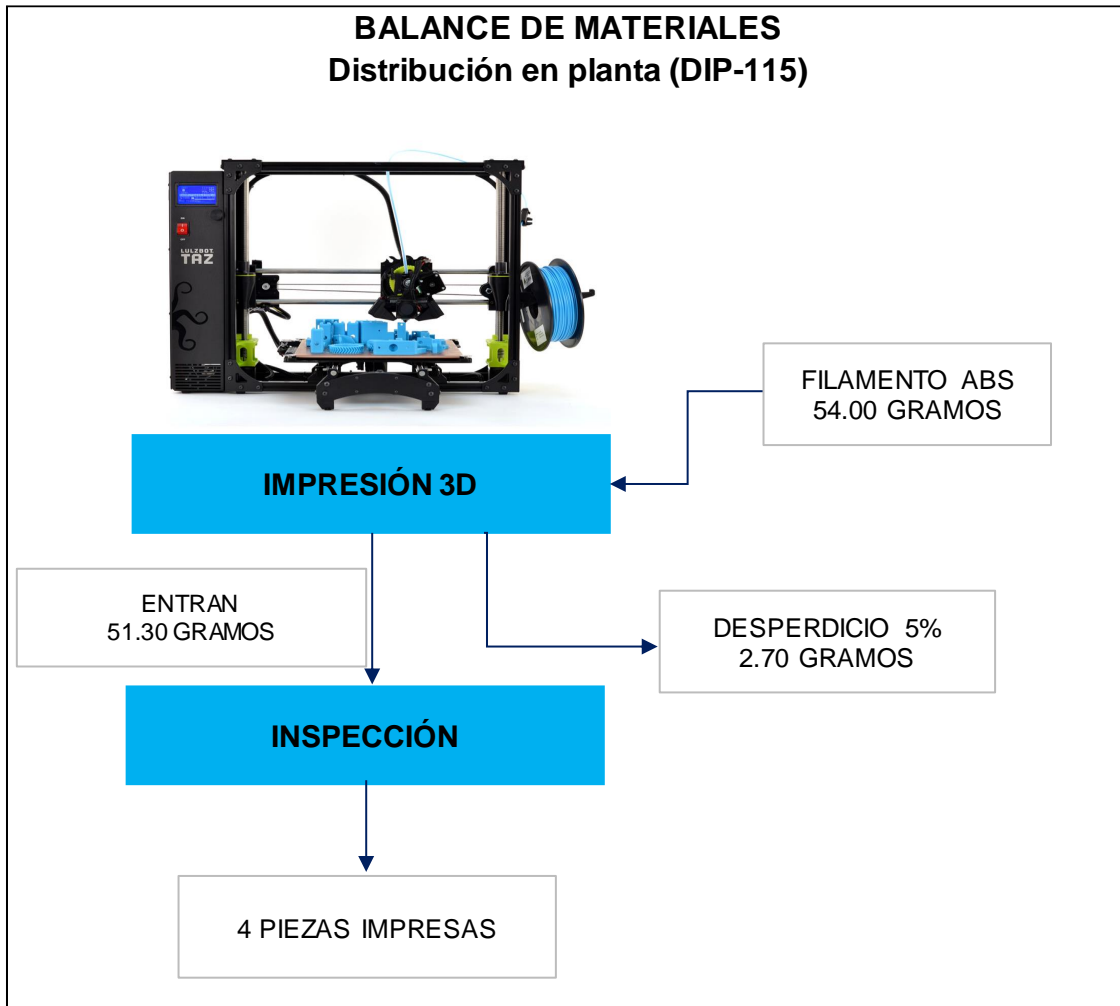
Fuente: Elaboración propia



Esquema 9 Balance de materiales de la cátedra Mercadeo

Fuente: Elaboración propia

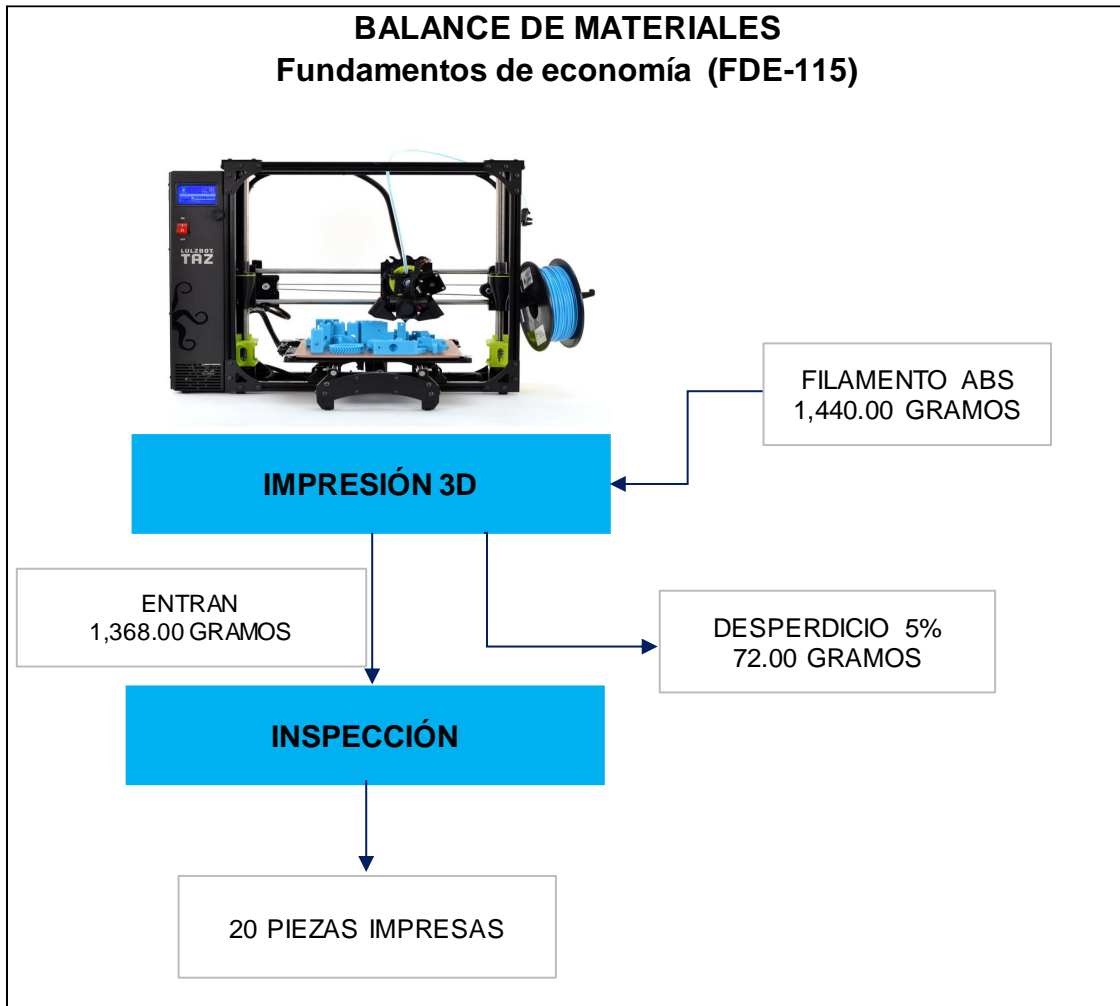
BALANCE DE MATERIALES Distribución en planta (DIP-115)



Esquema 10 Balance de materiales de la cátedra Distribución en planta

Fuente: Elaboración propia

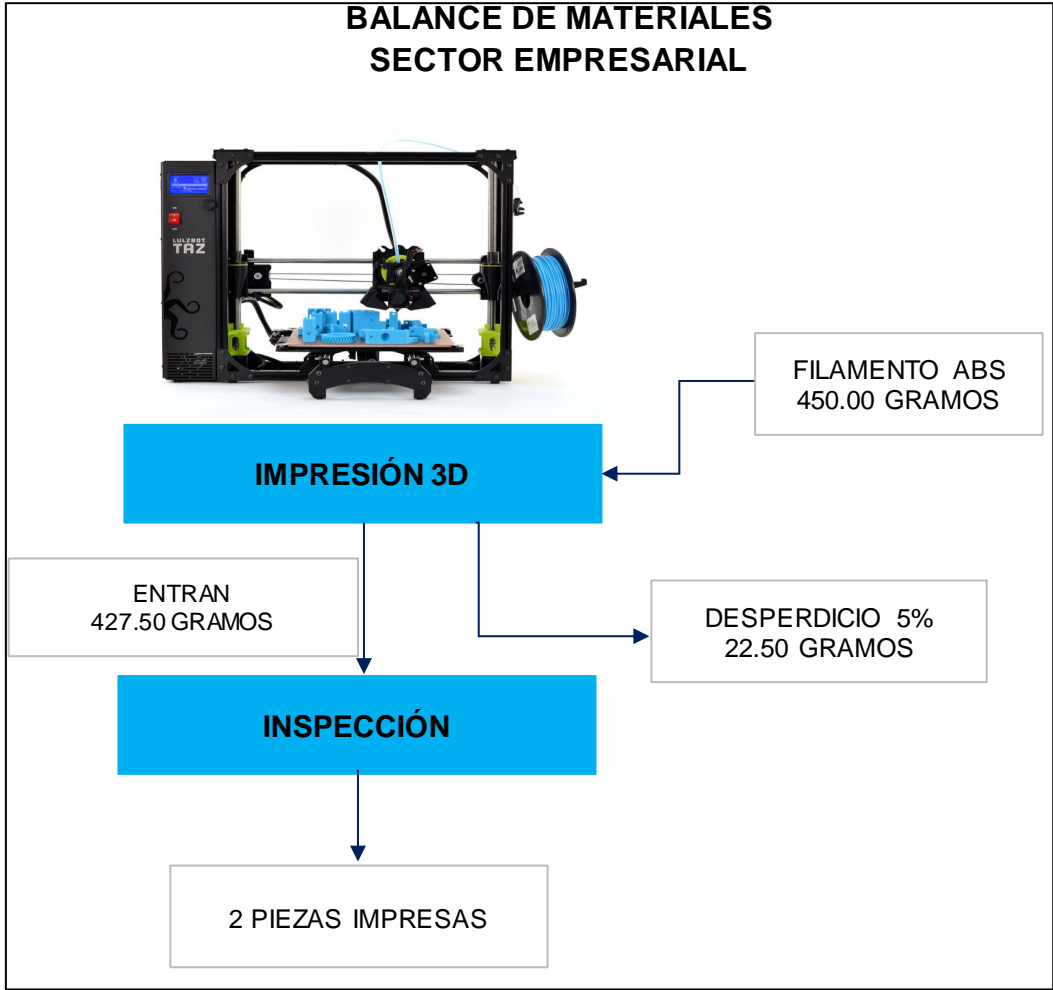
BALANCE DE MATERIALES Fundamentos de economía (FDE-115)



Esquema 11 Balance de materiales de la cátedra Fundamentos de Economía

Fuente: Elaboración propia

Para el segmento de las empresas manufactureras se realiza el balance de línea de forma anual así:



Esquema 12 Balance de materiales de la cátedra sector empresas de manufactura

Fuente: Elaboración propia

3.8.7.6. PERSONAL REQUERIDO

Para determinar el personal necesario para el funcionamiento del Laboratorio de Fabricación Digital, se retoman los datos calculados en la parte de demanda de los servicios de fabricación digital, en la que se obtiene el número de horas totales al año para la prestación de servicio, a continuación, se muestra un cuadro resumen con las horas necesarias incluyendo la prestación de servicios a los estudiantes y a las empresas:

PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DE SERVICIOS DE FABRICACIÓN DIGITAL DEL LABORATORIO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL	
AÑO	HORAS TOTALES AL AÑO
1	757
2	1021
3	1573
4	1718
5	1745
6	1752
7	1759
8	1766
9	1773
10	1781
TOTAL	15644

Tabla 128 Demanda de horas al año para servicios

Fuente: Elaboración propia

Además, en la parte de determinación del período de producción se efectúa el cálculo del tiempo normal de trabajo; este dato fue calculado bajo la política laboral de la Universidad de El Salvador y también tomando las siguientes consideraciones:

- A. Número de turnos al día: 1
- B. Número de horas de trabajo al día: 8
- C. Días laborales de trabajo a la semana: 5
- D. Días no laborales de trabajo a la semana: 2

E. Días laborales al año: 287

Dando como resultado lo siguiente:

$$\textit{Tiempo Normal de Trabajo Ajustado} = 1,904 \textit{ horas/año}$$

Al realizar la comparación entre la demanda de horas totales al año y el tiempo normal de trabajo ajustado se observa que la demanda de horas es menor al tiempo disponible, por lo tanto, se cubre la demanda proyectada. Bajo este análisis se determina que es necesaria una persona calificada para la atención del Laboratorio de Fabricación Digital.

Para comprobar lo anterior, se realiza el cálculo bajo el análisis de la contratación de una persona para dirigir el centro así:

- Horas laborales al día 8
- Días laborales al año 238 (Determinado bajo la política laboral de la UES)

Horas de trabajo al año

$$\textit{Horas de trabajo al año} = 8 \times 238$$

$$\textit{Horas de trabajo al año} = 1,904 \textit{ horas/año}$$

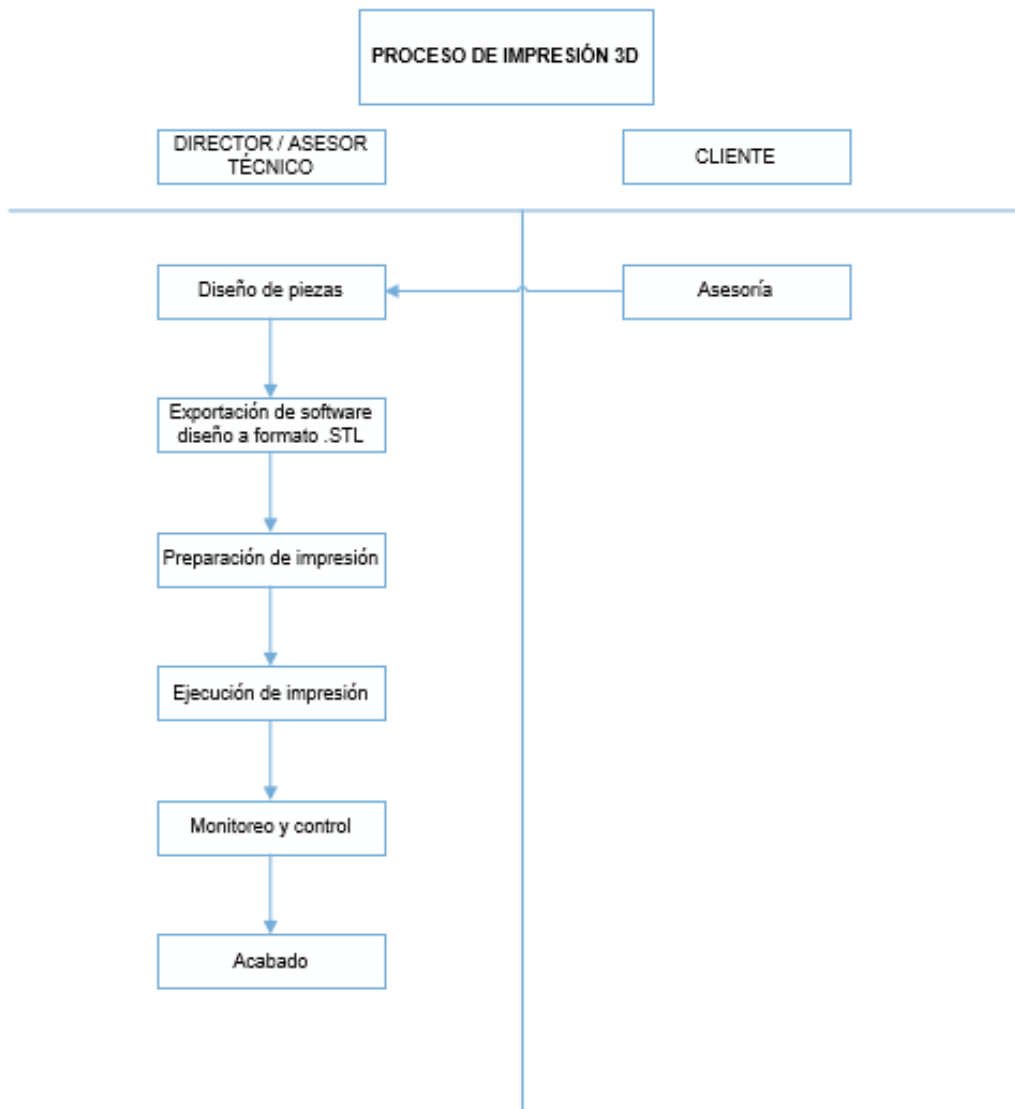
Con este cálculo se justifica la necesidad de contratación de una persona para ejecutar el control del laboratorio de fabricación digital, se sugiere además que se de apoyo a esta persona con el área de servicio social de la Escuela de Ingeniería Industrial, esto se explicará con mayor detalle en la parte de organización.

Se tendrá un director técnico asesor, quien será la persona contratada para controlar las funciones del Laboratorio de Fabricación Digital y se tendrá un asesor técnico y se solicitará a la sub unidad de proyección social de la Escuela de Ingeniería Industrial la asignación de un estudiante para realizar actividades de apoyo al Laboratorio.

3.8.8.DISEÑO DE PROCESOS

Se describirá el diseño de 3 procesos, los concernientes al módulo 3D, Impresión 3D, Escaneo 3D y Diseño de Productos 3D, esta descripción se hace mediante un diagrama de bloques, cabe destacar que cada proceso es realizado de forma única en el mismo puesto de trabajo.

IMPRESIÓN 3D



Esquema 13 Diagrama de flujo del proceso de impresión 3D

Fuente: Elaboración propia

Los procesos expuestos para la impresión 3D se describen a continuación:

ASESORÍA

Este proceso es exclusivo para las empresas, ya que se tendrán diversos requerimientos de cada tipo de rubro, por lo tanto, se deberá orientar al cliente acerca de que es lo que desea, enfocar su idea a una visión de proyecto de prototipado, ofrecer los otros servicios del Laboratorio y así brindarle la mejor opción.

DISEÑO DE PIEZAS

Consiste en la utilización de un software para la creación de una pieza

EXPORTACIÓN DE SOFTWARE DE DISEÑO A FORMATO .STL

La acción se ejecuta directamente en el software de diseño, guardándolo con una extensión .STL con el cual es posible la impresión 3D.

PREPARACIÓN DE IMPRESIÓN

Son todos los previos a realizar para preparar o condicionar la impresora 3D para un trabajo de manera correcta.

EJECUCIÓN DE LA IMPRESIÓN

Consiste en la actividad de la impresora 3D, es decir, la extrusión del material de filamento para capa a capa formar la pieza que se ha diseñado.

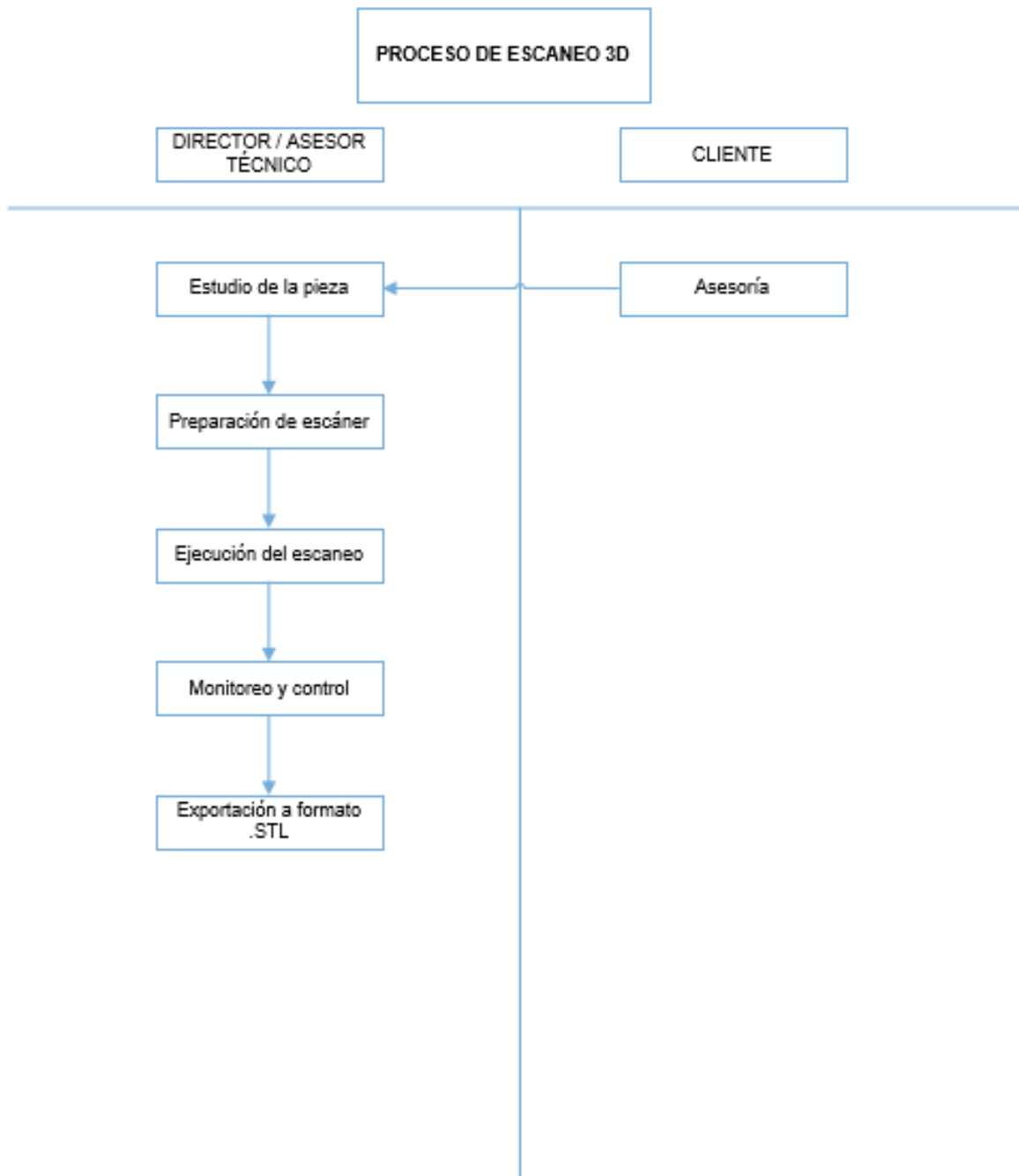
MONITOREO Y CONTROL

Este proceso consiste en la supervisión del trabajo que está haciendo la impresora, este control lo ejecuta tanto el usuario del servicio como el responsable del laboratorio.

ACABADO

En algunos casos la pieza obtenida deberá ser modificada conforme sea el requerimiento de pieza final, de manera que se realizarán algunos acabados como pintura, lijado, extracción de rebabas y otras modificaciones conforme al material usado en la impresión.

ESCANEEO 3D



Esquema 14 Diagrama de flujo del proceso de escaneo 3D

Fuente: Elaboración propia

Los procesos expuestos para el escaneo 3D se describen a continuación:

ASESORÍA

Se deberá orientar al cliente acerca de los requerimientos que este estipula, enfocar su idea a una visión de proyecto de prototipado, ofrecer los otros servicios del Laboratorio y así brindarle la mejor opción.

ESTUDIO DE LA PIEZAS

Consiste analizar las condiciones en que se encuentra la pieza en cuestión y determinar si cumple o no los criterios para poder ser escaneada.

PREPARACIÓN DEL ESCÁNER

Son todos los previos a realizar para preparar o condicionar el escáner 3D para un trabajo de manera correcta.

EJECUCIÓN DEL ESCANEO

Consiste en la actividad del escáner 3D, grabando cada una de las dimensiones y formas que en conjunto conforman la geometría de la pieza en análisis.

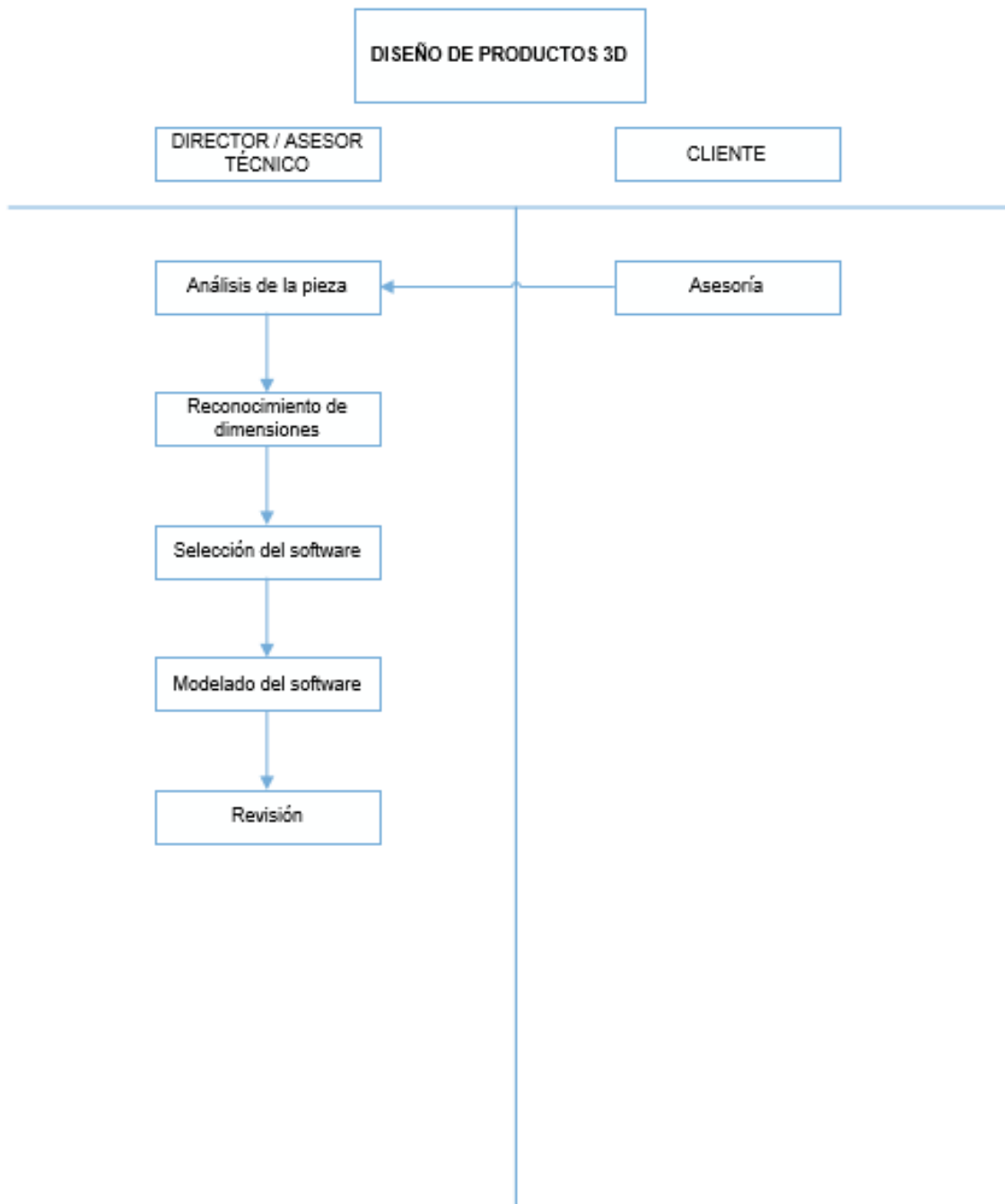
MONITOREO Y CONTROL

Este proceso consiste en la supervisión del trabajo que está haciendo el escáner, este control lo ejecuta tanto el usuario del servicio como el responsable del laboratorio.

EXPORTACIÓN A FORMATO .STL

Luego de ejecuta la acción del software, la información capturada sobre la geometría de la pieza en análisis es pasada al formato .STL y está lista para imprimir.

DISEÑO DE PRODUCTOS 3D



Esquema 15 Diagrama de flujos del proceso de diseño 3D

Fuente: Elaboración propia

Los procesos expuestos para el diseño de productos se describen a continuación:

ASESORÍA

Se deberá orientar al cliente acerca de lo que requiere, enfocar su idea a una visión de proyecto de prototipado, ofrecer los otros servicios del Laboratorio y así brindarle la mejor opción.

ANÁLISIS DE LA PIEZAS

Consiste en el estudio físico o visual de la pieza o dibujo que se va a modelar en el software

RECONOCIMIENTO DE DIMENSIONES

Es de gran importancia la estimación de las dimensiones de la pieza en análisis, para determinar si se trabajara a escala.

SELECCIÓN DEL SOFTWARE

Dependerá del usuario y su experiencia en el uso de determinado software contenido en el paquete de AUTODESK, para el caso de las empresas, se dará a escoger en programa a usar.

MODELADO EN SOFTWARE

Es el proceso principal, con el empleo de un software se dan las dimensiones y formas necesarias para la elaboración de la pieza en el formato CAD asociado al programa.

REVISIÓN

El responsable del Laboratorio, revisará las piezas diseñadas en los softwares para dar validez a que son correctas.

3.8.9.DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

Para realizar la estimación y localización de áreas se sigue la de elaboración de hoja de requerimientos de maquinaria y personal, carta de actividades relacionadas, tabla de relación de actividades, diagrama de bloques, hoja de requerimientos de áreas y primera aproximación de la DIP. A continuación, se presentan las áreas que conforman la organización y se describe brevemente en qué consisten las actividades desarrolladas por cada área.

3.8.9.1. DESCRIPCIÓN DE ÁREAS

1. **Área de Recepción:** Espacio diseñado para que los estudiantes y usuarios del laboratorio coloquen sus pertenencias en armarios antes de iniciar las prácticas de laboratorio o de hacer uso de las tecnologías que lo conforman.
2. **Área Administrativa:** Área de trabajo destinada para el director del laboratorio y el asesor técnico realicen tareas de diseño y procesos administrativos para asegurar el correcto funcionamiento del laboratorio, el área de trabajo para el director del laboratorio consta de una computadora para desarrollar modelos 3D un módulo de trabajo, teléfono y equipo de oficina para el desarrollo de las actividades de coordinación del laboratorio, elemento; mientras que el área de trabajo para el asistente está formada por un ordenador y su respectivo módulo.
Área de trabajo destinada para el uso del auxiliar del laboratorio de fabricación digital, puede ser un estudiante o técnico contratado, Área de trabajo
3. **Módulo Impresión 3D:** Área asignada al módulo de impresión 3D, estará formado por las impresoras 3D, los ordenadores para el control del equipo y transferencia de diseños a formato STL requerido para realizar la impresión 3D, en estas máquinas se realizan ajustes menores
4. **Módulo de Escaneo:** Módulo formado por el escáner y computadora para controlar su uso, será administrada por los técnicos y el asesor del laboratorio.
5. **Área de Almacenaje:** Zona destinada para el almacenamiento de rollos de filamento empleados en la impresión 3D (ABS O PLA), equipo requerido para el desarrollo de los procesos de fabricación digital desarrollados en el laboratorio, material de oficina y equipo e instrumentos de mantenimiento y limpieza de la maquinaria y del laboratorio.
6. **Área de trabajo:** Área de reuniones, presentación de trabajos previamente desarrollados y asesoría para el desarrollo de proyectos empleando tecnologías de fabricación digital clientes de los servicios del laboratorio.

7. **Área de diseño:** Módulo destinado para realizar correcciones mínimas en modelos tridimensionales, previo al proceso de impresión; esta área puede ser utilizada por estudiantes que hagan usos de los servicios del laboratorio.
8. **Área de expansiones:** Como su nombre lo indica esta área está destinada para la ubicación de nuevas tecnologías de fabricación digital a medida el proyecto madure su ejecución, estas tecnologías pueden pertenecer a los módulos de producción antes mencionados como brazos electrónicos, maquinaria CNC, corte láser, entre otros.

3.8.9.2. HOJAS DE REQUERIMIENTO DE ÁREAS PARA EL LFD

Maquinaria o Equipo	REQUERIMIENTOS DE ESPACIO ÁREA ADMINISTRATIVA							
	DIMENSIONES			Cantidad	Área	Volumen	Área x 150%	Total Área
	Largo	Ancho	Alto					
Módulo de computadora	0.50	0.45	1.50	1.00	0.23	0.34	0.34	0.34
Escritorio	1.20	0.70	0.78	1.00	0.84	0.66	1.26	1.26
Sillas	0.65	0.65	0.96	2.00	0.42	0.41	0.63	1.27
Oasis	0.30	0.30	1.05	1.00	0.09	0.09	0.14	0.14
TOTAL					1.58	1.49	2.37	3.00

Tabla 129 Hoja de requerimientos área administrativa

Fuente: Elaboración propia

Maquinaria o Equipo	REQUERIMIENTOS DE ESPACIO MÓDULO DE IMPRESIÓN							
	DIMENSIONES			Cantidad	Área	Volumen	Área x 150%	Total Área
	Largo	Ancho	Alto					
Mesa para impresoras	1.20	0.80	1.16	2.00	0.96	1.11	1.44	2.88
Módulo de computadora	0.50	0.45	1.50	1.00	0.23	0.34	0.34	0.34
Sillas	0.65	0.65	0.96	1.00	0.42	0.41	0.63	0.63
Depósito de desperdicios	0.30	0.30	0.49	2.00	0.09	0.04		0.17
TOTAL					1.69	1.90	2.41	4.03

Tabla 130 Hoja de requerimientos módulo de impresión

Fuente: Elaboración propia

Maquinaria o Equipo	REQUERIMIENTOS DE ESPACIO MÓDULO DE ESCANEO							
	DIMENSIONES			Cantidad	Área	Volumen	Área x 150%	Total Área
	Largo	Ancho	Alto					
Mesa para escáner	1.20	0.80	1.08	1.00	0.96	1.04	1.44	1.44
Módulo de computadora	0.50	0.45	1.50	1.00	0.23	0.34	0.34	0.34
Sillas	0.65	0.65	0.96	1.00	0.42	0.41	0.63	0.63
TOTAL					1.61	1.78	2.41	2.41

Tabla 131 Hoja de requerimientos módulo escaneo

Fuente: Elaboración propia

Maquinaria o Equipo	REQUERIMIENTOS DE ESPACIO DE ALMACENAJE							
	DIMENSIONES			Cantidad	Área	Volumen	Área x 150%	Total Área
	Largo	Ancho	Alto					
Muebles de almacenaje	0.80	0.40	1.80	2.00	0.32	0.58	0.48	0.96
Basurero	0.30	0.30	0.49	1.00	0.09	0.04	0.13	0.13
TOTAL					0.41	0.62	0.61	1.09

Tabla 132 Hoja de requerimientos área de almacenaje

Fuente: Elaboración propia

Maquinaria o Equipo	REQUERIMIENTOS DE ESPACIO MÓDULO DE TRABAJO							
	DIMENSIONES			Cantidad	Área	Volumen	Área x 150%	Total Área
	Largo	Ancho	Alto					
Mesa de reuniones	2.10	1.20	0.78	1.00	2.52	1.97	3.78	3.78
Sillas	0.30	0.30	0.49	6.00	0.09	0.04	0.13	0.78
TOTAL					2.61	2.01	3.91	4.56

Tabla 133 Hoja de requerimientos módulo de trabajo

Fuente: Elaboración propia

Maquinaria o Equipo	REQUERIMIENTOS DE ESPACIO PARA ÁREA DE DISEÑO							
	DIMENSIONES			Cantidad	Área	Volumen	Área x 150%	Total Área
	Largo	Ancho	Alto					
Módulo de computadora	0.50	0.45	1.50	1.00	0.23	0.34	0.34	0.34
Sillas	0.30	0.30	0.49	1.00	0.09	0.04	0.13	0.13
TOTAL					0.31	0.38	0.47	0.47

Tabla 134 Hoja de requerimientos área de diseño

Fuente: Elaboración propia

Maquinaria o Equipo	REQUERIMIENTOS DE ESPACIO PARA ÁREA DE EXPANSIONES							
	DIMENSIONES			Cantidad	Área	Volumen	Área x 150%	Total Área
	Largo	Ancho	Alto					
Mesa	1.20	0.80	1.08	1.00	0.96	1.04	1.44	1.44
TOTAL					0.96	1.04	1.44	1.44

Tabla 135 Hoja de requerimientos área de expansiones

Fuente: Elaboración propia

Maquinaria o Equipo	REQUERIMIENTOS DE ESPACIO PARA ÁREA DE RECEPCIÓN							
	DIMENSIONES			Cantidad	Área	Volumen	Área x 150%	Total Área
	Largo	Ancho	Alto					
Mueble organizador	0.80	0.40	1.80	1.00	0.32	0.58	0.48	0.48
TOTAL					0.32	0.58	0.48	0.48

Tabla 136 Hoja de requerimientos área de recepción

Fuente: Elaboración propia

REQUERIMIENTOS DE ESPACIO PARA ÁREA DE RECEPCIÓN				
Nombre del módulo o área	Área	Volumen	Área x 150%	Total Área
Área administrativa	1.58	1.49	2.37	3.00
Módulo impresión	1.69	1.90	2.41	4.03
Módulo Escaneo	1.61	1.78	2.41	2.41
Espacio de almacenaje	0.41	0.62	0.61	1.09
Módulo de trabajo	2.61	2.01	3.91	4.56
Diseño	0.31	0.38	0.47	0.47
Expansiones	0.96	1.04	1.44	1.44
Recepción	0.32	0.58	0.48	0.48
TOTAL DE ESPACIO REQUERIDO	9.49	9.79	14.10	17.48

Tabla 137 Cuadro resumen de hojas de requerimiento de áreas

Fuente: Elaboración propia

3.8.9.3. CUADRO DE PROXIMIDAD

En el siguiente cuadro se muestra los diferentes niveles de importancia que permitirán desarrollar la carta de actividades relacionadas determinando la cercanía que deben tener cada una de las áreas:

Valor	Proximidad
A	Absolutamente importante
E	Especialmente importante
I	Importante
O	Ordinario o normal
U	Sin importancia
X	No recomendable
XX	Indeseable en extremo

Tabla 138 Cuadro de proximidad

Fuente: Elaboración propia

3.8.9.4. CUADRO DE MOTIVOS

Para justificar las relaciones que se han establecido para cada área se agregan motivos diferentes, estos se muestran a continuación.

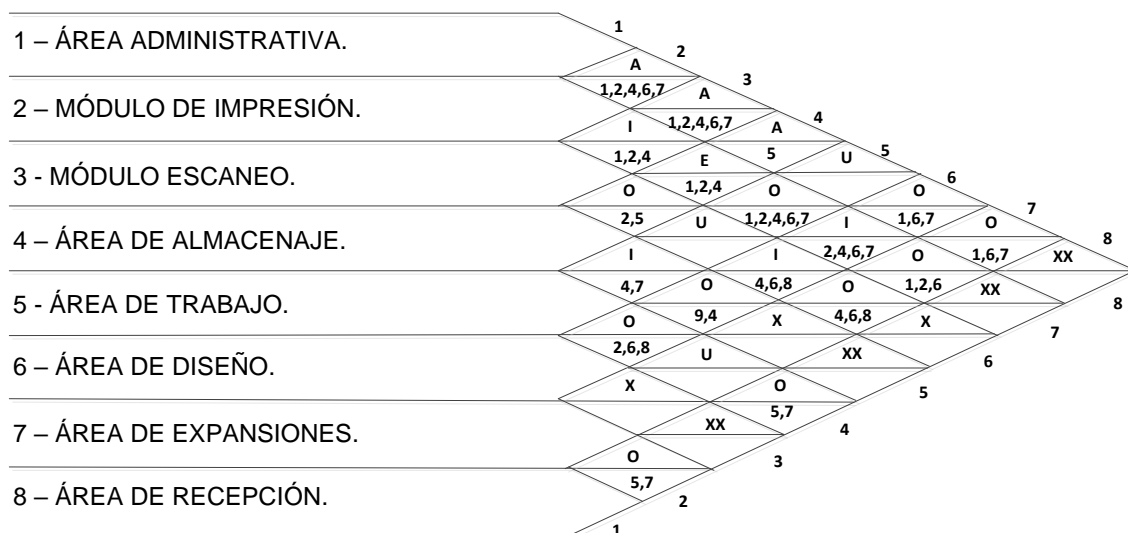
Código	Motivo
1	Proximidad con el área de producción
2	Necesario para el flujo de trabajo y/o materiales
3	Higiene y seguridad ocupacional
4	Comparten equipo y/o materiales
5	Protegen productos de valor
6	Necesidad de comunicación personal
7	Tiene que ver mucho con el cliente
8	Realizan funciones similares

Tabla 139 Cuadro de motivos

Fuente: Elaboración propia

3.8.9.5. ANÁLISIS DE ACTIVIDADES RELACIONALES DE ESPACIOS

La primera que se utiliza es una carta de todas las áreas que componen la planta para poder desarrollar la nueva distribución:



Esquema 68 Análisis de actividades de espacios

Fuente: Elaboración propia

3.8.9.6. ANÁLISIS DE ACTIVIDADES RELACIONADAS

A partir de la carta de actividades relacionadas se puede realizar la hoja de trabajo en la que se analizan todos estos especificando las relaciones que tiene cada una de las áreas entre sí para poder apreciar de una mejor manera para su posterior análisis y queda de la siguiente manera:

N°	ACTIVIDAD	GRADOS DE RELACIÓN						
		A	E	I	O	U	X	XX
1	ÁREA ADMINISTRATIVA	2,3,4			6,7	5		8
2	MÓDULO DE IMPRESIÓN	1	4	3,6	5,7			8
3	MÓDULO DE ESCANEO	1		2,6	4,7	5	8	
4	ÁREA DE ALMACENAJE	1	2	5	3,6		7	8
5	ÁREA DE TRABAJO			4	2,6,8	1,3,7		
6	ÁREA DE DISEÑO			2,3	1,4,5		7	8
7	ÁREA DE EXPANSIONES				1,2,3,8	5	4	
8	ÁREA DE RECEPCIÓN				5,7		3	1,2,4,6

Tabla 140 Tabla de actividades relacionadas del laboratorio

Fuente: Elaboración propia

3.8.9.7. BLOQUES ADIMENSIONALES

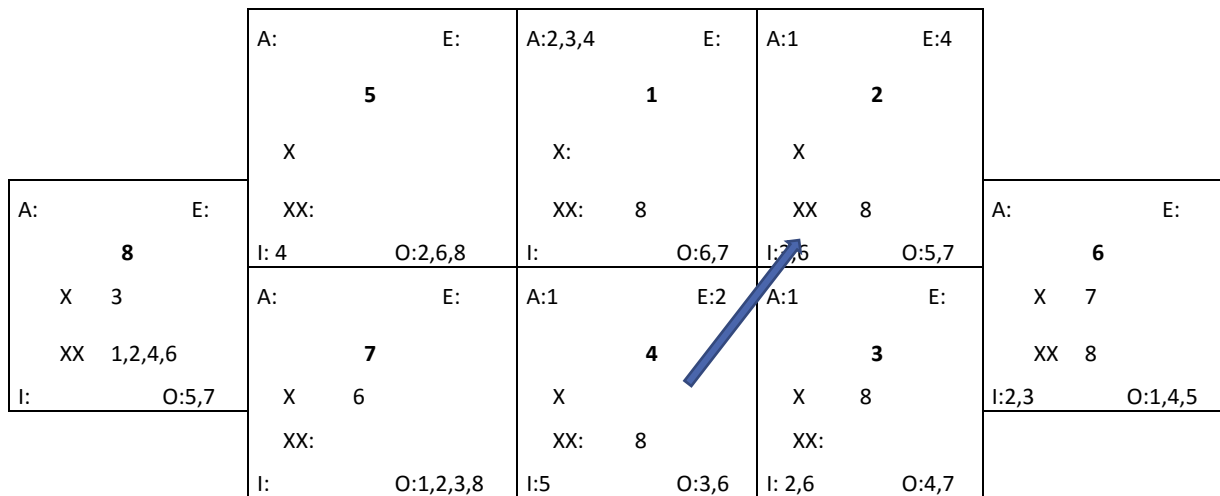
Una vez obtenidas todas las relaciones se procede a realizar el diagrama de bloques en el cuál, cada una de las áreas se colocan con las mismas dimensiones para poder hacer aproximaciones preliminares de acuerdo a las relaciones que presentan; se ordenen primero todas las áreas colocándole sus respectivas relaciones:

A:2,3,4 E: 1 X: XX: 8 I: O:6,7	A:1 E:4 2 X XX 8 I:3,6 O:5,7	A:1 E: 3 X 8 XX I: 2,6 O:4,7	A:1 E:2 4 X XX 8 I:5 O:3,6
A: E: 5 X XX: I: 4 O:2,6,8	A: E: 6 X XX 8 I:2,3 O:1,5	A: E: 7 X 4 XX I: O:1,2,3,8	A: E: 8 X 3 XX 1,2,4,6 I: O:5,7

Esquema 69 Diagrama de bloques adimensionales

Fuente: Elaboración propia

En la cuadrícula anterior se puede apreciar cada una de las áreas con las relaciones especificadas dentro de ella. En base a esta se establece una primera aproximación de la planta en la cual se especifica el flujo de materiales desde el almacén hasta el área de impresión.



Esquema 70 Esquema inicial de distribución en planta

Fuente: Elaboración propia

3.8.9.8. HOJA DE ÁREA TOTAL DE ESPACIO REQUERIDO

Ahora que se tienen todas las áreas de los departamentos se procede a llenar la hoja de área total de espacio requerido en la cual se determina un módulo a utilizar que se calcula de la siguiente forma:

1. Se elige el área más pequeña de todas y es: el área de diseño terminado con un área de 0.47m².
2. Se determina el módulo teniendo las siguientes opciones a elegir:
 - A. $1 \times 0.5 = 0.5$
 - B. $0.5 \times 1 = 0.5$
3. Se elige la opción b $0.5 \times 1 = 0.5$ para facilitar los cálculos en la cuadrícula y hacer las aproximaciones más fácilmente.
4. Se divide cada área entre 0.5 y se obtiene el número de módulos que caben en cada área.
5. Para determinar los patrones se buscan números que multiplicados sean igual al número de módulos calculados anteriormente.

Teniendo todos los pasos a seguir se procede a llenar la tabla siguiente:

ÁREAS DEL LABORATORIO		METROS CUADRADOS ESTIMADOS		TAMAÑO DEL MODULO	
		SERVICIOS INDIVIDUALES	ÁREA TOTAL	NO. DE MÓDULOS	TAMAÑO PATRÓN
1	Área administrativa		3.00	$3.00 / 0.5 = 6.0$	$2 \times 3 * (1 \times 0.5) = 2 \times 1.5 = 3.$
	Módulo de computadora	0.34		$0.34 / 0.5 = 0.68$	
	Escritorio	1.26		$1.26 / 0.5 = 2.52$	
	Sillas	1.27		$1.27 / 0.5 = 2.54$	
	Oasis	0.14		$0.14 / 0.5 = 0.27$	
2	Módulo de impresión		4.03	$4.00 / 0.5 = 8.05$	$3 \times 2.68 * (1 \times 0.5) = 3 \times 1.35 = 4.03$
	Mesa para impresoras	2.88		$2.88 / 0.5 = 5.76$	

	Módulo de computadora	0.34		$0.34 / 0.5 = 0.68$	
	Sillas	0.63		$0.63 / 0.5 = 1.27$	
	Depósito de desperdicios	0.17		$0.17 / 0.5 = 0.35$	
3	Módulo de escaneo		2.41	$2.41 / 0.5 = 4.82$	$2 \times 2.41 * (1 \times 0.5) = 2 \times 1.21 = 2.41$
	Mesa para escáner	1.44		$1.44 / 0.5 = 2.88$	
	Módulo de computadora	0.34		$0.34 / 0.5 = 0.68$	
	Sillas	0.63		$0.63 / 0.5 = 1.27$	
4	Almacenaje		1.09	$1.09 / 0.5 = 2.18$	$2 \times 1.09 * (1 * 0.5) = 2 * 0.56 = 1.09$
	Muebles de almacenaje	0.96		$0.96 / 0.5 = 1.92$	
	Basurero	0.13		$0.13 / 0.5 = 0.26$	
5	Módulo de trabajo		4.56	$4.56 / 0.5 = 9.13$	$3 \times 3.04 * (1 \times 0.5) = 3 \times 1.52 = 4.56$
	Mesa de reuniones	3.78		$3.78 / 0.5 = 7.56$	
	Sillas	0.78		$0.78 / 0.5 = 1.57$	
6	Área de diseño		0.47	$0.47 / 0.5 = 0.94$	$2 \times 0.47 * (1 \times 0.5) = 2 \times 0.235 = 0.47$
	Módulo de computadora	0.34		$0.34 / 0.5 = 0.68$	
	Sillas	0.13		$0.13 / 0.5 = 0.26$	
7	Módulo de expansiones		1.44	$1.44 / 0.5 = 2.88$	$3 \times 0.96 * (1 \times 0.5) = 3 \times 0.48 = 1.44$
	Mesa	1.44			
8	Área de recepción		0.48	$0.48 / 0.5 = 0.96$	$2 \times 0.48 * (1 \times 0.5) = 2 \times 0.24 = 0.48$
	Mueble organizador	0.48			

Esquema 71 Hoja de requerimiento de áreas

Fuente: Elaboración propia

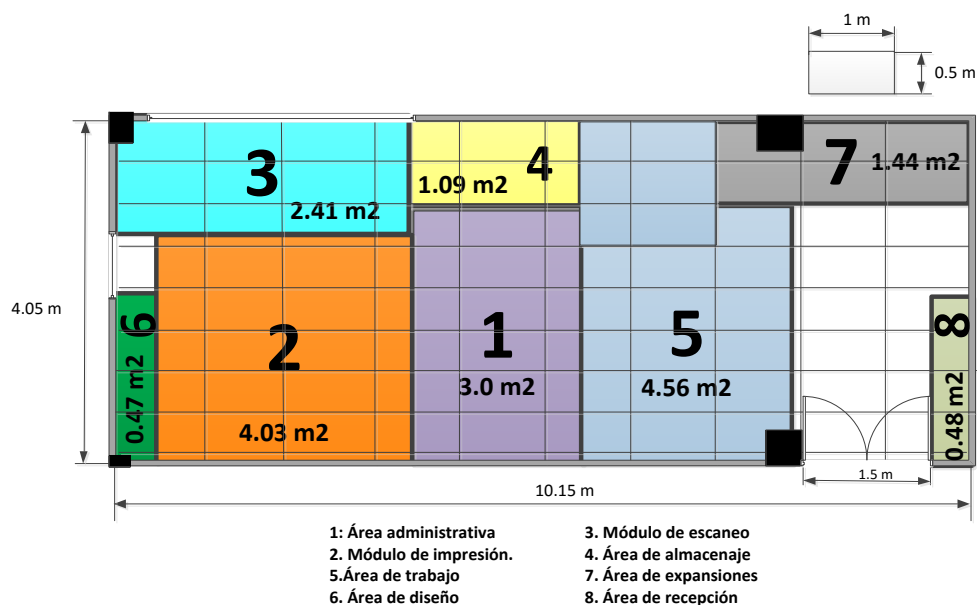
3.8.9.9. CUADRÍCULA PARA DIAGRAMA RELACIONAL DE ESPACIO

La agrupación de cada una de las áreas necesarias para cada área y no solo para ellas, sino también para el movimiento libre y con total comodidad por parte del usuario al realizar las tareas, se observa después de haber calculado las dimensiones de cada una de ellas. Difieren menos a comparación del diagrama realizado a toda la planta, pero siempre hay áreas determinadas que exigen una mayor cantidad de espacio cuadrado. La cuadrícula queda de la siguiente manera:

PRIMERA APROXIMACIÓN

De la misma forma como se observó en el literal anterior, se sabe que las áreas están distribuidas de tal forma que se obtenga el máximo beneficio y el que mejores resultados le presente a los objetivos de la empresa; por tanto la distribución de las áreas de manera ideal se ha presentado como se muestra en la cuadrícula, obteniendo cuantitativamente el espacio real que puede ocupar dentro de la planta de la empresa; dicho espacio, se distribuye en un solo sentido y de igual forma para todas las áreas asignadas a este departamento.

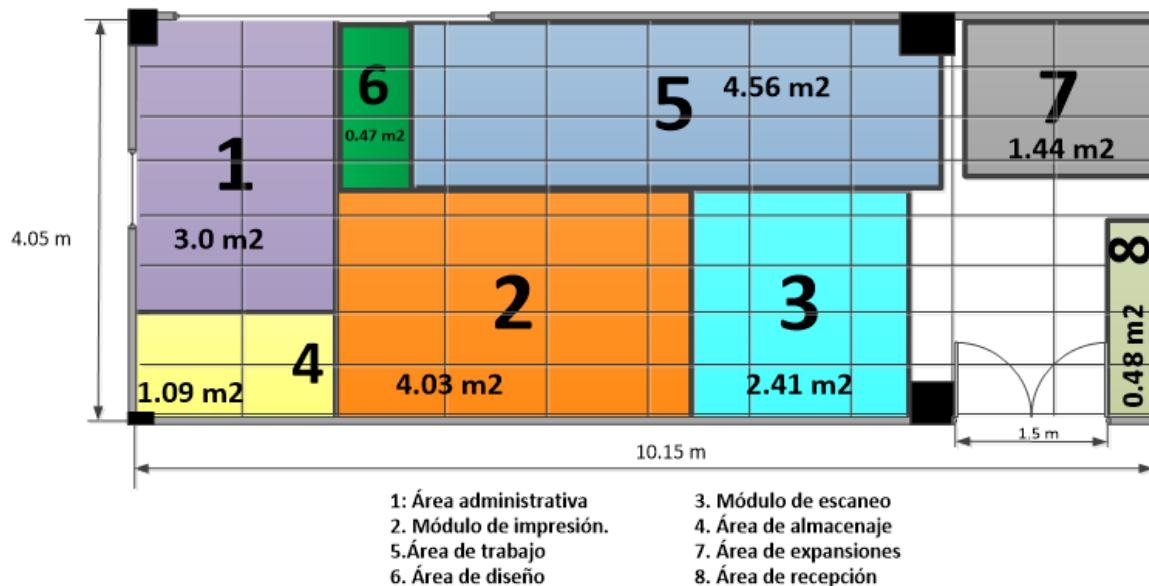
La primera aproximación queda establecida de la siguiente manera:



Esquema 72 Primera aproximación de distribución en planta

Fuente: Elaboración propia

3.8.9.10. PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA PARA EL LABORATORIO DE FABRICACIÓN DIGITAL



Esquema 73 Propuesta para distribución en planta del LFD

Fuente: Elaboración propia

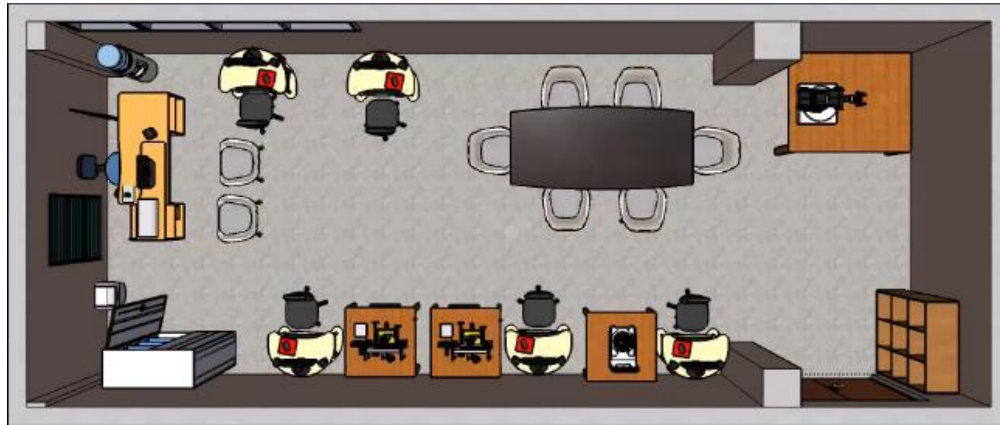
FACTORES DETERMINANTES PARA LA SELECCIÓN DE LA DIP ÓPTIMA

Los factores dominantes de la selección de la distribución en planta presentada son:

- 1. Seguridad de las instalaciones:** Este criterio se refiere a la seguridad material que ofrece la opción de localización para la maquinaria, equipo y materiales del laboratorio de fabricación digital de hurtos o robos, sobre todo proteger la maquinaria de la vista del público ajeno al laboratorio.
- 2. Cercanía a instalaciones eléctricas:** Un recurso clave para el funcionamiento de la maquinaria es la conectividad que ofrece su ubicación con las instalaciones eléctricas.
- 3. Protección de maquinaria a daños por agentes medioambientales:** El presente criterio está determinado por la facilidad que ofrece la opción de microlocalización para realizar una ampliación en sus instalaciones con el objetivo de suplir un aumento de demanda o la incorporación de nuevas tecnologías en el laboratorio.
- 4. Facilidad de comunicación entre servicios:** La comunicación entre servicios es un factor clave en el diseño final de la distribución en planta, sobre todo para procesos

como los desarrollados en el área de diseño y el área de impresión, en donde el estudiante necesita asesoría frecuente de los encargados del laboratorio.

A continuación, se presentan una serie de imágenes que esquematizan en 3 dimensiones la distribución propuesta:



*Esquema 74 Vista en planta de la distribución planta propuesta para el laboratorio de fabricación digital
Fuente: Elaboración propia*



1. Recepción



2. Área administrativa



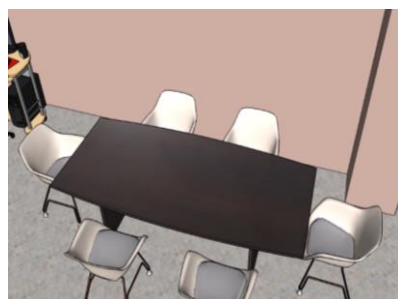
3. Áreas de impresión 3D y escaneo 3D



4. Área de diseño



5. Área administrativa y de almacenaje



7. Área de trabajo



8. Área de expansiones

Ilustración 64 Áreas que conforman la distribución en planta del LFD

Fuente: Elaboración propia

3.8.9.11. ESPECIFICACIONES DE OBRA CIVIL

Estas especificaciones comprenden todos aquellos aspectos relacionados a la construcción y adecuación de espacio seleccionado que son requeridos para el óptimo de las actividades que se desarrollarán dentro del laboratorio de fabricación digital de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador, como se presenta a continuación:

1. **PROTECCIÓN DEL LABORATORIO:** Es necesaria la colocación de enrejado entre el cielo falso y el techo del laboratorio, esto con el objetivo de aislarlo de posibles robos del equipo y materiales usados en los procesos de fabricación digital, incluye además la colocación de bacones en las ventanas de la actual aula de reuniones de la EII, ambas especificaciones abarcan tanto en el área que funcionará como laboratorio como el área de salón de consultas que actualmente funciona como bodega.
2. **MODIFICACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO:** Para el funcionamiento del equipo y maquinaria a utilizar es necesario el uso de voltaje 110 V monofásico; en cuanto

a la iluminación y otros accesorios eléctricos que no son de producción se requiere 110 volt. Por lo que se tendrán que efectuar la instalación de tomas de 110 y 220 volt en las paredes de tal forma que se facilite la conexión y funcionamiento de la maquinaria y equipo, además de la colocación de una caja de energía que permita cortar o permitir el flujo de esta hacia el laboratorio según sea necesario.

3. **ILUMINACIÓN:** Se sugiere la instalación de 16 lámparas fluorescentes de 36W cada una, con balastro de 4.5W, se tiene un balastro por cada dos lámparas.
4. **MANTENIMIENTO DE ENCIELADO Y TECHO:** Para asegurar el resguardo de la maquinaria de diseño, impresión y escaneo tridimensional y de los materiales almacenados es necesario realizar mantenimiento del encielado y del techo del aula de consultas de laboratorio, esto con el fin de eliminar grietas que causan filtraciones en el aula a causa de tormentas, incluye también el mantenimiento y colocación de encielado completo en el aula.

3.8.10. CÁLCULO DE CIRCUITO DE ALUMBRADO Y FUERZA

Una vez seleccionada la distribución en planta, es necesario realizar un análisis del circuito de alumbrado y fuerza

3.8.10.1. CÁLCULO DE CIRCUITO DE ALUMBRADO

Actualmente se tiene un circuito de alumbrado compuesto por 16 lámparas fluorescentes de 36W cada una, con balastro de 4.5W, se tiene un balastro por cada dos lámparas.



Ilustración 65 Lámpara fluorescente de 36 W

Fuente: vidri.com

La carga total de alumbrado es:

$$carga\ total = (16 \times 36) + (8 \times 4.5)\ W$$

$$carga\ total = 612\ W$$

Seleccionando interruptores termo magnéticos de 10 Amperios para el circuito de alumbrado, con capacidad de carga a 120V:

$$carga\ por\ circuito = (10A \times 120V) = 1200\ W$$

Se obtiene el número de circuitos:

$$No.\ de\ circuitos = \frac{carga\ total\ de\ alumbrado}{capacidad\ de\ carga\ por\ circuito} = \frac{612\ W}{1200\ W} = 0.51$$

Por lo que para la carga de alumbrado se requiere un solo circuito con interruptor termo magnético de 10 Amperios a 120 Voltios.

CÁLCULO DE CIRCUITOS DE FUERZA

Los circuitos de fuerza alimentarán como componentes principales:

- Tres impresoras 3D
- Seis computadoras de escritorio
- Un escáner 3D

Los consumos de potencia por equipo son:

Impresora 3D

Para el modelo seleccionado LulzBot TAZ 6 se tiene una alimentación a 120 Voltios con un consumo promedio de corriente de 5.3 Amperios, la potencia promedio consumida es:

$$P = (120)(5.3) = 636 \text{ W}$$

Dado que se instalarán 3 impresoras, la potencia total es:

$$P_{T1} = (636)(3) = 1908 \text{ W}$$

Escáner 3D

El modelo seleccionado 3D Ciclop Kit se alimenta de una fuente a 12 voltios con consumo de corriente de 1.5 amperios, el consumo promedio de potencia es:

$$P_{T2} = (12)(1.5) = 18 \text{ W}$$

Computadoras de escritorio

Una computadora promedio posee un consumo de potencia de 300 W, se tendrá en total:

$$P_{T3} = (300)(6) = 1800 \text{ W}$$

Carga total

La carga total para los equipos que conformarán el laboratorio es:

$$P_t = P_{T1} + P_{T2} + P_{T3} = 1908 + 18 + 1800 = 3726 \text{ W}$$

Se añadirá un 20 % más de carga adicional considerando posibles ampliaciones o la conexión de equipos móviles que no estén permanentemente en el laboratorio.

$$P_T = (1.2)(3726) = 4471.2 \text{ W}$$

CÁLCULO DEL NÚMERO DE CIRCUITOS

Seleccionando interruptores termo magnéticos de 15 Amperios para los circuitos de fuerza, con capacidad de carga a 120V:

$$\text{carga por circuito} = (15A \times 120V) = 1800 \text{ W}$$

Se obtiene el número de circuitos:

$$\text{No. de circuitos} = \frac{\text{carga total de alumbrado}}{\text{capacidad de carga por circuito}} = \frac{4471.2 \text{ W}}{1800 \text{ W}} = 2.48$$

Por lo que se requieren 3 circuitos de fuerza con interruptor termo magnético de 15 Amperios a 120 Voltios.

Realizando una distribución de equipos por circuito se tendría el siguiente arreglo:

Circuito 1: Dos impresoras 3D más escáner 3D

Circuito 2: Una impresora 3D más 3 computadoras de escritorio

Circuito 3: Tres computadoras de escritorio más los toma corrientes distribuidos en el laboratorio.

El diseño de los circuitos se presenta en el anexo XV.

3.8.11 PLAN DE MANTENIMIENTO

Existen diversos tipos de planes de mantenimiento para la maquinaria y equipo implantados en funcionamiento; se tienen plan preventivo, correctivo y predictivo. No se puede asegurar que uno sea mejor que el otro, la elección del plan a implantar dependerá de las condiciones en que se encuentre la planta instalada. Para el caso del Laboratorio de Fabricación Digital de la Universidad de El Salvador, en su primera fase se propone un plan de mantenimiento preventivo.

En el mantenimiento preventivo, se busca evitar las averías actuando antes de que surjan. Normalmente se hace sustituyendo piezas de desgaste antes del fin de su vida útil. También puede tratarse de acciones de limpieza o lubricación.

Este sistema permite planificar la intervención, puesto que la máquina o instalación trabaja de forma correcta. Al conocer de antemano los recursos necesarios, se puede planificar una parada preventiva que afecte lo menos posible a la producción. Un claro inconveniente es la dificultad de prever cuándo debe realizarse la acción preventiva.

Las acciones que se tomarán en el Laboratorio son:

- Reemplazos
- Adaptaciones
- Restauraciones
- Inspecciones
- Evaluaciones

Se trabajará en conjunto con los proveedores de la maquinaria, según lo cotizado, los primeros seis meses luego de entregado el equipo se tendrán un soporte por parte del personal de ALSW, en base a esta disposición se elabora un plan de mantenimiento preventivo para seis meses, en el cual se incluye la revisión de las impresoras 3D y el escáner 3D por parte de ALSW y las computadoras de IPESA.



PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO



EQUIPO	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				MES 5				MES 6			
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
Impresora Lulzbot Mini	Inspecciones				Evaluaciones				Restauraciones				Adaptaciones				Reemplazos				Restauraciones			
Impresora Lulzbot TAZ 6 A	Inspecciones				Evaluaciones				Restauraciones				Adaptaciones				Reemplazos				Restauraciones			
Impresora Lulzbot TAZ 6 B	Inspecciones				Evaluaciones				Restauraciones				Adaptaciones				Reemplazos				Restauraciones			
Escaner LulzBot CICLOP (BQ)	Inspecciones				Evaluaciones				Restauraciones					Inspecciones				Evaluaciones			Restauraciones			
Computadora 1			Inspecciones				Evaluaciones				Adaptaciones				Inspecciones				Evaluaciones				Restauraciones	
Computadora 2			Inspecciones				Evaluaciones				Adaptaciones				Inspecciones				Evaluaciones				Restauraciones	
Computadora 3			Inspecciones				Evaluaciones				Adaptaciones				Inspecciones				Evaluaciones				Restauraciones	
Computadora 4			Inspecciones				Evaluaciones				Adaptaciones				Inspecciones				Evaluaciones				Restauraciones	
Computadora 5			Inspecciones				Evaluaciones				Adaptaciones				Inspecciones				Evaluaciones				Restauraciones	
Computadora 6			Inspecciones				Evaluaciones				Adaptaciones				Inspecciones				Evaluaciones				Restauraciones	

3.9. ORGANIZACIÓN DEL PROYECTO

A partir del diagnóstico realizado al sector académico y sector empresarial se diseña el Laboratorio de Fabricación Digital con la prestación de los servicios que satisfacen la demanda insatisfecha de ambos sectores. Sin embargo, para lograr brindar dichos servicios es necesaria la condición óptima en cuanto a la organización y administración del buen funcionamiento del Laboratorio de Fabricación Digital.

Los pasos a seguir para el desarrollo de la organización del proyecto se resumen a continuación:



Tabla 141 Metodología para la Organización del Proyecto

Fuente: Elaboración propia

3.9.1. ENTORNO LEGAL DEL PROYECTO

La Universidad de El Salvador es la única una institución educativa de educación superior pública en el país, la cual está enmarcada en la Constitución de la República de El Salvador, la cual a su vez está regida bajo la Ley de Educación Superior y La Ley Orgánica de la Universidad de El Salvador.

En este apartado se presenta aquella normativa de interés, a la cual deberá apegarse el Laboratorio de Fabricación Digital, para la aprobación de la implementación de dicho laboratorio para la prestación de los servicios para el cual fue diseñado, a fin de realizar operaciones transparentes y dentro de lo legal. Por ser una dependencia de la Universidad de El Salvador, estará suscrito a las leyes que la conforman.

Las adquisiciones y contrataciones necesarias para la implementación del laboratorio de fabricación digital son realizadas por medio de la Unidad de Adquisiciones y Contrataciones Institucionales (UACI), de la cual cabe resaltar los siguientes aspectos estipulados en la Ley LACAP.

3.9.1.1 LEY DE EDUCACIÓN SUPERIOR

En cuanto a la decisión de poder de implementar dependencias dentro de las unidades actuales del Alma Mater, es necesario que la implementación de dicho laboratorio sea amparada en los siguientes artículos de la Ley de Educación Superior.

REFERENTE A:	ACCIONAR CON:
La aprobación del Laboratorio de Fabricación Digital.	Ley de Educación Superior en su artículo n°23. DEPENDENCIAS Y CENTROS REGIONALES: Las instituciones de educación superior podrán crear las dependencias, escuelas y centros de investigación y proyección social necesarias para la realización de sus fines.
Autonomía y Autoridad	En el artículo n° 25 en lo referente a la Autonomía y Autoridad establece: La Universidad de El Salvador y las demás del Estado gozan de autonomía en lo docente, lo económico y lo administrativo. Los institutos tecnológicos y los especializados estatales estarán sujetos a la dependencia de la unidad primaria correspondiente
Disposiciones Transitorias, Derogatoria y Vigencia	Art. 76.- La Universidad de El Salvador, se regirá por su Ley Orgánica y demás disposiciones internas, en todo lo que no contraríe la presente Ley.

Tabla 142 Accionar de la Ley de Educación Superior referente a la implementación del laboratorio de fabricación digital

Fuente: Ley de Educación Superior.

Para lo cual es necesario estudiar las primicias o requisitos con las que la implementación de un laboratorio de fabricación digital en la escuela de ingeniería industrial deberá enfrentar en su implementación.

3.9.1.2 LEY ORGÁNICA DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

REFERENTE A:	ACCIONAR CON:
Personería Jurídica del Laboratorio Fabricación Digital	<p>En el artículo. 2 establece que: La Universidad de El Salvador, que en el curso de esta Ley se denominará “la Universidad” o la “UES”, es una corporación de derecho público, creada para prestar servicios de educación superior, cuya existencia es reconocida por el artículo 61 de la Constitución de la República, con personalidad jurídica, patrimonio propio y con domicilio principal en la ciudad de San Salvador.</p>
Calidad Académica y científica	<p>El artículo n°11 establece que “El Rector, el Vicerrector Académico, los Decanos y Vice-decanos y el Personal Docente de la universidad, estarán especialmente obligados a velar por la constante superación, académica y científica, de la educación universitaria.</p>
Consejo Superior Universitario	<p>Atribuciones y deberes</p> <p>Art. 22. - Dentro de sus funciones administrativa, docente, técnica y disciplinaria, el Consejo Superior Universitario tendrá las siguientes atribuciones y deberes:</p> <p>f) Previo estudio de factibilidad, aprobar los acuerdos para establecer, suprimir, fusionar, coordinar y agrupar Facultades, Escuelas, Departamentos, Institutos u otras unidades, de acuerdo a las necesidades de la enseñanza, la investigación científica, la conservación de la cultura y del medio ambiente; y someterlos a la ratificación de la Asamblea General Universitaria;</p>

Asamblea General Universitaria	<p>Atribuciones y deberes</p> <p>Art. 19. - La Asamblea General Universitaria tendrá las siguientes atribuciones y deberes:</p> <p>Ratificar o no, a propuesta del Consejo Superior Universitario y previo estudio de factibilidad, los acuerdos para establecer, suprimir, fusionar, coordinar o agrupar facultades, Escuelas, Departamentos, Institutos u otras unidades; conforme a las necesidades de la enseñanza, de la investigación científica o de la conservación y promoción de la cultura y del medio ambiente;”</p>
Referente al personal y su régimen de trabajo	<p>CAPITULO VIII</p> <p>Del régimen Disciplinario, Responsabilidad de los Funcionarios, Recursos y Defensoría</p> <p>CAPÍTULO VI</p> <p>De la comunidad universitaria- sección tercera</p>
Referente a Donaciones y Otros Ingresos	<p>Reglamento de Sucesiones, Donaciones y otros Ingresos a Título Gratuito, a Favor de la UES</p>
Convenios	<p>Especifica en la Sección Tercera, Art. 17, que entre las atribuciones de la Asamblea General Universitaria se encuentra:</p> <p>n) Ratificar o no, a propuesta del Consejo Superior Universitario, los convenios y acuerdos celebrados con otras universidades u organismos culturales, de carácter nacional o internacional, en un lapso no mayor de treinta días; cuando no lo hiciere dentro de ese período, se tendrán por ratificados.</p> <p>Secretaría de relaciones Nacionales e Internacionales UES</p>

Tabla 143 Accionar de la Ley Orgánica de la UES en la implementación del laboratorio de fabricación digital

Fuente: Ley Orgánica UES

El laboratorio de fabricación digital será principalmente para la Escuela de Ingeniería, al ser parte de la Universidad de El Salvador, presenta dos opciones de dependencia:

1. Ser dependiente de la Escuela de Ingeniería Industrial
2. Pertenecer a un Proyecto Académico Especial

La ventaja de pertenecer a uno y no al otro fundamentalmente radica en la burocratización del proceso de legalización del mismo tanto como del funcionamiento, por tal razón preliminarmente convendría situar la dependencia de éste de un proyecto académico especial

y así poseer su propia asignación de fondos, sin embargo, el proceso de gestión de compras y contrataciones estará siempre sujeto al procedimiento que la UACI UES disponga; o a través del fondo circulante, el cual dispone de un proceso que se debe seguir.

Además, al ser declarado de esta manera tiene mayores posibilidades de crecer y posicionarse en el mercado, tal como lo manifestaron otros laboratorios similares, que trabajan de la misma forma. Sin embargo, se recomienda también que la Escuela de Ingeniería Industrial sea la principal monitora de las actividades del laboratorio, a fin de garantizar que los objetivos vayan alineados a los que esta se propuso en un principio; es decir que la Escuela de Ingeniería Industrial sea la Administradora de dicho Laboratorio.

3.9.1.3 COMPRAS

La implementación del laboratorio de fabricación digital en la EII, en cuanto a lo concerniente a las compras de maquinaria, equipo o softwares para el funcionamiento del mismo deberá regirse por:

UNIDADES DE ADQUISICIONES Y CONTRATACIONES INSTITUCIONALES (UACI)

El Art. 9.- Cada institución de la Administración Pública establecerá una Unidad de Adquisiciones y Contrataciones Institucional, que podrá abreviarse UACI, responsable de la descentralización operativa y de realizar todas las actividades relacionadas con la gestión de adquisiciones y contrataciones de obras, bienes y servicios. Esta unidad será organizada según las necesidades y características de cada entidad e institución, y dependerá directamente de la institución correspondiente.

Dependiendo de la estructura organizacional de la institución, del volumen de operaciones u otras características propias, la UACI podrá desconcentrar su operatividad a fin de facilitar la adquisición y contratación de obras, bienes y servicios.

Atribuciones de la UACI

Art. 12.- Corresponde a la Unidad de Adquisiciones y Contrataciones Institucional:

s) El cumplimiento de las políticas, lineamientos y disposiciones técnicas que sean establecidas por la UNAC, y ejecutar todos los procesos de adquisiciones y contrataciones objeto de esta Ley;

- t) Constituir el enlace entre la UNAC y las dependencias de la institución, en cuanto a las actividades técnicas, flujos y registros de información y otros aspectos que se deriven de la gestión de adquisiciones y contrataciones;
- u) Elaborar en coordinación con la Unidad Financiera Institucional UFI, la programación anual de las compras, las adquisiciones y contrataciones de obras, bienes y servicios. Esta programación anual deberá ser compatible con la política anual de adquisiciones y contrataciones de la Administración Pública, el plan de trabajo institucional, el presupuesto y la programación de la ejecución presupuestaria del ejercicio fiscal en vigencia y sus modificaciones;
- v) Verificar la asignación presupuestaria, previo a la iniciación de todo proceso de concurso o licitación para la contratación de obras, bienes y servicios;
- w) Adecuar conjuntamente con la unidad solicitante, las bases de licitación o de concurso, de acuerdo a los manuales guías proporcionados por la UNAC, según el tipo de contratación a realizar;
- x) Realizar la recepción y apertura de ofertas y levantar el acta respectiva;
- y) Ejecutar el proceso de adquisición y contratación de obras, bienes y servicios, así como llevar el expediente respectivo de cada una;
- z) Solicitar la asesoría de peritos o técnicos idóneos, cuando así lo requiera la naturaleza de la adquisición y contratación;
- aa) Levantar acta de la recepción total o parcial de las adquisiciones o contrataciones de obras, bienes y servicios, conjuntamente con la dependencia solicitante cuando el caso lo requiera, de conformidad a lo establecido en el Reglamento de esta Ley;
- bb) Llevar el control y la actualización del banco de datos institucional de ofertantes y contratistas;
- cc) Mantener actualizado el registro de contratistas, especialmente cuando las obras, bienes o servicios no se ajusten a lo contrario o el contratista incurra en cualquier infracción, con base a evaluaciones de cumplimiento de los contratos, debiendo informar por escrito al titular de la institución;

- dd) Calificar a los potenciales ofertantes nacionales o extranjeros, así como, revisar y actualizar la calificación, al menos una vez al año;
 - ee) Informar periódicamente al titular de la institución de las contrataciones que se realicen;
 - ff) Prestar a la comisión de evaluación de ofertas la asistencia que precise para el cumplimiento de sus funciones;
 - gg) Supervisar, vigilar y establecer controles de inventarios, de conformidad a los mecanismos establecidos en el Reglamento de esta Ley;
 - hh) Proporcionar a la UNAC pronta y oportunamente toda la información requerida por ésta; y,
 - ii) Cumplir y hacer cumplir todas las demás responsabilidades que se establezcan en esta Ley y su Reglamento.
3. El cumplimiento de estas atribuciones será responsabilidad del Jefe de la Unidad de Adquisiciones y Contrataciones Institucional.

3.9.2. ORGANIZACIÓN

La organización del proyecto se fundamentará en la formulación de aspectos relacionados a: la estructura organizativa del Laboratorio de Fabricación Digital, cualidades y funciones del recurso humano perteneciente a la estructura organizativa del laboratorio, así como la definición de objetivos del laboratorio en cuanto al cumplimiento de metas y visiones propias del Laboratorio de Fabricación Digital.

3.9.2.1. VISUALIZACIÓN DEL LABORATORIO DE FABRICACIÓN DIGITAL

OBJETIVO DEL LABORATORIO DE FABRICACIÓN DIGITAL

Ser de apoyo en la formación de profesionales, capaces de Diseñar y Gestionar sistemas productivos de bienes y servicios en condiciones necesarias para alcanzar niveles óptimos de calidad, productividad y sostenibilidad, desarrollando competencias y habilidades en Investigación, Innovación y Desarrollo con la ayuda de la implementación y aplicación de tecnologías de fabricación digital.

MISIÓN, VISIÓN Y VALORES

El Laboratorio de Fabricación Digital, como lo explica el objetivo de implementación del Laboratorio trabajará conforme a la misión, visión y valores que representan la visualización institucional de la Escuela de Ingeniería Industrial.

REGLAMENTO DE FUNCIONAMIENTO DEL LABORATORIO DE FABRICACIÓN DIGITAL

RESPECTO A LA ASISTENCIA Y PUNTUALIDAD

1. El estudiante debe presentarse a la hora programada, luego de 15 minutos de la hora programada de inicio del laboratorio, no se permitirá el ingreso de ninguna persona al laboratorio.
2. El estudiante debe de presentar las guías de laboratorio, materiales e instrumentos necesarios para poder ingresar al laboratorio y desarrollar las prácticas de laboratorio.
3. Si una guía se desarrolla en más de una sesión de laboratorio, sólo se permitirá el desarrollo del porcentaje de trabajo asignado para cada sesión; no se permitirá al estudiante desarrollar guías previas a la fecha del laboratorio.
4. Todos los estudiantes asistentes al laboratorio deberán firmar la lista de asistencia proporcionada por el catedrático responsable de la materia.

RESPECTO A LAS EVALUACIONES

5. Cuando un estudiante por causa justificada no pueda asistir a una práctica de laboratorio deberá solicitar su realización diferida según el reglamento de la Escuela de Ingeniería Industrial.
6. Al realizar una práctica de laboratorio, todos los estudiantes miembros del equipo de trabajo deben de participar del desarrollo de la misma.
7. Las máquinas del laboratorio designadas para uso de los estudiantes son exclusivas para realizar correcciones menores de diseño, ajustes de impresión y conversión de archivos a formatos aceptados por el equipo de impresión 3D. El diseño y modelado tridimensional de piezas debe realizarse en las máquinas el centro de cómputo habilitado para este fin según la programación de cada cátedra.

RESPECTO A LAS ACTIVIDADES DEL LABORATORIO

8. El estudiante debe cuidar y hacer buen uso del equipo, herramientas, accesorios y materiales para realizar la práctica laboratorio.
9. Al ingresar a las instalaciones el estudiante debe de colocar sus pertenencias dentro del mueble designado para dicho fin.
10. El estudiante debe informar inmediatamente al docente encargado o al técnico responsable del laboratorio sobre cualquier daño o error en el funcionamiento del equipo de laboratorio.
11. Si el estudiante daña un equipo o instrumento por negligencia o uso inadecuado, deberá de reponerlo según la jefatura del laboratorio y la dirección de la EII convengan, de no hacerlo no podrá continuar con el desarrollo de las prácticas de laboratorio.
12. Si un alumno sustrae equipo, material u objetos personales de sus compañeros o del laboratorio, quedará expulsado de forma automática y permanente de las prácticas de laboratorio de dicha asignatura.
13. El alumno debe de devolver de forma ordenada todo el material, instrumentos y equipo proporcionados para el desarrollo de las prácticas de laboratorio; de realizarse una práctica grupal, cada grupo deberá designar un representante de grupo que se encargue de esta tarea a lo largo del ciclo.
14. De dañarse material, instrumentos o equipo proporcionados para el desarrollo de las prácticas de laboratorio de manera grupal, todos los miembros del equipo responsable deberán de responder por los daños ocasionados según la jefatura del laboratorio y la dirección de la EII convengan, de no hacerlo no podrán continuar con el desarrollo de sus prácticas de laboratorio.
15. El estudiante no podrá permanecer dentro del laboratorio una vez terminada la práctica, a menos que tenga autorización previa del técnico a cargo.
16. El docente y encargado de laboratorio tienen la autorización y están en la obligación de suspender de forma parcial o definitiva a cualquier alumno que interfiera en el desarrollo de la jornada de laboratorio, según lo amerite su comportamiento.
17. Cualquier problema que se desarrolle dentro del desarrollo de un laboratorio que no pueda ser solucionado dentro del mismo debe de notificarse de forma inmediata a la jefatura de la Escuela de Ingeniería Industrial.

RESPECTO A LA CONDUCTA DENTRO DEL LABORATORIO

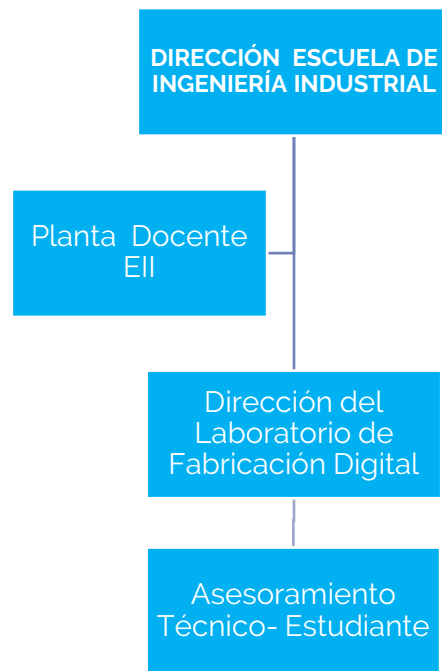
18. Es un requisito para poder realizar las prácticas de laboratorio el uso de vestimenta adecuada para el desarrollo de las prácticas: zapatos cerrados de cuero, pantalón de lona sin aberturas o roturas, cabello recogido y camisa de algodón de preferencia manga larga; el estudiante debe de utilizar el equipo de protección personal indicado por el técnico responsable del laboratorio.
19. No utilizar lenguaje soez o referirse de forma irrespetuosa a los compañeros, al técnico encargado de laboratorio y al docente responsable de la cátedra.
20. No comer, beber, fumar o mascar goma de mascar dentro de las instalaciones del laboratorio.
21. No utilizar el laboratorio como una zona de juegos o esparcimiento.
22. No correr, gritar, utilizar instrumentos musicales o cámaras fotográficas o de video dentro del laboratorio sin la autorización del técnico encargado.
23. No utilizar equipos o accesorios del laboratorio para fines diferentes al desarrollo de la práctica.

El presente reglamento aplica para la comunidad estudiantil que hace uso del laboratorio de fabricación digital de la EII, el desconocimiento del mismo no exime la responsabilidad de cumplimiento.

3.9.2.2. ESTRUCTURA ORGANIZATIVA Y RECURSO HUMANO

El laboratorio de fabricación digital contará como toda unidad dependiente del Alma Mater con sus respectivos directores, jefe de unidad o persona responsable, para el caso éste laboratorio se estima la necesidad de dos puestos de trabajo⁷⁷, el cual conlleva a diferentes funciones y responsabilidades las cuales serán formuladas en pasos posteriores; a continuación, se muestra la estructura organizativa propuesta para administrar el Laboratorio de Fabricación Digital:

⁷⁷ Estimado en el apartado de ingeniería del proyecto en el requerimiento de personal



Esquema 75 Estructura Organizativa del laboratorio de Fabricación Digital

Fuente: Elaboración propia

La descripción de los puestos principales y su responsabilidad se expone a continuación:

Dirección Escuela de Ingeniería Industrial: Encargada de brindar en forma de apoyo el funcionamiento estratégico del laboratorio, creando sinergias entre todos los involucrados internos y externos con el laboratorio.

FUNCIONES GENERALES	RELACIONES FUNCIONALES
<ol style="list-style-type: none"> 1. Apoyar en la gestión de adquisiciones y contrataciones de equipo y capital humano. 2. Realizar conforme a la legislación universitaria el proceso de prestación de servicios a empresas. 3. Velar por el cumplimiento del objetivo de funcionamiento del laboratorio. 	<p>Internas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Dirección Técnica del Laboratorio de Fabricación Digital 2. Asesoramiento Técnico-Estudiante 3. Planta docente de la Escuela de Ingeniería Industrial <p>Externas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Autoridades Universitarias. 2. Planta docente de otras Escuelas 3. Empresas 4. Medios de comunicación.

Tabla 144 Funciones Unidad de Dirección de la Escuela de Ingeniería Industrial

Fuente: Elaboración propia

Planta Docente de la Escuela de Ingeniería Industrial (EII): conformada por jefes de departamento, coordinadores de cátedra o docentes en general, facilitando y promoviendo ideas para el mejor aprovechamiento de los recursos del laboratorio.

Dirección Técnica del Laboratorio de Fabricación Digital: Unidad encargada de la planeación, organización, dirección y control del laboratorio, integrando recursos para su óptimo funcionamiento.

