

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



**“DISEÑO DE UN PROGRAMA DE REDUCCIÓN DE
DESPERDICIOS APOYADO CON MANUFACTURA
ESBELTA”**

PRESENTADO POR:

**HAYDEE MARIEL MONGE CÓRDOVA
JOSÉ ARTURO REYES CERRITOS
JOSÉ MOISÉS RODRÍGUEZ ROMERO**

PARA OPTAR AL TITULO DE:

INGENIERO INDUSTRIAL

CIUDAD UNIVERSITARIA, AGOSTO DE 2007

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTORA :

DRA. MARÍA ISABEL RODRÍGUEZ

SECRETARIA GENERAL :

LICDA. ALICIA MARGARITA RIVAS DE RECINOS

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

DECANO :

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

SECRETARIO :

ING. OSCAR EDUARDO MARROQUÍN HERNÁNDEZ

ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

DIRECTOR :

ING. OSCAR RENÉ ERNESTO MONGE

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

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Título :

**“DISEÑO DE UN PROGRAMA DE REDUCCIÓN DE
DESPERDICIOS APOYADO CON MANUFACTURA
ESBELTA”**

Presentado por :

**HAYDEE MARIEL MONGE CÓRDOVA
JOSÉ ARTURO REYES CERRITOS
JOSÉ MOISÉS RODRÍGUEZ ROMERO**

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Directores :

**ING. JEREMÍAS CABRERA REGALADO
ING. JEANNETTE ELIZABETH SÁNCHEZ DE POCASANGRE**

San Salvador, Agosto de 2007

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Directores :

ING. JEREMÍAS CABRERA REGALADO.

ING. JEANNETTE ELIZABETH SÁNCHEZ DE POCASANGRE.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a las siguientes personas que con la mejor disposición nos apoyaron en la realización de nuestro trabajo de graduación:

A nuestros asesores Ing. Jeremías Cabrera, así como a la Ing. Jeannette Elizabeth de Pocasangre, por el tiempo brindado, por guiarnos y orientarnos con sus conocimientos en la realización y culminación exitosa de nuestro trabajo.

A la empresa modelo especialmente al ing. Luis Tamayo; quienes generosamente colaboraron en la investigación y experimentación requerida para realizar este trabajo de graduación.

A las empresas de la industria metalmecánica que gustosamente colaboraron con el desarrollo normal de la investigación y que estuvieron pendientes del desarrollo del presente trabajo.

A todas las personas que nos brindaron su ayuda desinteresada, puesto que gracias a cada una de sus aportes y contribuciones, logramos realizar exitosamente nuestro trabajo de graduación y así culminar nuestra carrera.

Moisés, Arturo y Mariel.

Quiero agradecer a todas las personas que marcaron una huella en mi vida a lo largo de los años de mi formación académica profesional:

A Dios: Por darme la vida a través de la mujer mas excepcional que he conocido, por estar conmigo siempre. Gracias por darme fuerza, energía, motivación, por tener toda la paciencia del mundo, fe, esperanza, paciencia, fortaleza, sabiduría para hacer las cosas cuando hay que hacerlas no importando todas las adversidades que existan y ayudarme así a vencer con mucho éxito y satisfacción esta difícil prueba de mi vida.

A mis Padres: Quienes me infundieron la ética y el rigor que guían mi paso por la vida y por brindarme incondicionalmente todo su apoyo a lo largo de mi carrera, por que ustedes han significado un ejemplo valioso en mi vida lo que me ha impulsado día con día a querer superarme cada vez más. Lo que soy se lo debo a Dios y a ustedes!.

A mis hermanos: Por confiar en mi, por brindarme su mano en los momentos más difíciles y por permanecer siempre a mi lado demostrándome sus apoyos incondicionales a lo largo de mi formación académica.

Al Ing. Jeremías Cabrera: Por su disposición permanente e incondicional en aclarar nuestras dudas, por sus indispensables sugerencias durante la realización del trabajo de graduación y por su amistad.

A mis compañeros de tesis (Arturo y Mariel): Por haber compartido esta etapa junto a mi, en donde cada uno demostró sus conocimientos, habilidades y su forma de ver la vida en los buenos y malos momentos; les deseo lo mejor en el ámbito profesional y familiar.

A mis amigos: A todos ellos, por su preocupación, apoyo y críticas vertidas a lo largo de este proceso.

Moisés Rodríguez

MIS MÁS SINCEROS AGRADECIMIENTOS A:

A Dios Todopoderoso: Por la vida que me presta, por estar conmigo en las malas y en las buenas, en la salud y en la enfermedad, en las alegrías y en las tristezas, en las ganancias y en las pérdidas, en los triunfos y en los fracasos, por brindarme todas las bendiciones que he recibido, por haberme permitido llegar hasta este momento. En fin absolutamente GRACIAS.

A mis Padres: José Arturo y María Esperanza por apoyarme en todos momentos, por creer en mi y sacrificarse para que salga adelante, por querer siempre lo mejor para mi, por los consejos que me brindan, por prepararme para la vida y enseñarme que el mayor error es darse por vencido, por inculcarme valores espirituales y buscar que siempre sea una mejor persona. Le doy gracias a Dios por ser su hijo.

A mis hermanos: Esperanza, Abner y Tito por ofrecerme su apoyo en mi formación académica y motivarme a seguir adelante, por no hacer ruido mientras dormía después de una desvelada, por realizar las tareas cotidianas que me tocaban cuando estaba estudiando. Que el logro de esto les anime a superarme. Que Dios les bendiga.

A mi abuela: Mama María por apoyarme hasta donde usted ya no podía. Dios le bendecirá su apoyo.

Al Ing. Jeremías Cabrera e Ing. Jeannette de Pocasangre: por su orientación profesional, por el esmero y entrega hacia nuestro trabajo, por esforzarnos ha ampliar nuestros conocimientos. Muchas gracias.

A mis compañeros de tesis (Mariel y Moises): por haber desarrollado este trabajo juntos, por tener la paciencia y la capacidad de superar los momentos más difíciles y demostrarme que la felicidad más grande es la paz, y que dar antes de pensar en sí mismo, es la mejor forma de recibir. Que Dios los llene de una vida profesional y personal llena de triunfos.

A todos los demás: amigos (as), conocidos (as), etc. Gracias por haber colaborado en la realización de esto.

José Arturo Reyes Cerritos

INDICE GENERAL

A. Introducción.	I
B. Objetivos del estudio	II
C. Alcances y limitaciones.	III
D. Importancia del estudio	IV
E. Justificación del problema.	VI
F. Resultados esperados	XII
G. Planteamiento del problema.	XIII
H. Método y fuentes de datos.	XVII
Capítulo I: Marco referencial.	1
A. Definición de la rama.	2
B. Origen y evolución de la industria en El Salvador	2
C. Clasificación	4
1. Clasificación y descripción de la actividad según la CIU	4
1.1 Clasificación	4
1.2 Descripción	5
2. Clasificación por tamaño	6
D. Insumos requeridos en la industria.	6
E. Productos de la industria.	7
F. Participación de la industria en el PIB.	7
G. Captación de divisas.	8
H. Generación de empleos	9
I. Apoyo a otras industrias.	10
J. Principales procesos.	11
1. Procesos de formación	11
2. Descripción de los procesos	11
1.1. Prensado	11
1.2. Forja	11
1.3. Estirado y Extrusión	12
1.4. Doblado.	13
1.5. Cizallado	14
3. Operaciones con máquinas herramientas	14
3.1. Torno.	15
3.2. Cepillos de codos.	15
3.3. Fresadoras.	16
3.4. Maquinas taladradoras.	16
3.5. Sierras.	17
3.6. Rectificadoras.	17
4. Procesos de unión permanente	17
Capítulo II: Marco teórico y Conceptual.	18
A. Antecedentes de la manufactura esbelta.	19
1. Orígenes de la manufactura esbelta.	19
2. Sistema de producción TOYOTA (SPT)	20
2.1. Los 14 Principios del Método Toyota.	21
B. El Pensamiento LEAN.	22
1. Definición.	22
2. Principios Lean.	22
2.1. Principio: Especificar el <i>Valor</i> .	22
2.2. Principio: Identificar el flujo de valor.	24
2.3. Principio: del Flujo.	25

2.4. Principio: Pull (Atracción).	26
2.5. Principio: de la Perfección	26
3. Aplicaciones.	27
C. Manufactura Esbelta.	28
1. Definición de Manufactura Esbelta	28
2. Objetivos.	29
3. Principales beneficios.	29
4. Los 7 tipos de Desperdicios	29
4.1. Desperdicio: Sobreproducción	29
4.2. Desperdicio: Tiempo de Espera.	31
4.3. Desperdicio: Transporte.	31
4.4. Desperdicio: de Proceso.	32
4.5. Desperdicio Inventario.	33
4.6. Desperdicio Movimiento.	34
4.7. Desperdicio: Defectos.	35
5. El Mapeo de la Cadena del Valor (VALUE STREAM MAPPING).	36
5.1. Definición.	36
5.2. Beneficios.	36
5.3. Objetivos del Mapa de Valor.	36
5.4. Simbología.	36
6. Herramientas de la Manufactura Esbelta.	41
6.1. Las cinco “eses”.	41
6.2. Justo a Tiempo (JAT).	54
6.3. Mantenimiento Productivo Total (TPM).	58
6.4. SMED: Reducción de la puesta a punto.	62
6.5. POKA – YOKE.	68
6.6. KANBAN.	69
6.7. TAKT TIME.	76
6.8. Administración visual.	77
6.9. Manufactura celular.	78
6.10. Trabajo estandarizado.	79
6.11. KAIZEN.	88
Capítulo III: Diagnóstico.	91
A. Objetivos.	92
B. Método para la realización del diagnóstico.	93
C. Criterios y variables en Manufactura de Clase Mundial.	94
1. Criterios en Manufactura de Clase Mundial.	94
1.1. Administración de compras e inventarios.	94
1.2. Coordinación de los despachos: tiempos de entrega.	94
1.3. Mejora continua en el sistema productivo.	94
1.4. Utilización del tiempo.	94
1.5. Calidad de vida laboral.	95
1.6. Condiciones físicas de la planta.	95
1.7. Conocer al cliente e innovar el producto o servicio.	95
2. Variables de medición en Manufactura de Clase Mundial	95
D. Universo y muestra de investigación.	98
1. Universo.	98
2. Muestra.	98
E. Evaluación del instrumento para medir las variables en manufactura de clase mundial.	99
1. La Medición.	99

2. Técnicas de recolección de datos.	99
3. Criterios para la selección de la(s) técnica(s) de recolección de datos.	99
4. Evaluación.	99
4.1. Método de evaluación por puntos.	100
4.2. Aplicación del método de evaluación.	100
F. Diseño del instrumento.	103
1. Formulación del instrumento.	103
2. Prueba piloto.	103
2.1. Descripción del método.	103
2.2. Descripción de los resultados de la prueba piloto.	104
G. Resultados del diagnóstico.	104
1. Descripción de los desperdicios.	105
1.1. Sobreproducción en la industria.	105
1.2. Tiempos de espera.	106
1.3. Transportes o movimiento de materiales.	106
1.4. Desperdicios de procesos.	106
1.5. Desperdicio inventario.	107
1.6. Desperdicio movimiento.	107
1.7. Desperdicio defectos.	107
2. Diamante de competitividad.	108
2.1. Condiciones de los factores.	109
2.2. Demanda.	109
2.3. Industrias relacionadas y de apoyo.	110
2.4. Estrategia de empresa, estructura y competitividad.	111
2.5. Gobierno.	111
2.6. Azar y hechos fortuitos.	112
H. Elección de una empresa modelo.	113
1. Descomponer el problema de decisión en una jerarquía de elementos interrelacionados.	113
2. Desarrollo de una matriz de comparación.	115
3. Desarrollo de una matriz normalizada.	116
4. Desarrollar el <i>vector prioridad</i> para el criterio.	116
5. Determinar la congruencia.	116
6. Desarrollar una matriz de comparación de criterios por pares.	118
7. Determinación del vector de prioridad global	119
8. Elección de la empresa.	119
I. Análisis de los desperdicios en el sistema de producción.	120
1. Entradas al sistema de producción.	120
1.1. Recepción de las órdenes de producción.	120
1.2. Descripción de materia prima y materiales.	120
1.3. Mano de obra requerida.	122
2. Descripción del sistema de producción.	122
2.1. Inyección.	123
2.2. Tomboleado.	123
2.3. Limado.	123
2.4. Troquelado.	124
2.5. Ensamble.	124
2.6. Pintura.	125
2.7. Empaque.	125
3. Salidas del sistema de producción.	126
3.1. Salida	126