FUNCIONES GENERALES	RELACIONES FUNCIONALES
<ol style="list-style-type: none"> 1. Planear y organizar las actividades de orientación al usuario. 2. Promover y dar apoyo en estudios de Investigación Tecnológica y actividades de extensión universitaria. 3. Participar en el análisis de los planes de estudio y evaluar nuevas propuestas en base a los servicios que pueda ofrecer el laboratorio. 4. Realizar actividades de gestión administrativa relacionadas con y para el correcto funcionamiento del laboratorio. 5. Coordinar los procesos de comunicaciones internos y externos del laboratorio. 6. Realizar, coordinar y revisar las actividades académicas con los docentes encargados de cada práctica, a fin de programar, y asignar los recursos necesarios. 7. Mantener en óptimas condiciones las instalaciones, maquinaria y equipo del laboratorio. 	<p>Internas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Dirección de la Escuela de Ingeniería Industrial 2. Asesoramiento Técnico-Estudiente 3. Planta docente de la Escuela de Ingeniería Industrial <p>Externas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Autoridades Universitarias. 2. Planta docente de otras Escuelas 3. Medios de comunicación. 4. Empresas

<p>8. Velar porque se cumpla el reglamento interno del uso del laboratorio.</p> <p>9. Elaborar informes de los logros del laboratorio, estableciendo indicadores de logro.</p> <p>10. Realizar la planificación de promoción del laboratorio</p>	
--	--

Tabla 145 Funciones Unidad de Dirección del laboratorio de Fabricación Digital

Fuente: Elaboración Propia

Asesoramiento Técnico Estudiantil: unidad encargada de dar soporte a todas las actividades que desarrolle el director técnico del laboratorio, en pro de dar asesoramiento y orientación al usuario del laboratorio, asegurando el uso adecuado de los equipos, máquinas e instalaciones del laboratorio de fabricación digital.

FUNCIONES GENERALES	RELACIONES FUNCIONALES
<p>Proporcionar apoyo en la planeación de actividades del laboratorio con orientación al asesoramiento técnico del usuario.</p> <p>Apoyar con el mantenimiento óptimo de la maquinaria y equipo del laboratorio.</p> <p>Dar asesoría o tutoría a usuarios</p>	<p>Internas:</p> <p>Dirección Técnica del Laboratorio</p> <p>Planta Docente EII</p> <p>Externas:</p> <p>Usuarios</p>

Tabla 146 Funciones unidad de asesoramiento estudiantil

Fuente: Elaboración propia

DISEÑO DE PUESTOS

Luego de haber definido la estructura organizativa del laboratorio de fabricación digital, se procede a definir los puestos de trabajo correspondiente para cada unidad de trabajo. A continuación, se presentan los puestos de trabajo que corresponden a la estructura antes planteada:

FUNCIÓN	PUESTO	MODALIDAD DE COLABORACIÓN
Dirección Técnica del Laboratorio de Fabricación Digital	Director Técnico	Contratación
Asesoramiento Técnico Estudiantil	Asesor Técnico	Servicio Social

*Tabla 147 Puestos de trabajo del laboratorio de fabricación digital
Fuente: Elaboración propia*

Es importante recalcar que las funciones de la Dirección de la Escuela de Ingeniería Industrial y la Planta docente son funciones propiamente ya establecidas por la Escuela de Ingeniería Industrial y son ajenas a la definición de puestos de ésta organización.

PERFILES Y FUNCIONES

Puesto:
Director Técnico

Objetivo del Puesto: Planear, organizar, direccionar y controlar todas las actividades para el funcionamiento óptimo del laboratorio.

Nivel académico requerido: profesional con conocimientos en el área, que lo faculte a realizar correctamente las funciones requeridas del puesto.

Competencias/habilidades requeridas:

Iniciativa y pro actividad.

Habilidad para resolver problemas

Buenas relaciones interpersonales.

Capacidad para trabajar en equipo.

Espíritu de Liderazgo.

Experiencia requerida: 1 año como mínimo en el desempeño de actividades y funciones similares.

Funciones:

Planear y organizar las actividades de orientación al usuario, procesos o métodos de trabajo para las satisfacción de las necesidades de los usuarios del laboratorio.

Realizar actividades de gestión administrativa relacionadas con y para el correcto funcionamiento del laboratorio.

Coordinar los procesos de comunicaciones internos y externos del laboratorio.

Mantener en óptimas condiciones las instalaciones, maquinaria y equipo del laboratorio.

Será el encargado de todo lo concerniente al laboratorio.

Puesto:
Director
Técnico

Conocimientos:

Conocimientos sólidos en software de Modelado 3D. y fabricación digital

Conocimientos sobre sistemas CAD/CAM.

Comprensión en el funcionamiento de microcontroladores

Concedor de tecnologías Open Source

Paquetes de ofimática.

Dirección y administración de personal.

Formulación y evaluación de proyectos.

Innovación, investigación y desarrollo tecnológico.

Dominio del idioma inglés deseable

Puesto:
Asesor
Técnico

Objetivo del Puesto: dar soporte a todas las actividades que desarrolle el director técnico del laboratorio, en pro de dar asesoramiento y orientación al usuario del laboratorio

Nivel académico requerido: estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial a nivel de 4°, 5° o egresado apto según la sub unidad de Servicio Social Estudiantil de la EII para realizar el servicio social como requisito de graduación, con conocimientos sólidos de software de modelado 3D.

Competencias/habilidades requeridas:

Iniciativa y pro actividad.

Habilidad para resolver problemas

Buenas relaciones interpersonales.

Capacidad para trabajar en equipo.

Disposición para aprender nuevas tecnologías de fabricación digital

Experiencia requerida: No es necesaria.

Funciones

Proporcionar apoyo en la planeación de actividades del laboratorio con orientación al asesoramiento técnico del usuario.

Ayudar con el mantenimiento óptimo de la maquinaria y equipo del laboratorio.

Conocimientos:

Conocimientos en software de Modelado 3D.

Comprensión en el funcionamiento de microcontroladores

Concedor de tecnologías Open Source

Paquetes de ofimática.

FUNCIÓN DE CAPACITACIÓN DEL RECURSO HUMANO

Esta función está enfocada a la especialización del recurso humano involucrado en todas las actividades que se desarrollen en laboratorio, es decir se debe capacitar, especializar y cualificar al personal de dirección técnica del laboratorio, asesor técnico, planta docente de la escuela de ingeniería industrial; capacitaciones que deberán ser acordes a las funciones que cada involucrado tiene con las actividades del laboratorio.

Éstas capacitaciones deberán ser planeadas y solicitadas en conjunto con el director técnico, asesor técnico, director de la EII, y la planta docente para poder abarcar necesidades o vacíos de todos los involucrados; la función de capacitación deberá estar a cargo por el director técnico del laboratorio.

Actividades que conforman la Función de Capacitación

1. Buscar el desarrollo constante y de vanguardia del director técnico del laboratorio de fabricación digital, en temas relacionados con la fabricación digital.
2. Buscar instituciones, organismos o empresas que brinden servicios de capacitación o asesoría en fabricación digital.
3. Fomentar el deseo de capacitación del “Aprender Haciendo” en los usuarios del laboratorio.

3.9.2.3. GESTIÓN DE LA ADMINISTRACIÓN DEL LABORATORIO DE FABRICACIÓN DIGITAL

El laboratorio funcionará acorde al calendario académico anual, y conforme a otras consideraciones de que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura establezca, sin embargo, para el funcionamiento del laboratorio de fabricación digital es necesario la creación de una serie de procesos y procedimientos que facilitaran su funcionamiento.

SISTEMA DE PROCESOS

En este apartado se describen los procesos siguiendo una estructura lógica y ordenada, conforme a la metodología de tipificación de procesos o mapa de procesos que los clasifica como procesos claves, procesos estratégicos y procesos de apoyo.

Tipificación de los procesos

1. *Procesos clave*: Son los procesos que tienen contacto directo con el cliente (los procesos operativos necesarios para la realización del servicio, a partir de los cuales el cliente percibirá y valorará la calidad.)
2. *Procesos estratégicos*: Son los procesos responsables de analizar las necesidades y condicionantes de la sociedad, del mercado y de los usuarios.
3. *Procesos de Apoyo*: Son los procesos responsables de proveer a la organización de todos los recursos necesarios para poder generar valor para los usuarios.

MAPA DE PROCESOS LABORATORIO DE FABRICACIÓN DIGITAL - EII

PROCESOS ESTRATÉGICOS

ACCIONAR DE JUNTA DIRECTIVA FIA

PLANEACIÓN ESTRATÉGICA Y FINANCIERA

PROMOCIÓN DEL LABORATORIO

PROYECCIÓN INSTITUCIONAL

ACCIONAR DE LA DIRECCIÓN EII

PROCESOS CLAVE

Brindar Servicios de Fabricación Digital

USUARIOS

1. Estudiantes
2. Empresas
3. Docentes

Necesidad de prestación de servicios

ORIENTACIÓN A USUARIOS

PLANEACIÓN DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS

GESTIÓN DE COMPRAS

INVESTIGACION, INNOVACION Y DESARROLLO

ADMINISTRACION DE PROYECTOS

GESTION DE PROMOCION Y VENTA DE SERVICIOS

PLAN DE MANTENIMIENTO

USUARIOS ATENDIDOS

1. Estudiantes
2. Empresas
3. Docentes

Desarrollo de competencias
Proyectos ejecutados
Ejecución de proyectos académicos

PROCESOS DE APOYO

COMITÉ DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL FIA

SUBUNIDAD DE PROYECCIÓN SOCIAL-EII

PROMOCION DE LA INNOVACION Y EL EMPRENDIMIENTO EN LA UES POR PARTE DEL CEFIE

APOYO DE LA PLANTA DOCENTE EII

Esquema 16 Mapa de procesos del LFD de la EII

Fuente: Elaboración propia

Del esquema anterior podemos derivar tres tipos de procesos que muestran de manera general como se desempeñaran los procesos concernientes al funcionamiento del laboratorio. Es importante señalar que cada proceso desencadena como tal un procedimiento para realizar con éxito dicho proceso.

Definición y análisis de los procesos

1. Procesos Estratégicos

Accionar de la Junta Directiva de la FIA: este proceso será el encargado del accionar porque se aprueben las solicitudes de recursos para el funcionamiento óptimo del laboratorio de fabricación digital.

ENTRADA	PROCESO	SALIDA
Solicitudes de aprobación de todo el aprovisionamiento en términos de financieros, humanos, y ejecución de todas las actividades del laboratorio.	Accionar de la Junta Directiva de la FIA	Aprobación de todas las peticiones de recurso y accionar del laboratorio de fabricación digital.

Tabla 148 Proceso estratégico del accionar de la junta directiva

Fuente: Elaboración propia

Planeación Financiera: En éste proceso se realizan las gestiones necesarias para la obtención de recursos financieros para poder brindar todos los servicios por los cuales fue hecho el laboratorio.

ENTRADA	PROCESO	SALIDA
Necesidades financieras para el funcionamiento del laboratorio, plan de compras de suministros, equipos, maquinaria y materia prima	Planeación financiera	Recursos obtenidos para el funcionamiento del laboratorio

Tabla 149 Proceso estratégico del accionar de la planeación financiera

Fuente: Elaboración propia

Proyección Institucional: este proceso será el encargado de velar porque el enfoque y orientación del laboratorio se acople a las necesidades de actualización en I+D, del perfil de egresado que la Universidad de El Salvador tiene para cada uno de sus profesionales

graduados, será el encargado de velar por la expansión del laboratorio conforme a las necesidades del entorno.

ENTRADA	PROCESO	SALIDA
Proyecciones de Crecimiento del Laboratorio de Fabricación Digital	Proyección Institucional	Crecimiento tecnológico del Alma Mater

Tabla 150 Proceso estratégico del accionar de proyección institucional

Fuente: Elaboración propia

Promoción del Laboratorio: será el encargado de la búsqueda de alianzas estratégicas en pro del fortalecimiento del laboratorio, buscando entidades, organizaciones u empresas que apoyen las iniciativas del laboratorio de fabricación digital. Evaluar la factibilidad, viabilidad o conveniencia que deberá tenerse al estar aliado, patentado o ayudado por determinada entidad ajena la Universidad de El Salvador

ENTRADA	PROCESO	SALIDA
Evaluación de la necesidad de innovación, desarrollo y reconocimiento	Promoción del laboratorio	Prestigio y posicionamiento del Laboratorio de Fabricación Digital.

Tabla 151 Proceso estratégico promoción del laboratorio

Fuente: Elaboración propia

Dirección Escuela de Ingeniería Industrial: Este proceso será el encargado de trazar las líneas estratégicas de las proyecciones institucionales que involucren el desarrollo de actividades de éxito en el laboratorio de fabricación digital, aportando al fin último que se busca como Escuela de Ingeniería industrial en la formación de profesionales competentes.

ENTRADA	PROCESO	SALIDA
Necesidades de actualización y enfoque constante en el accionar y razón de ser del laboratorio de fabricación digital.	Dirección Escuela de Ingeniería Industrial.	Planeación estratégica para el funcionamiento óptimo del laboratorio de fabricación digital.

Tabla 152 Proceso estratégico del accionar de la EII

Fuente: Elaboración propia

2. Procesos Claves

Orientación a usuarios: en este proceso se describirán todas aquellas actividades interrelacionadas entre sí, que el usuario del laboratorio deberá saber para poder desarrollar su proyecto académico o empresarial, brindando asesoría inicial para el desarrollo de sus ideas utilizando todos los recursos que el laboratorio tiene a disposición de sus usuarios. Es este proceso que se ganarán las solicitudes para la elaboración o ejecución de determinado proyecto.

Entrada	Proceso	Salida
Nuevos proyectos, ideas o preguntas derivados en la posible ejecución o no de determinado proyecto.	Orientación del usuario	Entrada de solicitudes de proyectos
Indicador	Cantidad de usuarios/mes Servicio mayor demandado/mes Cantidad de dinero captado por parte de los servicios que preste el laboratorio	

Tabla 153 Proceso clave de orientación a usuarios

Fuente: Elaboración propia

Gestión de Compras: proceso encargado de estimar, proyectar y solicitar todos los suministros, insumos, maquinaria y equipo, materia prima que el laboratorio de fabricación digital demandará para su funcionamiento.

Entrada	Proceso	Salida
Necesidad de materias primas, insumos, maquinaria y equipo	Gestión de Compras	Solicitud de insumos y materias primas Obtención de lo solicitado.

Tabla 154 Proceso clave de la gestión de compras

Fuente: Elaboración propia

Administración de proyectos: proceso encargado de evaluar la viable y factible ejecución de los proyectos solicitados, así como de estimar y documentar el grado de avance que los proyectos van desarrollando, descubriendo retos y mejoras en la ejecución de éstos; brindando

un documento final con los resultados finales de todo el proyecto a fin de poder retroalimentar proyectos futuros.

Entrada	Proceso	Salida
Solicitudes de proyectos	Administración de Proyectos	Proyecto rechazado o ejecutado con éxito

Tabla 155 Proceso Clave de la administración de proyectos

Fuente: Elaboración propia

Investigación, innovación y desarrollo: proceso encargado de la búsqueda constante de capacitación, actualización y cualificación de todo su personal de trabajo y estudiantes usuarios, fomentado la creación de talleres libres de aprendizaje basado en la formación de competencias de fabricación digital.

Entrada	Proceso	Salida
Necesidad de la formación y adquisición de nuevas competencias relacionadas con la fabricación digital.	Investigación, innovación y desarrollo	Personal y estudiantes competentes orientados a la investigación, innovación y desarrollo en tecnologías de fabricación digital.

Tabla 156 Proceso clave investigación, innovación y desarrollo del Laboratorio de Fabricación Digital

Fuente: Elaboración propia

Gestión de promoción y venta de servicios: Este proceso será el encargado de la puesta en marcha de todas aquellas actividades que conlleven el crecimiento del Laboratorio de Fabricación digital, desencadenando un crecimiento institucional de calidad en la prestación de servicios derivados de la fabricación digital a través de promoción y ventas de los servicios que ofrece el laboratorio.

Entrada	Proceso	Salida
Necesidad de venta de servicios y promoción del laboratorio de fabricación digital	Gestión de promoción y ventas	Expansión y crecimiento del Laboratorio de Fabricación digital a nivel interno y externo.

Tabla 157 Proceso clave de la gestión de promoción y ventas de servicios del laboratorio de fabricación digital

Fuente: Elaboración propia

Plan de mantenimiento: Este proceso será el encargado de la puesta en marcha de todas aquellas actividades que conlleven la preservación en cuanto a las condiciones óptimas de maquinaria, equipo e instalaciones del Laboratorio de Fabricación digital, desarrollando para ello un plan de mantenimiento preventivo y correctivo para la maquinaria incorporando para ello el introductorio estipulado en el apartado de la ingeniería del proyecto en el capítulo 2 en cuánto el plan de mantenimiento se refiere.

Entrada	Proceso	Salida
Necesidad de un plan mantenimiento para el equipo, maquinaria e instalaciones del laboratorio de fabricación digital	Plan de mantenimiento	Maquinaria, equipo e instalaciones en condiciones óptimas para el eficiente funcionamiento del Laboratorio de Fabricación Digital.

Tabla 158 Proceso clave de la gestión del mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

3. Procesos de apoyo

Comité de Higiene y Seguridad Industrial de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura: Se encargará de velar que todas las disposiciones en el espacio físico del laboratorio no atenten contra la integridad física de los usuarios, sugiriendo las medidas de preventivas que se deberán considerar en el funcionamiento del laboratorio.

Entrada	Proceso	Salida
Necesidad de un plan de prevención de riesgos derivados de la puesta en marcha del laboratorio de fabricación digital.	Comité de Higiene y Seguridad Industrial de la FIA	Plan de prevención de riesgos, capacitación del personal en prevención de riesgos derivados de todo su entorno físico de operación.

Tabla 159 Proceso de apoyo de Comité de Higiene y Seguridad Industrial de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Fuente: Elaboración propia

Sub-unidad de proyección estudiantil de la Escuela de Ingeniería Industrial: proceso que conllevará la recomendación y selección del estudiante idóneo para la transferencia de conocimiento relacionado con la I+D en las tecnologías de fabricación digital hacia otros

usuarios, cumpliendo con ello con su requisito de graduación de la unidad de proyección social de la universidad.

Entrada	Proceso	Salida
Necesidad de incorporar al talento humano estudiantil en el laboratorio de fabricación digital.	Sub-unidad de proyección de servicio social estudiantil.	Apoyo a través del asesoramiento técnico estudiantil en las actividades del laboratorio.

Tabla 160 Proceso de apoyo de la Sub-Unidad de proyección Social de la EII

Fuente: Elaboración propia

Centro del Fomento de la innovación y el emprendimiento CEFIE: Apoyar en la creación de nuevos proyectos derivados de empresas u personas emprendedores que deseen llevar a la realidad sus ideas; donde la fabricación digital pueda potenciar la idea de determinado proyecto.

Entrada	Proceso	Salida
Necesidad de proyecto innovador	CEFIE	Creación de nuevos proyectos innovadores.

Tabla 161 Proceso de apoyo Centro del Fomento de la Innovación y emprendimiento UES

Fuente: Elaboración propia

Planta Docente Escuela de Ingeniería Industrial: éste proceso conlleva la planeación, de todas las actividades a desarrollar en el laboratorio; actividades desarrolladas conforme a las necesidades actuales del perfil de egresado de la carrera de Ingeniería industrial.

Entrada	Proceso	Salida
Prácticas o guías de trabajo a desarrollarse en el laboratorio.	Planta Docente EII	Necesidades de conocimiento y competencias satisfechas del perfil de egresado de la carrera de Ingeniería Industrial.

Tabla 162 Proceso de apoyo planta docente de la EII

Fuente. Elaboración propia

Cada uno de los procesos antes mencionados conlleva la ejecución de determinados procedimientos, a continuación, se muestra un esquema con los diversos procedimientos asociados a cada proceso:

Procedimientos asociados a los procesos.	Proceso	Procedimiento
	Accionar de la Junta Directiva de la FIA	Procedimiento para aprobación de determinada solicitud
	Gestión de Compras	Procedimiento de compras
	Orientación a usuarios	Atención al usuario
	Planeación de prestación de servicios	Asignación de recursos
		Desarrollo de sesiones de laboratorio
	Investigación, Innovación y Desarrollo	Capacitación
	Administración de Proyectos	Validación, análisis de proyectos.
	Gestión de promoción y ventas de servicio	Promoción y ventas externas
	Sub unidad de Servicio Social Estudiantil EII	
	Planta Docente EII	

Esquema 76 Procedimientos asociados a los procesos del laboratorio de fabricación digital

Fuente: Elaboración propia

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS PROCEDIMIENTOS

DEL PROCESO ACCIONAR DE LA JUNTA DIRECTIVA

Procedimiento 1: Aprobación de determinada solicitud

Descripción: Deberá redactarse clara y ordenadamente cualquier petición de aprobación en pro del correcto funcionamiento del laboratorio, éstas solicitudes deberán ser discutidas y aprobadas por la dirección de la Escuela de Ingeniería Industrial y así dar el visto bueno para ser enviados a la secretaría de la facultad de Ingeniería y Arquitectura, para ser tratadas en las sesiones ordinaria que la Junta Directiva de la FIA realiza; la correcta aprobación o desaprobación de la misma, para la cual se emite un numero de acuerdo, el cuál será notificado a la unidad solicitante.

Del proceso Gestión de Compras

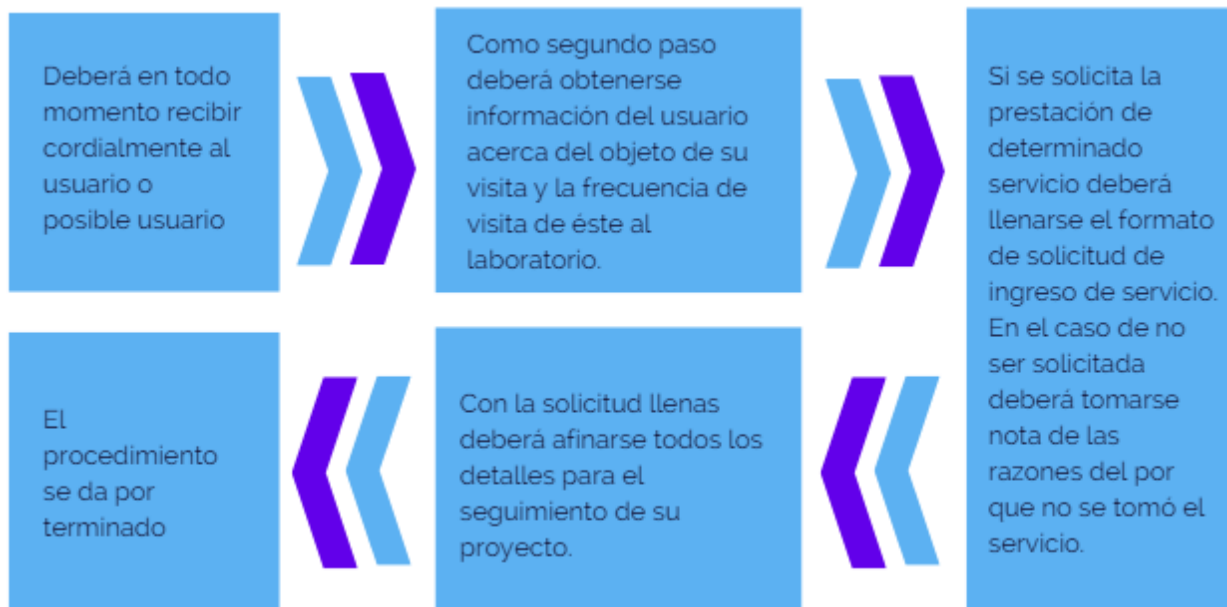
Procedimiento 2: Procedimiento de compras

Descripción: Todas las compras de insumos, materias primas, maquinaria y equipo serán realizadas por la UACI-UES, para la cual el procedimiento de compra y contrataciones asociado al laboratorio deberá seguirse como tal, será el que esta unidad disponga. Deberá elaborarse un plan de compras anual para la inclusión de las necesidades del Laboratorio en el presupuesto anual de gastos de la UES. De las necesidades subsecuente de compras o imprevistos fortuitos del laboratorio se podrán solicitar a través del fondo circulante. Para ambos casos se presenta en anexos. Anexo 5. Formatos de solicitud de compras por fondo circulante. Anexo 6. Formato de elaboración del Plan de Compras. Los formatos para la solicitud de plan de compras y solicitud de compra a través del fondo circulante que deberá autorizar y solicitar la Escuela de Ingeniería Industrial a la Unidad Financiera de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Los planes de compra anual se presentan a la Junta Directiva.

Del proceso Orientación a usuarios

Procedimiento 3. Atención al usuario

Descripción:



Esquema 77 Procedimiento para la atención del usuario

Esquema: Elaboración propia

Formato de Solicitud de Ingreso de Servicio

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL		Fecha de solicitud Tipo de Servicio Número de Ingreso de Servicio	[Fecha en la que solicita el servicio] [Impresión 3 D, escaneo 3D u otro] [De acuerdo a la codificación de archivo y documentación]
LABORATORIO DE FABRICACIÓN DIGITAL SOLICITUD DE INGRESO DE SERVICIO			
Usuario solicitante	[Nombre de la materia y docente solicitante] o [Estudiante] o [Empresa]	Contacto:	
Descripción del Servicio solicitado			
Seguimiento del Proyecto			
Fecha	Avance o entrega	Observaciones	
Detalle de precios por la prestación de servicio			
Servicio	Precio por volumen de materia prima utilizado/ horas de uso. [\$/cm ³] [metro lineal] o [\$/hora uso]	Cantidad m lineal utilizado o cantidad de horas de uso.	Monto \$
		Total: \$	
Fecha de entrega del servicio		Firma de Recibido	
Observaciones			

Ilustración 66 Formato de solicitud de servicios para el LFD

Fuente: Elaboración Propia

ASPECTOS CLAVES A DESTACAR:

El formato anterior será el que deberá utilizarse para documentar la solicitud de ingreso de servicio, para el caso de la prestación de servicios a empresas éste formato podrá utilizarse como orden de pago en la colecturía de la facultad de ingeniería y arquitectura, donde el solicitante deberá cancelar el monto total de sus servicios, proceder a sacar una copia del recibo de pago y entregarla a la Dirección Técnica del Laboratorio de Fabricación Digital para proceder con la ejecución de su servicio solicitado. El estudiante que solicite la utilización de los servicios de laboratorio por el desarrollo de proyectos de determinada asignatura deberá presentar una carta de autorización y petición del docente de la asignatura para el uso de los servicios; en la que el docente asume la responsabilidad de la práctica.

Cuando el solicitante sea un estudiante, éste deberá presentar una carta de responsabilidad para garantizar el mantenimiento en óptimas condiciones la maquinaria, equipo e instalaciones del laboratorio, respondiendo moral y económicamente por cualquier daño hacia éstos. El uso de materia prima para los proyectos derivados de proyectos de asignatura o proyectos de estudiantes, deberá sujetarse dependiendo de la envergadura de cada proyecto a desarrollar, que el estudiante o grupo de estudiantes cubran el suministro de materia prima para la elaboración del proyecto.

Indicadores

Se puede medir la cantidad de *usuarios/mes* de cada uno de los diferentes tipos de usuarios que atiende el laboratorio.

DEL PROCESO DE PLANEACIÓN DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS.

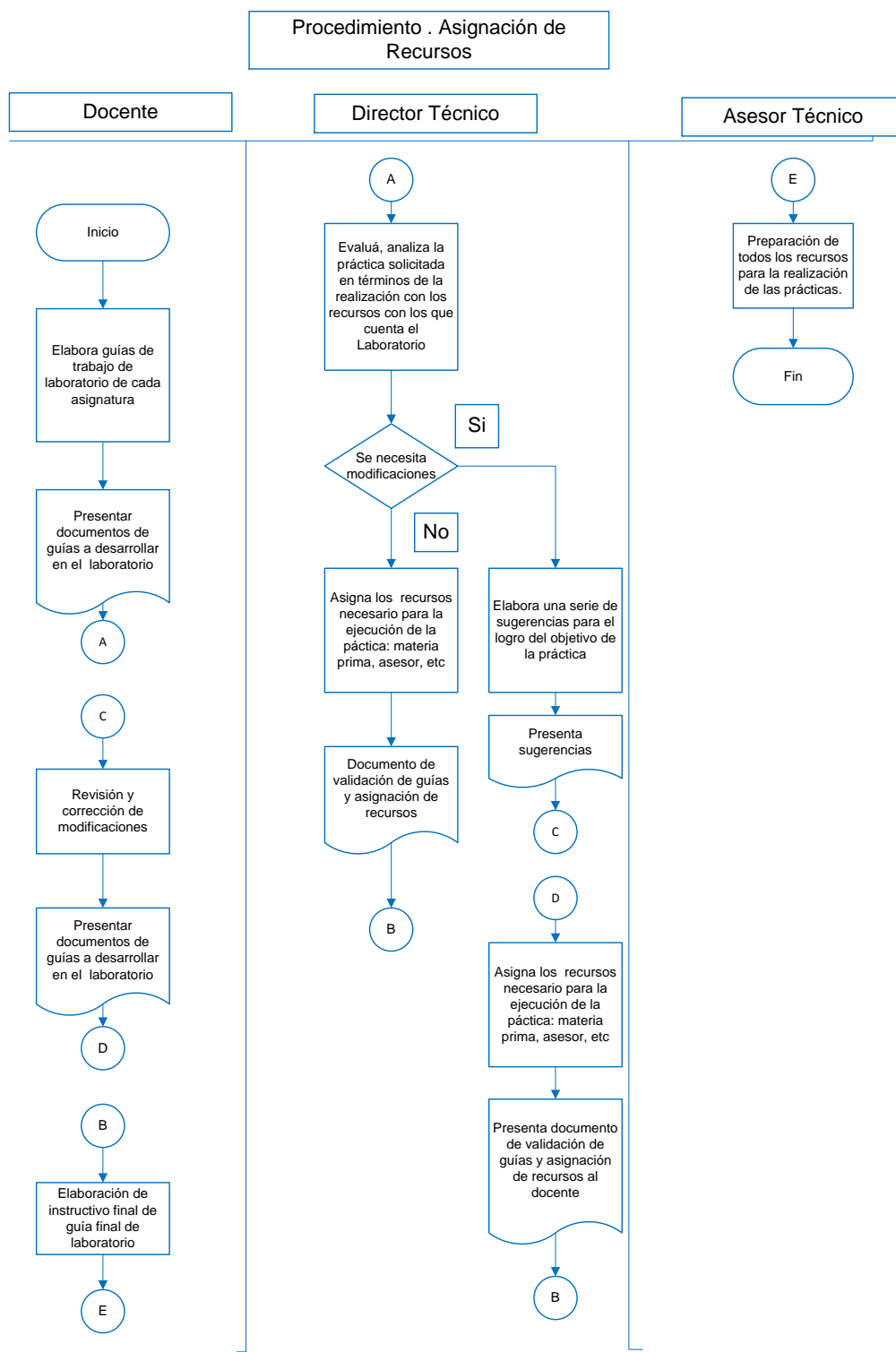
Procedimiento 4. Asignación de recursos

Descripción: Describe el procedimiento sistemático para asignar los recursos necesarios para desarrollar las prácticas de laboratorio, evaluando cada una de las prácticas en cuanto al consumo de recursos necesarios para realizar con éxito cada práctica; específicamente realizando un análisis de capacidad versus requerimientos.

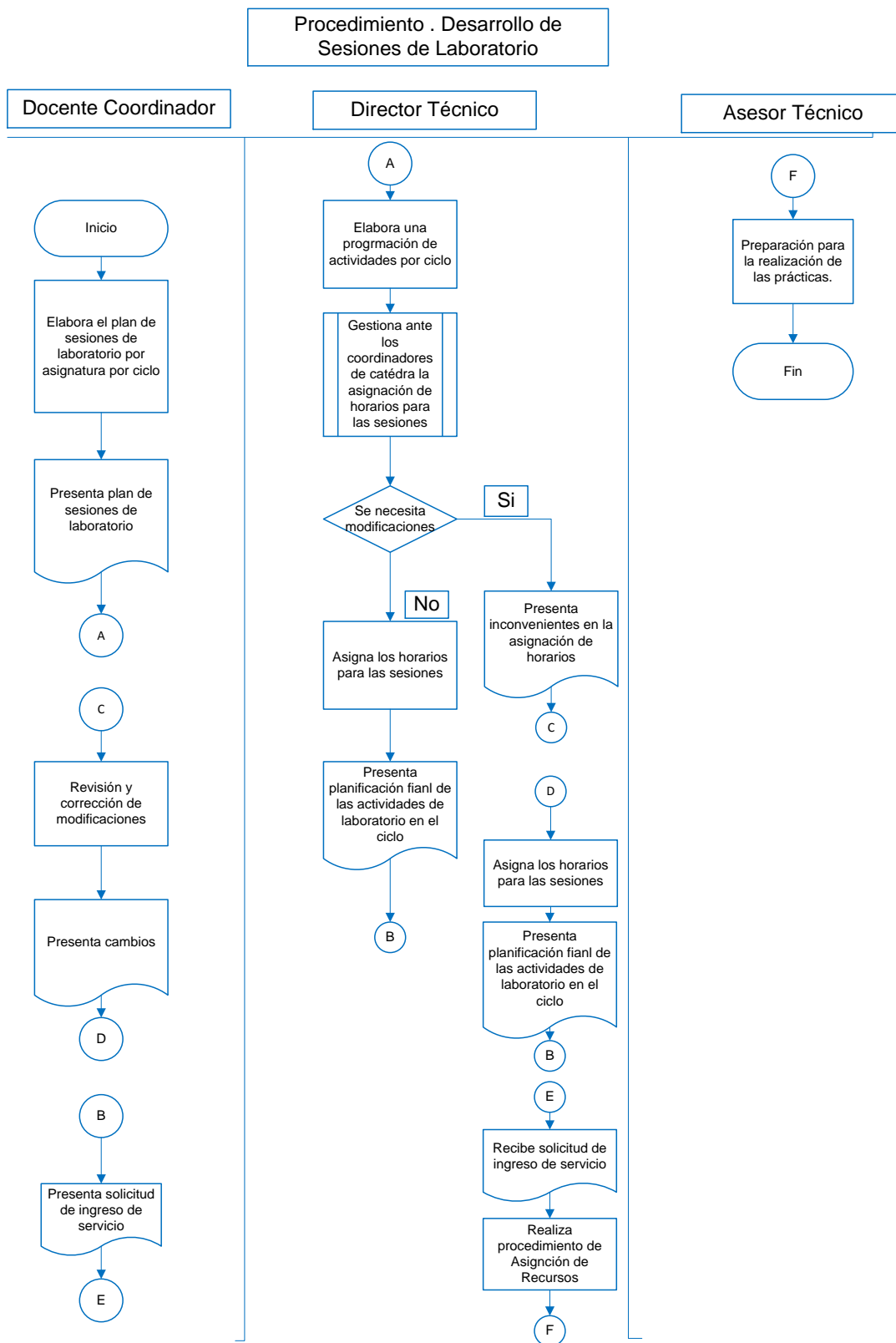
Procedimiento 5. Desarrollo de Sesiones de Laboratorio.

Descripción: Una vez validado la práctica y asignado los recursos para el desarrollo de las practicas se procede a planificar la mecánica del desarrollo de las sesiones de laboratorio, con 1 semana de anticipación a la práctica a desarrollar el docente deberá presentar la solicitud de ingreso de servicio para la asignación de horarios y evitar contratiempos para ejecución de

las mismas; sin embargo, la planeación de sesiones del laboratorio se realizará por ciclo para el usuario docente.



Esquema 17 Diagrama de flujo de proceso de asignación de recursos



Esquema 18 Diagrama de flujo de proceso de asignación de recursos

DEL PROCESO INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y DESARROLLO

Procedimiento 6. Capacitación

Descripción: El director técnico del laboratorio de fabricación digital deberá mantener una búsqueda constante de capacitaciones, talleres, ferias o congresos relacionados con la capacitación y especialización de su personal, involucrando asesores, docentes y estudiantes; seguidamente después de haber concretado y evaluado su posible asistencia a dicha capacitación, deberá procederse a seleccionar el personal que se presentará en determinada actividad; posteriormente se deberá informar a los seleccionados y pedir su aprobación de su participación. El director técnico deberá comprometer a cada involucrado en una capacitación su participación en la transferencia del conocimiento adquirido.

Se deberá documentar la capacitación o especialización por cada participante, según el formato siguiente:

Nombre del Docente/Estudiante/Asesor	Nombre del curso de especialización/Institución que lo ofreció	Fecha en el que se realizó	Número de Capacitaciones a la fecha.

Tabla 163 Formato para la documentación de capacitaciones

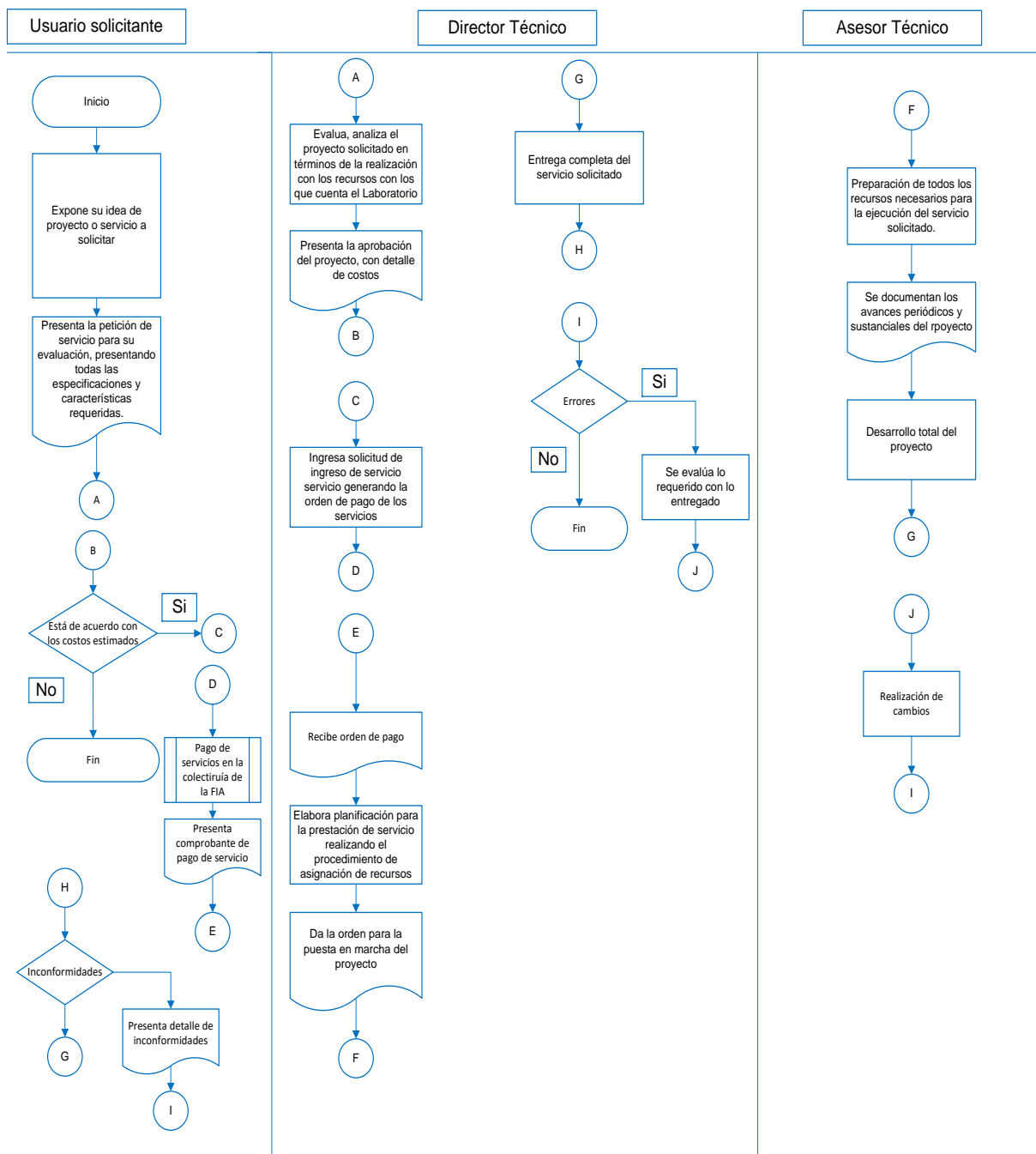
Fuente: Elaboración propia

DEL PROCESO DE ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS.

Procedimiento 7. Análisis y Validación de los proyectos solicitudes de servicios de proyectos.

Descripción: Se muestra el procedimiento a seguir para la prestación de servicios de proyectos, siguiendo la secuencia de pasos sistemáticos descritos a continuación:

Procedimiento . Administración y
Análisis de servicios de proyectos.



Esquema 19 Diagrama de proceso de administración y análisis de servicios de proyectos

Fuente: Elaboración propia

DEL PROCESO GESTIÓN DE PROMOCIÓN Y VENTA DE SERVICIOS.

Procedimiento 8. Promoción y ventas

Descripción: El procedimiento se iniciará con el establecimiento y cuantificación de los objetivos a lograr con la promoción del laboratorio, seguidamente deberá buscarse un enfoque estratégico para realizar la promoción, es decir ¿Qué se quiere lograr? Y ¿En qué partes o áreas del mercado debemos centrar la actividad?, Luego de haber definido lo que se quiere lograr se procede con Generación de ideas para dar respuesta a los objetivos, estableciendo con ello los medios de apoyo para lograrlo; definiendo las actividades de comunicación que éstos contendrán.

Medios de Apoyo

1. Redes Sociales
2. Cartas de presentación
3. Difusión por medios de comunicación de la Universidad y otros: Radio, televisión, páginas web y periódicos.
4. Asistencia a talleres o congresos de índole tecnológico

SISTEMA DE DOCUMENTACIÓN

Para mantener un control lógico y ordenado de todos los documentos que se manejen en el laboratorio se procede a establecer la siguiente estructura de codificación de procedimientos y formatos:

CODIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTOS

ORU	01	01
Abreviatura del proceso al que pertenece	Número de Proceso al que pertenece	Número de Procedimiento.

Tabla 164 Codificación de procedimientos a desarrollar en el laboratorio de fabricación digital

Fuente: Elaboración propia

Codificación de formatos

SIS	ATU	01
Abreviatura del nombre del formato	Abreviatura del procedimiento al que corresponde	Número de Formato

Tabla 165 Codificación de formatos a utilizar en procesos del laboratorio de fabricación digital

Fuente: Elaboración propia

Las solicitudes de ingreso de servicio serán codificadas de la siguiente manera:

Usuario	Codificación de Solicitudes de ingreso de servicio	Ejemplo
Docentes	[código de la materia]/[Ciclo año]/[N° grupo]	DIP115/116/01
Empresas	[Usuario Externo]/[Iniciales de la empresa solicitante][año de entrada de la solicitud]	EXT/TP2017
Estudiantes	[carnet del estudiante]/[año de entrada de servicio]	HE07001/2017

Tabla 166 Codificación de Procedimientos

Fuente: Elaboración Propia

Según la codificación anterior, los procedimientos y formatos quedan de la siguiente manera:

Codificación	Proceso	Procedimiento	Codificación
	Accionar de la Junta Directiva de la FIA	Procedimiento para aprobación de determinada solicitud	AJD0101
	Gestión de Compras	Procedimiento de compras	GC0202
	Orientación a usuarios	Atención al usuario	OU0303
	Planeación de prestación de servicios	Asignación de recursos	PPS0404
		Desarrollo de sesiones de laboratorio	PPS0405
	Investigación, Innovación y Desarrollo	Capacitación	IID0506
	Administración de Proyectos	Validación, análisis de proyectos.	AP0607
	Gestión de promoción y ventas de servicio	Promoción y ventas externas	GPV0708

Formato	Codificación de formatos
Solicitud de Ingreso de servicio	SIS/ATU01
Registro de Capacitaciones	RC/CAP02

Tabla 167 Codificación de formatos

Fuente: Elaboración propia

3.10. SISTEMAS DE APOYO

Los sistemas de apoyo son herramientas complementarias a las actividades del laboratorio pero que generan un valor agregado en su desarrollo, a continuación, se presentan dos sistemas que abonan al desarrollo de las actividades del laboratorio de fabricación digital: un sistema de higiene y seguridad y lineamientos para la creación de guías de laboratorio para prácticas de fabricación digital en las diferentes cátedras de la carrera de ingeniería industrial.

3.10.1. SISTEMA DE HIGIENE Y SEGURIDAD PARA EL LABORATORIO DE FABRICACIÓN DIGITAL DE LA EII

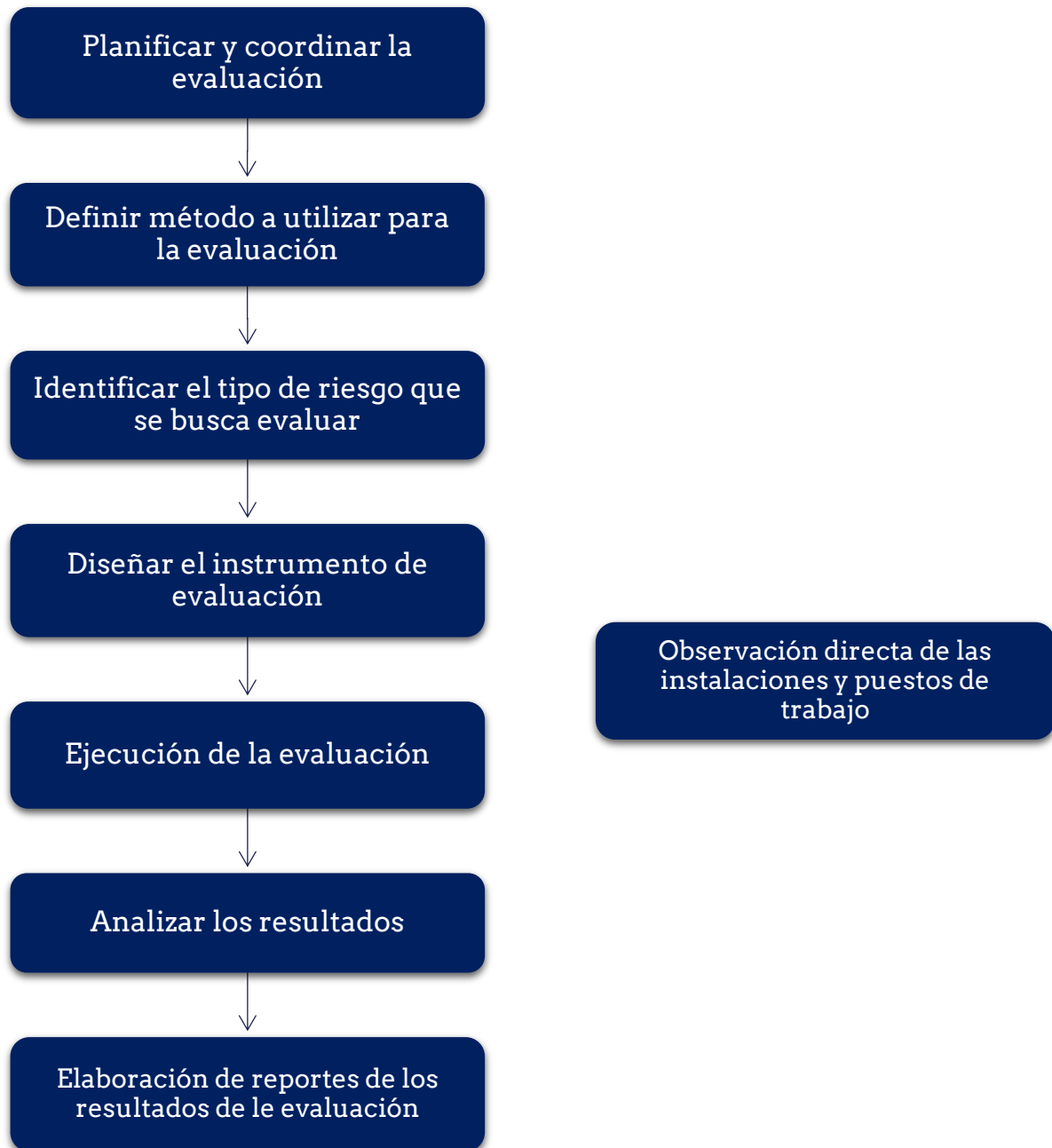
Los peligros se desarrollan en virtud al avance tecnológico que nos agobia día a día. Los peligros, los riesgos, representan una probabilidad de sufrir un accidente o contraer una enfermedad.

Por ello, saber reconocer los riesgos es la base de nuestro desarrollo de vida. Los accidentes de trabajo en general, varían en función a la frecuencia, a la gravedad y a las consecuencias, pero de cualquier forma dejan consecuencias.

Lo mismo se puede decir de las enfermedades laborales, que se presentan cada vez con mayor frecuencia; lo expuesto anteriormente lleva como consecuencia directa a comprender la importancia de la Seguridad y la Higiene en el trabajo, generando sistemas preventivos que garanticen la seguridad de los usuarios y trabajadores del laboratorio de fabricación digital de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador.

3.10.2. METODOLOGÍA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS EN EL LABORATORIO DE FABRICACIÓN DIGITAL

METODOLOGÍA PARA LA IDENTIFICACIÓN, EVALUACIÓN Y VALORIZACIÓN DE RIESGOS



Esquema 20 metodología para la identificación, evaluación y valorización de riesgos

Fuente: Elaboración propia

3.10.3. APLICACIÓN DEL MÉTODO DE CHECK LIST PARA IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

Las Check List o listas de comprobación, son instrumentos utilizados para determinar la adecuación a un determinado procedimiento o reglamento; la primera referencia bibliográfica al método es de 1971, en el artículo publicado por Millar and Howard en la revista inglesa Major Loss Prevention in Process Industries del London Institution of Chemical Engineers. Este tipo de instrumento es de fácil aplicación y pueden ser utilizadas en cualquier fase de un proyecto o modificación de una planta. Es una manera adecuada de evaluar el nivel mínimo aceptable de riesgo de un determinado proyecto; evaluación necesaria en cualquier trabajo independientemente de sus características, muchas organizaciones utilizan las listas de inspección estandarizadas para seguimiento y control de las diferentes fases de un proyecto.

3.10.3.1. ÁMBITO DE APLICACIÓN

Ya se ha mencionado que son aplicables a todas las fases de un proyecto, y poseen, además, la doble vertiente de comunicación entre miembros del proyecto y control del mismo. A título recordatorio, podemos indicar su empleo en diseño, construcción, puesta en marcha y operación. El resultado de la aplicación de estas listas es la identificación de riesgos comunes y la adecuación a los procedimientos de referencia, los resultados son siempre cualitativos, pero suelen limitarse al cumplimiento o no de las normas de referencia.

3.10.3.2. RECURSOS NECESARIOS

Las listas de inspección deben ser preparadas por personas de gran experiencia. Es necesario disponer de las normas o estándares de referencia, así como de un conocimiento del sistema o planta a analizar. Pueden ser puestas en práctica por un titulado sin gran experiencia, aunque los resultados deben ser supervisados por alguien con experiencia.

CHECK LIST SOBRE POSIBLES RIESGOS EN EL LABORATORIO DE FABRICACIÓN DIGITAL DE LA EII

Nombre de la unidad: Laboratorio de fabricación digital
 Ubicación Edificio de Ingeniería Industrial
 Fecha: 06/12/2016
 Responsable: _____

Indicadores	Aplica	Observaciones
RIESGO ELÉCTRICO		
Los alumnos y/o personal docente se encuentran expuestos a conexiones eléctricas	■	
Las conexiones eléctricas se encuentran en malas condiciones	■	Se debe realizar una inspección del funcionamiento de los tomacorrientes
El recubrimiento de los cables se encuentran en mal estado: con cortes, cables desnudos, sin exceso de uniones, etc.	■	
Existen paneles electricos o cajas eléctricas en las instalaciones	■	Se propone ubicar un panel eléctrico dentro del laboratorio
Los paneles eléctricos se encuentran al alcance de los alumnos, docentes y personal administrativo.	■	
Los paneles eléctricos carecen de señalización	■	
Se encuentran desprotegidos los paneles eléctricos	■	
Existen transformadores cerca de las instalaciones	■	
Existen tomacorrientes en las instalaciones	■	
Los tomacorrientes se encuentran desprotegidos	■	Se sugiere el cambio de los tomacorrientes actuales por modelos con protector
Se observa material inflamable cerca de las conexiones eléctricas o equipos eléctricos	■	
Existen lámparas, focos o cualquier luminaria con cables desprotegidos	■	
Existen regletas o extensiones en las instalaciones	■	Se utiliza regleta para impartir clases, se debe limitar su uso a
Se observan regletas o extensiones sobrecargadas	■	Se sugiere restringir el uso de regletas a ñas áreas de trabajo en piezas finales en el laboratorio
Las regletas o conexiones se encuentran mal ubicadas	■	
Se observan conexiones eléctricas descubiertas	■	

ILUMINACIÓN		
Los salones cuentan con iluminación artificial		
Es suficiente la iluminación artificial del laboratorio		Existe poca iluminación en ciertas zonas del laboratorio por daño en luminarias
Existen luminarias sin focos o lámparas		
Las luminarias se encuentran desprotegidas		
Existen zonas con poca iluminación en el área		Poca iluminación artificial debido a lámparas dañadas
Existe poca iluminación el área administrativa		
Las salidas de emergencias se encuentran mal iluminadas		
Las luminarias se encuentran muy cerca de las personas		
Las luminarias se encuentran muy lejos		
El interruptor para encender y apagar las luminarias se encuentra arruinado		
Existen demasiados reflejos en el laboratorio		
Existen sombras en el laboratorio		Debido a la arquitectura del salón
Las luminarias se encuentran incompletas		
La iluminación altera los colores		
Las salidas cuentan con iluminación		
La iluminación en las salidas es suficiente		
La iluminación es suficiente en el área de trabajo		
Pizarrón posee iluminación deficiente		El área de trabajo adónde se ubicará la pizarra posee suficiente iluminación
Iluminación es insuficiente durante la noche		
VENTILACIÓN / CLIMATIZACIÓN		
Existe ventilación el laboratorio		
Existe ventilación en los cubículos y puestos de trabajo.		
La ventilación es inadecuada en el salón.		
La ventilación es inadecuada en el puesto de trabajo.		
El flujo de aire proviene de un ambiente contaminado.		

Existe ventilación en las áreas administrativas.		
La ventilación es inadecuada en el área de trabajo.		
El flujo proviene de un ambiente contaminado.		
La fuente de ventilación esta desprotegida, sin mallas.		La fuente de ventilación secundaria (ventanas) está desprotegida
Existen ventanas en el laboratorio		
Las ventanas están obstaculizadas.		
Las ventanas se pueden abrir fácilmente.		
El flujo de aire es limitado.		
Se carece de ventanas para el ingreso de aire y para la salida del mismo.		
Existen obstáculos para una buena ventilación.		
Existen instalaciones de extracción localizada en las zonas o puntos donde se puede producir la generación de contaminantes.		
Se utilizan fuentes de ventilación artificiales en el puesto de trabajo		La ventilación y temperatura del lugar es generada por un sistema de aire acondicionado
RIESGOS BIOLÓGICOS		
Existen contaminantes biológicos en las instalaciones.		
Los estudiantes y trabajadores conocen el grado de peligrosidad de los contaminantes.		
Existe una zona para los desechos sólidos.		Existe un basurero para recolección de desperdicios en cada una de las secciones: área administrativa, área de trabajo y módulo impresión.
La zona para los desechos se encuentra en desorden.		
El área para los desechos está al alcance de los estudiantes.		
El área para los desechos está al alcance de los empleados		
Existen depósitos de basura adecuados en todas las áreas.		No hay depósitos de basura dentro del salón
Los basureros se encuentran destapados.		
Existe basura en suelo, al alcance de los estudiantes y personal.		
Existe acumulación de humedad o agua en los basureros.		
Se observa la presencia de zancudos, moscas o cualquier otro insecto que represente un riesgo.		Se ha observado presencia de zancudos en el laboratorio
Limpian periódicamente los salones y áreas de trabajo (Consultar bitácora de limpieza).		No existe bitácora de limpieza

El personal de limpieza utiliza equipo de protección.		
Se observan rastros de roedores o cualquier otro animal en bodega.		
Existe abastecimiento de agua potable		
Se mantiene el mobiliario limpio y ordenado.		Actualmente el salón se mantiene limpio pero no en orden
Los salones cuentan con programación de limpieza.		N hay programación de limpieza en el salón
Existe pintura en mal estado y con agentes micóticos		
Las paredes se encuentran sucias y con residuos		
Pasillos se utilizan como bodega		
Existen objetos almacenados cubiertos de moho y agentes micóticos		
PREVENCIÓN CONTRA INCENDIOS		
Existen productos inflamables en las instalaciones.		
Se tienen identificados los diferentes focos de ignición.		
Las instalaciones poseen extintores.		No hay extintores en el área
Los extintores se ubican a la distancia y altura que establece la ley.		
Los extintores se encuentran cargados.		
Los extintores se encuentran en buen estado.		
Los extintores son los adecuados para el tipo de fuego que pueda presentarse.		Se propone colocar un extintor según cada tipo posible de fuego a existir
Los extintores se encuentran accesibles en caso de incendio.		
El personal docente, administrativo y estudiantil conoce el uso de los extintores.		
Las instalaciones poseen una salida de emergencia en caso de incendio.		
Se cuenta con un plan de emergencia contra incendios y evacuación.		Por la naturaleza de las actividades del centro es necesario
RIESGOS ERGONÓMICOS		
Se observa el pizarrón con claridad desde todas las áreas del aula de clases.		
El diseño del puesto de trabajo se realiza de acuerdo a las características del personal docente y administrativo.		
Se realizan tareas repetitivas.		
Se realizan acciones para contrarrestar esas tareas repetitivas.		

El respaldo de los asientos está de acuerdo a requerimientos para el cuidado de la espalda.		
Se han contemplado los aspectos ergonómicos de los puestos de trabajo en la evaluación de riesgos.		
Se realizan revisiones periódicas de las condiciones ergonómicas.		
Se consideran las características físicas de las personas al establecer procesos y métodos de trabajo.		
Se cuenta con sillas regulables con respaldo a los trabajadores sentados.		
Se implica al personal de la facultad en la mejora del diseño de su propio puesto de trabajo		
Se protege al trabajador del calor excesivo.		
Se hace buen uso de la ventilación natural cuando se necesita mejorar el ambiente térmico interior.		
Se mejoran y mantienen los sistemas de ventilación para asegurar una buena calidad del aire en los lugares de trabajo.		
Se cuenta con aire acondicionado en las instalaciones.		
El aire acondicionado se regula de forma que no genere incomodidad en los trabajadores y en los estudiantes.		En general la temperatura es controlada por un sistema de A/C
Se controlan debidamente los factores de monotonía, rutina y falta de autonomía.		
Se sitúan los materiales, herramientas y equipo más frecuentemente utilizados en una zona de cómodo alcance.		
RIESGOS ESTRUCTURALES		
Se tiene pupitres con aristas, esquinas vivas partes cortantes, etc., que puedan producir algún tipo de lesión.		
Se tienen escritorios con aristas, esquinas vivas, partes cortantes, etc., que puedan producir algún tipo de lesión		
Las puertas tienen partes oxidadas y con esquinas		
Las ventanas tienen vidrios rotos o con riesgo de caerse		
Las ventanas poseen alambres salidos, aristas, etc., que represente un riesgo a la población estudiantil y docente.		
Los salones cuentan con cielo falso		
El cielo falso se encuentra en mal estado, con posibilidades de caerse		
Existen alambres, hierros o clavos en el piso de las instalaciones		Existen pernos de pupitres empotrados
Existen rampas de acceso para personas con capacidades especiales en las instalaciones.		No hay forma de acceso al laboratorio para personas que utilicen sillas de rueda
Existen espacios para que personas con capacidades especiales desarrollen sus actividades		
CAÍDAS		

Existe riesgo de caídas al mismo nivel.		
Existen grietas en el suelo que pudieran provocar una caída al mismo nivel.		
Existen salientes no señalizadas en el suelo que pueden causar tropiezos y caídas de mismo nivel		
Existen agujeros en el suelo que pudieran provocar una caída al mismo nivel.		
Existe riesgo de caídas a distinto nivel.		
RUIDOS		
Existen ruidos estridentes en el área de trabajo.		
Existen ruidos continuos en el área de trabajo.		
Existen fuentes de ruidos en el área de trabajo.		
Se aíslan las fuentes de ruidos en el área de trabajo.		
Se realizan acciones para aislar el ruido.		
SEÑALIZACIÓN Y RUTAS DE EVACUACIÓN		
Existe algún tipo de señalización en las instalaciones.		
Se ha señalado los riesgos químicos en las instalaciones.		
Se ha señalado los riesgos físicos en las instalaciones.		
Se ha señalado los riesgos eléctricos en las instalaciones.		Es necesario realizar la señalización de los riesgos
Se cuenta con rutas de evacuación.		
Se conocen las rutas de evaluación		
Se encuentran libres para el acceso las rutas de evacuación		
Se encuentran señalizadas las rutas de evacuación.		
Se han definido los puntos de reunión.		
Se encuentra señalado el punto de encuentro.		No hay un punto de encuentro cercano al edificio
Se conoce la ubicación del punto de encuentro.		
Se realizan simulacros de evacuación.		
Las salidas de emergencias se encuentran señalizadas.		
Las salidas de emergencia se encuentran despejadas.		
Señalización empleada cumple con requisitos de normalización internacional.		
La distribución del aula permite fácil y libre evacuación.		

Existen objetos que obstruyen pasillos		
Puertas y salidas están obstruidas, selladas o bloqueadas		

OBSERVACIONES GENERALES:

Debido a que existen luminarias con desperfectos, se propone realizar un análisis de iluminación de las instalaciones del laboratorio

Check list realizado por:

HE07001, SC10022, LR09050

3.10.4. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

A partir del análisis de la información proporcionada por el instrumento utilizado previamente, se realiza la identificación de riesgos que afectan actualmente al local que albergará al laboratorio y que deben de ser tomadas en cuenta para su diseño, además de posibles riesgos que podrían presentarse a futuro y que deben de ser mitigados para asegurar el buen desarrollo de las actividades del laboratorio de fabricación digital de la EII.

Dichos riesgos se enlistan a continuación:

1. **Riesgo Eléctrico:** Este tipo de riesgo es el más común a causa de la maquinaria y equipo requerido para el desarrollo de las actividades del laboratorio. Por lo que debe de tomarse las medidas necesarias la reducción de la probabilidad de este tipo de accidentes.
2. **Riesgo de incendio:** Este riesgo es a causa de las altas temperaturas que puede alcanzar la maquinaria, la cantidad de conexiones eléctricas requeridas para la realización de las actividades y el hecho que los materiales sean combustibles causan este riesgo.
3. **Riesgo por Atrapamiento:** Se refiere el riesgo que puede sufrir una persona por el atrapamiento de uno de sus extremidades superiores debido al uso de la maquinaria y equipo del laboratorio.
4. **Riesgo de Corte:** Este tipo de riesgo es causado por el uso de maquinaria y equipo en el área de trabajo, que puede generar cortes especialmente al realizar procesos de acabado de las piezas resultados del objeto impreso 3D o la preparación de objetos para el proceso de escaneo.
5. **Riesgo por iluminación:** Este riesgo se refiere a los niveles deficientes de iluminación en ciertas áreas del local que dificultarán el desarrollo de las actividades del centro.
6. **Riesgos ergonómicos:** A causa de la mala postura de los usuarios de la maquinaria y equipo, ya que las actividades de diseño 3D son tediosas y exigen a los encargados del laboratorio.

Es importante recalcar que no existe riesgo químico por inhalación de particulado del proceso de deposición de plástico PLA o ABS por la impresión 3D, esto debido a varios motivos, el primero a que la temperatura que se alcanza en el proceso no genera un cambio de estado de

sólido a vapor en el filamento, además las impresoras Lulzbot poseen un dispositivo que absorbe las partículas que se generan en este proceso. El mapa de identificación de riesgos se presenta en el apartado de plan de emergencia y evacuación, posteriormente se desarrollan las propuestas para su mitigación.

3.10.5. PLAN DE EMERGENCIA Y EVACUACIÓN PARA EL LABORATORIO DE FABRICACIÓN DIGITAL DE LA FIA UES

EMERGENCIA

Suceso, accidente que sobreviene. Situación de peligro o desastre que requiere una acción inmediata. Que se lleva a cabo o sirve para salir de una situación de apuro o peligro.

Una emergencia es en sí todo aquello que ocurre en milésima de segundo posterior al accidente, o toda situación grave o problemática que está evolucionando con miras a producir un accidente con daño, es decir, un accidente en evolución. La emergencia en sí misma no implica preparación previa de parte de la empresa, una emergencia cuando evoluciona produce distintos tipos de daños, estos avanzan, se mueven y evolucionan hasta extinguirse; en el medio, quienes son afectados por este accidente en evolución, reaccionan y toman acciones para escapar, controlar los daños, evacuar a la gente, etc. Una emergencia es sí misma es un DESCONTROL.

PLAN DE EMERGENCIA

Se define como Plan de Emergencia a la organización, a los recursos y a los procedimientos, con el fin de mitigar los efectos de los accidentes de cualquier tipo, tendientes a que las personas amenazada por un peligro, protejan su vida e integridad física, mediante su desplazamiento hasta y a través de lugares de menor riesgo.



Ilustración 67 Importancia del plan de emergencia

La diferencia entre la emergencia y un Plan De Emergencia, es la organización, lo que se trata de hacer al organizarse para enfrentar a una emergencia, no es prevenirla, eso es trabajo de la prevención de la seguridad, sino, estudiar qué y cómo podría pasar para estar preparados, para poder hacerle frente y minimizar los daños que se pueden producir.

Un Plan de Emergencia tiene que cubrir estos tres importantes puntos:

Organización: hablamos de personas y una estructura de mando. Para quien va dirigido y por quienes está dirigido.

Recursos: las herramientas y los medios necesarios para hacer frente a cada una de las emergencias que se nos pueden presentar, nada se puede hacer sin recursos.

Procedimientos: son los pasos que esta organización tiene que dar, para que, con los recursos y organización previstos, pueda hacer frente a la emergencia y minimizar los daños.

3.10.5.1. RELACIÓN ENTRE UN PLAN DE EMERGENCIA Y UN PLAN DE EVACUACIÓN

El Plan de Evacuación es parte integral del Plan de Emergencias, que se desarrolla para dar respuesta al eje de la mitigación de la seguridad.

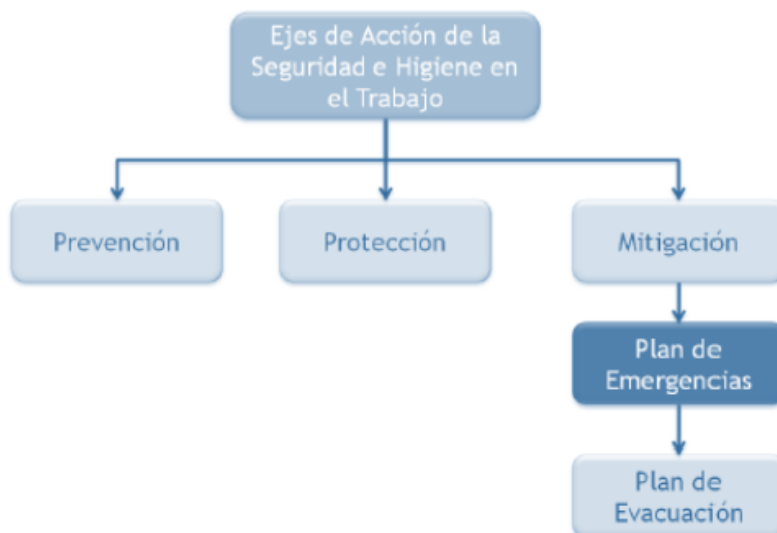


Ilustración 68 Ejes de Acción de la seguridad e higiene en el trabajo

Planes de Emergencias debe haber tantos como distintas situaciones que nos puedan ocasionar daños, o nos amenacen; el Plan de Evacuación es ÚNICO, no importa de qué emergencia estemos huyendo, el proceso de la evacuación debe ser siempre el mismo.

Teniendo en cuenta que una emergencia es una situación, real o en evolución, con capacidad de ocasionar daños a las instalaciones, y por ende, a las personas que en ellas se encuentran; habrá un determinado momento de la evolución de esta emergencia que será necesario poner a salvo a las personas.

Un Plan de Evacuación es parte integrante de un sistema de planes de emergencias. Ahora bien, ¿en qué momento de la evolución de una emergencia se hace necesario evacuar al personal? Para poder responder esta simple pregunta, primero debemos saber en qué consiste un proceso de la evacuación, de lo que se tratará en el apartado siguiente.

3.10.5.2. PLAN DE EVACUACIÓN

Se define como Plan de Evacuación a la organización, los recursos y los procedimientos, tendientes a que las personas amenazada por un peligro (incendio, inundación, escape de gas, bomba, etc.) protejan su vida e integridad física, mediante su desplazamiento hasta y a través de lugares de menor riesgo.

La diferencia entre la evacuación y el de Plan de Evacuación, es la organización. En este caso el Plan tiene como objetivo único sacar a las personas afectadas por una emergencia.

Un Plan de Evacuación tiene que cubrir estos tres importantes puntos:

Organización: hablamos de personas y una estructura de mando. Para quien va dirigido y por quienes está dirigido.

Recursos: las herramientas y los medios necesarios para sacar a las personas afectadas hacia un lugar más seguro, nada se puede hacer sin recursos.

Procedimientos: son los pasos que esta organización tiene que dar, para que, con los recursos y organización previstos, puedan sacar a las personas a un lugar seguro.



Ilustración 69 Desarrollo lógico de un plan de evacuación

Un Plan se desarrolla en un contexto tanto sea interno como externo a la organización. Este contexto es social, político, económico, geográfico, climático, etc., y muchas de estas situaciones no son modificables. Este contexto es la realidad concreta en la que se debe desarrollar el Plan de Evacuación.

El uso que más se aproxima al de un Plan de Evacuación es el de la BÚSQUEDA DE LA VENTAJA necesaria para salir físicamente ileso de una emergencia. Con el Plan de Evacuación no se busca derrotar a la emergencia que nos daña, sino escapar de ella, es decir obtener una ventaja, la necesaria para escapar.

3.10.5.3. CARACTERIZACIÓN DEL LABORATORIO DE FABRICACIÓN DIGITAL

El Plan de Emergencia tiene por objeto establecer un programa de actuación adecuado para dar una respuesta rápida y efectiva ante cualquier situación que pueda clasificarse como accidente o desastre, entendiendo como tal: “aquellos sucesos que afectan a las estructuras, sistemas, equipos o componentes de las instalaciones y que de forma real o potencial pueden producir riesgo de exposición indebida a un riesgo al público o a los trabajadores expuestos”.

OBSERVACIÓN DEL LABORATORIO

El laboratorio de fabricación digital estará ubicado en la tercera planta del edificio de Ingeniería Industrial en la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador, donde actualmente se ubica el salón de consultas, presentando las siguientes características:

SALÓN DE CONSULTAS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL	
ASPECTO	OBSERVACIÓN
Número de personas	Regularmente el salón de consultas presenta una afluencia mayor de personas en el horario vespertino de 3:00 pm a 8:00 pm, siendo estas situaciones críticas en las cuales podría cumplirse la capacidad máxima de la estructura. Actualmente el uso principal que se le da al salón de consultas es el de impartir clases presentando una capacidad de 50 personas.
Personas con capacidades especiales	El salón en análisis permite el acceso de personas con capacidades especiales a sus instalaciones, sin embargo no es posible el acceso para personas que se trasladen utilizando sillas de ruedas desde el primer nivel hasta la tercera planta, que es el lugar en el que se ubica el laboratorio.
Señalización	No existe señalización de las rutas de evacuación
Iluminación de emergencia	En el salón de consultas no se cuenta más que con las luminarias principales, aunque algunas de estas están en mal estado
Equipo de protección de incendios	No existe en el salón extintores ni equipo para control de incendios
Señal de alarma	Ausente en toda la zona en análisis
Sistema de detección de incendios	Ausente en toda la zona en análisis

Tabla 168 Caracterización del salón de consultas de la EII

Fuente: Elaboración propia

Una vez realizada la inspección general de la zona se procede a realizar un análisis del croquis del laboratorio, obteniéndose las siguientes observaciones:

1. Las puertas del salón se abren hacia afuera, por lo que pueden funcionar como salida de emergencia para las personas que se encuentran dentro.
2. El ancho del pasillo de acceso al laboratorio es de 3.72 metros, lo que cumple con la normativa de seguridad y permite el fácil tránsito por la zona.
3. La identificación del laboratorio es informal y su identificación actual hace poco visible determinar su localización para nuevos usuarios.

ACTIVIDADES PELIGROSAS

Con base en las actividades a desarrollar en el laboratorio se tiene que los principales peligros que estas representan son el riesgo de atrapamiento por las partes móviles de las partes de la maquinaria, riesgos eléctricos debido a que todo el equipo a utilizar estará energizado.

MAPA DE RIESGOS

Ubicar en el plano los puntos donde se podrían producir problemas a la hora de evacuar o por los cuales podríamos vernos afectados de esta manera seleccionar la ruta de escape que ofrezca un menor nivel de riesgo.









SEÑAL	DEFINICIÓN
	Representa el riesgo de sufrir una cortadura por agentes relacionados a este tipo de daño físico.
	Representa el riesgo de sufrir un atrapamiento por agentes relacionados a este tipo de daño físico, como el que representan las puertas.
	Representa un riesgo ergonómico causado por agentes relacionados a este tipo de daño físico, como lo es el prolongar una mala postura.
	Representa el riesgo de tropezar ocasionado por agentes relacionados a este tipo de daño físico, como podría ser las sillas, mesas, cubículos de estudio individual, basureros mal ubicados.
	Representa el riesgo de sufrir aplastamiento por algún objeto o mueble de considerable tamaño
	Representa el riesgo de caer por las escaleras ocasionado por agentes relacionados a este tipo de daño físico, como lo es la estructura mostrada en el plano.
	Representa el riesgo eléctrico ocasionado por agentes relacionados a este tipo de daño físico, como los toma corrientes que se encuentran en cada una de las instalaciones así como las conexiones de las luminarias.
	Representa riesgo biológico causado por agentes contaminantes del ambiente.

Tabla 169 Señalización de mapa de riesgos

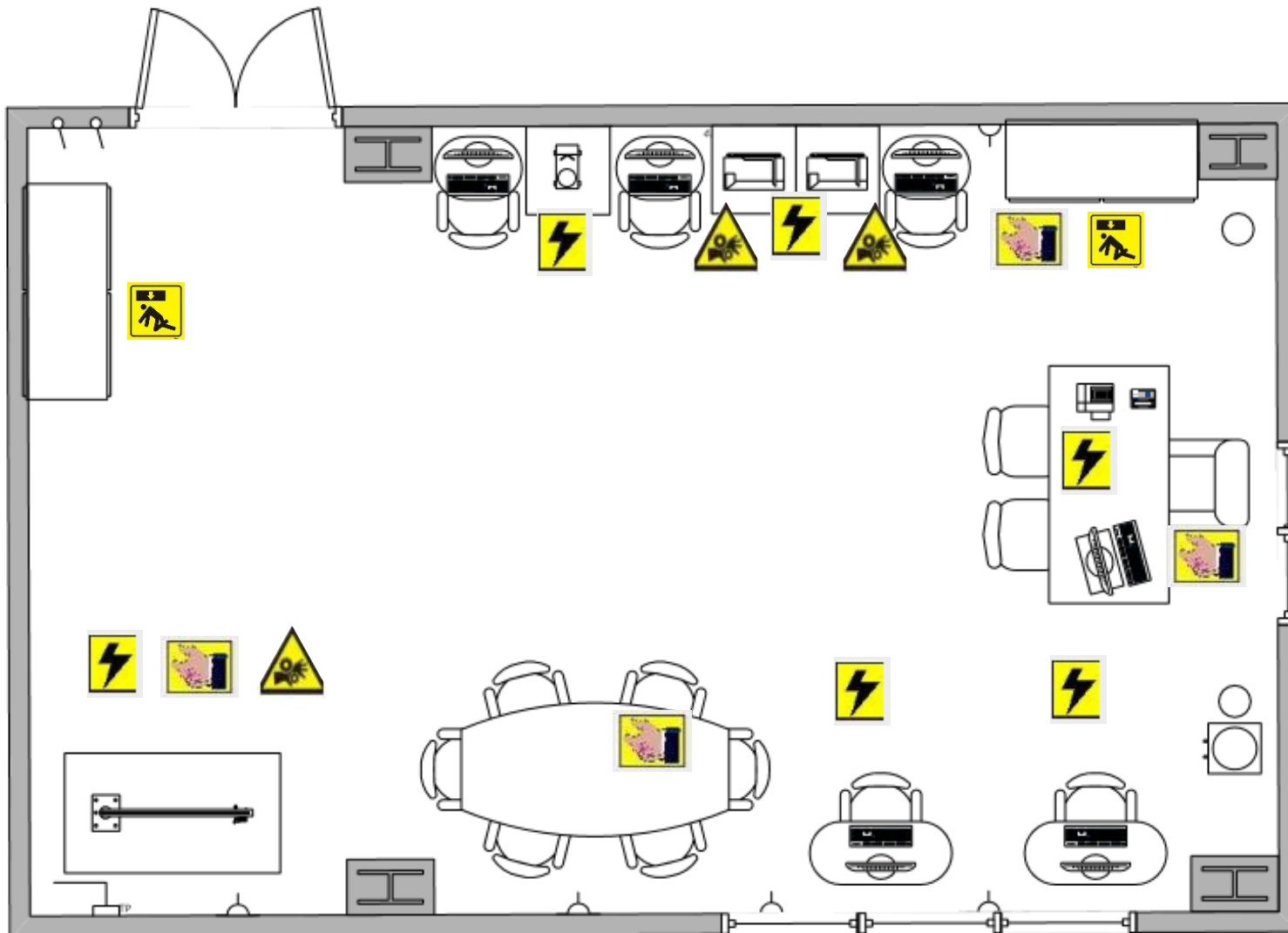


Ilustración 70 Mapa de riesgos del laboratorio de fabricación digital de la Escuela de Ingeniería Industrial Universidad de El Salvador

RUTA DE EVACUACIÓN

Una vez establecidos los riesgos presentes en el área en análisis se evalúan las rutas por en las que se realizará la evacuación, evitando que las personas pasen por un punto que les puedan sufrir un accidente o incidente.

Debido a la estructura del edificio de Ingeniería Industrial el hecho de definir un punto de encuentro interno no es factible, por lo cual se define que las personas que se encuentran dentro de este sean evacuadas hacia el punto de reunión ubicado frente al edificio de administración académica. Para esto se realizará un tipo de evacuación general, ya que todos deben salir al mismo momento, pero respetando el protocolo definido a continuación:

1. Salir del salón andando, sin correr y formando una o dos filas (en paralelo).
2. En el laboratorio salen primero los usuarios más próximos a las ventanas.
3. Los alumnos que al comenzar la evacuación se encuentren fuera del aula, pero en la misma planta deben incorporarse rápidamente a su grupo
4. Los que al comenzar la evacuación se encuentren en una planta distinta, deben añadirse al grupo más próximo que se encuentre en movimiento de salida.
5. El director técnico del laboratorio debe encargarse de verificar que todos los alumnos hayan abandonado las instalaciones para poder abandonar el recinto.
6. Para realizar la evacuación los usuarios del laboratorio deben abandonar el lugar sin retirar sus cosas, para evitar el retraso del desalojo del área o accidentes por esta causa.

ORDEN DE SALIDA

En la situación de un accidente o desastre para desarrollar la evacuación general del edificio las primeras personas en desalojar el edificio son los ocupantes de la primera planta, es decir, los que se encuentren en este nivel. Simultáneamente, los de las demás plantas se desplazan hacia las escaleras pero sin descender a la planta de salida hasta que las plantas inferiores hayan sido desalojadas y siguiendo un orden descendente hasta que sea el turno de evacuar de los usuarios del laboratorio.

Mientras que para realizar la evacuación del laboratorio, todos los alumnos que se encuentran frente a la maquinaria y equipo deben alejarse de este inmediatamente, las primeras personas en evacuar serán las ubicadas en las máquinas frente a las ventanas, seguida de las personas que se encuentran frente al equipo de impresión y escaneo 3D, finalmente las

personas que se encuentran en el área de trabajo y el área de expansiones son las que abandonan en último lugar el laboratorio; una vez fuera del edificio, cada grupo debe dirigirse al punto de reunión exterior; para comprender de mejor manera la manera de evacuar cada salón se presentan las rutas de evacuación siguientes:

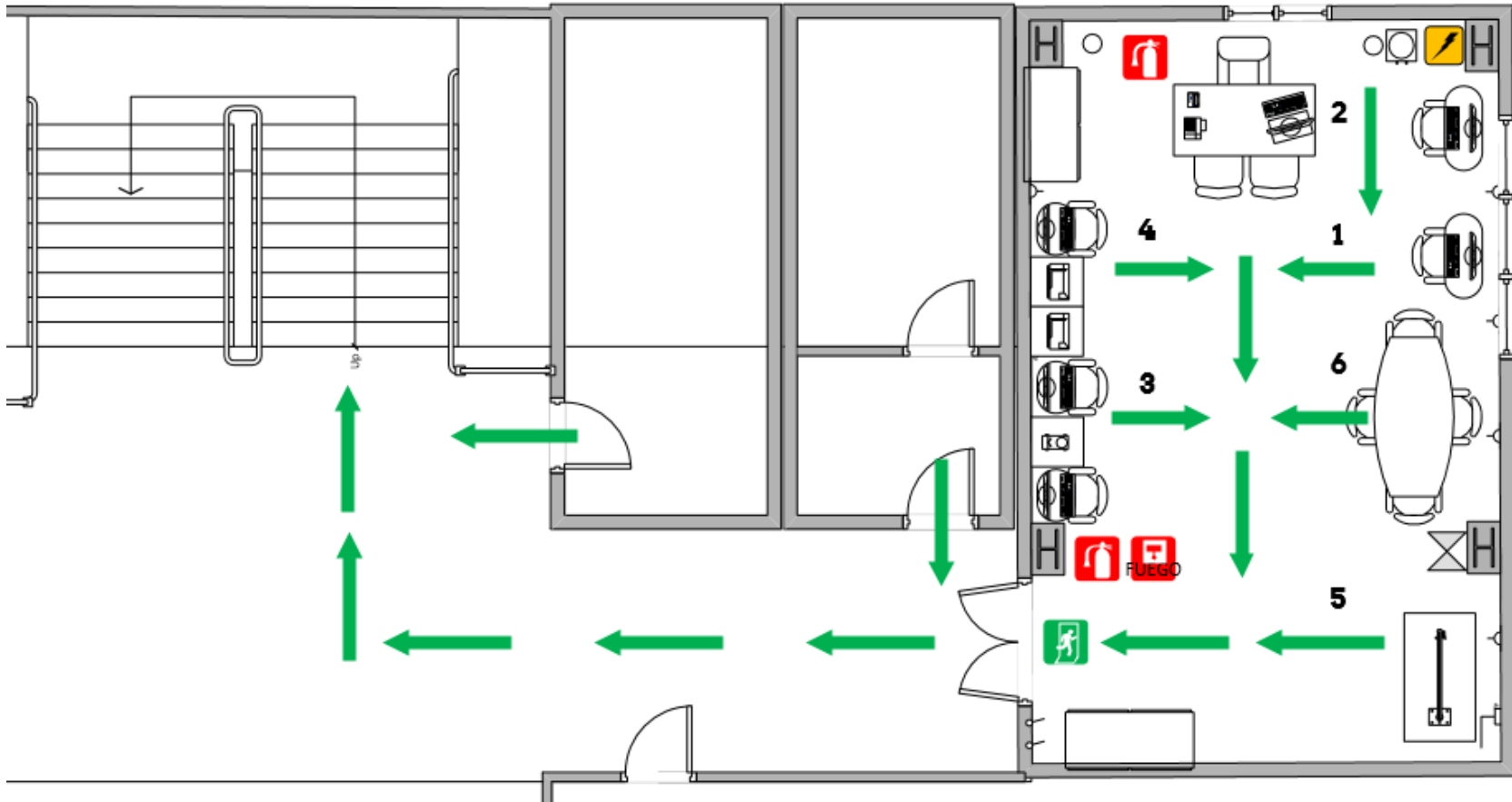


Ilustración 71 Ruta de evacuación para el laboratorio de fabricación digital

Fuente: Elaboración Propia

PASOS DE LA EVACUACIÓN

PASO 1: ESTABLECER SISTEMAS DE DETECCIÓN

En el área en la que se ubicará el laboratorio no existe un sistema de detección y alarma para ningún tipo de emergencia, se recomienda la instalación de un sistema de alarma que permita informar la existencia de un accidente o anomalía de forma rápida.

La persona que detecte la existencia de la emergencia debe de informar inmediatamente al encargado del laboratorio para que este informe a la dirección de la escuela y al centro de control ubicado en administración académica, ya sea de forma personal, por medio telefónico o a viva voz si la emergencia lo requiere, el asesor técnico estudiantil colaborará con el proceso de información del accidente y evacuación del laboratorio, según lo convenga el director técnico.

Procedimiento a seguir en caso que un usuario del laboratorio detecte un problema:

- 1 Mantener la calma: Si el usuario detecta una emergencia o accidente debe de mantener la calma y evitar dar solución al problema si no posee conocimiento técnico o de primeros auxilios necesarios, un procedimiento incorrecto podría aumentar la gravedad de la situación o generar un daño mayor a los involucrados en el accidente.
- 2 Avise al director técnico del laboratorio, catedrático a cargo o al asesor técnico estudiantil: Avisar de forma inmediata al director técnico o al catedrático encargado de la asignatura, de forma inmediata sobre la situación que se desarrolla, si llegan a estar ausentes las tres autoridades anteriores se debe de informar a la jefatura de la escuela y si de igual forma está ausente debe de informarse a la administración académica de la facultad sobre el hecho, en donde el Jefe de emergencias procederá a indicar y dirigir el procedimiento conveniente.
- 3 No ponerse en peligro: Al realizarse la contingencia del accidente o situación anómala registrada, si las condiciones lo permiten se regresará a las actividades normales del laboratorio, de lo contrario se realizará una suspensión de las acciones, con reprogramación posterior de las mismas.