3.2. Otras salidas del Sistema de Producción.	126
4. Organización de la planta.	127
5. Mapeo de la cadena de valor.	128
6. Distribución en planta actual.	129
J. Análisis de operaciones críticas en la cadena de valor.	130
K. Takt time en el sistema de producción.	131
L. Desperdicios en la empresa modelo.	132
1. Inventarios de Producto en Proceso:	132
2. Preparaciones y ajustes:	133
3. Movimientos/Transportes.	133
4. Clasificación, Orden y Limpieza en la planta.	133
5. Bajos niveles de calidad.	133
Capítulo IV: Diseño Detallado	134
A. Objetivo s del diseño.	135
B. Método para el diseño detallado.	136
C. Generalidades del diseño	137
D. Identificación de los criterios de diseño.	140
E. Diagrama de afinidad de los criterios de diseño.	142
F. Descripción y justificación de las agrupaciones de los criterios principales.	143
G. Definición de los criterios de diseño.	144
1. Rediseño del layout.	144
2. Calidad en los procesos.	145
3. Inventarios mínimos.	145
4. Secuencia Estándar de Operaciones.	145
5. Tiempo de preparación de la maquinaria.	146
6. Planes e Incentivos para organización y limpieza.	146
H. Secuencia de desarrollo para el diseño detallado.	146
I. Estado futuro.	149
J. Diseño del programa.	150
K. Diseño de aplicación de las herramientas en la empresa modelo.	153
L. Establecimiento de la aplicación del programa.	155
1. Actividades previas a la aplicación.	155
2. Secuencia de desarrollo de la guía.	156
3. Indicadores de resultados.	158
M. Desarrollo de las técnicas en la empresa tipo.	161
1. Cinco eses.	161
1.1 Paso 1. Elección del área para iniciar la implementación.	161
1.2 Paso 2: aplicación de la primera “s”: Seiri – separar	162
1.3 Paso 3: aplicación de la segunda “s”: Seiton-ordenar	168
1.4 Paso 4: aplicación de la tercera “s”: limpieza (Seiso)	173
1.5 Paso 5: Aplicación de la cuarta “S”: Seiketsu (Estandarizar)	179
1.6 Paso 6: Aplicación de la quinta “S”: Shitsuke (Disciplina)	184
2. Nivelación de la producción.	186
2.1 La nivelación de la cantidad total de la producción.	186
2.2 Nivelación de la producción para cada producto	188
2.3 Secuenciación en la cadena de ensamble	192
3. Cambio del sistema en un dígito de minuto (S.M.E.D.).	200
3.1 Mejora 1: Separar la preparación interna de la preparación externa.	201
3.2 Mejora 2: Precalentamiento del molde.	202
3.3 Mejora 3: Empleo de equipo auxiliar.	203
3.4 Mejora 4: Empleo de elementos de fijación rápida.	204

3.5 Mejora 5: Estandarización de las dimensiones de los moldes.	205
3.6 Mejora 6: Tiempo de preparación interna.	206
3.7 Mejora 7: Almacenamiento de moldes.	207
3.8 Mejora 8: Tiempo estimado de preparación externa.	208
4 Mantenimiento Productivo Total T.P.M.	210
4.1 Mantenimiento preventivo.	210
4.2 Mantenimiento autónomo.	220
5 Trabajo Estándar.	225
5.1 Determinar la duración del ciclo.	225
5.2 Método de trabajo.	226
5.3 Fijación del método y tiempo de cada operación	230
5.4 Determinar la cantidad estándar de productos en curso.	243
5.5 Balance de línea	247
6 Poka Yoke – Administración Visual.	253
6.1 Mejora 1.	254
6.2 Mejora 2.	255
7 Kanban.	256
7.1 Objetivos de la aplicación:	256
7.2 Aplicación de Kanban en la empresa modelo.	256
7.3 Reglas de funcionamiento	256
7.4 Flujo de Kanban en la planta	257
7.5 Kanban de producción.	259
7.6 Kanban de retirada.	263
7.7 Kanban triangular:	269
7.8 Sugerencias para el uso de Kanban propuesto.	277
8 Kaizen.	278
8.1 Preparación de la implementación	278
8.2 Creación de los grupos de trabajo (círculos de calidad):	279
8.3 La clasificación de las sugerencias se establece:	284
8.4 Reglas	284
8.5 Evaluación propuesta	285
8.6 Herramientas en la resolución de problemas	286
N. Resultados del programa: comprobación de indicadores.	287
1. Tasa de cuello de botella (bottleneck rate, r_b).	287
2. Tiempo absoluto de procesamiento (raw process time, t_o).	288
3. W.I.P. crítico (w_o).	289
4. Coeficiente de congestión (α).	290
O. Comparación de indicadores.	292
Capítulo V: Evaluaciones del Proyecto.	298
A. OBJETIVOS DEL CAPITULO.	299
1. Objetivo General.	299
2. Objetivos Específicos.	299
B. INVERSIONES Y FINANCIAMIENTO DEL PROGRAMA.	300
1. Inversiones en el programa de mejora.	300
2. Análisis del Financiamiento del proyecto.	311
C. COSTOS Y AHORROS DEL PROGRAMA.	316
1. Costos del Programa.	318
2. Ahorros del Programa.	328
3. Beneficios Netos del Programa.	339

D. EVALUACIONES DEL PROYECTO.	340
1. Evaluación Económica.	340
2. Evaluación Financiera.	347
3. Análisis de Sensibilidad.	355
4. Evaluación Competitiva.	257
5. Evaluación Ambiental.	375
CAPITULO VI: GUIA DE APLICACIÓN DE UN PROGRAMA LEAN.	381
A. INTRODUCCIÓN.	382
B. OBJETIVO.	382
C. PROCEDIMIENTO PARA LA APLICACIÓN DE LA MANUFACTURA ESBELTA.	382
D. CONSIDERACIONES PARA LA EJECUCIÓN DE UN PROGRAMA LEAN.	384
1. Compromiso de la dirección.	384
2. Tiempo de Planeación y Ejecución del Programa.	385
3. Capacitaciones.	385
4. Resistencia al Cambio.	385
E. DIAGNOSTICO: LINEAMIENTOS PARA EFECTUAR UN ESTUDIO DE LA S.A.	387
1. Objetivos del Diagnostico.	387
2. Pasos del Diagnostico.	388
F. DISEÑO DETALLADO: LINEAMIENTOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN.	392
1. Lineamientos de implementación de 5 “S”.	392
2. Lineamientos para implementar S.M.E.D.	406
3. Lineamientos de implementación de un sistema con cero defectos.	410
4. Lineamientos de implementación del TPM.	414
5. Lineamientos generales para el alcance del “Just in Time”.	423
G. GUIA PARA ESTABLECER LAS INVERSIONES DEL PROGRAMA.	426
1. Inversión Fija Tangible.	427
2. Inversión Fija Intangible.	429
H. CONSIDERACIONES SOBRE RESISTENCIA AL CAMBIO	430
1. El modelo de cambio de tres pasos de Lewin.	430
2. Análisis de la situación.	431
3. El Modelo de Investigación de la Acción.	432
4. Apelando a la fuerza de la visión.	433
CAPITULO VII: PROGRAMA DE IMPLEMENTACION.	435
A. ETAPA 1: INICIO.	437
B. ETAPA 2: REORGANIZAR.	438
C. ETAPA 3: CREAR UNA NUEVA FILOSOFÍA	439
D. ETAPA 4: OPTIMIZAR.	440
E. ETAPA 5: DESARROLLO ESTRATÉGICO.	441
F. ETAPA 6: FINALIZAR.	441
Conclusiones.	442
Recomendaciones	446
Bibliografía	448
Glosario técnico	452
Anexos	458