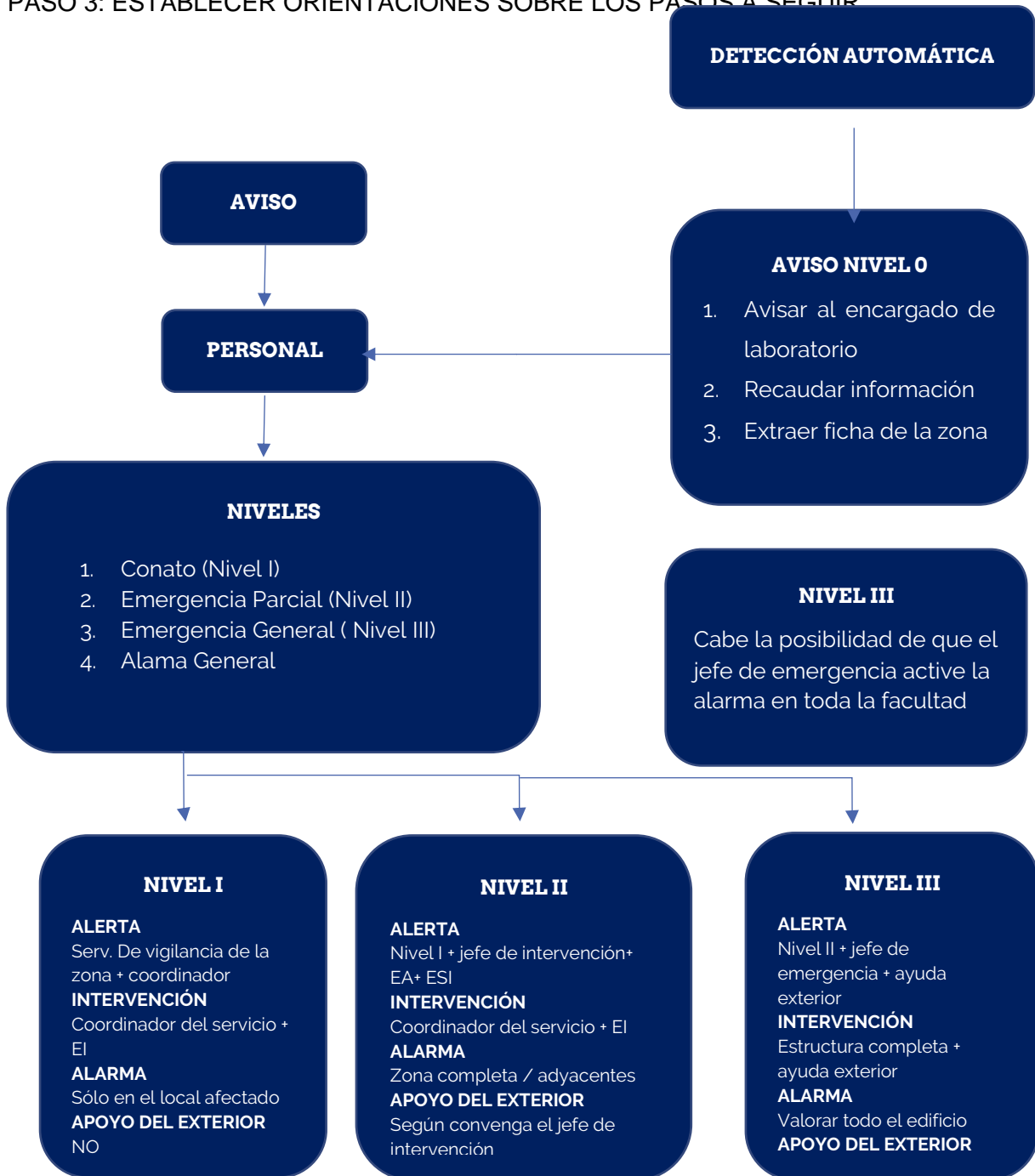
PASO 2: ESTABLECER JERARQUÍA DE EVACUACIÓN Y REEMPLAZOS

La máxima autoridad es el director técnico del laboratorio quien decidirá si se debe de realizar o no la evacuación, se debe nombrar a una persona que lo reemplace en caso de no

encontrarse al momento de darse el evento, que podría ser el catedrático el a cargo de la materia a.

- 1 Jefe de emergencias: Decide si realizar o no el plan de evacuación,
- 2 Brigada de Evacuación y rescate: lleva a cabo y la evaluación.

PASO 3: ESTABLECER ORIENTACIONES SOBRE LOS PASOS A SEGUIR



Esquema 21 Pasos a seguir en caso de emergencia

En el gráfico se observa en forma general lo que el Jefe de Intervención debe de hacer, es decir, decidir qué nivel de emergencia es la que se está presentando y comunicar y solicitar la ayuda necesaria.

PASO 4: ESTABLECER LAS TAREAS MÍNIMAS INDISPENSABLES QUE SE DEBEN DE REALIZAR, Y QUIEN LAS DEBE REALIZAR ANTES DE SALIR

1 JEFE DE EMERGENCIA

EN FASE DE NORMALIDAD:

- A. Elaboración del Plan de Emergencia.
- B. Prevenir toda posibilidad de incendio.
- C. Informar sobre el contenido del plan al personal nuevo.
- D. Organizar y prever los posibles simulacros de evacuación.
- E. Controlar el tiempo total de duración de los simulacros.
- F. Determinar las posibles líneas de mejora del Plan.

EN FASE DE EMERGENCIA

- A. Conservar la calma y procurar no incurrir en comportamientos que puedan transmitir nerviosismo al personal.
- B. Una vez informado la existencia del siniestro, asumir la responsabilidad del Plan.
- C. Valorar la emergencia y adoptar decisiones al respecto, por ejemplo, evacuar el edificio.
- D. Dirigir y coordinar el personal.
- E. Dar alarma u ordenar que se emita por los medios dispuestos al efecto en administración académica.
- F. Recibir a los bomberos o ayuda externa e informarles de la situación.
- G. Estar puntualmente informado del recuento de alumnos.

2 JEFE DE INTERVENCIÓN

EN FASE DE NORMALIDAD:

- A. Colaborar en la elaboración del Plan de Emergencia.
- B. Prevenir toda posibilidad de incendio.
- C. Controlar el tiempo total de duración de los simulacros.
- D. Determinar las posibles líneas de mejora del Plan.

EN FASE DE EMERGENCIA

- A. Conservar la calma y procurar no incurrir en comportamientos que puedan transmitir nerviosismo al personal.
- B. Dirigir la evacuación de los edificios correspondientes.
- C. Actuará en el punto de emergencia, valorando y clasificándola.
- D. Informar al Jefe de Emergencia de la evolución de la misma.
- E. Dirigir y coordinar el personal en el lugar de la emergencia.
- F. Informar y ejecutar las órdenes que reciba del Jefe de Emergencia

3 DOCENTES

Son los profesores que se encuentran en el momento del siniestro en cada aula, con un grupo de alumnos, sean tutores o no de los mismos. Sus funciones principales son:

EN FASE DE NORMALIDAD:

TUTOR DE CADA CURSO

- A. Prevenir toda posibilidad de incendio.
- B. Explicar a los alumnos las consignas y conocimientos generales de evacuación y de fuego.
- C. Conocer perfectamente, tanto el recorrido de evacuación hasta el punto exterior de encuentro, como el orden de salida en relación con otras aulas.
- D. Posibilidad de organizar la evacuación asignando funciones concretas a alumnos responsables (cerrar ventanas, cerrar puertas, revisión de plantas, acordonar zonas de seguridad, orden y limpieza etc.)

EN FASE DE EMERGENCIA: PROFESOR QUE OCUPA EL AULA EN ESE MOMENTO

- A. Conservar la calma y procurar no incurrir en comportamientos que pudieran transmitir nerviosismo a los alumnos.
- B. Responsabilizarse de los movimientos de los alumnos que están a su cargo en ese momento.
- C. Hacer que los alumnos dejen lo que están haciendo y se mantengan en orden dispuestos a salir, de la manera prefijada, conociendo su número exacto.
- D. Esperar su turno de evacuación, controlando que los alumnos cumplan las consignas (no recoger cosas, no retroceder, etc.) y manteniendo el grupo unido, incluso en el exterior.

- E. Comprobar que el aula queda vacía, dejando puertas y ventanas cerradas y desconectando los aparatos eléctricos.
- F. Dirigirse con su grupo al punto exterior de encuentro, donde contabiliza a los alumnos para comprobar que están todos.
- G. Informan en todo momento al Jefe de Emergencia sobre posibles incidencias.

PROFESORES QUE EN FASE DE EMERGENCIA NO ESTÁN CON ALUMNOS

- A. Transmiten la alerta al Jefe de Emergencia.
- B. Se ponen a disposición del Jefe de Emergencia.
- C. Acuden, si así lo determina el Jefe de Emergencia, al lugar en el que se produce la emergencia e intentan controlarla, utilizando como mucho, extintores portátiles y siempre en parejas.
- D. Prestar los primeros auxilios a los lesionados por la emergencia cuando los hubiera.
- E. Colaboran en la evacuación:
 - a. Dar aviso a las aulas por si no hubiera sido atendida por el profesor.
 - b. Comprobar que todas las zonas queden vacías barriendo en el sentido de la evacuación.
 - c. Controlar en cada planta, cerca de la escalera, el orden de salida de las clases.
 - d. Controlar la evacuación en cada una de las salidas del edificio al exterior.
 - e. Impedir el acceso a los locales por parte de ningún alumno que pretendiera volver atrás.
 - f. Ayudan a las personas que no se valen por sí solas.
 - g. Ayudar en todo momento al profesor que así lo solicite en la tarea de evacuar
 - h. a su grupo de alumnos y a mantenerlos en calma en el Punto de reunión exterior.

PASO 5: DEFINIR METODOLOGÍA A SEGUIR PARA VERIFICAR QUE TODOS LOS QUE ESTABAN ADENTRO HAYAN SALIDO.

Cada docente, quienes son los que verificaran que todos los alumnos estén fuera del salón, el procedimiento de evacuación será el siguiente:

- a. Mantener la calma.
- b. Dirigir el orden de evacuación, comenzando por los alumnos que se encuentren cerca de las ventanas.
- c. Ayudar a que los alumnos no se alteren.
- d. Verificar que nada quede conectado.
- e. Una vez salió el último alumno por medio de una verificación visual, comprobar que nadie más quede dentro del salón.
- f. Salir después del último alumno.

- g. Al estar en el punto de encuentro pasar asistencia, y que los alumnos informen si saben de algún alumno que ese día no se presentó a estudiar.
- h. Informar al Jefe de Intervención que todos los alumnos evacuaron el salón.

PASO 8: DEFINIR QUIÉN COMUNICARÁ AL CUERPO DE RESCATE SOBRE LOS QUE NO SALIERON.

Si en un caso el docente pasó por alto la verificación de que no quedara nadie en el salón, o al pasar asistencia falta alguno, informara al Jefe de Intervención.

Siendo el caso que no se compruebe que los salones están completamente vacíos, el Jefe de Intervención informará a los bomberos, los cuales procederán de la manera que consideren adecuada.

3.10.6. ANÁLISIS Y PROPUESTAS PARA EL LABORATORIO

3.10.6.1. ANÁLISIS DE SISTEMA DE ILUMINACIÓN DEL LABORATORIO

El primer paso para la realización del análisis de iluminación, es la delimitación de la zona a estudiar; como se observa la zona en análisis estará formada, obteniendo un área rectangular de 10.15 metros de largo por 4.10 metros de ancho.

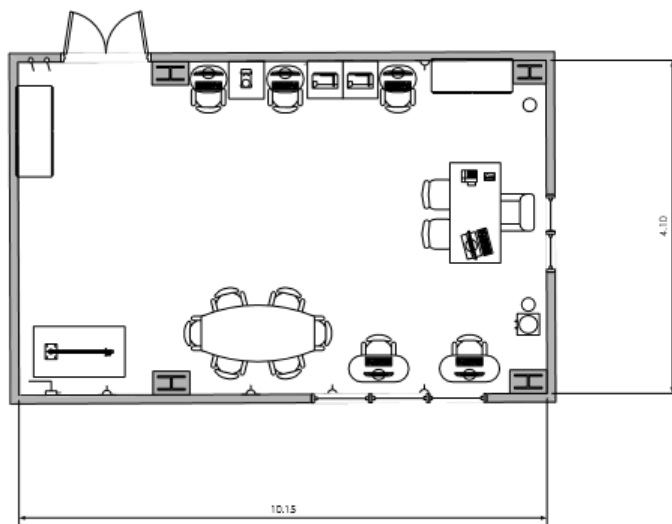


Ilustración 72 Croquis del área para realizar el análisis de iluminación

Fuente: Elaboración propia

Posterior a la delimitación del área se procede a realizar el cálculo del índice de local, valor a partir del cual se establecerá el número de mediciones mínimas para la toma de datos, como se mencionó anteriormente las dimensiones del área en estudio se obtienen a partir de la medición de sus dimensiones, obteniendo los valores de ancho y largo del local y el valor de altura del local que es medido desde la luminaria hasta el suelo del salón, como se muestra en la siguiente tabla:

DIMENSIÓN	MAGNITUD
LARGO DEL LOCAL	10.15 METROS
ANCHO DEL LOCAL	4.1 METROS
ALTURA DEL LOCAL	2.43 METROS
DISTANCIA LUMINARIA - PUPITRE	1.8 METROS

Tabla 170 Dimensiones de área en análisis

Fuente: Elaboración propia

Con los datos del local registrados, se calcula el valor del índice de local, que no es más que la solución de la siguiente ecuación:

$$\text{Índice de local} = \frac{\text{ancho del local} \times \text{largo del local}}{\text{altura de local} (\text{largo del local} + \text{ancho del local})}$$

Sustituyendo los datos de las dimensiones del área en análisis en la ecuación anterior, se obtiene un valor de **1.57** para el **índice de local** como se muestra seguidamente:

$$\text{Índice de local} = \frac{11.30 \times 6.15}{2.54 (11.30 + 6.15)} = 1.20$$

Una vez obtenido este valor, se calcula el número de mediciones mínimas a realizar en el aula que está dado por la ecuación:

$$\text{Numero mínimo de observaciones} = (\text{índice de local} + 2)^2$$

Sustituyendo valores obtenidos con antelación se tiene:

$$\text{Numero mínimo de observaciones} = (1.20 + 2)^2 = 10$$

Como se indica en el material proporcionado por la cátedra, el número de observaciones debe aproximarse a su valor entero más próximo, en este caso el valor resultante de 10

observaciones, que es el número de observaciones mínimas a realizar en el área de análisis, con lo que se procede a establecer los puntos en los que se realizará la toma de datos, para facilitar el proceso de registro de información, se dividirá el salón en una cuadrícula; el plano 2 presenta un registro esquemático, sin escala, de la ubicación de las luminarias en el salón de clases, como se muestra a continuación:

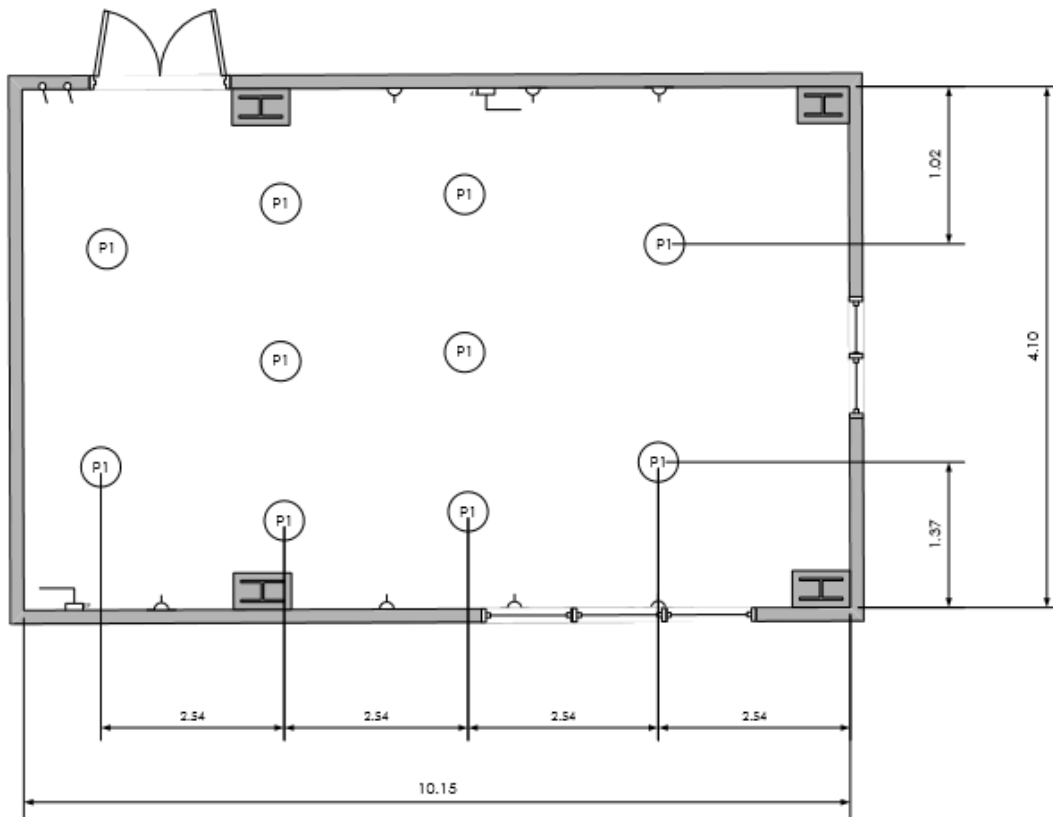


Ilustración 73 Distribución de puntos para toma de datos de iluminación

Fuente: Elaboración propia

Una vez establecidos los puntos de medición, se registran los datos presentados en la tabla siguiente; debido a que la toma de datos se realizó de día, se registraron valores tanto de luz natural como de luz combinada (natural y artificial) para posteriormente realizar una resta aritmética que nos permita obtener un valor aproximado de la iluminación en cada punto.

Los valores registrados deben de multiplicarse por un valor de corrección que ajuste el registro de datos, en el caso de la iluminación artificial, el valor de corrección es 1.08, por lo que se multiplicaron los valores registrados por dicha constante hasta obtener los valores corregidos en Lux. Para el cálculo de la iluminancia media del salón, se realiza un cálculo de la sumatoria

total de los valores registrados corregidos, obteniendo un valor de 2567.16 lux y dividiéndola entre el total de las observaciones realizadas, en este caso 10; dando como resultado el valor de **iluminación promedio para el salón de 256.72 luxes:**

$$Iluminación\ media\ del\ salón = \frac{\Sigma valores\ corregidos\ de\ iluminación}{número\ total\ de\ mediciones} = \frac{2567.16}{10} = 256.72\ lux$$

Posteriormente se procede al cálculo de la iluminancia media o E media para q cada punto que no es más que dividir entre 2 cada valor corregido de iluminación, como muestra el cálculo de valores de E media para el primer punto:

$$E_{medio} = \frac{valor\ corregido}{2} = \frac{237.60}{2} = 118.8\ lux$$

Los valores de E_{medio} calculados anteriormente, se compararán con el valor de E mínimo registrado durante la toma de datos; si el dato de E mínima es mayor o igual al valor de E media entre 2, la iluminación del salón es la adecuada, caso contrario la iluminación no cumple con los requisitos planteados por la ley General de Prevención de Riesgos. Siendo:

$$E_{mínima} \geq \frac{E_{media}}{2}$$

Calculando datos dentro de la ecuación anterior:

$$96.12 \geq 128.36lux$$

Con los valores anteriores se observa que la iluminación del salón no cumple con los requisitos datos por la legislación de prevención de riesgos por lo que se concluye que la Uniformidad de **Iluminación del aula NO cumple con los requisitos estipulados por la legislación vigente.**

Similar al análisis anterior, se realiza un análisis de cada punto en el que se realizó la toma de datos del aula, con la diferencia que, en este caso, para la comparación de datos se tomó el valor mínimo registrado en el área y el valor de iluminancia media de cada punto como se muestra en la tabla 167, aquellos valores que no cumplen la realización planteada por la desigualdad:

$$E_{mínima} \geq \frac{E_{media}}{2}$$

Se muestran con la frase “no cumple” lo que indica que la iluminación de dichos puntos incumple con los requisitos estipulados por la legislación salvadoreña.

NO. DE PUNTO	TIPO DE FUENTE	TIPO DE ILUMINACIÓN			VALOR CORREGIDO (LUX)	ILUMINANCIA MEDIA DEL AULA (E media)	E media /2	E MÍNIMO (LUX)	EVALUACIÓN E mínima vs. E media/2	UNIFORMIDAD DE ILUMINANCIA - E media, (LUX)	¿CUMPLE CON NIVELES REQUERIDOS DE ILUMINACIÓN?
		LUZ NATURAL (LUX)	LUZ COMBINADA (LUX)	LUZ ARTIFICIAL (LUX)							
1	FLUORESCENTE	8	228	220	237.60	256.72	128.36	96.12	Uniformidad de iluminación del aula NO está dentro de la legislación vigente	118.80	CUMPLE
2	FLUORESCENTE	11	100	89	96.12					48.06	NO CUMPLE
3	FLUORESCENTE	26	272	246	265.68					132.84	CUMPLE
4	FLUORESCENTE	21	236	215	232.20					116.10	CUMPLE
5	FLUORESCENTE	18	140	122	131.76					65.88	NO CUMPLE
6	FLUORESCENTE	68	295	227	245.16					122.58	CUMPLE
7	FLUORESCENTE	105	476	371	400.68					200.34	CUMPLE
8	FLUORESCENTE	116	496	380	410.40					205.20	CUMPLE
9	FLUORESCENTE	158	510	352	380.16					190.08	CUMPLE
10	FLUORESCENTE	201	356	155	167.40					83.70	NO CUMPLE
TOTAL					2567.16				1283.58		

Tabla 171 Niveles de iluminación dentro del laboratorio

Fuente: Elaboración propia

Esta propuesta se realiza en base a la deficiencia de la luz natural y artificial ubicadas en el salón de estudio C31, se gestionará instalar las luminarias en zonas específicas, para evitar en mayor medida el deslumbramiento dentro del salón y en consecuencia, los posibles accidentes e incidentes a los estudiantes y al personal docente donde desempeñan sus funciones diarias.

Descripción	Imagen
Lámparas para cielo falso 36Wx2	 <p>Marca: Pro light Modelo: 35241</p>
Tubo fluorescente de 36 watts	 <p>Marca: Phillips Modelo: 927888005405</p>

Tabla 172 Modelos de luminarias propuestas

Fuente: Vidri.com

DESCRIPCIÓN	PRECIO POR UNIDAD	CANTIDAD	COSTO TOTAL
Lámparas para cielo falso 36Wx2	\$30.90 USD	8	\$247.20
Tubo fluorescente de 36 watts	\$1.05 USD	16	\$16.80
TOTAL			\$264.00

Tabla 173 Cotización de luminarias

Fuente: Vidri.com

3.10.6.2. COLOCACIÓN DE EXTINTORES

En respuesta a las actividades desarrolladas en el laboratorio y los materiales que se utilizarán para su realización, se propone la instalación de 2 extintores para controlar posibles conatos de incendio o incendios generados dentro de las instalaciones, los tipos de extintores responden a los tipos de fuegos que pueden provocarse dentro de laboratorio y a la naturaleza del equipo que se utiliza tomando en cuenta los artículos 117 al 124 del Reglamento General de Prevención, como se muestra a continuación:

No	Tipo de Extintor	Fuego que combate	Descripción	Ubicación (Según arts. 121 y 122)
1	Extintor de CO ₂ de 40 lb	Fuego provocado por equipo electrónico energizado (Clase C): motores, tableros, transformadores, impresoras 3D, etc.	Debido a que este gas está encerrado a presión dentro del extintor, cuando es descargado se expande abruptamente. Como consecuencia de esto, la temperatura del agente desciende drásticamente, hasta valores que están alrededor de los -79°C, lo que motiva que se convierta en hielo seco, de ahí el nombre que recibe esta descarga de "nieve carbónica". Esta niebla al entrar en contacto con el combustible lo enfría. También hay un efecto secundario de sofocación por desplazamiento del oxígeno. Se lo utiliza en fuegos de la clase B y de la clase C, por no ser conductor de la electricidad.	A una altura no mayor de 1.00 metro del suelo y a menos de 25 metros de la maquinaria del laboratorio.
2	Extintor de Polvo ABC de 40 lb	Son los fuegos en materiales combustibles comunes como madera, tela, papel, caucho y muchos plásticos.	Actúan principalmente de forma química interrumpiendo la reacción en cadena. También actúan por sofocación, pues el Fosfato Mono amónico del que generalmente están compuestos, se funde a las temperaturas de la combustión, originando una sustancia pegajosa que se adhiere a la superficie de los sólidos, creando una barrera entre estos y el oxígeno. Son aptos para fuegos de la clase A, B y C.	A una altura no mayor de 1.00 metro del suelo y a menos de 25 metros de la maquinaria del laboratorio.

Tabla 174 Extintores propuestos para el laboratorio de fabricación digital

Fuente: Mis extintores.com, Reglamento general de prevención

3.10.6.3. SEÑALIZACIÓN PROPUESTA

La señalización a ubicar en el laboratorio de fabricación digital se presenta a continuación:

SEÑAL PROPUESTA	CANTIDAD	UBICACIÓN
	1	Sobre entrada principal del laboratorio
	2	Sobre extintor junto al área de escaneo 3D Sobre extintor entre el área de trabajo y el área de expansiones.
	3	Indicando salida del laboratorio
	2	Indicando salida del laboratorio
	2	A la entrada y dentro del laboratorio
	1	Cerca de caja de dados eléctricos
	2	En el área de expansiones Sobre el área de impresión 3D



	1	Sobre el área de impresiones
	1	A la entrada del laboratorio

Tabla 175 Señalización propuesta para el laboratorio de fabricación digital

Fuente: Elaboración propia

3.10.7. GUÍAS DE TRABAJO

El desarrollo de las presente guías de trabajo busca presentar lineamientos a las diferentes cátedras de la carrera de ingeniería industrial para la creación de las guías de laboratorio para desarrollar proyectos que introduzcan el uso de tecnologías de fabricación digital a la enseñanza de las diferentes áreas de formación de la carrera, este apartado se divide en dos partes: la esquematización del contenido que debe poseer una guía de trabajo, la presentación de una guía para una cátedra que introduzca la enseñanza de las TFD a lo largo del ciclo y otra guía para el desarrollo de un proyecto ex aula de una materia, finalmente se presenta una guía general sobre el uso de los servicios del laboratorio de fabricación digital.

3.10.7.1. CONTENIDO DE UNA GUÍA DE LABORATORIO

El contenido de una guía de laboratorio para el uso de los servicios ofertados en el laboratorio de fabricación digital se presenta a continuación, es importante destacar que el objetivo de las presentes es esquematizar la estructura a dar las guías de laboratorio de fabricación digital



Esquema 78 Contenido de una guía de trabajo para prácticas de laboratorio que hagan uso del laboratorio de fabricación digital

Fuente: Elaboración Propia

Metodología de la práctica

METODOLOGÍA DE LA PRÁCTICA

1. Los estudiantes presentes en el laboratorio se organizarán según sus equipos de trabajo de la asignatura.
2. Luego que el estudiante se le ha asignado una pieza de trabajo, ha identificado las características geométricas y acabados de la pieza, realiza el diseño de la misma, primero en un croquis y luego en un software de diseño 3D, una vez realizado este diseño el estudiante solicita la impresión de la(s) piezas en el laboratorio de fabricación digital de la EII.
3. Presentación de la pieza al director técnico o asesor técnico del laboratorio para la revisión y evaluación del formato del archivo, las dimensiones, diseño, función que desempeña de la pieza y requerimiento de material a utilizar para la impresión para comprobar la compatibilidad de la maquinaria y materias primas disponibles en el laboratorio con las necesidades requeridas por la pieza.
4. Si existe compatibilidad en los requerimientos de diseño de la pieza y la maquinaria existente se avala la realización de la impresión y es programada para ser realizada dentro del periodo asignado para el desarrollo de prácticas de laboratorio de la cátedra, de no ser aprobada la impresión se presentan recomendaciones de diseño al estudiante para que las realice y la especificación de la incompatibilidad para el desarrollo de la pieza, de ser posible la corrección en el diseño es presentado de nuevo en el laboratorio para su revisión.
5. Se realizan los pasos de la guía general de impresión y escaneo del laboratorio de fabricación digital proporcionado por el laboratorio (consultar guía).
6. El equipo de trabajo realiza acabados finales a la pieza si esta lo exige, con la asesoría del técnico de laboratorio, según el material a emplear.

TIEMPO DE DURACIÓN DE LA PRÁCTICA

2 Semanas.

Tiempo de duración de la práctica

Esquema 79 Contenido de una guía de trabajo para prácticas de laboratorio que hagan uso del laboratorio de fabricación digital, continuación

Fuente: Elaboración Propia

El detalle de las partes se presenta a continuación:

1. Encabezado: Identificación de las autoridades bajo las que se rige la estructura organizativa del Alma Mater y por tanto el laboratorio de fabricación digital, incluye la identificación de la universidad, facultad, escuela y materia en la cual se desarrolla la práctica de laboratorio; además del logo de la universidad.
2. Identificación del tipo de laboratorio: Identificación del tipo de laboratorio a desarrollar, en este caso “Prácticas de laboratorio de fabricación digital para la carrera de ingeniería industrial”
3. Nombre de la práctica: Nombre de la práctica de laboratorio a realizar, identificación de la numeración de la práctica si esta se desarrolla en más de una sesión de laboratorio.
4. Objetivos General y Específico: Descripción de los objetivos metodológicos y de aprendizaje en el estudiante que se persiguen con la realización de la práctica.

5. Contenido: Breve reseña de la práctica a realiza y su relación con las tecnologías de fabricación digital, además de una presentación de conceptos teóricos necesarios para la realización de la misma.
6. Requerimientos de equipo y material: Descripción de la maquinaria y software necesario para el desarrollo de la práctica de laboratorio, material si es necesario un material específico para la práctica y el tiempo que será utilizado.
7. Metodología de la Práctica:
8. Tiempo de realización de la práctica: Periodo de tiempo disponible para el desarrollo de las actividades de la práctica de laboratorio concernientes a los servicios ofertados en el laboratorio.

3.10.7.2. MODELOS DE GUÍAS DE LABORATORIO

Tomando en cuenta el esquema de contenido presentado se presentan dos modelos de guías de trabajo: uno para una cátedra que permita el uso de las tecnologías de fabricación digital a lo largo de su desarrollo, en este caso Tecnología Industrial III, y una asignatura que permita la realización de prácticas de laboratorio de fabricación digital a través de proyectos ex aula, Mercadeo para el presente caso. Posteriormente se presenta la guía general de laboratorio para el desarrollo de actividades del centro.



PRÁCTICAS DE LABORATORIO DE FABRICACIÓN DIGITAL PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

NOMBRE DE LA PRÁCTICA:

DESARROLLO DE PROYECTO DE LA ASIGNATURA

OBJETIVO GENERAL:

Fabricar una pieza empleando tecnologías de fabricación digital como una herramienta para su análisis de preproducción.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Emplear de forma correcta comandos del software de control de la maquinaria requerida para la fabricación de una pieza utilizando impresión 3D.
2. Aplicar tecnologías de fabricación digital al proceso de producción de piezas que requieran un análisis de preproducción de las mismas.
3. Realizar de forma correcta las etapas del proceso de prototipado rápido de una pieza.

CONTENIDO:

El análisis de preproducción es un proceso de análisis que permite establecer todos los aspectos necesarios para la elaboración de un producto de una forma eficaz y eficiente, el análisis lleva implícito el uso de los recursos disponibles y la forma de utilizarlos para transformar una idea innovadora sobre el desarrollo de un objeto a un producto físico.

EQUIPOS Y MATERIALES	REQUERIMIENTOS
1. Computadora con Software para convertir archivos de diseño 3D a formato .STL	1 horas/ semana/ grupo
2. Impresor 3D	6 horas/ semana/ grupo
3. Scanner 3D	4 horas/ semana/ grupo

METODOLOGÍA DE LA PRÁCTICA

1. Los estudiantes presentes en el laboratorio se organizarán según sus equipos de trabajo de la asignatura.
2. Luego que el estudiante se le ha asignado una pieza de trabajo, ha identificado las características geométricas y acabados de la pieza, realiza el diseño de la misma, primero en un croquis y luego en un software de diseño 3D, una vez realizado este diseño el estudiante solicita la impresión de la(s) piezas en el laboratorio de fabricación digital de la EII.
3. Presentación de la pieza al director técnico o asesor técnico del laboratorio para la revisión y evaluación del formato del archivo, las dimensiones, diseño, función que desempeña de la pieza y requerimiento de material a utilizar para la impresión para comprobar la compatibilidad de la maquinaria y materias primas disponibles en el laboratorio con las necesidades requeridas por la pieza.
4. Si existe compatibilidad en los requerimientos de diseño de la pieza y la maquinaria existente se avala la realización de la impresión y es programada para ser realizada dentro del periodo asignado para el desarrollo de prácticas de laboratorio de la cátedra, de no ser aprobada la impresión se presentan recomendaciones de diseño al estudiante para que las realice y la especificación de la incompatibilidad para el desarrollo de la pieza, de ser posible la corrección en el diseño es presentado de nuevo en el laboratorio para su revisión.
5. Se realizan los pasos de la guía general de impresión y escaneo del laboratorio de fabricación digital proporcionado por el laboratorio (consultar guía).
6. El equipo de trabajo realiza acabados finales a la pieza si esta lo exige, con la asesoría del técnico de laboratorio, según el material a emplear.

TIEMPO DE DURACIÓN DE LA PRÁCTICA

2 Semanas.



PRÁCTICAS DE LABORATORIO DE FABRICACIÓN DIGITAL PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

NOMBRE DE LA PRÁCTICA:

DISEÑO Y PROTOTIPADO DE PRODUCTOS

OBJETIVO GENERAL:

Diseñar aplicaciones en mercadotecnia que permitan el posicionamiento de un producto empleando la información obtenida del análisis de los modelos de conducta y proceso de compra de su segmento de consumo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Detallar el diseño de un producto a partir de la información recolectada en la etapa de diagnóstico del estudio de mercado.
2. Desarrollar el diseño de un prototipo empleando tecnologías de fabricación digital.
3. Efectuar el proceso de prototipado de un producto empleando tecnologías de fabricación digital.
4. Identificar las etapas del proceso de prototipado rápido.

CONTENIDO:

El **empaque** se define como “el contenedor de un producto, diseñado y producido para protegerlo y/o preservarlo adecuadamente durante su transporte, almacenamiento y entrega al consumidor o cliente final; cumpliendo además la función promocionar y diferenciar el producto o marca, comunicar la información de la etiqueta y brindarle un valor agregado al cliente” **Fuente especificada no válida..**

La **importancia del empaque** radica sus funciones de contener el producto y protegerlo durante el proceso de distribución hasta su entrega al cliente, convirtiéndose en un factor que

puede favorecer el proceso de logística del producto, en el caso de los bienes de conveniencia y suministros de operación, la mayoría de compradores considera que una marca es tan buena como otra, por lo que el diseño del empaque puede convertirse en una característica diferenciadora que modifique la intención de compra de un producto **Fuente especificada no válida..**

Para realizar el diseño de un empaque es necesario tener en cuenta criterios que definan el proceso a seguir como el segmento de mercado al que el producto está dirigido, sus características, hábitos de consumo, niveles de demanda, periodos de compra y características de distribución, requerimientos de logísticas y características de almacenamiento. En caso que se desarrolle el diseño de un nuevo empaque para mejorar el posicionamiento de un producto es necesario la definición exacta del mercado al que está dirigido con el fin de lograr que el consumidor pueda identificar e producto por sus características del resto que se ofertan en el mercado **Fuente especificada no válida..**

EQUIPOS Y MATERIALES	REQUERIMIENTOS
1. Impresora 3D y una computadora para su control	1 horas/ semana/ grupo
2. Scanner 3D (Si el proyecto lo amerita) y una computadora para su control	2 horas/ semana/ grupo

METODOLOGÍA DE LA PRÁCTICA – IMPRESIÓN 3D

1. Los estudiantes presentes en el laboratorio se organizarán según sus equipos de trabajo ex aula.
2. Una vez los grupos de trabajo han registrado por medios cuantitativos y cualitativos la información requerida por los mercados relacionados al producto desarrolla el diseño de la pieza tomando en cuenta dimensiones, geometría, capacidades, materiales y funcionalidad.
3. Luego que el estudiante se le ha asignado una pieza de trabajo, ha identificado las características geométricas y acabados dela pieza, realiza el diseño de la misma, primero en un croquis y luego en un software de diseño 3D, una vez realizado este diseño el estudiante solicita la impresión de la(s) piezas en el laboratorio de fabricación digital de la EII.
4. Presentación de la pieza al director técnico o asesor técnico del laboratorio para la revisión y evaluación del formato del archivo, las dimensiones, diseño, función que

desempeña de la pieza y requerimiento de material a utilizar para la impresión para comprobar la compatibilidad de la maquinaria y materias primas disponibles en el laboratorio con las necesidades requeridas por la pieza.

5. Si existe compatibilidad en los requerimientos de diseño de la pieza y la maquinaria existente se avala la realización de la impresión y es programada para ser realizada dentro del periodo asignado para el desarrollo de prácticas de laboratorio de la cátedra, de no ser aprobada la impresión se presentan recomendaciones de diseño al estudiante para que las realice y la especificación de la incompatibilidad para el desarrollo de la pieza, de ser posible la corrección en el diseño es presentado de nuevo en el laboratorio para su revisión.
6. Se realizan los pasos de la guía general de impresión del laboratorio de fabricación digital proporcionado por el laboratorio (consultar guía).
7. El equipo de trabajo realiza acabados finales a la pieza si esta lo exige, con la asesoría del técnico de laboratorio, según el material a emplear.

METODOLOGÍA DE LA PRÁCTICA – ESCANEADO 3D

1. Los estudiantes presentes en el laboratorio se organizarán según sus equipos de trabajo ex aula.
2. Se elige la pieza en la que se realizará el escaneo una vez que el grupo de trabajo ha registrado por medios cuantitativos y cualitativos la información requerida por los mercados relacionados al proyecto que se desarrolla.
3. El objeto a escanear se presenta al director técnico o asesor técnico del laboratorio para la revisión y evaluación de sus dimensiones, diseño y material a utilizar para comprobar la compatibilidad de la maquinaria y materias primas disponibles en el laboratorio con las necesidades requeridas por la pieza.
4. Si existe compatibilidad en los requerimientos de diseño de la pieza y la maquinaria existente se avala la realización del escaneo y es programada para ser realizado dentro del periodo asignado para el desarrollo de prácticas de laboratorio de la cátedra, de no ser aprobado se presentan recomendaciones al estudiante sobre los requisitos para realizar el escaneo de una pieza, si es posible seleccionar otro tipo de objeto o realizar alguna corrección en la misma se realiza y presenta de nuevo para su revisión, si cumple con los requisitos, el escaneo es aprobado.

5. Se realizan los pasos de la guía general de impresión y escaneo del laboratorio de fabricación digital proporcionado por el laboratorio (consultar guía).

TIEMPO DE DURACIÓN DE LA PRÁCTICA

3 Semanas.



**GUÍA DE TRABAJO
PARA EL
LABORATORIO
DE FABRICACIÓN
DIGITAL EII
FIA - UES**

Normativa general de laboratorio de fabricación digital de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador

RESPECTO A LA ASISTENCIA Y PUNTUALIDAD

1. El estudiante debe presentarse a la hora programada, luego de 15 minutos de la hora programada de inicio del laboratorio, no se permitirá el ingreso de ninguna persona al laboratorio.
2. El estudiante debe de presentar las guías de laboratorio, materiales e instrumentos necesarios para poder ingresar al laboratorio y desarrollar las prácticas de laboratorio.
3. Si una guía se desarrolla en más de una sesión de laboratorio, sólo se permitirá el desarrollo del porcentaje de trabajo asignado para cada sesión; no se permitirá al estudiante desarrollar guías previas a la fecha del laboratorio.
4. Todos los estudiantes asistentes al laboratorio deberán firmar la lista de asistencia proporcionada por el catedrático responsable de la materia.

RESPECTO A LAS EVALUACIONES

5. Cuando un estudiante por causa justificada no pueda asistir a una práctica de laboratorio deberá solicitar su realización diferida según el reglamento de la Escuela de Ingeniería Industrial.
6. Al realizar una práctica de laboratorio, todos los estudiantes miembros del equipo de trabajo deben de participar del desarrollo de la misma.
7. Las máquinas del laboratorio designadas para uso de los estudiantes son exclusivas para realizar correcciones menores de diseño, ajustes de impresión y conversión de archivos a formatos aceptados por el equipo de impresión 3D. El diseño y modelado tridimensional de piezas debe realizarse en las máquinas el centro de cómputo habilitado para este fin según la programación de cada cátedra.

RESPECTO A LAS ACTIVIDADES DEL LABORATORIO

8. El estudiante debe cuidar y hacer buen uso del equipo, herramientas, accesorios y materiales para realizar la práctica laboratorio.

9. Al ingresar a las instalaciones el estudiante debe de colocar sus pertenencias dentro del mueble designado para dicho fin.
10. El estudiante debe informar inmediatamente al docente encargado o al técnico responsable del laboratorio sobre cualquier daño o error en el funcionamiento del equipo de laboratorio.
11. Si el estudiante daña un equipo o instrumento por negligencia o uso inadecuado, deberá de reponerlo según la jefatura del laboratorio y la dirección de la EII convengan, de no hacerlo no podrá continuar con el desarrollo de las prácticas de laboratorio.
12. Si un alumno sustrae equipo, material u objetos personales de sus compañeros o del laboratorio, quedará expulsado de forma automática y permanente de las prácticas de laboratorio de dicha asignatura.
13. El alumno debe de devolver de forma ordenada todo el material, instrumentos y equipo proporcionados para el desarrollo de las prácticas de laboratorio; de realizarse una práctica grupal, cada grupo deberá designar un representante de grupo que se encargue de esta tarea a lo largo del ciclo.
14. De dañarse material, instrumentos o equipo proporcionados para el desarrollo de las prácticas de laboratorio de manera grupal, todos los miembros del equipo responsable deberán de responder por los daños ocasionados según la jefatura del laboratorio y la dirección de la EII convengan, de no hacerlo no podrán continuar con el desarrollo de sus prácticas de laboratorio.
15. El estudiante no podrá permanecer dentro del laboratorio una vez terminada la práctica, a menos que tenga autorización previa del técnico a cargo.
16. El docente y encargado de laboratorio tienen la autorización y están en la obligación de suspender de forma parcial o definitiva a cualquier alumno que interfiera en el desarrollo de la jornada de laboratorio, según lo amerite su comportamiento.
17. Cualquier problema que se desarrolle dentro del desarrollo de un laboratorio que no pueda ser solucionado dentro del mismo debe de notificarse de forma inmediata a la jefatura de la Escuela de Ingeniería Industrial.

RESPECTO A LA CONDUCTA DENTRO DEL LABORATORIO

18. Es un requisito para poder realizar las prácticas de laboratorio el uso de vestimenta adecuada para el desarrollo de las prácticas: zapatos cerrados de cuero, pantalón de

lona sin aberturas o roturas, cabello recogido y camisa de algodón de preferencia manga larga; el estudiante debe de utilizar el equipo de protección personal indicado por el técnico responsable del laboratorio.

19. No utilizar lenguaje soez o referirse de forma irrespetuosa a los compañeros, al técnico encargado de laboratorio y al docente responsable de la cátedra.
20. No comer, beber, fumar o mascar goma de mascar dentro de las instalaciones del laboratorio.
21. No utilizar el laboratorio como una zona de juegos o esparcimiento.
22. No correr, gritar, utilizar instrumentos musicales o cámaras fotográficas o de video dentro del laboratorio sin la autorización del técnico encargado.
23. No utilizar equipos o accesorios del laboratorio para fines diferentes al desarrollo de la práctica.

El presente reglamento aplica para la comunidad estudiantil que hace uso del laboratorio de fabricación digital de la EII, el desconocimiento del mismo no exime la responsabilidad de cumplimiento.

MARCO TEÓRICO

IMPRESIÓN 3D

La impresión 3D se refiere a la creación de objetos y piezas en tres dimensiones a partir de un diseño que puede ser realizado por computadora a través de un software especializado, descargado desde internet o recogido a través de un scanner 3D; este proceso se realiza a través de la aplicación de capas sucesivas de material en la plataforma de la impresora hasta conseguir el objeto deseado (Área Tecnología.com, s.f.). Este es el servicio insignia de los laboratorios de fabricación digital, encontrándose en la mayoría de laboratorios.

El laboratorio cuenta con impresoras que utilizan la tecnología de impresión por FDM (Fused Deposition Modelling), es decir, para crear la pieza, aplica capa por capa de abajo a arriba calentando, fundiendo y extruyendo el filamento de material.

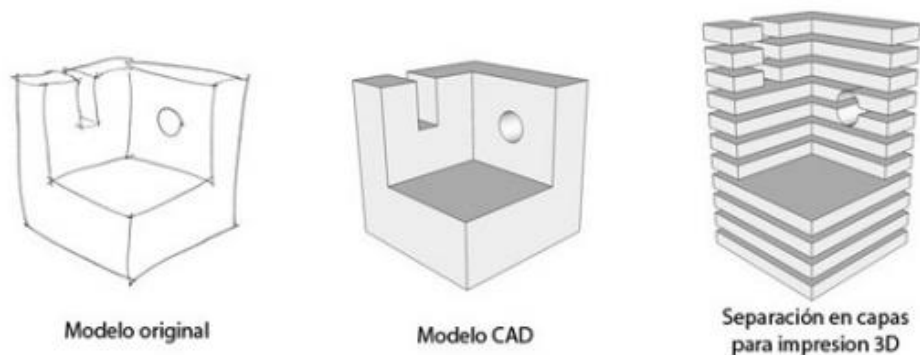


Ilustración 74 Proceso de diseño e impresión 3D

FUENTE: WWW.MAQUETASARQ.WEBS.UPV.ES

ESCANEEO 3D

EL escaneo 3D es un proceso en el que se mide la geometría y volumen de un objeto físico empleando un scanner 3D, que proporciona una copia digital de gran exactitud que puede exportarse como un archivo de malla poligonal⁷⁸ que puede ser utilizada en procesos CAD, CAM o CAE (Go Scan 3D, s.f.). El scanner 3D es un dispositivo que captura las características del objeto a través de un láser que lo recorre para capturar, a través de una nube de puntos, las características geométricas del mismo; esta nube es procesada posteriormente para

⁷⁸ Malla poligonal: Representación tridimensional de un cuerpo, formada por miles de puntos, llamados vértices, que se enlazan mediante líneas o aristas para formar una estructura similar a una malla extendida sobre toda la superficie de objeto.

determinar la forma en la que se unen y obtener el modelo tridimensional del objeto (Sistemas Adaptivos y Bioinspirados en Ingeniería Artificial, s.f.).



Ilustración 75 Scanner 3D

Fuente: www.3dmaker.systems.com

MARCO TEÓRICO

EQUIPO DISPONIBLE EN EL LABORATORIO

El equipo disponible en el laboratorio se presenta a continuación:

1. Impresora Lulzbot Taz 6 (2 unidades)
2. Impresora Lulzbot Mini
3. Escáner 3D Ciclop (BQ)



ÁREA DE IMPRESIÓN: 280 mm x 280 mm x 250 mm

VOLUMEN DE IMPRESIÓN: 19.600 cm³ de espacio utilizable

PROMEDIO VELOCIDAD DE IMPRESIÓN: 30 - 50 mm /seg



ÁREA DE IMPRESIÓN: 152mm x 152mm x 158mm

VOLUMEN DE IMPRESIÓN: 3.650 cm³ (223 pulgadas³) de espacio útil

PROMEDIO VELOCIDAD DE IMPRESIÓN: 275mm / s (10.8 in / seg) a 0.18 de altura de capa



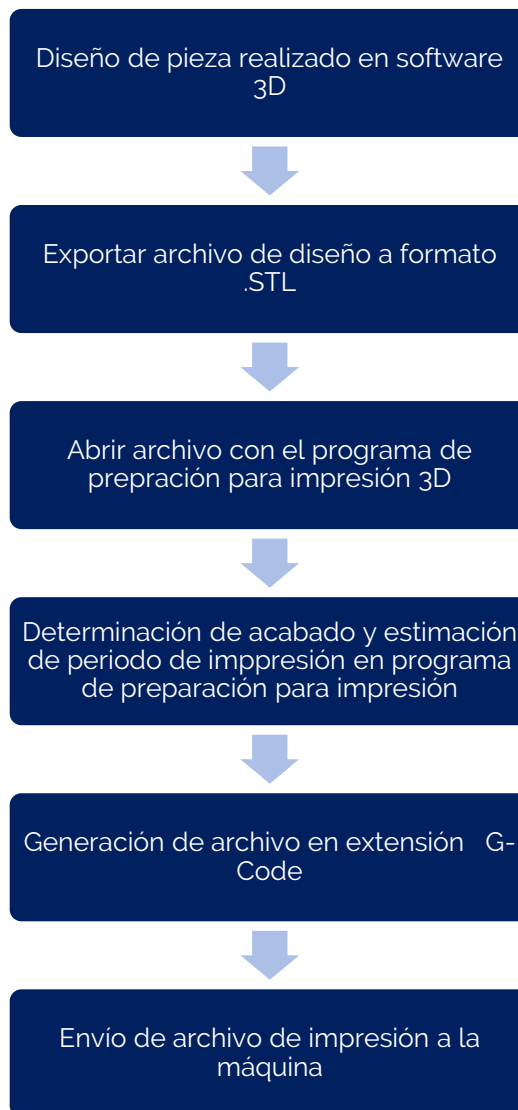
ESCANEO DE PRECISIÓN: 0.5 mm

PESO MÁXIMO SOPORTADO: 6.6 Kg

DIÁMETRO: 250 mm

ALTURA: 205 mm

PROCESO DE IMPRESIÓN 3D



Esquema 80 Procedimiento de impresión 3D

Fuente: Escuela Técnica Superior de Arquitectura

TRANSFORMACIÓN DE ARCHIVOS

La transformación de un diseño tridimensional a un objeto físico a través de impresión 3D no es un procedimiento que se desarrolle de forma instantánea, sino que es necesario realizar una serie de pasos que aseguren que el diseño realizado será impreso tomando en cuenta parámetros como calidad superficial, acabados y geometrías previamente establecidas; para lograr esto es necesario el desarrollo de una serie de procedimientos que transformen el

archivo que contiene el diseño realizado a un lenguaje que pueda ser leído por el software de impresión que controla el equipo que realiza la pieza a través de impresión 3D.

Transformación de archivos a formato .STL

A continuación, se presenta una lista de procedimientos a realizar para transformar los archivos en formato de diseño

AUTOCAD

1. Archivo
2. Exportar
3. Otros formatos
4. Escriba el nombre del archivo y formato .STL
5. Guardar
6. Si desea dar formato de color, guarde el archivo con formato .DWG y modifíquelo según convenga

INVENTOR

1. Archivo
2. Guardar como
3. Seleccione archivo .STL o .VRML (.VRML)
4. Escoja opciones
5. Escoja media o alta (para superficie con alta calidad, tome en consideración que el tamaño del archivo incrementa considerablemente)
6. Escriba el nombre del archivo
7. Guardar

SKETCHUP

Sketchup es ideal para imprimir modelos, sin embargo, no genera automáticamente la geometría en un sólido ya que éste crea poli marcos y no poli mallas y se deben de cerrar todas las capas de cada elemento para poder imprimir correctamente el archivo. Antes de exportar el modelo vía STL, VRML o 3DS considere las siguientes indicaciones para obtener un modelo que se pueda imprimir.

1. Asegúrese que el modelo no contenga la geometría con planos abiertos. Así mismo, que las superficies planas creadas extruya mínima de 3 – 4mm.

2. Verifique que cada componente plano en vertical. Extruya mínimo 3mm para que éste sea imprimible.
3. En el caso de superficies transparentes, cómo ventanas, en la caja de diálogo de materiales, seleccione opacidad al 100% para que éstas se impriman.

Evite planos que se sobrepongan, elimínelos o extruya por lo menos 3mm si desea que éstos sean impresos.

4. Engruese todas las paredes que son delgadas, por lo menos 3mm para la impresión en 3D.
5. Elimine elementos internos y detalles que son muy pequeños o que no sean de importancia su impresión. En caso que requiere enfocar algún elemento en específico, puede engruesar dicho elemento para destacarlo.

SOLIDWORKS - STL

1. Archivo
2. Guardar como
3. Escoger tipo de archivo STL
4. Opciones
5. Fino
6. OK
7. Guardar
8. Configuración de STL: Recomendación para ojo rojo para partes pequeñas y con variedad de contorno de figuras y con elementos detallados.
9. Archivo
10. Guardar como STL
11. Opciones
12. Para un archivo más suave, cambiar la resolución a personalizar.
13. Cambie la desviación a 0.0005in (0.004 mm).
14. Cambie el ángulo a 5.

(Entre más pequeña la desviación y el ángulo produce un archivo más suave, sin embargo, el archivo se puede hacer considerablemente pesado.)

SOLIDWORKS - VRML

1. Herramientas > Menú Opciones

2. Propiedades
3. Calidad de imagen > ALTA
4. Si se trabajó con un ensamble seleccionar “Aplicar a todas las partes referenciadas al documento”.
5. OK
6. Archivo, Guardar como
7. Formato VRML
8. Opciones
9. VMRL 1.0
10. OK
11. Guardar

Reparación de malla

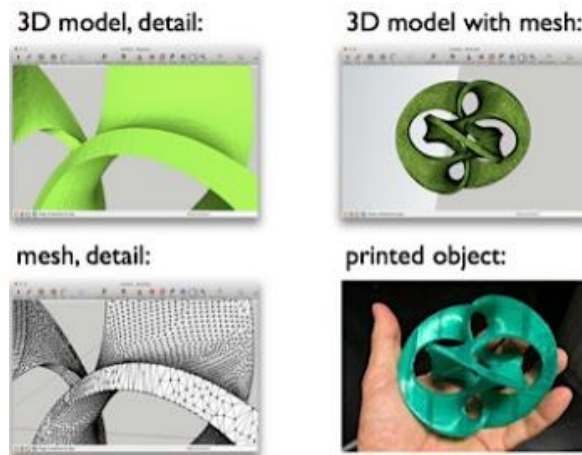


Ilustración 76 De izq. A derecha y de arriba abajo: Modelo creado, modelo con malla, detalle de la malla y objeto impreso.

Fuente: Impresión 3d en ELICTP

El archivo. STL que creado utilizando software de modelado tridimensional podría no estar listo para su impresión, sin importar cuanto cuidado se haya puesto en el proceso de su creación. Defectos de superficie como huecos, o caras al revés son problemas típicos casi inevitables cuando se crea modelos complejos que incluyen cavidades, intersecciones, caras o simplemente superficies curvas. Idealmente, un modelo 3D imprimible debería ser estanco y sólido, no hueco; se puede diseñar objetos como vasos, o cuerpos “vacíos” en general, pero estos siempre tienen una parte interna que está llena y es sólida, incluso si es una pared delgada **Fuente especificada no válida.**

La calidad de ser estanco del cuerpo del objeto es la única propiedad que le permite al software de rebanado distinguir con precisión la parte interna y la externa del objeto para poder decidir dónde y cuándo extruir el plástico. Porque si hubiera un hueco microscópico en la aproximación poligonal de su superficie (llamada malla), ya no se podría garantizar la integridad de la superficie externa del objeto, ni tampoco resultados correctos en el rebanado, y la impresión podría terminar como un amasijo de plástico **Fuente especificada no válida..**

Por los motivos anteriores es recomendable revisar la existencia de estos problemas previo a realizar el rebanado de la pieza, lo que puede hacerse con el software gratuito Netfabb Studio Basic, disponible para Windows, Mac y Linux.

TIPOS DE SOFTWARE

Host de Impresión

El Host de impresión es un software utilizado para controlar la impresora 3D, este programa no sólo permite controlar la impresora para mover a lo largo de los ejes axiales, sino también para realizar ajustes manuales como el nivel de temperatura, envío de comandos y recibir retroalimentación y/o informe de errores de la electrónica del sistema. Es recomendado, para nuevos usuarios, el uso de software de control Cura debido a que su uso es más amigable e incluye el software para rebanado del modelo diseñado, proceso que se explicará posteriormente **Fuente especificada no válida..** Entre los softwares que funcionan como Host de impresión se tienen los presentados a continuación:

1. Cura
2. Pintrun
3. MatterControl
4. OctoPrint
5. Botqueue

Repetier Host

Repetier es un programa que facilita la conexión del ordenador con la impresora 3D y permite controlar los movimientos y temperaturas de la impresora. Prepararemos la impresora para que se imprima de manera óptima y veremos cómo rectificar la impresión una vez comenzada para tener una pieza de buena calidad.

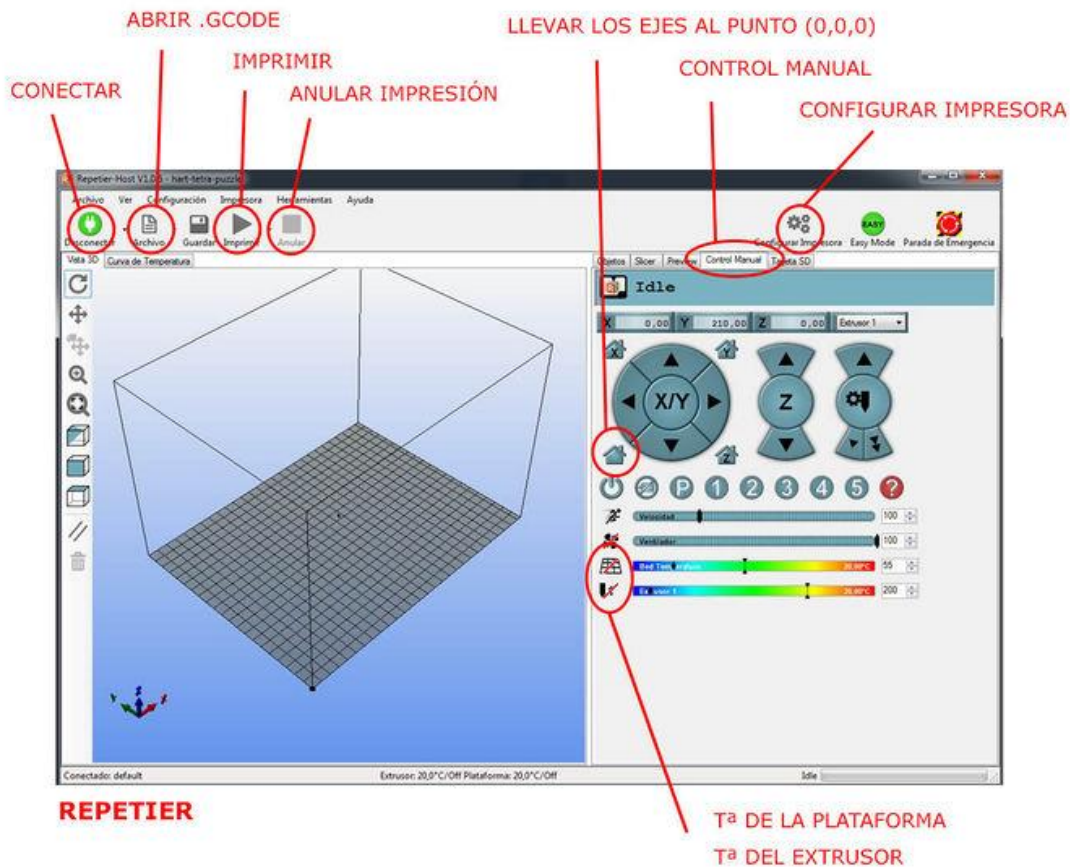


Ilustración 77 Entorno de Repetier
Fuente: wiki.ikaslab.org

La parte de la visualización de la pieza a la izquierda y el control de la impresora a la derecha, en donde se encuentran varias opciones, nosotros sólo **usaremos la pestaña llamada *control manual*** que es la que está representada en la imagen.

1. Conectar el ordenador a la impresora: En el menú superior se encuentra el botón conectar. Siempre que se envía un archivo a imprimir se debe asegurarnos que tenemos el botón activado o coloreado en verde. Si no se conecta aparecerá en rojo y no podremos darle ninguna orden a la impresora.
2. Abrir. gcodes: Como su nombre indica es para abrir el archivo. gcode que queremos imprimir.
3. Imprimir/Pausar: Activa el modo automático y la impresora se pone a crear la pieza indicada con los parámetros del. gcode. Cuando estamos imprimiendo el icono cambia a *pausar*. Esta opción permite detener y reanudar la impresión.

4. Anular Impresión: Lo usaremos para parar las impresiones antes de que estas acaben. A diferencia de la opción *Pausar*, *Anular* descarta la impresión y no podremos continuar la impresión desde donde lo hemos parado.
5. Home: Los iconos de las casitas sirven para mover los ejes al punto 0. Cada casita con letra mueve al punto 0 el eje indicado en el icono y la casita sin letra mueve todos los ejes al punto (0,0,0)
6. Temperatura de plataforma: icono con forma de rejilla, seleccionando este ícono se activa o desactiva el calentamiento de la plataforma. Si el icono tiene una línea diagonal roja sobre ella significa que los calentadores están apagados. Una vez se activa el icono es necesario indicar la temperatura que se dese en el cajetín del lado derecho para seguir la progresión de calentamiento en la barra coloreada.
7. Temperatura de extrusor: El icono del extrusor con el número uno es para calentar el extrusor, en algunos casos se tendrá dos iconos iguales donde uno de los iconos tendrá un 1 y el otro un 2. Con estos dos iconos se puede controlar las diferentes temperaturas de los dos cabezales de las Voladoras V2x2.

Slicers (Software de corte o rebanado)

Preparar un modelo 3D para imprimir es una combinación delicada de conocimiento técnico, ciencia y arte, y se necesita bastante tiempo para dominar este procedimiento. Antes de realizar la impresión, el modelo a crear (grabado o exportado como archivo STL) debe primero convertirse en un conjunto de instrucciones para la impresora (un formato común es el gcode). Esta conversión se llama rebanado (slicing) porque el modelo es “rebanado” en muchas capas delgadas horizontales que se imprimirán en secuencia, y se lleva a cabo a través de programas computacionales complejos llamados rebanadores (slicers)**Fuente especificada no válida.**

La impresora necesita una información muy diferente: los movimientos del cabezal y/o de la plataforma en las diferentes direcciones X, Y y Z, la cantidad de plástico que debe extruir, y el tiempo exacto en el que debe comenzar y parar de extruir, la temperatura de la boquilla y de la plataforma de impresión, etc. Esta “conversión” entre las coordenadas de los vértices y los comandos de impresión es una tarea pesada –hablando en términos de computación

Un software de corte toma el modelo tridimensional, típicamente en formato .STL, .OBJ, etc., y determina la trayectoria con base en las opciones de impresión seleccionadas. El motor de corte utiliza el diámetro de la boquilla, la velocidad de movimiento, el grosor de la capa y otras variables para determinar las coordenadas adónde es necesario el movimiento y las tasas a

las que lo realizará. Esta información es exportada del programa hacia la impresora como un archivo GCODE, que es un archivo de texto sin formato que está formado por una serie de códigos una lista completa de coordenadas en los ejes X, Y y Z usadas para realizar la impresión del modelo tridimensional. **Fuente especificada no válida.**

Es importante mencionar que para usuarios de Windows es necesaria la instalación de drivers de funcionamiento para lograr la comunicación entre la impresora y el ordenador de control, estos pueden encontrarse en los siguientes enlaces:

LulzBot.com/Cura

LulzBot.com/downloads

El procedimiento estándar de rebanado se parece, entonces, a lo que se describe a continuación:

1. Arrancar el programa de rebanado en un computador anfitrión
2. Cargar el archivo stl del modelo
3. Traducir/escalar/rotar el modelo hasta que esté adecuadamente posicionado en la plataforma de impresión
4. Ingresar todos los parámetros que se necesitan para la correcta impresión
5. Comenzar el proceso de rebanado y esperar hasta que se haya creado el G-Code
6. Enviar el G-Code a la impresora usando una conexión USB o copiarlo en una tarjeta de memoria (normalmente SD o micro SD) para que sea cargado en la impresora.

Instalación de Cura

La fabricación por deposición de filamento fundido es el término para el proceso en el que se depositan capas sucesivas de filamento extruido con el fin de crear un objeto tridimensional; como cada capa de plástico fundido se extruye en su lugar, se fusiona con la capa anterior.

Al abrir Cura por primera vez, el programa solicita que se ejecute el asistente, este proceso consiste en la seleccionar su impresora, el tipo de extremo caliente, el tipo de cabezal y finalmente el diámetro de la boquilla. Es importante realizar la correcta selección de los parámetros anteriores ya que Cura utiliza perfiles personalizados y configuraciones sobre los elementos que se poseen actualmente.

1. Descargue el instalador correcto de Cura según el sistema operativo de su ordenador.
2. De doble click en el instalador.

3. Haga clic en el asistente de instalación hasta que finalice.
4. Inicie Cura lanzándolo desde su lista de aplicaciones instaladas.
5. Si esta es la primera vez que instala Cura, se abrirá la ventana del asistente de configuración.
6. En las opciones de configuración seleccione el tipo de impresora disponible en el laboratorio, en este caso LulzBot TAZ 6 y LulzBot Mini, esto con el fin de asegurar la compatibilidad de la configuración Presione Siguiente.
7. Seleccione Single Extruder v2.1. Presione Siguiente
8. Seleccione finalizar.

Una vez realizada la instalación del programa es necesario determinar un perfil rápido de impresión, este proceso consiste en la selección de los ajustes rápidos de impresión que se ubican en la esquina superior de la ventana de trabajo; para la mayoría de filamentos las opciones de impresión son estándar, alta velocidad y alto detalle. Algunos de los filamentos más exóticos sólo pueden tener un perfil único.

Alto detalle: Diseñado para dar mayor detalle y objetos más finos. Esto tendrá una menor altura de la capa, lo que hará que cada capa sea más delgada, de modo que las curvas parecen más naturales y las paredes parecen menos visibles. Este ajuste también requiere más capas para elaborar un objeto, aumentando el tiempo total de impresión.

Estándar: Diseñado para dar una resolución equilibrada aumentando la altura de la capa y velocidades de impresión. Esto hará que las curvas orgánicas un poco más como el ajuste fino, pero reducirá el tiempo de impresión.

Alta velocidad: Diseñado para las impresiones rápidas, donde el acabado general del modelo no es de preocupación. Más comúnmente utilizado para la iteración rápida de diseños cuando se realiza un prototipado rápido.



NOTA: A mayor detalle, acabados más finos, menor dimensión de las capas de material y periodo de impresión mayor. Es importante tomar en cuenta la selección de las opciones de impresión

OTRAS OPCIONES

Selección de material

El programa tiene los diferentes filamentos separados por la facilidad de uso del material. Seleccionar esta opción desplegable (Material ease of use) y seleccione "All" para ver todos los perfiles de filamento de corte precargados. La TAZ se envía con una muestra de filamento para realizar la primera impresión.

Selección del material de soporte de impresión

La impresora es capaz de imprimir modelos que tienen ángulos y salientes, incluso sin material de apoyo. Esto dependerá de la distancia sobresaliente y el ángulo del archivo y del modelo particular, esta opción debe ser activada si el modelo podría beneficiarse del material de apoyo,

Borde

Esta opción se usa para aumentar la superficie de la parte que está imprimiendo, asegurando la adhesión de la pieza adecuada. Imprimiendo un borde superior de una sola capa alrededor de la base de la pieza, ayudando a la adhesión de la primera capa y minimizando pandeo.

Cargar archivo de modelo

Seleccione el modelo STL que desea imprimir. Utilice el modelo de carga o seleccione Archivo> Cargar modelo. Una vez cargado el archivo, verá una representación 3D de su objeto en la plataforma de construcción. Selecciona el modelo para ver las diversas opciones.

Orientación del modelo

Mueva el modelo para cambiar donde se imprime en la placa de construcción. Hacer esto haciendo clic izquierdo en el modelo y arrastrándolo a la ubicación deseada. La esquina esbozada de la cama de la impresora 3D representa el frente del plato de impresión de la computadora

Negro esbozada esquina de la vista de la cama de impresión en 3D representa el frente izquierdo

Esquina de la placa de construcción en la impresora. Manteniendo pulsada la tecla derecha

Botón del ratón y arrastrar, puede ver su modelo desde diferentes ángulos.

IMPRESIÓN 3D

El aspecto de la pantalla de inicio del programa de configuración se presenta a continuación:

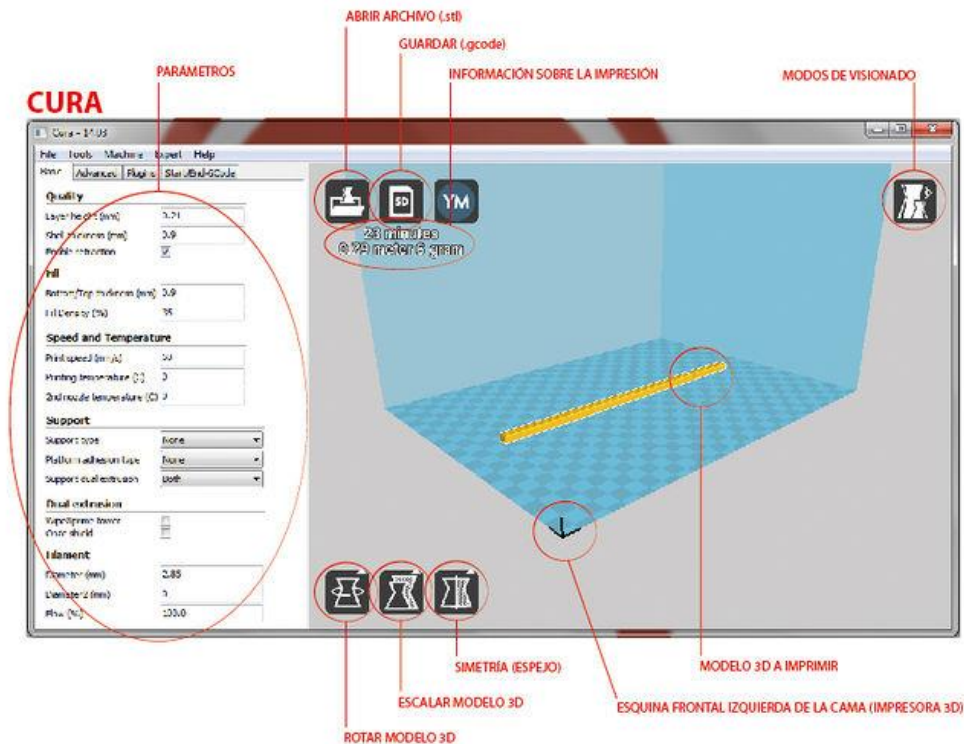


Ilustración 78 Entorno de Cura

Fuente: Lulzbot.com

La parte de los parámetros donde se puede indicar la forma en la que se imprimirán las piezas que es la parte blanca en el lado izquierdo del panel y la parte de la visualización de la pieza en 3D representada con una superficie cuadrícula azul al lado derecho del panel. En esta última parte se puede rediseñar la pieza con opciones sencillas como escalar, cambiar su posición o hacer una simetría. Estas operaciones se pueden realizar con los botones de la parte inferior. La opción de escalado resultará útil si se ha descargado una pieza desde Internet y el tamaño que tiene no es de nuestro agrado o si se nos ha olvidado escalar la pieza en el software de diseño.

En la parte superior en la zona de visualización de pieza se tiene accesos directos para abrir archivos y para guardarlos en formato .gcode. El botón de guardar archivos .gcode del área

de visualización de objeto a imprimir es un botón dinámico lo que significa que cambia según se esté usando el software. Podemos existen 3 versiones diferentes:



Disquete: El botón te permite guardar como archivo .gcode y para ello se abre una ventana de selección de destino de guardado.



Tarjeta sd: Al igual que el disquete se guarda un archivo .gcode pero nos lo guardará automáticamente en el pendrive o sd conectado a nuestro ordenador. Esta opción aparecerá cuando conectemos algún dispositivo de almacenamiento al ordenador.



Impresora: Bueno, lo de que el icono es una impresora nos lo vamos a imaginar... Este icono permite imprimir directamente sin necesidad de guardar el archivo. El icono aparece cuando conectamos la impresora al ordenador y configuramos el puerto como en Cura. En TumakerOS siempre viene esta opción por defecto.

A pesar de que se puede realizar, se recomienda no elegir la opción de imprimir directamente desde Cura por varias razones. La primera es que el archivo no se guarda en ninguna parte, lo que significa que si apagamos otro día si quisiéramos realizar la misma impresión tendríamos que volver a prepararlo todo porque no tendríamos un .gcode guardado en el ordenador. La segunda razón es que una vez mandamos imprimir con Cura no podemos modificar ninguna de las opciones previamente elegidas. Es mejor usar Cura para generar el .gcode e imprimir en Repetier-Host.

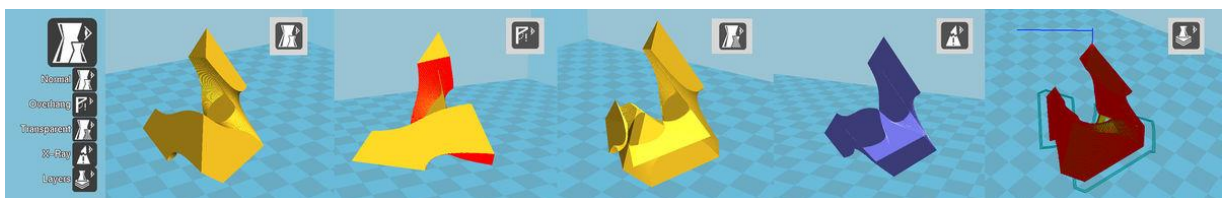


Ilustración 79 Tipos de visualización de objetos en CURA

Fuente: wiki.ikaslab.org

También se puede visualizar los objetos a imprimir de formas diferentes:

1. Normal: Es la visualización predefinida y la que se usa para girar, escalar y mover de sitio las piezas.
2. Overhang: Se usa para saber si hará falta soporte o no. Se colorean en rojo las partes en voladizo y la superficie que está contra la plataforma.

3. **Transparent:** Con esta visualización se observa mejor las piezas de formas complejas y los interiores.
4. **X-Ray:** Detecta errores de diseño y los ilumina en rojo.
5. **Layers o capas:** Muestra la pieza tal y como se va a imprimir. Se usa para observar el recorrido que va a realizar el cabezal de la impresora y detectar si hay errores de relleno o de capas.



NOTA: Una pieza cuyas dimensiones son compatibles con la capacidad de impresión de la máquina se presentan en color amarillo, como la presentada en la figura anterior; si la pieza es más grande que la capacidad de impresión de la máquina se presenta en color gris; en este caso deberá de realizarse una redimensión de la pieza a imprimir.

El interface también **informa del tiempo que va a durar la impresión** y la cantidad de filamento que va a utilizar para ello, tanto en metros como en gramos. Estos datos que se ofrecen cambiarán cada vez que se modifique la pieza o se cambie algún valor de los parámetros del lateral izquierdo.

Posicionar la pieza

Las impresoras de deposición tienen una limitación, no pueden imprimir un objeto flotante, cuando una pieza tiene zonas en el aire decimos que tiene *voladizos*. Si el voladizo tiene un ángulo menor a 40 grados es casi seguro que necesitará ayuda para ser impreso para que no sufra errores de impresión. Es por eso que lo primero que se debe hacer es posicionar la pieza de manera óptima empleando la opción de Rotate y moverla a una posición en la que no se tenga voladizos; se puede usar la visualización Overhang para que avise de posibles zonas en voladizo. Se debe asegurar además que la pieza deba dimensionarse a la escala adecuada, para ello puede usarse la opción *scale* en el cual podréis modificar el tamaño de la pieza porcentualmente o dándole un tamaño específico.

Imprimir con perfiles predefinidos

Una vez tenemos la pieza correctamente colocada el siguiente paso es indicar al software que cualidades tiene que tener la pieza imprimida. Para ello se tiene la sección de parámetros. En esta sección se puede indicar al software si se desea imprimir la pieza rápidamente o si se desea una calidad excepcional, si queremos hacerla hueca o indicarle al software cómo hacer los voladizos. Son muchas las opciones pueden ser controladas, no hay más que mirar la pestaña de Básicos o la de Avanzados.

Variables que hay que definir en la impresión

Hay ciertos parámetros que son particulares de cada impresora y diseño que se desee imprimir con lo que no podemos predefinir en los perfiles. A continuación, explicamos que apartados tenemos que modificar y para qué es cada variable.

- 1. Support type (tipo de soporte):** Como se ha comentado con anterioridad habrá casos en los que por mucho que se rote el objeto no se consigue evitar tener voladizos. La sección de *tipo de soporte* permite crear automáticamente unos andamiajes para poder depositar el material sobre el mismo. El andamio es una estructura muy ligera preparada para poder quitarla con facilidad. Cura nos ofrece tres opciones de soporte:
 - A. None (Ninguno): No coloca ningún soporte.
 - B. Touching buildplate (tocando la plataforma): Hará soporte solo desde la plataforma hasta la pieza en las zonas que necesite. En el caso de la letra F de la imagen, no realizará ningún soporte en el voladizo superior por no estar en contacto con la plataforma.
 - C. Everywhere (en todas partes): Hará soportes en todos los voladizos existentes. Es necesario tener en cuenta que si el hueco es muy pequeño el software no creará soporte ya que será probablemente más difícil quitar el soporte que hacer el voladizo sin ayuda.
- 2. Platform adhesión type (tipo de adhesión a la plataforma):** En esta sección permiten elegir diferentes técnicas para ayudar a la pieza a mantenerse pegada a la plataforma. Es muy recomendable para piezas imprimidas con ABS o Nylon.

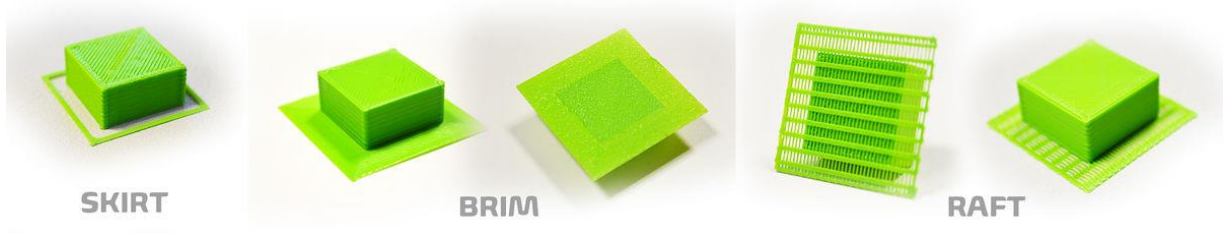


Ilustración 80 Tipos de adhesión a plataforma

Fuente: wiki.ikaslab.org

- A. Skirt: Conocida también como falda es la cantidad adicional de plástico extruido antes de la impresión real con el fin de evitar una boquilla vacía al iniciar la impresión.
 - B. None: No utiliza ninguna técnica de adherencia.
 - C. Brim: Rodea la primera capa de la pieza con más material creando un contorno amplio para lograr una buena adherencia. Si la pieza comienza a levantarse este extra de material generará fuerzas contrarias que evitaran el despegue.
 - D. Raft: Es una capa base cuadrículada sobre la cual se imprimirá la pieza. En caso de empezar a despegarse la pieza será el raft la parte que se levante y no la pieza. El único problema del Raft es que deja marcas en la parte inferior de la pieza.
 - E. Diameter (diámetro): Es muy importante indicarle al software el diámetro del filamento que estemos usando. Cuando más exacto sea el dato ofrecido mejor calidad vamos a conseguir. Por defecto los perfiles predeterminan el valor en 2.85 pero es posible que la realidad sea algo diferente. Necesitamos un calibre digital para medir la sección de nuestro filamento con 2 decimales. No es necesario estar midiendo en cada impresión, pero si necesario cada vez que cambiamos de filamento.
3. Sólo resta guardar la configuración de la pieza, para ello tenemos dos opciones: la primera es utilizar el disquete o tarjeta sd y la segunda manera. Entramos en *File* y seleccionar la opción *SaveGCode*.

Existen otras opciones importantes que pueden ser útiles para configurar la impresión como:

Parámetros definidos por los perfiles:

- 1. Layer Height (altura de capa): La altura de capa es lo que comúnmente se conoce como calidad de pieza. Este valor controla la altura que va a tener cada capa de la pieza, cuanto capa más pequeña menos se notarán las capas, pero también aumentará el tiempo necesario para imprimir. Lo recomendado es empezar a imprimir con la capa más alta, 0.3mm, ya que es mucho más fácil y según se vaya adquiriendo experiencia se experimente con capas más pequeñas.
- 2. Shell Thickness (espesor del perímetro): El espesor de las paredes exteriores. Es recomendable colocarlo como múltiplo del tamaño de nuestro extrusor (Nozzle).

3. Enable retraction (habilitar retracción): Retira el filamento cuando se mueve sin imprimir de zona a zona de impresión para que no quede ningún hilillo de material por el camino.
4. Bottom / Top Thickness (espesor inferior y superior): Todas las piezas, aunque le se especifique un relleno bajo, realiza las primeras y últimas capas totalmente sólidas. Es con esta variable se elige la altura deseada de la pieza para que sea sólida. Para elegir el valor adecuando se recomienda usar como referencia la altura de capa, por ejemplo, para un valor de espesor de capa de 0.3 el valor 0.9 generará 3 capas sólidas tanto abajo como arriba.



Ilustración 81 Tipos de relleno

Fuente: wiki.ikaslab.org

5. Fill Density (densidad de relleno): Con este parámetro regulamos la densidad interior de la pieza. Es decir, si se seleccionará un valor de 100% haría una pieza totalmente sólida y si pusiéramos un 0% la pieza sería totalmente hueca. Recomendamos imprimir con rellenos de entre el 20% y el 60% según el modelo a imprimir, el uso que vaya a tener posteriormente y del material utilizado.
6. Print Speed (velocidad de impresión): Este es un parámetro muy importante pues controla la rapidez con la que la impresora va a trabajar.
7. Printing Temperature (temperatura de impresión): Es la temperatura a la que se extruirá el plástico. Por lo general suelen ser 240°C para ABS y 220-230°C para PLA.
8. Bed temperature (temperatura de la plataforma): Es necesario generar calor en la plataforma de impresión para poder imprimir con ciertos materiales como el ABS o el Nylon.
9. Flow (caudal): Es el caudal de material que debe aportar el extrusor para que la impresión de la pieza sea uniforme y satisfactoria. Generalmente ronda el 100% pero puede variar con materiales flexibles.



NOTA: A partir de este momento ya puede realizarse la impresión de la pieza empleando el software Cura como controlador de la maquinaria, como se mencionó previamente este software puede realizar una impresión de la pieza de forma correcta, pero ofrece una serie de desventajas como no permitir el almacenaje de la pieza que se está imprimiendo con los cambios efectuados, queda a criterio del usuario la selección del método de impresión que se adapte a sus necesidades.

CONDICIONES PARA OBTENER UN BUEN ESCANEO

Los factores que intervienen en el proceso de escaneo son ambientales, propios de la configuración y calibración del escáner, así como del objeto a escanear. El principal factor ambiental que interviene en el escaneo es la iluminación.

Dependiendo de si se quiere realizar un escaneo con o sin textura, las condiciones a tener en cuenta son diferentes.

Iluminación ambiental

Para realizar un escaneo con textura y obtener el mejor resultado sitúa el escáner en un lugar con buena iluminación, pero esta debe ser indirecta y de intensidad media. De esta forma evitas la aparición de reflejos y brillos en la superficie del objeto que se quiere escanear. En la medida de lo posible, evita situaciones donde se proyecten sombras sobre el objeto que se quiere escanear.

Para realizar un escaneo sin textura, la iluminación puede variar desde la configuración para el escaneo con textura hasta la oscuridad. En el escaneo sin textura los láseres iluminan la zona a escanear por lo que, al no capturar el color del objeto, no es necesaria una fuente de luz adicional a diferencia del escaneo con textura. Escanear con una fuente de luz adicional no es un inconveniente siempre y cuando tengas en cuenta las mismas condiciones de iluminación del escaneo con textura.

Material del objeto

El material con que está hecho el objeto que se quiere escanear también es un factor a tener en cuenta para conseguir el mejor resultado. Los objetos con acabados brillantes o reflectantes son difíciles de escanear, puesto que se producen brillos cuando el láser incide sobre el

material y la cámara los capta como parte del objeto. Por contra, los objetos con acabado mate dan muy buenos resultados al ser escaneados debido a que no se producen este tipo de brillos o reflejos.

Color del objeto

El haz de luz que proyectan los láseres es de color rojo. El software de segmentación utiliza este color para capturar los puntos del objeto a escanear. Por lo tanto, los objetos de color rojo pueden dar problemas al ser escaneados. Se recomienda ajustar el Umbral del escaneo para obtener resultados coherentes. Los objetos de color muy claro pueden dar problemas al ser escaneados, sobre todo en ambientes con una alta luminosidad. En estos casos disminuye el parámetro del Brillo hasta conseguir una imagen clara.



Ilustración 82 Ajuste de brillo para el escaneo de un objeto: sin ajuste y con ajuste.

Fuente: Horus, Guía para el escaneo



Se recomienda evitar los colores muy oscuros en el escaneo, puesto que los resultados pueden no ser precisos.

De la misma manera, los objetos de color oscuro pueden dar resultados poco precisos, sobre todo en ambientes con poca iluminación. Esto se debe a que los colores oscuros reflejan menos cantidad de luz y, por tanto, la cámara no capta bien el haz de luz que incide sobre el objeto. Se recomienda disminuir el parámetro de Contraste y aumentar ligeramente el tiempo de Exposición para conseguir una imagen definida. También se recomendable disminuir el nivel del Umbral para conseguir buenos resultados.



Ilustración 83 Ajuste de contraste para el escaneo de un objeto: sin ajuste y con ajuste.

Forma del objeto

La forma del objeto que se quiere escanear también influye en los resultados del escaneo. Las nubes de puntos resultantes de escanear objetos con agujeros, huecos o caras ocultas pueden mostrar puntos en zonas donde no existe material o bien pueden no mostrar partes que hayan quedado ocultas. La solución para el primer caso es limpiar el resultado del escaneo mediante software de procesamiento de nubes de puntos. Para el segundo caso es recomendable realizar varios escaneos del objeto situándolo en diferentes posiciones del plato y después unirlos mediante software de procesamiento de nubes de puntos

Adquisición de la imagen

La adquisición de la imagen depende de la cámara. Los parámetros que se pueden configurar son:

Brillo: representa la luminosidad de la imagen. Este parámetro se ajusta según la iluminación ambiental que exista en el lugar donde se sitúe el escáner. Un valor de brillo de 0 da lugar a una imagen muy oscura. En contraposición, un valor de 255 muestra una imagen excesivamente clara.



*Ilustración 84 Ajuste de contraste para el escaneo de un objeto: sin ajuste y con ajuste.
Fuente: Horus, Guía para el escaneo*

Contraste: es la diferencia relativa de intensidad de la imagen.

Saturación: este parámetro afecta a la pureza del color de la imagen. Un color muy saturado tiene un color vivo e intenso, mientras que un color menos saturado parece más descolorido y gris.

Exposición del láser: solo influye en el escaneo Sin textura. La exposición del láser es el tiempo, medido en milisegundos, que el objetivo de la cámara permanece expuesto para capturar el haz de luz proyectado por el láser. Por defecto, el valor de exposición es 6. Para ambientes con iluminación escasa se recomienda aumentar este valor.

Exposición del color: solo influye en el escaneo Con textura. Al igual que el parámetro anterior, la Exposición del color representa el tiempo, medido en milisegundos, que el objetivo de la cámara está expuesto durante la captura de la imagen. Por defecto, el valor de exposición es 10. Para ambientes con iluminación escasa se recomienda aumentar este valor.

Frame rate: hace referencia al número de fotogramas que captura la cámara por segundo. Se recomienda utilizar siempre el valor más alto permitido por la cámara.

Resolución: viene expresada con dos números enteros que hacen referencia al número de columnas y filas de píxeles de una imagen. Se recomienda utilizar siempre el valor de resolución más alto permitido por la cámara, ya que los algoritmos de procesamiento de imagen han sido optimizados.

Distorsión: permite corregir la distorsión de la lente. Si se utiliza una cámara con una lente que provoca distorsión, este parámetro la corrige. Por defecto, esta opción está desactivada.



Los cambios en los parámetros de adquisición y segmentación de la imagen se deben realizar en el banco de trabajo Escaneo. Los cambios realizados en parámetros de otros bancos de trabajo no afectarán al banco de trabajo Escaneo, y por tanto, no afectarán a los resultados del escaneo

Segmentación de la imagen

La segmentación de la imagen es el proceso que convierte las imágenes capturadas por la cámara en puntos que forman la nube final del modelo 3D. Este proceso se basa en algoritmos de post procesamiento de la imagen. Dos de estos algoritmos son el algoritmo de Open (disponible solo en el escaneo con textura) y el algoritmo de Umbral (disponible en ambos tipos de

escaneo). Ambos son filtros que reducen el ruido del escaneo y proporcionan mejores resultados cuando se usan correctamente. Umbral El Umbral es un parámetro que forma parte de un algoritmo que filtra el ruido y lo elimina. Permite pasar todos los puntos cuya intensidad se encuentre por encima del valor del Umbral y elimina los que no lleguen a dicho valor.

Para ajustar correctamente el Umbral, la manera más sencilla es hacerlo en tiempo real. Para ello, coloca el objeto que quieras escanear en la plataforma y pulsa el botón que Inicia el escaneo. Una vez haya comenzado el proceso de escaneo, pulsa en el botón con el dibujo de un ojo y selecciona el modo de visualización Gris. A continuación, pulsa sobre la sección Segmentación de la imagen y varía el valor de Umbral hasta obtener una línea gris bien definida (la forma de esta línea depende de la geometría del objeto que quieras escanear).

En las siguientes imágenes hay ejemplos de la configuración de este parámetro:



1. Umbral bajo: un umbral por debajo del ideal muestra una línea difusa, con brillos y reflejos. Este valor de umbral provoca la aparición de puntos no existentes del objeto en la nube de puntos resultante del escaneo.
2. Umbral ajustado: un umbral ajustado muestra una línea bien definida y con poca pérdida de puntos. Este valor permite capturar los puntos deseados del objeto a escanear.
- Umbral alto: un umbral por encima del ideal muestra una línea discontinua de puntos, que se traduce en una pérdida de puntos en el modelo final.

Open

Este parámetro forma parte de un algoritmo que filtra el ruido difuminando los puntos aislados y uniendo los puntos cercanos. Conviene utilizarlo junto al Umbral para eliminar mejor el ruido. Este parámetro puede tener valores desde 1 hasta 10, siendo 1 el valor que menos filtra la señal y 10 el valor que más lo hace. Aumentar el valor de Open también implica reducir el detalle y el número de puntos escaneados, por ello los valores recomendados son 2 o 3. Al

igual que para el caso del Umbral, lo mejor es realizar un ajuste “en vivo”, tal y como se ha explicado anteriormente.

1. Sin Open: se observa la aparición de ruido (líneas grises ajenas al láser) en el escaneo del objeto.
2. Con Open (10): el algoritmo de Open difumina los puntos capturados y se aprecia la disminución del ruido, así como una disminución en la cantidad de puntos capturados.

Calibración del escáner

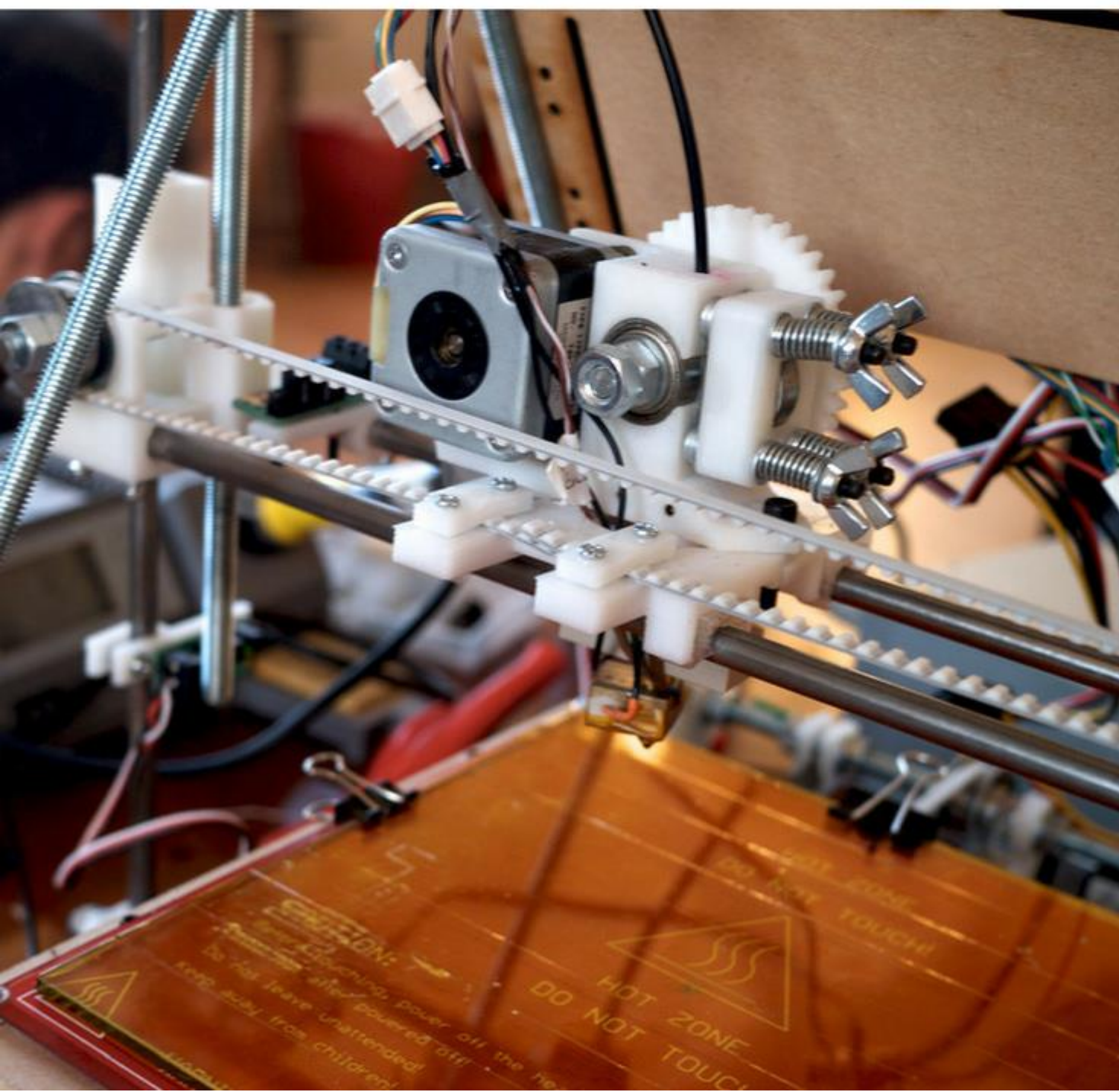
Es necesaria una buena calibración para obtener buenos resultados. Si se obtienen resultados no adecuados de manera sistemática, independientemente del objeto, de la configuración de la cámara o de las condiciones del entorno, hay que revisar la calibración del escáner. Concretamente hay que revisar los ajustes del patrón y las calibraciones de Triangulación láser y Parámetros extrínsecos.

Resultado del escaneo

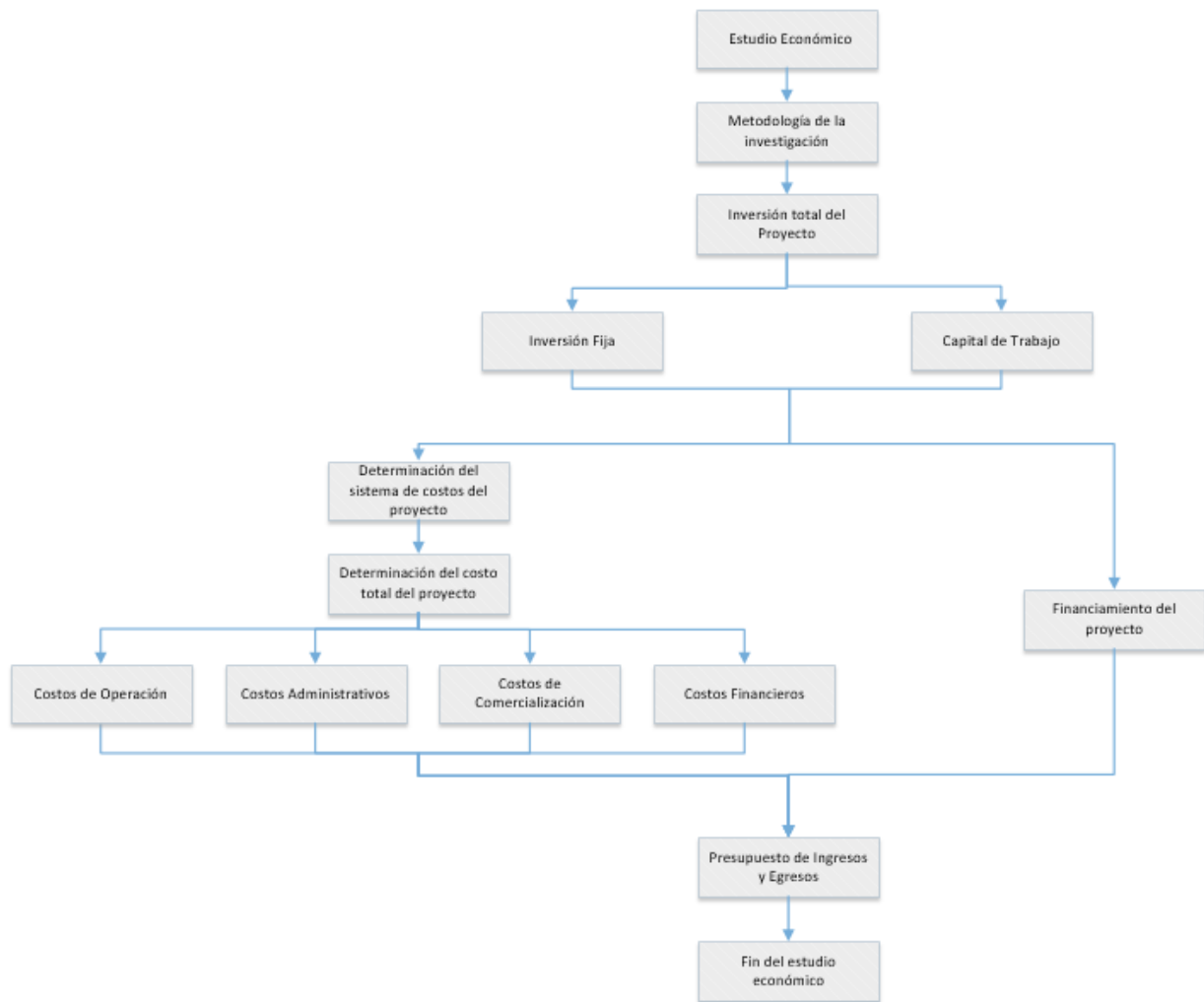
Cuando el programa termina de escanear un objeto, aparece una ventana emergente avisando de que el escaneo ha finalizado. En el visualizador 3D puedes ver la nube de puntos resultante del escaneo. Si has elegido la opción de escaneo con textura, la nube de puntos tendrá los colores del objeto. Si, por el contrario, has elegido la opción de escaneo sin textura, aparecerá la nube de puntos del color que hayas escogido previamente. La nube de puntos resultante del escaneo se puede procesar con un software de reconstrucción para obtener un modelo 3D con caras.

ESTUDIO ECONÓMICO

Capítulo IV



4.1. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO ECONÓMICO



Esquema 81 Metodología de estudio económico

Fuente: Elaboración Propia

El estudio económico de un proyecto persigue determinar los recursos económicos necesarios para su implementación; en otras palabras, el presente apartado busca determinar la cantidad de recursos económicos necesarios para que el Laboratorio de Fabricación Digital de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador se realice según se ha diseñado. Es a partir de la información generada que se realizarán los análisis que evalúen el laboratorio y determinen si el proyecto es factible desde el punto de vista.

El primer paso para el desarrollo del estudio económico es la terminación de la inversión fija tangible e intangible, es decir la inversión necesaria para la instalación del proyecto;

posteriormente se procede a determinar el capital de trabajo necesario para la puesta en marcha del proyecto, es decir todos los recursos económicos necesarios para asegurar que el laboratorio de fabricación digital funcione de forma continua, incluyendo materia prima, materiales, pago de planillas, mantenimiento de maquinaria y equipo entre otros rubros a analizar. A continuación, se realiza un análisis del sistema de financiamiento del proyecto, sus posibles fuentes y alternativas para el funcionamiento del laboratorio.

Posteriormente se busca determinar el sistema de costeo de proyecto, etapa fundamental para el laboratorio ya que se determinará la forma en que se establecerán los precios de venta de los servicios, tomando en cuenta la información recolectada en la etapa de diagnóstico del presente estudio, mecanismos de distribución, entre otros. El costo total del proyecto incluirá el cálculo de los costos de operación, costos administrativos, costos de comercialización y costos financieros; es a partir de la determinación de estos costos y apoyándose en información relacionada a niveles de demanda y especificaciones de maquinaria y materias primas establecida en la etapa de diseño, que se establecerán los costos unitarios de los servicios a ofertar en el laboratorio que es la base para la determinación de sus precios de venta. El estudio económico concluye con la estimación del presupuesto de ingreso y egresos para el laboratorio de fabricación digital.

4.2. INVERSIONES DEL PROYECTO

La inversión de un proyecto está formada por todos aquellos recursos necesarios para la instalación y funcionamiento del Laboratorio de Fabricación Digital de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador. La inversión de proyecto se clasificará en dos rubros diferentes:

1. **Inversión Fija:** Son los recursos que la contraparte adquiere al inicio del proyecto y se utilizan a lo largo de la vida de este, para convertirse en activo fijo. No son motivo de transacción corriente, por lo tanto, no son negociables. La inversión fija puede ser tangible o intangible; la primera se refiere a los requerimientos que se requieren al inicio del proyecto, son de valor a la empresa y tienen vida material; el segundo tipo de inversión se refiere a todos aquellos elementos que, sin tener expresión material, tienen valor para el proyecto que desarrolla la contraparte y colaboran en el desarrollo de sus actividades.
2. **Capital de Trabajo:** Se refiere a la dotación de recursos que le permiten a la contraparte seguir trabajando por cuenta propia; son consumibles y por lo tanto, no se deprecian. Se estructuran en función del ciclo económico y en base al rubro de trabajo.

A continuación, se presentan los tipos de inversión que se presentan en el desarrollo del proyecto:



Esquema 82 Clasificación de la inversión de un proyecto

Fuente: Material de la cátedra Formulación y Evaluación de Proyectos, 2015

Es importante destacar que no todos los rubros de inversión son atribuibles a todos los proyectos que se ejecuten, estos dependerán de la naturaleza que presenten. El proyecto de creación y funcionamiento del laboratorio de fabricación digital es una inversión que busca como objetivo principal generar un impacto social en sus usuarios, más que un beneficio económico; por lo que no contemplará todos los rubros antes esquematizados, según la naturaleza del proyecto en cuestión, se muestran las inversiones necesarias, que se deben de realizar.

4.2.1. INVERSIÓN FIJA

4.2.1.1. INVERSIÓN FIJA TANGIBLE

TERRENO

Del estudio técnico se estipuló que la localización de laboratorio se ubicaría en el salón de consultas de la Escuela de Ingeniería Industrial, dicho salón tiene un área de 41.2 m² y un área expandible de 18.8 m² en caso de existir un cambio de tecnologías y un aumento de demanda de los servicios de fabricación digital. Debido a que la localización del laboratorio será dentro de la universidad no será necesario la compra de ningún inmueble, por lo que no existen costos de compra de lote, comisiones de agentes, gastos notariales o gastos de demolición de estructuras existentes atribuibles al proyecto.

OBRA CIVIL

Este rubro se refiere a actividades de preparación y adecuación de la infraestructura para la implementación del Laboratorio de Fabricación Digital de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador. A partir de las especificaciones de obra civil establecidas en la etapa de diseño del presente estudio se establecieron los siguientes requerimientos: mantenimiento del encielado, paredes y techo, mantenimiento del sistema de iluminación, modificación del sistema eléctrico e instalación de estructuras metálicas para la protección del laboratorio. Los costos requeridos para las especificaciones de obra civil ascienden a \$4,875.61, datos que se especifican en la tabla siguiente y cuyo detalle pueden consultarse en la cotización realizada por la empresa Construcciones Cruz, presentada en el apartado de anexos.

INVERSIÓN DE OBRA CIVIL				
NATURALEZA DE LA OBRA	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (\$)	COSTO TOTAL (\$)
RUBROS QUE INCLUYEN MANO DE OBRA				
Instalación de placa de identificación del laboratorio de fabricación digital	UNIDAD	1	\$ 25.00	\$ 25.00
Techos y enrejado	UNIDAD	1	\$ 1,058.61	\$ 1,058.61
Cielo raso	UNIDAD	1	\$ 994.83	\$ 994.83
Ventanas	UNIDAD	1	\$ 87.86	\$ 87.86
Sistema eléctrico	UNIDAD	1	\$ 1,628.66	\$ 1,628.66
Pisos	UNIDAD	1	\$ 581.98	\$ 581.98
Paredes	UNIDAD	1	\$ 448.67	\$ 448.67
SUBTOTAL				\$ 4,825.61
RUBROS SIN INCLUIR MANO DE OBRA				
Placa de identificación del laboratorio de fabricación digital 0.20 x 0.45 m	UNIDAD	1	\$ 50.00	\$ 50.00
SUBTOTAL				\$ 50.00
TOTAL				\$ 4,875.61

*Tabla 176 Inversión de obra civil
Fuente: Constructora Cruz S.A. de C.V.*

MAQUINARIA Y EQUIPO

Este apartado comprende la inversión relacionada a la adquisición de la maquinaria, equipo, instrumentos y utensilios necesarios para el desarrollo de los procesos productivos, administrativos y de comercialización del laboratorio de fabricación digital.

El cálculo de los costos de maquinaria ha sido estimado a partir de las cotizaciones proporcionadas por los proveedores seleccionados en el apartado de diseño, la escogitación de precios se realizó tomando en cuenta tanto la ventaja económica que implica un precio competitivo según los requerimientos técnicos establecidos para la maquinaria a emplear, como la disponibilidad actual en el mercado y elementos que generen valor a las propuestas presentadas como garantías y capacitación en el uso de la maquinaria. Los fletes, impuestos y costos de instalación han sido incluidos según los presupuestos proporcionados por los proveedores.

MAQUINARIA, EQUIPO, HERRAMIENTAS Y SOFTWARE DE PRODUCCIÓN				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (\$)	FLETES O IMPUESTOS (\$)	COSTO TOTAL (\$)
MAQUINARIA DE PRODUCCIÓN				
LulzBot Mini 3D Printer Extrusor Extra - Flexystruder Tool Head v2 Tablet 7" Cámara para Pi 3 Case para Cámara Sistema Raspberry Pi 3 Raspberry Pi 3 Case para Pi 3 Fuente de poder para Raspberry Escobillas de Extrusor Stickers de cama mini Filamento PLA (1 kg) Filamento ABS (1 kg) UPS	1	\$ 3,400.00	\$ -	\$ 3,400.00
LulzBot Taz 6 Tablet 7" Cámara para Pi 3 Case para Cámara Sistema Raspberry Pi 3 Micro SD para Pi 3 Case para Pi 3 Fuente de poder para Raspberry Pi 3 Raspberry Pi 3 UPS Filamento ABS (1 kg) Filamento PLA (1 kg)	2	\$ 4,900.00	\$ -	\$ 9,800.00
Escáner 3D Ciclop	1	\$ 950.00	\$ -	\$ 950.00
PC Clon Core i7	6	\$ 2,647.00	\$ -	\$ 15,882.00
SUBTOTAL				\$ 30,032.00
EQUIPO, UTENSILIOS Y HERRAMIENTAS DE PRODUCCIÓN Y ACABADOS				
Sparkfun SMD Rework Station, Digital Display Type	1	\$ 184.00	\$ -	\$ 184.00
Cuchillo No. 1 X-ACTO	6	\$ 3.95	\$ -	\$ 23.70
Cuchillo No. 2 X-ACTO	4	\$ 4.95	\$ -	\$ 19.80
Cuchillo No. 5 X-ACTO	4	\$ 6.50	\$ -	\$ 26.00
Cuchilla de repuesto (x3) No. 245 X-ACTO	4	\$ 3.75	\$ -	\$ 15.00
Cuchilla de repuesto No. 2 X-ACTO	12	\$ 0.65	\$ -	\$ 7.80
Cuchilla de repuesto No. 4 X-ACTO	12	\$ 0.40	\$ -	\$ 4.80
Cuchilla de repuesto No. 10 X-ACTO	12	\$ 0.75	\$ -	\$ 9.00

Thinner (Galón)	6	\$ 5.70	\$ -	\$ 34.20
Papel Toalla 80 hojas (3 pack)	12	\$ 1.99	\$ -	\$ 23.88
Pegamento Poxipol Transparente (dos componentes) 14 ml	12	\$ 2.30	\$ -	\$ 27.60
Pegamento Poxilina 155 ml	6	\$ 6.55	\$ -	\$ 39.30
Baja lenguas (100 unidades)	2	\$ 7.75	\$ -	\$ 15.50
Caja Organizadora Plume Green	2	\$ 10.50	\$ -	\$ 21.00
Caja Organizadora Pequeña transparente FlipTops	2	\$ 5.75	\$ -	\$ 11.50
Calibrador Pie de Rey Digital 0 - 150 mm	2	\$ 20.95	\$ -	\$ 41.90
Calibrador Pie de Rey 0 - 150 mm	6	\$ 18.25	\$ -	\$ 109.50
Pizarra de vidrio 5 mm de espesor, 1.20 x 0.75	1	\$ 65.00	\$ -	\$ 65.00
Marcador para pizarra 4 pack	12	\$ 2.40	\$ -	\$ 28.80
Borrador de pizarra	6	\$ 1.40	\$ -	\$ 8.40
SUBTOTAL				\$ 716.68
LICENCIAS DE SOFTWARE				
Licencia de uso - Software Autodesk	1	\$ 5,775.00	\$ -	\$ 5,775.00
Licencia de uso - Software Office Profesional 2016	2	\$ 539.00	\$ -	\$ 1,078.00
Licencia de uso - Software Office Hogar y Empresas 2016	4	\$ 296.00	\$ -	\$ 1,184.00
SUBTOTAL				\$ 8,037.00
MOBILIARIO DEL ÁREA PRODUCTIVA				
Mueble de computadora	5	\$ 69.90	\$ 1.99	\$ 359.45
Mesa cuadrada de madera para impresora 1.20 x 1.80 x 1.10 m	2	\$ 79.95	\$ 10.00	\$ 179.90
Mesa cuadrada de madera para escáner 1.20 x 1.80 x 1.10 m	1	\$ 79.95	\$ 10.00	\$ 89.95
Silla ejecutiva Home Furniture	1	\$ 189.00	\$ 4.00	\$ 193.00
Silla para oficina Sauder	1	\$ 140.00	\$ 4.00	\$ 144.00
Silla de espera	4	\$ 25.00	\$ 4.00	\$ 116.00
Armario Metálico de puertas batientes	2	\$ 174.34	\$ 22.66	\$ 394.01
Estante Metálico multiusos de 5 paneles	1	\$ 69.95	\$ 10.00	\$ 79.95
SUBTOTAL				\$ 606.85
TOTAL				\$ 39,392.53

Tabla 177 Inversión de maquinaria y equipo de producción

Los costos del equipo de manejo de producto terminado, que tienen como objetivo el almacenamiento de las piezas a escanear y piezas impresas, se han estimado en base de los precios actuales en el mercado.

EQUIPO Y HERRAMIENTAS DE MANEJO DE PRODUCTO TERMINADO				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (\$)	FLETES O IMPUESTOS (\$)	COSTO TOTAL (\$)
Caja Organizadora Plástica 4 Galones	3	\$ 4.50	\$ -	\$ 13.50
Caja Organizadora plástica de 35 cuartos	2	\$ 14.50	\$ -	\$ 29.00
TOTAL				\$ 42.50

Tabla 178 Inversión de equipo y herramientas de manejo de producto terminado

A partir de la información establecida en el diseño de la gestión de riesgos del laboratorio de fabricación digital, contenido en el apartado sistemas de apoyo del presente estudio se estableció el equipo necesario para la prevención y mitigación de accidentes, la inversión perteneciente a este rubro asciende a \$243.39 como se muestra a continuación:

EQUIPO Y MATERIALES DE HIGIENE Y SEGURIDAD				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (\$)	FLETES O IMPUESTOS (\$)	COSTO TOTAL (\$)
EQUIPO PARA HIGIENE Y SEGURIDAD				
Extintor de CO ₂ de 20 lb	1	\$ 50.00	\$ -	\$ 50.00
Extintor ABC de 20 lb	1	\$ 45.00	\$ -	\$ 45.00
SEÑALIZACIÓN E ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA				
Rótulo de señalización de extintor	2	\$ 3.50	\$ -	\$ 7.00
Ruta de evacuación derecha	3	\$ 3.60	\$ -	\$ 10.80
Ruta de evacuación izquierda	2	\$ 3.95	\$ -	\$ 7.90
Prohibido Fumar	1	\$ 2.20	\$ -	\$ 2.20
Identificación Riesgo Eléctrico	1	\$ 3.50	\$ -	\$ 3.50
Advertencia Riesgo de Atrapamiento de manos	2	\$ 3.50	\$ -	\$ 7.00
Advertencia Riesgo Térmico	1	\$ 3.89	\$ -	\$ 3.89
Indicación uso de ropa de seguridad	1	\$ 3.95	\$ -	\$ 3.95
Lámpara de Emergencia	1	\$ 23.50	\$ -	\$ 23.50
Iluminación de Emergencia LED de 2 luces	2	\$ 29.50	\$ -	\$ 59.00
TOTAL				\$ 234.39

Tabla 179 Inversión de equipo y materiales de higiene y seguridad

Mientras que los costos del equipo e instrumentos de limpieza, fueron determinados a partir de los precios actuales de diferentes proveedores.

EQUIPO E INSTRUMENTOS DE LIMPIEZA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (\$)	FLETES O IMPUESTOS (\$)	COSTO TOTAL (\$)
Limpiador de Contactos Secado Rápido 3M (297 gr)	6	\$ 8.35	\$ -	\$ 50.10
Franela para Limpiar Vidrios	12	\$ 3.20	\$ -	\$ 38.40
Aspiradora de 1 Galón Stanley	1	\$ 54.95	\$ -	\$ 54.95
Alcohol 240 ml	12	\$ 2.09	\$ -	\$ 25.08
Escoba	2	\$ 2.90	\$ -	\$ 5.80
Basurero Balancín	4	\$ 6.40	\$ -	\$ 25.60
Desinfectante para piso 4 galones	3	\$ 6.68	\$ -	\$ 20.04
Limpiador de pizarras SABO 240 ml	4	\$ 4.90	\$ -	\$ 19.60
Palo Trapeador	1	\$ 2.73	\$ -	\$ 2.73
Toalla para trapeador tipo galleta	3	\$ 2.64	\$ -	\$ 7.92
TOTAL				\$ 103.50

*Tabla 180 Inversión instrumentos de limpieza
Fuente: Elaboración propia*

La inversión total de maquinaria y equipo asciende a un valor de \$39,730.42 como se presenta en la siguiente tabla:

RUBRO	INVERSIÓN
Maquinaria, equipo, herramientas y software de producción	\$ 39,392.53
Equipo y herramientas de manejo de producto terminado	\$ 42.50
Equipo y materiales de higiene y seguridad	\$ 234.39
Equipo e instrumentos de limpieza	\$ 103.50
TOTAL	\$ 39,772.92

*Tabla 181 Inversión de maquinaria y equipo de producción
Fuente: Elaboración propia*

MOBILIARIO Y EQUIPO DE OFICINA

A partir de las actividades administrativas enlistadas en la etapa de diseño del presente estudio, se realiza la estimación de los costos mobiliario y equipo para su realización, dicha estimación fue calculada a partir de los precios actuales de diferentes proveedores.

MOBILIARIO Y EQUIPO DE OFICINA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (\$)	FLETES O IMPUESTOS (\$)	COSTO TOTAL (\$)
MOBILIARIO DE OFICINA				
Silla de espera	7	\$ 25.00	\$ 4.00	\$ 203.00
Escritorio Ejecutivo de trabajo 1.60 x 0.70 x 0.74 m	1	\$ 374.99	\$ -	\$ 374.99
Mesa de reuniones 1.20 x 1.40 x 0.80 m	1	\$ 449.99	\$ 10.00	\$ 459.99
SUBTOTAL				\$ 1,037.98
EQUIPO E IMPLEMENTOS DE OFICINA				
Impresora multifuncional	1	\$ 289.00	\$ 10.00	\$ 299.00
Resma de papel tamaño carta 75 gr	12	\$ 4.60	\$ -	\$ 55.20
lapicero negro 8 pack	6	\$ 1.30	\$ -	\$ 7.80
lapicero azul 8 pack	6	\$ 1.30	\$ -	\$ 7.80
12 pack lápices no. 2	6	\$ 2.60	\$ -	\$ 15.60
Borrador de lápiz 3 pack	10	\$ 0.65	\$ -	\$ 6.50
Caja de grapas (300 unidades)	6	\$ 1.05	\$ -	\$ 6.30
Engrapadora	2	\$ 15.90	\$ -	\$ 31.80
Caja de grapas (100 unidades)	1	\$ 1.15	\$ -	\$ 1.15
Caja de clips (100 unidades)	1	\$ 0.40	\$ -	\$ 0.40
Folder tamaño carta (Caja 50 unidades)	1	\$ 3.20	\$ -	\$ 3.20
Fastener (caja 100 unidades)	1	\$ 1.15	\$ -	\$ 1.15
Pizarra de vidrio 5 mm de espesor, 1.20 x 0.80	1	\$ 65.00	\$ -	\$ 65.00
Marcador para pizarra 4 pack	12	\$ 2.40	\$ -	\$ 28.80
Borrador de pizarra	6	\$ 1.40	\$ -	\$ 8.40
Oasis para agua fría o caliente Honey Well	1	\$ 170.00	\$ 10.00	\$ 180.00
Agua Pura Garrafón 5 galones	2	\$ 2.40	\$ -	\$ 4.80
SUBTOTAL				\$ 722.90
TOTAL				\$ 1,760.88

Tabla 182 Mobiliario y equipo de oficina
Fuente: Elaboración propia

Es con la información presentada previamente que se realiza la estimación de **la inversión fija tangible** para el proyecto de implementación del laboratorio de fabricación digital que asciende a un monto de **\$46,366.91**.

RUBRO	INVERSIÓN
Maquinaria, equipo, herramientas y software de producción	\$ 39,392.53
Equipo y herramientas de manejo de producto terminado	\$ 42.50
Equipo y materiales de higiene y seguridad	\$ 234.39
Equipo e instrumentos de limpieza	\$ 103.50
TOTAL	\$ 39,772.92

*Tabla 183 Inversión fija tangible del proyecto
Fuente: Elaboración propia*

4.2.1.2. INVERSIÓN FIJA INTANGIBLE

INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS PREVIOS

Este rubro contempla la inversión necesaria para el desarrollo del presente análisis de factibilidad de la implementación del laboratorio, no forma parte de la inversión inicial como tal, sino que es parte de la pre inversión del proyecto que debe de ser recuperada, contempla los gastos relacionados a la evaluación del proyecto desde la evaluación del perfil hasta el inicio de su ejecución. Para la estimación de honorarios para los miembros del equipo analista se empleó el factor de \$12 por hora de trabajo, dato tomado de los criterios de estimación de costos del programa de Servicio Social Estudiantil de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

INVERSIÓN EN INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS PREVIOS					
ETAP A	RUBRO	RECURSO	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (\$)	COSTO TOTAL (\$)
ANTEPROYECTO	ASESORÍAS	Honorarios equipo de trabajo (Hora de trabajo dedicadas)	1.5	\$ 12.00	\$ 54.00
		Viáticos individuales	3	\$ 2.00	\$ 6.00
	HONORARIOS EQUIPO DE TRABAJO	Honorarios equipo de trabajo (Hora de trabajo dedicadas)	3	\$ 12.00	\$ 108.00
		Viáticos individuales	3	\$ 8.00	\$ 24.00

	PAPELERÍA	Ploteo de planos	0	\$ -	\$ -	
		Impresiones (impresiones + anillado)	3	\$ 1.00	\$ 3.00	
	RECURSOS	Energía eléctrica	1	\$ 20.00	\$ 20.00	
		Teléfono	1	\$ 20.00	\$ 20.00	
		Combustible	1	\$ 10.00	\$ 10.00	
SUBTOTAL ETAPA				\$ 245.00		
ANTEPROYECTO	ASESORÍAS	Honorarios equipo de trabajo (Hora de trabajo dedicadas)	4.5	\$ 12.00	\$ 162.00	
		Viáticos individuales	3	\$ 6.00	\$ 18.00	
	HONORARIOS EQUIPO DE TRABAJO	Honorarios equipo de trabajo (Hora de trabajo dedicadas)	20	\$ 12.00	\$ 720.00	
		Viáticos individuales	3	\$ 15.00	\$ 45.00	
	PAPELERÍA	Ploteo de planos	0	\$ -	\$ -	
		Impresiones (impresiones + anillado)	3	\$ 6.00	\$ 18.00	
	VISITAS TÉCNICAS / ENTREVISTAS	Honorarios equipo de trabajo (Hora de trabajo dedicadas)	2	\$ 12.00	\$ 72.00	
		Depreciación de vehículo grupo analista	1	\$ 4.00	\$ 4.00	
		Viáticos individuales	3	\$ 2.00	\$ 6.00	
		Gastos varios (Refrigerio a entrevistado, estacionamiento, etc.)	1	\$ 5.00	\$ 5.00	
	DEFENSA	Viáticos individuales	3	\$ 2.00	\$ 6.00	
		Ornato y decoración (mantelería, arreglos florales, etc.)	3	\$ 5.00	\$ 15.00	
		Refrigerio	3	\$ 15.00	\$ 45.00	
		Prototipo(s)	3	\$ 5.00	\$ 15.00	
		Imprevistos	3	\$ 5.00	\$ 15.00	
	RECURSOS	Energía eléctrica	1	\$ 20.00	\$ 20.00	
		Teléfono	1	\$ 20.00	\$ 20.00	
		Combustible	1	\$ 15.00	\$ 15.00	
	SUBTOTAL ETAPA				\$ 1,201.00	
	DIAGNÓSTICO	ASESORÍAS	Honorarios equipo de trabajo (Hora de trabajo dedicadas)	16.5	\$ 12.00	\$ 594.00
Viáticos individuales			3	\$ 22.00	\$ 66.00	

	HONORARIOS EQUIPO DE TRABAJO	Hora de trabajo dedicadas	80	\$ 12.00	\$ 2,880.00	
		Viáticos individuales	3	\$ 20.00	\$ 60.00	
	PAPELERÍA	Ploteo de planos	0	\$ -	\$ -	
		Impresiones (impresiones + anillado)	3	\$ 20.00	\$ 60.00	
	VISITAS TÉCNICAS / ENTREVISTAS	Honorarios equipo de trabajo (Hora de trabajo dedicadas)	2	\$ 3.00	\$ 18.00	
		Depreciación de vehículo grupo analista	10	\$ 10.00	\$ 100.00	
		Viáticos individuales	3	\$ 3.00	\$ 9.00	
		Gastos varios (Refrigerio a entrevistado, estacionamiento, etc.)	1	\$ 12.00	\$ 12.00	
	DEFENSA	Viáticos individuales	3	\$ 2.00	\$ 6.00	
		Ornato y decoración (mantelería, arreglos florales, etc.)	3	\$ 5.00	\$ 15.00	
		Refrigerio	3	\$ 18.00	\$ 54.00	
		Prototipo(s)	3	\$ 4.00	\$ 12.00	
		Imprevistos	3	\$ 3.00	\$ 9.00	
	RECURSOS	Energía eléctrica	1	\$ 20.00	\$ 20.00	
		Teléfono	1	\$ 20.00	\$ 20.00	
		Combustible	1	\$ 15.00	\$ 15.00	
	SUBTOTAL ETAPA				\$ 3,950.00	
	DISEÑO	ASESORÍAS	Honorarios equipo de trabajo (Hora de trabajo dedicadas)	9	\$ 12.00	\$ 324.00
			Viáticos individuales	6	\$ 12.00	\$ 72.00
		HONORARIOS EQUIPO DE TRABAJO	Hora de trabajo dedicadas	80	\$ 12.00	\$ 2,880.00
Viáticos individuales			4	\$ 25.00	\$ 100.00	
PAPELERÍA		Ploteo de planos	3	\$ 6.00	\$ 18.00	
		Impresiones (impresiones + anillado)	3	\$ 21.50	\$ 64.50	
VISITAS TÉCNICAS / ENTREVISTAS		Honorarios equipo de trabajo (Hora de trabajo dedicadas)	3	\$ 4.00	\$ 12.00	
		Depreciación de vehículo grupo analista	2	\$ 10.00	\$ 20.00	
		Viáticos individuales	3	\$ 15.00	\$ 45.00	
		Gastos varios (Refrigerio a	1	\$ 10.00	\$ 10.00	

		entrevistado, estacionamiento, etc.)			
	DEFENSA	Viáticos individuales	3	\$ 2.00	\$ 6.00
		Ornato y decoración (mantelería, arreglos florales, etc.)	3	\$ 5.00	\$ 15.00
		Refrigerio	3	\$ 20.00	\$ 60.00
		Prototipo(s)	0	\$ -	\$ -
		Imprevistos	3	\$ 3.00	\$ 9.00
	RECURSOS	Energía eléctrica	1	\$ 20.00	\$ 20.00
		Teléfono	1	\$ 20.00	\$ 20.00
		Combustible	1	\$ 15.00	\$ 15.00
	SUBTOTAL ETAPA				\$ 3,690.50
EVALUACIONES	ASESORÍAS	Honorarios equipo de trabajo (Hora de trabajo dedicadas)	9	\$ 12.00	\$ 324.00
		Viáticos individuales	6	\$ 12.00	\$ 72.00
	HONORARIOS EQUIPO DE TRABAJO	Hora de trabajo dedicadas	60	\$ 12.00	\$ 2,160.00
		Viáticos individuales	3	\$ 20.00	\$ 60.00
	PAPELERÍA	Ploteo de planos	3	\$ 6.00	\$ 18.00
		Impresiones (impresiones + anillado)	3	\$ 21.50	\$ 64.50
	VISITAS TÉCNICAS / ENTREVISTAS	Honorarios equipo de trabajo (Hora de trabajo dedicadas)	1	\$ 12.00	\$ 12.00
		Depreciación de vehículo grupo analista	0	\$ 10.00	\$ -
		Gastos varios (Refrigerio a entrevistado, estacionamiento, etc.)	0	\$ 10.00	\$ -
	DEFENSA	Viáticos individuales	3	\$ 2.00	\$ 6.00
		Ornato y decoración (mantelería, arreglos florales, etc.)	3	\$ 8.00	\$ 24.00
		Refrigerio	3	\$ 20.00	\$ 60.00
		Prototipo(s)	0	\$ -	\$ -
		Imprevistos	3	\$ 3.00	\$ 9.00
	RECURSOS	Energía eléctrica	1	\$ 20.00	\$ 20.00
		Teléfono	1	\$ 20.00	\$ 20.00
		Combustible	1	\$ 15.00	\$ 15.00
		SUBTOTAL ETAPA			
TOTAL INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS PREVIOS					\$11,963.00

Tabla 184 Inversión en investigación y estudios previos
Fuente: Elaboración propia

GASTOS DE ORGANIZACIÓN LEGAL

En el proyecto no es considerada la inversión necesaria para el trámite que permita el reconocimiento de los servicios que ofertará el laboratorio de fabricación digital como un Proyecto Académico Especial⁷⁹, debido a que es un trámite interno y por lo tanto no es necesario realizar una inversión para obtener la aprobación de Consejo Superior Universitario, el desarrollo de los costos relacionados al pago de salarios del personal a cargo del desarrollo de estos procesos se incluye como parte de la administración de la implementación del proyecto.

ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO

Esta inversión está asociada con las actividades que se llevan a cabo para la implementación del proyecto; incluye la inversión necesaria para el desarrollo los paquetes de trabajo que conforman el proyecto y el personal para para lograr su exitosa ejecución hasta su implantación, como se especifica en la etapa de administración del proyecto.

ADMINISTRACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL LABORATORIO				
DESCRIPCIÓN	PERSONAL REQUERIDO	SALARIO	DURACIÓN (MESES)	INVERSIÓN TOTAL
ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO				
Administrador del proyecto	1	\$ 1,300.00	3	\$ 3,900.00
SUBTOTAL				\$ 3,900.00
ENTREGABLES				
Gestión específica del financiamiento				\$ 800.00
Gestión de cobranzas				\$ 350.00
Implementación				\$ 200.00
SUBTOTAL				\$ 1,350.00
TOTAL				\$ 5,250.00

Tabla 185 Inversión de la administración del proyecto

Fuente: Elaboración propia

⁷⁹ El proceso de reconocimiento de un proyecto académico especial por parte de Junta Directiva permite obtener la ratificación de la programación de actividades del proyecto y su pliego tarifario, además de la de captación de los fondos generados por la venta de dichos servicios en la cuenta bancaria destinada a los proyectos Académicos Especiales.

PUESTA EN MARCHA DEL PROYECTO

Para el presente proyecto no se considera la inversión de su puesta en marcha, debido a que ya está incluida en los paquetes de trabajo contenidas en el rubro de administración de proyecto.

IMPREVISTOS

Para la realización del proyecto se ha estimado un monto del 5% de la inversión total del proyecto destinada a imprevistos que puedan desviar su implementación del planeamiento realizado.

La inversión fija intangible necesaria para la implementación del laboratorio de fabricación digital asciende a \$66,758.91 dólares, el detalle de la misma se presenta a continuación:

INVERSIÓN FIJA DEL PROYECTO DE IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO DE FABRICACIÓN DIGITAL EN LA EII DE LA FIA UES		
RUBRO	MONTO DE LA INVERSIÓN	MONTO TOTAL
Inversión Fija Tangible		
Obra civil	\$ 4,875.61	\$ 46,366.91
Maquinaria y equipo de producción	\$ 39,730.42	
Maquinaria y equipo de oficina	\$ 1,760.88	
Inversión Fija Intangible		
Investigación y estudios previos	\$ 11,963.00	\$ 17,213.00
Gastos de organización legal	\$ -	
Administración del proyecto	\$ 5,250.00	
Imprevistos		
Imprevistos del proyecto (5%)	\$ 3,179.00	\$ 3,179.00
TOTAL INVERSIÓN FIJA DEL PROYECTO		\$ 66,758.91

*Tabla 186 Inversión Fija Intangible del proyecto
Fuente: Elaboración propia*

A partir del desglose de la inversión tangible e intangible se obtiene la **inversión fija total necesaria para la implementación del laboratorio de fabricación digital en la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador**, con un monto que asciende a **66,758.91 dólares**, como se presentada en la tabla 187.

INVERSIÓN FIJA DEL PROYECTO DE IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO DE FABRICACIÓN DIGITAL EN LA EII DE LA FIA UES		
RUBRO	MONTO DE LA INVERSIÓN	MONTO TOTAL
Inversión Fija Tangible		
Obra civil	\$ 4,875.61	\$ 46,366.91
Maquinaria y equipo de producción	\$ 39,730.42	
Maquinaria y equipo de oficina	\$ 1,760.88	
Inversión Fija Intangible		
Investigación y estudios previos	\$ 11,963.00	\$ 17,213.00
Gastos de organización legal	\$ -	
Administración del proyecto	\$ 5,250.00	
Imprevistos		
Imprevistos del proyecto (5%)	\$ 3,179.00	\$ 3,179.00
TOTAL INVERSIÓN FIJA DEL PROYECTO		\$ 66,758.91

Tabla 187 Inversión total del proyecto

Fuente: Elaboración propia

4.2.2. CAPITAL DE TRABAJO

Como se mencionó con anterioridad, el capital de trabajo es el recurso económico destinado para el funcionamiento inicial y permanente del negocio, que cubre el desfase natural entre el flujo de ingresos y egresos. Es decir, cubre el periodo desde la compra de materia prima, ingredientes y suministros hasta que se recibe el pago, generando ingresos para el laboratorio que permitan solventar los gastos generados por su implementación.

La estimación del capital puede realizarse siguiendo dos enfoques:

1. Ciclo económico: El cálculo del capital de trabajo se realiza en base al periodo de tiempo en el que se brinda el servicio, hasta obtener ingresos que cubran la inversión realizada para su desarrollo.
2. Rubros del proyecto: Se refiere al cálculo del capital en base de las diferentes áreas que lo componen.

Debido a que cada proyecto a desarrollar dentro del laboratorio posee requerimientos específicos que generarán un periodo único de tiempo para su desarrollo, se vuelve difícil establecer un ciclo económico promedio para dichos procesos, por lo que la estimación del capital de trabajo se realizará en función de los rubros del proyecto.

Para realizar el cálculo del monto al cual asciende el capital de trabajo se deben considerar los siguientes aspectos: política de inventario de producto terminado, política de inventario de materia prima, política de crédito para los clientes, política de salarios (periodo de cancelación de los mismos).

A continuación, se presentan la clasificación del capital de trabajo que se presentan en el desarrollo del proyecto:



Esquema 83 Clasificación de capital de trabajo de un proyecto

Es necesario considerar algunos aspectos, previo al cálculo del capital de trabajo para el laboratorio:

1. No se trabajará con una política de inventario de producto terminado, debido a que cada proyecto a realizar es único a partir de las especificaciones establecidas por el cliente.
2. La política de inventario de materia prima será de 6 meses, esto con el objetivo de cubrir la demanda de materiales para el desarrollo del ciclo de estudios posterior mientras se realiza el proceso de compras dentro de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.
3. No existe política de créditos a los clientes del laboratorio.
4. El abastecimiento de materias primas e insumos se realizará según el proceso de compras y adquisiciones de la Facultad, por lo que no es otorgado crédito.
5. El pago de salarios se realiza mensualmente.

4.2.2.1. INVENTARIO DE MATERIA PRIMA Y MATERIALES DIRECTOS

El rubro se refiere a la cantidad de dinero necesaria para la adquisición de materias primas e insumos necesarios para el primer mes de operación del laboratorio de fabricación digital, según se especificó en la etapa de diseño del presente estudio.

INVENTARIO DE MATERIA PRIMA

La estimación de la cantidad de materia prima necesaria para el primer mes de operaciones se realizó a partir de la información recolectada en el apartado de cálculo de la demanda de materias primas para el desarrollo de los servicios del laboratorio, en la etapa de diseño del presente estudio; considerando que los laboratorios sugeridos por materia se distribuyen de forma periódica a lo largo de todo el ciclo de estudios, obteniendo los siguientes resultados:

INVENTARIO DE MATERIA PRIMA					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO UNITARIO (\$)	FLETES O IMPUESTOS (\$)	CANTIDAD PARA PRIMER MES	COSTO TOTAL (\$)
Filamento ABS	Rollo 1 Kg	\$ 95.00	\$ -	3	\$ 259.97
Filamento PLA	Rollo 1 Kg	\$ 95.00	\$ -	3	\$ 259.97
SUBTOTAL					\$ 519.95

*Tabla 188 Inventario de materia prima para el primer mes de trabajo
Fuente: Elaboración propia*

MATERIALES DIRECTOS

A este rubro pertenecen todos aquellos materiales que se adicionan a la materia prima en el proceso de modificación de la pieza, agregándole valor; en el caso del laboratorio, los materiales directos son empleados para darle acabados a la pieza y para realizar ensamble de partes para crear piezas de mayor tamaño, según lo solicite el cliente.

MATERIALES DIRECTOS					
MATERIA PRIMA	UNIDAD	COSTO UNITARIO (\$)	FLETES O IMPUESTOS (\$)	CANTIDAD PARA PRIMER MES	COSTO TOTAL (\$)
Thinner (Galón)	Rollo 1 Kg	\$ 5.70	\$ -	1	\$ 5.70
Papel Toalla 80 hojas (3 pack)	Rollo 1 Kg	\$ 1.99	\$ -	1	\$ 1.99
Pegamento Poxipol Transparente (dos componentes)	Tubo 14 ml	\$ 2.30	\$ -	1	\$ 2.30
Pegamento Poxilina	Tubo 155 ml	\$ 6.55	\$ -	1	\$ 6.55
Baja lenguas	Paquete 100 unidades	\$ 7.75	\$ -	1	\$ 775
SUBTOTAL					\$ 24.29

Tabla 189 Monto de los materiales directos para el primer mes de trabajo

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.2. EFECTIVO

PAGO DE SALARIOS

MANO DE OBRA DIRECTA

El pago de salarios se hará mensualmente los últimos días del mes y el empleado gozará de todas las prestaciones que la Ley exige (Vacaciones, aguinaldo, ISSS, AFP e INSAFORP).

El cálculo del salario para los empleados durante el primer mes de operación se realizará según la ecuación:

$$\text{Salario mensual} = \sum \text{Número de empleados} * (\text{salario mensual} + \text{cuotas patronales})$$

Ecuación 18 Cálculo del monto de mano de obra mensual

Donde,

Salario mensual: Salario a pagar por empleado.

Cuota patronal: compuesto por las aportaciones sobre el salario del trabajador realizadas por la universidad al Instituto Salvadoreño del Seguro Social, AFP e INSAFORP, con porcentajes 7.5%, 6.75% y % de según lo establece el código de trabajo.

PAGO DE SALARIOS						
PUESTO	NO. DE EMPLEADOS	SALARIO MENSUAL (\$)	CUOTA PATRONAL		INSAFORP (1%)	COSTO DE MOD MENSUAL
			ISSS (7.5%)	AFP (6.75%)		
Director Técnico del Laboratorio de Fabricación Digital	1	\$ 1,300.00	\$ 97.50	\$ 87.75	\$ 1.30	\$ 1,486.55
TOTAL						\$ 1,486.55

Tabla 190 Pago de salarios mensual
Fuente: Elaboración propia

MANO DE OBRA INDIRECTA

Este monto comprende los salarios del personal que trabajan en el área de producción pero no directamente en el proceso productivo; en el caso del laboratorio de fabricación digital, estas actividades serán desempeñadas por el auxiliar técnico que será designado a través del programa de Servicio Social Estudiantil, como se estableció en la etapa de diseño, por lo que no será necesario el dpago de salarios para este rubro.

PERSONAL ADMINISTRATIVO

Las actividades administrativas del laboratorio forman parte de las asignaciones del director técnico del mismo, por lo que no es necesario la contratación de personal específico para esta área.

4.2.2.3. SUMINISTROS DE LABORATORIO

Este rubro incluye todos los suministros necesarios para el correcto funcionamiento del laboratorio de fabricación digital. A continuación, se muestran los montos requeridos para el primer mes de funcionamiento.

ENERGÍA ELÉCTRICA

La energía eléctrica es uno de los insumos clave para el desarrollo de las actividades del laboratrio de fabricación digital, a partir de los datos obtenidos del apartado cálculo del circuito de alumbrado y fuerza, se realiza el cálculo del consumo mensual de energía electrica taanto de la maquinaria y equipo del laboratorio de fabricación digital como de , estimando un tiempo

de trabajo de 8 horas al día y 19 días al mes, obteniendo los resultados presentados en la siguiente tabla:

No.	MAQUINARIA	CANTIDAD	POTENCIA (WATTS)	POTENCIA (KW)	HORAS DE TRABAJO AL DÍA	HORAS DE TRABAJO AL MES	ELECTRICIDAD MENSUAL CONSUMIDA (kWh/Mes)
MAQUINARIA DE PRODUCCIÓN							
1	LulzBot Mini 3D Printer	1	200	0.20	3	57	11.40
2	LulzBot Taz 6	2	218	0.22	6	114	49.70
3	Tablet 7"	3	---	0.03	3	57	5.13
4	Escáner 3D Ciclop	3	18	0.02	4	76	4.10
5	PC Clon Core i7	6	300	0.30	4	76	136.80
6	Impresora multifuncional	1	271	0.27	2	38	10.30
CONSUMO DE ENERGÍA							217.44
EQUIPO DE OFICINA							
1	Sistema de aire acondicionado	1	1500	1.50	8	152	228.00
2	Teléfono	1	10	0.01	8	152	1.52
3	Oasis para agua fría o caliente Honey Well	1	78	0.08	8	152	11.86
CONSUMO DE ENERGÍA							241.38
CONSUMO TOTAL DE ENERGÍA							458.81

Tabla 191 Consumo mensual de energía de la maquinaria y equipo del laboratorio de fabricación digital
Fuente: Elaboración propia

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	POTENCIA (WATTS)	POTENCIA (KW)	HORAS DE TRABAJO AL DÍA	HORAS DE TRABAJO AL MES	ELECTRICIDAD MENSUAL CONSUMIDA (kWh/Mes)
Carga total del sistema de alumbrado	1	1200	1.20	8	152	182.40
CONSUMO TOTAL DE ENERGÍA						182.40

Tabla 192 Consumo de energía para el alumbrado del laboratorio de fabricación digital
Fuente: Elaboración propia

Con los datos anteriores se realiza un cálculo del consumo total de energía eléctrica al mes, agregando un 20% de carga adicional para cubrir aumentos en el consumo de energía eléctrica debido a reprocesos o a implementación de maquinaria extra para dar acabados a las piezas.

ÁREA	CONSUMO (kWh/mes)
Maquinaria de producción	217.44
Equipo de oficina	241.38
Iluminación	182.40
Carga adicional (20%)	128.24
CONSUMO TOTAL DE ENERGÍA LFD	769.45

Tabla 193 Consumo mensual de energía eléctrica para el laboratorio de fabricación digital

A partir de los datos obtenidos y con los datos de los cargos por suministro de energía establecidos en el pliego tarifario de CAESS, vigente desde el 2016; se realiza el cálculo del cargo mensual promedio de energía eléctrica, cuyo monto asciende a \$108.71⁸⁰.

CONSUMO MENSUAL ESTIMADO (kWh/mes)	CARGO DE COMERCIALIZACIÓN
769.45	\$ 0.125030

Tabla 194 Cargo por suministro de energía
Fuente: WWW.CAESS.COM

CONSUMO MENSUAL ESTIMADO (kWh/mes)	CARGO DE COMERCIALIZACIÓN	MONTO CONSUMO ENERGÍA ELÉCTRICA MENSUAL	IVA (13%)	MONTO TOTAL ENERGÍA ELÉCTRICA AL MES
769.45	\$ 96.20	\$ 96.20	\$ 12.51	\$ 108.71

Tabla 195 Monto por consumo de energía al mes para el LFD

AGUA POTABLE

El servicio es proporcionado por la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA) la cual establece el pliego tarifario para el servicio de agua potable y alcantarillado. Este un suministro utilizado en menor proporción, destinado principalmente a actividades de limpieza y al uso personal de usuarios y trabajadores del laboratorio, por lo que se estima un consumo mensual de 19 m³ para dichas actividades.

CONSUMO DIARIO ESTIMADO (m ³)	CONSUMO MENSUAL ESTIMADO (m ³)	TARIFA DE ACUEDUCTO (\$/m ³)	TARIFA DE ALCANTARILLADO (\$)
1.00	19.00	\$ 0.90	\$ 5.00

Tabla 196 Consumo estimado de agua y tarifa de alcantarillado
Fuente: WWW.ANDA.COM

⁸⁰ El cálculo del monto de energía eléctrica mensual se realizó tomando en cuenta los precios para suministro eléctrico en horario resto (05:00 a las 17:59), según lo especifica el proveedor en el documento de pliego tarifario.

El cálculo de la factura mensual de agua se realiza empleando la siguiente ecuación:

$$\text{Tarifa mensual} = (\text{consumo de agua} * \text{tarifa de acueducto}) + \text{tarifa alcantarillado}$$

Ecuación 19 Cálculo del consumo de agua potable

CONSUMO MENSUAL ESTIMADO (m ³)	TARIFA MENSUAL DE ACUEDUCTO (\$/m ³)	TARIFA MENSUAL DE ALCANTARILLADO (\$)	TARIFA MENSUAL TOTAL
19.00	\$ 17.10	\$ 5.00	\$ 22.10

Ecuación 20 Monto de la factura mensual de agua para el laboratorio de fabricación digital

Fuente: Elaboración propia

TELÉFONO E INTERNET

Estos servicios no son incluidos en el análisis debido a que su uso es mínimo para las actividades del laboratorio y por lo tanto el aporte que generan al monto total facturado para la Universidad no es representativo.

INSUMOS ÁREA ADMINISTRATIVA

Este rubro se refiere a todos los materiales necesarios para el desarrollo de las actividades administrativas en el laboratorio, cuyos montos se detallan a continuación:

INSUMOS PARA EL ÁREA ADMINISTRATIVA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD MENSUAL	COSTO UNITARIO (\$)	FLETES O IMPUESTOS (\$)	COSTO TOTAL (\$)
Cartucho de tinta B/N	1	\$ 46.90	\$ -	\$ 46.90
Cartucho de tinta color	1	\$ 48.90	\$ -	\$ 48.90
Resma de papel tamaño carta 75 gr	1	\$ 4.60	\$ -	\$ 4.60
Lapicero negro 8 pack	1	\$ 1.30	\$ -	\$ 1.30
Lapicero azul 8 pack	1	\$ 1.30	\$ -	\$ 1.30
12 pack lápices no. 2	1	\$ 2.60	\$ -	\$ 2.60
Borrador de lápiz 3 pack	1	\$ 0.65	\$ -	\$ 0.65
Caja de grapas (100 unidades)	1	\$ 1.15	\$ -	\$ 1.15
Caja de clips (100 unidades)	1	\$ 0.40	\$ -	\$ 0.40
Folder tamaño carta (Caja 50 unidades)	1	\$ 3.20	\$ -	\$ 3.20
Fastener (caja 100 unidades)	1	\$ 1.15	\$ -	\$ 1.15
TOTAL				\$ 112.15

Tabla 197 Insumos para el área administrativa

PUBLICIDAD Y PROMOCIÓN

Este rubro se vuelve fundamental para el del laboratorio de fabricación digital posicionamiento en el mercado consumidor, sin embargo, debido a que los servicios serán ofertados a empresas de manufactura hasta el inicio del año 3, no son considerados en el presente análisis. Con los montos de los rubros previamente detallados se procede realizar el cálculo del monto total del efectivo requerido para el primer mes de operaciones del laboratorio, que asciende a \$1,711.50 dólares, mostrado a continuación:

RUBRO	MONTO
Salarios	\$ 1,486.55
Suministros	\$ 112.80
Insumos administrativos	\$ 112.15
Publicidad y promoción	\$ -
TOTAL EFECTIVO	\$ 1,711.50

*Tabla 198 Total de efectivo para el capital de trabajo
Fuente: Elaboración propia*

A continuación se presenta el resumen de los rubros que componen el capital de trabajo y se determina el capital total requerido para el primer mes de operaciones del Laboratorio de Fabricación Digital que registra un monto de \$2,368.53 dólares.

RUBRO	MONTO	
(+) Inventario de Materia prima, Materiales Directos e Indirectos		
Inventario de Materia prima	\$ 519.95	\$ 544.24
Insumos Directos	\$ 24.29	
Insumos Indirectos	\$ -	
(+) Inventario de Producto Terminado	\$ -	\$ -
(+) Efectivo (Caja/Banco)		
Salarios	\$ 1,486.55	\$ 1,711.50
Suministros para el laboratorio	\$ 112.80	
Insumos administrativos	\$ 112.15	
Publicidad y Promoción	\$ -	
(+) Cuentas por Cobrar	\$ -	\$ -
(-) Cuenta por pagar	\$ -	\$ -
(=) SUBTOTAL		\$ 2,255.74
(+) Imprevistos (5%)		\$ 112.79
(=) CAPITAL DE TRABAJO		\$ 2,368.53

Tabla 199 Capital de trabajo del Laboratorio de Fabricación digital

4.2.3.RESUMEN DE LA INVERSIÓN FIJA TOTAL DEL LABORATORIO DE FABRICACIÓN DIGITAL

La inversión total para el proyecto se detalla a continuación:

INVERSIÓN PARA EL LABORATORIO DE FABRICACIÓN DIGITAL DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR				
INVERSIÓN		RUBRO	MONTO DE LA INVERSIÓN	SUB TOTAL
INVERSIÓN FIJA	INVERSIÓN FIJA TANGIBLE	Obra civil	\$ 4,875.61	\$ 46,366.91
		Maquinaria y equipo de producción	\$ 39,730.42	
		Maquinaria y equipo de oficina	\$ 1,760.88	
	INVERSIÓN FIJA INTANGIBLE	Investigación y estudios previos	\$ 11,963.00	\$ 20,392.00
		Gastos de organización legal	\$ -	
		Administración del proyecto	\$ 5,250.00	
		Imprevistos del proyecto (5%)	\$ 3,179.00	
CAPITAL DE TRABAJO	Inventario de Materia prima, Materiales Directos e Indirectos	\$ 544.24	\$ 2,368.53	
	Inventario de Producto Terminado	\$ -		
	Efectivo (Caja/Banco)	\$ 1,711.50		
	Cuentas por Cobrar	\$ -		
	Cuenta por pagar	\$ -		
	Imprevistos (5%)	\$ 112.79		
INVERSIÓN TOTAL DEL PROYECTO			\$ 69,127.43	

*Tabla 200 Inversión para la implementación del laboratorio de fabricación digital
Fuente: Elaboración propia*

4.3. FINANCIAMIENTO DEL PROYECTO

El Laboratorio de Fabricación Digital presenta características en su mayoría de proyección académica; en el marco de la implementación del plan de estudios de 2017 y el nacimiento de la modalidad de Educación a Distancia-Universidad en línea, para la instalación y funcionamiento de este, es necesario el apoyo de la Universidad de El Salvador; así como la posibilidad de otras entidades cooperantes, ajenas a la universidad, que promuevan el desarrollo académico, técnico, social y de calidad en pro del desarrollo del país.

4.3.1. FUENTES DE FINANCIAMIENTO

Luego de definir el diseño del laboratorio de fabricación digital, es necesario plasmar y definir aquellas fuentes de financiamiento para la implantación del proyecto; que deriva en la descripción del proceso de gestión de financiamiento, por lo general, éste tipo de procedimiento genera la realización de estudios previos, acuerdos y planes de inversión para que los interesados cuenten con un capital inicial para establecer el porcentaje de contribución.

La entidad principal para el financiamiento es el Alma Máter, que según el diseño realizado para el Laboratorio de Fabricación Digital será participe del total de la inversión y en el seguimiento de este. Sin embargo, no se descarta en un futuro que el Laboratorio de Fabricación Digital se vea en la necesidad del apoyo de un ente cooperante para su financiamiento.

La inversión necesaria para la implementación del Laboratorio de Fabricación Digital por parte del Alma Mater asciende a los \$69,127.43 incluyendo la inversión fija y el capital de trabajo necesario para la implementación del proyecto.

OTRAS POSIBILIDADES DE FINANCIAMIENTO

El Laboratorio de Fabricación Digital a un mediano o largo plazo podría prescindir de la ayuda de un ente cooperante en vísperas de implementación o de ampliación de dicho laboratorio, es por ello que a continuación se exponen proyectos de la Universidad de El Salvador que ya han sido financiados por un ente cooperante internacional; proyectos que han sido reconocidos recientemente en la jornada “ La cooperación internacional para el desarrollo universitario”, impulsada por la Secretaría de Relaciones Nacionales e Internacionales de la UES. (UES, Secretaría de Comunicaciones, 2016):

1. “Fortalecimiento del Liderazgo Femenino de las Instituciones de la Educación Superior y la Sociedad, EQUALITY”, del Centro de Estudios de Género. Iniciativa impulsada con la ayuda del Proyecto Alfa III, de Europa y el Tecnológico de Costa Rica (ITCR).
2. “Gestión y Capacitación en la Prevención de Riesgos y Desastres en Facultad Multidisciplinaria Oriental”, En este caso, se contó con la ayuda del Consejo Superior Universitario de Centroamérica (CSUCA) y la cooperación suiza.
3. 550 mil dólares fueron proporcionados por la Agencia de Cooperación Internacional de Corea (KOICA) para el proyecto “Desarrollo de las capacidades técnicas en la producción de semilla de papa (*Solanum tuberosum*) libre de virus y mejora del sistema de extensión para los agricultores en El Salvador”, expuesta por Ing. Agr. Balmore Martínez, de la Facultad de Ciencias Agronómicas.
4. Con ayuda del Chi Mei Medical Center de Taiwan se logró establecer la “Unidad de Investigación Científica de la Facultad de Medicina de la Universidad de El Salvador”, según expuso el director de la entidad, Dr. Rafael Orellana. Además, se presentó el “Proyecto Académico Especial de Salud, Trabajo y Ambiente en América Central”, de la Msc. Sandra Peraza de la Facultad de Química y Farmacia.

La Facultad de Ingeniería Y Arquitectura es la segunda facultad del Alma Máter que más convenios ha promovido. (UES Secretaría de Relaciones Nacionales e Internacionales , 2014).

4.3.2.PROCESO GENERAL PARA SOLICITAR LA AYUDA DE UN ENTE COOPERANTE INTERNACIONAL.

En El Salvador existe un número importante de Agencias de Cooperación Internacional que trabajan a nivel bilateral, multilateral y/o descentralizado, pero que disponen la gestión de sus recursos financieros, materiales, asistencia técnica y otro tipo de ayuda a través del Ministerio de Relaciones Exteriores. De tal manera que cualquier actor o entidad que trabaja en el ámbito local que desee aplicar a estos recursos, deberá realizar su petición a la Oficina de Cooperación Internacional de cualquier Ministerio según sea el sector de interés (Salud, Agricultura, Medio Ambiente, entre otros), ante el FISDL o ante la Secretaría Técnica de la Presidencia (STP), quienes posteriormente trasladan dicha petición a la Dirección General de Cooperación para el Desarrollo del Vice Ministerio de Cooperación para el Desarrollo. Algunas de las agencias de cooperación, que disponen la gestión de la ayuda en coordinación con el Ministerio de Relaciones Exteriores, son:

- A. Cooperación Bilateral Norte-Sur:
 - 1. Agencia de Cooperación Internacional de Corea (KOICA)
 - 2. Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA)
 - 3. Embajada de Taiwán
 - 4. Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID)
- B. Cooperación Horizontal Sur
 - 1. Sur: Agencia Brasileña de Cooperación (ABC)
 - 2. Fondo Argentino de Cooperación Internacional
 - 3. Acción Social de Colombia
 - 4. Agencia Peruana Cooperación Internacional (APCI)
 - 5. Agencia de Cooperación Internacional de Chile (AGCI)
 - 6. Y otros como México, Costa Rica, Ecuador, etc. 13
- C. Cooperación Multilateral:
 - 1. Organización de los Estados Americanos (OEA)
 - 2. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), entre otras.

4.3.3.PROCESO PARA SOLICITAR AYUDA DE UN ENTE COOPERANTE ESTABLECIDO POR EL MINISTERIO DE RELACIONES EXTERIORES DE EL SALVADOR

1. Las distintas instituciones locales y agentes presentes en El Salvador, y que ejecutan proyectos, programas o acciones de desarrollo, podrán solicitar Cooperación Internacional por escrito ante: las Oficinas de Cooperación Internacional (OCI) del ministerio de interés según sea el caso, al FISDL o la misma Secretaría Técnica de la Presidencia, quienes trasladan dicha petición ante la Dirección General de Cooperación para el Desarrollo, del Vice Ministerio de Cooperación para el Desarrollo. Las solicitudes se deben presentar en los formularios respectivos que se han dispuesto, o a través de una nota oficial, y se deben hacer acompañar de los soportes o documentos que acrediten dicha petición, cumpliendo con todos los requisitos que son establecidos previamente por la fuente de cooperación a quién se le solicita el apoyo.

El programa o proyecto que se presente deberá contener la siguiente estructura:

- A. Introducción
 - B. Descripción
 - C. Contexto o situación socioeconómica
 - D. Justificación
 - E. Objetivos
 - F. Resultados
 - G. Plan operativo
 - H. Presupuesto
 - I. Recomendaciones y acciones estratégicas
 - J. Anexos: perfil institucional, estatutos, informes de auditoría, memorias de labores, etc.
-
2. Las solicitudes presentadas son revisadas, analizadas y evaluadas por un equipo multidisciplinario, según el tipo o naturaleza del proyecto presentado. A su vez, puede brindar asistencia técnica necesaria para la formulación y presentación de los proyectos.
 3. Posteriormente, las propuestas de financiamiento son trasladadas por el Ministerio de Relaciones Exteriores, a la Secretaría Técnica de la Presidencia, la cual aprueba preliminarmente la asignación de los recursos de conformidad al Plan Operativo Anual y el Plan Quinquenal de Gobierno.
 4. Una vez aprobadas las propuestas de cooperación, se presentan y gestionan ante la respectiva fuente o agencia cooperante, quienes aprueban o no el financiamiento.
 5. La entidad solicitante recibe la notificación, la cual es inapelable. Al recibir una aprobación con observaciones, la entidad solicitante deberá superar las mismas. Para ello, se puede solicitar asistencia y orientación en la misma Dirección General de Cooperación para el Desarrollo.
 6. Una vez superadas las observaciones o notificados los resultados, se procede a la discusión, análisis, suscripción y ratificación de un instrumento jurídico: convenio.
 7. Al concretar el convenio, se establecen los términos que guiarán el proceso de ejecución, monitoreo y evaluación del proyecto o programa aprobado

Debido al bajo presupuesto de la Universidad de El Salvador, la cooperación internacional ha sido clave para el desarrollo de la investigación y crecimiento universitario; por lo cual la

persona encargada del Laboratorio de Fabricación deberá abocarse a la Secretaría de Relaciones Nacionales e Internacionales de la UES para gestionar posibles fuentes de cooperación nacional e internacional para el crecimiento y madurez del laboratorio.

En conclusión, el Laboratorio de Fabricación Digital será financiado a partir de los fondos generados de la Universidad en Línea de la Universidad de El Salvador; con el objetivo de implementar y formar a la comunidad estudiantil en las tecnologías de fabricación digital, llegando hasta cada una de las sedes de Universidad en Línea, en especial en las sedes con mayor concentración de estudiantes de las Ingenierías; como lo es el caso de la sede de San Salvador.

Es importante señalar que el fin de un proyecto es siempre impactar al mayor número del segmento de población, para el caso de la formación de estudiantes de la carrera de ingeniería industrial, el laboratorio de fabricación digital es un complemento para el fortalecimiento de su proceso educativo; siendo observada la dificultad de hacer llegar una clase o un laboratorio práctico a cada estudiante de la carrera de en modalidad en línea; se determinó el requerimiento de formas de tecnologías que permitan hacer llegar laboratorios prácticos a cada estudiante de ésta modalidad y al mismo tiempo sirviendo de apoyo al proceso formativo en modalidad presencial.

4.4. COSTOS DEL PROYECTO

Los costos son los desembolsos monetarios que se realizarán para llevar a cabo las diferentes actividades del laboratorio, estos costos se clasifican en costos de producción, costos de administración, costos de comercialización y costos financieros. Para poder conocer cuánto cuesta un producto o servicio, es necesario llevar un control de los costos incluidos en el precio de venta, en donde la información deberá clasificarse y ordenarse de tal manera que permita ver todos los rubros y calcular los montos totales. Por lo tanto, para el cálculo de los costos, se desarrolla según el sistema de costos a utilizarse, entendiendo por estructura de costos al conjunto de cuentas, registros y procedimientos diseñados con el objeto de determinar el costo unitario de los artículos, el control de las operaciones que se incurren para llevar a cabo dicha función en la empresa, y proporcionar a la dirección de la misma los elementos para realizar una adecuada toma de decisiones (Alvarado, Santiago, & Santos, 2010).

Algunos de los objetivos de la determinación de costos se presentan a continuación (Alvarado, Santiago, & Santos, 2010):

1. Proporcionar el criterio base para determinación de precios de venta y políticas de comercialización.
2. Servir de herramienta en la toma de decisiones.
3. Permitir la medición de los niveles de eficiencia de las operaciones.
4. Contribuir al planeamiento, gestión y control de las actividades del laboratorio.

4.4.1. CLASIFICACIÓN DE LOS COSTOS

La clasificación de costos se realiza en base los diversos aspectos (Baires, Doñan, & Palacios, 2005):

1. Los elementos incluidos en el costo
2. Las características de producción

4.4.1.1. CLASIFICACIÓN SEGÚN LOS ELEMENTOS INCLUIDOS EN EL COSTO

Según la naturaleza de los elementos involucrados en la estructuración del sistema de costos, es decir los rubros involucrados en la estimación del costo unitario, pueden ser directos o absorbentes (Baires, Doñan, & Palacios, 2005).

COSTEO DIRECTO

El sistema de costos directo atribuye al costo unitario de los productos únicamente los costos que varían con el volumen de producción; es decir que únicamente los costos de materiales directos, mano de obra directa y costos indirectos de fabricación variables son considerados en dicho cálculo. Este sistema presenta el estado de ingresos como un costo del periodo.

COSTEO ABSORBENTE

El costeo por absorción carga a todos los costos a las unidades producidas, excluyendo únicamente a aquellos aplicables a los gastos de venta generales de administración. Por lo tanto, el costo de cada unidad fabricada incluye los costos indirectos de fabricación fijos, además de los materiales directos, la mano de obra directa y los costos indirectos de fabricación variables.

Tanto el costeo absorbente como el costeo directo poseen las mismas limitaciones:

- A. División perfecta entre costos fijos y costos variables
- B. Los costos presentan un comportamiento lineal
- C. El precio de venta, los costos fijos dentro de una escala relevante permanecen constantes.

DIFERENCIAS ENTRE AMBOS MÉTODOS

Baires, Doñan, & Palacios (2005), presentan una serie de diferencias entre los sistemas de costeo, presentados a continuación:

1. Al momento de evaluar inventarios, el costeo absorbente contempla tanto costos fijos como los variables, mientras que el costeo directo sólo contempla costos variables.
2. La forma de presentación de información en el estado de resultados difiere en cada método de costeo.
3. El sistema de costeo directo considera tanto costos fijos de producción como los costos del proyecto, mientras que el costeo absorbente los distribuye entre todas las unidades producidas.
4. El método de costeo absorbente permite que las utilidades sean cambiadas de un periodo a otro con aumentos o disminuciones en los inventarios. Es a partir de esta premisa que se generan diversas situaciones según el método de costeo empleado:

- A. En el costeo variable, la utilidad será mayor si el volumen de ventas supera al volumen de producción.
- B. En el costeo por absorción, la utilidad será mayor si el volumen de ventas es menor que el volumen de producción.
- C. En ambos métodos si el volumen del nivel de ventas es igual al nivel de producción, se perciben utilidades iguales.

VENTAJAS DE LA UTILIZACIÓN DE LOS MÉTODOS DE COSTEO

El costo directo otorga información que facilita la toma de decisiones a corto plazo, al proporcionar datos sobre la situación de equilibrio, análisis de sensibilidad, selección de productos más convenientes a fabricar, etc. Mientras que el costeo absorbente brinda información para la toma de decisiones a largo plazo, como el establecimiento del precio de venta, valuaciones de inventarios, evaluación de la inversión, etc.

4.4.1.2. CLASIFICACIÓN SEGÚN LAS CARACTERÍSTICAS DE PRODUCCIÓN

De acuerdo a las características de producción, los sistemas de costeo pueden ser por órdenes de trabajo o por procesos, como se indica a continuación:

COSTEO POR ÓRDENES DE TRABAJO

Cuando los productos fabricados se fabrican según las especificaciones del cliente que lo solicita y por lo tanto difieren en materiales de fabricación, el sistema de costeo por órdenes es el más apropiado; en este sistema, los costos en los que se incurren en la elaboración de un pedido se asignan únicamente a las unidades fabricadas.

Los elementos básicos del sistema de costeo por órdenes de trabajo son los materiales, mano de obra directa y costos indirectos de fabricación; los cuales se acumulan según los números asignados a las órdenes de trabajo. El costo unitario de cada trabajo se obtiene de dividir las unidades totales del trabajo por el costo total de la orden.

Para que el sistema de costeo por órdenes de trabajo funcione correctamente, se debe identificar de forma física cada orden de trabajo, separando los costos que se relacionan con este. Las requisiciones de material directo y los costos de mano de obra directa se incluyen a

cada orden; los costos indirectos de fabricación por lo general se aplican, con base a una todas de aplicación predeterminado de costos indirectos de fabricación.

COSTEO POR PROCESOS

Su principal característica es la existencia de una producción a gran escala y continua donde no es posible identificar un lote de producción. Este sistema de costeo es un sistema de acumulación de costos por departamento o centro de costos, que establece la forma en la que se asignarán los costos de manufactura durante cada periodo.

Este sistema de costos se encarga de otorgar costos a las unidades que pasan por un área productiva determinada; los costos unitarios de cada departamento son asignados en base a la relación entre los costos incurridos y las unidades producidas durante un periodo.

El sistema de costeo por procesos se caracteriza por la acumulación de costos según los departamentos de la empresa; otra característica que lo define es que el número de unidades terminadas y los costos que estas implican son transferidos al siguiente departamento como inventario de artículos finalizados; cuando estas unidades terminan el proceso del último departamento productivo, los costos totales del periodo se acumulan y pueden ser empleados para la estimación del costo unitario de los artículos terminados. Finalmente, los costos totales y unitarios asignados a cada área productiva se agregan y calculan periódicamente empleando los informes de producción correspondientes a cada departamento.

A partir de la información previa, se concluye que el sistema de costeo por órdenes de trabajo es el más apropiado cuando la fabricación de un producto o lote de productos se realiza según especificaciones de un cliente, mientras que el sistema de costeo por procesos se emplea cuando productos homogéneos se manufacturan de forma masiva y continua.

4.4.2. ESTRUCTURA DE COSTOS A UTILIZAR PARA EL LABORATORIO DE FABRICACIÓN DIGITAL

De acuerdo a los sistemas que se incluyen en el costo, y tomando en cuenta la información detallada en dicho apartado, se empleará el **sistemas de costos por absorción**, bajo el supuesto que el volumen de ventas coincide con el volumen de producción y debido a que este sistema permite la distribución de precios entre todas las unidades producidas, además de facilitar toma de decisiones a largo plazo (Bacca Urbina, 2001).

A partir de las características de producción se seleccionó el **sistema de costos por pedidos** debido a que los productos terminados serán fabricados según los requerimientos expresados por los clientes (Bacca Urbina, 2001), a pesar que los procesos productivos sean similares.

Por lo tanto, para la determinación de costos del laboratorio de fabricación digital se empleará una estructura de costeo mixta, un **sistema de costos absorbente por pedidos**; que consiste en agrupar todos los costos que pueden asignarse al laboratorio según la función que desempeñan, obteniendo los rubros de: costos de producción, costos de administración costos de comercialización y costos financieros; obteniendo un total por categoría para calcular un total general a partir de estos.

Posteriormente se realiza el cálculo del costo unitario de cada servicio, estableciendo un porcentaje de asignación para cada rubro de costos según su injerencia en los procesos a desarrollar en el laboratorio; finalmente, y con la información obtenida del apartado de cálculo de demanda de los servicios de fabricación digital, se realice el estimado de los costos del laboratorio a partir de la estimación de costos variables y costos unitarios.

4.4.3.SISTEMA DE COSTOS APLICADO AL LABORATORIO DE FABRICACIÓN DIGITAL

Según el sistema de costos seleccionado en el modelo, se desarrollará de un sistema de costeo para cada uno de los servicios a ofertar en el laboratorio; debido a que trabajar con un único sistema no reflejaría de forma clara la influencia de cada rubro para cada servicio ofertado, ni de las ganancias percibidas en un periodo de tiempo; el prorrateo de costos se desarrollará posterior a la determinación de los montos totales de cada rubro involucrado en el desarrollo de las actividades del laboratorio de fabricación digital.

4.4.3.1. METODOLOGÍA A EMPLEAR PARA EL ESTABLECIMIENTO DE COSTOS

La metodología a emplear para el cálculo de los costos imputables a cada servicio del laboratorio de fabricación digital se presenta a continuación:

1. Establecimiento del sistema de amortización y depreciación a utilizar.
2. Determinación de los costos imputables a cada servicio en función de los requerimientos de mano de obra, materia prima e insumos que cada uno presenta.

3. Especificación de los criterios de prorrateo de costos para cada servicio.
4. Cálculo del costo total asignado para cada servicio.
5. Fijación de costos unitarios por cada servicio a prestar en el laboratorio.

4.4.3.2. MÉTODO DE DEPRECIACIÓN

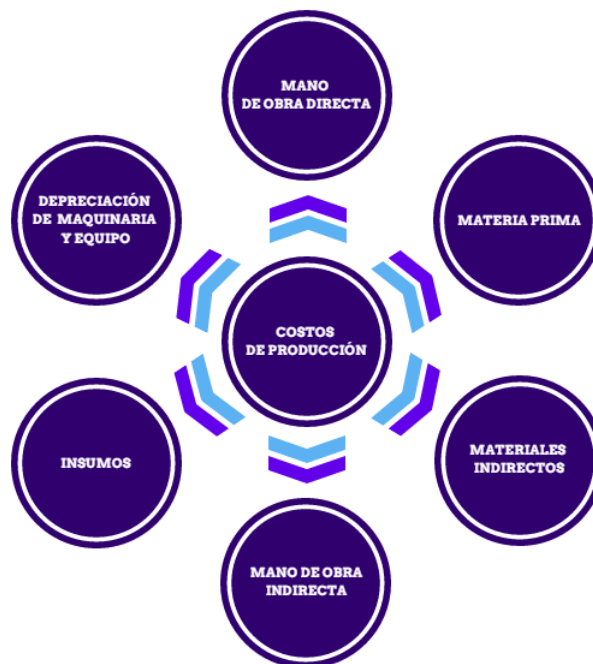
El método de depreciación a emplear será el método de línea recta, que consiste en dividir el valor del activo entre los años de vida útil, empleando la siguiente ecuación:

$$\text{Depreciación} = \frac{\text{Valor del activo} - \text{Valor de recuperación}}{\text{Vida útil}}$$

Este método de depreciación se aplicará sobre las inversiones fijas intangibles, para clasificar la vida útil de cada elemento se empleó la información proporcionada por la tabla de vida útil de los bienes físicos del activo inmovilizado, del servicio de impuestos internos, vigente a partir del 1 de enero de 2003.

4.4.4. COSTOS DE PRODUCCIÓN

Se entiende por costos de producción a los desembolsos de dinero en que se incurre para la prestación de servicios de escaneo, diseño e impresión 3D de productos.



Esquema 84 Composición de los costos de producción

4.4.4.1. MANO DE OBRA DIRECTA

Este representa los sueldos del personal que desarrolla las actividades del laboratorio, en este caso la dirección técnica será el único puesto a considerar en el cálculo de mano de obra directa debido a que sólo este cargo percibirá salario, como se indica en el apartado organización de la etapa de diseño.

En este rubro debe considerarse los pagos de salarios de acuerdo a lo que establece el código de trabajo, se contempla las obligaciones patronales como ISSS, AFP y vacaciones de los empleados según se establece a continuación:

5. ISSS (Instituto Salvadoreño del Seguro Social): el aporte patronal es del 7.5% por cada sueldo hasta un máximo de \$685.71; que sirve para la cobertura del régimen general de salud y riesgos profesionales.
6. AFP: el aporte patronal para la Administradora de Fondo de Pensiones es el 6.75% por cada sueldo hasta un máximo mensual de \$5,354.52.
7. VACACIONES: las vacaciones serán renumeradas con una prestación equivalente al salario ordinario correspondiente al mismo lapso más un 30% del mismo según el código de trabajo en los artículos 184, 185, 186.
8. AGUINALDO: es la prima en concepto de aguinaldo a sus trabajadores que debe de pagar el empleador antes del 20 de diciembre. Para que el trabajador tenga derecho deberá de cumplir un año en la empresa y si no lo tuviese tiene derecho a recibir la parte proporcional del tiempo laborado. Las cantidades deberán ser pagadas según lo siguiente:
 - A. Un trabajador con un año o más y menos de tres años de servicio, el aguinaldo es el equivalente al salario de diez días.
 - B. Un trabajador con tres años o más y menos de diez años de servicio, el aguinaldo es el equivalente al salario de quince días.
 - C. Un trabajador con diez o más años de servicio, el monto del aguinaldo es el equivalente al salario de dieciocho días

Los costos semestrales⁸¹ y anuales de mano de obra directa para el laboratorio de fabricación digital se detallan a continuación:

PAGO DE SALARIOS						
PUESTO	NO. DE EMPLEADOS	SALARIO MENSUAL (\$)	CUOTA PATRONAL		INSAFORP (1%)	COSTO DE MOD MENSUAL
			ISSS (7.5%)	AFP (6.75%)		
Director Técnico del Laboratorio de Fabricación Digital	1	\$ 1,300.00	\$ 97.50	\$ 87.75	\$ 1.30	\$ 1,486.55
TOTAL	1	\$ 1,300.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 1,486.55

Tabla 201 Costo de mano de obra directa para el laboratorio de fabricación digital

Fuente: Elaboración propia

COSTO DE MOD PARA EL LFD AÑO 1			
PUESTO	NO. DE EMPLEADOS	SEMESTRE 1	SEMESTRE 2
Director Técnico del Laboratorio de Fabricación Digital	1	\$ 8,919.30	\$ 9,290.94
TOTAL	1	\$ 8,919.30	\$ 9,290.94

Tabla 202 Costos de mano de obra anual para el laboratorio de fabricación digital (año 1)

Fuente: Elaboración propia

Se conoce de esta forma que el total anual de **costos de mano de obra directa** para el laboratorio de fabricación digital es de **\$18,210.24**.

Los costos de mano de obra directa para un periodo de 10 años se muestran a continuación:

COSTO DE MANO DE OBRA DIRECTA PARA EL LFD (\$)										
AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
TOTAL (\$)	\$18,210.24	\$18,581.88	\$18,581.88	\$18,780.08	\$18,780.08	\$18,780.08	\$18,780.08	\$18,780.08	\$18,780.08	\$18,780.08

Tabla 203 Costos anuales de mano de obra directa, años 1 al 10

Fuente: Elaboración propia

⁸¹ El análisis de costos anuales se realizó de forma semestral debido a la naturaleza de trabajo de la universidad, que organiza sus actividades por ciclos, este criterio de agrupamiento facilita la estimación de costos para el sector estudiantil, al agrupando los montos por rubros según los requerimientos de desarrollo de las cátedras de la carrera de ingeniería industrial.

A partir del segundo año de operaciones, los costos ascienden de \$18,581.88 a \$18,780.08 debido al inicio de prestación de servicios para el sector manufactura.

4.4.4.2. COSTOS DE MATERIA PRIMA

La materia prima son todos aquellos materiales que son transformados para crear piezas de impresión 3D; los costos de materia prima incluyen los materiales que forman parte de los productos terminados, incluyendo sus fletes de compra. El cálculo de dichos costos se realizó con base a los niveles de demanda para el sector estudiantil y empresas de manufactura estimados en el apartado de demanda de servicios de fabricación digital y del cálculo de requerimientos de materia prima desarrollado en la etapa de diseño. Los costos semestrales y anuales de materia prima por ciclo para el laboratorio de fabricación digital se detallan a continuación:

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	DEMANDA SEMESTRE 1 (kg)	DEMANDA SEMESTRE 2 (kg)	COSTO TOTAL		COSTO ANUAL
					SEMESTRE 1	SEMESTRE 2	
Filamento ABS	Rollo 1 Kg	\$ 95.00	7	6	\$ 665.00	\$ 570.00	\$ 1,235.00
Filamento PLA	Rollo 1 Kg	\$ 95.00	6	5	\$ 570.00	\$ 475.00	\$ 1,045.00
TOTAL SEMESTRAL			13	11	\$ 1,235.00	\$ 1,045.00	\$ 2,280.00

Tabla 204 Costo anual de materia prima (año 1)

Fuente: Elaboración propia

Se conoce de esta forma que el total anual de **costos de materia prima** para el laboratorio de fabricación digital asciende a **\$2,280.00**.