INDICE DE TABLAS

Tabla No. 1: Importaciones y Exportaciones de los productos analizados a Estados Unidos	IV
Tabla No. 2: Tipos de desperdicios en las empresas.	VI
Tabla No3: Composición de las exportaciones (FOB) de El Salvador segun SAC	VII
Tabla No.4: Porcentajes de aparición de los desperdicios en la metalmecánica.	VIII
Tabla No.5: Variables de entrada.	XIV
Tabla No.6: Variables de salida.	XV
Tabla No.7: Variables de solución.	XVI
Tabla 8: Método General del estudio.	XX
Tabla No. 9: Fabricación de productos metálicos, exceptuando maquinaria y equipo.	4
Tabla Nº 10: Clasificación de las empresas según su tamaño.	6
Tabla Nº 11: Participación de la industria metal mecánica en el PIB de la Economía	7
Tabla No 12: Composición de las exportaciones de El Salvador según el S.A.C.	8
Tabla Nº 13: Participación En Las Exportaciones De Los Metales Comunes	9
Tabla Nº 14: Número y porcentaje de empleados del sector metalmecánica.	9
Tabla Nº 15: Resultados en el Sistema de Producción Toyota.	20
Tabla Nº 16: Definición de las 5 "S"	41
Tabla Nº 17: Determinación de los objetos que han de ser sellados	43
Tabla Nº 18: Etapas de la implantación de un proyecto SMED	63
Tabla Nº 19: Técnicas de recolección de datos.	100
Tabla Nº 20: Criterios de evaluación en las técnicas de recolección de datos.	100
Tabla Nº 21: Evaluación de las alternativas de recolección de datos.	102
Tabla Nº 22: Método para prueba piloto del instrumento de diagnostico	103
Tabla Nº 23: Preselección de empresas modelo.	115
Tabla Nº 24: Escala de importancia en la evaluación de la empresa tipo.	115
Tabla Nº 25.: Matriz de comparación del primer criterio.	116
Tabla Nº 26: Matriz normalizada del primer criterio.	116
Tabla Nº 27: Vector prioridad para el primer criterio.	116
Tabla Nº 28: Medición de congruencia para el primer criterio.	117
Tabla Nº 29: Índices aleatorios por número de alternativas	117
Tabla Nº 30: Razón de Congruencia para el primer criterio	118
Tabla Nº 31: Matriz de comparación por pares para los criterios	118
Tabla Nº 32: Matriz normalizada para los criterios.	118
Tabla Nº 33: Medición de congruencia por criterios	118
Tabla Nº 34: Razón de Congruencia para los criterios	119
Tabla Nº 35: Puntaje final de la evaluación Empresas-Criterios	119
Tabla Nº 36: Clasificación descendente de las empresas evaluadas	119
Tabla Nº 37: Programación de la producción en la empresa modelo.	120
Tabla Nº 38: Identificación de los criterios de diseño.	141
Tabla No. 39: Preselección de herramientas para el programa de reducción de desperdicios.	151
Tabla No.40: Requerimientos para desarrollar las técnicas seleccionadas	154
Tabla No.41: Áreas de trabajo a mejorar	161
Tabla No.42: Autorización.	163
Tabla No.43: Tipo de limpieza.	163
Tabla No.44: Clasificación de objetos a eliminar.	164
Tabla No.45: Objetos a eliminar.	166
Tabla No.46: Evaluación de uso.	167
Tabla No.47: Maquinaria innecesaria.	168
Tabla No.48: Equipo y utillaje necesario.	169
Tabla No.49: Posición según el uso.	171
Tabla No.50: Distancias para la posición.	171
Tabla No.51: Control visual en la planta.	172
Tabla No.52: Etiquetas para la producción.	173
Tabla No.53: Asignación del trabajo.	174
Tabla No.54: Equipo para la limpieza..	179

Tabla No.55: Asignación de trabajo.	180
Tabla No.56: Equipo para cada área.	182
Tabla N° 57: Programación de la producción en la empresa modelo.	186
Tabla N° 58: Calculo de la producción diaria.	187
Tabla N° 59: Calculo del tiempo efectivo.	187
Tabla N° 60: Plan de la producción.	187
Tabla N° 61 Incremento de la capacidad de producción.	188
Tabla No. 62: Piezas componentes del producto A1	193
Tabla No. 63: Piezas componentes del producto A₂	193
Tabla No. 64 Piezas componentes del producto A₃	193
Tabla No. 65: Cantidades diarias programadas a producir de A ₁ , A ₂ y A ₃ .	193
Tabla N° 66: Matriz Productos – Piezas de la empresa modelo.	194
Tabla No. 67: Tabla de partes reales utilizadas en la cadena de ensamble.	196
Tabla No. 68: Programa secuencial para el ensamble de los productos A ₁ , A ₂ y A ₃ .	198
Tabla N° 69: Clasificación de piezas por proceso.	199
Tabla N° 70: Tamaño de lote por pieza.	199
Tabla No. 71: Separación de las actividades de preparación externas e internas.	201
Tabla No. 72: Tiempo total de preparación interna en el cambio de moldes en empresa modelo	206
Tabla No. 73: Tiempo estimado total de preparación externa en el cambio de moldes	208
Tabla No.74: Formato para descripción de operaciones de mantenimiento preventivo.	211
Tabla N° 75: Formato para registro histórico de fallas en maquinaria o equipo.	214
Tabla No.76: Agrupación de frecuencias por intervalos de arribo de fallas.	216
Tabla No.77: Densidad de intervalos de arribo de fallas.	216
Tabla No. 78: Formato de inspección anual programada.	221
Tabla No. 79: Formato de inspección mensual programada.	222
Tabla No. 80: Formato para actividades de autoinspeccion.	223
Tabla N° 81: Formato para notas de inspección.	224
Tabla N° 82: Formato para control de notas de inspección.	224
Tabla N° 83: Cantidades diarias a producir.	226
Tabla N° 84: Método de trabajo estandarizado para la parte a ₁ ,a ₂ o a ₃	231
Tabla N° 85: Método de trabajo estandarizado para la parte a ₉	232
Tabla N° 86: Método de trabajo estandarizado para la parte a ₄ ,a ₅ o a ₆	233
Tabla N° 87: Método de trabajo estandarizado para la parte a ₇ y a ₈	234
Tabla N° 88: Método de trabajo estandarizado para la parte a ₁₀	235
Tabla N° 89: Método de trabajo estandarizado para la parte a ₁ ,a ₂ o a ₃	236
Tabla N° 90: Método de trabajo estandarizado para la parte a ₁₀	237
Tabla N° 91: Método de trabajo estandarizado para la parte a ₁₀	238
Tabla N° 92: Método de trabajo estandarizado para Unir a ₄ ,a ₅ o a ₆ con a ₁ ,a ₂ o a ₃	239
Tabla N° 93: Método de trabajo estandarizado para Unir a ₇ o a ₈ con a ₁₃ o a ₁₄	240
Tabla N° 94: Método de trabajo estandarizado para Unir a ₉ .	240
Tabla N° 95: Método de trabajo estandarizado para Montaje de A ₁ , A ₂ o A ₃ en la parrilla	241
Tabla N° 96: Método de trabajo estandarizado para Pintura de A ₁ ,A ₂ o A ₃	241
Tabla N° 97: Método de trabajo estandarizado para desmontar A ₁ , A ₂ o A ₃	242
Tabla N° 98: Método de trabajo estandarizado para embolsado de A ₁ , A ₂ o A ₃	242
Tabla N° 99: Método de trabajo estandarizado para depositar A ₁ ,A ₂ o A ₃	243
Tabla No. 100: Declaración global de operaciones en la empresa modelo.	248
Tabla No. 101: Determinación preliminar de operarios en la planta modelo.	250
Tabla No. 102: Asignación de operarios por cada operación. Parte I	251
Tabla No. 103: Asignación de operarios por cada operación. Parte II	252
Tabla N°. 104: Cantidades de producción y su stock.	270
Tabla N° 105: Método de solución de problemas	286
Tabla N° 106: Determinación de la operación con menor capacidad.	288
Tabla N° 107: Tiempo Unitario de operaciones en la línea.	289
Tabla No. 108: Identificación de operaciones con trabajo en espera.	291
Tabla N° 109: Tiempo Unitario de operaciones en la línea.	292

Tabla No. 110: Descripción de los rubros en la inversión Fija Tangible.	301
Tabla 111: Descripción de maquinaria/equipo requerido para el desarrollo del programa.	301
Tabla 112: Descripción de las modificaciones en la planta para la puesta en marcha.	302
Tabla No. 113: Inversión en estudios e investigación previa.	303
Tabla Nº: 114: Perfil del capacitador	305
Tabla No.115: Costos de capacitación para el grupo 1	306
Tabla No. 116: Costo de implementación de cada técnica	308
Tabla No. 117: Detalle de inversión en la puesta en marcha	310
Tabla No. 118: Relación porcentual de los fondos en el programa de reducción de desperdicios	311
Tabla No. 119: Resumen de la inversión Total en el programa Propuesto en la empresa Modelo	315
Tabla No. 120: Relación porcentual de los fondos en el programa de reducción de desperdicios.	316
Tabla No. 121: Amortización de la deuda para la empresa modelo	317
Tabla No. 122: Costos Anuales para Implementación de etiquetas rojas.	318
Tabla No. 123: Costo Anual de Mantenimiento de los Depósitos metálicos rodantes.	318
Tabla No. 124: Costo anual de mantenimiento para chapas indicadoras.	319
Tabla No. 125: Costo Anual de Reposición de Equipos de limpieza en la empresa modelo.	319
Tabla No. 126: Resumen de costos anuales para la aplicación de las 5 "S"	319
Tabla No. 127: Costo Anual de Mantenimiento para el horno de Precalentamiento.	320
Tabla No. 128: Costo Anual de mantenimiento para la mesa giratoria.	320
Tabla No. 129: Costo Anual de mantenimiento de los elementos de fijación rápida.	320
Tabla No. 130: Costos Anual de mantenimiento de moldes y plantillas.	321
Tabla No. 131: Resumen de costos anuales para la implementación de SMED.	321
Tabla No. 132: Resumen de costos anuales para implementar TPM en la empresa modelo.	322
Tabla No. 133: Resumen de costos anuales para implementar Trabajo Estándar.	322
Tabla No. 134: Resumen de costos anuales para implementar Poka Yoke en empresa modelo	323
Tabla No. 135: Resumen de costos anuales para implementar Kanban en la empresa modelo.	323
Tabla No. 136: Cargo por Depreciación Anual de Maquinaria y Equipo propuesto a la empresa modelo.	324
Tabla No. 137: Costos por reemplazo en maquinaria o equipo propuesto.	325
Tabla Nº 138: Costos de funcionamiento del programa para el programa para el año 1.	326
Tabla Nº 139: Costos de funcionamiento del programa para el programa para el año 2.	326
Tabla Nº 140: Costos de funcionamiento del programa para el programa para el año 3.	326
Tabla Nº 141: Costos de funcionamiento del programa para el programa para el año 4.	327
Tabla Nº 142: Costos de funcionamiento del programa para el programa para el año 5.	327
Tabla Nº: 143: Herramientas y su incidencia.	328
Tabla Nº: 144: Listado de maquinaria innecesaria.	329
Tabla Nº 145: Listado de maquinaria necesaria.	330
Tabla Nº: 146: Total de ahorro por maquinaria innecesaria en la planta.	331
Tabla Nº 147: Ahorro anual en la mano de obra por tiempos largos en el cambio de modelo.	331
Tabla Nº: 148: Costos Anuales por paro de maquinaria Actual en la empresa modelo.	332
Tabla Nº: 149: Costos Anuales por paro de maquinaria Propuesto en la empresa modelo.	332
Tabla Nº: 150: Costos Anuales por productos defectuosos.	333
Tabla Nº. 151: Costos de los productos defectuosos.	333
Tabla Nº: 152: Costo Anual por operaciones innecesarias.	334
Tabla Nº 153: Total de partes en proceso.	335
Tabla Nº: 154: Ahorro anual es base al espacio innecesario.	336
Tabla Nº 155: Ahorro anual de la mano de obra en el almacén.	336
Tabla Nº 156: Ahorro Total Anual en operarios innecesarios en la planta modelo.	337
Tabla Nº: 157: Ahorros Totales Anuales en la aplicación del programa.	337
Tabla Nº 158: Detalle de ahorros por año en la aplicación del programa.	338
Tabla No.159: Tasa Promedio de Inflación en los últimos 5 años.	340
Tabla No. 160: Descripción de las Razones Financieras mas importantes del programa.	348
Tabla No. 161: Comparación de las Razones Financieras mas importantes.	348
Tabla Nº 162: Índices de productividad identificados.	360
Tabla Nº: 163: Costo de producción mensual por cada producto sin la aplicación del programa.	361
Tabla Nº: 164: Costo de producción mensual por cada producto con la implementación	361