COSTO DE MATERIA PRIMA PARA EL LFD POR AÑO										
DESCRIPCIÓN	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
Filamento ABS	\$1,235.00	\$1,235.00	\$1,235.00	\$1,235.00	\$1,235.00	\$1,235.00	\$1,235.00	\$1,235.00	\$1,235.00	\$1,235.00
Filamento PLA	\$1,045.00	\$1,045.00	\$1,045.00	\$1,045.00	\$1,045.00	\$1,045.00	\$1,045.00	\$1,045.00	\$1,045.00	\$1,045.00
TOTAL	\$2,280.00	\$2,280.00	\$2,280.00	\$2,280.00	\$2,280.00	\$2,280.00	\$2,280.00	\$2,280.00	\$2,280.00	\$2,280.00

Tabla 205 Costos anuales de materia prima, años 1 al 10

Fuente: Elaboración propia

4.4.4.3. COSTOS DE MATERIALES DIRECTOS

Los materiales directos son aquellos agregados en el proceso productivo para colaborar con la obtención de las piezas finales sin formar parte directa de las mismas; en este caso, materiales destinados a dar acabado a las piezas de impresión. Al igual que en la estimación

de costos de materia prima, el cálculo de costos de materiales directos se realizó con base a los niveles de demanda para el sector estudiantil y empresas de manufactura estimados en el apartado de demanda de servicios de fabricación digital y del cálculo de requerimientos de materia prima desarrollado en la etapa de diseño. Los costos semestrales y anuales de materiales directos para el laboratorio de fabricación digital se detallan a continuación.

COSTO DE MATERIALES DIRECTOS PARA EL LFD							
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	DEMANDA SEMESTRE (unidades)	DEMANDA SEMESTRE 2 (unidades)	COSTO TOTAL		COSTO ANUAL
					SEMESTRE 1	SEMESTRE 2	
Thinner (Galón)	Rollo 1 Kg	\$ 5.70	4	4	\$ 22.80	\$ 22.80	\$ 45.60
Papel Toalla 80 hojas (3 pack)	Rollo 1 Kg	\$ 1.99	4	4	\$ 7.96	\$ 7.96	\$ 15.92
Pegamento Poxipol Transparente (dos componentes)	Tubo 14 ml	\$ 2.30	4	4	\$ 9.20	\$ 9.20	\$ 18.40
Pegamento Poxilina	Tubo 155 ml	\$ 6.55	4	4	\$ 26.20	\$ 26.20	\$ 52.40
Baja lenguas	Paquete 100 unidades	\$ 7.75	4	4	\$ 31.00	\$ 31.00	\$ 62.00
TOTAL SEMESTRAL			20	20	\$ 97.16	\$ 97.16	\$ 194.32

Tabla 206 Costo anual de materiales directos (año 1)

Fuente: Elaboración propia

Se conoce de esta forma que el total anual de **costos de materiales directos** para el laboratorio de fabricación digital asciende a **\$194.32**, a partir del año 2 se registra un incremento a **\$267.19** de costos debido a la apertura de servicios al segmento de empresas de manufactura.

COSTO DE MATERIALES DIRECTOS PARA EL LFD										
DESCRIPCIÓN	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
Thinner (Galón)	\$ 45.60	\$ 62.70	\$ 62.70	\$ 62.70	\$ 62.70	\$ 62.70	\$ 62.70	\$ 62.70	\$ 62.70	\$ 62.70
Papel Toalla 80 hojas (3 pack)	\$ 15.92	\$ 21.89	\$ 21.89	\$ 21.89	\$ 21.89	\$ 21.89	\$ 21.89	\$ 21.89	\$ 21.89	\$ 21.89
Pegamento Poxipol Transparente (dos componentes)	\$ 18.40	\$ 25.30	\$ 25.30	\$ 25.30	\$ 25.30	\$ 25.30	\$ 25.30	\$ 25.30	\$ 25.30	\$ 25.30
Pegamento Poxilina	\$ 52.40	\$ 72.05	\$ 72.05	\$ 72.05	\$ 72.05	\$ 72.05	\$ 72.05	\$ 72.05	\$ 72.05	\$ 72.05
Thinner (Galón)	\$ 62.00	\$ 85.25	\$ 85.25	\$ 85.25	\$ 85.25	\$ 85.25	\$ 85.25	\$ 85.25	\$ 85.25	\$ 85.25
TOTAL	\$ 194.32	\$ 267.19	\$ 267.19	\$ 267.19	\$ 267.19	\$ 267.19	\$ 267.19	\$ 267.19	\$ 267.19	\$ 267.19

Tabla 207 Costos anuales de materiales directos, años 1 al 10

Fuente: Elaboración propia

4.4.4.4. COSTO DE MATERIALES INDIRECTOS

Para el desarrollo de procesos productivos en el laboratorio de fabricación digital no se requiere el uso de materiales indirectos de fabricación, debido a esto no se incluye este rubro en el análisis de costos de producción.

4.4.4.5. COSTOS DE SUMINISTROS DE PRODUCCIÓN

Este rubro se refiere al consumo de servicios de electricidad y agua potable para las actividades del LFD relacionadas con el proceso productivo.

COSTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

El costo de energía eléctrica es fundamental para las actividades del laboratorio, el primer paso para el cálculo del costo de energía eléctrica es la determinación de la energía mensual que consume cada aparato y equipo en el laboratorio, es decir la potencia de cada elemento, para posteriormente multiplicar este valor por el número de horas de trabajo al día y por el número de días trabajados al año, asumiendo un promedio de 19 días laborales al mes según las políticas sobre los días de trabajo al mes en el laboratorio planteadas en la etapa de diseño, como se muestra a continuación:

No.	MAQUINARIA	CANTIDAD	POTENCIA (WATTS)	POTENCIA (KW)	HORAS DE TRABAJO AL DÍA	HORAS DE TRABAJO AL MES	ELECTRICIDAD MENSUAL CONSUMIDA (KWh/Mes)
MAQUINARIA DE PRODUCCIÓN							
1	LulzBot Mini 3D Printer	1	200	0.20	3	85	17.00
2	LulzBot Taz 6	2	218	0.22	6	142	61.91
3	Tablet 7"	3	---	0.03	3	85	7.65
4	Escáner 3D Ciclop	3	18	0.02	4	104	5.62
5	PC Clon Core i7	6	300	0.30	4	104	187.20
6	Impresora multifuncional	1	271	0.27	2	66	17.89
CONSUMO DE ENERGÍA							297.26
EQUIPO DE OFICINA							
1	Sistema de aire acondicionado	1	1500	1.50	8	152	228.00
2	Teléfono	1	10	0.01	8	152	1.52
3	Oasis para agua fría o caliente Honey Well	1	78	0.08	8	152	11.86
CONSUMO DE ENERGÍA							241.38
CONSUMO TOTAL DE ENERGÍA							538.64

Tabla 208 Consumo mensual de energía eléctrica para maquinaria del laboratorio

Para realizar un cálculo completo del consumo de energía es necesario considerar el consumo del sistema de alumbrado del laboratorio, el procedimiento de cálculo se desarrolla de la misma forma que para el consumo energía de la maquinaria y equipo, generando los siguientes resultados.

No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	POTENCIA (WATTS)	POTENCIA (KW)	HORAS DE TRABAJO AL DÍA	HORAS DE TRABAJO AL MES	ELECTRICIDAD MENSUAL CONSUMIDA (KWh/Mes)
1	Carga total del sistema de alumbrado	1	1200	1.20	8	152	182.40
CONSUMO TOTAL DE ENERGÍA							182.40

Tabla 209 Consumo mensual de energía para alumbrado eléctrico del laboratorio

A partir de los datos obtenidos y empleando tanto empleada en la estimación del consumo de energía, detallada en el apartado de inversiones del proyecto, de los cargos por suministro de energía establecidos en el pliego tarifario de CAESS, vigente desde el 2016; se realiza el cálculo del cargo mensual promedio de energía eléctrica, cuyo monto asciende a \$108.71⁸². Estos cálculos deben de realizarse tanto para el año 1 como para el año 3 que es a partir del cual se ofertarán servicios al mercado consumidor, como se muestra:

ÁREA	CONSUMO (kWh/mes) AÑO 1	CONSUMO (kWh/mes) AÑO 3
Maquinaria de producción	217.44	297.264
Equipo de oficina	241.38	241.376
Iluminación	182.40	182.4
Carga adicional (20%)	128.24	144.208
CONSUMO TOTAL DE ENERGÍA LFD	769.45	865.248

Tabla 210 Consumo de energía eléctrica años 1 y 3

Fuente: Elaboración propia

⁸² El cálculo del monto de energía eléctrica mensual se realizó tomando en cuenta los precios para suministro eléctrico en horario resto (05:00 a las 17:59), según lo especifica el proveedor en el documento de pliego tarifario.

CONSUMO MENSUAL ESTIMADO (kWh/mes)	CARGO DE COMERCIALIZACIÓN	MONTO ENERGÍA ELÉCTRICA MENSUAL	IVA (13%)	MONTO TOTAL DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA MENSUAL	COSTO TOTAL		COSTO ANUAL
					SEMESTRE 1	SEMESTRE 2	
769.45 (Año 1 - 2)	\$0.125030	\$ 96.20	\$12.51	\$ 108.71	\$ 652.27	\$ 652.27	\$ 1,304.54
865.248 (Año 3 -10)		\$ 108.18	\$14.06	\$ 122.25	\$ 733.47	\$ 733.47	\$ 1,466.95

Tabla 211 Consumo anual de energía para el año 1

Se conoce de esta forma que el total anual de **costos** generados **del consumo de energía eléctrica** para el laboratorio de fabricación digital asciende a **\$1304.54** para el **año 1**, a partir del **año 3** los costos por consumo de energía eléctrica ascienden a **\$1466.95**.

COSTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA EL LFD										
DESCRIPCION	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
Consumo de energía eléctrica	\$1,304.54	\$1,304.54	\$1,466.95	\$1,466.95	\$1,466.95	\$1,466.95	\$1,466.95	\$1,466.95	\$1,466.95	\$1,466.95

Tabla 212 Consumo anual de energía eléctrica, año 1 al 10

COSTOS DEL AGUA POTABLE

El agua no es un suministro empleado en cantidades significativas sobre las actividades del laboratorio, por lo que considerará un costo fijo. Se calcula un consumo mensual de agua de 19 m³, los costos generados por dicho consumo fueron calculados empleando el análisis apartado capital de trabajo, cuyos resultados se presentan en la siguiente tabla:

CONSUMO MENSUAL ESTIMADO (m ³)	TARIFA MENSUAL DE ACUEDUCTO (\$/m ³)	TARIFA MENSUAL DE ALCANTARILLADO (\$)	TARIFA MENSUAL TOTAL	COSTO TOTAL		COSTO ANUAL
				SEMESTRE 1	SEMESTRE 2	
19.00	\$ 3.99	\$ 0.10	\$ 4.09	\$ 24.54	\$ 24.54	\$ 49.08

Tabla 213 Consumo mensual de agua

Se conoce de esta forma que el total anual de **costos de consumo de energía eléctrica anual** para el laboratorio de fabricación digital asciende a **\$49.80**.

CONSUMO DE AGUA ANUAL PARA EL LFD										
DESCRIPCIÓN	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
Consumo de energía eléctrica	\$ 49.08	\$ 49.08	\$ 49.08	\$ 49.08	\$ 49.08	\$ 49.08	\$ 49.08	\$ 49.08	\$ 49.08	\$ 49.08

Tabla 214 Consumo anual de agua para el laboratorio de fabricación digital

4.4.4.6. DEPRECIACIÓN DE MAQUINARIA Y EQUIPO DE PRODUCCIÓN

Esta se refiere recuperación de la inversión de a la pérdida de valor de los bienes o instalaciones de producción, a causa al uso brindado, el tiempo, la obsolescencia, su agotamiento o el no poder costear la operación de los mismos (Baires, Doñan, & Palacios, 2005). En esta sección se desglosaran todos los costos asociados a la maquinaria y equipo de producción, estos se agregaran al costo en forma de depreciación, dicha estimación se realizará de forma anual y para el primer año se repartirá uniformemente entre los doce meses del año. El equipo utilizado se divide en:

1. Maquinaria de producción.
2. Equipo de producción.
3. Equipo de almacenamiento de materia prima y producto terminado.
4. Equipo y materiales de higiene y seguridad.
5. Equipo e instrumentos de limpieza.

Para determinar la depreciación de las maquinarias y equipo se consideran los datos de vida útil de la maquinaria y equipo establecidos por la tabla de vida útil de los bienes físicos del activo inmovilizado, Servicio de Impuestos Internos, existentes al 01/01/2003⁸³; además de considerar los valores máximos Ley de Impuesto sobre la renta, que en el título IV Capítulo Único “Determinación de Renta Neta” en el artículo 30 del aparatado depreciación establece los valores máximo de vida útil permitidos para los activos fijos como se muestra a continuación:

TIPO DE ACTIVO FIJO	VIDA ÚTIL
Edificaciones	20 años
Maquinaria	5 años
Otros bienes Inmuebles	2 años

Tabla 215 Valores máximos de vida útil permitidos por la ley de impuesto sobre la renta

Fuente: Ley de impuesto sobre la renta

⁸³ Consultar anexo: Tabla de vida útil de los bienes físicos del activo inmovilizado, Servicio de Impuestos Internos

MAQUINARIA DE PRODUCCIÓN

EQUIPO	CANT.	DEPRECIACIÓN ACUMULADA				COSTO TOTAL		DEPRECIACIÓN ANUAL
		COSTO UNITARIO	VIDA ÚTIL (AÑOS)	VALOR DE SALVAMENTO	DEPRECIACION	SEMESTRE 1	SEMESTRE 2	
MAQUINARIA DE PRODUCCIÓN								
LulzBot Mini 3D Printer	1	\$ 3,400.00	10	\$ 408.00	\$ 299.20	\$ 149.60	\$ 149.60	\$ 299.20
LulzBot Taz 6	2	\$ 4,900.00	10	\$ 588.00	\$ 431.20	\$ 215.60	\$ 215.60	\$ 431.20
Escáner 3D Ciclop	1	\$ 950.00	7	\$ 95.00	\$ 122.14	\$ 61.07	\$ 61.07	\$ 122.14
PC Clon Core i7	6	\$ 2,647.00	6	\$ 397.05	\$ 374.99	\$ 187.50	\$ 187.50	\$ 374.99

Tabla 216 Depreciación anual de maquinaria de producción⁸⁴

Fuente: Elaboración propia

AÑO	DEPRECIACIÓN ACUMULADA									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MAQUINARIA DE PRODUCCIÓN										
LulzBot Mini 3D Printer	\$ 299.20	\$ 598.40	\$ 897.60	\$ 1,196.80	\$ 1,496.00	\$ 1,795.20	\$ 2,094.40	\$ 2,393.60	\$ 2,692.80	\$ 2,992.00
LulzBot Taz 6	\$ 862.40	\$ 1,724.80	\$ 2,587.20	\$ 3,449.60	\$ 4,312.00	\$ 5,174.40	\$ 6,036.80	\$ 6,899.20	\$ 7,761.60	\$ 8,624.00
Escáner 3D Ciclop	\$ 122.14	\$ 244.29	\$ 366.43	\$ 488.57	\$ 610.71	\$ 732.86	\$ 855.00	\$ 977.14	\$ 1,099.29	\$ 1,221.43
PC Clon Core i7	\$ 2,249.95	\$ 4,499.90	\$ 6,749.85	\$ 8,999.80	\$ 11,249.75	\$ 13,499.70	\$ 15,749.65	\$ 17,999.60	\$ 20,249.55	\$ 22,499.50
TOTAL	\$3,533.69	\$ 7,067.39	\$10,601.08	\$14,134.77	\$17,668.46	\$21,202.16	\$24,735.85	\$28,269.54	\$31,803.24	\$35,336.93

Tabla 217 Depreciación acumulada de maquinaria y mobiliario de producción, años 1 al 10

Fuente: Elaboración propia

MOBILIARIO DE PRODUCCIÓN

Este rubro incluye todo el mobiliario que permite el funcionamiento de la maquinaria de producción además de almacenar la materia prima y materiales utilizados en dichos procesos, al igual que en el procedimiento de cálculo de la depreciación de maquinaria de producción, se utilizó la información proporcionada en la tabla de vida útil de los bienes físicos del activo movilizado.

⁸⁴ El cálculo de las depreciaciones semestrales han sido realizadas para una unidad de maquinaria y equipo, en el análisis de depreciaciones para 10 años se presentan los valores por el total de unidades a emplear en el laboratorio de fabricación digital.

DEPRECIACIÓN ACUMULADA						COSTO TOTAL		DEPRECIACION ANUAL
EQUIPO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	VIDA UTIL (AÑOS)	VALOR DE SALVAMENTO	DEPREC.	SEMESTRE 1	SEMESTRE 2	
MOBILIARIO DE PRODUCCIÓN								
Mesa cuadrada de madera para impresora 1.20 x 1.80 x 1.10 m	2	\$ 79.95	7	\$ 11.99	\$ 9.71	\$ 4.85	\$ 4.85	\$ 9.71
Mesa cuadrada de madera para escáner 1.20 x 1.80 x 1.10 m	1	\$ 79.95	7	\$ 11.99	\$ 9.71	\$ 4.85	\$ 4.85	\$ 9.71
Silla ejecutiva Home Furniture	1	\$ 189.00	7	\$ 28.35	\$ 22.95	\$ 11.48	\$ 11.48	\$ 22.95
Silla para oficina Sauder	1	\$ 140.00	7	\$ 21.00	\$ 17.00	\$ 8.50	\$ 8.50	\$ 17.00
Silla de espera	4	\$ 25.00	7	\$ 3.75	\$ 3.04	\$ 1.52	\$ 1.52	\$ 3.04
Armario Metálico de puertas batientes	2	\$ 174.34	7	\$ 34.87	\$ 19.92	\$ 9.96	\$ 9.96	\$ 19.92
Estante Metálico multusos de 5 paneles	1	\$ 69.95	7	\$ 10.49	\$ 8.49	\$ 4.25	\$ 4.25	\$ 8.49
TOTAL						\$ 31.20	\$ 31.20	\$ 62.40

Tabla 218 Depreciación de mobiliario de producción año 1⁸⁵
Fuente: Elaboración propia

La depreciación de mobiliario de producción para un periodo de 10 años se presenta a continuación:

DEPRECIACION ACUMULADA										
ANO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MOBILIARIO DE PRODUCCION										
Mesa cuadrada de madera para impresora 1.20 x 1.80 x 1.10 m	19.42	\$38.83	\$58.25	\$77.67	\$97.08	\$116.50	\$135.92	\$155.33	\$174.75	\$194.16
Mesa cuadrada de madera para escáner 1.20 x 1.80 x 1.10 m	\$9.71	\$19.42	\$29.12	\$38.83	\$48.54	\$58.25	\$67.96	\$77.67	\$87.37	\$97.08
Silla ejecutiva Home Furniture	\$22.95	45.90	\$68.85	\$91.80	\$114.75	\$137.70	\$160.65	\$183.60	\$206.55	\$229.50
Silla para oficina Sauder	\$17.00	34.00	\$51.00	\$68.00	\$85.00	\$102.00	\$119.00	\$136.00	\$153.00	\$170.00
Silla de espera	\$12.14	24.29	\$36.43	\$48.57	\$60.71	\$72.86	\$85.00	\$97.14	\$109.29	\$121.43
Silla de espera	\$12.14	\$24.29	\$36.43	\$48.57	\$60.71	\$72.86	\$85.00	\$97.14	\$109.29	\$121.43
Armario Metálico de puertas batientes	\$39.85	\$79.70	\$119.55	\$159.40	\$199.25	\$239.09	\$278.94	\$318.79	\$358.64	\$398.49
Estante Metálico multusos de 5 paneles	\$8.49	\$16.99	\$25.48	\$33.98	\$42.47	\$50.96	\$59.46	\$67.95	\$76.45	\$84.94
TOTAL	\$81.22	\$162.44	\$243.65	\$324.87	\$406.09	\$487.31	\$568.52	\$649.74	\$730.96	\$812.18

Tabla 219 Depreciación acumulada para el mobiliario de producción, años 1 al 10
Fuente: Elaboración propia

⁸⁵ Los cálculos de las depreciaciones semestrales han sido realizados para una unidad de maquinaria y equipo, en el análisis de depreciaciones para 10 años se presentan los valores por el total de unidades a emplear en el laboratorio de fabricación digital.

EQUIPO Y HERRAMIENTAS DE PRODUCTO TERMINADO

Se refiere a al equipo que permite el almacenamiento y manejo de las piezas fabricadas en el laboratorio hasta su entrega al cliente que las solicita, como se detalla a continuación:

EQUIPO	CANT.	DEPRECIACIÓN ACUMULADA				COSTO TOTAL		DEPRECIACIÓN ANUAL
		COSTO UNITARIO	VIDA ÚTIL (AÑOS)	VALOR DE SALVAMENTO	DEPREC.	SEMESTRE 1	SEMESTRE 2	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS DE MANEJO DE PRODUCTO TERMINADO								
Caja Organizadora Plástica 4 Galones	3	\$ 4.50	6	\$ -	\$ 0.75	\$ 0.38	\$ 0.38	\$ 0.75
Caja Organizadora plástica de 35 cuartos	2	\$ 14.50	6	\$ -	\$ 2.42	\$ 1.21	\$ 1.21	\$ 2.42
TOTAL						\$ 1.58	\$ 1.58	\$ 3.17

Tabla 220 Depreciación de equipo y herramientas de manejo de producto terminado⁸⁶
Fuente: Elaboración propia

La depreciación de del equipo y herramientas de producto terminado para un periodo de 10 años se presenta a continuación:

AÑO	DEPRECIACIÓN ACUMULADA									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
EQUIPO Y HERRAMIENTAS DE MANEJO DE PRODUCTO TERMINADO										
Caja Organizadora Plástica 4 Galones	\$ 2.25	\$ 4.50	\$ 6.75	\$ 9.00	\$11.25	\$13.50	\$15.75	\$18.00	\$20.25	\$22.50
Caja Organizadora plástica de 35 cuartos	\$ 4.83	\$ 9.67	\$14.50	\$19.33	\$24.17	\$29.00	\$33.83	\$38.67	\$43.50	\$48.33
TOTAL	\$ 7.08	\$14.17	\$21.25	\$28.33	\$35.42	\$42.50	\$49.58	\$56.67	\$63.75	\$70.83

Tabla 221 Depreciación acumulada para equipo de manejo de producto terminado, años 1 al 10
Fuente: Elaboración propia

EQUIPO Y MATERIALES DE HIGIENE Y SEGURIDAD

Este rubro está constituido por la depreciación del equipo asociado con los implementos nuevos de seguridad ocupacional en el área de trabajo; además se incluye el costo de la recarga anual del extintor exigida por las normas de seguridad, es necesario aclarar que el

⁸⁶ Los cálculos de las depreciaciones semestrales han sido realizados para una unidad de maquinaria y equipo, en el análisis de depreciaciones para 10 años se presentan los valores por el total de unidades a emplear en el laboratorio de fabricación digital

costo de recarga del extintor se refiere a su contenido y la depreciación se refiere al contenedor.

El detalle de depreciación se muestra a continuación:

DEPRECIACIÓN ACUMULADA						COSTO TOTAL		DEPREC. ANUAL
EQUIPO	CANT.	COSTO UNITARIO	VIDA ÚTIL (AÑOS)	VALOR DE SALVAMENTO	DEPREC.	SEMESTRE 1	SEMESTRE 2	
EQUIPO Y MATERIALES DE HIGIENE Y SEGURIDAD								
Extintor de CO2 de 20 lb	1	\$ 50.00	7	\$ 7.50	\$ 6.07	\$ 3.04	\$ 3.04	\$ 6.07
Extintor ABC de 20 lb	1	\$ 45.00	7	\$ 6.75	\$ 5.46	\$ 2.73	\$ 2.73	\$ 5.46
Recarga extintor CO2	1	\$ 30.00	0	\$ -	\$ 30.00	\$ 15.00	\$ 15.00	\$ 30.00
Recarga extintor ABC	1	\$ 30.00	0	\$ -	\$ 30.00	\$ 15.00	\$ 15.00	\$ 30.00
TOTAL					\$ 71.54	\$ 35.77	\$ 35.77	\$ 71.54
SEÑALIZACIÓN E ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA								
Rótulo de señalización de extintor	2	\$ 3.50	10	\$ 0.53	\$ 0.30	\$ 0.15	\$ 0.15	\$ 0.30
Ruta de evacuación derecha	3	\$ 3.60	10	\$ 0.54	\$ 0.31	\$ 0.15	\$ 0.15	\$ 0.31
Ruta de evacuación izquierda	2	\$ 3.95	10	\$ 0.59	\$ 0.34	\$ 0.17	\$ 0.17	\$ 0.34
Prohibido Fumar	1	\$ 2.20	10	\$ 0.33	\$ 0.19	\$ 0.09	\$ 0.09	\$ 0.19
Identificación Riesgo Eléctrico	1	\$ 3.50	10	\$ 0.53	\$ 0.30	\$ 0.15	\$ 0.15	\$ 0.30
Advertencia Riesgo de Atrapamiento de manos	2	\$ 3.50	10	\$ 0.53	\$ 0.30	\$ 0.15	\$ 0.15	\$ 0.30
Advertencia Riesgo Térmico	1	\$ 3.89	10	\$ 0.58	\$ 0.33	\$ 0.17	\$ 0.17	\$ 0.33
Indicación uso de ropa de seguridad	1	\$ 3.95	10	\$ 0.59	\$ 0.34	\$ 0.17	\$ 0.17	\$ 0.34
Lámpara de Emergencia	1	\$ 23.50	10	\$ 4.70	\$ 1.88	\$ 0.94	\$ 0.94	\$ 1.88
Iluminación de Emergencia LED	1	\$ 29.50	10	\$ 5.90	\$ 2.36	\$ 1.18	\$ 1.18	\$ 2.36
SUB TOTAL						\$ 3.31	\$ 3.31	\$ 6.63
TOTAL HIGIENE Y SEGURIDAD OCUPACIONAL						\$ 39.08	\$ 39.08	\$ 78.16

Tabla 222 Depreciación de equipo de higiene y seguridad⁸⁷

Fuente: Elaboración propia

⁸⁷ Los cálculos de las depreciaciones semestrales han sido realizados para una unidad de equipo, en el análisis de depreciaciones para 10 años se presentan los valores por el total de unidades a emplear en el laboratorio de fabricación digital

La depreciación del equipo y materiales de higiene y seguridad para un periodo de 10 años se presenta a continuación:

DEPRECIACIÓN ACUMULADA										
AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
EQUIPO	EQUIPO Y MATERIALES DE HIGIENE Y SEGURIDAD									
Extintor de CO2 de 20 lb	\$ 6.07	\$12.14	\$ 18.21	\$24.29	\$30.36	\$ 36.43	\$ 42.50	\$ 48.57	\$54.64	\$ 60.71
Extintor ABC de 20 lb	\$ 5.46	\$10.93	\$ 16.39	\$21.86	\$27.32	\$ 32.79	\$ 38.25	\$ 43.71	\$49.18	\$ 54.64
Recarga extintor CO2	\$30.00	\$30.00	\$ 30.00	\$30.00	\$30.00	\$ 30.00	\$ 30.00	\$ 30.00	\$30.00	\$ 30.00
Recarga extintor ABC	\$30.00	\$30.00	\$ 30.00	\$30.00	\$30.00	\$ 30.00	\$ 30.00	\$ 30.00	\$30.00	\$ 30.00
SUB TOTAL	\$71.54	\$83.07	\$ 94.61	\$106.14	\$117.68	\$129.21	\$140.75	\$ 152.29	\$ 163.82	\$ 175.36
SEÑALIZACIÓN E ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA										
Rótulo de señalización de extintor	\$ 0.60	\$1.19	\$ 1.79	\$ 2.38	\$ 2.98	\$ 3.57	\$ 4.17	\$ 4.76	\$5.36	\$ 5.95
Ruta de evacuación derecha	\$ 0.92	\$1.84	\$ 2.75	\$ 3.67	\$ 4.59	\$ 5.51	\$ 6.43	\$ 7.34	\$8.26	\$ 9.18
Ruta de evacuación izquierda	\$ 0.67	\$1.34	\$ 2.01	\$ 2.69	\$ 3.36	\$ 4.03	\$ 4.70	\$ 5.37	\$6.04	\$ 6.72
Prohibido Fumar	\$ 0.19	\$0.37	\$ 0.56	\$ 0.75	\$ 0.94	\$ 1.12	\$ 1.31	\$ 1.50	\$1.68	\$ 1.87
Identificación Riesgo Eléctrico	\$ 0.30	\$0.60	\$ 0.89	\$ 1.19	\$ 1.49	\$ 1.79	\$ 2.08	\$ 2.38	\$2.68	\$ 2.98
Advertencia Riesgo de Atrapamiento de manos	\$0.60	\$ 1.19	\$ 1.79	\$ 2.38	\$ 2.98	\$ 3.57	\$ 4.17	\$ 4.76	\$5.36	\$ 5.95
Advertencia Riesgo Térmico	\$ 0.33	\$ 0.66	\$ 0.99	\$ 1.32	\$ 1.65	\$ 1.98	\$ 2.31	\$ 2.65	\$2.98	\$ 3.31
Indicación uso de ropa de seguridad	\$ 0.34	\$ 0.67	\$ 1.01	\$ 1.34	\$ 1.68	\$ 2.01	\$ 2.35	\$ 2.69	\$3.02	\$ 3.36
Lámpara de Emergencia	\$ 1.88	\$ 3.76	\$ 5.64	\$ 7.52	\$ 9.40	\$11.28	\$ 13.16	\$15.04	\$16.92	\$ 18.80
Iluminación de Emergencia LED de 2 luces	\$ 2.36	\$ 4.72	\$ 7.08	\$ 9.44	\$11.80	\$14.16	\$ 16.52	\$18.88	\$21.24	\$ 23.60
SUB TOTAL	\$ 8.17	\$16.34	\$ 24.51	\$ 32.68	\$ 40.85	\$49.02	\$57.19	\$65.36	\$73.53	\$ 81.70
TOTAL HIGIENE Y SEGURIDAD	\$79.71	\$99.41	\$119.12	\$ 138.82	\$158.53	\$178.24	\$197.94	\$217.65	\$237.36	\$257.06

Tabla 223 Depreciación anual de equipo de higiene y seguridad, años 1 al 10

Fuente: Elaboración propia

EQUIPO E INSTRUMENTOS DE LIMPIEZA

Estos costos corresponden a todos los implementos para mantener el orden y limpieza del equipo le instalaciones en las que funcionará el laboratorio, dichos costos se considerarán fijos en el tiempo, el detalle de los montos a los que asciende este rubro se presenta a continuación.

DEPRECIACION ACUMULADA				COSTO TOTAL		COSTO ANUAL
EQUIPO	CANT.	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL (\$)	SEMESTRE 1	SEMESTRE 2	
EQUIPO E INSTRUMENTOS DE LIMPIEZA						
Limpiador de Contactos Secado Rápido 3M (297 gr)	6	\$ 8.35	\$ 50.10	\$ 25.05	\$ 25.05	\$ 50.10
Franela para Limpiar Vidrios	12	\$ 3.20	\$ 38.40	\$ 19.20	\$ 19.20	\$ 38.40
Aspiradora de 1 Galón Stanley	1	\$ 54.95	\$ 54.95	\$ 27.48	\$ 27.48	\$ 54.95
Alcohol 240 ml	12	\$ 2.09	\$ 25.08	\$ 12.54	\$ 12.54	\$ 25.08
Escoba	2	\$ 2.90	\$ 5.80	\$ 2.90	\$ 2.90	\$ 5.80
Basurero Balancín	4	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Desinfectante para piso 4 galones	3	\$ 6.68	\$ 20.04	\$ 10.02	\$ 10.02	\$ 20.04
Limpiador de pizarras SABO 240 ml	4	\$ 4.90	\$ 19.60	\$ 9.80	\$ 9.80	\$ 19.60
Palo Trapeador	1	\$ 2.73	\$ 2.73	\$ 1.37	\$ 1.37	\$ 2.73
Toalla para trapeador tipo galleta	3	\$ 2.64	\$ 7.92	\$ 3.96	\$ 3.96	\$ 7.92
TOTAL			\$ 224.62	\$ 112.31	\$ 112.31	\$ 224.62

Tabla 224 Costos anuales, equipo e instrumentos de limpieza⁸⁸
Fuente: Elaboración propia

Los costos del equipo y materiales de higiene y seguridad para un periodo de 10 años de trabajo, se detallan a continuación:

ANO	COSTOS ACUMULADOS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
EQUIPO Y MATERIALES DE HIGIENE Y SEGURIDAD										
Limpiador de Contactos Secado Rápido 3M (297 gr)	\$ 50.10	\$ 50.10	\$ 50.10	\$ 50.10	\$ 50.10	\$ 50.10	\$ 50.10	\$ 50.10	\$ 50.10	\$ 50.10
Franela para Limpiar Vidrios	\$ 38.40	\$ 38.40	\$ 38.40	\$ 38.40	\$ 38.40	\$ 38.40	\$ 38.40	\$ 38.40	\$ 38.40	\$ 38.40
Aspiradora de 1 Galón Stanley	\$ 54.95	\$ 54.95	\$ 54.95	\$ 54.95	\$ 54.95	\$ 54.95	\$ 54.95	\$ 54.95	\$ 54.95	\$ 54.95
Alcohol 240 ml	\$ 25.08	\$ 25.08	\$ 25.08	\$ 25.08	\$ 25.08	\$ 25.08	\$ 25.08	\$ 25.08	\$ 25.08	\$ 25.08
Escoba	\$ 5.80	\$ 5.80	\$ 5.80	\$ 5.80	\$ 5.80	\$ 5.80	\$ 5.80	\$ 5.80	\$ 5.80	\$ 5.80
Basurero Balancín	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Desinfectante para piso 4 galones	\$ 20.04	\$ 20.04	\$ 20.04	\$ 20.04	\$ 20.04	\$ 20.04	\$ 20.04	\$ 20.04	\$ 20.04	\$ 20.04
Limpiador de pizarras SABO 240 ml	\$ 19.60	\$ 19.60	\$ 19.60	\$ 19.60	\$ 19.60	\$ 19.60	\$ 19.60	\$ 19.60	\$ 19.60	\$ 19.60
Palo Trapeador	\$ 2.73	\$ 2.73	\$ 2.73	\$ 2.73	\$ 2.73	\$ 2.73	\$ 2.73	\$ 2.73	\$ 2.73	\$ 2.73
Toalla para trapeador tipo galleta	\$ 7.92	\$ 7.92	\$ 7.92	\$ 7.92	\$ 7.92	\$ 7.92	\$ 7.92	\$ 7.92	\$ 7.92	\$ 7.92
TOTAL	\$ 224.62	\$ 224.62	\$ 224.62	\$ 224.62	\$ 224.62	\$ 224.62	\$ 224.62	\$ 224.62	\$ 224.62	\$ 224.62

Tabla 225 Costos anuales de equipo e instrumentos de limpieza, años 1 al 10
Fuente: Elaboración propia

⁸⁸ Los cálculos de las depreciaciones semestrales han sido realizados para una unidad de equipo e instrumentos, en el análisis de depreciaciones para 10 años se presentan los valores por el total de unidades a emplear en el laboratorio de fabricación digital

4.4.4.7. RESUMEN DE COSTOS DE PRODUCCIÓN

El resumen de costos de producción anuales del LFD se presenta a continuación:

RESUMEN COSTOS DE PRODUCCIÓN PARA EL LFD AÑO 1			
RUBRO	SEMESTRE 1	SEMESTRE 2	TOTAL ANUAL
Mano de obra directa	\$ 8,919.30	\$ 9,290.94	\$ 18,210.24
Materia prima	\$ 1,235.00	\$ 1,045.00	\$ 2,280.00
Materiales directos	\$ 97.16	\$ 97.16	\$ 194.32
Energía eléctrica	\$ 652.27	\$ 652.27	\$ 1,304.54
Agua potable	\$ 24.54	\$ 24.54	\$ 49.08
Depreciación maquinaria y equipo de producción	\$ 1,766.85	\$ 1,766.85	\$ 3,533.69
Depreciación mobiliario de producción	\$ 40.61	\$ 40.61	\$ 81.22
Depreciación equipo y herramientas de manejo de producto terminado	\$ 3.54	\$ 3.54	\$ 7.08
Depreciación equipo y materiales de higiene y seguridad	\$ 39.85	\$ 39.85	\$ 79.71
Equipo e instrumentos de limpieza	\$ 112.31	\$ 112.31	\$ 224.62
TOTAL	\$ 12,891.43	\$ 13,073.07	\$ 25,964.50

Tabla 226 Resumen semestral costos anuales de depreciación de maquinaria y equipo año 1
Fuente: Elaboración propia

RESUMEN DE COSTOS DE PRODUCCIÓN PARA EL LFD. AÑOS 1 AL 10

RESUMEN COSTOS DE PRODUCCIÓN ANUAL PARA EL LFD										
RUBRO / AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mano de obra directa	\$18,210.24	\$18,581.88	\$18,581.88	\$18,780.08	\$ 18,780.08	\$18,780.08	\$18,780.08	\$18,780.08	\$18,780.08	\$18,780.08
Materia prima	\$ 2,280.00	\$ 2,280.00	\$ 2,280.00	\$ 2,280.00	\$ 2,280.00	\$ 2,280.00	\$ 2,280.00	\$ 2,280.00	\$ 2,280.00	\$ 2,280.00
Materiales directos	\$ 194.32	\$ 267.19	\$ 267.19	\$ 267.19	\$ 267.19	\$ 267.19	\$ 267.19	\$ 267.19	\$ 267.19	\$ 267.19
Energía eléctrica	\$ 1,304.54	\$ 1,304.54	\$ 1,466.95	\$ 1,466.95	\$ 1,466.95	\$ 1,466.95	\$ 1,466.95	\$ 1,466.95	\$ 1,466.95	\$ 1,466.95
Agua potable	\$ 49.08	\$ 49.08	\$ 49.08	\$ 49.08	\$ 49.08	\$ 49.08	\$ 49.08	\$ 49.08	\$ 49.08	\$ 49.08
Depreciación maquinaria y equipo de producción	\$ 3,533.69	\$ 7,067.39	\$10,601.08	\$14,134.77	\$ 17,668.46	\$21,202.16	\$24,735.85	\$28,269.54	\$31,803.24	\$35,336.93
Depreciación mobiliario de producción	\$ 81.22	\$ 162.44	\$ 243.65	\$ 324.87	\$ 406.09	\$ 487.31	\$ 568.52	\$ 649.74	\$ 730.96	\$ 812.18
Depreciación equipo y herramientas de manejo de producto terminado	\$ 7.08	\$ 14.17	\$ 21.25	\$ 28.33	\$ 35.42	\$ 42.50	\$ 49.58	\$ 56.67	\$ 63.75	\$ 70.83
Depreciación equipo y materiales de higiene y seguridad	\$ 79.71	\$ 99.41	\$ 119.12	\$ 138.82	\$ 158.53	\$ 178.24	\$ 197.94	\$ 217.65	\$ 237.36	\$ 257.06
Equipo e instrumentos de limpieza	\$ 224.62	\$ 224.62	\$ 224.62	\$ 224.62	\$ 224.62	\$ 224.62	\$ 224.62	\$ 224.62	\$ 224.62	\$ 224.62
TOTAL	\$25,964.50	\$30,050.70	\$33,854.81	\$37,694.72	\$ 41,336.42	\$44,978.12	\$48,619.82	\$52,261.52	\$55,903.22	\$59,544.92

Tabla 227 Costos anuales de producción para el LFD, años 1 al 10
Fuente: Elaboración propia

4.4.5 COSTOS DE COMERCIALIZACIÓN

En estos costos se incluyen todos los costos relacionados con las actividades referentes a comercializar los servicios del laboratorio de fabricación digital, como se muestra:



*Esquema 22 Costos de comercialización
Fuente: Elaboración propia*

4.4.5.1 SALARIOS DE PERSONAL DE COMERCIALIZACIÓN

Este rubro no será incluido dentro del análisis de costos debido a que las actividades de promoción de los servicios del laboratorio están designadas al director técnico del proyecto, por lo que el pago por la realización de las tareas de promoción está contemplado en el rubro de salarios considerado previamente.

4.4.5.2 DEPRECIACIÓN DE EQUIPO Y MOBILIARIO DE COMERCIALIZACIÓN

Este rubro considera la depreciación del mobiliario para la realización de reuniones con posibles clientes de los servicios de fabricación digital, en el que se presenten trabajos realizados y se brinde asesoría sobre proyectos.

DEPRECIACIÓN ACUMULADA						COSTO TOTAL		DEPRECIACIÓN ANUAL
EQUIPO	CANT	COSTO UNITARIO	VIDA UTIL (AÑOS)	VALOR DE SALVAMENTO	DEPREC.	SEMESTRE 1	SEMESTRE 2	
MOBILIARIO DE PRODUCCIÓN								
Mesa de reuniones 1.20x 1.40x 0.80 m	1	\$ 449.99	10	\$ 90.00	\$ 36.00	\$ 216.00	\$ 216.00	\$ 431.99
Silla de espera	7	\$ 25.00	7	\$	\$ 3.57	\$ 21.43	\$ 21.43	\$ 42.86
TOTAL						\$ 237.42	\$ 237.42	\$ 474.85

*Tabla 228 Depreciación de mobiliario y equipo de comercialización
Fuente: Elaboración propia⁸⁹*

Los costos de comercialización acumulados para los años 1 al 10 se presentan a continuación:

COSTOS ACUMULADOS										
AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
EQUIPO	EQUIPO Y MOBILIARIO DE ADMINISTRACIÓN									
Mesa de reuniones 1.20 x 1.40 x 0.80 m	\$ 431.99	\$ 863.98	\$ 1,295.97	\$ 1,727.96	\$ 2,159.95	\$ 2,591.94	\$ 3,023.93	\$ 3,455.92	\$ 3,887.91	\$ 4,319.90
Silla de espera	\$ 300.00	\$ 600.00	\$ 900.00	\$ 1,200.00	\$ 1,500.00	\$ 1,800.00	\$ 2,100.00	\$ 2,400.00	\$ 2,700.00	\$ 3,000.00
TOTAL	\$ 731.99	1,463.98	\$ 2,195.97	\$ 2,927.96	\$ 3,659.95	\$ 4,391.94	\$ 5,123.93	\$ 5,855.92	\$ 6,587.91	\$ 7,319.90

Tabla 229 Costos acumulados de mobiliario y equipo de comercialización años 1 al 10

Fuente: Elaboración propia

4.4.5.3 INSTALACIONES DE COMERCIALIZACIÓN

Debido a que los servicios de fabricación digital se comercializarán en el laboratorio, este rubro no será incluido en el análisis de costos.

4.4.5.4 FLETES DE COMERCIALIZACIÓN

Este rubro no se incluye en el análisis debido a que la entrega final de los productos fabricación o diseños realizados será en las instalaciones del laboratorio.

⁸⁹ Los cálculos de las depreciaciones semestrales han sido realizados para una unidad de equipo e instrumentos, en el análisis de depreciaciones para 10 años se presentan los valores por el total de unidades a emplear en el laboratorio de fabricación digital

4.4.5.5 MATERIAL PUBLICITARIO

Este rubro incluye los costos en los que se incurrirá para promocionar los servicios del laboratorio a la comunidad universitaria y empresas de manufactura, que incluye panfletos informativos de los servicios a ofertar como se muestra.

COSTOS ACUMULADOS	COSTO TOTAL					COSTO ANUAL
	DESCRIPCIÓN	CANT	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL (\$)	SEMESTRE 1	
MATERIAL PUBLICITARIO						
250 flyers 1/3 de carta (tiro y retiro)	2	\$ 25.00	\$ 56.50	\$ 28.25	\$ 28.25	\$ 56.50
100 Tarjetas de presentación para el laboratorio (tiro y retiro)	1	\$ 9.50	\$ 10.74	\$ 5.37	\$ 5.37	\$ 10.74
Banners informativos y de identificación del laboratorio (0.80 x 1.80 m)	2	\$ 5.00	\$ 11.30	\$ 5.65	\$ 5.65	\$ 11.30
TOTAL		\$ 39.50	\$ 78.54	\$ 39.27	\$ 39.27	\$ 78.54

Tabla 230 Costos de material publicitario para el laboratorio

Fuente: Elaboración propia

Los costos acumulados para este rubro para los años 1 al 10 se presentan seguidamente:

AÑO	COSTOS ACUMULADOS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
EQUIPO	MATERIAL PUBLICITARIO									
250 flyers 1/3 de carta (tiro y retiro)	\$ 56.50	\$ 56.50	\$ 56.50	\$ 56.50	\$ 56.50	\$ 56.50	\$ 56.50	\$ 56.50	\$ 56.50	\$ 56.50
100 Tarjetas de presentación para el laboratorio (tiro y retiro)	\$ 10.74	\$ 10.74	\$ 10.74	\$ 10.74	\$ 10.74	\$ 10.74	\$ 10.74	\$ 10.74	\$ 10.74	\$ 10.74
Banners informativos y de identificación del laboratorio (0.80 x 1.80 m)	\$ 11.30	\$ 11.30	\$ 11.30	\$ 11.30	\$ 11.30	\$ 11.30	\$ 11.30	\$ 11.30	\$ 11.30	\$ 11.30
TOTAL	\$ 78.54	\$ 78.54	\$ 78.54	\$ 78.54	\$ 78.54	\$ 78.54	\$ 78.54	\$ 78.54	\$ 78.54	\$ 78.54

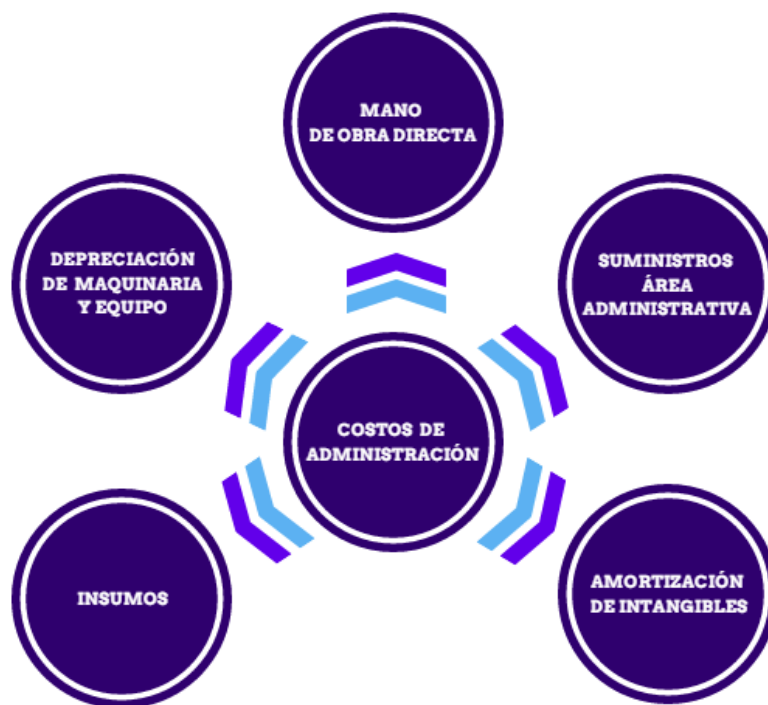
Tabla 231 Costos acumulados de material publicitario, años 1 al 10

Fuente: Elaboración propia

4.4.6 COSTOS DE ADMINISTRACIÓN

Como su nombre lo indica, son los costos que provienen de realizar la función de administración de la empresa. Sin embargo, tomados en un sentido más amplio, no sólo significan los sueldos del gerente y la dirección general y de las áreas de contabilidad y auxiliares. Esto implica que fuera de las otras dos grandes áreas de la empresa, que son producción y ventas, los gastos de los demás departamentos y áreas que pudieran existir en una empresa se encargarán este rubro. Entre ellos se encuentran la mano de obra, consumo de agua y energía eléctrica en general (menos del área de producción), depreciación de la obra civil, equipo y mobiliario de oficina. Se asigna un 15% de estos costos al proyecto.

Los costos de administración están compuestos por:



Esquema 85 Costos de administración

Fuente: Elaboración propia

4.4.6.1. PAGO DE SALARIOS A PERSONAL ADMINISTRATIVO

Este rubro incluye los costos asociados al pago de salario de personal que realiza la administración del laboratorio; debido a que dichas actividades ya han sido asignadas al perfil de asignaciones del director técnico y el pago del salario de dicho puesto ya ha sido considerado

en el apartado de análisis de costos de producción, incluir este monto en el análisis de costos de administración se volvería redundante.

4.4.6.2. DEPRECIACIÓN DE EQUIPO Y MOBILIARIO DE ADMINISTRACIÓN

Este rubro contiene la depreciación del equipo y mobiliario necesario para el desarrollo de las actividades administrativas del laboratorio y que no ha sido incluido previamente en el análisis de costos de producción,

DEPRECIACIÓN ACUMULADA						COSTO TOTAL		DEPREC. ANUAL
EQUIPO	CANT.	COSTO UNITARIO	VIDA ÚTIL (AÑOS)	VALOR DE SALVAMENTO	DEPREC.	SEMESTRE 1	SEMESTRE 2	
EQUIPO Y MOBILIARIO DE ADMINISTRACIÓN								
Escritorio Ejecutivo de trabajo 1.60 x 0.70 x 0.74 m	1	\$ 374.99	7	\$ 75.00	\$ 42.86	\$ 21.43	\$ 21.43	\$ 42.86
TOTAL						\$ 21.43	\$ 21.43	\$ 42.86

*Tabla 232 Depreciación de mobiliario administrativo
Fuente: Elaboración propia*

DEPRECIACIÓN ACUMULADA						COSTO TOTAL		DEPREC. ANUAL
EQUIPO	CANT.	COSTO UNITARIO	VIDA ÚTIL (AÑOS)	VALOR DE SALVAMENTO	DEPREC.	SEMESTRE 1	SEMESTRE 2	
EQUIPO Y MOBILIARIO DE ADMINISTRACIÓN								
Impresora multifuncional	1	\$ 289.00	7	\$ 28.90	\$ 37.16	\$ 18.58	\$ 18.58	\$ 37.16
Oasis para agua fría o caliente Honey Well	1	\$ 170.00	7	\$ 17.00	\$ 21.86	\$ 10.93	\$ 10.93	\$ 21.86
TOTAL						\$ 29.51	\$ 29.51	\$ 59.01

*Tabla 233 Depreciación de equipo administrativo
Fuente: Elaboración propia*

La depreciación del equipo y mobiliario de oficina para un periodo de 10 años se presenta a continuación:

COSTOS ACUMULADOS										
AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
EQUIPO Y MOBILIARIO DE ADMINISTRACIÓN										
Mesa de reuniones 1.20 x 1.40 x 0.80 m	\$42.86	\$85.71	\$128.57	\$171.42	\$214.28	\$257.14	\$299.99	\$342.85	\$385.70	\$428.56
TOTAL	\$42.86	\$85.71	\$128.57	\$171.42	\$214.28	\$257.14	\$299.99	\$342.85	\$385.70	\$428.56

*Tabla 234 Depreciación acumulada de mobiliario administrativo, años 1 al 10
Fuente: Elaboración propia*

DEPRECIACIÓN ACUMULADA										
AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
EQUIPO	EQUIPO Y MOBILIARIO DE ADMINISTRACIÓN									
Impresora multifuncional	\$37.16	\$74.31	\$111.47	\$148.63	\$185.79	\$222.94	\$260.10	\$297.26	\$334.41	\$371.57
Oasis para agua fría o caliente Honey Well	\$21.86	\$43.71	\$65.57	\$87.43	\$109.29	\$131.14	\$153.00	\$174.86	\$196.71	\$218.57
TOTAL	\$59.01	\$118.03	\$177.04	\$236.06	\$295.07	\$354.09	\$413.10	\$472.11	\$531.13	\$590.14

Tabla 235 Depreciación acumulada de equipo administrativo, años 1 al 10

Fuente: Elaboración propia

4.4.6.3. SUMINISTROS ADMINISTRATIVOS

A este rubro pertenecen todos los implementos para el desarrollo de las funciones administrativas, como papelería e implementos de oficina; estos costos mensuales se consideran constante en el tiempo; como se muestra seguidamente:

DEPRECIACIÓN ACUMULADA				COSTO TOTAL		COSTO ANUAL
EQUIPO	CANT.	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL (\$)	SEMESTRE 1	SEMESTRE 2	
SUMINISTROS ADMINISTRATIVOS						
Resma de papel tamaño carta 75 gr	12	\$ 4.60	\$ 55.20	\$ 27.60	\$ 27.60	\$ 55.20
lapicero negro 8 pack	6	\$ 1.30	\$ 7.80	\$ 3.90	\$ 3.90	\$ 7.80
lapicero azul 8 pack	6	\$ 1.30	\$ 7.80	\$ 3.90	\$ 3.90	\$ 7.80
12 pack lápices no. 2	6	\$ 2.60	\$ 15.60	\$ 7.80	\$ 7.80	\$ 15.60
Borrador de lápiz 3 pack	10	\$ 0.65	\$ 6.50	\$ 3.25	\$ 3.25	\$ 6.50
Caja de grapas (300 unidades)	6	\$ 1.05	\$ 6.30	\$ 3.15	\$ 3.15	\$ 6.30
Engrapadora	2	\$ 15.90	\$ 31.80	\$ 15.90	\$ 15.90	\$ 31.80
Caja de grapas (100 unidades)	1	\$ 1.15	\$ 1.15	\$ 0.58	\$ 0.58	\$ 1.15
Caja de clips (100 unidades)	1	\$ 0.40	\$ 0.40	\$ 0.20	\$ 0.20	\$ 0.40
Folder tamaño carta (Caja 50 unidades)	1	\$ 3.20	\$ 3.20	\$ 1.60	\$ 1.60	\$ 3.20
Fastener (caja 100 unidades)	1	\$ 1.15	\$ 1.15	\$ 0.58	\$ 0.58	\$ 1.15
Pizarra de vidrio 5 mm de espesor, 1.20 x 0.80	1	\$ 65.00	\$ 65.00	\$ 32.50	\$ 32.50	\$ 65.00
Marcador para pizarra 4 pack	12	\$ 2.40	\$ 28.80	\$ 14.40	\$ 14.40	\$ 28.80
Borrador de pizarra	6	\$ 1.40	\$ 8.40	\$ 4.20	\$ 4.20	\$ 8.40
TOTAL			\$ 104.50	\$ 243.90	\$ 148.35	\$ 148.35

Tabla 236 Costos de suministros administrativos

Los costos anuales acumulados de los suministros administrativos para el laboratorio de fabricación digital en un periodo de 10 años se presentan a continuación:

COSTOS ACUMULADOS										
AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
EQUIPO	EQUIPO Y MOBILIARIO DE ADMINISTRACIÓN									
Resma de papel tamaño carta 75 gr	\$ 55.20	\$ 55.20	\$ 55.20	\$ 55.20	\$ 55.20	\$ 55.20	\$ 55.20	\$ 55.20	\$ 55.20	\$ 55.20
lapicero negro 8 pack	\$ 7.80	\$ 7.80	\$ 7.80	\$ 7.80	\$ 7.80	\$ 7.80	\$ 7.80	\$ 7.80	\$ 7.80	\$ 7.80
lapicero azul 8 pack	\$ 7.80	\$ 7.80	\$ 7.80	\$ 7.80	\$ 7.80	\$ 7.80	\$ 7.80	\$ 7.80	\$ 7.80	\$ 7.80
12 pack lápices no.2	\$ 15.60	\$ 15.60	\$ 15.60	\$ 15.60	\$ 15.60	\$ 15.60	\$ 15.60	\$ 15.60	\$ 15.60	\$ 15.60
Borrador de lápiz 3 pack	\$ 6.50	\$ 6.50	\$ 6.50	\$ 6.50	\$ 6.50	\$ 6.50	\$ 6.50	\$ 6.50	\$ 6.50	\$ 6.50
Caja de grapas (300 unidades)	\$ 6.30	\$ 6.30	\$ 6.30	\$ 6.30	\$ 6.30	\$ 6.30	\$ 6.30	\$ 6.30	\$ 6.30	\$ 6.30
Engrapadora	\$ 31.80	\$ 31.80	\$ 31.80	\$ 31.80	\$ 31.80	\$ 31.80	\$ 31.80	\$ 31.80	\$ 31.80	\$ 31.80
Caja de grapas (100 unidades)	\$ 1.15	\$ 1.15	\$ 1.15	\$ 1.15	\$ 1.15	\$ 1.15	\$ 1.15	\$ 1.15	\$ 1.15	\$ 1.15
Caja de clips (100 unidades)	\$ 0.40	\$ 0.40	\$ 0.40	\$ 0.40	\$ 0.40	\$ 0.40	\$ 0.40	\$ 0.40	\$ 0.40	\$ 0.40
Folder tamaño carta (Caja 50 unidades)	\$ 3.20	\$ 3.20	\$ 3.20	\$ 3.20	\$ 3.20	\$ 3.20	\$ 3.20	\$ 3.20	\$ 3.20	\$ 3.20
Fastener (caja 100 unidades)	\$ 1.15	\$ 1.15	\$ 1.15	\$ 1.15	\$ 1.15	\$ 1.15	\$ 1.15	\$ 1.15	\$ 1.15	\$ 1.15
Pizarra de vidrio 5 mm de espesor, 1.20 x 0.80	\$ 65.00	\$ 65.00	\$ 65.00	\$ 65.00	\$ 65.00	\$ 65.00	\$ 65.00	\$ 65.00	\$ 65.00	\$ 65.00
Marcador para pizarra 4 pack	\$ 28.80	\$ 28.80	\$ 28.80	\$ 28.80	\$ 28.80	\$ 28.80	\$ 28.80	\$ 28.80	\$ 28.80	\$ 8.80
Borrador de pizarra	\$ 8.40	\$ 8.40	\$ 8.40	\$ 8.40	\$ 8.40	\$ 8.40	\$ 8.40	\$ 8.40	\$ 8.40	\$ 8.40
TOTAL	\$296.70	\$296.70	\$296.70	\$296.70	\$296.70	\$296.70	\$296.70	\$296.70	\$296.70	\$296.70

Tabla 237 Costos acumulados de equipo y mobiliario de administración, años 1 al 10

Fuente: Elaboración propia

4.4.6.4. AMORTIZACIÓN DE INTANGIBLES

Este rubro incluye los costos de inversiones fijas intangibles, incluyendo la amortización de los costos del estudio de factibilidad, la administración del proyecto, cuyo resultado se detalla:

EQUIPO	NO.	DEPRECIACION ACUMULADA				COSTO TOTAL		DEPREC. ANUAL
		COSTO UNITARIO	VIDA UTIL (ANOS)	VALOR DE SALVAMENTO	DEPREC.	SEMESTRE 1	SEMESTRE 2	
AMORTIZACION DE INTANGIBLES								
Investigación y estudios previos	1	\$11,963.00	20	\$ 1,196.30	\$ 538.34	\$ 269.17	\$ 18.58	\$ 37.16
Administración del proyecto	1	\$ 5,250.00	20	\$ 525.00	\$ 236.25	\$ 118.13	\$ 10.93	\$ 21.86
TOTAL						\$ 387.29		\$ 59.01

Tabla 238 Amortización de intangibles para el LFD

Fuente: Elaboración propia

La amortización de la inversión intangible para el laboratorio en un periodo de 10 años se presenta a continuación:

COSTOS ACUMULADOS										
ANO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
EQUIPO	AMORTIZACION DE INTANGIBLES									
Investigación y estudios previos	\$538.34	\$1,076.67	\$ 1,615.01	\$2,153.34	\$ 2,691.68	\$3,230.01	\$3,768.35	\$4,306.68	\$4,845.02	\$5,383.35
Administración del proyecto	\$236.25	\$ 472.50	\$ 708.75	\$ 945.00	\$ 1,181.25	\$1,417.50	\$1,653.75	\$1,890.00	\$2,126.25	\$2,362.50
TOTAL	\$774.59	\$1,549.17	\$ 2,323.76	\$3,098.34	\$ 3,872.93	\$4,647.51	\$5,422.10	\$6,196.68	\$6,971.27	\$7,745.85

Tabla 239 Amortización anual de intangibles, años 1 al 10

Fuente: Elaboración propia

A partir de la información sobre los rubros que componen los costos de administración se calcula el monto total anual para el año 1 que asciende a **\$1,173.16**.

RESUMEN COSTOS ADMINISTRATIVOS PARA EL LFD AÑO 1			
RUBRO	SEMESTRE 1	SEMESTRE 2	TOTAL ANUAL
Depreciación de equipo y mobiliario de administración	\$ 21.43	\$ 21.43	\$ 42.86
Suministros administrativos	\$ 177.86	\$ 177.86	\$ 355.71
Amortización de intangibles	\$ 387.29	\$ 387.29	\$ 774.59
TOTAL	\$ 586.58	\$ 586.58	\$ 1,173.16

Tabla 240 Resumen de costos administrativos para el año 1 LFD

Fuente: Elaboración propia

Los montos totales de los costos administrativos para el laboratorio de fabricación digital se muestran a continuación:

RESUMEN COSTOS DE ADMINISTRACIÓN ANUALES PARA EL LFD										
RUBRO / ANO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Depreciación de equipo y mobiliario de administración	\$ 42.86	\$ 85.71	\$ 128.57	\$ 71.42	\$ 214.28	\$ 257.14	\$ 299.99	\$ 342.85	\$ 385.70	\$ 428.56
Suministros administrativos	\$ 355.71	\$ 414.73	\$ 473.74	\$ 532.76	\$ 591.77	\$ 650.79	\$ 709.80	\$ 768.81	\$ 827.83	\$ 886.84
Amortización de intangibles	\$ 774.59	\$1,549.17	\$2,323.76	\$3,098.34	\$ 3,872.93	\$4,647.51	\$5,422.10	\$6,196.68	\$6,971.27	\$7,745.85
TOTAL	\$1,173.16	\$2,049.61	\$2,926.07	\$3,802.52	\$ 4,678.98	\$5,555.43	\$6,431.89	\$7,308.34	\$8,184.80	\$9,061.25

Tabla 241 Costos de administración anuales para el laboratorio de fabricación digital, años 1 al 10

Fuente: Elaboración propia

4.4.7 COSTOS FINANCIEROS

Los costos financieros son aquellos que se deben pagar en relación con capitales obtenidos en préstamos; estos se componen de los intereses que se pagará del crédito otorgado por la entidad financiera, además otros recargos de la institución, para lo cual es necesario calcular la cuota anual que se va a desembolsar para el pago de la deuda. Para el cálculo de dicho rubro es necesario considerar diferentes factores como el capital prestado, la tasa de interés y el plazo del crédito los cuales se detallan en la tabla a continuación.

Como se explica en el apartado financiamiento del proyecto, la inyección de fondos para el funcionamiento del laboratorio no requerirá de préstamos de entidades financieras, por lo que no se incurrirá en costos para su implementación y funcionamiento.

4.4.8 RESUMEN DE COSTOS TOTALES PARA EL LABORATORIO DE FABRICACIÓN DIGITAL

Estos son llamados también costos de absorción, una vez totalizados los rubros de costos, se calculan los costos totales. Para la determinación de los costos totales se han tomado los datos de las tablas anteriores correspondientes a los costos de producción, administración, comercialización y financieros, obteniendo un monto para el primer año que asciende a **\$27,691.03**, como se presenta en la tabla 238.

RESUMEN DE COSTOS TOTALES DEL PROYECTO AÑO 1			
RUBRO	SEMESTRE		TOTAL ANUAL
	1	2	
COSTOS DE PRODUCCIÓN	\$ 12,891.43	\$ 13,073.07	\$ 25,964.50
COSTOS DE COMERCIALIZACIÓN	\$ 276.69	\$ 276.69	\$ 553.38
COSTOS ADMINISTRATIVOS	\$ 586.58	\$ 586.58	\$ 1,173.16
COSTOS FINANCIEROS	\$ -	\$ -	\$ -
TOTAL (\$)	\$ 13,754.70	\$ 13,936.34	\$ 27,691.03

Tabla 242 Resumen de costos totales del proyecto para el año 1

Fuente: Elaboración propia

Los costos totales para el laboratorio de fabricación digital proyectado para cada año se presentan a continuación:

RESUMEN DE COSTOS TOTALES PARA EL LABORATORIO DE FABRICACION DIGITAL										
RUBRO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
COSTOS DE PRODUCCIÓN	\$25,964.50	\$30,050.70	\$33,854.81	\$37,694.72	\$41,336.42	\$44,978.12	\$48,619.82	\$52,261.52	\$55,903.22	\$59,544.92
COSTOS DE COMERCIALIZACIÓN	\$ 810.53	\$ 1,542.52	\$ 2,274.51	\$ 3,006.50	\$ 3,738.49	\$4,470.48	\$ 5,202.47	\$ 5,934.46	\$ 6,666.45	\$ 7,398.44
COSTOS ADMINISTRATIVOS	\$1,173.16	\$ 500.44	\$ 602.31	\$ 704.18	\$ 806.05	\$ 907.92	\$ 1,009.79	\$ 1,111.66	\$ 1,213.53	\$ 1,315.40
COSTOS FINANCIEROS	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
TOTAL (\$)	\$27,948.18	\$32,093.66	\$36,731.63	\$41,405.40	\$45,880.96	\$50,356.52	\$54,832.08	\$59,307.64	\$63,783.20	\$68,258.76

Tabla 243 Resumen de costos totales para el laboratorio de fabricación digital, años 1 al 10

Fuente: Elaboración propia

4.4.9 DETERMINACIÓN DE COSTOS FIJOS Y COSTOS VARIABLES DEL LABORATORIO

Un paso previo a la estimación de los costos unitarios de los servicios a ofertar en el laboratorio, es la clasificación de estos rubros en fijos y variables; para realizar esta tipificación es necesario determinar un criterio respecto del cual se realice dicha clasificación, el criterio a emplear en el presente estudio será el comportamiento de los costos respecto de las variaciones de los volúmenes de producción. A partir de este criterio, se definirán los costos fijos como aquellos que no varían si existen cambios en los niveles de producción; mientras que los costos variables varían según el comportamiento presentado por los niveles de producción (Academia MAT).

La clasificación de costos involucrados en las actividades del laboratorio en fijos y variable para un periodo de 10 años se presenta a continuación:

COSTOS FIJOS Y VARIABLES ANUALES PARA EL LFD																					
TIPO DE COSTO	RUBRO	AÑO 1		AÑO 2		AÑO 3		AÑO 4		AÑO 5		AÑO 6		AÑO 7		AÑO 8		AÑO 9		AÑO 10	
		CV	CF	CV	CF	CV	CF	CV	CF	CV	CF	CV	CF	CV	CF	CV	CF	CV	CF	CV	CF
COSTOS DE PRODUCCIÓN	Mano de obra directa	\$18,210.24		\$18,581.88		\$18,581.88		\$18,780.08		\$18,780.08		\$18,780.08		\$18,780.08		\$18,780.08		\$18,780.08		\$18,780.08	
	Materia prima	\$ 2,280.00		\$2,280.00		\$2,280.00		\$ 2,280.00		\$2,280.00		\$2,280.00		\$2,280.00		\$ 2,280.00		\$ 2,280.00		\$ 2,280.00	
	Materiales directos	\$ 194.32		\$ 267.19		\$ 267.19		\$ 267.19		\$ 267.19		\$ 267.19		\$ 267.19		\$ 267.19		\$ 267.19		\$ 267.19	
	Energía eléctrica	\$ 1,304.54		\$1,304.54		1,466.95		\$1,466.95		\$1,466.95		\$1,466.95		\$1,466.95		\$1,466.95		\$ 1,466.95		\$ 1,466.95	
	Agua potable		\$ 49.08		\$ 49.08		\$ 49.08		\$ 49.08		\$ 49.08		\$ 49.08		\$ 49.08		\$ 49.08		\$ 49.08		\$ 49.08
	Depreciación maquinaria y equipo de producción	\$ 3,533.69		\$7,067.39		\$10,601.08		\$14,134.77		\$17,668.4		\$21,202.1		\$24,735.		\$28,269.54		\$31,803.24		\$35,336.93	
	Depreciación mobiliario de producción	\$ 81.22		\$ 162.44		\$ 243.65		\$ 324.87		\$ 406.09		\$ 487.31		\$ 568.52		\$ 649.74		\$ 730.96		\$ 812.18	
	Depreciación equipo y herramientas de manejo de producto terminado	\$ 7.08		\$ 14.17		\$ 21.25		\$ 28.33		\$ 35.42		\$ 42.50		\$ 49.58		\$ 56.67		\$ 63.75		\$ 70.83	
	Depreciación equipo y materiales de higiene y seguridad	\$ 79.71		\$ 99.41		\$ 119.12		\$ 138.82		\$ 158.53		\$ 178.24		\$ 197.94		\$ 17.65		\$ 237.36		\$ 257.06	
	Equipo e instrumentos de limpieza		\$ 224.62		\$ 224.62		\$ 224.62		\$ 224.62		\$ 224.62		\$ 224.62		\$ 224.62		\$224.62		\$ 224.62		\$ 224.62
	SUB TOTAL	\$25,690.80	\$ 273.70	\$29,777.00	\$ 273.70	\$33,581.1	\$ 273.70	\$37,421.02	\$ 273.70	\$41,062.7	\$ 273.70	\$44,704.4	\$ 273.70	\$48,346.1	\$ 273.70	\$51,987.8	\$273.70	\$55,629.52	\$ 273.70	\$59,271.22	\$ 224.62
COSTOS DE COMERCIALIZACIÓN	Depreciación de equipos y mobiliario de comercialización	\$ 731.99		\$1,463.98		\$2,195.97		\$2,927.96		\$3,659.95		\$4,391.94		\$5,123.93		\$5,855.92		\$ 6,587.91		\$ 7,319.90	
	Material publicitario		\$ 78.54		\$ 78.54		\$ 78.54		\$ 78.54		\$ 78.54		\$ 78.54		\$ 78.54		\$ 78.54		\$ 78.54		\$ 78.54
	SUB TOTAL	\$ 731.99	\$ 78.54	\$1,463.98	\$ 78.54	\$2,195.97	\$ 78.54	\$2,927.96	\$ 78.54	\$3,659.95	\$ 78.54	\$4,391.94	\$ 78.54	\$5,123.93	\$ 78.54	\$5,855.92	\$ 78.54	\$ 6,587.91	\$ 78.54	\$7,319.90	\$ 78.54
COSTOS DE ADMINISTRACIÓN	DEPRECIACIÓN DE EQUIPO Y MOBILIARIO DE ADMINISTRACIÓN	\$ 42.86		\$ 85.71		\$ 128.57		\$ 171.42		\$ 214.28		\$ 257.14		\$ 299.99		\$ 342.85		\$ 385.70		\$ 428.56	
	SUMINISTROS ADMINISTRATIVOS		\$ 355.71		\$ 414.73		\$ 473.74		\$532.76		\$ 591.77		\$ 650.79		\$ 709.80		\$ 768.81		\$ 827.83		\$ 886.84
	ADMINISTRACIÓN DE INTANGIBLES		\$ 774.59		\$1,549.17		\$2,323.76		\$3,098.34		\$ 3,872.93		\$ 4,647.51		\$ 5,422.10		\$6,196.68		\$6,971.27		\$7,745.85
	SUB TOTAL	\$ 42.86	\$1,130.30	\$ 85.71	\$1,963.90	\$ 128.57	\$2,797.50	\$ 171.42	\$3,631.10	\$ 214.28	\$ 4,464.70	\$ 257.14	\$ 5,298.30	\$ 299.99	\$ 6,131.90	\$ 342.85	\$ 768.81	\$ 385.70	\$ 827.83	\$ 428.56	\$ 886.84
TOTAL COSTOS DEL LFD	\$26,465.64	\$26,465.64	\$1,482.53	\$31,326.70	\$2,316.13	\$35,905.65	\$3,149.73	\$40,520.40	\$3,983.33	\$44,936.95	\$4,816.93	\$49,353.50	\$5,650.53	\$53,770.04	\$6,484.13	\$,121.05	\$62,603.13	\$1,180.06	\$67,019.68	\$1,190.00	

Tabla 244 Costos fijos y variables para el laboratorio de fabricación digital, años 1 al 10

Fuente: Elaboración propia

4.4.10 COSTO UNITARIO DE LOS PRODUCTOS

Una vez establecido el detalle de los costos fijos y variables para la implementación y funcionamiento del laboratorio de fabricación digital se realiza el cálculo del costo unitario de cada uno de los servicios que serán ofertados, respetando la premisa de asignación por el método de absorción que carga todos los costos incurridos al total de servicios prestados mediante su precio.

Para estimar de forma más precisa el porcentaje de los costos a cargar a cada servicio en el laboratorio, es necesario estimar criterios que justifiquen dicha asignación mediante su relación con los servicios de diseño, escaneo e impresión 3D.

4.4.10.1. ASIGNACIÓN DE COSTOS ADMINISTRATIVOS

La asignación de costos administrativos a los servicios a ofertar en el laboratorio se realiza a partir de las funciones y operaciones administrativas del personal asignadas en el apartado estructura organizativa y recurso humano de la etapa de diseño del presente estudio. El primer paso para la asignación es identificar y cuantificar las funciones administrativas que relacionan con los servicios de impresión, escaneo y diseño 3D, posteriormente se estima el porcentaje de actividades común a cada servicio con el total de funciones en análisis y el número de funciones comunes; los resultados obtenidos se muestran a continuación:

FUNCIONES Y OPERACIONES COMÚNES			
Funciones y Operaciones	Escaneo 3D	Diseño 3D	Impresión 3D
Apoyar en la gestión de adquisiciones y contrataciones de equipo y material	X	X	X
Realizar conforme a la legislación universitaria el proceso de prestación de servicios a empresas	X	X	X
Velar por el cumplimiento del objetivo de funcionamiento del laboratorio	X	X	X
Planear y organizar las actividades de orientación al usuario	X	X	X
Promover y dar apoyo en estudios de Investigación Tecnológica y actividades de extensión universitaria	X	X	X
Participar en el análisis de los planes de estudio y evaluar nuevas propuestas en base a los servicios que pueda ofrecer el laboratorio	X	X	X

Realizar actividades de gestión administrativa relacionadas con y para el correcto funcionamiento del laboratorio	X	X	X
Coordinar los procesos de comunicaciones internos y externos del laboratorio	X	X	X
Realizar, coordinar y revisar las actividades académicas con los docentes encargados de cada práctica, a fin de programar, y asignar los recursos necesarios	X		X
Mantener en óptimas condiciones las instalaciones, maquinaria y equipo del laboratorio	X	X	X
Velar porque se cumpla el reglamento interno del uso del laboratorio	X	X	X
Elaborar informes de los logros del laboratorio, estableciendo indicadores de logro	X	X	X
Realizar la planificación de promoción del laboratorio	X	X	X
Dar asesoría o tutoría a usuarios	X		X
TOTAL DE OPERACIONES	14	12	14
% DE PARTICIPACIÓN	35%	30%	35%

Tabla 245 Funciones y operaciones administrativas comunes al laboratorio
Fuente: Elaboración propia

Del procedimiento anterior se obtiene que el 30% de los costos administrativos debe de cargarse a los servicios de escaneo 3D, el 30% al servicio de diseño 3D y finalmente el 35% restante al servicio de impresión 3D.

4.4.10.2. ASIGNACIÓN DE COSTOS DE COMERCIALIZACIÓN

Los costos de comercialización se repartirán de forma equitativa entre los 3 servicios de fabricación digital a ofertar, es decir que el porcentaje de participación para cada servicio será de 33.33% como se muestra:

COSTOS DE COMERCIALIZACIÓN				
Servicios	Escaneo 3D	Diseño 3D	Impresión 3D	TOTAL
% DE PARTICIPACIÓN	33.33%	33.33%	33.33%	100.00%

Tabla 246 Asignación de costos de comercialización para servicios del LFD
Fuente: Elaboración propia

4.4.10.3. ASIGNACIÓN DE COSTOS DE PRODUCCIÓN

El análisis para la asignación de costos de producción se realizó en función de la demanda de horas para cada uno de los servicios del laboratorio de fabricación digital, para los 3 segmentos

que componen el mercado consumidor del LFD: estudiantes de la carrera de ingeniería industrial de la Universidad de El Salvador en modalidad presencial y a distancia y empresas de manufactura.

Con la información obtenida de las proyecciones de la demanda de horas de trabajo por servicio exigida por el sector estudiantes, con el promedio de horas por servicio en los servicios ofertados por la competencia para el sector manufactura y la proyección de la demanda de este segmento, estimado en la etapa de diseño, se realizó el cálculo del número de horas demandadas anualmente para cada servicio a ofertar en el laboratorio, como se resume seguidamente:

SERVICIO/ MATERIA	TOTAL HORAS DEMANDADAS SECTOR ESTUDIANTIL PRESENCIAL	TOTAL HORAS DEMANDADAS SECTOR ESTUDIANTIL A DISTANCIA	TOTAL HORAS DEMANDADAS SECTOR EMPRESAS	TOTAL HORAS DEMANDADAS ANUALMENTE (HORAS/AÑO)	PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN POR SERVICIO
Impresión 3D	78	78	8	164	14%
Diseño 3D	282	282	8	572	49%
Asesoría en el desarrollo de productos usando TFD	107	107	4	218	19%
Escaneo 3D	107	107	10	224	19%
TOTAL DE HORAS	574	574	30	1178	100%

Tabla 247 Demanda de horas de servicio anuales para el laboratorio de fabricación digital

Fuente: Elaboración propia

A partir de estos datos se estima el porcentaje de horas de trabajo para cada servicio del total de horas de trabajo demandadas para el laboratorio, indicador que se denominará porcentaje de participación; para el servicio de impresión 3D se tiene que el 14% de las horas de trabajo del laboratorio serán destinadas exclusivamente a ese servicio, el 49% de las horas de trabajo se destinarán al servicio de diseño 3D y el 19% al servicio de escaneo 3D; si se observa con detenimiento se identificará que existe un cuarto servicio a ofertar en el análisis que posee el 19% restante del porcentaje de participación, esto se debe a que la asesoría en el desarrollo de productos puede involucrar cualquiera de los 3 servicios durante su desarrollo.

Para realizar el prorrateo final de los costos de producción es necesario recalcular el porcentaje de participación del total de horas de trabajo de cada servicio, asumiendo que el servicio de asesoría en el desarrollo de productos puede involucrar los 3 servicios de fabricación digital y

que por lo tanto su porcentaje de participación se distribuirá en tantos iguales para el resto de servicios, obteniendo un nuevo porcentaje de participación del total de horas de trabajo denominado porcentaje de participación ajustado, que es igual a la suma del porcentaje de participación de cada servicio más un tercio del porcentaje de participación del servicio de asesoría en el diseño de productos.

SERVICIO/ MATERIA	% DE PARTICIPACIÓN AJUSTADO
Impresión 3D	20.09%
Diseño 3D	54.73%
Escaneo 3D	25.18%
TOTAL	100.00%

Tabla 248 Porcentaje de participación ajustado para los servicios del LFD

Fuente: Elaboración propia

Este nuevo porcentaje ajustado indica el porcentaje de asignación de los costos de manufactura para los servicios de fabricación digital del laboratorio, se tiene que el 20.09% de los costos se asignarán al servicio de impresión 3D, el 54.73% se asignará al servicio de diseño 3D y el 25.18% restantes se cargarán al servicio de escaneo 3D.

La asignación de cada rubro de costos a cada servicio que se ofertará se presenta en el cuadro a continuación:

SERVICIOS/ TIPO DE COSTO	COSTOS DE PRODUCCIÓN	COSTOS DE COMERCIALIZACIÓN	COSTOS DE ADMINISTRACIÓN
Escaneo 3D	25.18%	33.33%	35.00%
Diseño 3D	54.73%	33.33%	30.00%
Impresión 3D	20.09%	33.33%	35.00%
TOTAL	100.00%	100.00%	100.00%

Tabla 249 Asignación de costos por rubro para cada servicio del LFD

Fuente: Elaboración propia

4.4.10.4. CÁLCULO DE COSTOS UNITARIOS POR SERVICIO DE FABRICACIÓN DIGITAL

Con la información del cálculo de la demanda del sector estudiantil, establecido en la etapa de diseño, se realiza el cálculo del número de trabajos⁹⁰ a prestar por materia y por laboratorio, tanto para modalidad presencial como modalidad distancia; este dato resulta de la multiplicación del número de piezas realizar por práctica de laboratorio por el número de grupos de trabajo por laboratorio y estos a su vez por el número de grupos de laboratorio por materia, obteniendo un total de 322 servicios a prestar en el primer año lectivo para la modalidad presencial, con una distribución por materia que se presenta seguidamente:

No.	ASIGNATURA	DEMANDA DE SERVICIOS
CICLO I		
1	Tecnología Industrial III (TIR-315)	135
2	Fundamentos de Economía (FDE-115)	40
3	Formulación y Evaluación de Proyectos (FEP -155)	4
4	Ingeniería de Métodos (IMT-115)	4
CICLO II		
1	Tecnología Industrial II (TIR-215)	10
2	Ofimática y Software para Ingeniería Industrial (OFI -115)	120
3	Mercadeo (MER-115)	3
4	Distribución en Planta (DIP-115)	4
5	Fundamentos de Economía (FDE-115)	2
TOTAL DE SERVICIOS⁹¹		322

Tabla 250 Demanda de servicios en modalidad del LFD modalidad presencial

Fuente: Elaboración propia

El número de servicios a prestar para la modalidad a distancia coincide con la demanda de la modalidad presencial, la diferencia en el cálculo del total de servicios requeridos radica en la incorporación gradual de las cátedras de la carrera de ingeniería industrial, hasta que en el

⁹⁰ Número de trabajos se refiere al número de unidades a escanear, imprimir o diseñar.

⁹¹ Número de trabajos se refiere al número de unidades a escanear, imprimir o diseñar.

quinto año de funcionamiento del laboratorio sean impartidas todas las materias del pensum 2017. La demanda total del número de trabajos de fabricación digital a prestar no es más que la suma aritmética del número de servicios del segmento a estudiantes en modalidad presencial y a distancia, resultando para el primer año que el número de servicios a prestar es de 325, incrementando gradualmente a medida se incorporan materias del nuevo pensum de estudio; hasta que dicha demanda se vuelve constante partir del año 5, con aproximadamente 644 unidades producidas al año, que es el periodo a partir del cual se impartirá de forma completa todas las asignaturas de la carrera.

AÑO	MATERIAS A IMPARTIR / DEMANDA (HORAS /CICLO)									DEMANDA AL AÑO MOD. A DISTANCIA	DEMANDA AL AÑO MOD. PRESENCIAL	DEMANDA TOTAL DE SERVICIOS AL AÑO
	Ofimática y Software para Ingeniería Industrial (OFI-115)	Tecnología Industrial I (TIR-115)	Tecnología Industrial II (TIR-215)	Tecnología Industrial III (TIR-315)	Fundamentos de Economía (FDE-115)	Ingeniería de Métodos (IMT-115)	Distribución en Planta (DIP-115)	Mercadeo (MER -115)	Formulación y Evaluación de Proyectos (FEP-115)			
1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	322	325
2	3	10	120	0	0	0	0	0	0	133	322	455
3	3	10	120	135	40	4	0	0	0	312	322	634
4	3	10	120	135	40	4	2	4	0	318	322	636
5	3	10	120	135	40	4	2	4	4	322	322	644
6	3	10	120	135	40	4	2	4	4	322	322	644
7	3	10	120	135	40	4	2	4	4	322	322	644
8	3	10	120	135	40	4	2	4	4	322	322	644
9	3	10	120	135	40	4	2	4	4	322	322	644
10	3	10	120	135	40	4	2	4	4	322	322	644

Tabla 251 Demanda total de servicios de fabricación digital a ofertar en el laboratorio.

Fuente: Elaboración propia

A partir de la información del número de servicios requeridos para el sector manufactura del apartado cálculo de demanda, desarrollado en el estudio técnico, se estima que se exigirá un promedio de 4 servicios de fabricación digital al mes, con un incremento anual del 2%. El cálculo total del número de servicios a prestar en el laboratorio se obtiene a partir de la suma aritmética de servicios a realizar para cada segmento.

DEMANDA TOTAL ANUAL DE SERVICIOS DE FABRICACIÓN DIGITAL DEL LABORATORIO DE LA EII (SERVICIOS / AÑO)			
AÑO	SECTOR ESTUDIANTIL	SECTOR EMPRESAS	TOTAL ANUAL
AÑO 1	325	0	325
AÑO 2	455	0	455
AÑO 3	624	48	672
AÑO 4	636	49	685
AÑO 5	644	50	694
AÑO 6	644	51	695
AÑO 7	644	53	697
AÑO 8	644	55	699
AÑO 9	644	57	701
AÑO 10	644	59	703

Tabla 252 Demanda total anual de servicios de fabricación digital

Fuente: Elaboración propia

Estos valores representan el total de servicios a prestar en el laboratorio sobre los cuales se repartirán todos los costos incurridos para la implementación y funcionamiento del mismo; procedimiento a partir del cual se realiza el estimado de los costos unitarios por servicio de fabricación digital a ofertar al mercado.