Tabla Nº 165: Costo mensual de la mano de obra.	361
Tabla Nº 166: Numero de empleados, horas efectivas laboradas y costo de mano de obra.	362
Tabla Nº 167: Costo mensual de la mano de obra con la implementación del programa.	362
Tabla Nº: 168: Numero de operarios, horas mensuales efectivas y costo mensual.	362
Tabla Nº: 169: Numero de maquinas y las horas efectivas empleadas.	363
Tabla Nº: 170: Numero de maquinas y las horas mensuales efectivas.	363
Tabla Nº: 171: Capacidad de producción en cada proceso en situación sin programa.	364
Tabla Nº: 172: Capacidad de producción en cada proceso en situación con programa.	364
Tabla Nº: 173: Costo por los productos defectuosos.	365
Tabla Nº: 174: Costo por los productos defectuosos.	365
Tabla Nº: 175: Tiempo de procesamiento del producto.	366
Tabla Nº: 176: Relación de productos en proceso con la cantidad mensual a producir.	366
Tabla Nº 177: Determinación de la productividad de la mano de obra.	367
Tabla Nº 178: Determinación de la productividad de la maquinaria.	368
Tabla Nº 179: Relación de la capacidad de producción y de la mano de obra.	369
Tabla Nº 180: Relación de la productividad-calidad.	369
Tabla Nº 181: Relación de la productividad-calidad TOTAL.	370
Tabla Nº: 182: Productividad total.	370
Tabla Nº 183: Clasificación de los impactos que puede tener los diferentes proyectos.	376
Tabla Nº 184: Matriz de calificación para los valores de índices ambientales.	378
Tabla Nº 185. Clasificación de los intervalos de los valores de índices ambientales.	378
Tabla Nº 186. Resultados en la evaluación de los valores de índices ambientales.	379
Tabla Nº.187: Temperatura en las diferentes áreas de la planta modelo.	379
Tabla 188. Ejemplo de Formato para Estudio de Movimientos.	391
Tabla 189. Categorías consideradas en el estudio de movimientos.	391
Tabla No.190: Duración total de cada categoría.	392
Tabla 191: Pasos de evaluación de las 5´S.	395
Tabla Nº 192: Formato para Diagnóstico de evaluación del área de trabajo.	397
Tabla Nº 193: Ecuación de Inspección de elementos obsoletos	399
Tabla 194: Control de Elementos Innecesarios	400
Tabla Nº 195: Acciones a tomar con los elementos innecesarios	400
Tabla 196: Programación de trabajo de limpieza	403
Tabla 197: Actividades a realizar y responsables de ejecutarlas.	424
Tabla Nº 198: Declaración de maquinaria/equipo requerido para el desarrollo de un programa.	427
Tabla Nº 199: Descripción de las modificaciones en la planta para la puesta en marcha del programa.	428
Tabla Nº 200: Resumen del programa de implementación.	436

INDICE DE FIGURAS

Figura Nº.1: Planteamiento del problema	XIII
Figura Nº 2: Porcentaje de empleos por agrupación en la industria metalmecánica.	9
Figura Nº 3: Procesos Básicos de Fabricación en Manufactura.	11
Figura Nº 4: Diagrama de Venn	28
Figura Nº 5: El Seiri y el Seiton: los primeros pasos.	42
Figura Nº 6: Ejemplo de tarjeta roja de advertencia Tamaño real:120 x 120 mm	44
Figura Nº 7: Ejemplo de tarjeta roja definitiva.	44
Figura Nº 8: Ejemplo de formato para lista de artículos innecesarios.	45
Figura Nº 9: Ejemplo de formato para Lista de existencias e instalaciones innecesarias.	45
Figura Nº 10: Chapas de zona, de punto y de identificación.	47
Figura Nº 11: Aplicación del sistema PEPS	48
Figura Nº 12: Determinación del índice de vivacidad.	49
Figura Nº 13: Devolución a ciegas en un armario de tableros corredizos.	51
Figura Nº. 14: Actividades que implica la estandarización.	53
Figura Nº. 15: Grafica del Sistema Justo a Tiempo	55
Figura Nº. 16: Modelo de Cantidad de Orden Económica (COE).	55
Figura Nº.17: Modelo de Inventario.	56
Figura Nº 18: Nuevo Modelo de Cantidad de Orden Económica (COE)	56
Figura Nº 19: Nuevo Modelo de Inventario.	57
Figura Nº 20: Utilización de un espaciador para estandarizar la altura del troquel	65
Figura Nº 21: Principales tipos de Kanban	70
Figura Nº 22: Kanban de producción	71
Figura Nº 23: Kanban de retirada	72
Figura Nº 24: Kanban de proveedor	73
Figura Nº 25: Kanban triangular.	73
Figura Nº 26: Secuencia de empleo de Kanban de Producción y retirada.	75
Figura Nº 27: Ejemplo grafico de TAKT TIME	76
Figura Nº 28: Elementos de las operaciones estándar	79
Figura Nº 29: Hoja de capacidad de producción de piezas.	81
Figura Nº 30: Hoja de secuencia de las operaciones estándar	83
Figura Nº 31: Asignación de las operaciones y disposición en la planta de los procesos	85
Figura Nº 32: Doble duración del ciclo para dos operarios	86
Figura Nº 33: Hoja de operaciones estándar.	87
Figura Nº 34: Método General del diagnostico.	93
Figura Nº 35: Conclusiones del diagnostico a partir de los 7 tipos de desperdicios.	105
Figura Nº 36: Estructura del diamante de Porter.	108
Figura Nº 37: Diagrama Funcional de Boques del proceso en la empresa modelo.	121
Figura Nº 38: Organización actual de la planta.	127
Figura Nº 39: Takt Time del Sistema modelo.	131
Figura No. 40: Método para el diseño detallado	136
Figura Nº.41: Diagrama de afinidad de los criterios de diseño.	142
Figura Nº 42: Proceso para eliminar los desperdicios	147
Figura Nº 43: Propuesta de Cadena de Valor Futura	149
Figura Nº 44: Orden de aplicación de las herramientas de la Manufactura Esbelta.	157
Figura Nº 45: Pasos para la aplicación de la primera S	162
Figura Nº 46: Formato de tarjeta roja.	165
Figura Nº 47: Chapas indicadoras	171
Figura Nº 48: Flujo para la aplicaron de Seiso.	173
Figura Nº 49: Diagrama de Gant para la limpieza.	175
Figura Nº 50: Diagrama para el proceso de estandarización.	180
Figura Nº 51: Esquema para la disciplina.	184