TIPO DE COSTO	COSTO UNITARIO ESCANE0 3D																			
	AÑO 1		AÑO 2		AÑO 3		AÑO 4		AÑO 5		AÑO 6		AÑO 7		AÑO 8		AÑO 9		AÑO 10	
	CV	CF	CV	CF	CV	CF	CV	CF	CV	CF	CV	CF	CV	CF	CV	CF	CV	CF	CV	CF
Costos de producción	\$ 19.91	\$ 0.21	\$28.19	\$ 0.26	\$ 12.58	\$ 0.10	\$ 13.76	\$ 0.10	\$ 14.90	\$ 0.10	\$ 16.20	\$ 0.10	\$ 17.47	\$ 0.10	\$ 18.73	\$18.13	\$ 19.99	\$ 0.10	\$ 21.23	\$ 0.08
Costos de comercialización	\$ 0.75	\$ 0.08	\$ 1.87	\$ 0.10	\$ 1.09	\$ 0.04	\$ 1.42	\$ 0.04	\$ 1.76	\$ 0.04	\$ 2.11	\$ 0.04	\$ 2.45	\$ 0.04	\$ 2.79	\$ 2.79	\$ 3.13	\$ 0.04	\$ 3.47	\$ 0.04
Costos de administración	\$ 0.05	\$ 1.22	\$ 0.11	\$ 0.07	\$ 0.07	\$ 1.46	\$ 0.09	\$ 1.86	\$ 0.11	\$ 2.25	\$ 0.13	\$ 2.46	\$ 0.15	\$ 3.49	\$ 0.17	\$ 0.17	\$ 0.19	\$ 3.89	\$ 0.21	\$ 4.30
Total costos por servicio	\$ 20.30	\$ 1.51	\$ 30.14	\$ 13.74	\$ 13.74	\$ 1.60	\$ 15.27	\$ 1.99	\$ 16.77	\$ 2.39	\$ 18.43	\$ 2.81	\$ 20.07	\$ 3.62	\$ 21.69	\$ 21.69	\$ 23.31	\$ 4.03	\$24.92	\$ 4.42
Total costos anuales	\$ 22.21		\$33.08		\$15.34		\$17.26		\$ 19.16		\$ 21.24		\$ 23.29		\$ 25.32		\$ 27.34		\$29.33	

Tabla 253 Costos fijos y variables para el servicio de escaneo 3D, años 1 al 10

Fuente: Elaboración propia

TIPO DE COSTO	COSTO UNITARIO DISEÑO 3D																			
	AÑO 1		AÑO 2		AÑO 3		AÑO 4		AÑO 5		AÑO 6		AÑO 7		AÑO 8		AÑO 9		AÑO 10	
	CV	CF	CV	CF	CV	CF	CV	CF	CV	CF	CV	CF	CV	CF	CV	CF	CV	CF	CV	CF
Costos de producción	\$43.26	\$ 0.46	\$61.62	\$ 0.56	\$27.35	\$ 0.22	\$29.00	\$ 0.22	\$32.38	\$0.22	\$35.20	\$ 0.22	\$37.96	\$ 0.21	\$40.70	\$ 0.21	\$43.43	\$ 0.21	\$46014	\$ 0.17
Costos de comercialización	\$ 0.75	\$ 0.08	\$ 1.83	\$ 0.10	\$ 1.09	\$ 0.04	\$ 1.42	\$ 0.04	\$ 1.76	\$0.04	\$ 2.11	\$0.04	\$ 2.45	\$ 0.04	\$ 2.79	\$ 0.04	\$ 3.13	\$ 0.04	\$ 3.47	\$ 0.04
Costos de administración	\$ 0.04	\$ 1.04	\$ 0.10	\$ 2.21	\$ 0.06	\$ 1.25	\$ 0.08	\$ 1.59	\$ 0.09	\$1.93	\$ 0.11	\$ 2.29	\$ 0.13	\$ 2.64	\$ 0.15	\$ 2.99	\$ 0.17	\$ 3.34	\$ 0.18	\$ 3.68
Total costos por servicio	\$44.05	\$ 1.58	\$63.19	\$ 2.88	\$28.49	\$ 1.51	\$31.40	\$ 1.85	\$34.23	\$2.18	\$37.42	\$ 2.54	\$40.54	\$ 2.89	\$43.64	\$ 3.24	\$46.73	\$ 3.59	\$49.79	\$ 3.90
Total costos anuales	\$45.63		\$66.07		\$30.00		\$33.24		\$36.41		\$39.96		\$43.43		\$46.68		\$50.32		\$53.69	

Tabla 254 Costos fijos y variables para el servicio de escaneo 3D, años 1 al 10

Fuente: Elaboración propia

TIPO DE COSTO	COSTO UNITARIO IMPRESIÓN 3D																			
	AÑO 1		AÑO 2		AÑO 3		AÑO 4		AÑO 5		AÑO 6		AÑO 7		AÑO 8		AÑO 9		AÑO 10	
	CV	CF	CV	CF	CV	CF	CV	CF	CV	CF	CV	CF	CV	CF	CV	CF	CV	CF	CV	CF
Costos de producción	\$15.88	\$ 0.17	\$22.49	\$ 0.21	\$10.04	\$ 0.08	\$10.98	\$ 0.08	\$11.89	\$ 0.08	\$12.92	\$ 0.08	\$13.94	\$ 0.08	\$14.94	\$ 0.08	\$ 15.94	\$ 0.08	\$16.94	\$ 0.06
Costos de comercialización	\$ 0.75	\$ 0.08	\$ 1.38	\$ 0.10	\$ 1.09	\$ 0.04	\$ 1.42	\$ 0.04	\$ 1.76	\$ 0.04	\$ 2.11	\$ 0.04	\$ 2.45	\$ 0.04	\$ 2.79	\$ 0.04	\$3.13	\$ 0.04	\$ 3.47	\$ 0.04
Costos de administración	\$ 0.05	\$ 1.22	\$ 0.11	\$ 2.58	\$ 0.07	\$ 1.46	\$ 0.09	\$ 1.86	\$ 0.11	\$ 2.25	\$ 0.13	\$ 2.64	\$ 0.15	\$ 3.08	\$ 0.17	\$ 3.49	\$0.19	\$ 3.89	\$ 0.21	\$ 4.30
Total costos por servicio	\$16.68	\$1.47	\$22.44	\$ 2.89	\$11.20	\$ 1.58	\$12.49	\$ 1.97	\$13.75	\$ 2.37	\$15.56	\$ 2.89	\$16.54	\$ 3.20	\$17.91	\$ 3.60	\$19.27	\$ 4.01	\$20.62	\$ 4.40
Total costos anuales	\$ 22.21		\$27.33		\$12.77		\$14.46		\$16.12		\$17.94		\$19.73		\$21.51		\$23.28		\$25.02	

Tabla 255 Costos fijos y variables para el servicio de impresión 3D, años 1 al 10

Fuente: Elaboración propia

Finalmente se calcula el costo unitario total para cada servicio por año de trabajo, recordando que este monto se obtiene de la suma de los costos variables y costos fijos anuales por cada servicio, obteniendo los resultados descritos a continuación:

SERVICIO/ AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Escaneo 3D	\$22.21	\$ 33.08	\$ 15.34	\$ 17.26	\$ 19.16	\$ 21.24	\$ 17.26	\$ 18.76	\$ 19.16	\$ 20.82
Diseño 3D	\$45.63	\$ 66.07	\$ 30.00	\$ 33.24	\$36.41	\$ 39.96	\$ 43.43	\$ 46.88	\$ 50.32	\$ 53.69
Impresión 3d	\$ 18.15	\$ 27.33	\$ 2.77	\$14.46	\$16.12	\$ 17.94	\$ 19.73	\$ 21.51	\$ 23.28	\$ 25.02

Tabla 256 Costos unitarios anuales para los servicios de fabricación digital

Fuente: Elaboración propia

Con el costo unitario anual de cada servicio a ofertar, se estima un valor promedio de los costos incurridos para cada servicio en el periodo en análisis, que será el costo unitario por cada proceso a desarrollar en el laboratorio. El costo del proceso de escaneo 3D es de \$20.43, mientras que para los servicios de diseño 3D e impresión 3D es de \$44.56 y \$19.63 respectivamente; partir de estos costos que se procede a realizar el cálculo del precio de venta para cada servicio.

SERVICIO/ AÑO	COSTO UNITARIO
ESCANEO 3D	\$ 20.43
DISEÑO 3D	\$ 44.56
IMPRESIÓN 3D	\$ 19.63

Tabla 257 Costos unitarios por servicio a ofertar en el LFD

Fuente: Elaboración propia

4.4. PRECIO DE VENTA

Para estimar tanto el ingreso por las ventas como los costos en que se incurre para ofrecer los servicios, se tomará como horizonte de tiempo un período de 10 años, tomando en cuenta los siguientes aspectos:

1. Por la naturaleza del proyecto el precio de venta vendrá determinado por los competidores que se encuentran actualmente en el mercado y que se estudiaron en el apartado anterior del mercado competidor; Sin embargo, a petición de los mismos; la identidad de cada uno de ellos se manejará estrictamente confidencial; nombrando cada uno de ellos como: competidor 1, competidor 2, competidor 3, competidor 4, etc.
2. El precio de venta está constituido por el precio de costo, que es lo que cuesta el prestar un servicio, y la utilidad, que es lo que se desea ganar.

El precio de venta viene dado por la suma del costo unitario total y el porcentaje deseado de utilidad o margen de contribución que se desee tener de los servicios.

MARGEN DE CONTRIBUCIÓN

El margen de utilidad será diferente respecto de un proyecto a otro y de un servicio a otro, es decir que debido al tipo de servicio y proyecto que un cliente en particular solicite y debido a los diferentes costos estimados de los mismos, además de los precios ya establecidos por la competencia, aun cuando algunos de éstos costos se encuentren por debajo de los de la competencia a partir de ello se establecen a continuación los márgenes y precios de los servicios de los competidores y los propuestos para el laboratorio de Fabricación Digital:

Para estimar los precios siguientes se basa en las estimaciones siguientes:

1. Una bobina de material de impresión PLA de 1 Kg de masa, 1.25 g/cm³, 800 cm³, 1.75mm de diámetro equivale aproximadamente a: 335 metros lineales de material
2. Una bobina de material de impresión ABS de 1 Kg de masa, 1.05 g/cm³, 952 cm³, 2.95 mm de diámetro equivale aproximadamente a 140 metros lineales de material.
3. En promedio un proyecto según la demanda de materia prima costeadada anteriormente necesitará de 36 cm³ de material para ejecutarse, aproximadamente

Por lo tanto,

Material de impresión	Consumo en cm ³ por proyecto	Consumo en metros lineales por proyecto	Costo (\$/36cm ³)	Costo por metro lineal	Costo por cm ³
PLA	36 cm ³	14.97	\$17.32	\$1.15	\$0.48
ABS	36 cm ³	5.27	\$17.32	\$3.28	\$0.48

Tabla 258 Costo Unitario de servicio

Fuente: Elaboración Propia

	SERVICIO								
	ESCANEEO 3D (\$/h)		DISEÑO 3D (\$/h)				IMPRESIÓN 3D (\$/m lineal)		
Costo unitario del servicio	\$18.73		\$42.58				ABS	PLA	
	Margen de utilidad	25%		25%				25%	25%
Precio de Venta	Comp 1	Comp 2	Comp 3	Comp 4	Comp 1	Comp 2	Comp 3	Comp 4	
	\$80.00	\$65.00	\$40.00	\$75.00	\$5.00	\$3.00	\$4.00	\$7.50	
Precio estimado	\$23.41	\$53.23				\$4.10		\$1.44	
Precio de venta sugerido	\$60.00		\$70.00				\$3.00		\$3.00
Porcentaje de utilidad	320%		65%				-8%		77%
						\$/cm ³			
						\$ 0.85			

Tabla 259 Precio de venta de los servicios del Laboratorio de Fabricación Digital

Fuente: Elaboración Propia.

De la tabla anterior se establece que el costo que no se logra cubrir por ejemplo para la impresión de 3D utilizando material ABS a un costo de \$3.20 el metro lineal versus un precio de venta de \$3.00 para competir con el competidor que más barato vende; será un costo que se podrá recuperar con el margen de ganancia de los otros servicios. Un dato clave para la asignación de éstos precios y márgenes de contribución fue dado por parte de uno de los competidores, el que más barato vende; quien manifestó que los márgenes de contribución que el sector maneja están entre el 200% y 400%.

Es importante señalar que los precios de proyectos de otros estudiantes del Alma Mater ajenos a la carrera de Ingeniería Industrial y de la misma pero que soliciten servicios por proyecto serán ofertados al costo, es decir el estudiante tendrá que cancelar el valor en dinero del costo del metro lineal, o cm³ consumido.

4.5. ESTIMACIÓN DE INGRESOS Y EGRESOS FUTUROS

Para estimar tanto el ingreso por las ventas como los costos en que se incurre para prestar un servicio, se tomará como horizonte de tiempo un período de 10 años.

4.5.1.INGRESOS FUTUROS

Para la estimación de las ventas futuras, se ha tomado en cuenta los siguientes aspectos:

1. Proyección de las ventas futuras de cada tipo de servicio para los años proyectados, consensuadas en la etapa técnica del estudio.
2. Precio de venta para cada uno de los servicios, descritos anteriormente en esta etapa.
3. Inflación Porcentual Anual.
4. La inflación en los precios proyectada para los siguientes 10 años.

AÑO	INFLACIÓN	AÑO	INFLACIÓN
2015	1.00%	2021	1.50%
2016	1.40%	2022	1.50%
2017	2.70%	2023	1.50%
2018	1.40%	2024	1.50%
2019	1.30%	2025	1.50%
2020	1.20%	2026	1.50%

Tabla 260 Inflación de precios proyectada en los siguientes 10 años

Fuente: Marco Fiscal 2015-2025, Ministerio de Hacienda

5. La demanda del sector estudiantes que soliciten los servicios para la realización de proyectos, la demanda de servicios del sector empresas manufactureras, datos que fueron estimados en el apartado del cálculo de la demanda, incorporando una serie de consideraciones establecidas en la etapa de diseño se tiene:

DEMANDA DE SERVICIOS DE ESTUDIANTES

La demanda de servicios por los estudiantes que realicen proyectos de asignaturas es tomada a partir del cálculo de la demanda del sector estudiantil, anteriormente realizado, a continuación, se muestran las demandas de servicios de impresión 3D, escaneo 3D y diseño 3D demandados por materia para el año 1 y proyectada hasta 10 años:

DEMANDA DE SERVICIOS DE IMPRESIÓN 3D ESTUDIANTES AÑO 1				
MATERIA	NÚMERO DE SERVICIOS POR MATERIA	NÚMERO DE GRUPOS DE LABORATORIO	NÚMERO DE TRABAJOS POR GRUPO DE LABORATORIO	SERVICIOS DEMANDADOS POR MATERIA
Tecnología Industrial III	1	3	15	15
Fundamentos de Economía	1	10	20	20
Formulación y Evaluación de Proyectos	1	1	4	4
Ingeniería de Métodos	1	1	20	20
Mercadeo	1	1	4	4
Distribución en Planta	1	1	2	2
TOTAL				65

Tabla 261 Demanda de servicios de impresión 3D para estudiantes año 1
Fuente: Elaboración propia

DEMANDA DE SERVICIOS DE DISEÑO 3D ESTUDIANTES AÑO 1						
MATERIA	NÚMERO DE SERVICIOS POR MATERIA	NÚMERO DE GRUPOS DE LABORATORIO	NÚMERO DE TRABAJOS POR GRUPO DE LABORATORIO	SERVICIOS DEMANDADOS POR MATERIA	NÚMERO PROMEDIO DE HORAS DE DISEÑO 3D ⁹²	TOTAL DE HORAS DE DISEÑO 3D
Tecnología Industrial III	1	3	15	1	8	8
Fundamentos de Economía	2	10	40	2	8	16
Formulación y Evaluación de Proyectos	1	1	4	1	8	8
Ingeniería de Métodos	1	1	40	1	8	8
Mercadeo	1	1	4	1	8	8
Distribución en Planta	1	1	2	1	8	8
TOTAL				7	8	56

Tabla 262 Demanda de servicios de diseño 3D para estudiantes año 1

Fuente: Elaboración propia

⁹² Dato estimado proporcionado por el técnico del laboratorio de prototipado rápido de la Universidad Don Bosco

DEMANDA DE SERVICIOS DE ESCANEO 3D A ESTUDIANTES AÑO 1						
MATERIA	NÚMERO DE SERVICIOS POR MATERIA	NÚMERO DE GRUPOS DE LABORATORIO	NÚMERO DE TRABAJOS POR GRUPO DE LABORATORIO	SERVICIOS DEMANDADOS POR MATERIA	NÚMERO PROMEDIO DE HORAS DE ESCANEO ⁹³	TOTAL DE HORAS DE ESCANEO
Tecnología Industrial II	1	3	15	15	4	60
Fundamentos de Economía	0	0	0	0	4	0
Formulación y Evaluación de Proyectos	1	1	4	4	4	16
Ingeniería de Métodos	0	0	0	0	4	0
Mercadeo	1	1	4	4	4	16
Distribución en Planta	0	0	0	0	4	0
TOTAL				23	4	92

Tabla 263 Demanda de servicios de escaneo para estudiantes año 1

Fuente: Elaboración propia

Con las estimaciones de servicios de estudiantes para un año, se procede a proyectar la demanda de servicios para los próximos 10 años, es importante señalar que la estimación de ventas de servicios no presenta incrementos año con año debido a que históricamente los niveles de matrícula de la carrera de Ingeniería Industrial han ido disminuyendo (Ver anexo), además la cantidad y cupos por materia y grupo de laboratorio está sujeto a las capacidades de recursos físicos para grupos ya establecidos. Como se muestra a continuación:

AÑO	SECTOR ESTUDIANTES	IMPRESIÓN 3D	ESCANEAO 3D	DISEÑO 3D
AÑO 1	213	65	92	56
AÑO 2	213	65	92	56
AÑO 3	213	65	92	56
AÑO 4	213	65	92	56
AÑO 5	213	65	92	56
AÑO 6	213	65	92	56
AÑO 7	213	65	92	56
AÑO 8	213	65	92	56
AÑO 9	213	65	92	56
AÑO 10	213	65	92	56

Tabla 264 Demanda de servicios del sector estudiante para los próximos 10 años

Fuente: Elaboración propia

⁹³Dato estimado proporcionado por el técnico del laboratorio de prototipado rápido de la Universidad Don Bosco

DEMANDA DE SERVICIOS DE EMPRESAS MANUFACTURERAS

Las ventas futuras para el sector empresas se estimó en base a las proyecciones de ventas antes realizado en el cálculo de la demanda de servicios del laboratorio de fabricación digital, incorporando según datos proporcionados por el técnico del Laboratorio de Prototipado Rápido de la Universidad Don Bosco, que la impresión 3D tiene un porcentaje de demanda del 50% versus un 50% para los servicios de diseño y escaneo 3D repartido en partes iguales. A continuación se muestra las proyecciones de ventas para el sector empresa:

AÑO	IMPRESIÓN 3D (50%)		ESCANEEO 3D (25%)			DISEÑO 3D		
	SECTOR EMPRESAS	DEMANDA DE SERVICIOS	DEMANDA DE SERVICIOS	HORAS PROMEDIO POR SERVICIO ⁹⁴	DEMANDA EN HORAS	DEMANDA DE SERVICIOS	HORAS PROMEDIO POR SERVICIO ⁹⁵	DEMANDA EN HORAS
AÑO 1	0							
AÑO 2	0							
AÑO 3	48	24	12	4	48	12	8	96
AÑO 4	49	24.5	12.25	4	49	12.25	8	98
AÑO 5	50	25	12.5	4	50	12.5	8	100
AÑO 6	51	25.5	12.75	4	51	12.75	8	102
AÑO 7	53	26.5	13.25	4	53	13.25	8	106
AÑO 8	55	27.5	13.75	4	55	13.75	8	110
AÑO 9	57	28.5	14.25	4	57	14.25	8	114
AÑO 10	59	29.5	14.75	4	59	14.75	8	118

Tabla 265 Proyecciones de ventas de servicios del LFD

4.5.1.1. ESTIMACIÓN DE INGRESOS

La estimación de ingresos por ventas futuras se realizó por semestres para el año 1 debido a la calendarización académica de las actividades de la facultad de Ingeniería y Arquitectura y de la carrera de Ingeniería Industrial que se hacen cada año divididas para ciclo I y ciclo II. Es importante mencionar que los ingresos por ventas del año 1 son exclusivamente del sector estudiantes que demanden proyectos los servicios de fabricación digital ofertados por el laboratorio a través de los proyectos de asignaturas (proyectos ex aulas), esto debido a que la venta de servicios a empresas se proyecta que inicien hasta el año 2.

⁹⁴ Dato estimado proporcionado por el técnico del laboratorio de proptotipado rápido de la Universidad Don Bosco

⁹⁵ Dato estimado proporcionado por el técnico del laboratorio de proptotipado rápido de la Universidad Don Bosco

INGRESO POR VENTAS AÑO1								
RUBRO	SERVICIO	SEMESTRE 1			SEMESTRE 2			TOTAL AÑO 1
		VENTAS PROYECTADAS	PRECIO	TOTAL EN \$	VENTAS PROYECTADAS	PRECIO	TOTAL EN \$	
Estudiantes	Impresión 3D	34	\$ 17.32	\$ 588.88	31	\$ 17.32	\$ 536.92	\$ 1,125.80
	Escaneo 3D	76	\$ 18.73	\$1,423.48	16	\$ 18.73	\$ 299.68	\$ 1,723.16
	Diseño 3D	24	\$ 42.58	\$1,021.92	32	\$ 42.58	\$1,362.56	\$ 2,384.48
TOTAL		134		\$3,034.28	79		\$2,199.16	\$ 5,233.44

Tabla 266 Ingresos por ventas año 1
Fuente: Elaboración Propia

Los ingresos mayores que se espera obtener para el año 1 viene en su mayoría dado por los ingresos derivados de la venta de servicios de diseño 3D, que, aunque es el servicio con menos ventas debido a su valor monetario generan mayores ingresos comparados con los otros servicios; el monto de ingreso asciende a los \$2,384.48 versus un monto de \$1,125.80 para impresión 3D, y \$1723.16 para escaneo 3D. Con el detalle de ingresos por ventas para el año 1 se muestra los ingresos estimados por cada servicio para los 10 años de estudio del proyecto.

INGRESOS POR VENTAS							
IMPRESIÓN 3D							
	Precio de Venta Empresas	Precio de venta Estudiantes	Ventas Proyectadas Empresas (Servicios)	Ventas Proyectadas Estudiantes(Servicios)	Ingreso por ventas Empresas	Ingreso por ventas Estudiantes	Total Ingreso
Año 1	\$ 30.64	\$ 17.32		65.00		\$ 1,125.80	\$ 1,125.80
Año 2	\$ 31.47	\$ 17.56		65.00		\$ 1,141.56	\$ 1,141.56
Año 3	\$ 31.91	\$ 17.79	24.00	65.00	\$ 765.79	\$ 1,156.40	\$ 1,922.19
Año 4	\$ 32.35	\$ 18.00	24.50	65.00	\$ 792.6	\$ 1,170.28	\$ 1,962.96
Año 5	\$ 32.78	\$ 18.27	25.00	65.00	\$ 819.38	\$ 1,187.83	\$ 2,007.21
Año 6	\$ 33.17	\$ 18.55	25.50	65.00	\$ 845.80	\$ 1,205.65	\$ 2,051.45
Año 7	\$ 33.67	\$ 18.83	26.50	65.00	\$ 892.15	\$ 1,223.73	\$ 2,115.88
Año 8	\$ 34.17	\$ 19.11	27.50	65.00	\$ 939.70	\$ 1,242.09	\$ 2,181.79
Año 9	\$ 34.68	\$ 19.40	28.50	65.00	\$ 988.48	\$ 1,260.72	\$ 2,249.20
Año 10	\$ 35.20	\$ 19.69	29.50	65.00	\$ 1,038.51	\$ 1,279.63	\$ 2,318.14
						\$ 11,993.70	\$ 19,076.19

Tabla 267 Estimación de ingresos por ventas por servicios de impresión 3D para 10 años

Fuente: Elaboración propia

INGRESOS POR VENTAS							
ESCANEÓ 3D							
	PRECIO DE VENTA EMPRESAS	PRECIO DE VENTA ESTUDIANTE S (POR HORA)	VENTAS PROYECTADAS EMPRESAS(HORAS)	VENTAS PROYECTADAS ESTUDIANTE S (HORAS)	INGRESO POR VENTAS EMPRESAS	INGRESO POR VENTAS ESTUDIANTE S	TOTAL INGRESO
Año 1	\$ 60.00	\$ 18.73		92.00		\$ 1,723.16	\$1,723.16
Año 2	\$ 60.84	\$ 18.99		92.00		\$ 1,747.28	\$1,747.28
Año 3	\$ 61.63	\$ 19.24	48.00	92.00	\$ 2,958.28	\$ 1,770.00	\$4,728.28
Año 4	\$ 62.37	\$ 19.47	49.00	92.00	\$ 3,056.15	\$ 1,791.24	\$4,847.39
Año 5	\$ 63.31	\$ 19.76	50.00	92.00	\$ 3,165.30	\$ 1,818.11	\$4,983.41
Año 6	\$ 64.26	\$ 20.06	51.00	92.00	\$ 3,277.04	\$ 1,845.38	\$5,122.42
Año 7	\$ 65.22	\$ 20.36	53.00	92.00	\$ 3,456.63	\$ 1,873.06	\$5,329.69
Año 8	\$ 66.20	\$ 20.66	55.00	92.00	\$ 3,640.88	\$ 1,901.16	\$5,542.03
Año 9	\$ 67.19	\$ 20.97	57.00	92.00	\$ 3,829.87	\$ 1,929.67	\$5,759.54
Año 10	\$ 68.20	\$ 21.29	59.00	92.00	\$ 4,023.72	\$ 1,958.62	\$5,982.34
						\$ 18,357.68	\$45,765.55

Tabla 268 Estimación de ingresos por ventas por servicios de escaneo 3D para 10 años

Fuente: Elaboración propia

INGRESOS POR VENTAS							
DISEÑO 3D							
	PRECIO DE VENTA EMPRESAS (POR HORA)	PRECIO DE VENTA ESTUDIANTES (POR HORA)	VENTAS PROYECTADAS EMPRESAS (HORAS)	VENTAS PROYECTADAS ESTUDIANTES (HORAS)	INGRESO POR VENTAS EMPRESAS	INGRESO POR VENTAS ESTUDIANTES	TOTAL INGRESO
Año 1	\$ 70.00	\$ 42.58		56.00		\$ 2,384.48	\$ 2,384.48
Año 2	\$ 70.98	\$ 43.18		56.00		\$ 2,417.86	\$ 2,417.86
Año 3	\$ 71.90	\$ 43.74	96.00	56.00	\$ 6,902.66	\$ 2,449.29	\$ 9,351.96
Año 4	\$ 72.77	\$ 44.26	98.00	56.00	\$ 7,131.03	\$ 2,478.69	\$ 9,609.71
Año 5	\$ 73.86	\$ 44.93	100.00	56.00	\$ 7,385.71	\$ 2,515.87	\$ 9,901.57
Año 6	\$ 74.96	\$ 45.60	102.00	56.00	\$ 7,646.42	\$ 2,553.60	\$10,200.03
Año 7	\$ 76.09	\$ 46.28	106.00	56.00	\$ 8,065.47	\$ 2,591.91	\$10,657.38
Año 8	\$ 77.23	\$ 46.98	110.00	56.00	\$ 8,495.38	\$ 2,630.79	\$11,126.17
Año 9	\$ 78.39	\$ 47.68	114.00	56.00	\$ 8,936.37	\$ 2,670.25	\$11,606.62
Año 10	\$ 79.57	\$ 48.40	118.00	56.00	\$ 9,388.67	\$ 2,710.30	\$12,098.98
					\$ 63,951.71	\$ 25,403.04	\$89,354.76

Tabla 269 Estimación de ingresos por ventas por servicios de diseño 3D para 10 años

Fuente: Elaboración propia

RESUMEN DE ESTIMACIÓN DE INGRESOS FUTUROS

INGRESOS POR VENTAS PARA EL LABORATORIO DE FABRICACIÓN DIGITAL				
AÑOS DE ESTUDIO	IMPRESIÓN 3D	ESCANEEO 3D	DISEÑO 3D	TOTAL
Año 1	\$ 1,125.80	\$ 1,723.16	\$ 2,384.48	\$ 5,233.44
Año 2	\$ 1,141.56	\$ 1,747.28	\$ 2,417.86	\$ 5,306.71
Año 3	\$ 1,922.19	\$ 4,728.28	\$ 9,351.96	\$ 16,002.43
Año 4	\$ 1,962.96	\$ 4,847.39	\$ 9,609.71	\$ 16,420.07
Año 5	\$ 2,007.21	\$ 4,983.41	\$ 9,901.57	\$ 16,892.19
Año 6	\$ 2,051.45	\$ 5,122.42	\$ 10,200.03	\$ 17,373.89
Año 7	\$ 2,115.88	\$ 5,329.69	\$ 10,657.38	\$ 18,102.96
Año 8	\$ 2,181.79	\$ 5,542.03	\$ 11,126.17	\$ 18,849.99
Año 9	\$ 2,249.20	\$ 5,759.54	\$ 11,606.62	\$ 19,615.36
Año 10	\$ 2,318.14	\$ 5,982.34	\$ 12,098.98	\$ 20,399.46
TOTAL				\$ 154,196.50

Tabla 270 Estimación de ingresos futuros para el laboratorio para 10 años.

Fuente: Elaboración propia

El comportamiento de los ingresos que se observa para los siguientes años de igual manera viene en su mayoría dado por los ingresos derivados de la venta de servicios de diseño 3D, que, aunque es el servicio con menos ventas debido a su valor monetario generan mayores ingresos comparados con los otros servicios.

4.6. ESTIMACIÓN DE LOS EGRESOS

La estimación de ingresos se realizó en base las unidades a planificar prestar que se estimó en el apartado del cálculo de las unidades buenas a planificar producir en el capítulo de diseño, a continuación, se presenta la estimación de los egresos para los 10 años de estudio.

ESTIMACIÓN DE EGRESOS FUTUROS										
AÑOS DE ESTUDIO	IMPRESIÓN 3D (SERV.)	COSTO DEL SERV.	TOTAL	ESCANEEO 3D (HR DE SERV)	COSTO DEL SERV.	TOTAL	DISEÑO 3D (HR DE SERV)	COSTO DEL SERV.	TOTAL	TOTAL
Año 1	68	\$ 17.32	\$1,177.76	92	\$18.73	\$1,723.16	56	\$ 42.58	\$2,384.48	\$ 5,285.40
Año 2	68	\$ 17.56	\$1,194.25	92	\$18.99	\$1,747.28	56	\$ 43.18	\$2,417.86	\$ 5,359.40
Año 3	94	\$ 17.79	\$1,672.33	140	\$19.24	\$2,693.48	152	\$ 43.74	\$6,648.09	\$11,013.90
Año 4	95	\$ 18.00	\$1,710.41	141	\$19.47	\$2,745.27	154	\$ 44.26	\$6,816.39	\$11,272.06
Año 5	95	\$ 8.27	\$1,736.06	142	\$19.76	\$2,806.21	156	\$ 44.93	\$7,008.49	\$11,550.76
Año 6	96	\$ 18.55	\$1,780.65	143	\$20.06	\$2,868.36	158	\$ 45.60	\$7,204.81	\$11,853.83
Año 7	97	\$ 18.83	\$1,826.19	145	\$20.36	\$2,952.11	162	\$ 46.28	\$7,498.02	\$12,276.32
Año 8	98	\$ 19.11	\$1,872.69	147	\$20.66	\$3,037.72	166	\$ 46.98	\$7,798.41	\$12,708.81
Año 9	99	\$ 19.40	\$1,920.18	149	\$20.97	\$3,125.23	170	\$ 47.68	\$8,106.11	\$13,151.52
Año 10	100	\$ 9.69	\$1,968.67	151	\$21.29	\$3,214.69	174	\$ 48.40	\$8,421.30	\$13,604.65
TOTAL			\$16,859.19			\$ 26,913.50			\$64,303.96	\$108,076.64

Tabla 271 Estimación de egresos futuros para el laboratorio de fabricación digital

Fuente: Elaboración propia

4.7. ESTIMACIÓN DE PÉRDIDAS Y GANANCIAS

ESTIMACIÓN DE PERDIDAS Y GANANCIAS										
AÑO	IMPRESIÓN 3D			ESCANEADO 3D			DISEÑO 3D			TOTAL
	EGRESO	INGRESO	PERDIDA/ GANANCIA	EGRESO	INGRESO	PERDIDA/ GANANCIA	EGRESO	INGRESO	PERDIDA/ GANANCIA	
AÑO 1	\$ 1,177.76	\$ 1,125.80	-\$ 51.96	\$ 1,723.16	\$ 1,723.16	\$ -	\$ 2,384.48	\$ 2,384.48	\$ -	-\$ 51.96
AÑO 2	\$ 1,194.25	\$ 1,141.56	-\$ 52.69	\$ 1,747.28	\$ 1,747.28	\$ -	\$ 2,417.86	\$ 2,417.86	\$ -	-\$ 52.69
AÑO 3	\$ 1,672.33	\$ 1,922.19	\$ 249.85	\$ 2,693.48	\$ 4,728.28	\$ 2,034.81	\$ 6,648.09	\$ 9,351.96	\$ 2,703.87	\$ 4,988.53
AÑO 4	\$ 1,710.41	\$ 1,962.96	\$ 252.56	\$ 2,745.27	\$ 4,847.39	\$ 2,102.12	\$ 6,816.39	\$ 9,609.71	\$ 2,793.32	\$ 5,148.01
AÑO 5	\$ 1,736.06	\$ 2,007.21	\$ 271.15	\$ 2,806.21	\$ 4,983.41	\$ 2,177.20	\$ 7,008.49	\$ 9,901.57	\$ 2,893.09	\$ 5,341.44
AÑO 6	\$ 1,780.65	\$ 2,051.45	\$ 270.79	\$ 2,868.36	\$ 5,122.42	\$ 2,254.06	\$ 7,204.81	\$ 10,200.03	\$ 2,995.21	\$ 5,520.06
AÑO 7	\$ 1,826.19	\$ 2,115.88	\$ 289.69	\$ 2,952.11	\$ 5,329.69	\$ 2,377.59	\$ 7,498.02	\$ 10,657.38	\$ 3,159.36	\$ 5,826.64
AÑO 8	\$ 1,872.69	\$ 2,181.79	\$ 309.10	\$ 3,037.72	\$ 5,542.03	\$ 2,504.32	\$ 7,798.41	\$ 11,126.17	\$ 3,327.76	\$ 6,141.18
AÑO 9	\$ 1,920.18	\$ 2,249.20	\$ 329.03	\$ 3,125.23	\$ 5,759.54	\$ 2,634.31	\$ 8,106.11	\$ 11,606.62	\$ 3,500.50	\$ 6,463.84
AÑO 10	\$ 1,968.67	\$ 2,318.14	\$ 349.48	\$ 3,214.69	\$ 5,982.34	\$ 2,767.65	\$ 8,421.30	\$ 12,098.98	\$ 3,677.68	\$ 6,794.80
TOTAL	\$ 16,859.19	\$ 19,076.19	\$ 2,217.01	\$26,913.50	\$45,765.55	\$18,852.05	\$ 64,303.96	\$ 89,354.76	\$ 25,050.80	\$ 46,119.86

Tabla 272 Estimación de las pérdidas y ganancias para el laboratorio de fabricación digital para 10 años

Fuente: Elaboración propia

4.8. FLUJO DE EFECTIVO

Para determinar la capacidad que tendrá el laboratorio de fabricación digital, para generar el efectivo que le permita cumplir con sus obligaciones inmediatas y directas, para el lanzamiento de nuevos proyectos de inversión y expansión; se presenta a continuación el estado de flujo de efectivo para 10 años:

ESTADO DE FLUJO DE EFECTIVO												
RUBRO	SEMESTRE 1	SEMESTRE 2	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
(+) Ingreso por ventas	\$ 3,034.28	\$ 2,199.16	\$ 5,233.44	\$ 5,306.71	\$16,002.43	\$16,420.07	\$16,892.19	\$17,373.89	\$18,102.96	\$ 18,849.99	\$19,615.36	\$ 20,399.46
(-) Costo de producción	\$12,891.43	\$13,073.07	\$ 25,964.50	\$30,050.70	\$33,854.81	\$37,694.72	\$44,978.12	\$44,978.12	\$48,619.82	\$ 52,261.52	\$55,903.22	\$ 59,544.92
(=) Utilidad Bruta	\$ 9,857.15	\$10,873.91	\$-20,731.06	\$24,743.99	\$17,852.38	\$21,274.65	\$28,085.92	\$27,604.23	\$30,516.86	\$ -33,411.53	\$36,287.85	\$-39,145.46
(-) Costo de comercialización	\$ 405.26	\$ 405.26	\$ 810.53	\$ 1,542.52	\$ 2,274.51	\$ 3,006.50	\$ 3,738.49	\$ 4,470.48	\$ 5,202.47	\$ 5,934.46	\$ 6,666.45	\$ 7,398.44
(-) Costo de administración	\$ 1,173.16	\$ 2,049.61	\$ 2,926.07	\$ 3,802.52	\$ 4,678.98	\$ 5,555.43	\$ 6,431.89	\$ 7,308.34	\$ 8,184.80	\$ 9,061.25	\$ 1,213.53	\$ 1,315.40
(=) Utilidad antes de impuesto	\$11,435.57	\$13,328.78	\$-24,467.65	\$30,089.03	\$24,805.86	\$29,836.58	\$38,256.30	\$39,383.05	\$43,904.12	\$ -48,407.24	\$44,167.83	\$-47,859.30
(-) Impuesto sobre la renta 30%	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
(=) Utilidad neta del período	\$11,435.57	\$13,328.78	\$-24,467.65	\$30,089.03	\$24,805.86	\$29,836.58	\$38,256.30	\$39,383.05	\$-43,904.12	\$ -48,407.24	\$44,167.83	\$-47,859.30
(+) Depreciación de maquinaria y equipo	\$ 685.63	\$ 685.63	\$ 1,371.27	\$ 7,343.40	\$10,985.10	\$14,626.80	\$18,268.50	\$21,910.20	\$25,551.90	\$ 29,193.60	\$36,477.00	\$ 36,477.00
(=) FNE	\$10,749.93	\$12,643.15	\$-23,096.38	\$22,745.63	\$13,820.76	\$15,209.78	\$19,987.80	\$17,472.85	\$18,352.23	\$ -19,213.64	\$ 7,690.84	\$-11,382.31

Tabla 273 Flujo neto de efectivo para el laboratorio de fabricación digital

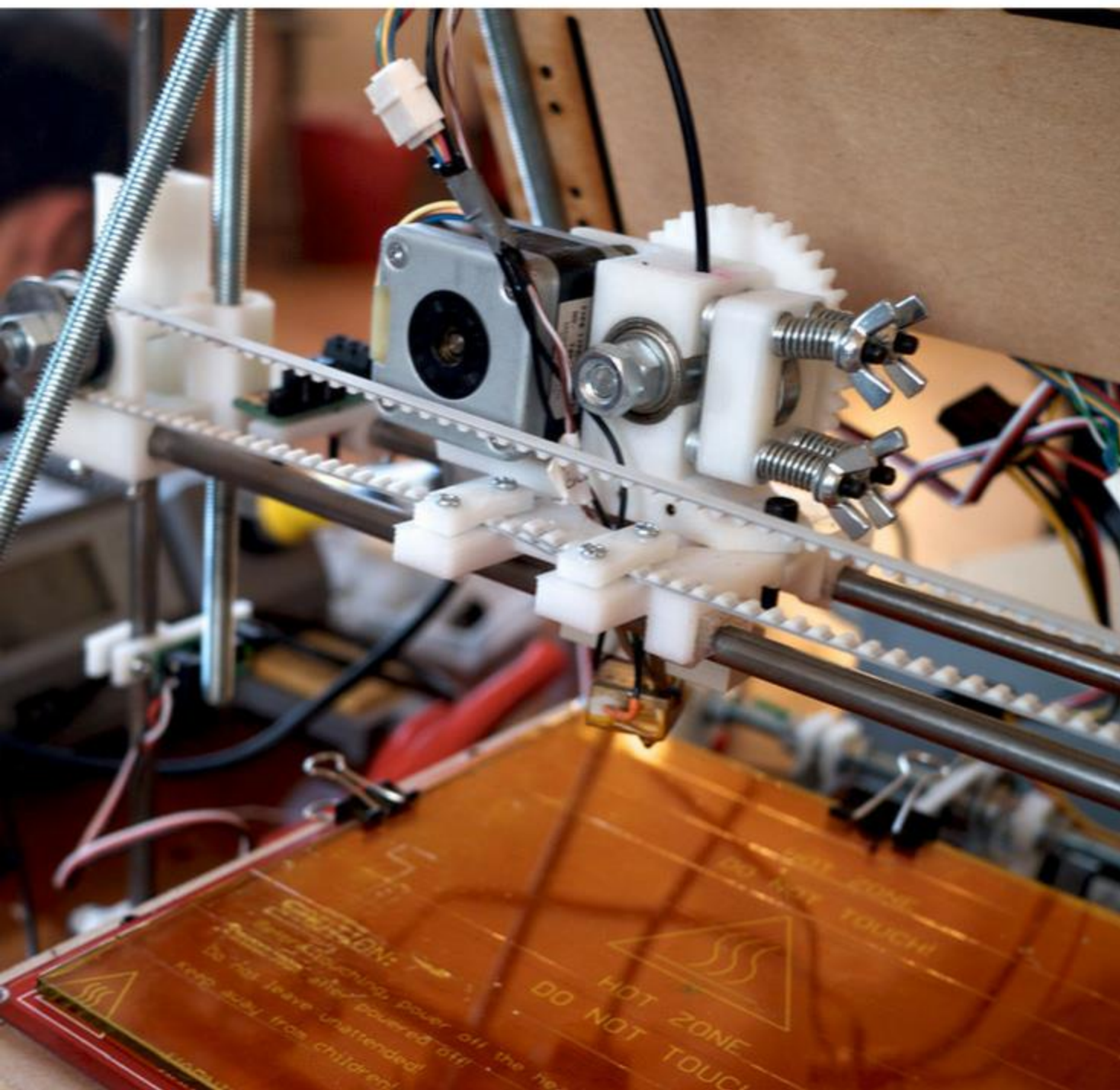
Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos del flujo de efectivo neto dictan indiscutiblemente que el proyecto no es económicamente factible. Sin embargo, es importante hacer mención del enfoque o la razón de ser del Laboratorio de Fabricación Digital, ya que éste conlleva a un enfoque meramente social; el cuál arroja una serie de beneficios los cuales serán expuestos en la evaluación social del proyecto y el análisis beneficio/costo del mismo.

Los ingresos obtenidos a través de la venta de servicios son considerados un valor agregado para el Alma Mater, que si bien es cierto pueden o no ser significativos para la universidad, el laboratorio no será implementado para ser auto sostenible

EVALUACIONES

Capítulo V

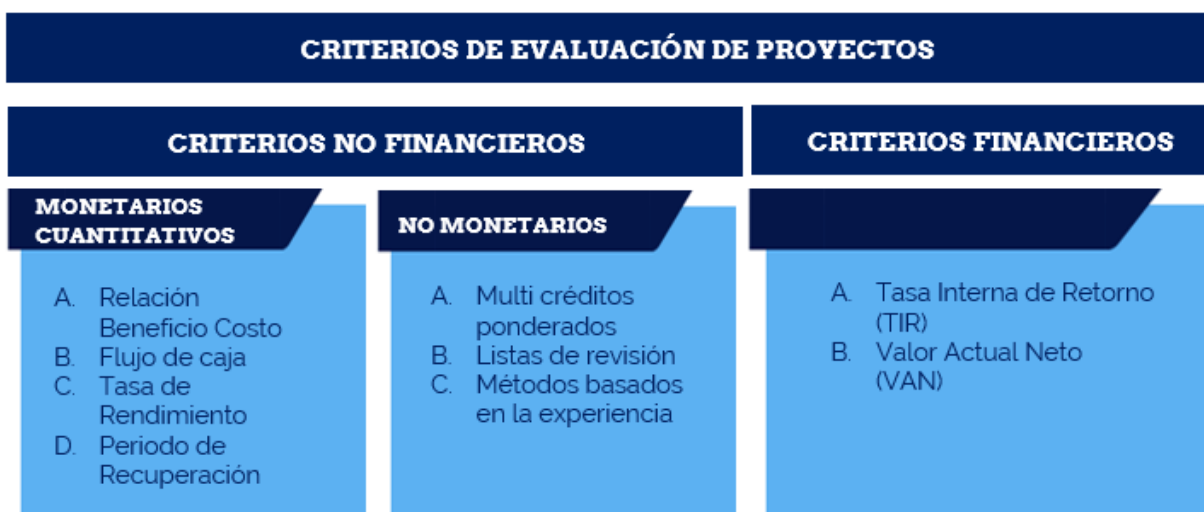


5.1. EVALUACIÓN EX ANTE

La evaluación ex – ante está ligada a la fase de previsión del proyecto, permitiendo decidir si llevar a cabo o no el proyecto y el momento en el que debe de realizarse. Este término es utilizado para aquellas evaluaciones que se realizan antes de iniciar un programa o proyecto para identificar si existen condiciones para su implementación y eventualmente decidir sobre su aprobación, perspectiva de éxito y resultados (Escuela de Posgrados Facultad de Ingeniería y Arquitectura, UES, 2015).

Existen criterios y métodos de evaluación de proyectos tanto financieros como no financieros que permiten determinar si la implementación es conveniente desde este punto de vista económico o seleccionar la mejor alternativa de implementación a partir de varios proyectos posibles (Escuela de Posgrados Facultad de Ingeniería y Arquitectura, UES, 2015).

Entre los criterios financieros se encuentran criterios monetarios cuantitativos y criterios no monetarios; mientras que los criterios no financieros contienen la tasa interna de Retorno (TIR) y el Valor actual Neto (VAN). Este análisis se base en los datos obtenidos del estudio económico del proyecto, como se presenta a continuación:



Esquema 86 Criterios financieros y no financieros de evaluación de proyectos
Fuente: Maestría en Energías Renovables y Medio Ambiente, UES

5.2. EVALUACION ECONÓMICA DEL LABORATORIO

5.2.1. EVALUACIÓN DE PROYECOS SOCIALES ECONÓMICOS

El proyecto de implementación del laboratorio de fabricación digital en la Universidad de El Salvador es un proyecto de naturaleza social económica, entendiendo a este tipo de proyectos como “aquellos procesos de conversión que implican cambio en la situación inicial, a través de un ciclo de acción que produce resultados, productos destinados a mejorar las condiciones y calidad de vida de los grupos de la sociedad” (Escuela de Posgrados Facultad de Ingeniería y Arquitectura, UES, 2015).

Realizar la evaluación económica de este tipo de proyectos resulta complejo, debido a que existen factores cualitativos del impacto directo e indirecto en los actores que se ven involucrados en su implementación; sin embargo, existen análisis que puede emplearse para cuantificar los resultados obtenidos una vez iniciada la puesta en marcha del laboratorio de fabricación digital. Generalmente este tipo de proyectos es evaluado en base a criterios no financieros, tanto monetarios cuantitativos como no monetarios, principalmente la evaluación beneficio costo, periodo de recuperación, multicriterios ponderados, listas de revisión y métodos basados en la experiencia.

5.2.2. EVALUACIÓN BENEFICIO – COSTO

La evaluación beneficio costo ofrece la oportunidad de cuantificar los costos y beneficios del proyecto de implementación del laboratorio, siendo gran parte de esos últimos buscan de forma principal generar competencias en la comunidad estudiantil, especialmente de la carrera de ingeniería industrial, y de forma secundaria la modernización de los procesos de prototipado a nivel empresarial; a mediano y largo plazo. Los efectos mencionados en gran parte de las ocasiones se vuelven difíciles de cuantificar, debido a que muchos de estos se generarán a partir de la formación de la población estudiantil

La relación Beneficio Costo (B/C), muestra la cantidad de dinero que percibirá el laboratorio por cada unidad monetaria invertida; este valor se calcula dividiendo los ingresos brutos actualizados (beneficios) la inversión inicial. Este indicador mide la relación existente entre los ingresos del laboratorio de fabricación digital y los costos incurridos a lo largo de su vida útil incluyendo la Inversión total.

El análisis de resultados de la relación de beneficios y costos del laboratorio de fabricación digital se describe a continuación:

1. Si la relación B/C es mayor que la unidad, la implementación del laboratorio de fabricación digital se acepta, ya que el beneficio es superior al costo.
2. Si la relación B/C es menor que la unidad, la implementación del laboratorio de fabricación digital debe rechazarse porque no existe beneficio.
3. Si la relación B/C es igual a la unidad, es indiferente llevar adelante la implementación del laboratorio de fabricación digital, porque no hay beneficio ni pérdidas.

El análisis beneficio costo para el proyecto de implementación del laboratorio de fabricación digital se desarrolla según el procedimiento presentado a continuación:



Esquema 23 Proceso de cálculo de beneficio costo para el LFD

Fuente: Elaboración propia

El primer paso es el establecimiento del enfoque del análisis económico a realizar, es decir la delimitación de los segmentos que estarán sujetos a la identificación de los beneficios y costos a partir de su relación con las actividades a realizar en laboratorio de fabricación digital; se establecerán además los lineamientos para su identificación. Posteriormente se procede a realizar la individualización, evaluación de los beneficios y costos derivados de la implementación y funcionamiento del laboratorio, de forma individual y total; finalmente se realiza el cálculo de la relación entre estos factores para determinar si existe o no ingresos superiores a los egresos a realizar por la Universidad de El Salvador y por lo tanto establecer la viabilidad económica del proyecto.

5.2.2.1. ESTABLECIMIENTO DEL ENFOQUE DE ANÁLISIS BENEFICIO COSTO

Para iniciar el análisis de beneficio costo del proyecto es necesario determinar los segmentos que interactúan a partir del funcionamiento del laboratorio de fabricación digital. Tomando en

cuenta la segmentación realizada en los apartados de diagnóstico y diseño del presente estudio, se selecciona a la **Universidad de El Salvador, el segmento de estudiantes de la carrera de ingeniería industrial y el segmento de a empresas de manufactura** como sujetos de análisis para la identificación y cuantificación de los beneficios y costos en que incurren para el desarrollo de las actividades productivas del LFD.

Es necesario establecer el enfoque a emplear para este estudio económico, determinando el tipo de beneficios y costos sobre los cuales se reunirá información que permita su cuantificación y posterior valoración para la evaluación del proyecto, como se muestra a continuación:

1. Beneficios: Los beneficios a identificar a partir de las actividades del laboratorio serán todas aquellas variaciones en el bienestar social de los sujetos en análisis enlistados previamente, clasificando estos beneficios en dos grupos:
 - A. Beneficios directos: Son todas aquellas mejoras o efectos positivos que experimentan los sujetos en evaluación como consecuencia directa de las actividades del laboratorio de fabricación digital, son fácilmente identificables y cuantificables.
 - B. Beneficios indirectos: Son aquellas mejoras en la calidad de vida o nivel de bienestar que son un resultado indirecto de las actividades del laboratorio, con un nivel de identificación y cuantificación mayor. Es importante mencionar que a pesar que existe gran cantidad de benéficos indirectos que se derivan del funcionamiento del laboratorio, su cuantificación presenta un alto grado de dificultad, por lo que serán incluidos únicamente como parte de la evaluación social del proyecto.
- 1 Costos: Son los diferentes valores monetarios que resultan de la inversión necesaria para la implementación del laboratorio y la realización de los procesos de fabricación digital dentro de este, clasificados en costos de producción, de comercialización y administrativos.

5.2.2.2. EVALUACIÓN DE BENEFICIOS

BENEFICIOS DIRECTOS

INGRESOS POR VENTAS: Este rubro no es más que el monto que la Universidad de El Salvador percibe a través de la venta de los servicios del laboratorio fabricación digital a los

segmentos del mercado consumidor, con un **monto total de \$154,196.50**. Este valor fue calculado y proyectado para un periodo de 10 años como parte de la estimación del flujo neto de efectivo, considerando la diferenciación del precio de venta de cada servicio tanto para el segmento de estudiantes de la carrera como el segmento empresas de manufactura y la variación de precios producto de los índices inflacionarios.

ANO/RUBRO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TOTAL
INGRESOS POR VENTAS	\$ 5,233.44	\$ 5,306.71	\$16,002.43	\$16,420.07	\$16,892.19	\$17,373.89	\$18,102.96	\$18,849.99	\$19,615.36	\$20,399.46	\$154,196.50

*Tabla 274 Ingreso por ventas
Fuente: Elaboración propia*

BENEFICIOS INDIRECTOS

AHORRO AL ADQUIRIR LOS SERVICIOS EN EL LFD - UES: Este beneficio considera el ahorro percibido por los estudiantes y empresas de manufactura al realizar los procesos de fabricación digital dentro del laboratorio de la EII. En el caso de los estudiantes, el valor se obtiene de la resta aritmética del costo total de los servicios impresión, diseño y escaneo necesarios para la ejecución de las prácticas de laboratorio a realizar por cada materia de la carrera de ingeniería industrial y del costo en que se incurriría por realizar dichas prácticas a través de la competencia.

El análisis del ahorro percibido por los estudiantes inicia con el servicio de impresión 3D; tomando como base los precios de venta sugeridos para el laboratorio de la EII, se tiene que para este segmento el precio de venta del servicio de impresión 3D empleando tanto filamento ABS como PLA será de \$0.48. De la estimación del ingreso por ventas para el servicio de impresión 3D se tiene una demanda anual total para el servicio educativo presencial y en línea de 65 servicios , de 36 cm³ en promedio, para el total de materias de la carrera de ingeniería industrial impartidas; asumiendo que el uso de filamento de impresión se dará en partes iguales para los proyectos, el cálculo del costo total de los servicios de impresión 3D prestado al sector estudiantes se obtiene de multiplicar el número de impresiones a realizar para cada tipo de filamento por su respectivo precio de venta.

Para el caso de los costos en los que los estudiantes incurrirían para realizar los proyectos que involucran la impresión 3D a través de la competencia, se retoman los costos determinados en los apartados de estudio de mercado competidor y de estimación del precio de venta en los que se determinó que para la impresión empleando filamento ABS los precios son de \$3.00 y \$5.00 y que para este proceso empleando filamento PLA los precios son de

\$4.00 y \$7.50. Con los datos de la demanda empleados en el análisis previo y los precios de venta de la competencia se procede a calcular el monto en el que incurrirían los estudiantes al realizar de esta forma las prácticas de laboratorio de fabricación digital; el ahorro percibido por este segmento no es más que la resta aritmética de los costos calculados.

Siguiendo el análisis explicado con anterioridad, se tiene que el monto en el que incurren los estudiantes al **realizar procesos de impresión 3D dentro del laboratorio de fabricación digital de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador** para el periodo en análisis es de \$11,964.09; mientras que el monto incurrido por realizar estos procesos, durante el mismo periodo, a través de la competencia es de \$39,268.63; lo que **implica un ahorro de \$27,304.54 para el sector estudiantil.**

AHORRO TOTAL ANUAL PARA ESTUDIANTES POR SERVICIOS DE IMPRESIÓN 3D EN EL LFD DE LA EII								
AÑO	DEMANDA ANUAL DE SERVICIOS	COSTO POR SERVICIOS EII			COSTO POR SERVICIOS COMPETENCIA			AHORRO DE ADQUIRIR SERVICIO DEL LFD UES
		ABS	PLA	TOTAL	ABS	PLA	TOTAL	
1	65	\$ 561.60	\$ 561.60	\$1,123.20	\$ 2,432.63	\$ 1,284.56	\$ 3,717.19	\$ 2,593.99
2	65	\$ 569.46	\$ 569.46	\$1,138.92	\$ 2,432.63	\$ 1,302.55	\$ 3,735.17	\$ 2,596.25
3	65	\$ 577.43	\$ 576.87	\$1,154.30	\$ 2,466.68	\$ 1,319.48	\$ 3,786.16	\$ 2,631.86
4	65	\$ 584.94	\$ 583.79	\$1,168.73	\$ 2,498.75	\$ 1,335.31	\$ 3,834.06	\$ 2,665.33
5	65	\$ 591.96	\$ 592.54	\$1,184.51	\$ 2,528.73	\$ 1,355.34	\$ 3,884.08	\$ 2,699.57
6	65	\$ 600.84	\$ 601.43	\$1,202.27	\$ 2,566.66	\$ 1,375.67	\$ 3,942.34	\$ 2,740.06
7	65	\$ 609.85	\$ 610.45	\$1,220.31	\$ 2,605.16	\$ 1,396.31	\$ 4,001.47	\$ 2,781.17
8	65	\$ 619.00	\$ 619.61	\$1,238.61	\$ 2,644.24	\$ 1,417.25	\$ 4,061.49	\$ 2,822.88
9	65	\$ 628.29	\$ 628.91	\$1,257.19	\$ 2,683.91	\$ 1,438.51	\$ 4,122.42	\$ 2,865.23
10	65	\$ 637.71	\$ 638.34	\$1,276.05	\$ 2,724.16	\$ 1,460.09	\$ 4,184.25	\$ 2,908.20
TOTAL	650	\$5,981.09	\$5,983.00	\$11,964.09	\$25,583.56	\$13,685.08	\$39,268.63	\$ 27,304.54

Tabla 275 Ahorro para estudiantes por realizar servicios de impresión 3D en el LFD EII
Fuente: Elaboración propia

El análisis del ahorro incurrido para la realización de servicios de escaneo 3D dentro del laboratorio sigue la misma metodología que el realizado para los servicios de impresión 3D. A partir de la demanda establecida de servicios requeridos para el desarrollo para las cátedras de la carrera de ingeniería industrial y empleando el precio de venta de este servicio para el sector estudiantil, de \$18.73 dólares, se calcula el monto en el que incurren los estudiantes dentro del alma mater para servicios de escaneo 3D que asciende a \$18,357.68 ; mientras que para el cálculo del costo de realizar los servicios a través de la competencia, el único cambio en el análisis es el costo de venta ofertado por la competencia que asciende a \$78,409.72. Es

necesario señalar que para la estimación de costos se ha considerado el aumento de precios en los servicios generado por los índices inflacionarios a nivel nacional. Un cuadro resumen con el detalla de los valores obtenidos se presenta a continuación.

AHORRO TOTAL ANUAL PARA ESTUDIANTES POR SERVICIOS DE ESCaneo 3D EN EL LFD DE LA EII				
AÑO	DEMANDA ANUAL DE SERVICIOS (HORAS)	COSTO POR SERVICIO EN EII	COSTO POR SERVICIOS REALIZADO POR LA COMPETENCIA	AHORRO POR REALIZAR PIEZAS DENTRO DE LA UES
1	92	\$ 1,723.16	\$ 7,360.00	\$ 5,636.84
2	92	\$ 1,747.28	\$ 7,463.04	\$ 5,715.76
3	92	\$ 1,770.00	\$ 7,560.06	\$ 5,790.06
4	92	\$ 1,791.24	\$ 7,650.78	\$ 5,859.54
5	92	\$ 1,818.11	\$ 7,765.54	\$ 5,947.43
6	92	\$ 1,845.38	\$ 7,882.03	\$ 6,036.65
7	92	\$ 1,873.06	\$ 8,000.26	\$ 6,127.20
8	92	\$ 1,901.16	\$ 8,120.26	\$ 6,219.10
9	92	\$ 1,929.67	\$ 8,242.06	\$ 6,312.39
10	92	\$ 1,958.62	\$ 8,365.69	\$ 6,407.08
TOTAL	920	\$ 18,357.68	\$ 78,409.72	\$ 60,052.04

Tabla 276 Ahorro para estudiantes por realizar servicios de escaneo 3D en el LFD EII

Fuente: Elaboración propia

De este análisis se tiene que el **ahorro en el que incurre la población estudiantil en la adquisición de servicios de escaneo 3D dentro del laboratorio de fabricación digital de la EII asciende a \$60,052.04**. Finalmente, para el análisis de los costos incurridos por el segmento estudiantil de la carrera de ingeniería industrial de la Universidad de El Salvador al realizar los procesos de diseño 3D tanto dentro como fuera del alma mater, se sigue la misma metodología empleada en el análisis de los servicios anteriores.

AHORRO TOTAL ANUAL PARA ESTUDIANTES POR SERVICIOS DE DISEÑO 3D EN EL LFD DE LA EII				
AÑO	DEMANDA ANUAL DE SERVICIOS (HORAS)	COSTO POR SERVICIO EN EII	COSTO POR SERVICIOS REALIZADO POR LA COMPETENCIA	AHORRO POR REALIZAR PIEZAS DENTRO DE LA UES
1	92	\$ 1,723.16	\$ 7,360.00	\$ 5,636.84
2	92	\$ 1,747.28	\$ 7,463.04	\$ 5,715.76
3	92	\$ 1,770.00	\$ 7,560.06	\$ 5,790.06
4	92	\$ 1,791.24	\$ 7,650.78	\$ 5,859.54
5	92	\$ 1,818.11	\$ 7,765.54	\$ 5,947.43
6	92	\$ 1,845.38	\$ 7,882.03	\$ 6,036.65
7	92	\$ 1,873.06	\$ 8,000.26	\$ 6,127.20
8	92	\$ 1,901.16	\$ 8,120.26	\$ 6,219.10
9	92	\$ 1,929.67	\$ 8,242.06	\$ 6,312.39
10	92	\$ 1,958.62	\$ 8,365.69	\$ 6,407.08
TOTAL	920	\$ 18,357.68	\$ 78,409.72	\$ 60,052.04

Tabla 277 Ahorro para estudiantes por realizar servicios de diseño 3D en el LFD EII

Fuente: Elaboración propia

Con los datos de la demanda anual de servicios para atender los segmentos de estudiantes en modalidad presencial y a distancia, el precio venta sugerido para el servicio de diseño 3D a ofertar en el laboratorio, \$42.58, y el costo del servicio ofertado por la competencia, \$75.00, se realiza el estimado del ahorro percibido por el segmento en análisis por realizar los procesos de diseño 3D dentro **del laboratorio de fabricación digital de la EII que presenta un monto de \$60,052.04.**

Mientras que el análisis del ahorro para las empresas por adquirir los servicios de fabricación digital en la Escuela Ingeniería Industrial es en esencia el mismo análisis realizado para el segmento estudiantil. La estimación del ahorro para los servicios de impresión 3D adquiridos por las empresas inicia con los valores de la demanda de estos servicios, determinada en la etapa de diseño y con los precios de venta a ofertar al mercado y ofrecidos por la competencia; para el caso del laboratorio de la Universidad, el precio de venta para impresión 3D empleando filamento ABS como filamento PLA es de \$0.85 por metro lineal de material consumido, mientras que la competencia tiene una tabla de precios de \$5.00 y \$3.00 por metro lineal de filamento ABS impreso y de \$4.00 y \$7.50 para filamento PLA.

Tomando en cuenta esta información y los niveles de inflación proyectados para el país, se calcula la variación de precios a futuro para el servicio de impresión 3D; estimando que los proyectos de impresión para el segmento de manufactura se realicen de forma proporcional para filamento ABS y PLA, se calcula el costo por la realización de los servicios en el laboratorio de la EII y a través de la competencia.

AHORRO TOTAL ANUAL PARA EMPRESAS POR SERVICIOS DE IMPRESIÓN 3D EN EL LFD DE LA EII								
AÑO	DEMANDA ANUAL DE SERVICIOS	COSTO POR SERVICIOS EII			COSTO POR SERVICIOS COMPETENCIA			AHORRO DE ADQUIRIR SERVICIO DEL LFD
		ABS	PLA	TOTAL	ABS	PLA	TOTAL	
3	48	\$ 734.40	\$ 734.40	\$ 1,468.80	\$ 1,845.23	\$ 974.38	\$ 2,819.61	\$ 1,350.81
4	49	\$ 749.70	\$ 749.70	\$ 1,499.40	\$ 1,906.28	\$ 1,006.62	\$ 2,912.90	\$ 1,413.50
5	50	\$ 765.00	\$ 765.00	\$ 1,530.00	\$ 1,974.36	\$ 1,042.57	\$ 3,016.93	\$ 1,486.93
6	51	\$ 780.30	\$ 780.30	\$ 1,560.60	\$ 2,044.05	\$ 1,079.37	\$ 3,123.43	\$ 1,562.83
7	53	\$ 810.90	\$ 810.90	\$ 1,621.80	\$ 2,156.07	\$ 1,138.53	\$ 3,294.60	\$ 1,672.80
8	55	\$ 841.50	\$ 841.50	\$ 1,683.00	\$ 2,271.00	\$ 1,199.21	\$ 3,470.21	\$ 1,787.21
9	57	\$ 872.10	\$ 872.10	\$ 1,744.20	\$ 2,388.88	\$ 1,261.46	\$ 3,650.35	\$ 1,906.15
10	59	\$ 902.70	\$ 902.70	\$ 1,805.40	\$ 2,509.79	\$ 1,325.31	\$ 3,835.11	\$ 2,029.71
TOTAL	422	\$ 6,456.60	\$ 6,456.60	\$ 12,913.20	\$17,095.66	\$ 9,027.47	\$26,123.13	\$ 13,209.93

Tabla 278 Ahorro para empresas por realizar servicios de impresión 3D en el LFD EII

El análisis para este segmento inicia en el año 3 debido a que es a partir de dicho año que se iniciará la oferta de servicios al sector productivo, obteniendo **un ahorro de \$13, 209.93 para el sector de empresas de manufactura por realizar sus servicios en el laboratorio de la Universidad de El Salvador.**

En el caso de los servicios de escaneo 3D, el análisis inicia relacionando los niveles de demanda anual, calculados en la etapa de diseño, con el precio de venta de este servicio para el sector manufactura, de \$60.00 dólares, para obtener el monto en el que incurre el sector productivo al solicitar dichos servicios en el alma mater, cuyo monto asciende a \$27,407.88; mientras que para el cálculo del costo de realizar los servicios a través de la competencia, el único cambio en el análisis es el costo de venta ofertado por la competencia que es de \$18.73 por hora de servicio, considerando la variación de precios en los servicios a partir del comportamiento de los índices inflacionarios a nivel nacional, se procede a calcular los costos para las empresas de manufactura al realizar servicios de escaneo 3D y el **ahorro que puede generarse al realizar este proceso dentro del alma mater implica, cuyo monto asciende a \$9,135.96**, para el periodo en análisis como se presenta.

AHORRO TOTAL ANUAL PARA EMPRESAS POR SERVICIOS DE ESCANEO 3D EN EL LFD DE LA EII				
AÑO	DEMANDA ANUAL DE SERVICIOS (HORAS)	COSTO POR SERVICIO EN EII	COSTO POR SERVICIOS REALIZADO POR LA COMPETENCIA	AHORRO POR REALIZAR PIEZAS DENTRO DE LA UES
1	0	\$ -	\$ -	\$ -
2	0	\$ -	\$ -	\$ -
3	48	\$ 2,958.28	\$ 3,944.38	\$ 986.09
4	49	\$ 3,056.15	\$ 4,074.87	\$ 1,018.72
5	50	\$ 3,165.30	\$ 4,220.40	\$ 1,055.10
6	51	\$ 3,277.04	\$ 4,369.38	\$ 1,092.35
7	53	\$ 3,456.63	\$ 4,608.84	\$ 1,152.21
8	55	\$ 3,640.88	\$ 4,854.50	\$ 1,213.63
9	57	\$ 3,829.87	\$ 5,106.50	\$ 1,276.62
10	59	\$ 4,023.72	\$ 5,364.96	\$ 1,341.24
TOTAL	422	\$ 27,407.88	\$ 36,543.83	\$ 9,135.96

Tabla 279 Ahorro para empresas de manufactura por realizar servicios de escaneo 3D en el LFD EII

Fuente: Elaboración propia

Tomando como referencia los datos de la demanda de servicios de diseño 3D para las empresas de manufactura, el precio de venta sugerido por este servicio a el laboratorio, que es de \$70.00, el costo del servicio ofertado por la competencia, \$75.00, y el aumento de precios

a partir de la proyección del índice de inflación a nivel nacional, se realiza el estimado del ahorro percibido por el segmento en análisis por realizar los procesos de diseño 3D dentro del **laboratorio de fabricación digital de la EII que presenta un monto de \$4,567.98**, como se detalla a continuación:

AHORRO TOTAL ANUAL PARA ESTUDIANTES POR SERVICIOS DE DISEÑO 3D EN EL LFD DE LA EII				
AÑO	DEMANDA ANUAL DE SERVICIOS (HORAS)	COSTO POR SERVICIO EN EII	COSTO POR SERVICIOS REALIZADO POR LA COMPETENCIA	AHORRO POR REALIZAR PIEZAS DENTRO DE LA UES
1	0	\$ -	\$ -	\$ -
2	0	\$ -	\$ -	\$ -
3	96	\$ 6,902.66	\$ 7,395.71	\$ 493.05
4	98	\$ 7,131.03	\$ 7,640.39	\$ 509.36
5	100	\$ 7,385.71	\$ 7,913.26	\$ 527.55
6	102	\$ 7,646.42	\$ 8,192.59	\$ 546.17
7	106	\$ 8,065.47	\$ 8,641.58	\$ 576.11
8	110	\$ 8,495.38	\$ 9,102.19	\$ 606.81
9	114	\$ 8,936.37	\$ 9,574.68	\$ 638.31
10	118	\$ 9,388.67	\$ 10,059.29	\$ 670.62
TOTAL	844	\$ 63,951.71	\$ 68,519.69	\$ 4,567.98

Tabla 280 Ahorro para empresas por realizar servicios de diseño 3D en el LFD EII

Fuente: Elaboración propia

AHORRO EN VIÁTICOS AL REALIZAR SERVICIOS EN EL LFD - UES: Este beneficio consiste en el ahorro percibido por segmento estudiantil en ahorro de traslados y demás especies que los sustenten para solicitar y realizar los procesos de fabricación digital; lo anterior se deba a que el laboratorio está ubicado en el centro de enseñanza para el caso de la modalidad presencial y para la modalidad a distancia presenta la facilidad a los estudiantes de solicitar los servicios en línea o a través de las sedes de educación estipuladas, al realizar las visitas para asesoría de las materias en curso.

Es posible que en un análisis preliminar la importancia de este rubro no resulte significativa especialmente para la modalidad presencial, debido a que los competidores se encuentran en el área metropolitana al igual que las instalaciones del laboratorio; es para la modalidad a distancia que el ahorro no sólo de dinero sino también de tiempo, se vuelve crucial para el estudiante, especialmente para un segmento caracterizado por personas que han optado por este sistema educativo por poseer compromisos que exigen flexibilidad de horarios y

demandan tiempo y dinero que no puede emplearse para realizar traslados y desarrollo de procesos de fabricación digital como lo haría un estudiante en modalidad presencial. Con la información del número y localización de los estudiantes aceptados para el ingreso 2017 en modalidad presencial y a distancia y con la información de las tarifas de transporte departamental e interdepartamental obtenidos del estudio de optimización del sistema de transporte de El Salvador de USAID; se realiza el cálculo del costo de transporte al laboratorio para realizar procesos de fabricación digital en el laboratorio percibido por este segmento, estimando un costo de viáticos de \$3.00 para el segmento estudiantil presencial y \$5.00 para el modelo presencial a distancia.

Con la información anterior, la información del número de servicios demandados para el sector estudiantil y el análisis correspondiente, se tiene que los estudiantes en modalidad presencial perciben un ahorro de \$17,145.00 en concepto de traslados y viáticos para la realización de servicios de fabricación digital, mientras que para la modalidad a distancia se obtiene que el monto percibido como ahorros en este rubro es de \$18,145.00 obteniendo un **beneficio total de \$28,575.00**.

AHORRO TOTAL ANUAL PARA ESTUDIANTES POR SERVICIOS DE DISEÑO 3D EN EL LFD DE LA EII					
AÑO	DEMANDA ANUAL DE SERVICIOS	VIÁTICOS MODALIDAD PRESENCIAL	VIÁTICOS MODALIDAD A DISTANCIA	AHORRO EN VIÁTICOS MOD PRESENCIAL	AHORRO EN VIÁTICOS MOD DISTANCIA
1	325	\$ 3.00	\$ 5.00	\$ 975.00	\$ 1,625.00
2	266			\$ 798.00	\$ 1,330.00
3	624			\$ 1,872.00	\$ 3,120.00
4	636			\$ 1,908.00	\$ 3,180.00
5	644			\$ 1,932.00	\$ 3,220.00
6	644			\$ 1,932.00	\$ 3,220.00
7	644			\$ 1,932.00	\$ 3,220.00
8	644			\$ 1,932.00	\$ 3,220.00
9	644			\$ 1,932.00	\$ 3,220.00
10	644			\$ 1,932.00	\$ 3,220.00
TOTAL	5715	\$ 3.00	\$ 5.00	\$ 17,145.00	\$ 28,575.00

Tabla 281 Ahorro en viáticos percibido por estudiantes al realizar servicios en el LFD EII

Fuente: Elaboración propia

AHORRO POR PAGO DE FORMACIÓN EN TFD: Este rubro contiene el ahorro generado en el sector estudiantil de la carrera de ingeniería industrial, en su modalidad presencial y a distancia, al recibir la formación de fabricación digital como parte de la formación curricular proporcionada por la Universidad versus el costo que implicaría el pago por la formación de

estas competencias a través de cursos ofertados por el mercado competidor del laboratorio. Dicho análisis se desarrolla tomando en cuenta el precio por un curso de fabricación digital ofertado por ALSW, que incluye la enseñanza de modelado tridimensional empleando software libre, generalidades de los procesos y tecnologías de fabricación digital y el desarrollo de una pieza, por un costo de \$40.00.

Para determinar un aproximado de la población que solicitará este servicio se remitirá a los datos históricos de inscripción de nuevo ingreso para la carrera de ingeniería industrial, que puede consultarse en los anexos del presente estudio de factibilidad, estimando un promedio de 158 alumnos de nuevo ingreso, inscritos en la carrera de ingeniería industrial cada año. Considerando nivel de deserción de la carrera de 50%, establecido en el apartado de cálculo de demanda para los servicios de laboratorio, se procede a calcular el promedio de alumnos egresados que será igual al número de alumnos que reciben formación en fabricación digital al final de carrera, en este caso de 79, como muestra las tablas siguientes.

AÑO	ALUMNOS INSCRITOS CICLO I	NIVEL DE DESERCIÓN DE LA CARRERA	ALUMNOS QUE RECIBEN FORMACIÓN EN TFD AL FINAL DE LA CARRERA
2013	222	50%	111
2014	146		73
2015	127		64
2016	138		69
PROMEDIO	158	50%	79

Tabla 282 Alumnos que reciben formación digital al final de la carrera de ingeniería industrial

Fuente: Elaboración propia

Con este dato se procede a calcular el monto total en que incurriría la población estudiantil, tanto en modalidad presencial como a distancia, de recibir formación en tecnologías y procesos de fabricación digital fuera de la Universidad de El Salvador; que se obtiene de multiplicar la población total al final de la carrera por el costo de un curso de esta naturaleza. Para obtener un análisis lo más apegado a la realidad, debe considerarse la población estudiantil que al inicio de actividades del laboratorio se cuenta cursando la carrera de ingeniería industrial bajo

el plan de estudios 1998, agregando la población de 5 años anteriores al inicio del funcionamiento del LFD.

ANO/ RUBRO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TOTAL
PAGO DE FORMACIÓN SOBRE TFD INGRESO 2017 MOD PRESENCIAL	\$ 3,160.00	\$3,160.00	\$3,160.00	\$3,160.00	\$3,160.00	\$3,160.00	\$3,160.00	\$3,160.00	\$3,160.00	\$3,160.00	\$31,600.00
PAGO DE FORMACIÓN SOBRE TFD INGRESO 2017 MOD DISTANCIA	\$ 3,160.00	\$3,160.00	\$3,160.00	\$3,160.00	\$3,160.00	\$3,160.00	\$ 3,160.00	\$3,160.00	\$3,160.00	\$3,160.00	\$31,600.00
PAGO DE FORMACIÓN SOBRE TFD INGRESOS PREVIOS A 2017	\$15,800.00										\$15,800.00
TOTAL	\$22,120.00	\$6,320.00	\$6,320.00	\$6,320.00	\$6,320.00	\$6,320.00	\$6,320.00	\$6,320.00	\$6,320.00	\$6,320.00	\$79,000.00

Tabla 283 Ahorro por recibir formación en TDF dentro de la universidad de El Salvador

Fuente: Elaboración propia

De los cálculos previos se obtiene que el monto total relacionado con el **ahorro por el no pago de formación en fabricación digital fuera de la universidad de El Salvador asciende a \$79,000.00.**

VALOR AGREGADO AL PERFIL DEL PROFESIONAL DE LA EII: El análisis de los beneficios cuantificables que la enseñanza de tecnologías de fabricación digital implica en la población estudiantil de la carrera de ingeniería industrial de la Universidad de El Salvador no estaría completo, si no se considerara el valor agregado que esta formación genera el perfil del profesional de esta institución. Lo anterior, implica un análisis de la variación de los ingresos para un estudiante egresado de la Universidad de El Salvador que labore en cargos relacionados con el diseño y fabricación digital, versus los ingresos que puede percibir en los diferentes campos laborales en los que el alumno, al finalizar su proceso de formación, puede desempeñarse.

Analista de administración y finanzas	Ingeniero junior	Ejecutivo de cuenta	Auxiliar en SSO ⁹⁶	Servicios técnicos no profesionales	Supervisor de área de producción	Salario promedio
\$ 500.00	\$ 650.00	\$ 400.00	\$ 500.00	\$ 350.00	\$ 550.00	\$ 491.67

Tabla 284 Salarios según áreas de trabajo no relacionadas con la fabricación digital

Fuente: Elaboración propia en base a consulta a egresados EII año 2015 y 2016

⁹⁶ SSO: Seguridad y Salud Ocupacional

PUESTO	Técnico diseñador 3D
Salario mensual	\$ 700.00

Tabla 285 Salario percibido por estudiantes en áreas relacionadas a la fabricación digital

Fuente: Elaboración propia en base a consulta a egresados EII año 2015 y 2016

Con la información obtenida de los ingresos percibidos por el desempeño de egresados de la EII en las áreas: financiera, de producción, ventas, seguridad y salud ocupacional, en el sector privado, y técnico no profesional dentro de la Universidad de El Salvador, se tiene que el salario promedio es de \$491.67 en áreas no relacionadas a la fabricación digital; mientras que para un egresado que se desempeñe en áreas relacionadas con el diseño y fabricación digital en una jornada de 8 horas, la percepción de ingresos es de aproximadamente \$700.00 dólares. A partir de esta información se realiza la cuantificación de la diferencia en el ingreso mensual promedio generado por la aplicación de los conocimientos en fabricación digital del estudiante, obteniendo un beneficio de \$208.33 dólares mensuales, este dato puede ser asignado como el valor monetario extra generado en el perfil profesional debido a la formación en TFD proporcionada a lo largo de su carrera.

Con esta información, y tomando en cuenta el número promedio de alumnos que finalizan la carrera de ingeniería industrial en la Universidad de El Salvador, establecido en el apartado anterior, se procede con el cálculo del monto total percibido por los estudiantes, para el establecimiento del monto total se considera tanto la población en modalidad presencial y en línea en el periodo en análisis, como la población que actualmente cursa la carrera de ingeniería industrial bajo el plan de estudios 1998, obteniendo un **beneficio para el periodo en análisis de \$329,166.67**, la información obtenida se resume en la siguiente tabla:

AÑO/ RUBRO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TOTAL
Valor generado para estudiantes modalidad presencial	\$ 16,458.33	\$ 16,458.33	\$ 16,458.33	\$ 16,458.33	\$ 16,458.33	\$ 16,458.33	\$ 16,458.33	\$ 16,458.33	\$ 16,458.33	\$ 16,458.33	\$ 164,583.33
Valor generado para estudiantes modalidad a distancia	\$ 16,458.33	\$ 16,458.33	\$ 16,458.33	\$ 16,458.33	\$ 16,458.33	\$ 16,458.33	\$ 16,458.33	\$ 16,458.33	\$ 16,458.33	\$ 16,458.33	\$ 164,583.33
Valor generado a perfil de estudiantes inscritos previo a 2017	\$ 82,291.67										\$ 82,291.67
TOTAL	\$ 32,916.67	\$ 32,916.67	\$ 32,916.67	\$ 32,916.67	\$ 32,916.67	\$ 32,916.67	\$ 32,916.67	\$ 32,916.67	\$ 32,916.67	\$ 32,916.67	\$ 329,166.67

Tabla 286 Valor generado en el perfil del estudiante de la EII

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta un **resumen de los beneficios que se generan del funcionamiento del Laboratorio de Fabricación Digital** de la Escuela de ingeniería

industrial de la universidad de El Salvador, cuyo monto total asciende a \$741, 695.26 para el periodo en análisis de 10 años.

BENEFICIOS		
AUTOR	RUBRO	MONTO
UES	INGRESOS POR VENTAS	\$154,196.50
ESTUDIANTES	AHORRO DE ADQUIRIR SERVICIOS DE IMPRESIÓN 3D DEL LFD UES	\$ 27,304.54
	AHORRO DE ADQUIRIR SERVICIOS DE DISEÑO DEL LFD UES	\$ 19,341.63
	AHORRO DE ADQUIRIR SERVICIOS DE ESCANEEO 3D DEL LFD UES	\$ 60,052.04
	AHORRO EN VIÁTICOS AL REALIZAR SERVICIOS EN LFD UES	\$ 45,720.00
	PAGO DE FORMACIÓN SOBRE TFD	\$ 79,000.00
	VALOR AGREGADO AL PERFIL DEL PROFESIONAL DE LA EII	\$329,166.67
EMPRESAS DE MANUFACTURA	AHORRO DE ADQUIRIR SERVICIOS DE IMPRESIÓN 3D DEL LFD UES	\$ 13,209.93
	AHORRO DE ADQUIRIR SERVICIOS DE DISEÑO DEL LFD UES	\$ 4,567.98
	AHORRO DE ADQUIRIR SERVICIOS DE ESCANEEO 3D DEL LFD UES	\$ 9,135.96
TOTAL		\$741,695.26

Tabla 287 Beneficios de la implementación y funcionamiento del laboratorio de fabricación digital de la EII

Fuente: Elaboración propia

5.2.2.3. EVALUACIÓN DE COSTOS

INVERSIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL LABORATORIO DE FABRICACIÓN

DIGITAL: Este rubro se refiere al monto de la inversión necesaria para el funcionamiento del laboratorio de fabricación digital, estimado en el apartado homónimo del presente estudio, que

incluye toda la inversión tangible e intangible necesaria para que este funciona de manera óptima durante un ciclo lectivo, **el monto de dicha inversión asciende a \$69, 127.43.**

COSTOS ANUALES DEL LFD: A este rubro pertenecen todos los costos anuales en los que el laboratorio incurre para la realización de sus actividades productivas, de comercialización y administración; debido a que el detalle de cada tipo de costo y su proceso de cálculo se explica con detenimiento en el apartado de costos del proyecto, únicamente se retomarán los valores calculados para establecer el **costo total para el periodo en análisis que asciende a \$68, 258.76.**

RUBRO / AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Costo de producción	\$ 25,964.50	\$30,050.70	\$33,854.81	\$37,694.72	\$44,978.12	\$44,978.12	\$ 48,619.82	\$52,261.52	\$55,903.22	\$59,544.92
Costo de comercialización	\$ 810.53	\$ 1,542.52	\$ 2,274.51	\$ 3,006.50	\$ 3,738.49	\$ 4,470.48	\$ 5,202.47	\$ 5,934.46	\$ 6,666.45	\$ 7,398.44
Costo de administración	\$ 2,926.07	\$ 3,802.52	\$ 4,678.98	\$ 5,555.43	\$ 6,431.89	\$ 7,308.34	\$ 8,184.80	\$ 9,061.25	\$ 1,213.53	\$ 1,315.40
COSTOS TOTALES	\$ 29,701.09	\$35,395.74	\$40,808.29	\$46,256.65	\$55,148.49	\$56,756.94	\$62,007.08	\$67,257.23	\$63,783.20	\$68,258.76

Tabla 288 Costos del laboratorio de fabricación digital

Fuente: Elaboración propia

El monto total de los costos incurridos para el laboratorio de fabricación digital, durante el periodo de análisis, asciende a \$594, 500.90 como se resume en el siguiente cuadro:

COSTOS		
UES	INVERSIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL LAB	\$ 69,127.43
	COSTOS ANUALES DEL LAB	\$525,373.47
TOTAL		\$594,500.90

Tabla 289 Costos totales del LFD de la EII

Fuente: Elaboración propia

5.2.2.4. CÁLCULO DEL BENEFICIO COSTO

Una vez conocidos los beneficios totales percibidos por los segmentos poblacionales en análisis, puede ser calculada la razón beneficio costo, tomando para dicha estimación los montos de costos y beneficios totales previamente establecidos.

$$\frac{B}{C} = \frac{\$741,695.26}{\$594,500.90} = \mathbf{1.25}$$

La relación beneficio costo da como resultado un valor de 1.25, que significa que por cada dólar invertido en el laboratorio de fabricación digital se obtiene un beneficio de 0.25 dólares. A pesar que el ingreso pareciera mínimo; si se toma en cuenta la naturaleza de la universidad, que a partir de sus actividades no persigue la consecución de fondos, el resultado es aceptable y representa un beneficio que será percibido directamente por los segmentos de estudiantes de la carrera de ingeniería industrial y empresas de manufactura; por lo tanto, según los datos obtenidos de la evaluación económica, el proyecto se acepta.

5.3. EVALUACIÓN SOCIAL DEL PROYECTO

La evaluación social tiene como fin, establecer el impacto que tendrá la ejecución del proyecto en la economía y el sistema social del área en que este será realizado. La metodología a emplear consiste en analizar la situación actual social y económica de las zonas involucradas en la implementación del proyecto y realizar valoraciones en áreas como educación, crecimiento de país, entre otras.

Todo esto debe traducirse en el bien comunitario consumado, en el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes de la comunidad, o en la solución práctica a una problemática o al aprovechamiento de una oportunidad. A continuación, se presenta un gráfico que esquematiza las áreas de evaluación social del proyecto:



Esquema 87 Áreas de beneficio social sobre las que incide el proyecto.

Fuente: Elaboración propia

5.3.1. EDUCACIÓN

La implementación del Laboratorio de Fabricación Digital presenta una diversidad de beneficios sociales principalmente relacionados en el desarrollo del país a través de la evolución e inversión en la educación superior; preparando profesionales aptos para desempeñar y reinventar un nuevo El Salvador.

Los beneficios sociales principales en términos de educación que podemos mencionar tenemos:

Fortalecimiento académico-práctico a 4,546⁹⁷ estudiantes de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de modalidad presencial y modalidad a distancia, 847 estudiantes de ellos pertenecen a la carrera de Ingeniería Industrial; 171 de ellos de modalidad en línea; mediante la incorporación de técnicas de fabricación digital en prácticas de laboratorio de determinada materia, proyectos independientes y prácticas libres. A continuación, se muestra una tabla que muestra el total de estudiantes beneficiados en el fortalecimiento de competencias académicas específicamente de la carrera de ingeniería industrial:

	INGENIERÍA INDUSTRIAL (MATRÍCULA ORDINARIA)	FRECUENCIA RELATIVA	DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL	AUMENTO DE ESTUDIANTES ⁹⁸	TOTAL MATRÍCULA 2017 CICLO I	DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL
San Salvador	52	0.38	36.0%	12	64	37.7%
Santa Ana	17	0.12	10.8%	4	21	12.3%
Sonsonate	22	0.16	7.4%	5	27	15.9%
Metapán	12	0.09	7.2%	3	15	8.7%
San Miguel	5	0.04	5.6%	1	6	3.6%
Cojutepeque	3	0.02	4.4%	1	4	2.2%
Santa Tecla	8	0.06	4.1%	2	10	5.8%
Ahuachapán	3	0.02	4.0%	1	4	2.2%
San Fco. Gotera	0	0.00	3.8%	0	0	0.0%
Usulután	3	0.02	3.1%	1	4	2.2%
Sta. Rosa de Lima	1	0.01	3.0%	0	1	0.7%
Chalatenango	1	0.01	2.8%	0	1	0.7%
San Vicente	4	0.03	2.8%	1	5	2.9%
Zacatecoluca	3	0.02	2.2%	1	4	2.2%
Suchitoto	1	0.01	1.6%	0	1	0.7%
Sensuntepeque	3	0.02	1.2%	1	4	2.2%
Total	138	1.00	100.0%	33	171	100.0%
Distribución	15.3%				18.1%	
TOTAL MATRÍCULA				945		

Tabla 290. Matrícula 2017 Universidad de El Salvador, modalidad en Línea

Fuente: Dirección Escuela de Ingeniería Industrial UES

⁹⁷ Datos estadísticos UES, población estudiantil 2017.

⁹⁸ Aumento debido al ingreso de estudiantes en segunda convocatoria.

CARRERA	MODALIDAD		TOTAL(ESTUDIANTES)
	PRESENCIAL	EN LÍNEA	
Ingeniería Industrial	802	171	973

Tabla 291 Estudiantes de la Carrera de Ingeniería industrial beneficiados con el Laboratorio torio de Fabricación Digital

Fuente: Datos Estadísticos UES, 2017

De la tabla anterior se concluye que la implantación del Laboratorio de Fabricación Digital impactará a 973 estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial aproximadamente, dotando al estudiante de competencias y habilidades como:

1. Flexibilidad y Capacidad de adaptación al entorno profesional.

Actualmente la industria demanda una diversidad de competencias y capacidades de las que se debe valer un profesional para poder desempeñarse exitosamente en su trabajo, con la incorporación de nuevas tecnologías de fabricación; el estudiante será capaz de experimentar nuevas formas de aprendizaje que servirán para reforzar aquellas áreas que con el aprendizaje tradicional no fueron cubiertas o descubiertas.

2. Optimización del tiempo

Los docentes como los estudiantes obtendrán beneficios en reducir el tiempo en que realizan sus actividades, ya que pueden ser más eficientes.

3. Reducción de costos

El uso de las nuevas tecnologías en educación permite la reducción de costos en los estudiantes; específicamente en la elaboración de proyectos de la materia de Tecnología Industrial III que anteriormente demandaba en el estudiante altos costos para la fabricación de prototipos en el diseño de productos.

4. Crear conceptos innovadores

Son muchos los campos específicos de la educación en los que la impresión 3D ha ganado terreno. Inicialmente, posibilita la creación de prototipos e identificación de problemas a un bajo costo. De igual manera, estimula la creatividad y funciona como estímulo para que los estudiantes se formen en programas de pregrado afines al diseño y la ingeniería.

Es importante recalcar que la implementación del Laboratorio de Fabricación Digital ayudará a mejorar las facultades académicas de la Escuela de Ingeniería Industrial, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura y en consecuencia el prestigio académico de toda la Universidad de El Salvador formando profesionales altamente competitivos en un medio influenciado por la necesidad de incorporar nuevas tecnologías y contribuir al crecimiento económico y tecnológico del país.

5.3.2.ECONOMIA

El contexto del proyecto además de su aporte significativo a los estudiantes ofrece un beneficio no menos importante, el cual se ve reflejado en la contribución al crecimiento económico del país, a través de la oferta de servicios que el Laboratorio de Fabricación Digital ofrece a las micros, pequeñas y medianas empresas del país; promoviendo indirectamente a la creación de empleos, generación de ingresos, contribución al PIB por parte del sector influenciado, fomentando la dinamización de la economía y el crecimiento del país.



Esquema 88 Beneficios a la economía por el Laboratorio de Fabricación Digital
Fuente: Elaboración propia según datos de la CEPAL, FUSADES y Ministerio de Economía de El Salvador.

Las MIPYME´s juegan un rol importante en las economías, asociadas principalmente a la generación de empleo y negocios; estos establecimientos abarcan entre el 25% y el 40% del Producto Interno Bruto (PIB). Para el caso de El Salvador se estima que cerca de 3 millones de personas pertenecen a familias que dependen de micros y pequeñas empresas, al mismo tiempo las MIPYME´s contribuyen en un 43% al PIB de El Salvador (FUSADES, 2005).

Si bien es cierto que los estudios difieren en la estimación de la contribución al Producto Interno Bruto, se estima que en promedio contribuyen con el 20% del PIB y que, en algunos casos, esta contribución llega a alcanzar el 50%. (CEPAL, 2009)

Pero más allá de todas las limitaciones, el sector al cual son ofertados los servicios del laboratorio de fabricación digital contribuye a generar ingresos entre el 25 a 30 por ciento del Producto Interno Bruto (PIB).⁹⁹

Sus actividades están concentradas geográficamente en el departamento de San Salvador, el cual alberga al 54.3% del total de las PYMES, el 62% se dedican al comercio, el 27% a los servicios y el 1% restante a la industria.¹⁰⁰

Las MIPYMEs son las mejores generadoras de empleo en las sociedades latinoamericanas¹⁰¹. El académico estimó que, en El Salvador, las MIPYMEs generan cerca del 70 % del empleo formal. Las MIPYMEs, junto a las actividades del sector informal, son las mayores generadoras de empleo. En el país, la informalidad ronda un 65.7 %, arriba del promedio latinoamericano que es de un 47.5 %, según datos de CEPAL presentados por (Felipe Pérez, INCAE)

De acuerdo a la información más reciente brindada por el Ministerio de Economía de El Salvador: La Micro y Pequeña Empresa en El Salvador se caracteriza, al igual que en muchos países de la región, porque emplea un alto porcentaje de la fuerza laboral (se calcula que al menos 472,000 personas están vinculadas al sector). El sector genera el 33.9% de la PEA del país.

El Ministerio de Economía de El Salvador en el último VII Censo Económico 2005 afirma que las MIPYME aportan el 65.4% de empleos al país

⁹⁹ Haydeé de Trigueros, Presidenta de CONAMYPE

¹⁰⁰ Base de datos de la Cámara de Comercio e Industria de El Salvador

¹⁰¹ Afirmó Felipe Pérez, catedrático del INCAE, durante su ponencia en el II Congreso Mipyme de la Cámara de Comercio e Industria de El Salvador 2013

NÚMERO DE ESTABLECIMIENTOS Y PERSONAL OCUPADA

Clasificación Establecimiento	Establecimientos		Personal Ocupado		Ventas Mensuales
	Número	%	Número	%	
Micro	158,574	90.52	264,365	37.79	Hasta 100,00
Pequeño	13,208	7.54	112,576	16.09	\$100,001- \$1,000,000
Mediano	2,624	1.50	80,913	11.57	\$1,000,001- \$7,000,000
Sub-Total MIPYMES	174,406	99.56	457,854	65.45	
Grande	772	0.44	241,727,34.55	34.55	Más de 20,000,000
Total	175,178	100.00	699,581	100.00	

Tabla 292 Número de Establecimiento y personal ocupado MYPIMES

Fuente: Informe de económico CEPAL 2009

Esta información es relevante para el análisis porque refleja la importancia de la micro, pequeña y mediana empresa en la existencia de negocios y generación de empleos en El Salvador. Como se puede observar un negocio se considera como MIPYMES cuando sus ventas no exceden los \$7, 000, 000 anuales. De la tabla anterior se estimó que el número promedio de personal ocupado en las MIPYMES es 2.62¹⁰² y sabiendo que el hogar urbano salvadoreño se conforma de 3.77¹⁰³ aproximadamente 4 personas en promedio; además de conocer la demanda anual de empresas de 48¹⁰⁴ empresas en promedio, y a fin de poder cuantificar el impacto que El proyecto tendrá:

$$2.62 \times 3.77 \times 48 = 474 \text{ personas impactadas.}$$

¹⁰² Datos calculados de la relación del total de personal ocupado por las MIPYMES y el total de establecimientos de las mismas.

¹⁰³ Dato Encuesta de Hogares de propósitos múltiples 2013, DIGESTYC

¹⁰⁴ Dato calculado en la proyección de la demanda de servicios de fabricación digital del sector empresas

5.4. EVALUACIÓN AMBIENTAL

El proyecto de implementación de un Laboratorio de Fabricación Digital en la Escuela de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador, es considerado como una obra de ingeniería, toda obra de ingeniería conlleva un impacto ambiental, ya sea positivo o negativo; bajo este enfoque, se observa la necesidad de evaluar los impactos que generará el laboratorio en su zona de influencia.

Como se ha descrito anteriormente, el proyecto se desarrollará en uno de los salones del edificio de la Escuela de Ingeniería Industrial, por lo tanto, la obra civil a realizar serán modificaciones mínimas, es decir, solo se readecuará el salón para el funcionamiento de la maquinaria y equipo. Uno de los conceptos que se deben fomentar en los estudiantes de la Universidad de El Salvador es “Desarrollo sostenible” el cual, consiste en aquel desarrollo humano de índole social y económico que es capaz de satisfacer las necesidades actuales sin comprometer los recursos y posibilidades de las futuras generaciones¹⁰⁵. Una actividad sostenible es aquella que se puede mantener en el tiempo, es decir, que la tasa de consumo de cierto recurso sea menor que la tasa de regeneración del mismo, ahí radica el equilibrio ambiental. Para que un proyecto sea llamado sostenible, debe cumplir los siguientes pilares:

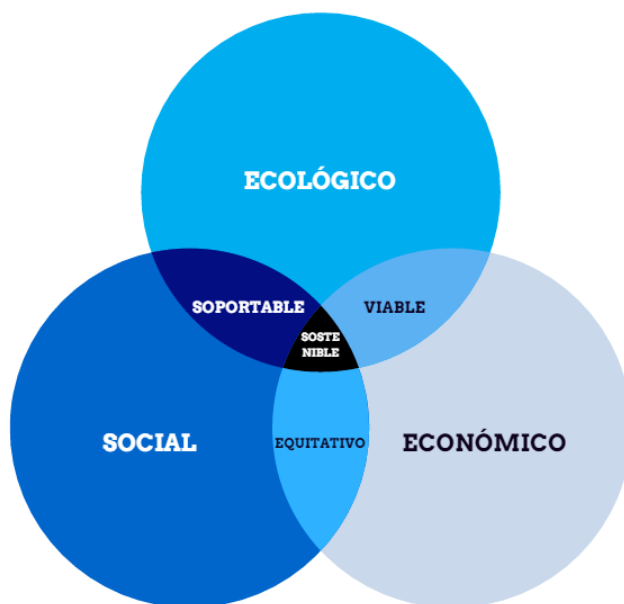


Ilustración 85 Pilares del desarrollo sostenible

Fuente: Documento final cumbre mundial del medio ambiente 2005

¹⁰⁵ Informe Bruntland 1987

5.4.1.OBJETIVOS DE LA EVALUACIÓN AMBIENTAL

1. Determinar aquellas actividades del proyecto que generen algún tipo de trastorno al medio ambiente; actividades como materias primas, insumos, procesos, personal, utilización del laboratorio, entre otras.
2. Identificar las características ambientales de la zona de influencia del proyecto con el fin de tener un punto de referencia ante que efectos se pueden generar en el lugar donde se desarrolla.
3. Evaluar los diferentes impactos ambientales que se tendrán con la ejecución del proyecto, por medio de una metodología que incluya los factores para medir un impacto ambiental, es decir, magnitud, importancia, extensión y sensibilidad.
4. Describir medidas de prevención, atenuación o eliminación de los efectos generados por los diversos impactos ambientales.

5.4.2.CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES DE LA FIA-UES

El Salvador ha experimentado un notable deterioro ambiental desde ya hace varios años, el país ha sufrido diversos fenómenos que han afectado gravemente la calidad de vida; consciente de este deterioro ambiental y respondiendo a la Política, a la Ley y al Reglamento General de Medio Ambiente, la Universidad de El Salvador crea la Unidad Ambiental, UNA UES y por medio de esta unidad, trabajar de la mano con otras instituciones en la búsqueda de soluciones o medidas paliativas a las diferentes problemáticas ambientales del país.

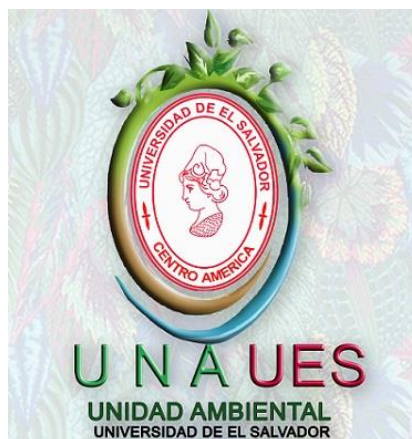


Ilustración 86 Logo UNA UES

Fuente: eluniversitario.ues.edu.sv

UNAUES está compuesto por los diferentes decanatos, se responsabiliza de coordinar y apoyar acciones que realicen las subunidades ambientales de las doce facultades, incluyendo la facultad de Ingeniería y Arquitectura, bajo este enfoque se retoman las observaciones generales para con la FIA – UES. La UNA UES ha identificado los problemas ambientales que existen en la universidad, los siguientes se aplican para el área de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura:

1. La basura se deposita en lugares totalmente abiertos.
2. No hay clasificación de la basura en orgánica, vidrio, plástico, metal y otros
3. Existen árboles enfermos en los alrededores de la FIA – UES.
4. La situación de los sanitarios es insalubre, no existe un plan de limpieza y mantenimiento.
5. Los riesgos eléctricos por la presencia de ardillas en el tendido eléctrico.
6. Existen promontorios de ripio, basura, hojas, entre otros materiales acumulados por diversas zonas de la FIA.

Actualmente, la Universidad de El Salvador carece de una normativa ambiental interna, si bien se ha creado la Unidad Ambiental, está comienza a tomar protagonismo en el ámbito nacional, con respecto a una normativa que apoye la sostenibilidad ambiental, se observa una gestión que pretende impulsar ciertos hábitos de convivencia con el medio ambiente; se observan iniciativas como la señalización para el cuidado de las aves que actualmente viven en el bosque de la UES, además de la señalización de los basureros, entre otras, más sin embargo, la FIA-UES no ha implementado una normativa que brinde directrices con respecto al trato que se debe tener con el medio ambiente.

5.4.3. IDENTIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

Los impactos son los cambios producidos por el proyecto en las condiciones ambientales existentes en el medio ambiente natural, el impacto es el resultado de la interacción entre el proyecto y su entorno. Para la identificación de los diversos impactos ambientales en el proyecto se tomarán en cuenta los siguientes criterios que ayudan a determinar la relevancia del impacto identificado, estos criterios son:

1. **MAGNITUD:** Se refiere a cuanto es el cambio que experimenta cada condición ambiental afectada.
2. **EXTENSIÓN:** Se refiere al tamaño del área que será afectada.
3. **IMPORTANCIA:** Está relacionado con el peso o respuesta con el que el entorno puede reaccionar ante un pequeño cambio en la magnitud del impacto.
4. **SENSITIVIDAD:** Se refiere a considerar la posibilidad de que el impacto afecte áreas específicamente sensibles o frágiles del entorno, en caso que existan.

El proyecto de implementación del Laboratorio de Fabricación Digital de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador, se analizará en su etapa de funcionamiento, para así prever los posibles impactos.

A continuación, se listan los impactos identificados:

IMPACTOS GENERADOS POR EL LABORATORIO DE FABRICACIÓN DIGITAL

1. Puntos de contaminación debido a las emanaciones de gases por la extrusión de los plásticos en las máquinas impresoras 3D.
2. Por los residuos materia prima resultantes del proceso de producción se generan puntos de contaminación, en el puesto de trabajo o en el laboratorio.
3. Por los procesos de acabado, que involucran la utilización de pintura, lijado, entre otros que podrían causar contaminación en el ambiente.
5. Contaminación de las áreas aledañas al laboratorio por los desechos generados durante la producción y los desechos generados por el personal que labore en el laboratorio.
6. Contaminación generada por el uso de aire refrigerante en el sistema de ventilación.

5.4.4. EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

La evaluación de los diversos impactos identificados se realizará por medio de la ponderación a diversos criterios que conformarán un indicador llamado VALORACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL (VIA), a criterio de los evaluadores este indicador estará conformado por los criterios expuestos anteriormente:

1. Gravedad (G)
2. Extensión (E)
3. Severidad (S)
4. Importancia (I)
5. Duración (D)

Se dará una ponderación entre 1 al 10, multiplicado por un porcentaje asignado a cada uno de los factores para obtener un valor final que será el que indique la valoración ambiental, mediante la siguiente relación:

$$VIA = G + E + S + I + D$$

A continuación, se exponen los rangos de cada uno de los criterios:

GRAVEDAD (25%)

Este criterio se relaciona con respecto al incumplimiento de las normas ambientales establecidas por defecto en la comunidad universitaria, al incumplir alguna de estas normas se causan daños graves al ambiente.

DESCRIPCIÓN	ESCALA
Gravedad insignificante	1 – 2
Gravedad mínima	3 – 4
Gravedad moderada	5 – 6
Gravedad alta	7 – 8
Gravedad crítica	9 – 10

Tabla 293 Criterio gravedad

Fuente: Elaboración propia

EXTENSIÓN (13%)

Este criterio se relaciona a el área, espacio físico puntual que será afectado por el impacto en análisis; se tomará como mayor daño a la extensión cuando este afecte áreas de alta afluencia de personas.

DESCRIPCIÓN	ESCALA
Área mínima	1 – 2
Área moderada	3 – 4
Área amplia	5 – 6
Área extendida	7 – 8
Área total	9 – 10

Tabla 294 Criterio extensión

Fuente: Elaboración propia

SEVERIDAD (17%)

Se refiere al grado de exposición al impacto señalado, es la media más estricta en la cual se debe analizar cualquier mínima posibilidad de ocurrencia del riesgo.

DESCRIPCIÓN	ESCALA
Baja	1 – 2
Media	3 – 4
Alta	5 – 6
Muy alta	7 – 8
Extrema	9 – 10

Tabla 295 Criterio severidad

Fuente: Elaboración propia

IMPORTANCIA (25%)

Este criterio se relaciona con la magnitud que representa el riesgo ante los diversos escenarios, sociales, económicos y ecológicos.

DESCRIPCIÓN	ESCALA
Mínima	1 – 2
Moderada	3 – 4
Alta	5 – 6
Muy alta	7 – 8
Extremadamente importante	9 – 10

Tabla 296 Criterio importancia

Fuente: Elaboración propia

DURACIÓN (20%)

Se refiere a la trascendencia del daño, es decir cuánto tiempo durara su efecto sobre el ambiente, se mide en años.

DESCRIPCIÓN	AÑOS	ESCALA
Inmediato	0 – 3	1 – 2
Temporal	3 – 6	3 – 4
Prolongado	7 – 12	5 – 6
Permanente	12 – 20	7 – 8
Irreversible	20 en adelante	9 – 10

Tabla 297 Criterio duración

Fuente: Elaboración propia

DETERMINACIÓN DEL VIA

Descritos los criterios de evaluación, se procede a dar ponderaciones a los diversos impactos identificados, ya que están enumerado del 1 al 12, estos serán los códigos utilizados para su identificación.

IMPACTO	PUNTUACIÓN DE CRITERIOS				
	GRAVEDAD (25%)	EXTENSIÓN (25%)	SEVERIDAD (17%)	IMPORTANCIA (25%)	DURACIÓN (20%)
1	2	4	1	1	1
2	5	2	2	5	10
3	5	5	3	5	7
4	1	3	1	3	5
5	1	1	2	2	1

Tabla 298 Puntuación de criterios

Fuente: Elaboración propia

Se procede a asignar el respectivo porcentaje a cada criterio, para luego obtener el VIA.

IMPACTO	PUNTUACIÓN DE CRITERIOS					VIA
	GRAVEDAD (25%)	EXTENSIÓN (25%)	SEVERIDAD (17%)	IMPORTANCIA (25%)	DURACIÓN (20%)	
1	0.5	1.0	0.2	0.3	0.2	2.1
2	1.3	0.5	0.3	1.3	2.0	5.3
3	1.3	1.3	0.5	1.3	1.4	5.7
4	0.3	0.8	0.2	0.8	1.0	2.9
5	0.3	0.3	0.3	0.5	0.2	1.5

Tabla 299 Determinación del VIA

Fuente: Elaboración propia

Con los datos obtenidos, se procede a plantear medidas de prevención, mitigación y eliminación de los impactos encontrados, esto se hace para aquellos que presenten un IVA mayor o igual a 5.

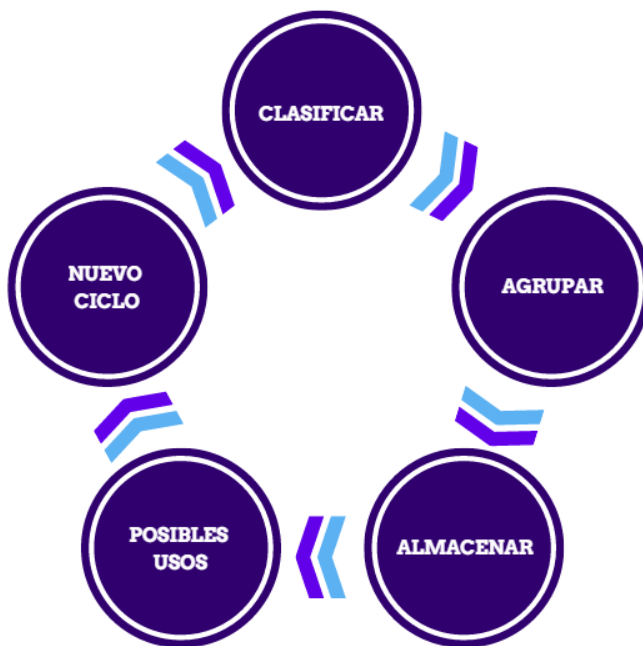
5.4.5.MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN Y ELIMINACIÓN DE LOS IMPACTOS

A continuación, se describen una serie de medidas a seguir para los impactos ambientales identificados con una valoración mayor a 5.

IMPACTO 1

Por los residuos materia prima resultantes del proceso de producción se generan puntos de contaminación, en el puesto de trabajo o en el laboratorio.

Se elaborará un plan sistema de reciclaje, para con los residuos de materia prima, el sistema contemplará ciertas etapas para una correcta organización de los residuos.



Esquema 89 Sistema de reciclaje

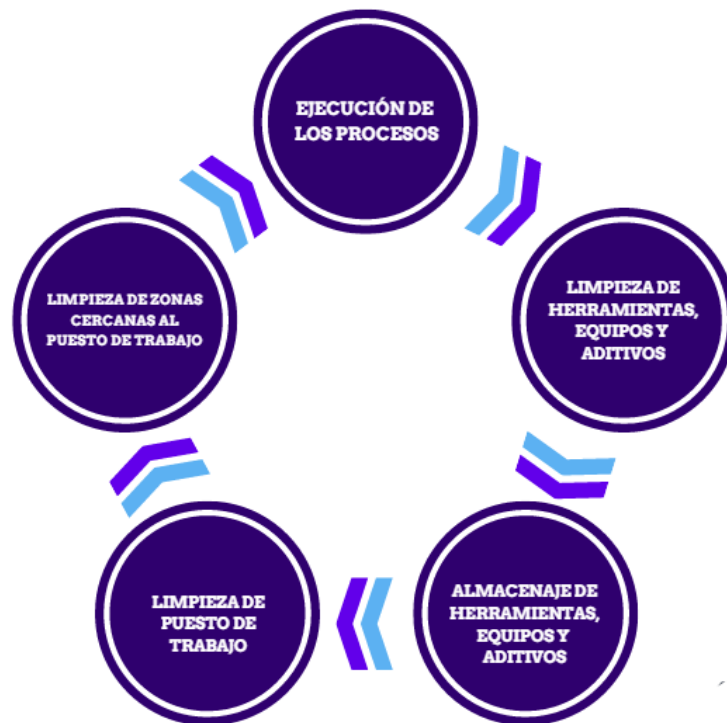
Fuente: Elaboración propia

El ciclo consiste en clasificar cada uno de los residuos obtenidos en el proceso (ya sea por la impresión 3D o por los acabados finales que experimente el objeto), se procede a agrupar con los materiales previos obtenidos, luego se almacena para que al encontrar un posible uso se retome el material en cuestión; finalmente se entra a un nuevo ciclo de utilización para posiblemente ser reciclado.

IMPACTO 2

Por los procesos de acabado, que involucran la utilización de pintura, lijado, entre otros que podrían causar contaminación en el ambiente.

Para este impacto, se procederá con un sistema de limpieza continua, en el cual se involucrará al usuario ya sea un estudiante, director o técnico del laboratorio, se deberá cumplir el siguiente procedimiento:



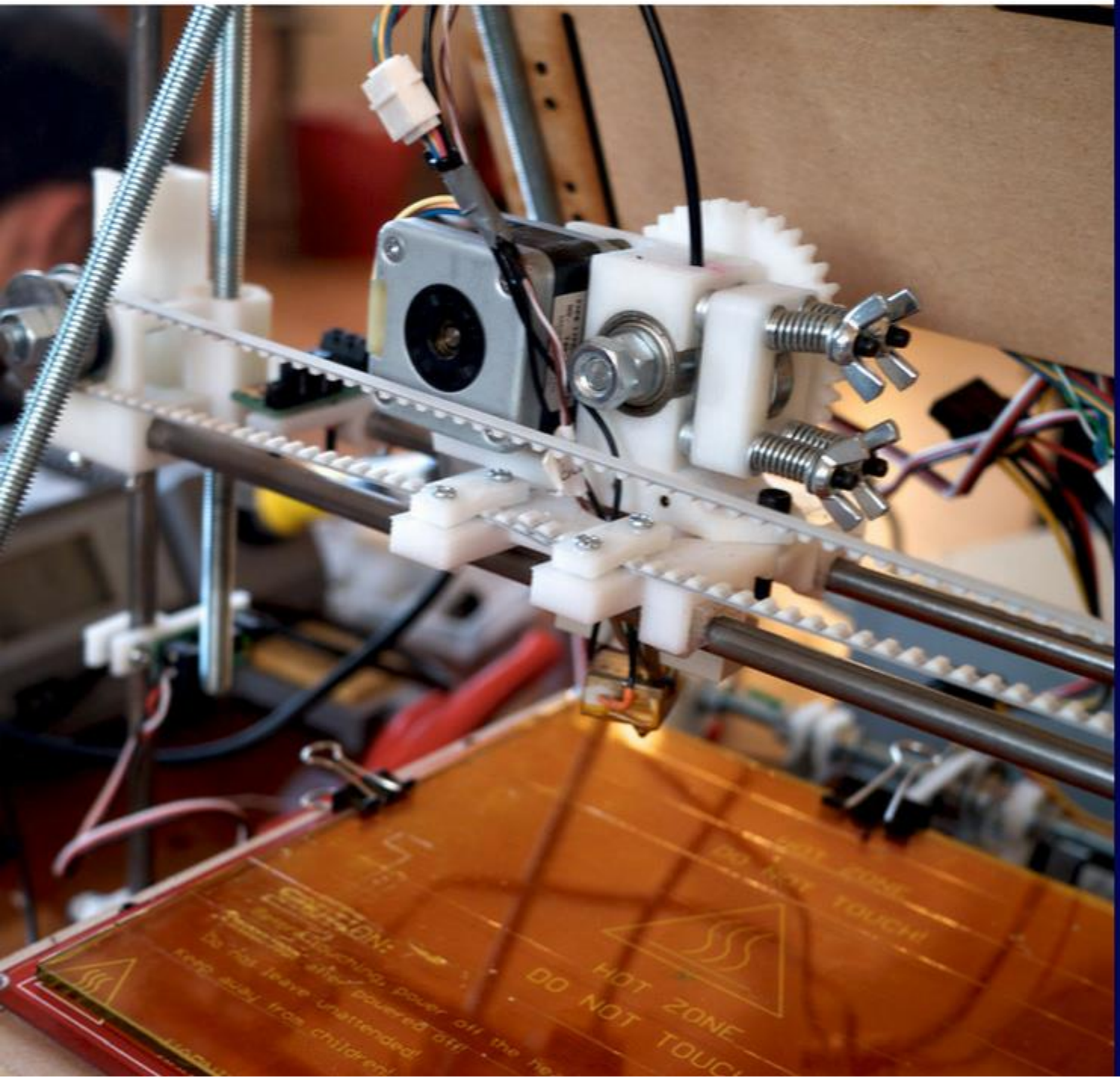
Esquema 90 Procedimiento de limpieza

Fuente: Elaboración propia

Los procedimientos mencionados en el esquema anterior abarcan los escenarios donde se prevee se causará una afectación en el ambiente, ya que estará directamente relacionados con los procesos de acabado de las piezas, los responsables del Laboratorio de Fabricación Digital, deberán velar por el cumplimiento del ciclo de limpieza para garantizar que los efectos de contaminación sean mitigados bajo este modo de trabajo.

ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO

Capítulo VI



Un proyecto es un esfuerzo temporal que se realiza para crear un producto, servicio o resultado único; la administración de la implementación de un proyecto conlleva una serie de etapas que se interrelacionan entre sí para lograr el objetivo común trazado por una organización, grupo o los interesados en la realización del proyecto. Para el presente caso se desarrollan las etapas de planeación de actividades, plan de implementación, organización para la implementación y presupuesto; en la implementación del proyecto de implementación de un Laboratorio de Fabricación Digital en la Escuela de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador, se realizan una serie de pasos que culminan en una calendarización de la ejecución de cada una de las actividades correspondientes a la implementación del proyecto.

En primer lugar, se establece el Objetivo General del Proyecto, luego para definir de manera clara el alcance del mismo se utiliza la Estructura de Desglose de Trabajo (EDT), en la cual se dividen en 3 entregables.

El entregable 1 se divide en cuatro paquetes de trabajo que se describen y detallan por actividades, el entregable 2 contiene tres paquetes de trabajo el entregable 3 contiene 2 paquetes de trabajo.

6.1. OBJETIVO DE LA ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO

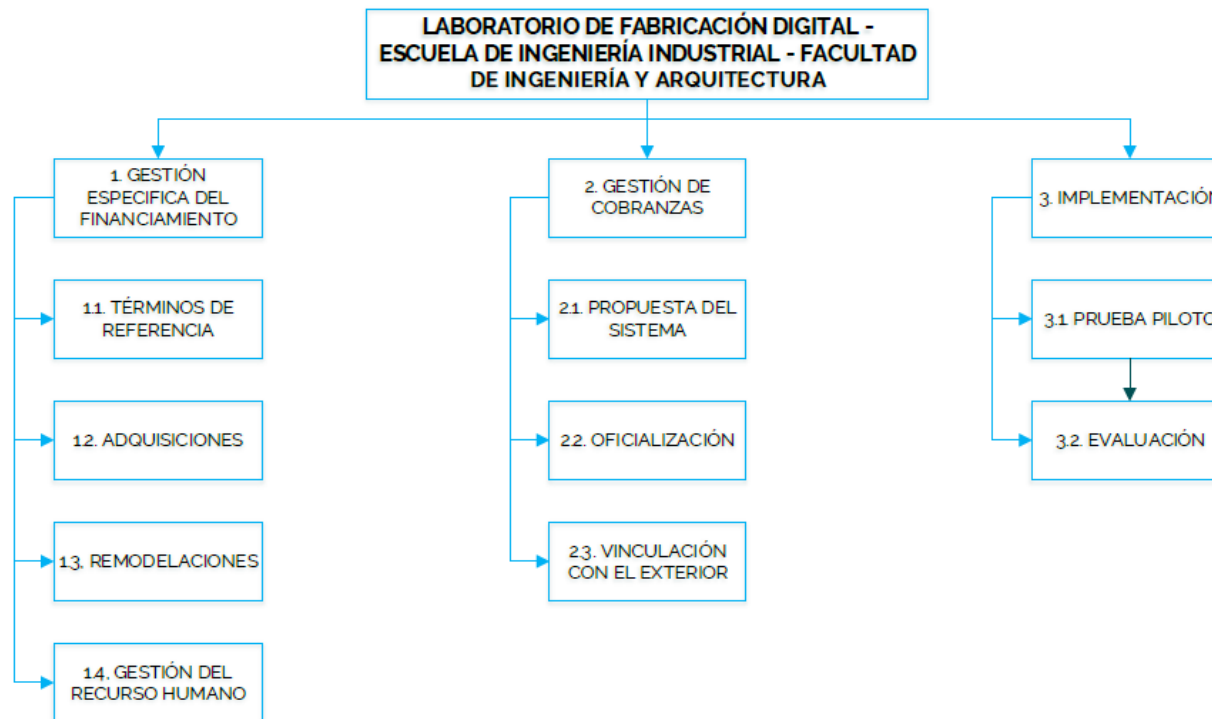


**IMPLEMENTAR EL PROYECTO DE UN
LABORATORIO DE FABRICACIÓN DIGITAL EN LA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA DE
LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR, CUMPLIENDO
LOS REQUISITOS DE FUNCIONALIDAD
ESTABLECIDOS TANTO PARA ESTUDIANTES
COMO PARA EMPRESAS EN UN PLAZO DE 90 DÍAS
CON UN MONTO DE \$ 5,250.00**



6.2. ESTRUCTURA DE DESGLOCE DE TRABAJO (EDT)

Muestra la división del alcance del proyecto en entregables, los cuales a la vez son subdivididos en paquetes de trabajo. El alcance del proyecto contiene tres entregables y 9 paquetes de trabajo; al mostrar de esta manera el proyecto se tiene la facilidad de estimar y calcular los costos y la duración de los paquetes de trabajo.



Esquema 91 Estructura de Desglose de Trabajo

Fuente: Elaboración propia

6.3. DESGLOSE ANÁLITICO

A continuación, se describen los entregables de la estructura de desglose de trabajo, con cada uno de sus paquetes.

ENTREGABLE 1: GESTIÓN ESPECÍFICA DEL FINANCIAMIENTO

Se refiere a todas las actividades y acciones que se deben de realizar para la entrega de los fondos destinados a la inversión a realizarse para el levantamiento del Laboratorio de Fabricación Digital, tales inversiones se dividen en los paquetes obra civil y maquinaria, equipo y herramientas; ya que el proyecto ha sido aprobado anteriormente por las autoridades universitarias, para este punto, la implementación del proyecto comenzará con la gestión del otorgamiento de los fondos presupuestados en la parte de costos.

PAQUETE 1.1.: TERMINOS DE REFERENCIA

Consiste en la elaboración de un documento que contenga todas aquellas condiciones necesarias para que se considere como proveedor a una empresa ya sea de servicios o productos, se deberán especificar todas aquellas características a cumplir para poder establecer un contrato. En este documento se establece un perfil para las empresas a contratar como proveedores, con lo cual se tendrá una guía a seguir al momento de la adquisición de los servicios.

PAQUETE 1.2.: ADQUISICIONES

El paquete de trabajo consiste en todas aquellas actividades que impliquen la gestión de la adquisición de la maquinaria, equipo y herramientas empleados tanto en el área de producción como en administración y las áreas comunes en el laboratorio de fabricación digital; se trata de obtener los fondos para la adquisición de los elementos descritos anteriormente.

PAQUETE 1.3.: REMODELACIONES

Consiste en cumplir con los requerimientos de remodelación de las instalaciones del salón ubicado en la tercera planta de la Escuela de Ingeniería Industrial de La Facultad de Ingeniería y Arquitectura, para cumplir dichos requerimientos se deben realizar desembolsos a la empresa contratada para la ejecución de la obra civil.

PAQUETE 1.4.: GESTIÓN DEL RECURSO HUMANO

Consiste en el proceso de selección y contratación del personal necesario para el funcionamiento del laboratorio, además de exponer los aspectos relacionados a la capacitación del personal.

ENTREGABLE 2.: GESTIÓN DE COBRANZAS

Consiste en la obtención de la aprobación e implementación del sistema de cobros a empresas, emprendedores, hobbistas y todos aquellos usuarios que soliciten alguno de los servicios proporcionados por el Laboratorio de Fabricación Digital.

PAQUETE 2.1.: PROPUESTA DEL SISTEMA

Se desarrollarán las actividades necesarias para presentar a las autoridades de la Universidad de El Salvador, involucrados en la aprobación del funcionamiento del modelo de prestación de servicios a los solicitantes, en el cual se obtendrán beneficios económicos por la prestación de dichos servicios, además se realizarán pruebas del modelo, para observar oportunidades de mejora.

PAQUETE 2.2.: OFICIALIZACIÓN

Se gestionará con las autoridades universitarias la propuesta del sistema de cobranzas, esto conllevará una serie de actividades de aprobación conforme a los reglamentos internos de la Universidad de El Salvador.

PAQUETE 2.3.: VINCULACIÓN CON EL EXTERIOR

Se ejecutarán acciones de promoción y publicidad del Laboratorio para con la zona de influencia, para obtener los primeros participantes, observar cuales son las necesidades que mayormente se presentan y luego evaluar resultados.

ENTREGABLE 3.: IMPLEMENTACIÓN

La implementación consiste en aquellas acciones de prueba para el funcionamiento correcto del laboratorio, se tendrá un período de tiempo en el cual se realizarán acciones de ensayo para con la maquinaria y equipo, luego se evaluarán los resultados, con lo cual se podrán mejorar aquellos aspectos que obtengan resultados no conformes a la calidad requerida.

PAQUETE 3.1.: PRUEBA PILOTO

Consiste en la realización de las actividades de puesta en marcha del proyecto, en ella se realizarán trabajos en las diversas maquinarias del instaladas en el laboratorio, además el personal contratado estará laborando para adoptar la forma de ejecutar los procesos y procedimientos requeridos.

PAQUETE 3.2.: EVALUACIÓN

Luego de realizada la prueba piloto se procede a observar los resultados, obtenidos, midiendo indicadores de eficiencia, capacidad instalada y comparado con lo planteado en la etapa técnica, además de observar también el comportamiento del personal involucrado, es acá donde se podrán encontrar oportunidades de mejora y así ejecutar acciones correctivas.

6.4. POLITICAS Y ESTRATEGIAS DE EJECUCIÓN

POLÍTICAS DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto de implementación de un Laboratorio de Fabricación Digital, en la Escuela de Ingeniería Industrial, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador las políticas se describen a continuación:

1. La jornada de trabajo para la implementación del proyecto será de lunes a viernes de 8:00 a.m. a 5:00 p.m.; esta jornada se cumplirá para el personal que labore directamente en el laboratorio, el personal contratado para ejecutar la obra civil y los capacitadores de la maquinaria y equipo.
2. Los capacitadores podrán determinar su propio horario de trabajo dentro de las horas establecidas en la política anterior, ya que las jornadas de capacitación serán en períodos y días que mejor se acoplen a los horarios tanto de los capacitadores como del personal de la Universidad de El Salvador que recibirá dicha capacitación.
3. Permisos y ausencias, los permisos para ausentarse de la jornada de trabajo establecida como normal deberán ser solicitados al jefe inmediato dependiendo del cargo que desempeñe dentro de la implementación del proyecto. De lo contrario el personal será sancionado con descuento de día y séptimo tal y como lo establece el código de trabajo.

4. El director técnico del Laboratorio será el responsable de que las actividades de cada uno paquete de trabajo se lleven a cabo de la mejor manera posible y en el menor tiempo, procurando hacer un uso racional de los recursos y asegurando la obtención de los mejores resultados.
5. La gestión de materiales y recursos de cada actividad del desarrollo de la implementación será a cargo del director técnico del Laboratorio, por ello se tendrán formatos de formularios previamente establecidos donde se elaboran las requisiciones; donde se responsabiliza al encargado del uso o destino final de los materiales.
6. Será responsabilidad del director técnico del Laboratorio proporcionar informes técnicos semanalmente donde se especifiquen los siguientes puntos:
 - A. Grado de avance del proyecto
 - B. Recursos invertidos (Tiempo, dinero, otros)
 - C. Análisis cualitativo acerca de la participación e involucramiento del personal
 - D. Anexar documentación que pruebe la ejecución de las diversas capacitaciones

ESTRATEGIAS DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO

Las estrategias que se emplearan en la implementación del proyecto de fabricación y comercialización se resumen de la manera siguiente:

1. El proyecto en total se dividirá en subsistemas o paquetes de trabajo que permitirán descentralizar las responsabilidades y en el caso de trabajos especializados, se contratarán personas especializadas para que las actividades se lleven a cabo con mayor eficiencia.
2. Los fondos serán manejados por la Unidad de Adquisiciones y Contrataciones de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, esta unidad será quien efectúe los pagos a los proveedores y colaboradores para que se lleven a cabo las actividades. Todas las compras y pagos se harán en cheque y/o al crédito según las políticas de las compras a realizar durante la administración del proyecto. Los pagos a los capacitadores encargados de la capacitación al personal se harán por etapas según se determine en la programación del avance del proyecto.

3. La calidad de la maquinaria y equipo, se basa en que todas las compras realizadas para la administración del proyecto tendrán que ser de proveedores previamente evaluados y seleccionados para asegurar la mejor calidad en las materias primas o insumos que se requieran. Los capacitadores tendrán la responsabilidad de asegurar o certificar que el personal ha sido capacitado de la manera correcta, es decir, no se dejara pasar personal sin previo condicionamiento adecuado.
4. Los registros de egresos serán responsabilidad del director de la Escuela de Ingeniería Industrial de la FIA y del director técnico del Laboratorio, deberán llevar un registro de egresos para el control del efectivo durante la administración del proyecto. Deben justificarse los desembolsos por imprevistos al director de la EII, una vez aprobados pueden realizarse los desembolsos de forma inmediata dependiendo del caso.
5. En el caso de surgir conflictos, desacuerdos o diferencias entre los involucrados en la implementación del proyecto, se recurrirá a dialogar para resolver los conflictos, todos los involucrados podrán participar dando ideas para llegar a la mejor solución posible.

6.5. DICCIONARIO EDT

A continuación, se describen cada una de las actividades implicadas en la implementación del proyecto, con su respectivo costo y la asignación del personal necesario para su correcta ejecución.

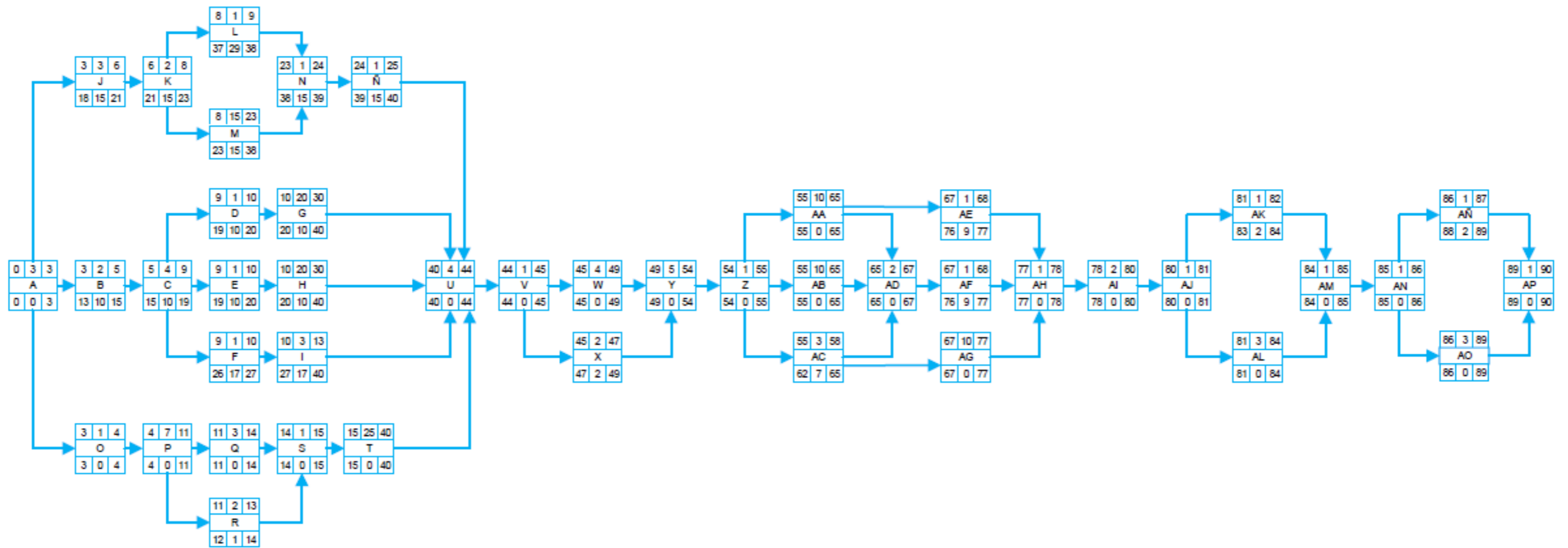
ID	ACTIVIDAD	TIEMPO (DÍAS)	RRHH
1. GESTIÓN ESPECIFICA DEL FINANCIAMIENTO			
1.1. TERMINOS DE REFERENCIA			
A	Definición del alcance de los servicios	3	1
B	Elaboración de perfil de proveedores	2	1
C	Definición de condiciones contractuales	4	1
1.2. ADQUISICIONES			
D	Realización de cotizaciones de maquinaria	1	1
E	Realización de cotizaciones de equipo	1	1
F	Realización de cotizaciones de herramientas	1	1
G	Compra de maquinaria	20	1
H	Compra de equipo	20	1
I	Compra de herramientas	3	1
1.3. REMODELACIONES			
J	Planeación de ejecución de obra	3	1
K	Contratación de empresa	2	1
L	Compras de materiales	1	1
M	Ejecución de la obra	15	1
N	Revisión de la entrega	1	1
Ñ	Pago de los servicios	1	1
1.4. GESTIÓN DEL RECURSO HUMANO			
O	Definición del perfil del personal	1	1
P	Oferta de las plazas	7	1
Q	Selección de director técnico	3	1
R	Selección de alumno de apoyo	2	1
S	Contratación del personal	1	1
T	Entrenamiento	25	3
2. GESTIÓN DE COBRANZAS			
2.1. PROPUESTA DEL SISTEMA			
U	Elaboración de documento con propuesta	4	2
V	Presentación a autoridades universitarias	1	2
W	Seguimiento a revisiones	4	2
X	Desarrollo de correcciones	2	2

2.2. OFICIALIZACIÓN			
Y	Convocatoria a autoridades universitarias	5	2
Z	Presentación del programa	1	2
AA	Propagación al sector docente	10	2
AB	Propagación al sector estudiantil	10	2
AC	Obtención de opiniones	3	2
2.3. VINCULACIÓN CON EL EXTERIOR			
AD	Planeación de propaganda y publicidad	2	1
AE	Diseño de propaganda y publicidad	1	1
AF	Revisión de propaganda y publicidad	1	1
AG	Publicación de promociones	10	1
3. IMPLEMENTACIÓN			
3.1. PRUEBA PILOTO			
AH	Adecuación del modelo	1	2
AI	Implementación del modelo	2	2
AJ	Asesoría a usuarios	1	2
AK	Determinación de solución	1	2
AL	Ejecución de pruebas de producción	3	2
3.2. EVALUACIÓN			
AM	Toma de datos de la prueba piloto	1	2
AN	Análisis de la información obtenida	1	2
AÑ	Elaboración de acciones correctivas	1	2
AO	Implementación de acciones correctivas	3	2
AP	Evaluación de nuevos resultados	1	2

Tabla 300 Diccionario EDT

Fuente: Elaboración propia

6.6. RED DEL PROYECTO



Esquema 92 Red implementación del proyecto

Fuente: Elaboración propia

6.8. PRESUPUESTO DE ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO

A continuación, se muestra a manera de resumen el presupuesto del costo total para la implementación del proyecto del Laboratorio de Fabricación Digital de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, se detalla la inversión por cada entregable y el costo del salario para el responsable del Laboratorio.

ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO				
CONCEPTO	PERSONAL REQUERIDO	SALARIO	DURACIÓN (MESES)	INVERSIÓN TOTAL (\$)
ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO				
Director técnico	1	\$ 1,300.00	3	\$ 3,900.00
SUBTOTAL				\$ 3,900.00
ENTREGABLES				
Gestión específica del financiamiento				\$ 800.00
Gestión de cobranzas				\$ 350.00
Implementación				\$ 200.00
SUBTOTAL				\$ 1,350.00
TOTAL INVERSIÓN DE LA ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO				\$ 5,250.00

Tabla 301 Presupuesto ADP

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

La implementación de un Laboratorio de Fabricación Digital en la Escuela de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador es factible bajo las condiciones señaladas en el presente estudio; ya que se ha determinado que potenciará novedosas competencias en el sector estudiantil y en el sector empresarial del país.

El establecimiento de la demanda es un pilar fundamental para el diseño del funcionamiento del laboratorio, a partir de la información obtenida de la etapa de diagnóstico sobre cátedras que facilitan la enseñanza de tecnologías de fabricación digital, el número de proyectos que podrían realizarse dentro de las mismas, la proyección de años de culminación de carrera, entre otros factores, se realizó la estimación de la demanda para los diferentes sectores que hacen uso del laboratorio de fabricación digital, obteniendo una demanda anual de 757 horas anuales para el año 1 de funcionamiento del laboratorio e incrementando gradualmente a medida se incorpora las cátedras del nuevo pensum de ingeniería industrial y llegar a un nivel de demanda constante de 1395 horas al año a partir del año 5 que es cuando todas las cátedras del pensum 2016 de la carrera de ingeniería industrial serán impartidas. Mientras que para el segmento de empresas la demanda inicial es de 757 horas de trabajo al año con incrementos porcentuales de 2% a la demanda total respecto del año anterior, estos niveles de demanda son calculados estimando una atención al 2% del segmento de consumo empresas de manufactura.

Las asignaturas del nuevo plan de estudio 2017 de la carrera de Ingeniería Industrial sobre las que tendrá influencia los servicios prestados por el Laboratorio de Fabricación Digital son: Tecnología Industrial II, Tecnología Industrial III, Fundamentos de Economía, Formulación y Evaluación de Proyectos, Ingeniería de Métodos, Ofimática y Software para Ingeniería Industrial, Mercadeo y Distribución en Planta.

La maquinaria seleccionada para el Laboratorio de fabricación Digital, es aquella que ofrece mejores ventajas, éstas corresponden al módulo 3D exclusivamente, para el sub módulo impresión 3d se elige la marca LulzBot como ganadora en los modelos LulzBot mini y LulzBot TAZ6, uno y dos modelos respectivamente para compra. Para el sub módulo escaneo 3D, se selecciona el escáner CICLOP (BQ) un modelo solamente; en el caso del software de diseño se obtiene como mejor opción el paquete de AUTODESK y finalmente se adquirirán 6 equipos de computadoras para el funcionamiento de toda la maquinaria anteriormente mencionada, la inversión inicial por maquinaria y equipo es de **\$ 35,807.00**

El laboratorio de fabricación digital deberá seguir, acoplarse y reinventarse constantemente en pro del funcionamiento óptimo del laboratorio en todos los términos concernientes al funcionamiento del mismo; sin embargo en la organización del proyecto específicamente en lo concerniente al entorno legal en el que se rige el laboratorio es demasiado burocratizado; desencadenado como tal un proceso lento y agotador en los procesos de: Gestión de Compras, Contrataciones o adquisiciones, es decir en todos aquellos procesos que impliquen la entrada o salida de efectivo.

Por tal razón es importante que el Laboratorio de Fabricación Digital se encuentre en una búsqueda constante de solucionar o reinventar éste tipo de dificultades que indiscutiblemente frenarían el funcionamiento del mismo; se sugiere que la Dirección de la Escuela de Ingeniería Industrial en conjunto con la Dirección Técnica del laboratorio y demás autoridades de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura sumen esfuerzos en la creación o reactivación de una Fundación (fundación perteneciente a la UES, actualmente la Universidad de El Salvador cuenta con la Fundación Minerva establecida pero sin actividad) que se implemente con la intención de permitir que los proyectos de la índole del laboratorio de fabricación digital operen con mayor estabilidad.

De acuerdo a los elementos que influyen en el costo y características de los procesos a desarrollar en el proyecto, se determinó que la estructura de costos a emplear es el sistema de costeo absorbente por pedidos, como se desarrolla en el apartado de estudio económico. Los costos totales en el que incurre el laboratorio para el desarrollo de sus actividades se clasifican en costos de producción, administración y comercialización con montos de \$59,544.92, \$7,398.44 y \$1,315.40 para un periodo de 10 años; siendo los costos de producción los que representa más del 87% de los costos totales para el funcionamiento del laboratorio; mientras que el monto necesario para la implementación del laboratorio asciende a \$69,127.43. A partir de estos datos se determina la forma de financiamiento del proyecto que garantice su óptimo funcionamiento, el cual se realizará a través de los fondos destinados al proyecto de universidad en línea.

A partir de la evaluación económica, en la que se empleó el análisis beneficio – costo, se determinó que el proyecto es factible, y por lo tanto se acepta ya que el cociente de los costos involucrados en el proyecto, cuyo monto asciende a \$594,500.90, entre los beneficios generados de la implementación del proyecto, que presentan un monto de \$741,695.26, arrojó un valor de 1.25, es decir que por cada dólar invertido en el proyecto se obtendrá un

beneficio de \$0.25 que impacta a los segmentos involucrados en el análisis: Universidad de El Salvador, segmento de estudiantes de la carrera de ingeniería industrial en modalidad presencial y empresas de manufactura.

En el marco social del proyecto se establece factiblemente la implementación del Laboratorio de Fabricación Digital, fomentando a 973 estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial; 171 de ellos pertenecientes a la modalidad a distancia; en el desarrollo de competencias relacionadas con: la creatividad, optimización de los recursos, innovación y tecnología entre otras que lo facultaran en la industria como un profesional altamente competitivo; con la habilidad de resolución de problemas creando estrategias que ayuden al crecimiento económico del país. Con la implementación de el Laboratorio de Fabricación Digital se espera poder impactar alrededor de 474 personas, que de uno u otra forma: empleo, ingresos, serán beneficiadas.

La implementación del proyecto no incurre en impactos ambientales que no puedan ser controlados, es decir los principales dos impactos con una descripción alta son debido a residuos de materias primas y a el uso de materiales en el acabado de las piezas, sin embargo no se exime dejar de lado las medidas de higiene y seguridad industrial diseñadas para el laboratorio; de lo que podemos concluir que el laboratorio de fabricación digital es factible de implementar sin incurrir en impactos ambientales altos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Academia MAT. (s.f.). *Los Costes Fijos y Variables*. Madrid. Recuperado el 22 de febrero de 2017, de <http://www.academiamat.com/descarga/65.pdf>
- Administración Académica FIA-UES. (Marzo de 2016). *FIA*. Obtenido de fia.ues.edu.sv.
- ADOBE. (Abril de 2016). *ADOBE*. Obtenido de <http://www.adobe.com/la/>
- Adrian Smith, S. P. (2015). *Fabricación digital ¿ Una nueva revolución tecnológica?*
- Albarrán Ligeró, J. (13 de marzo de 2008). *Fundamentos del KBE (Knowledge Based engineering). Aplicación de engranajes de ejes paralelos con CATIA*. Recuperado el 17 de marzo de 2016, de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/4483/fichero/2.+Sistemas+de+CAD-CAM.pdf>
- Alegsa, A. (s.f.). *Definición de Software*. Recuperado el 01 de mayo de 2016, de <http://www.alegsa.com.ar/Dic/software.php>
- Alvarado, Z., Santiago, R., & Santos, T. (2010). *Aprovechamiento integral de la leche mediante la utilización del lactosuero en cooperativa La Vega*. Recuperado el 28 de enero de 2017
- Amada Miyachi America, Inc. (s.f.). *Corte Láser - Recursos Educativos*. Recuperado el 02 de agosto de 2016, de <http://spanish.amadamiyachi.com/glossary/glosslasercutting>
- ARCAM. (20 de Enero de 2016). *ARCAM*. Obtenido de <http://arcam.live5.client.udev.se/wp-content/uploads/Arcam-Ti6Al4V-Titanium-Alloy.pdf>
- Arduino. (2014). *Basicos Arduino*. USA: MEDIALAB USUAL.
- Área Tecnología.com. (s.f.). *Impresoras 3D*. Recuperado el 19 de junio de 2016, de <http://www.areatecnologia.com/informatica/impresoras-3d.html>
- Asociación Salvadoreña de Industriales. (s.f.). *Plan de desarrollo industrial 20005*. El Salvador. Recuperado el 11 de mayo de 2016, de <http://ri.ufg.edu.sv/jspui/bitstream/11592/6717/2/658-G216m-Capitulo%20I.pdf>
- AUTODESK. (Abril de 2016). *AUTODESK INVENTOR*. Obtenido de <http://www.autodesk.es/products/inventor/overview>

- Bacca Urbina, G. (2001). *Evaluación de Proyectos*. México: Mc Graw Hill. Recuperado el 12 de febrero de 2017
- Baires, K., Doñan, D., & Palacios, C. (2005). *Estudio de factibilidad técnico económico para la industrialización de la semilla de achiote en El Salvador*. Ciudad Universitaria. Recuperado el 28 de enero de 2017
- Balagué, F. (08 de mayo de 2015). *7 cosas que deberías saber sobre los Makerspace en educación*. Recuperado el 27 de marzo de 2016, de <http://www.akoranga.org/educacion/2015/05/7-cosas-que-deberias-saber-sobre-los-makerspace-en-educacion/>
- Banco Mundial. (28 de Marzo de 2016). *Banco Mundial*. Obtenido de <http://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.MKTP.KD.ZG>
- Bernabé, J. (28 de Enero de 2016). *IMPRESORAS 3D.COM*. Obtenido de <https://impresoras3d.com/blogs/noticias/108879559-la-guia-definitiva-sobre-los-distintos-filamentos-para-impresoras-3d>
- Besnier, A. (Marzo de 2014). *FAYARD*. Obtenido de <http://www.fayard.fr/lhomme-simplifie-9782213662350>
- Biografías y Vidas. (s.f.). *Biografías y Vidas.com*. Recuperado el 9 de marzo de 2016, de <http://www.biografiasyvidas.com/biografia/n/neumann.htm>
- Blikstein, P. (2013). *Digital Fabrication and 'Making' in Education: The Democratization of Invention*. Recuperado el 09 de mayo de 2016, de <http://arquitecturayfabricacion.blogspot.com/>
- Blog Brildor.com. (23 de agosto de 2009). Recuperado el 20 de junio de 2016, de <https://www.brildor.com/blog/corte-de-vinilo/consejos-tecnicos-vinilo-plotter/glosario-de-terminos-sobre-el-corte-de-vinilo.html>
- Busca Biografías. (Diciembre de 1999). *BuscaBiografias.com*. Recuperado el 9 de marzo de 2016, de <http://www.buscabiografias.com/biografia/verDetalle/8720/Claude%20Shannon>
- Cáliz Velasquez, C. A. (2006). *Anteproyecto arquitectónico del edificio inteligente para la Escuela de Ingeniería en Sistemas Informáticos de la Facultad de Ingeniería y*

Arquitectura de la Universidad de El Salvador. Recuperado el 11 de mayo de 2016, de http://ri.ues.edu.sv/2392/1/Anteproyecto_arquitect%C3%B3nico_del_edificio_inteligente_para_la_Escuela_de_Ingenier%C3%ADa_de_Sistemas_Inform%C3%A1ticos_de_la_Facultad_de_Ingenier%C3%ADa_y_Arquitectura_de_la_Universidad_de_El_Salvador.pdf

castor.es. (2005). *Historia y evolución del CAD/CAM*. Recuperado el 2016 de marzo de 15, de http://www.castor.es/historia_CAD_CAM.html

Cavalcanti, G. (22 de mayo de 2013). *Is it a Hackerspace, Makerspace, TechShop, or FabLab?* Recuperado el marzo de 27 de 2016, de <http://makezine.com/2013/05/22/the-difference-between-hackerspaces-makerspaces-techshops-and-fablabs/>

CEPAL, 2. (2009). *Manual de la micro, pequeña y mediana empresa* .

Cobain, C. (8 de octubre de 2014). Recuperado el 27 de marzo de 2016, de <http://www.cobainmedia.com/2014/10/08/fablabs-makerspaces-por-que-los-necesitamos/>

CODETEL. (16 de agosto de 2000). *¿Qué es la electrónica?* Recuperado el 02 de agosto de 2016, de <http://www.monografias.com/trabajos5/electro/electro.shtml>

Cómo fabricar un router CNC. (6 de octubre de 2010). *Cómo funciona un router CNC*. Recuperado el 19 de junio de 2016, de <https://routercnc.wordpress.com/2010/10/06/como-funciona-un-router-cnc/>

CONACYT. (8 de Mayo de 2016). *CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA VICEMINISTERIO DE TECNOLOGÍA*. Obtenido de http://www.conacyt.gob.sv/index.php?option=com_phocadownload&view=category&id=1:documentos&Itemid=115

Corel Corporation. (Mayo de 2016). *CorelDRAW*. Obtenido de <http://www.coreldraw.com/la/>

Corporación artistas de El salvador S.A de C.V. (Abril de 2016). *Acerca de: Hackerspace San Salvador*. Obtenido de <http://hackerspace.teubi.co/>

Dassault Systemes SolidWorks Corporation. (15 de Abril de 2016). *SolidWorks*. Obtenido de <http://www.solidworks.es/>

DE MAQUINAS HERRAMIENTAS. (Julio de 2015). *DE MAQUINAS HERRAMIENTAS*.
Obtenido de <http://www.demaquinasyherramientas.com/mecanizado/fresadoras-cnc>

Definición ABC. (s.f.). *Definición de Software propietario*. Recuperado el 04 de mayo de 2016,
de <http://www.definicionabc.com/tecnologia/software-propietario.php>

Definición de.com. (s.f.). *Definición de emprendimiento*. Recuperado el 11 de mayo de 2016,
de <http://definicion.de/emprendimiento/>

Definición.de. (s.f.). *Definición de emprendimiento*. Recuperado el 11 de mayo de 2016, de
<http://definicion.de/emprendimiento/>

Definición.de. (s.f.). *Definición de Software libre*. Recuperado el 02 de mayo de 2016, de
<http://definicion.de/software-libre/>

Definiciónde.com. (29 de abril de 2014). *Definición de Ingeniería Industrial*. Recuperado el 06
de mayo de 2016, de <http://conceptodefinicion.de/ingenieria-industrial/>

Definiciónde.com. (s.f.). *software, definición*. Recuperado el 28 de abril de 2016, de
<http://definicion.de/software/>

Del Doral , T. (11 de marzo de 2016). Fabricación aditiva y sustractiva. *La Prensa*. Recuperado
el 26 de abril de 2016, de http://www.prensa.com/tecnologia/Fabricacion-aditiva-sustractiva_0_4434306667.html

Digita2. (s.f.). *¿Qué es el prototipado rápido?* Recuperado el 26 de abril de 2016, de
<http://protorapido.es/que.pdf>

Dirección de Emprendedurismo y Trabajo de la Universidad Politécnica de Valencia. (s.f.).
TechShop: una revolución industrial por 100 euros al mes. Recuperado el 28 de marzo
de 2016, de <http://www.ideas.upv.es/techshop-una-revolucion-industrial-por-100-euros-al-mes/>

Dominguez Aguilar , F., Garduño Villa , A. C., Quiroz Esquivel, F., Rodriguez Barbosa, P., &
Sanchez Meza, I. (31 de mayo de 2012). *Termoformado*. Recuperado el 02 de agosto
de 2016, de http://es.slideshare.net/Alix_Cindy/termoformado

Escuela de Ingeniería Industrial. (2012). *HISTORIA DE INICIO Y DESARROLLO DE LA
ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR*.

Recuperado el 09 de mayo de 2016, de <http://www.fia.ues.edu.sv/web/industrial/historia>

Escuela de Ingeniería Industrial FIA-UES. (s.f.). *Escuela de Ingeniería Industrial FIA -UES , Información General*. Recuperado el 06 de mayo de 2016, de https://www.facebook.com/EscuelaDeIngenieriaIndustrialFIAUES/info/?tab=page_info

Escuela de Ingeniería Industrial, Universidad de El Salvador. (2015). *Plan de estudios de la carrera de ingeniería industrial 2017*. Recuperado el 28 de marzo de 2016

Escuela de Ingeniería Industrial, Universidad de El Salvador. (2015). *Propuesta base para la elaboración de Plan Estratégico de la Escuela de Ingeniería Industrial*. Recuperado el 28 de marzo de 2016

Escuela de Posgrados Facultad de Ingeniería y Arquitectura, UES. (2015). Evaluación de proyectos. *Maestría en energías renovables y medio ambiente*. Ciudad Universitaria. Recuperado el 24 de febrero de 2017

Fab Lab El Salvador. (s.f.). *Fab Lab Open Sessions: Info*. Recuperado el 29 de marzo de 2016, de https://www.facebook.com/os.fablab.sv/info/?tab=page_info

Fab Lab Lima. (s.f.). *Fab Lab Perú*. Recuperado el 10 de marzo de 2016, de <http://fab.pe/quienes-somos/>

FabLab Alicante. (s.f.). *FabLab Alicante*. Recuperado el 11 de marzo de 2016, de <http://fablab.ua.es/que-es-fablab#definicion>

FabLab Lima. (s.f.). *Procesos de fabricación: Sustracción*. Recuperado el 26 de abril de 2016, de <http://fab.pe/quienes-somos/procesos-de-fabricacion/>

FabLab San Salvador. (s.f.). *Fab Lab San Salvador*. Recuperado el 29 de marzo de 2016, de <https://issuu.com/fablabsv>

Fabrico tus ideas. (1 de septiembre de 2015). *Sobre la Fabricación Digital*. Recuperado el 17 de marzo de 2016, de <http://fabricotusideas.com/2015/09/01/sobre-la-fabricacion-digital/>

Facultad de Arquitectura, UNAM. (2014). *Curso Taller Introductorio: Fabricación Digital*. Recuperado el 2016 de marzo de 15, de <http://arquitectura.unam.mx/fabricacion-digital.html>

- Faris, S. (5 de Mayo de 2015). *Bloomberg*. Obtenido de <http://www.bloomberg.com/news/features/2015-05-05/how-3-d-printing-is-saving-the-italian-artisan>
- Felipe Pérez, INCAE. (s.f.). Desarrollando nuevos negocios para las MIPYMES. *Desarrollando nuevos negocios para las MIPYMES*.
- FreeCAD. (Agosto de 2014). *FreeCAD*. Obtenido de <http://www.freecadweb.org/>
- Fressoli, M., & Smith, A. (2015). *IDB Inter - American Development Bank*. Obtenido de <http://www19.iadb.org/intal/icom/notas/39-18/>
- Fressoli, M., & Smith, A. (12 de 2015). *Inter-American Development Bank*. Obtenido de <http://www19.iadb.org/intal/icom/data/Impresi%C3%B3n%20D%20y%20fabricaci%C3%B3n%20digital.pdf>
- Fundación Telefonica. (2014). *Fabricación Digital*. Barcelona: Editorial Ariel, S.A.
- FUSADES. (2005).
- García Pujadas, A. (25 de octubre de 2015). *Fabricación digital: 10 razones que la impulsan y sus consecuencias*. Recuperado el 21 de marzo de 2016, de <http://www.qtorb.com/2015/10/fabricacion-digital-10-razones-que-la-impulsan-y-sus-consecuencias.html>
- Gerschenfeld, N. (8 de Octubre de 2014). *COBIAN MEDIA*. Obtenido de <http://www.cobianmedia.com/2014/10/08/fablabs-makerspaces-por-que-los-necesitamos/>
- Gershenfeld, N. (2005). The coming revolution on your desktop, from personal computers to personal fabrication. Recuperado el 10 de mayo de 2016, de https://issuu.com/pabloherrera/docs/2012_perspectivas_en_los_lfd_en_latinoamerica/1?e=1550707/6430745
- Gestión Estratégica del Recurso Humano. (07 de diciembre de 2012). *Método de valuación por puntos*. Recuperado el 05 de septiembre de 2016, de <http://recursohumano.blogspot.com/2012/12/16-metodo-de-valuacion-por-puntos.html>
- Go Scan 3D. (s.f.). *Scaneado 3D, Preguntas frecuentes*. Recuperado el 02 de agosto de 2016, de <https://www.goscan3d.com/es/preguntas-frecuentes>

- Gochez, R. E. (25 de Marzo de 2016). *ADEPRO*. Obtenido de <http://www.adepro.biz>
- Gómez, M. (16 de Julio de 2016). TEUBICO. (R. Sánchez, Entrevistador)
- Grupo Durga. (6 de junio de 2013). *Hackerspace, Makerspace*. Recuperado el 26 de marzo de 2016, de <http://bibliotecas2029.com/2013/06/06/hackerspace-makerspace/>
- Guia Regalo Promocional. (05 de julio de 2012). *Definición del grabado láser*. Recuperado el 26 de mayo de 2016, de <https://guiaregalopromocional.wordpress.com/2012/07/05/definicion-del-grabado-laser/>
- Guimerans, P. (2012). *Makerspaces, Techshops y Fablabs*. Recuperado el 27 de marzo de 2016, de <http://paolaguimerans.com/blog/?p=294>
- Haché, A. (2014). *Soberanía Tecnológica*. Madrid: Campelo.
- Hackerspace San Salvador. (2016). Obtenido de Hackerspace San Salvador: <http://hackerspace.teubi.com>
- Haydeé de Trigueros- Presidenta de CONAMYPE. (2010).
- Herrera, P. C., & Juárez, B. (s.f.). *Perspectivas de los laboratorios de fabricación digital en Latinoamérica*. Recuperado el 10 de mayo de 2016, de https://issuu.com/pabloherrera/docs/2012_perspectivas_en_los_lfd_en_latinoamerica/1?e=1550707/6430745
- Infoamérica. (s.f.). *Claude Elwood Shannon (1916-2001)*. Recuperado el 15 de marzo de 2016, de <http://www.infoamerica.org/teoria/shannon1.htm>
- INSERT. (2016). *INNOVACIÓN*. Obtenido de www.innovacion.cc
- Instituto de Ciencia Tecnología e Innovación, Universidad Francisco Gavidia. (2014). *Planteamiento estratégico, programas y comprensión institucional*. Recuperado el 15 de marzo de 2016, de <http://icti.ufg.edu.sv/doc/ICTI-2014.pdf>
- Juan Francisco. (27 de julio de 2015). *Diseño y Proyecto CAD, CAM, CAE*. Recuperado el 18 de mayo de 2016, de <http://solidworksavanzado.blogspot.com/2015/07/que-es-un-router-cnc-what-is-cnc-router.html>

- Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2008). *Manufactura, ingeniería y Tecnología*. México: Pearson Educación. Recuperado el 2016 de abril de 25
- Lab CT. (s.f.). *Laboratorio CT, cuenta oficial*. Recuperado el 28 de marzo de 2016, de <https://www.facebook.com/LabCT-939901992733891/info/?tab=overview>
- Leão, L. (02 de diciembre de 2015). *CAD vs CAE vs CAM: ¿Cuáles son las diferencias?* Recuperado el 04 de mayo de 2016, de <http://www.cim-team.com.br/blog-de-ingenieria-electrica-moderna/cad-vs-cae-vs-cam-diferencias>
- Lehrer, R. N. (1954). *INGENIERÍA INDUSTRIAL*. Recuperado el 06 de mayo de 2016, de <https://sites.google.com/site/ingenieriaindustrialmiroslava/3-historia-de-la-ingenieria-industrial>
- Lemus, A. M., & Villatoro Canales, C. V. (2009). *La brecha digital en El Salvador: Causas y Manifestaciones*. Recuperado el 11 de mayo de 2016, de http://www.uca.edu.sv/deptos/economia/media/archivo/c81339_labrechadigitalenelsalvadorcausasymanifestaciones.pdf
- Majluf, P. (19 de enero de 2015). *La economía colaborativa*. Recuperado el 20 de marzo de 2016, de <http://www.forbes.com.mx/la-economia-colaborativa/>
- MAKERSPACE. (2013). *MAKERSPACE PLAYBOOK*. DARPA.
- Maxigas. (s.f.). *Hacklabs and Hackerspaces - Tracing two genealogies*. Recuperado el 27 de marzo de 2016, de <http://peerproduction.net/issues/issue-2/peer-reviewed-papers/hacklabs-and-hackerspaces/>
- Maynard, H. B. (1963). *Handbook of Industrial Engineering* (2da ed.). (M. G. Hill, Ed.) New York. Recuperado el 06 de mayo de 2014
- Mecanizado Perú - Impresión 3D. (s.f.). Recuperado el 31 de julio de 2016, de Fresadora CNC: http://mpdesarrollo.com/mecanizadooperu/index.php?option=com_content&view=article&id=3&Itemid=3
- Medina, E. (19 de mayo de 2012). *Placas con microcontroladores embebidos*. Recuperado el 06 de mayo de 2016, de <http://blutintegrado.blogspot.com/2012/05/placas-con-microcontroladores-embebidos.html?m=1>
- Monochrom. (2014). *HACKING THE SPACE*. Viena.

- MyPaint. (15 de Noviembre de 2014). *MyPaint*. Obtenido de <http://mypaint.org/>
- Ortíz García, J. M. (s.f.). Una propuesta metodológica para la construcción de los marcos conceptual y teórico de una investigación. 1-12. Recuperado el 11 de mayo de 2016
- Paredes, M. S. (2012). Normas y Procedimientos para la elaboración de la tesis de pregrado. Recuperado el 22 de abril de 2016
- Passebon, P. (17 de 5 de 2014). *INDUSTRIE & TECHNOLOGIES*. Obtenido de <http://www.industrie-techno.com/la-montee-en-puissance-des-fablab-industriels.29907>
- Pérez, J., Guetierrez De Rueda, M., Sánchez -Laulhé, J. M., & Olmo Bordallo, J. J. (2011). Fabricación Digital, código abierto e innovación distribuida. 4-8. Recuperado el 10 de marzo de 2016
- Prieto Aguilar, G. (25 de agosto de 2005). *Segmentación de mercados*. Recuperado el 08 de junio de 2016, de <http://www.gestiopolis.com/segmentacion-de-mercados/>
- Productos de Impresión. (24 de agosto de 2014). *Vinilos de corte y vinilos impresos: ¿Conoces las diferencias?* Recuperado el 18 de junio de 2016, de <http://www.imprentaypunto.com/blog/Diferencias-entre-vinilo-de-corte-y-vinilo-impreso#.V2eBybjhDIU>
- QuimiNet. (09 de Septiembre de 2008). *¿Qué es el termoformado?* Recuperado el 02 de agosto de 2016, de <http://www.quiminet.com/articulos/que-es-el-termoformado-32016.htm>
- Rafael Ibarra. (8 de junio de 2014). Recuperado el 29 de marzo de 2016, de <http://blogs.laprensagrafica.com/litoibarra/?p=2987>
- ranchoelectronico.org. (febrero de 2016). *Hackerspaces*. Recuperado el 27 de marzo de 2016, de <http://ranchoelectronico.org/>
- RASPBERRY PI FOUNDATION. (25 de Abril de 2016). *RASPBERRY PI*. Obtenido de <https://www.raspberrypi.org/>
- RED DE LATINO AMERICA Y EL CARIBE DE LABORATORIOS DE FABRICACIÓN DIGITAL. (20 de Enero de 2016). *FABLAT*. Obtenido de <http://fablat.org/>

- Rodríguez, U. (14 de Julio de 2016). Ingeniero Químico. (R. Sánchez, Entrevistador)
- Rozas Andreu, J. (25 de noviembre de 2015). <https://desafiofablab.wordpress.com/>. Recuperado el 27 de marzo de 2016, de <https://desafiofablab.wordpress.com/>
- S Tecnología. (09 de abril de 2014). *Definición de Software Restrictivo*. Recuperado el 04 de mayo de 2016, de <http://conceptodefinicion.de/software-restrictivo/>
- Sahara Labs. (s.f.). *Nuestra Visión*. Recuperado el 27 de marzo de 2016, de <http://saharalabs.org/es/nuestra-vision/>
- Sanchez Jimenez, F. J., Fernandez De la Puente, A., & Llorente Geniz, J. (s.f.). Técnicas de prototipado rápido. En U. d. Escuela Politécnica (Ed.). Sevilla, España. Recuperado el 9 de marzo de 2016
- Sánchez, S. (Abril de 2015). *3D Natives*. Obtenido de <http://www.3dnatives.com/es/sinterizado-selectivo-por-laser-les-explicamos-todo/>
- Sánchez, S. (01 de Abril de 2015). *3D NATIVES*. Obtenido de <http://www.3dnatives.com/es/impresion-3d-por-estereolitografia-les-explicamos-todo/>
- Santos, D. (8 de Octubre de 2015). *GoConqr*. Obtenido de <https://www.goconqr.com/es/blog/creatividad-en-el-aula/>
- Saravia, C. R. (21 de Abril de 2016). Ingeniero Mecánico. (R. G. Sánchez, Entrevistador)
- Schanzer, R. (s.f.). *MARCO TEORICO, CONCEPTUAL Y REFERENCIAL: Enfoques Alternativos*. Recuperado el 22 de abril de 2016
- Sculpteo. (s.f.). *Corte Láser: Técnica digital para cortar y grabar materiales*. Recuperado el 02 de agosto de 2016, de <https://www.sculpteo.com/es/glosario/corte-por-laser-definicion/>
- Shiavo, E., Baumann, P., Noguiera, C. D., & Vera, P. (2013). *ESTUDIO SOBRE INDICADORES TIC EN INSTITUCIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS DE IBEROAMÉRICA*. Madrid: CAECID.
- Siemens Industry Software, S.L. (s.f.). *CAD / Diseño Asistido por Computadora*. Recuperado el 04 de mayo de 2016, de http://www.plm.automation.siemens.com/es_sa/plm/cad.shtml

Sistemas Adaptivos y Bioinspirados en Ingeniería Artificial. (s.f.). *Escaner e impresión 3D*. Recuperado el 02 de agosto de 2016, de <http://sabia.tic.udc.es/gc/Contenidos%20adicionales/trabajos/Hardware/scanner3D/Es caner3D.html>

SketchUp. (20 de Abril de 2016). *SketchUp*. Obtenido de <https://www.sketchup.com/es>

Soriano Montero, M. A. (2008). *Emprendedurismo y Clusters industriales*. Puebla, México. Recuperado el 11 de mayo de 2016, de http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/mcap/soriano_m_ma/capitulo3.pdf

Stratasys. (s.f.). *¿Qué es el prototipado rápido?* Recuperado el marzo de 2016, de <http://www.stratasys.com/es/resources/rapid-prototyping>

Subsecretaría de Economía Creativa. (s.f.). *Economía Creativa*. Recuperado el 28 de abril de 2016, de <http://www.buenosaires.gob.ar/economiacreativa>

Tatiana Alemán. (27 de diciembre de 2015). *La magia del 3D*. Recuperado el 29 de marzo de 2016, de http://mas.sv/mas/articulo.aspx/75397/10187921/la-magia-del-3d#.Vvqhh_nhDIV

Techshop. (s.f.). *TechShop, Bienvenida*. Recuperado el 28 de marzo de 2016, de <http://www.techshop.ws/index.html>

Tecnología de los Plásticos. (30 de mayo de 2011). *Termoformado*. Recuperado el 02 de agosto de 2016, de <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/05/termoformado.html>

The GIMP Team. (20 de Noviembre de 2015). *GIMP*. Obtenido de <http://www.gimp.org/>

TodoStarups. (27 de Enero de 2015). *TodoStarups*. Obtenido de <http://www.todostartups.com/bloggers/eric-schmidt-apuesta-por-potenciar-la-innovacion-en-la-industria>

TROTEC. (Enero de 2016). *TROTEC LASER*. Obtenido de <http://www.troteclaser.com/es-ES/Servicio/Preguntas-Frecuentes/Pages/Como-Cortar-con-Laser.aspx>

Trotec Laser. (s.f.). *Grabado Láser, ¿En qué consiste el grabado láser?* Recuperado el 29 de mayo de 2016, de <http://www.troteclaser.com/es-ES/Servicio/Preguntas-Frecuentes/Pages/Como-Grabar-con-Laser.aspx>

- UES Secretaría de Relaciones Nacionales e Internacionales . (2014). *Secretaría de Relaciones Nacionales e Internacionales UES*. Obtenido de www.ues.edu.sv/secretaria de Relaciones Nacionales e internacionales
- UES, Secretaría de Comunicaciones. (12 de Octubre de 2016). *Diario El Universitario*. Obtenido de El Universitario: eluniversitario.ues.edu.sv
- Unión Carbono S.L. (s.f.). *Fresadora*. Recuperado el 31 de julio de 2016, de <http://www.fresadoras-cnc.com/fresadora/#>
- Universidad Don Bosco . (2016). *Universidad Don Bosco*.
- Universidad Don Bosco. (2014). *Catalogo Institucional UDB*. Recuperado el 29 de marzo de 2016, de <http://www.udb.edu.sv/udb/archivo/catalogo/catalogoUDB2014.pdf>
- Universidad Dr. José Matías Delgado. (25 de julio de 2015). *LA PRIMERA CENTROAMERICANA GRADUADA DE FAB ACADEMY ES UNA SALVADOREÑA*. Recuperado el 29 de marzo de 2016, de <http://www.ujmd.edu.sv/contenidoslideshow/29-noticias/590-la-primera-centroamericana-graduada-de-fab-academy-es-una-salvadorena>
- Universidad Francisco Gavidia. (s.f.). *Comité Científico Empresarial Asesor y de ética*. Recuperado el 29 de marzo de 2016, de <http://icti.ufg.edu.sv/icti.comite.html#.VvrbJvnhDIV>
- Vanderwerff, A. (17 de Septiembre de 2015). HOW TO INCUBATE CREATIVITY IN SCHOOL. *KQED News*, pág. 2.
- Waisman, M. (1995). La arquitectura descentrada. Recuperado el 10 de mayo de 2016, de https://issuu.com/pabloherrera/docs/2012_perspectivas_en_los_lfd_en_latinoamerica/1?e=1550707/6430745
- Word Reference. (2005). *Software, definición*. Recuperado el 28 de abril de 2016, de <http://www.wordreference.com/definicion/software>
- Zahera, M. (2012). La fabricación aditiva, tecnología avanzada para el diseño y desarrollo de productos. *XVI Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos*, (pág. 1). Valencia. Recuperado el 25 de abril de 2016, de http://www.aepro.com/files/congresos/2012valencia/CIIP12_2088_2098.3870.pdf

GLOSARIO TÉCNICO

Control Numérico Computarizado: El Control Numérico Computarizado, conocido también como CNC, es un sistema que permite controlar en todo momento la posición de un elemento físico, normalmente una herramienta que está montada en una máquina. Esto quiere decir que mediante un software y un conjunto de órdenes, se controla las coordenadas de posición de un punto (la herramienta) respecto a un origen (0, 0, 0 de máquina) con alto grado de precisión.

Cubo OLAP: Estructura de datos que multidimensional que permite almacenar, mostrar y analizar bases de datos relacionales de gran tamaño, permitiendo al usuario el acceso y búsqueda de información, mostrando y procesando gran cantidad de datos reduciendo el uso de recursos para la realización de estos procesos.

Creatividad: Facultad que posee una persona para crear y a la capacidad creativa de un individuo, consiste en encontrar procedimientos o elementos para desarrollar labores de manera distinta a la tradicional, con la intención de satisfacer un determinado propósito. La creatividad es el proceso de presentar un problema a la mente con claridad y luego originar una idea, concepto, noción o esquema según líneas nuevas o no convencionales.

Gestión de vida del producto (PLM): Sistema de gestión de la información que puede integrar datos, procesos, sistemas empresariales y personas en el contexto de una empresa. El software de PLM le permite gestionar esta información a lo largo de todo el ciclo de vida de un producto de forma eficaz y económica desde la idea inicial, el diseño y la fabricación hasta el mantenimiento del producto y su eliminación.

Hardware de control: Elementos que te permiten realizar acciones de control en función de parámetros de entrada y lo que le hayas programado, su función principal es buscar las instrucciones en la memoria principal del ordenador, decodificarlas (interpretación) y ejecutarlas, empleando para ello la unidad de procesamiento de información (CPU).

Inflación: Se define como un aumento general y constante de los precios, imputable a diferentes causas económicas

Ingeniería Inversa: Proceso de razonamiento que busca determinar los principios de la estructura, funcionamiento u operación de un objeto, dispositivo, herramienta o software. El objeto o sistema en estudio se analiza para determinar la forma en que funciona, su estructura

y demás características de diseño, materiales y acabados para que, a partir de esta información, se desarrolle un dispositivo que realice la misma tarea, una tarea similar o se mejore el diseño actual del producto.

Internet de las cosas: Red que interconecta objetos físicos cotidianos valiéndose del Internet que se valen de hardware especializado que además de permitir la conectividad a internet de forma permanente, captura, almacena y gestiona la información que estos objetos generan, para automatizar actividades y procesos diarios y analizar los datos generados para aportar información útil para la toma de decisiones de los individuos.

Layout: Vocablo inglés que se utiliza sobretodo en el ámbito tecnológico, empresarial y de diseño en general y significa "plan", "diseño" o "disposición". En el ámbito de diseño también es utilizada la palabra layout que corresponde a un croquis, esquema, o bosquejo de distribución de las piezas o elementos que se encuentran dentro de un diseño en particular.

Open Source: Término con el que se conoce al software distribuido y desarrollado libremente. El código abierto tiene un punto de vista orientado a los beneficios prácticos de compartir el código con los usuarios, que a las cuestiones éticas y morales las cuales destacan en el llamado software libre.

Prototipo: Término utilizado para nombrar el ejemplar original o primer molde que se desarrolla y que sirve como modelo para la fabricación de los siguientes o como una muestra; estos elementos se emplean como una prueba antes de proceder la producción en serie y lanzar los productos al mercado, su finalidad es permitir a los desarrolladores identificar posibles fallas en el funcionamiento y deficiencias de diseño, una vez realizadas, el equipo de producción cuenta con la información para iniciar la producción general.

Workshop: Pequeño establecimiento en el que se realiza la fabricación o artesanía de objetos, este concepto inglés sirve para definir un grupo de discusión que hace hincapié en el intercambio de ideas y la demostración y aplicación de técnicas, habilidades, etc. El término workshop sirve también para definir un breve programa educativo intensivo para un grupo relativamente pequeño de personas que se centra especialmente en las técnicas y habilidades en un campo en particular.

ANEXOS

ANEXO I: CATEGORÍAS DE CLASIFICACIÓN PARA EMPRESAS

Categoría	Personal ocupado	Ingresos brutos
Micro empresa	Hasta 10 personas	Hasta \$100,000
Pequeña empresa	De 11 a 50 personas	Desde \$100,001 hasta \$1,000,000
Mediana empresa	De 51 a 100 personas	Desde \$1,000,001 hasta \$7,000,000
Gran empresa	Más de 100 personas	Más de \$7,000,000

Tabla 302 El Salvador: categorías de empresas según personal e ingresos brutos

Fuente: Directorio de Unidades económicas 2011 – 2012

ANEXO II: PRESENTACIÓN AUXILIAR PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN DE MERCADO CONSUMIDOR



Ilustración 87 Presentación auxiliar para recolección de información – Inicio

Fuente: Elaboración propia

OBJETIVO GENERAL

Determinar si existe la factibilidad de la implementación de un Laboratorio de Fabricación Digital en la Escuela de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador para el desarrollo de novedosas competencias estudiantiles y empresariales en El Salvador

Ilustración 88 Presentación auxiliar para recolección de información – Objetivo General de la investigación

Fuente: Elaboración propia

ENTREVISTA A PLANTA DOCENTE DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA FIA – UES

Definir lineamientos para seleccionar áreas del pensum de la carrera de Ingeniería Industrial, metodologías y contenidos para la enseñanza de técnicas de fabricación digital a ofertar en el Laboratorio de Fabricación Digital de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador; a partir de la información proporcionada por docentes jefes de área de la carrera de ingeniería industrial de la FIA – UES.

Ilustración 89 Presentación auxiliar para recolección de información – Objetivo del instrumento a presentar

Fuente: Elaboración propia



Ilustración 90 Presentación auxiliar para recolección de información – Definición de Fabricación Digital

Fuente: Elaboración propia



Ilustración 91 Presentación auxiliar para recolección de información – Clasificación de las tecnologías de fabricación digital

Fuente: Elaboración propia



Ilustración 92 Presentación auxiliar para recolección de información – Definición y corrientes de los laboratorios de fabricación digital

Fuente: Elaboración propia



Ilustración 93 Presentación auxiliar para recolección de información – Laboratorios de fabricación digital en El Salvador

Fuente: Elaboración propia

SERVICIOS PRESELECCIONADOS

SERVICIOS A OFRECER EN UN LABORATORIO DE FABRICACIÓN DIGITAL

FABRICACIÓN Y PRODUCCIÓN



Impresión 3D
Corte de vinilo
Fresado CNC
Grabado laser
Escaneo 3D
Corte Láser
Electrónica
Programación
Animación 3D

CONSULTORÍA



Asesoría en el desarrollo de productos usando fabricación digital

Asesoría en el desarrollo de proyectos interactivos

Diseño de productos

EDUCACIÓN

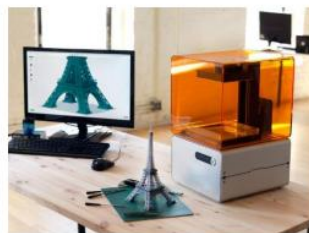


Formación en Tecnologías de fabricación digital

Presentación auxiliar para recolección de información – Servicios de fabricación digital preseleccionados
Fuente: Elaboración propia

SERVICIOS DE FABRICACIÓN Y PRODUCCIÓN DIGITAL

IMPRESIÓN 3D



Creación de objetos y piezas en tres dimensiones a partir de un diseño a través de la aplicación de capas sucesivas de material en la plataforma de la impresora hasta conseguir el objeto deseado

CORTE DE VINILO



Troquelado de vinil empleando un plotter de corte, con una cuchilla de corte que se mueve a lo largo de una guía mientras que rodillos permiten el movimiento del vinilo hacia adelante o hacia atrás hasta lograr el diseño deseado

Ilustración 94 Servicios de fabricación y producción preseleccionados: Impresión 3D y Corte de vinil

Fuente: Elaboración propia

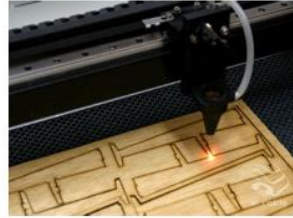
SERVICIOS DE FABRICACIÓN Y PRODUCCIÓN DIGITAL

CORTE LÁSER



Es una técnica sustractiva sin contacto que emplea una cortadora equipada con un láser que sale de una boquilla hacia la pieza de trabajo, fundiendo o removiendo el material y creando un borde en la pieza de gran precisión y calidad según un diseño realizado por computadora

GRABADO LÁSER



Es una técnica donde el rayo láser efectúa el desgaste de la superficie de la pieza a grabar por medio del trazado de líneas horizontales al realizar un desplazamiento vertical; este proceso posee un nivel de profundidad que va desde las micras hasta los centímetros y un alto grado de precisión en el acabado

Ilustración 95 Servicios de fabricación y producción preseleccionados: Impresión 3D y Corte de vinil

Fuente: Elaboración propia

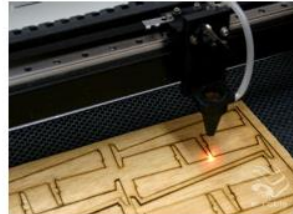
SERVICIOS DE FABRICACIÓN Y PRODUCCIÓN DIGITAL

FRESADO CNC



Básicamente, las fresadoras CNC son similares a las convencionales, poseen las mismas partes móviles y la diferencia de no tener palancas ni manivelas sino una pantalla con un panel y una computadora que regulan los movimientos de la fresadora a través de un software

GRABADO LÁSER



Es una técnica donde el rayo láser efectúa el desgaste de la superficie de la pieza a grabar por medio del trazado de líneas horizontales al realizar un desplazamiento vertical; este proceso posee un nivel de profundidad que va desde las micras hasta los centímetros y un alto grado de precisión en el acabado

Ilustración 96 Servicios de fabricación y producción preseleccionados: Fresado CNC y Grabado Láser

Fuente: Elaboración propia

SERVICIOS DE FABRICACIÓN Y PRODUCCIÓN DIGITAL

ESCANEEO 3D



Esta técnica se realiza empleando un dispositivo que permite reunir las características del volumen y geometría de un cuerpo por medio de un laser que crea una nube de puntos para posteriormente procesarla por computadora como una malla poligonal y ser usada en procesos CAD, CAE y CAM

TERMOFORMADO



Es un proceso que permite obtener una copia exacta de un molde o figura de madera o resina por medio de la aplicación de presión, temperatura y vacío a una placa de PVC, PET, Estireno, etc. para que tome la forma del molde o figura.