Figura N° 52: Relación entre $X_{\#}$ y $\frac{K.N_j}{Q}$	191
Figura N° 53: Propuestas de mejora para cambios de sistemas de producción.	200
Figura N° 54: Horno de precalentamiento de moldes con sistema deslizante.	202
Figura N° 55: Diseño de mesa giratoria	203
Figura N° 56: Elementos de fijación rápida en moldes.	204
Figura N° 57: Propuesta de diseño para moldes de inyección.	205
Figura N° 58: Mesa para almacenamiento de moldes.	207
Figura N° 59: Fases de preparación del S.M.E.D.	209
Figura N° 60: Función de densidad de probabilidad para el ejemplo.	217
Figura N° 61: Elementos para el Mantenimiento Autónomo en la empresa modelo.	220
Figura N° 62: Componentes del trabajo estándar	225
Figura N° 63: Insumos para la estandarización del trabajo	225
Figura N° 64: Hoja de secuencia de operaciones estándar para A1	244
Figura N° 65: Hoja de secuencia de operaciones estándar para A2	245
Figura N° 66: Hoja de secuencia de operaciones estándar para A3	246
Figura N° 67: Inspección de espesor de piñón	254
Figura N° 68: Representación grafica de conmutador limite en moldes.	255
Figura N° 69: Kanban de producción para la pieza a1	259
Figura N° 70: Kanban de producción para la pieza a2	259
Figura N° 71: Kanban de producción para la pieza a3	260
Figura N° 72: Kanban de producción para la pieza a9	260
Figura N° 73: Kanban de producción para la pieza a15	260
Figura N° 74: Kanban de producción para la pieza a17	261
Figura N° 75: Kanban de producción para la pieza a4	261
Figura N° 76: Kanban de producción para la pieza a5	262
Figura N° 77: Kanban de producción para la pieza a6	262
Figura N° 78: Kanban de producción para la pieza a7	262
Figura N° 79: Kanban de producción para la pieza a8	263
Figura N° 80: Kanban de retirada para la pieza a1	263
Figura N° 81: Kanban de retirada para la pieza a2	264
Figura N° 82 Kanban de retirada para la pieza a3.	264
Figura N° 83: Kanban de retirada para la pieza a4	265
Figura N° 84: Kanban de retirada para la pieza a5	265
Figura N° 85: Kanban de retirada para la pieza a6.	265
Figura N° 86: Kanban de retirada para la pieza a7.	266
Figura N° 87: Kanban de retirada para la pieza a8.	266
Figura N° 88: Kanban de retirada para la pieza a9.	266
Figura N° 89: Kanban de retirada para la pieza a10.	267
Figura N° 90: Kanban de retirada para la pieza a11.	267
Figura N° 91: Kanban de retirada para la pieza a12.	267
Figura N° 92: Kanban de retirada para la pieza a13.	268
Figura N° 93: Kanban de retirada para la pieza a14.	268
Figura N° 94: Kanban de retirada para la pieza a15	268
Figura N° 95: Kanban de retirada para la pieza a16	269
Figura N° 96: Kanban de retirada para la pieza a17.	269
Figura N° 97: Kanban triangular de la pieza a1	271
Figura N° 98: Kanban triangular de la pieza a2	271
Figura N° 99: Kanban triangular de la pieza a3	272
Figura N° 100: Kanban triangular de la pieza a4	272
Figura N° 101: Kanban triangular de la pieza a5.	273
Figura N° 102: Kanban triangular de la pieza a6.	273
Figura N° 103: Kanban triangular de la pieza a7	274
Figura N° 104: Kanban triangular de la pieza a8.	274
Figura N° 105: Kanban triangular de la pieza a9.	275
Figura N° 106: Kanban triangular de la pieza a15	275

Figura Nº 107: Kanban triangular de la pieza a17	276
Figura Nº 108: Inversiones en el programa	300
Figura Nº: 109: Organigrama de capacitación.	305
Figura Nº 110: Formas de financiar un proyecto	314
Figura Nº 111: Flujo anual de los costos de funcionamiento del programa en la empresa modelo	327
Figura Nº 112: Representación grafica de la inversión inicial, costos y ahorros del programa.	339
Figura Nº 113: Representación grafica de la inversión inicial y el flujo neto anual del programa.	339
Figura Nº 114: Representación grafica del Análisis Du Pont.	351
Figura Nº 115: Representación grafica del Análisis Du Pont para el programa.	353
Figura Nº 116: Representación grafica del Análisis Du Pont actual de la empresa modelo.	354
Figura Nº 117: Representación grafica del punto de equilibrio.	371
Figura Nº 118: Representación grafica del punto de equilibrio para la situación con programa.	372
Figura Nº 119: Representación grafica del punto de equilibrio para la situación sin programa.	373
Figura Nº 120: Representación grafica del efecto LEAN sobre el punto de equilibrio.	374
Figura Nº 121: Procedimiento para la aplicación de Manufactura Esbelta	383
Figura Nº 122. Diagrama de flujo para la Implementación de Manufactura Esbelta.	386
Figura Nº 123. Diagrama de flujo generalizado para efectuar un análisis de la situación actual.	387
Figura Nº 124. Diagrama de caja negra de un proceso	389
Figura Nº 125. Ejemplo de un Gráfico de Acumulación.	392
Figura Nº 126. Método propuesto para clasificar.	398
Figura Nº 127. Método para implementar la “S” de orden.	401
Figura Nº 128: Método para implementar la limpieza	402
Figura Nº 129: Método propuesto para “Estandarizar”.	403
Figura Nº 130. Método propuesto para implantar la disciplina.	405
Figura Nº 131: Método para la implementación del SMED	406
Figura Nº 132. Método propuesto para las fases que componen el sistema de calidad.	410
Figura Nº 133: Método para la implementación del Mantenimiento Productivo Total.	415
Figura Nº 134: Método para el desarrollo de actividades para el mantenimiento progresivo.	419
Figura Nº 135: Método para la implementación del programa de mejoramiento de producción.	420
Figura Nº 136: Método para la implementación del Just in Time.. . . .	423
Figura Nº 137: Posibles Inversiones en un programa de mejora.	426
Figura. Nº 138: Cronograma de desarrollo de cada una de las etapas	437
Figura. Nº 139: Cronograma de desarrollo del inicio del programa.	438
Figura. Nº 140: Esquema de una organización esbelta	438
Figura. Nº 141: Cronograma de desarrollo de la etapa reorganización.	439
Figura. Nº 142: Cronograma de desarrollo de creación de una nueva filosofía.	440
Figura. Nº 143: Cronograma de desarrollo de la etapa optimización.	440
Figura. Nº 144: Cronograma de desarrollo estratégico.	441
Figura. Nº 145: Cronograma de fin de implementación.	441