*Ilustración 97 Servicios de fabricación y producción preseleccionados: Escaneo 3D y termo formado
Fuente: Elaboración propia*

CONSULTORÍA

ASESORÍA EN EL DESARROLLO DE PROYECTOS INTERACTIVOS



Asesoría en el diseño y desarrollo de aplicaciones interactivas para dispositivos móviles, especialmente los que utilizan sistema operativo Android, integrando conceptos como Internet de las cosas (IoT) e

ASESORÍA EN EL DESARROLLO DE PRODUCTOS USANDO FD



Asesoría en el diseño de productos, modelado digital, prototipado, ensayo y evaluación de modelos 3D.

Ilustración 98 Servicios de consultoría preseleccionados: Asesoría en el desarrollo de proyectos interactivos y asesoría en el desarrollo de productos usando fabricación digital

Fuente: Elaboración propia

CONSULTORÍA

REGISTRO DE MARCAS, DISEÑOS Y PATENTES



Asesoría y capacitación en el proceso de registro de marcas, productos y patentes, investigación de inscripción de patentes similares a nivel nacional e internacional

DISEÑO DE PROCESOS



Análisis, evaluación y mejora de procesos existentes en empresas o diseño de nuevos procesos empleando tecnologías de fabricación digital

Ilustración 99 Servicios de consultoría preseleccionados: Registro de marcas, diseños y patentes y diseño de procesos
Fuente: Elaboración propia

CONSULTORÍA



ALQUILER DE ESPACIOS

Alquiler de espacios por hora o a través de suscripción a los laboratorios, asesoría en el desarrollo diseño de productos, uso de todo el equipo y elementos disponibles dentro del laboratorio

Ilustración 100 Servicios de consultoría preseleccionados: Alquiler de espacios
Fuente: Elaboración propia

SERVICIOS EDUCATIVOS

CURSOS DE FORMACIÓN EN EL USO DE TÉCNICAS DE FABRICACIÓN DIGITAL



Talleres de formación en áreas CAD, CAE y CAM; talleres y cursos de electrónica y programación

ARTESANIA DIGITAL



Taller de formación en la fabricación de productos artesanales empleando tecnologías de fabricación digital

Ilustración 101 Servicios educativos preseleccionados: Cursos de formación en TFD y Artesanía digital

Fuente: Elaboración propia

LABORATORIOS DE FABRICACIÓN DIGITAL OFERTADOS EN CENTROS DE EDUCACIÓN SUPERIOR A NIVEL NACIONAL

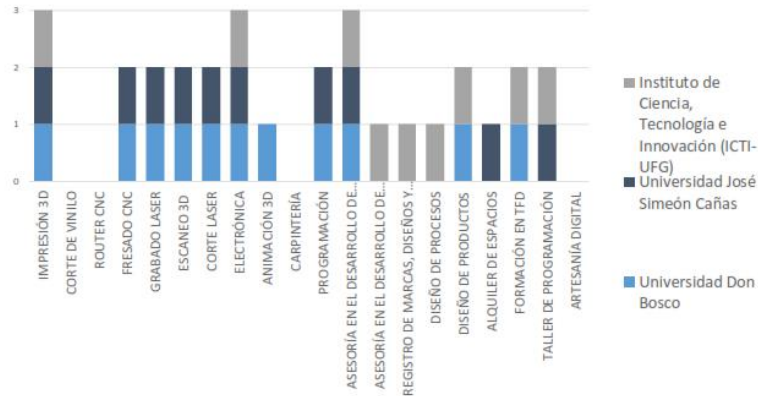


Ilustración 102 Metodología de preselección de servicios: Centros de Educación Superior consultados a nivel nacional

Fuente: Elaboración propia

LABORATORIOS DE FABRICACIÓN DIGITAL OFERTADOS EN IBEROAMÉRICA

NO.	SERVICIO	FABRICACIÓN Y PRODUCCIÓN													CONSULTORÍA				EDUCACIÓN		
		IMPRESIÓN 3D	CORTE DE VINILO	ROUTER CNC	FRESADO CNC	GRABADO LASER	ESCANEO 3D	CORTE LASER	ELECTRÓNICA	ANIMACIÓN 3D	CARPINTERÍA	PROGRAMACIÓN	ASESORÍA EN EL DESARROLLO DE PROYECTOS INTERACTIVOS	ASESORÍA EN EL DESARROLLO DE PRODUCTOS USANDO FD	REGISTRO DE MARCAS, DISEÑOS Y PATENTES	DISEÑO DE PROCESOS	DISEÑO DE PRODUCTOS	ALQUILER DE ESPACIOS	FORMACIÓN EN TFD	TALLER DE PROGRAMACIÓN	ARTESANÍA DIGITAL
1	Fablabs en la región Iberoamericana	15	5	2	5	9	4	12	8	5	2	9	9	11	2	4	15	7	14	7	2
2	Makerspaces en Latinoamérica	5	0	1	1	5	1	0	5	4	5	1	4	5	3	5	0	1	0	5	5
3	Hackerspaces en Latinoamérica	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	5	2	1	0	5	5	5	1	1	0
4	Servicios ofrecidos en centros de educación superior a nivel nacional	3	0	0	2	2	2	2	3	1	0	2	3	1	1	1	2	1	2	2	0
TOTAL SERVICIOS DE FABRICACIÓN OFERTADOS		24	5	4	8	16	8	14	16	10	7	17	18	18	6	15	22	14	17	15	7

Ilustración 103 Metodología de preselección de servicios: Laboratorios de Fabricación Digital a nivel iberoamericano

Fuente: Elaboración propia

LABORATORIOS DE FABRICACIÓN DIGITAL OFERTADOS EN IBEROAMÉRICA

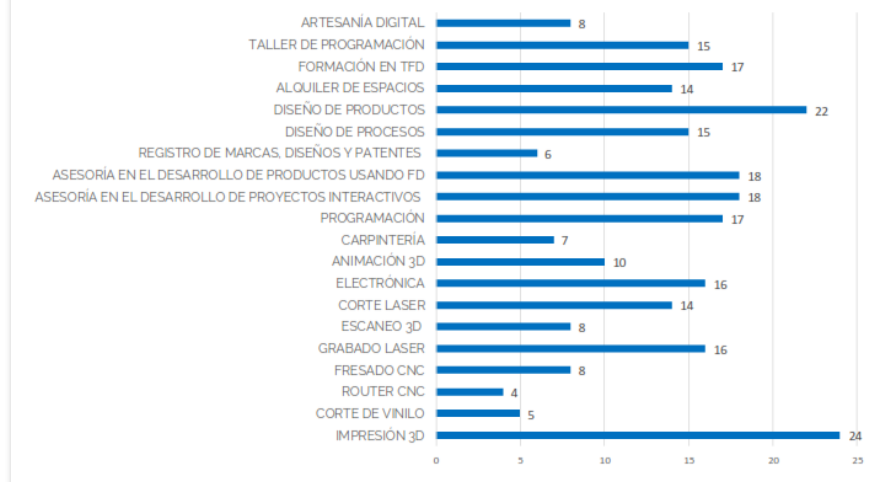


Ilustración 104 Metodología de preselección de servicios: Servicios de Fabricación Digital ofertados a nivel iberoamericano

Fuente: Elaboración propia

ANÁLISIS

En base a la información presentada:

1. ¿Qué áreas de la curricula de ingeniería industrial considera que permiten la enseñanza de tecnologías de fabricación digital? Señale la unidad, materia o tema en las que considera pueda aplicarse.
2. Señale algún laboratorio o guía de trabajo, o alguna otra metodología de enseñanza, en la que considere pueda incorporarse las tecnologías de fabricación digital a la formación de profesionales de la ingeniería en la EII
3. De las tecnologías antes presentadas, ¿Cuáles considera que pueden implementarse en la formación de ingenieros industriales dentro de la EII?

*Ilustración 105 Metodología de preselección de servicios: Preguntas de análisis¹⁰⁶
Fuente: Elaboración propia*



*Ilustración 106 Metodología de preselección de servicios: Servicios de Fabricación Digital ofertados a nivel Iberoamericano
Fuente: Elaboración propia*

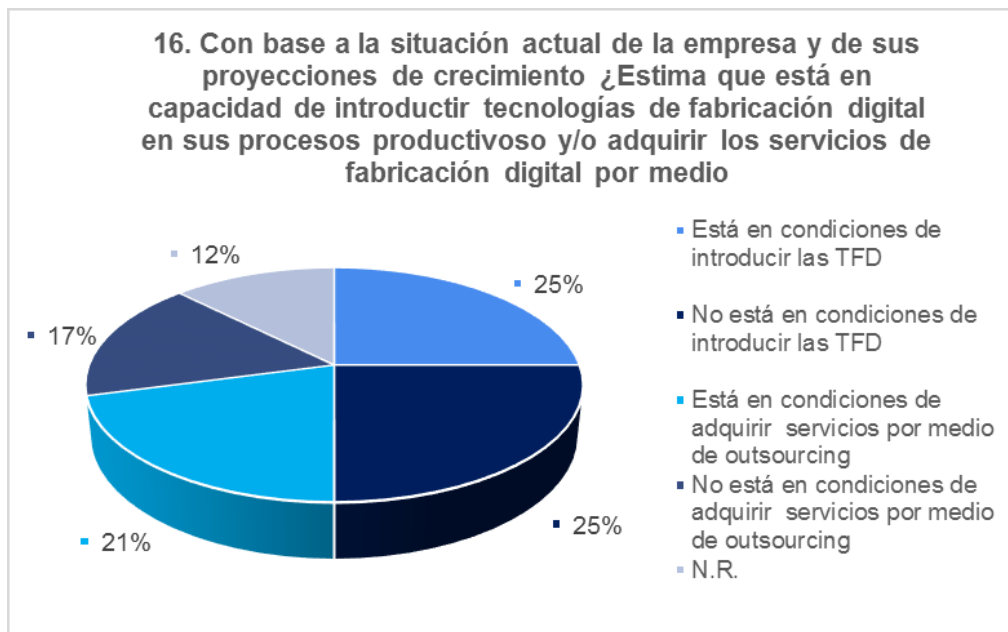
¹⁰⁶ Preguntas de análisis: esta parte de la presentación se omite en el abordaje del segmento de empresas de manufactura para iniciar con las preguntas que conforman el instrumento de recolección de información

ANEXO III: UNIDADES ECONÓMICAS REGISTRADAS PERTENECIENTES AL SECTOR MANUFACTURA A NIVEL NACIONAL QUE PUEDEN INCORPORAR TECNOLOGÍAS DE FABRICACIÓN DIGITAL

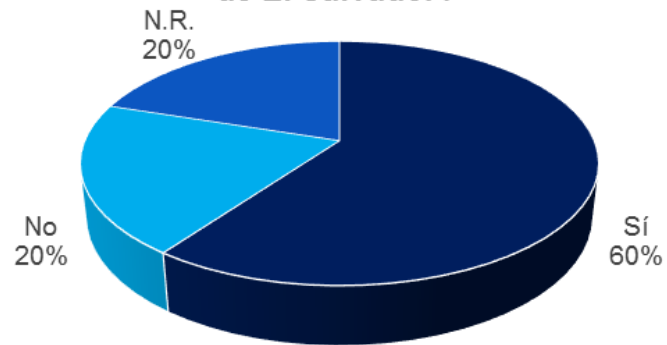
ACTIVIDAD ECONÓMICA	UNIDADES ECONÓMICAS REGISTRADAS
Fabricación de productos de plástico	66
Fabricación de productos metálicos, tanques, depósitos y generadores de vapor	1281
Fabricación de maquinaria	33
Fabricación de muebles	1261
Fabricación de instrumentos, materiales médicos, ortopédicos y odontológicos	44
TOTAL	2685

Tabla 303 Unidades económicas registradas pertenecientes al sector manufactura registradas a nivel nacional
Fuente: Cubo OLAP – DIGESTYC

ANEXO IV: INFORMACIÓN REQUERIDA PARA EL CÁLCULO DE DEMANDA DE SERVICIOS DE FABRICACIÓN DIGITAL



17. De adquirir los servicios de fabricación digital a través de outsourcing ¿Lo realizaría en el laboratorio de fabricación digital de la Universidad de El Salvador?



ANEXO V: FORMATO DE SOLICITUD DE COMPRAS A TRAVÉS DEL FONDO CIRCULANTE

Universidad de El Salvador
Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Requerimientos para el Plan de Compras del Año 2017

Escuela o Unidad: _____ XXXXXXXX Fecha: _____ XXXXXX

No.	Cantidad	Unidad de medida	Nombre del bien, insumo o material a adquirir (Favor no poner marcas ni números de catálogo)	Especificaciones Técnicas (Color, tamaño, material, etc. En el caso de Equipo que necesita parámetros establecidos para su instalación, favor especificar requerimientos de energía eléctrica, materiales para su instalación, etc.)	Precio Unitario (IVA INCLUIDO)	Total (IVA INCLUIDO)	Justificación	Observaciones.
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								
32								
33								
34								
					XXXXXXX	XXXXXXX		

Tabla 304 Formato elaboración de un Plan de Compras según la FIA

Fuente: Secretaría de Planificación FIA-UES

ANEXO VI: FORMATO DE ELABORACIÓN DEL PLAN DE COMPRAS

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
SOLICITUD DE COMPRA A TRAVÉS DEL FCMF

FECHA: _____

UNIDAD SOLICITANTE: _____

COMPRA SOLICITADA: _____

ESPECIFICACIONES DEL BIEN A COMPRAR: _____

JUSTIFICACIÓN: _____

OBSERVACIONES: _____

Firma y sello del Jefe solicitante

Vo. Bo. Decano o Vicedecano

Tabla 305 Formato solicitud de compra a través de fondo circulante.

Fuente: Secretaría de planificación FIA-UES

ANEXO VII: COTIZACIONES DE MAQUINARIA Y EQUIPO PROPUESTA 1

Cotizacion: Rina Sánchez
Egresada Ingeniería Industrial
Universidad de El Salvador

GRUPO MTF

Parque Industrial Champions
 Mejico 3941 -Villa Martelli (1600)
 Tel: 4709-2670



REPLIKAT
 Argentina

Descripcion	Modelo	Cantidad	Importe	Iva 10,5%	Importe final	
Impresora 3D	Modelo XY Convencional (25cm x 25 cm x 20 cm)	2	\$83239,82	8740,1811	\$91980,00	
Total:					\$82782,00	Desc 10%

Datos bancarios.

Cuenta: Banco Credicoop

Tipo: Cuenta Corriente en pesos

CBU: 19100698 – 55006900592650

Nro de cuenta: Suc. 069 N° 5926-5

Titular: Grupo MTF S.A.

CUIT: 30714553131

Nadia Magali Martinez.
 DEPARTAMENTO DE VENTAS
nadia.martinez@replikat.com.ar



REPLIKAT
INNOVACIÓN

Presupuesto Modelo XY

Replikat Innovación – Impresoras 3D

Solicitado por:

Nombre Completo:

Rina Sánchez

Egresada Ingeniería Industrial
Universidad de El Salvador

Fecha de emisión del presupuesto: 07/11/2016

Validez del presupuesto: 3 (tres) meses

Características principales del Modelo XY:



Acceso Remoto

Para controlar la impresora estés donde estés, desde cualquier dispositivo que navegue en internet, sin importar la marca o el sistema operativo



Cámara Web integrada

Para ver remotamente como viene la impresión y hacer algún ajuste de ser necesario



Filmación de todo el proceso

Al estilo timelapse (video acelerado). Podés ver el proceso de impresión completo en sólo minutos.



Niveles de Usuario

Se pueden crear usuarios y restringir el acceso. Por ejemplo un usuario administrador puede cambiar cualquier cosa, pero un usuario visitante solo puede ver el estado en general



Cola de trabajos

Con tiempos de producción y posibilidad de re-impresión con un solo click.



Sistema de ventilación de capas

2 ventiladores enfrían el material apenas se deposita en la impresión. Ayuda a mejorar notoriamente la calidad de las piezas que tienen partes curvas en vertical o trepadas con ángulos complejos



Sensor de fin de filamento

Con el sensor de fin de filamento, la impresora se pausa automáticamente para que puedas cambiar el carretel y continuar con la impresión de tu pieza, optimizando el uso del filamento.



Sistema de contrapeso en el eje Z

Mejora notablemente la calidad de impresión y elimina el mantenimiento del eje Z.



Coloca el logo de tu empresa o emprendimiento

Porque en Replikat creemos firmemente que cada impresora 3D es más que una máquina, es más bien un Jugador de Equipo, te ofrecemos la posibilidad de customizar tu XY con el logo y nombre de tu empresa o proyecto en el frente la impresora.

Presentaciones del Modelo:



El modelo XY se fabrica en 4 presentaciones para adaptarse a las diferentes necesidades de nuestros clientes:

Materiales: Acero pintado al horno (negro) o acero inoxidable

Volúmenes de impresión: convencional o extendida. Varía la altura máxima de impresión

Elegí la versión que mejor se adapte a tu empresa o proyecto:

Materiales de fabricación

XY Convencional - Acero

XY Extendida - Acero Inoxidable

Volumen de impresión

250mm x 250mm x 200mm

250mm x 250mm x 450mm

Otros beneficios destacados del Modelo XY:

- ✓ Estructura ultra resistente de metal, con cerramientos de acrílico
- ✓ Alta precisión y acabado final de piezas impresas
- ✓ Materiales de impresión: ABS, PLA, Nylon, Flexible, otros
- ✓ Incluye 3 Boquillas de cambio rápido y sencillo: 0.25mm, 0.4mm y 1mm
- ✓ Capacidad de colocar un segundo pico en el futuro sin necesidad de modificar la computadora de abordo
- ✓ Sistema Bowden: permite que el extrusor esté montado fuera del carro, para alivianar el peso, lo que produce impresiones de mayor calidad
- ✓ Carro ultraliviano: Permite velocidades y aceleraciones mayores, lo que reduce el tiempo de impresión
- ✓ Software libre y sin licencias de renovación
- ✓ Compatible con todos los sistemas operativos:



Ejemplos de piezas impresas:





Descubrí la experiencia del Servicio Post-Venta Premium de Replikat Innovación:

Confiando en **REPLIKAT Innovación** no solo estás adquiriendo una Impresora 3D de primer nivel fabricada íntegramente en Argentina, también contás con muchos beneficios más:

Filamento de Regalo:



Con tu Impresora 3D Replikat te incluimos **1 kilo de filamento PLA** de regalo, para que puedas hacer todas las impresiones de prueba que necesites mientras aprendés a utilizar tu impresora 3D

Capacitación sin cargo adicional:



Entendemos que las nuevas tecnologías requieren un proceso de aprendizaje, es por eso que en **REPLIKAT Innovación** elegimos acompañarte en el mismo a través de una **capacitación presencial** gratuita sobre el uso de la Impresora 3D. Las capacitaciones tienen una duración aproximada de 2 horas, en las que las personas involucradas en la utilización de la Impresora 3D aprenderán todo lo que necesitan para conocer el funcionamiento y uso de la máquina.

Para nuestros clientes que no pueden tomar la capacitación presencial por razones de distancia, también se puede optar por recibir la **capacitación vía Skype**

Siempre comunicados:



Contás con asesoramiento técnico para solucionar cualquiera de tus dudas:

- Vía telefónica
- Correo electrónico
- WhatsApp
- Mensaje por nuestra web.

Videos Tutoriales On-line:



Desde nuestra página web, podés acceder a los videos tutoriales que te ayudarán en la experiencia con tu impresora 3D, y podrás acceder la cantidad de veces que desees:

www.replikat.com.ar/sopORTE/tutoriales

Soluciones sin demoras, en tu mismo idioma y cerca tuyo:



Todos nuestros productos se componen en casi su totalidad de insumos y partes fabricadas en el país, lo que nos permite cumplir con tiempos más rápidos de entrega. Nuestros clientes cuentan con un soporte técnico local para acompañarlos y brindarles asistencia ante cualquier necesidad y en su mismo idioma

Garantía y formas de envío:



La impresora **REPLIKAT XY** cuenta con **Garantía de 1 año** en todos sus componentes

El comprador debe abonar el envío presencial, por encomienda o despacho.

¿Por qué elegir tecnología 3D REPLIKAT INNOVACIÓN?



Porque somos la empresa líder en Argentina dedicada a la investigación, desarrollo, fabricación y comercialización de Impresoras y Scanners 3D.

Porque logramos que tu experiencia con la tecnología 3D sea simple, efectiva y satisfactoria a través de nuestro exclusivo **Servicio Post-Venta Premium**

Porque estamos comprometidos y trabajando intensamente en fabricar tecnología 3D 100% nacional de calidad para la Argentina y para el Mundo entero.



Valores:

Replikat XY Acero

Convencional: \$AR 41.619+ iva (10.5%) Total: \$AR 45.990

Replikat XY Acero Inoxidable

Extendida: \$AR 52.127 + iva (10.5%) Total: \$AR 57.600

Todas las **Entidades Educativas** cuentan con un **10% de descuento**

Formas de pago:

Para realizar el pago de su compra por transferencia o depósito bancario:



Cuenta Corriente en pesos
 CBU: 19100698 – 55006900592650
 Sucursal 069 Nº 5926-5

Titular: Grupo MTF S.A.
 CUIT: 30714553131



Cheques personales: Grupo MTF S.A.


REPLIKAT Innovación – Presupuestos XY 2016 – V.Ac:29/02





Hasta 12 cuotas.
(Verificar promociones vigentes)

Contactanos:

Estamos para responder tus consultas y asesorarte en todo lo que necesites

 +54 11 47092670

 contacto@replikat.com.ar


 +54 11 32755546

Seguinos en las Redes Sociales:

 [/replikatargentina](#)



[/replikat3D](#)

 [/replikatargentina](#)



[/replikatargentina](#)



Presupuesto Modelo XY

Rina Sánchez
Egresada Ingeniería Industrial
Universidad de El Salvador

Fecha de emisión del presupuesto: 07/11/2016

Validez del presupuesto: 3 (tres) meses



REPLIKAT
INNOVACIÓN

Presupuesto Scanner 3d de escritorio

Replikat Innovación – Scanners 3D

Solicitado por:

Nombre Completo

Rina Sánchez

Egresada Ingeniería Industrial
Universidad de El Salvador

Fecha de emisión del presupuesto: 07/11/2016

Validez del presupuesto: 3 (tres) meses

Características principales del Scanner 3D de escritorio:



Alta precisión y acabado final de piezas

Gracias a su tecnología de precisión, lograrás escaneos con detalles finos de alta definición. Conseguí modelos de piezas 3D fieles al original, desde las líneas y texturas más complejas, con un acabado sorprendente.



Gabinete cerrado

Gracias al gabinete completamente cerrado, podrás escanear sin preocuparte la variación lumínica de la habitación. Ubicá tu Scanner 3D de escritorio en la oficina o ambiente que prefieras.



Ideal para escaneos de piezas pequeñas

El Scanner 3D de escritorio Replikat te permite escanear cualquier tipo de piezas con gran definición en un área de 150 mm x 150 mm y una altura de 150 mm.




Posibilidad de escanear piezas translúcidas


También podrás escanear piezas translúcidas sean de vidrio, plástico, acrílico, etc. Con sólo unos ajustes tu Scanner 3D de mano estará listo para escanear una gran variedad de materiales.


Características Técnicas del Scanner 3D:




Peso total: 8 Kgs

Resolución: 400 a 3200 LPC 

Longitud de onda láser: 543,5 nm 

Gabinete metálico pintado al horno 
Espesores de aluminio: 5 mm
Chapa de acero: 1.6 mm.

Dimensiones que ocupa en un escritorio: 350 mm x 450mm x 300mm 



El Scanner 3D de escritorio incluye:



Software de escaneo
mesh



Software de edición de



Manual de usuario:
Guía de instalación y
manual de uso.



Pieza de Calibración

Otros beneficios destacados del Scanner 3D:

- ✓ Área de escaneo: 150 mm x 150 mm
- ✓ Altura de escaneo: 150 mm
- ✓ Cama giratoria 360° para captar todas sus posiciones
- ✓ Software libre y sin licencias de renovación
- ✓ Compatible con todos los sistemas operativos:



Stand Replikat Innovación, Expo InternetLA 2015. - Los visitantes podían escanearse y llevarse su propio modelo 3D.

Descubrí la experiencia del Servicio Post-Venta Premium de Replikat Innovación:

Confiando en **REPLIKAT Innovación** no solo estás adquiriendo un Scanner 3D de primer nivel fabricado íntegramente en Argentina, también contás con muchos beneficios más:

Capacitación sin cargo adicional:



Entendemos que las nuevas tecnologías requieren un proceso de aprendizaje, es por eso que en **REPLIKAT Innovación** elegimos acompañarte en el mismo a través de una **capacitación presencial** gratuita sobre el uso del Scanner 3D de escritorio. Las capacitaciones tienen una duración aproximada de 2 horas, en las que las personas involucradas en la utilización del Scanner 3D aprenderán todo lo que necesitan para conocer el funcionamiento y uso de la máquina.

Para nuestros clientes que no pueden tomar la capacitación presencial por razones de distancia, también se puede optar por recibir la **capacitación vía Skype**

Siempre comunicados:



Contás con asesoramiento técnico para solucionar cualquiera de tus dudas:

- Vía telefónica
- Correo electrónico
- WhatsApp
- Mensaje por nuestra web.

Videos Tutoriales On-line:



Desde nuestra página web, podés acceder a los videos tutoriales que te ayudarán en la experiencia con tu scanner 3D, y podrás acceder la cantidad de veces que desees:

www.replikat.com.ar/soporte/tutoriales

Soluciones sin demoras, en tu mismo idioma y cerca tuyo:



Todos nuestros productos se componen en casi su totalidad de insumos y partes fabricadas en el país, lo que nos permite cumplir con tiempos más rápidos de entrega. Nuestros clientes cuentan con un soporte técnico local para acompañarlos y brindarles asistencia ante cualquier necesidad y en su mismo idioma

Garantía y formas de envío:



El Scanner 3D REPLIKAT cuenta con **Garantía de 1 año** en todos sus componentes



¿Por qué elegir tecnología 3D REPLIKAT INNOVACIÓN?

Porque somos la empresa líder en Argentina dedicada a la investigación, desarrollo, fabricación y comercialización de Impresoras y Scanners 3D.

Porque logramos que tu experiencia con la tecnología 3D sea simple, efectiva y satisfactoria a través de nuestro exclusivo **Servicio Post-Venta Premium**

Porque estamos comprometidos y trabajando intensamente en fabricar tecnología 3D 100% nacional de calidad para la Argentina y para el Mundo entero.



Valores:

Scanner 3D Replikat de escritorio

₹AR 12.530 + iva (10.5%)

Total: ₹AR 18.200

Todas las **Entidades Educativas** cuentan con un **10% de descuento**

Formas de pago:

Para realizar el pago de su compra por transferencia o depósito bancario:



Cuenta Corriente en pesos
CBU: 19100698 – 55006900592650
Sucursal 069 Nº 5926-5

Titular: Grupo MTF S.A.
CUIT: 30714553131



Cheques personales:


Grupo MTF S.A.





Hasta 12 cuotas.

Contactanos:

Estamos para responder tus consultas y asesorarte en todo lo que necesites

 +54 11 47092670

 contacto@replikat.com.ar

 +54 11 32755546

Seguinos en las Redes Sociales:

 /replikatargentina  /replikat3D

 /replikatargentina  /replikatargentina



Presupuesto Scanner 3D de Escritorio

Solicitado por: **Nombre Completo**

Rina Sánchez

Egresada Ingeniería Industrial
Universidad de El Salvador

Fecha de emisión del presupuesto: 07/11/2016

Validez del presupuesto: 3 (tres) meses

REPLIKAT Innovación – Presupuestos Scanner 3D Escritorio 2016 – V.Ac:29/02

ANEXO VIII: COTIZACIONES DE MAQUINARIA Y EQUIPO PROPUESTA 2



San Salvador, 02 de Diciembre de 2016

Señores
Universidad de El Salvador – Facultad de Arquitectura e Ingeniería.
Presente

Atención: Universidad de El Salvador
Facultad de Arquitectura e Ingeniería.

Estimados Señores:

Reciban en nombre de IPESA un cordial saludo, a su vez deseándole éxitos en sus actividades profesionales en tan prestigiosa empresa.

En IPESA nos complacemos en ofrecer a la Universidad de El Salvador – Facultad de Arquitectura e Ingeniería, una propuesta de solución a su requerimiento, que incluye servicios y productos de vanguardia en tecnología de la información. La solución propuesta está basada en productos [PARTNER] de alta calidad y alto rendimiento, que pueden ayudar a Universidad de El Salvador – Facultad de Arquitectura e Ingeniería a realizar una productividad acentuada, incrementar la agilidad del negocio, y contar con ventajas competitivas mayores.

Los diferenciadores clave de la solución propuesta incluyen:

- Un portafolio amplio de soluciones líderes de la industria, que ofrecen flexibilidad, protección de inversión y rendimiento superior.
- Valor agregado en servicios y programas de soporte que maximizan el tiempo productivo, simplifican la administración y entregan valor sólido.
- Administración profesional de la cuenta con un solo punto de contacto.

En IPESA estamos comprometidos con su éxito, y pueden estar seguros que nuestra propuesta está encaminada a apoyar el cumplimiento de sus objetivos empresariales.

Esperamos poder reunirnos con ustedes para presentar nuestro plan de trabajo, demostrar nuestras capacidades, discutir los beneficios de la solución propuesta, y determinar los siguientes pasos para formalizar una relación comercial exitosa.

Cordialmente,

Nelson Jiménez
Asesor de Ventas CAD
PBX: 2209-1400
Móvil: 7863-2750
e-mail: nelson.jimenez@ipesa.com

PLAN DE GARATÍA:

CANTIDAD	EQUIPO	GARANTÍA
1	* MakerBot® Replicator 4® - Impresor 3D	180 días
1	MakerBot® Digitizer – Escaner 3D	180 días

- Nuestro plan de garantía total sobre los equipos cubre la reparación completa en el caso que posea desperfectos con origen de fábrica.
- La garantía no cubre mal uso por parte del cliente, golpes y cualquier otro desperfecto ocasionado por él.
- Contamos con el único servicio Técnico especializado en los equipos Makerbot y Stratasys en la región Centroamericana.

Tenemos en El Salvador el único centro de servicio autorizado en toda Centroamérica para las marcas de Stratasys y Makerbot. (Adjunto a este documento encontrará las copias de las certificaciones del fabricante).

- A continuación los precio de cliente especial cuando necesite servicio técnico fuera de los tiempos y coberturas de garantía.

Mantenimiento preventivo por equipo cada 6 meses:
 Replicator, Replicator mini y la Replicator 2X - \$30.00 más IVA
 Replicator Z18 - \$45.00 más IVA
 Makerbot visita de diagnóstico precio por hora - \$45.00 más IVA

- Todos los equipos los entregaremos debidamente instalados y en perfecto funcionamiento.

PROCESO DE INDUCCION A LA TECNOLOGÍA Y AL PROCESO EDUCATIVO:

- Se les impartirá una inducción para el correcto uso y manipulación de todos los equipos y suministros.

La inducción constará de:

- Descripción general de las partes de los equipos, descripción de las características de los materiales y suministros.
- Descripción general del manejo y operación de los equipos, carga de suministros y procesos de limpieza y adecuado mantenimiento.
- El tiempo de la inducción será de 1 hora aprox. Y se impartirá al personal que tendrá acceso al equipo. (Maestros y servicio técnico).
- Se entregará un Plan de integración de la tecnología 3D al pensum de la Universidad.

[Makerbot introducción a la impresión 3D](#)

[Demostraciones de los procesos de impresión 3D.](#)

- Esta consta de la impresión de objetos para demostración de cómo operan los equipos y la duración será de la cantidad de tiempo que dure la impresora en generar esos objetos (Aproximadamente 2 – 4 horas).
- Se publicará la inauguración del Laboratorio de impresión 3D en nuestras redes sociales y en las del Fabricante.

Términos y Condiciones Generales

Condiciones de Pago: Crédito a 30 días.

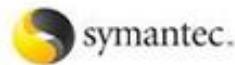
Tiempo de Entrega: De 3 a 4 semanas a partir de la cancelación del anticipo y Entregada la orden de compra.

ACEPTADO POR: Universidad de El Salvador
Facultad de Arquitectura e Ingeniería.

Firma: _____ Fecha: _____

Nombre: _____

Cargo: _____



Check Point
SOFTWARE TECHNOLOGIES LTD.



GUATEMALA
17 Avenida 19-70, Zona 10
Edificio Torino | Nivel 11 | Oficina 1111,
Ciudad de Guatemala, Guatemala
PBC: +502 2444-5700 |
FAX: +502 2444-5730

EL SALVADOR
85 Av. Norte No. 888,
Colonia Escalón,
San Salvador, El Salvador
PBC: +504 22091600
FAX: +504 2209 3403

HONDURAS
Boulevard Suyapa
Edificio Metrópolis
Torre I, Nivel 30, Oficina 11001
Tegucigalpa, Honduras
PBC: +504 2288-6510
FAX: +504 2289-2189

NICARAGUA
De SINSIA, Cerámica Altamira
1 Cuadra al Este, 1 al Norte y 1 al Oeste
Rotonda Los Cocos
Edificio No. 625
Managua, Nicaragua
PBC: +505 2277-1488
FAX: +505 2270-8027

COSTA RICA
PBC: +502 2444-5700

PANAMÁ
PBC: +502 2444-5700

ANEXO IX: COTIZACIONES DE MAQUINARIA Y EQUIPO

PROPUESTA 3



San Salvador, El Salvador
Miércoles 08 Diciembre 2016.

Carta extendida a: **Ingeniero Manuel Montejo**
Universidad Nacional De El Salvador
Sede San Salvador

Siendo un gusto atender a su pedido , presentamos a continuación un cuadro de resumen de precios para una mejor apreciación, precios **incluyen IVA**.

Cant.	Descripción	Precio Unitario	Subtotal
1	Escáner 3D Ciclop	\$950.00	\$950.00
Total		\$ 950.00	\$950.00

Características : Escáner 3D Ciclop Kit

Ciclop es un escáner láser rotativo de triangulación 3D. Utiliza la proyección de 2 láseres sobre el objeto para capturar la geometría y textura del objeto que rota sobre una plataforma giratoria.

Ciclop ha sido diseñado pensando en el proceso de montaje. El kit incluye todas piezas necesarias y una guía de montaje paso a paso para que se pueda construir en menos de una hora.

El software Horus es una aplicación multiplataforma desarrollada por BQ bajo la licencia GPL. A través de su interfaz se puede calibrar el escáner, ajustar la exposición de la cámara o visualizar las nubes de puntos obtenidas.

La interacción con Horus se realiza mediante tres bancos de trabajo: el de Control de los componentes (cámara, láseres, motor y LDR), el de Calibración del escáner y el de Escaneo.

Ciclop es un escáner DIY y, al montarse manualmente, las distancias y posiciones de los elementos en el producto final son diferentes, dificultando la calibración del dispositivo. Horus resuelve este inconveniente ya que calcula automáticamente los parámetros internos del escáner a partir de la estructura montada por el usuario, auto-calibrándose correctamente. Así garantizamos un buen resultado en cada escaneo.

La placa BQ ZUM Core, basada en Arduino™, incluye mejoras y funcionalidades sobre placas similares que la convierten en la mejor opción en el desarrollo de proyectos de electrónica. BQ ZUM Core es la encargada de la ejecución del firmware de control del motor y de los láseres.

En su parte superior está conectada ZUM SCAN, una shield derivada de Arduino CNC Shield.

Avenida Bernal, Condominio Monte Carlo, 2ªPlanta, Local 2E,
Cuadra arriba del Hospital Militar, Frente a COSASE.
San Salvador, El Salvador.



ALSW



Ciclop está enfocado a la comunidad de software libre, makers, artistas y desarrolladores con ganas de aprender, investigar, mejorar y sacar el mayor partido al escaneo 3D

Dimensiones : 450 x 330 x 230 mm

Peso : 2,25 kg

Propiedades de escaneo : Precisión de escaneo: 0,5 mm, Pasos por vuelta: 1600 max, Máximo peso soportado: 3 Kg, Tiempo de escaneo (configurable): 2-8 min, Volumen de escaneo: (Ø) 200 x (H) 205 mm

Electrónica : Cámara Logitech C270 HD, Fuente de alimentación 12 V 1.5 A, Placa controladora: ZUM BT-328, Dos láseres lineales Clase 1, Cable micro-USB, Placa de potencia: ZUM SCAN Shield
Mecánica general : Motor paso a paso Nema (1.7 A 1.8 deg/step), Base de metacrilato Ø200 x 8 mm
Varillas roscadas, Patrón rectangular de metacrilato, Rodamiento axial de bolas 16014, Superficie antideslizante Ø200 mm, Piezas impresas en PLA

Software: Horus 100% software libre, Archivos de salida: ply, Control del firmware por gcodes, Solución completa multiplataforma: Linux, Windows, Mac (pronto)

Conectividad: Placa controladora: USB y Bluetooth, Cámara: USB

Se le dará capacitación a las personas que están en el departamento de dicho equipo.

Garantía 3 Meses

Forma de pago 100% en contra entrega. Puede ingresar a tienda.alsw.net para consultar las diferentes formas de pago que poseemos.

Los productos de los que no exista stock estarán disponibles de 4 a 6 semanas luego de realizado el pedido. Se ofrece una garantía en todos nuestros productos, según políticas de la empresa; que puede variar de 3 meses a 1 año.

Todos los productos incluye consulta y soporte por parte de los expertos de ALSW.

Validez de la Oferta : Hasta 22 diciembre de 2016.

José Carlos García Díaz
Propietario ALSW

chepecarlos@alswblog.org
(503) 7210-3607

(503) 2424-1324 Oficina

Avenida Bernal, Condominio Monte Carlo, 2ªPlanta, Local 2E,
Cuadra arriba del Hospital Militar, Frente a COSASE.
San Salvador, El Salvador.





San Salvador, El Salvador.
Miércoles 07 Diciembre 2016.

Carta de cotización, extendida a: **Ingeniero Manuel Montejo**
Universidad Nacional
Sede San Salvador

Siendo un gusto atender a su pedido de cotización de nuestros servicios y productos, presentamos a continuación un cuadro de resumen para una mejor apreciación, precios **incluyen IVA**.

Cant	Descripción	Precio Unitario	Subtotal
1	LulzBot Mini 3D Printer Extrusor Extra - Flexystruder Tool Head v2	\$3,400.00	\$3.400.00
1	Tablet Medida 7" Marca		
1	Camara para Pi 3		
1	Case para Camara		
1	Sistema Raspberry Pi 3		
1	Micro SD para Raspberry Pi 3		
1	Raspberry Pi 3		
1	Case para Pi 3		
1	Fuente de poder para Raspberry		
1	Escobillas de Estrusor		
1	Stikers de cama mini		
1	Filamento PLA	\$95.00	\$95.00
1	Filamento A BS	\$95.00	\$95.00
1	UPS	\$100.00	\$100.00
	Total	\$ 3,400.00	3.400.00

Avenida Bernal, Condominio Monte Carlo, 2ªPlanta, Local 2E,
Cuadra arriba del Hospital Militar, Frente a COSASE.
San Salvador, El Salvador.





Características :LulzBot Mini 3D Printer :

Impresora echa con Hardware, Software y cultura libre, por lo cual todo existe una gran comunidad mejorando y todos los diagramas se encuentras disponibles para hacer mejoras.

Superficie de impresión: Cama Caliente de vidrio Borosilicate cubierta con una película de PEI

Área de impresión: 152mm x 152mm x 158mm (6 pulgadas x 6 pulgadas x 6.2 pulgadas)

Volumen de Impresión: 3.650 centímetros cúbicos(223 pulgadas cubicas) de espacio utilizable

La velocidad máxima de impresión: 275 mm / seg (10.8 pulgadas / seg) a 0,18 de altura de la capa

Espesor: 0,05 mm a 0,50 mm (0.002 pulgadas – 0.020 pulgadas)

Materiales soportados: ABS, PLA, HIPS, PVA, filamentos llenos de madera, poliéster (Tritan), PETT, bronce y filamentos llenos de cobre, policarbonato, nylon, PETG, conductor PLA y ABS, filamentos luminiscentes UV, PCTPE, PC-ABS, y mas.

Tamaños de filamentos: 3mm estándar (0,1 pulgadas)

Temperatura de funcionamiento máxima:

Extrusora - 300 ° C (572 ° F)

Cama Caliente - 120 ° C (248 ° F)

Se le dará capacitación a las personas que están en el departamento de dicho equipo.

Soporte	6 Meses
Capacitación	16 Horas
Garantía	6 Meses

Avenida Bernal, Condominio Monte Carlo, 2ªPlanta, Local 2E,
Cuadra arriba del Hospital Militar, Frente a COSASE.
San Salvador, El Salvador.



ALSW



LulzBot Mini Flexystruder Tool Head v2:

Flexystruder potencia la impresora LulzBot mini 3D para poder trabajar con **filamentos flexibles**, con terminación metálica,

Esté preparado para los mas especializados filamentos flexibles próximos en el futuro gracias a su temperatura máxima de extrusion de 300 ° C.

Forma de pago 100% en contra entrega. Puede ingresar a tienda.alsw.net para consultar las diferentes formas de pago que poseemos.

Los productos de los que no exista stock estarán disponibles de 4 a 6 semanas luego de realizado el pedido. Se ofrece una garantía en todos nuestros productos, según políticas de la empresa; que puede variar de 3 meses a 1 año.

Todos los productos incluye consulta y soporte por parte de los expertos de ALSW.

Validez de la Oferta : Hasta 22 diciembre de 2016.

José Carlos García Díaz
Propietario ALSW

chepecarlos@alswblog.org
(503) 7210-3607

(503) 2424-1324 Oficina

Avenida Bernal, Condominio Monte Carlo, 2ªPlanta, Local 2E,
Cuadra arriba del Hospital Militar, Frente a COSASE.
San Salvador, El Salvador.



Carta extendida a: *Ingeniero Manuel Montejo*
Universidad Nacional De El Salvador
Sede San Salvador

Siendo un gusto atender a su pedido , presentamos a continuación un cuadro de resumen de precios para una mejor apreciación, precios **incluyen IVA**.

Cant.	Descripción	Precio Unitario	Subtotal
1	LulzBot Taz 6	\$4.900.00	\$4.900.00
1	Tablet Marca 7"		
1	Camara para Pi 3		
1	Case para Pi 3		
1	Sistema Raspberry Pi 3		
1	Micro SD para Pi 3		
1	Case para Pi 3		
1	Fuente de poder para Raspberry Pi 3		
1	Raspberry Pi 3		
1	UPS		
1	Filamento ABS (\$95.00 c/u)		
1	Filamento PLA (\$95.00 c/u)		
Total		\$ 4.900.00	\$4.900.00

Características : LulzBot Taz 6 3D Printer :

Impresora echa con Hardware, Software y cultura libre, por lo cual todo existe una gran comunidad mejorando y todos los diagramas se encuentran disponibles para hacer mejoras.

Superficie de impresión: Cama Caliente de vidrio Borosilicate cubierta con una película de PEI

Área de impresión: 280 mm x 280 mm x 250 mm (11.02 pulgadas x 11.02 pulgadas x 9.8 pulgadas)

Volumen de Impresión: 19.60 centímetros cúbicos(1,185 pulgadas cubicas) de espacio utilizable

Avenida Bernal, Condominio Monte Carlo, 2ªPlanta, Local 2E,
Cuadra arriba del Hospital Militar, Frente a COSASE.
San Salvador, El Salvador.



La velocidad máxima de impresión: 200 mm / seg (7.9 pulgadas / seg) a 0,18 de altura de la capa

Espesor: 0,05 mm a 0,50 mm (0.002 pulgadas – 0.020 pulgadas)

Materiales soportados: ABS, PLA, HIPS, PVA, filamentos llenos de madera, poliéster (Tritan), PETT, bronce y filamentos llenos de cobre, policarbonato, nylon, PETG, conductor PLA y ABS, filamentos luminiscentes UV, PCTPE, PC-ABS, y mas.

Tamaños de filamentos: 3mm estándar (0,1 pulgadas)

Temperatura de funcionamiento máxima:

Extrusora - 300 ° C (572 ° F)

Cama Caliente - 120 ° C (248 ° F)

Se le dará capacitación a las personas que están en el departamento de dicho equipo.

Soporte	6 Meses
Capacitación	16 Horas
Garantía	6 Meses

Forma de pago 100% en contra entrega. Puede ingresar a tienda.alsw.net para consultar las diferentes formas de pago que poseemos.

Los productos de los que no exista stock estarán disponibles de 4 a 6 semanas luego de realizado el pedido. Se ofrece una garantía en todos nuestros productos, según políticas de la empresa; que puede variar de 3 meses a 1 año.

Todos los productos incluye consulta y soporte por parte de los expertos de ALSW.

Validez de la Oferta : Hasta 22 diciembre de 2016.

José Carlos García Díaz
Propietario ALSW

chepecarlos@alswblog.org
(503) 7210-3607

(503) 2424-1324 Oficina

Avenida Bernal, Condominio Monte Carlo, 2ªPlanta, Local 2E,
Cuadra arriba del Hospital Militar, Frente a COSASE.
San Salvador, El Salvador.





AEON COMPUTERS, S.A DE C.V.

SUCURSAL ESCALÓN

79 Av. Norte y Paseo General Escalón Plaza Orión #4

PBX: 2210-3865

EMAIL: rosmary.garcia@aeon.com.sv

VENDEDOR: ROSMERY GARCÍA

SAN SALVADOR, 01 DE DICIEMBRE DE 2016

NO. COTIZACION: 17270

SEÑORES: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

PRESENTE.

Es un placer saludarles y desearle el mejor de los éxitos en sus proyectos actuales y futuros. Con el compromiso de brindarles nuestros productos de alta calidad y a los mejores precios le ponemos a su disposición la siguiente propuesta:

CANT.	DESCRIPCION	C.UNITA.	TOTAL
4,00	MEMORIA RAM DIMM KINGSTON FURY DDR4 8GB X4 2133MHZ BLACK ALMACENAMIENTO SEAGATE ST1000DM003 1TB,64MB,7200RPM, 3.5" DISCO DE ESTADO SÓLIDO SSD ZOTAC P53110-S10 240GB SATA III 6GBPS PHINSON IT500 PROCESADOR INTEL CORE I7 6700 3.4GHZ, LGA1151 8M CACHE MOTHERBOARD ASROCK MB-Z170 GM K6 4DDR4 3866(OC) 3PCI EXPRES QUEMADOR SATA LITEON IHAS124-14 DVDRW INTERNO SATA BLACK SISTEMA DE ENFRIAMIENTO THERMALTAKE FRIO SILENT 14 CPU COOLER 140MM FAN CL-P002-AL14BL-B TARJETA DE VIDEO ZOTAC ZT-P10800B-10P GTX 1080 AMP! EXTREME EDITION PC CASE NZXT CS-NT-CA-PH240-W1 PHANTOM 240 MID TOWER 2X120MM FUENTE DE PODER COUGAR X700 700W ATX12V / EPS12V SLI READY CROSSFIRE READY 80 PLUS BRONZE LICENCIA DE MICROSOFT WINDOWS 10 PRO X64 SPA. OEI DVD COMBO TECLADO Y MOUSE COUGAR DEATHFIRE 7 COLOR HYBRID MECHANICAL 2000DPI USB AUDIFONOS GAMING CORSAIR VOID MONITOR SAMSUNG LS24F350FHLXZP 24" FULL HD 1920 X 1080 PLS HDMI CABLE HDMI XTECH XTC-152 10 PIES	2.734,0000	10.936,00
			\$ 2.734,00

****GARANTIA DE UN AÑO****

*Formas de pago: efectivo, tarjetas de crédito o débito de cualquier Banco o Cheques.

* Los precios Incluyen IVA

* Los precios están sujetos a cambios sin previo aviso

* Emitir Cheques a nombre de: AEON COMPUTERS, S.A. DE C.V.

* Ofertas validas mientras duren las existencias.

Esperando que la presente cotización resuelva favorablemente sus necesidades, reiteramos nuestra disposición de brindarles nuestros productos.

(F.) ACEPTADO

FIRMA Y SELLO



Propuesta de Solución presentada por:



Para: Universidad de El Salvador – Facultad de Arquitectura e Ingeniería
Proyecto: SUMINISTRO DE EQUIPOS DE COMPUTO

San Salvador, Diciembre de 2016

DERECHOS DE AUTOR

La información contenida en este documento es propiedad intelectual y constituye un derecho de autor de IPESA y sus asociados, por lo que debe ser utilizada en forma confidencial, únicamente para uso en el proceso de evaluación y/o contratación de nuestra solución por parte de Universidad de El Salvador. Así mismo, IPESA se compromete a tratar en forma confidencial toda la información proporcionada por Universidad de El Salvador.

San Salvador, 02 de Diciembre de 2016

Señores
Universidad de El Salvador – Facultad de Arquitectura e Ingeniería.
Presente

Atención: Universidad de El Salvador
Facultad de Arquitectura e Ingeniería.

Estimados Señores:

Reciban en nombre de IPESA un cordial saludo, a su vez deseándole éxitos en sus actividades profesionales en tan prestigiosa empresa.

En IPESA nos complacemos en ofrecer a la Universidad de El Salvador – Facultad de Arquitectura e Ingeniería, una propuesta de solución a su requerimiento, que incluye servicios y productos de vanguardia en tecnología de la información. La solución propuesta está basada en productos [PARTNER] de alta calidad y alto rendimiento, que pueden ayudar a Universidad de El Salvador – Facultad de Arquitectura e Ingeniería a realizar una productividad acentuada, incrementar la agilidad del negocio, y contar con ventajas competitivas mayores.

Los diferenciadores clave de la solución propuesta incluyen:

- Un portafolio amplio de soluciones líderes de la industria, que ofrecen flexibilidad, protección de inversión y rendimiento superior.
- Valor agregado en servicios y programas de soporte que maximizan el tiempo productivo, simplifican la administración y entregan valor sólido.
- Administración profesional de la cuenta con un solo punto de contacto.

En IPESA estamos comprometidos con su éxito, y pueden estar seguros que nuestra propuesta está encaminada a apoyar el cumplimiento de sus objetivos empresariales.

Esperamos poder reunirnos con ustedes para presentar nuestro plan de trabajo, demostrar nuestras capacidades, discutir los beneficios de la solución propuesta, y determinar los siguientes pasos para formalizar una relación comercial exitosa.

Cordialmente,

Nelson Jiménez
Asesor de Ventas CAD
PBX: 2209-1400
Móvil: 7863-2750
e-mail: nelson.jimenez@ipesa.com

ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS

Main specifications	
Product Description	HP Workstation Z440 - Xeon E5-1603V3 2.8 GHz - 8 GB - 1 TB
Type	Workstation - mini tower
Platform Technology	Intel vPro Technology
Height (Rack Units)	4U
Localization	Spanish / Latin America
Processor	1 x Intel Xeon E5-1603V3 / 2.8 GHz (Quad-Core)
Processor Socket	LGA2011-v3 Socket
Cache Memory	10 MB
Cache Per Processor	10 MB
RAM	8 GB (Installed) / 128 GB (max) - DDR4 SDRAM - ECC - PC4-17000
Storage Controller	SATA (SATA 6Gb/s)
Hard Drive	1 x 1 TB - SATA 6Gb/s
Optical Storage	DVD-RW (8x DL) / DVD-RAM
Graphics Controller	PCIe 2.0 x16 - NVIDIA Quadro K620
Video Memory	2 GB GDDR3 SDRAM
Audio Output	Integrated
Networking	GigE
Interfaces	8 x USB 3.0 (4 front, 4 rear) ; 1 x headphones (1 in front) ; 1 x microphone (1 in front) ; 1 x audio line-in ; 1 x audio line-out ; 2 x USB 2.0 ; 1 x PS/2 keyboard ; 1 x PS/2 mouse ; 1 x LAN (Gigabit Ethernet) - RJ-45 ; 1 x DVI-D (dual link) ; 1 x DisplayPort
Power	AC 120/230 V (50/60 Hz)
OS Provided	Win 10 Pro 64-bit
Dimensions (WxDxH)	6.6 in x 17.5 in x 17 in
Weight	24.25 lbs
Manufacturer	
Warranty	3 years warranty - on-site

- **GARANTÍA HP: 3 Años de garantía de fábrica.**
- Nuestro plan de garantía total sobre los equipos cubre la reparación completa en el caso que posea desperfectos con origen de fábrica.
- La garantía no cubre mal uso por parte del cliente, golpes y cualquier otro desperfecto ocasionado por él.
- Contamos con un servicio Técnico especializado en los equipos HP.

HP y AUTODESK certificación de aplicabilidad de software.

HP and Autodesk

Autodesk® 3D Design Suites provide expanded toolsets, unique interoperability, and a consistent user experience. HP and Autodesk work closely together with partners Microsoft®, Intel®, AMD, and NVIDIA® to deliver a complete technology solution to Autodesk customers. As a result, HP Z Workstations deliver an enhanced experience with Autodesk 3D Design Suites, and help you take Autodesk software performance and productivity further.

HP Z Workstation certification for Autodesk software

Every year, HP provides new Z Workstation models, in dozens of configurations, to Autodesk QA teams for testing and official Autodesk certification. HP, Autodesk, Intel, NVIDIA, AMD, and Microsoft collaborate to identify, escalate, and resolve any hardware-related issues. When Autodesk certifies HP Z Workstation configurations, you have confidence that they have been rigorously tested, and are officially Autodesk-approved. Certified HP Z Workstation configurations are listed on hp.com/go/cadcertainment.

Integración de aplicaciones perfecta

Certificaciones de proveedores de software independientes (ISV)



Probadas y certificadas con una amplia gama de aplicaciones profesionales

Relaciones estrechas con ISV

Integración inmediata de hardware y software



HP Z640 Workstation

Flexible, poderosa, lista para trabajar



Arranque

Maximice su potencia mientras protege su presupuesto con esta workstation de alto rendimiento y doble socket.



Versatilidad redefinida

Configure y reconfigure con facilidad para construir su workstation perfecta.



Disfrute el silencio

Concéntrese en su trabajo, con una workstation silenciosa y hace que cada pulgada, watt y decibel cuenten.



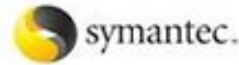
Desarrollo de producto

Medios y entretenimiento

Calidad de la salud

Servicios financieros





GUATEMALA
17 Avenida 19-70, Zona 10
Edificio Torneo | Nivel 11 | Oficina 1111,
Ciudad de Guatemala, Guatemala
PBC: +502 2444-5700 |
FAX: +502 2444-5732

EL SALVADOR
85 Av. Norte No. 385,
Callejón Escalón,
San Salvador, El Salvador
PBC: +503 22091400
FAX: +503 2209-1401

HOENRRAS
Boulevard Suyapa
Edificio Metrópolis
Torre I, Nivel 30, Oficina 11001
Tegucigalpa, Honduras
PBC: +504 2289-0510
FAX: +504 2289-0189

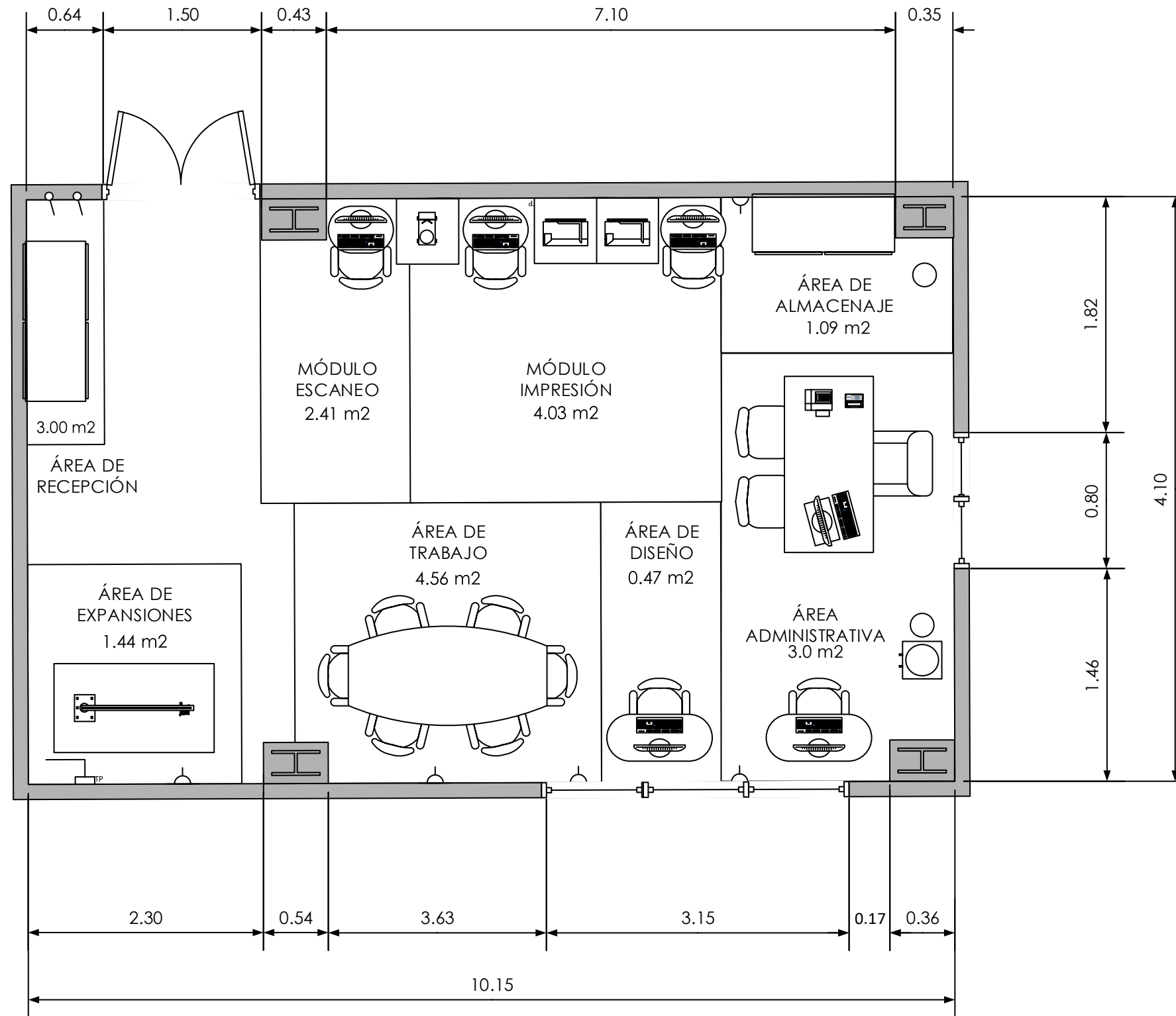
NICARAGUA
De SINSA Cerámica Albemina
1 Cuadra al Este, 1 al Norte y 1 al Oeste
Rotonda Los Coccos
Edificio No. 625
Managua, Nicaragua
PBC: +505 2277-1488
FAX: +505 2270-8027

COSTA RICA
PBC: +502 2444-5700

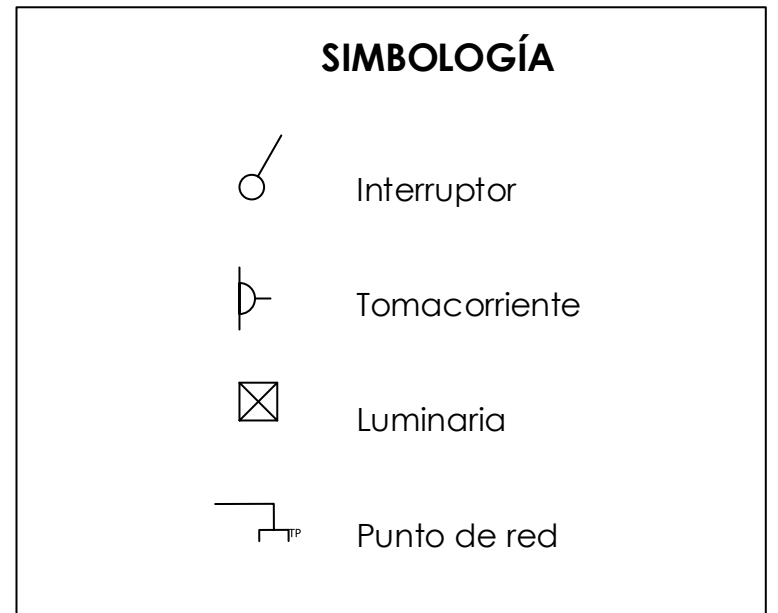
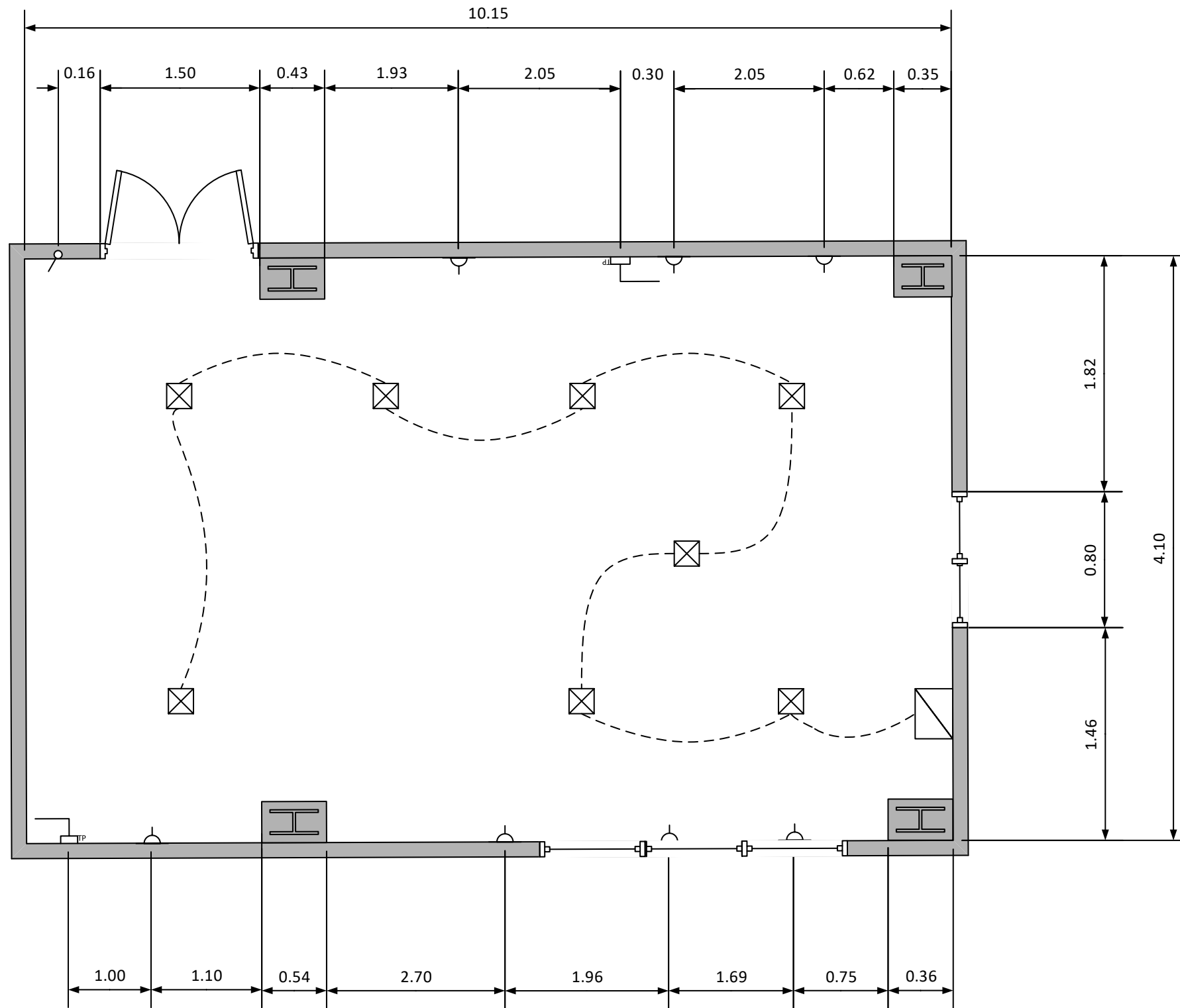
PANAMA
PBC: +502 2444-5700

ANEXO XI: PLANOS DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA LFD

Se presentan a continuación los planos de distribución en planta y del esquema eléctrico propuestos para el laboratorio de fabricación digital de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador.



	NOMBRE	FECHA	FIRMA	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
DIBUJADO	HE07001, LR0900, SC10022	05/12/2016		
COMPROBADO		09/12/2016		
ESCALA LIBRE	LABORATORIO DE FABRICACIÓN DIGITAL ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL - UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR: DISTRIBUCIÓN EN PLANTA			HOJA 1/2
				TRABAJO DE GRADUACIÓN



	NOMBRE	FECHA	FIRMA	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
DIBUJADO	HE07001, LR0900, SC10022	05/12/2016		
COMPROBADO	ING. JOSÉ GUZMÁN HERRERA	09/12/2016		
ESCALA LIBRE	LABORATORIO DE FABRICACIÓN DIGITAL ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL - UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR: ESQUEMA ELÉCTRICO			HOJA 2 / 2
				TRABAJO DE GRADUACIÓN

ANEXO XII: PRESUPUESTO PARA REALIZACIÓN DE ESPECIFICACIONES DE OBRA CIVIL

PRESUPUESTO GENERAL

PRESUPUESTO					
Datos Ofertante			Datos Cliente		
Nombre	Implementación de un Laboratorio de Fabricación Digital		Nombre	Rina Guadalupe Sánchez Campos	
Dirección	Col. San Fernando, Casa 45 -POL N, Soyapango, San Salvador		Dirección	Universidad de El Salvador, Final 25 Avenida Norte, San Salvador	
Teléfono	(503) 7786-3161		Teléfono		
E-mail	netcruzconstrucciones@gmail.com		E-mail	rinasanchez12@gmail.com	
Fecha	42773		Validez	08/05/2017	
Descripción	Unidades	Precio Unitario	Cantidad	% del Costo Directo	
1.0 Techos y Enrejado					
Mejoramiento preventivo de techos y tapa goteras.					
1.1 Enrejado	UN	\$ 1,058.61	1	22%	
2.0 Cielorraso					
2.1 Instalación de estructura para cielorraso	UN	\$ 994.83	1	21%	
3.0 Ventanas					
3.1 Balcones	UN	\$ 87.86	1	2%	
4.0 Sistema Eléctrico					
Luminarias. Tomas a 110V y 220V, switch. Sistema de iluminación de emergencia					
4.1	UN	\$ 1,628.66	1	34%	
5.0 Pisos					
5.1 Remodelación de piso, sobre base de uno ya existente.	UN	\$ 581.98	1	12%	
6.0 Paredes					
6.1 Pintura de paredes color Blanco	UN	\$ 448.67	1	9%	
Total Costo Directo		\$ 4,800.61		100%	

CÁLCULO DE COSTOS UNITARIOS: TECHOS Y ENREJADO

CALCULO DE COSTOS UNITARIOS						
PROYECTO: Techos y Enrejado						
PARTIDA:				ESQUEMA Y DESCRIPCION		
APLICACIÓN: Armadura, pegado de bloques, repello, pintado y tapa goteras						
ELABORO:	REVISO:	FECHA:				
MATERIALES	UNIDAD	P.UNIT \$	CANTIDAD	DEPERDICIO	C. PARCIALES	
HIERRO CUADRADO 1/2" 11MM	qq	\$ 31.35	8	1.1	\$275.88	
ELECTRODO PARA HIERRO DULCE DE 1/8"	lb	\$ 1.64	17	1.1	\$30.67	
Alambre negro liso 18/19	lb	\$ 0.90	1	1.1	\$0.99	
Pintura Anticorrosivo Negro 1/4 de Galon	gln	\$ 6.50	1	1.1	\$7.15	
CINTA TAPAGOTERA DE 3 PULGADAS	c/u	\$ 12.95	1	1.1	\$14.25	
BROCHA DE CERDA	pza	\$ 0.45	1	1.1	\$0.50	
LIJA DE 1/4 DE HOJA GRANO 150 SET DE 6 PIEZAS	c/u	\$ 1.50	4	1.1	\$6.60	
CINCEL HEXAGONAL 1" X 12"	c/u	\$ 5.50	1	1.1	\$6.05	
CEMENTO GRIS CESSA PORTLAND 42.5KG HOLCIM	bls	\$ 8.95	1	1.1	\$9.85	
COSTO TOTAL DE MATERIALES					\$351.92	
MANO DE OBRA	Nº ART. LAUDO	UNIDAD	PRECIO	CANTIDAD	FACTOR. PREST.	C. PARCIAL
Soldadura para enrejado		m²	\$11.05	40	1.00	\$442.00
Aplicación de anticorrosivo para enrejado		ml	\$0.18	415.5	1.00	\$74.79
Auxiliar		c/u	\$9.60	5	1.00	\$48.00
Auxiliar		c/u	\$9.60	5	1.00	\$48.00
COSTO TOTAL DE MANO DE OBRA					\$612.79	
EQUIPO	MARCA	TIPO	RENDIMIENTO	TARIFA/HORA	P. UNIT	C. PARCIAL
SOLDADOR 110/220 V			30	\$3.13		\$93.90
COSTO TOTAL DE EQUIPO					\$93.90	
COSTO TOTAL DE MATERIALES+MANO DE OBRA+EQUIPO(COSTO DIRECTO)					\$964.71	
COSTO UNITARIO (COSTO DIRECTO)					\$1,058.61	

CÁLCULO DE COSTOS UNITARIOS: SISTEMA ELÉCTRICO

CALCULO DE COSTOS UNITARIOS						
PROYECTO: Sistema Eléctrico PARTIDA: Cielo Falso APLICACIÓN: ESQUEMA Y DESCRIPCION ELABORO: REVISO: FECHA:						
MATERIALES	UNIDAD	P.UNIT \$	CANTIDAD	DEPERDICIO	C. PARCIALES	
LÁMPARA PARA EMPOTRAR 32 WATTS	pza.	\$ 45.95	16	1.1	\$808.72	
INTERRUPTOR DOBLE CON PLACA DOMINO	pza.	\$ 3.30	2	1.1	\$7.26	
TOMA HEMBRA DOBLE	pza.	\$ 2.15	6	1.1	\$14.19	
CAJA DE REGISTRO 4X6X12 PULGADAS	pza.	\$ 5.25	2	1.1	\$11.55	
CABLE ELECTRICO THHN No. 14 COLOR VERDE	MTS	\$ 0.32	180	1.1	\$63.36	
CABLE ELECTRICO THHN No. 14 COLOR ROJO	MTS	\$ 0.32	180	1.1	\$63.36	
CABLE ELECTRICO THHN No. 14 COLOR BLANCO	MTS	\$ 0.32	180	1.1	\$63.36	
LÁMPARA DE EMERGENCIA LED DE 2 LUCES	pza.	\$ 29.50	1	1.1	\$32.45	
CAJA RECTANGULAR DE 4X2 PULGADA	pza.	\$ 0.45	8	1.1	\$3.96	
TUBO CONDUIT FLEXIBLE DE 1/2 DE PULGADA	MTS	\$ 0.32	30	1.1	\$10.56	
COSTO TOTAL DE MATERIALES						\$1,078.77
MANO DE OBRA	Nº ART. LAUDO	UNIDAD	P. LAUDO	CANTIDAD	FACTOR. PREST.	C. PARCIAL
Instalaciones Eléctricas		ml	\$0.48	540	1.90	\$492.29
Auxiliar		c/u	\$9.60	3	1.00	\$28.80
Auxiliar		c/u	\$9.60	3	1.00	\$28.80
COSTO TOTAL DE MANO DE OBRA						\$549.89
EQUIPO	MARCA	TIPO	RENDIMIENTO	TARIFA/HORA	P. UNIT	C. PARCIAL
COSTO TOTAL DE EQUIPO						\$0.00
COSTO TOTAL DE MATERIALES+MANO DE OBRA+EQUIPO(COSTO DIRECTO)						\$1,628.66
COSTO UNITARIO (COSTO DIRECTO)						\$1,628.66

ANEXO XIII: COSTO DE SOFTWARE

COSTO DE SOFTWARE OFFICE PROFESIONAL 2016

The screenshot shows the Microsoft Store interface for Office Professional 2016. At the top, there are navigation links for Microsoft, Tienda, Productos, and Soporte. A search bar and a shopping cart icon are also visible. Below the navigation bar, the product page for Office Professional 2016 is displayed. On the left, there is a vertical stack of application icons: Word, Excel, PowerPoint, and OneNote. The main product image shows the Office Professional 2016 box set. To the right of the image, the product name 'Office Profesional 2016' is shown, followed by a star rating of 4.5 (1 review) and the price '539,00 € I.V.A. incluido'. Below the price, there are bullet points listing features: 'Para 1 PC', 'Nuevas versiones completas de Outlook, Publisher, Access, Word, Excel, PowerPoint y OneNote', and 'Almacena archivos en la nube con OneDrive'. A quantity selector is set to 2, and a blue button labeled 'Compra y descarga ahora' is present. At the bottom, there are social media sharing options for Facebook (3 likes), Pinterest, and Twitter. A compatibility note at the bottom right states: 'Compatible con Windows 7 o versiones posteriores. Incluye todos los idiomas.'

ANEXO XIV: COSTO DE SOFTWARE OFFICE HOGAR Y EMPRESAS 2016

The screenshot shows the Microsoft Store interface for Office Hogar y Empresas 2016. The layout is similar to the previous page, with navigation links at the top and a search bar. The product page for Office Hogar y Empresas 2016 is displayed. On the left, there is a vertical stack of application icons: Word, Excel, PowerPoint, and OneNote. The main product image shows the Office Hogar y Empresas 2016 box set. To the right of the image, the product name 'Office Hogar y Empresas 2016' is shown, followed by a star rating of 5.0 (1 review) and the price '279,00 € I.V.A. incluido'. Below the price, there are bullet points listing features: 'Para 1 PC', 'Nuevas versiones completas de Outlook, Word, Excel, PowerPoint y OneNote', and 'Almacena archivos en la nube con OneDrive'. A quantity selector is set to 1, and a blue button labeled 'Compra y descarga ahora' is present. At the bottom, there are social media sharing options for Facebook (5 likes), Pinterest, and Twitter. A compatibility note at the bottom right states: 'Compatible con Windows 7 o versiones posteriores. Incluye todos los idiomas.'

ANEXO XV: TABLA DE VIDA ÚTIL DE LOS BIENES FÍSICOS DEL ACTIVO INMOVILIZADO, SERVICIO DE IMPUESTOS INTERNOS, EXISTENTES AL 01/01/2003

Tabla de Vida Útil fijada por el Servicio de Impuestos Internos para bienes físicos del activo inmovilizado, según Resolución N°43, de 26-12-2002, con vigencia a partir del 01-01-2003.

NÓMINA DE BIENES SEGUN ACTIVIDADES	NUEVA VIDA ÚTIL NORMAL	DEPRECIACIÓN ACELERADA
A.- ACTIVOS GENÉRICOS		
1) Construcciones con estructuras de acero, cubierta y entresijos de perfiles de acero o losas de hormigón armado.	80	26
2) Edificios, casas y otras construcciones, con muros de ladrillos o de hormigón, con cadenas, pilares y vigas de hormigón armado, con o sin losas.	50	16
3) Edificios, fábricas de material sólido, albañilería de ladrillo, de concreto armado y estructura metálica.	40	13
4) Construcciones de adobe o madera en general.	30	10
5) Galpones de madera o estructura metálica.	20	6
6) Otras construcciones definitivas (ejemplos: caminos, puentes, túneles, vías férreas, etc.).	20	6
7) Construcciones provisionales.	10	3
8) Instalaciones en general (ejemplos: eléctricas, de oficina, etc.).	10	3
9) Camiones de uso general.	7	2
10) Camionetas y jeeps.	7	2
11) Automóviles.	7	2
12) Microbuses, taxibuses, furgones y similares.	7	2
13) Motos en general.	7	2
14) Remolques, semirremolques y carros de arrastre.	7	2
15) Maquinarias y equipos en general.	15	5
16) Balanzas, hornos microondas, refrigeradores, conservadoras, vitrinas refrigeradas y cocinas.	9	3
17) Equipos de aire y cámaras de refrigeración.	10	3
18) Herramientas pesadas.	8	2
19) Herramientas livianas.	3	1
20) Letreros camineros y luminosos.	10	3
21) Útiles de oficina (ejemplos: máquina de escribir, fotocopiadora, etc.).	3	1
22) Muebles y enseres.	7	2
23) Sistemas computacionales, computadores, periféricos, y similares (ejemplos: cajeros automáticos, cajas registradoras, etc.).	6	2
24) Estanques.	10	3
25) Equipos médicos en general.	8	2
26) Equipos de vigilancia y detección y control de incendios, alarmas.	7	2
27) Envases en general.	6	2
28) Equipo de audio y video.	6	2
29) Material de audio y video.	5	1

Tabla 306 Tabla de vida útil de los bienes físicos del activo inmovilizado

ANEXO XVI: INSCRIPCIÓN DE ALUMNOS PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL PERIODO 2013 -2016

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ADMINISTRACIÓN ACADÉMICA INSCRIPCIÓN CICLO I 2013 fecha: 9 de Abril 2013										
Codigo	Carrera	Nuevo Ingreso			Antiguo Ingreso			Totales por facultad		
		M	F	total	M	F	total	M	F	totales
I10501	INGENIERIA CIVIL	151	46	197	347	128	475	498	174	672
I10502	INGENIERIA INDUSTRIAL	154	68	222	475	281	756	629	349	978
I10503	INGENIERIA MECANICA	127	14	141	311	18	329	438	32	470
I10504	INGENIERIA ELECTRICA	134	5	139	499	26	525	633	31	664
I10506	INGENIERIA QUIMICA	64	28	92	144	100	244	208	128	336
I10511	INGENIERIA DE ALIMENTOS	48	31	79	66	64	130	114	95	209
A10507	ARQUITECTURA	88	71	159	430	334	764	518	405	923
I10515	INGENIERIA DE SISTEMAS INFORMATICOS	120	16	136	916	239	1155	1036	255	1291
Total Inscritos		886	279	1165	3188	1190	4378	4074	1469	5543

Tabla 307 Matricula para la Facultad de Ingeniería y Arquitectura Ciclo I 2013

CUADRO DE INSCRITOS EN EL CICLO PAR 2013 POR ESPECIALIDAD Y GENERO FECHA: 12 DE SEPTIEMBRE										
Codigo	Carrera	Nuevo Ingreso			antiguo Ingreso			Facultad		
		M	F	TOTAL	M	F	TOTAL	M	F	TOTAL
I10501	INGENIERIA CIVIL	108	37	145	308	126	434	416	163	579
I10502	INGENIERIA INDUSTRIAL	129	61	190	420	260	680	549	321	870
I10503	INGENIERIA MECANICA	83	8	91	262	14	276	345	22	367
I10504	INGENIERIA ELECTRICA	89	5	94	430	26	456	519	31	550
I10506	INGENIERIA QUIMICA	48	26	74	120	88	208	168	114	282
A10507	ARQUITECTURA	63	60	123	350	288	638	413	348	761
I10511	INGENIERIA DE ALIMENTOS	30	17	47	47	60	107	77	77	154
I10515	INGENIERIA DE SISTEMAS INFORMATICOS	93	14	107	760	220	980	853	234	1087
Total Inscritos		643	228	871	2697	1082	3779	3340	1310	4650

Tabla 308 Matricula para la Facultad de Ingeniería y Arquitectura Ciclo II 2013

Administración Académica Universidad de El Salvador FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA Reporte de Estadísticas de Inscripción por Carrera, Ciclo I/2014 Fecha Actual: 9/5/2014									
Codigo	Carrera	Nuevo Ingreso		Antiguo Ingreso		TOTAL		M	F
		M	F	M	F	M	F		
A10507	ARQUITECTURA	101	56	410	358	511	414	925	
I10501	INGENIERIA CIVIL	106	41	379	145	485	186	671	
I10502	INGENIERIA INDUSTRIAL	98	48	506	312	604	360	964	
I10503	INGENIERIA MECANICA	140	19	318	22	458	41	499	
I10504	INGENIERIA ELECTRICA	107	15	533	33	640	48	688	
I10506	INGENIERIA QUIMICA	29	30	168	124	197	154	351	
I10511	INGENIERIA DE ALIMENTOS	29	30	64	73	93	103	196	
I10515	INGENIERIA DE SISTEMAS INFORMATICOS	124	23	814	225	938	248	1186	
Total Inscritos		734	262	3192	1292	3926	1554	5480	

Tabla 309 Matricula para la Facultad de Ingeniería y Arquitectura Ciclo I 2014

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA										
Reporte de Estadísticas de Inscripción por Carrera, Ciclo II /2014										
Fecha Actual: 1/Septiembre/2014										
Codigo	Carrera	Nuevo Ingreso			antiguo Ingreso			Facultad		
		M	F	TOTAL	M	F	TOTAL	M	F	TOTAL
I10501	INGENIERIA CIVIL	86	33	119	317	122	439	403	155	558
I10502	INGENIERIA INDUSTRIAL	84	45	129	421	258	679	505	303	808
I10503	INGENIERIA MECANICA	105	16	121	249	13	262	354	29	383
I10504	INGENIERIA ELECTRICA	75	12	87	439	26	465	514	38	552
I10506	INGENIERIA QUIMICA	21	23	44	143	106	249	164	129	293
A10507	ARQUITECTURA	81	50	131	332	293	625	413	343	756
I10511	INGENIERIA DE ALIMENTOS	21	24	45	49	64	113	70	88	158
I10515	INGENIERIA DE SISTEMAS INFORMATICOS	101	21	122	682	181	863	783	202	985
Total Inscritos		574	224	798	2632	1063	3695	3206	1287	4493

Tabla 310 Matricula para la Facultad de Ingeniería y Arquitectura Ciclo II 2014

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA										
Reporte de Estadísticas de Inscripción por Carrera, Ciclo I /2015										
Fecha Actual: 27/abril/2015										
Codigo	Carrera	Nuevo Ingreso			Antiguo Ingreso			Totales por facultad		
		M	F	total	M	F	total	M	F	totales
I10501	INGENIERIA CIVIL	93	39	132	366	127	493	459	166	625
I10502	INGENIERIA INDUSTRIAL	84	43	127	470	277	747	554	320	874
I10503	INGENIERIA MECANICA	108	18	126	320	23	343	428	41	469
I10504	INGENIERIA ELECTRICA	108	12	120	498	36	534	606	48	654
I10506	INGENIERIA QUIMICA	35	25	60	177	129	306	212	154	366
I10511	INGENIERIA DE ALIMENTOS	45	17	62	62	75	137	107	92	199
A10507	ARQUITECTURA	57	59	116	415	342	757	472	401	873
I10515	INGENIERIA DE SISTEMAS INFORMATICOS	123	18	141	768	192	960	891	210	1101
Total Inscritos		653	231	884	3076	1201	4277	3729	1432	5161

Tabla 311 Matricula para la Facultad de Ingeniería y Arquitectura Ciclo I 2015

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA										
Reporte de Estadísticas de Inscripción por Carrera, Ciclo II /2015										
Fecha Actual: 1/octubre/2015										
Codigo	Carrera	Nuevo Ingreso			antiguo Ingreso			Facultad		
		M	F	TOTAL	M	F	TOTAL	M	F	TOTAL
I10501	INGENIERIA CIVIL	82	33	115	316	120	436	398	153	551
I10502	INGENIERIA INDUSTRIAL	71	37	108	397	242	639	468	279	747
I10503	INGENIERIA MECANICA	78	16	94	253	17	270	331	33	364
I10504	INGENIERIA ELECTRICA	84	7	91	418	31	449	502	38	540
I10506	INGENIERIA QUIMICA	28	22	50	144	116	260	172	138	310
A10507	ARQUITECTURA	46	54	100	328	294	622	374	348	722
I10511	INGENIERIA DE ALIMENTOS	27	16	43	43	61	104	70	77	147
I10515	INGENIERIA DE SISTEMAS INFORMATICOS	98	15	113	642	175	817	740	190	930
Total Inscritos		514	200	714	2541	1056	3597	3055	1256	4311

Tabla 312 Matricula para la Facultad de Ingeniería y Arquitectura Ciclo II 2015

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA										
Reporte de Estadísticas de Inscripción por Carrera, Ciclo I /2016										
Fecha Actual: 3/mayo/2016										
Codigo	Carrera	Nuevo Ingreso			antiguo Ingreso			Facultad		
		M	F	TOTAL	M	F	TOTAL	M	F	TOTAL
I10501	ING. CIVIL	99	39	138	362	141	503	461	180	641
I10502	ING. INDUSTRIAL	92	46	138	435	270	705	527	316	843
I10503	ING. MECANICA	103	10	113	291	30	321	394	40	434
I10504	ING. ELECTRICA	101	12	113	474	32	506	575	44	619
I10506	ING. QUIMICA	43	22	65	181	142	323	224	164	388
A10507	ARQUITECTURA	72	61	133	373	336	709	445	397	842
I10511	ING. DE ALIMENTOS	38	28	66	66	66	132	104	94	198
I10515	ING. SISTEMAS INFORMATICOS	126	24	150	748	190	938	874	214	1088
Total Inscritos		674	242	916	2930	1207	4137	3604	1449	5053

Tabla 313 Matricula para la Facultad de Ingeniería y Arquitectura Ciclo I 2016