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación N° 1: Calculo de la duración del ciclo	80
Ecuación N° 2 : Determinación de la capacidad de producción.	82
Ecuación N° 3: Muestreo aleatorio simple.	98
Ecuación N° 4: Tasa de cuello de botella	159
Ecuación N° 5: Tiempo Absoluto de Procesamiento (T_0)	159
Ecuación N° 6: WIP critico de la línea.	160
Ecuación N° 7: Coeficiente de congestión en la línea de producción.	160
Ecuación N° 8: Tiempo de ejecución menor o igual a duración de ciclo.	189
Ecuación N° 9: Duración de ciclo.	190
Ecuación N° 10: Cantidad total de producción.	191
Ecuación N° 11: Distancia en G_k y P_k	192
Ecuación N° 12: Determinación de distancias.	192
Ecuación N° 13: Cantidad total necesaria de piezas	194
Ecuación N° 14: Intervalos de clase.	216
Ecuación N° 15: Densidad de intervalos de falla.	216
Ecuación N° 16: Duración media de una pieza o componente.	217
Ecuación N° 17: Desviación típica muestral.	218
Ecuación N° 18: Transformación a unidades tipificadas.	218
Ecuación N° 19: Obtención de X	219
Ecuación N° 20: Determinación del número optimo de operarios.	248
Ecuación N° 21: Estado óptimo.	289
Ecuación N° 22: WIP critico de la línea.	290
Ecuación N° 23: Coeficiente de congestión en la línea de producción.	290
Ecuación No. 24: Cantidad a pagar al final de cada año en un plazo de "n" años	317
Ecuación N° 25: Costo Anual por depreciación.	324
Ecuación No. 26: Tasa Mínima Atractiva de Rendimiento	340
Ecuación N° 27: Valor Actual Neto (VAN)	342
Ecuación N° 28: Tiempo de recuperación de la inversión.	344
Ecuación N° 29: Relación Beneficio-Costo.	345
Ecuación N° 30: Rendimiento Sobre la Inversión Total (ROI)	350
Ecuación N° 31: Índice de productividad.	357
Ecuación N° 32: Índice total de la productividad.	358
Ecuación N° 33: Índice de productividad por actividad.	358
Ecuación N° 34: Capacidad de producción mensual.	364
Ecuación N° 35: Índice de capacidad de producción de la mano de obra.	367
Ecuación N° 36: Índice de capacidad de producción de la maquinaria.	368
Ecuación N° 37: Calculo de la variación de la capacidad de producción.	368
Ecuación N° 38: Variación del costo de la mano de obra.	369
Ecuación N° 39: Índice de productividad calidad.	369
Ecuación N° 40: Razón de productividad.	370
Ecuación N° 41: Valor de Índice Ambiental.	378

ÍNDICE DE VENTANAS

Ventana N° 1: Esquema del proceso	293
Ventana N° 2: Propiedades de la entidad	293
Ventana N° 3: Propiedades del conector	294
Ventana N° 4: Propiedades de los almacenajes	294
Ventana N° 5: Propiedades de la entidad	295
Ventana N° 6: Esquema general de la simulación	295
Ventana N° 7: Reporte de resultados	296
Ventana N° 8: Gráfica de resultados	297



A. INTRODUCCION

La industria metalmecánica salvadoreña ha proporcionado un importante apoyo a través de los años a diversas áreas de la economía; logrando en la actualidad extender su apoyo a diferentes sectores como: la reparación y fabricación de componentes para diversas industrias; a la fabricación de muebles, accesorios y productos metálicos simples, equipos para la agroindustria e incluso insumos para la industria de la construcción etc. Retomando el protagonismo de la industria metalmecánica salvadoreña y la necesidad de sobrevivir en un mercado nacional e internacional, surge la iniciativa por la creación de propuestas encaminadas a disminuir costos por medio de la reducción de los desperdicios apoyándose con herramientas de manufactura esbelta.

El contenido del diseño detallado para el programa de reducción de desperdicios inicia con un enlace entre las necesidades identificadas en el diagnostico y la identificación de criterios de diseño para el programa que permiten crear la base para el desarrollo de herramientas importantes como: Cinco “S”, Mantenimiento Productivo Total, Nivelación de la Producción, Kanban, S.M.E.D., Poka Yoke, Administración visual y Trabajo Estandarizado entre otras.

La propuesta de diseño para la empresa modelo adopta la aplicación de las 5 “S”, que pretende organizar, limpiar y estandarizar la planta modelo; continúa una nivelación de la producción que contribuye a equilibrar los volúmenes fabricación; se aplican mejoras para alcanzar los cambios de sistema en un dígito de minuto; se incorporan propuestas para desarrollar capacidades de mantenimiento autónomo en los operarios; se establece una estandarización de las operaciones; además se emplean mejoras para detección de errores que junto con administración visual ayudan a los operarios a identificar fácilmente los problemas de origen; finalmente se propone los diseños de Kanban y los puntos de aplicación mas importantes del Kaizen.

El capítulo V desglosa las inversiones del programa, así como los costos y ahorros del mismo y concluye con las evaluaciones económica, financiera, competitiva y ambiental del programa.

En el capítulo VI se desarrollan lineamientos generales de aplicación de herramientas de manufactura esbelta para las empresas que presenten interés en el desarrollo de las mismas, sin embargo estos lineamientos están sujetos a variaciones que deberán apearse a características particulares de las organizaciones con interés. Mientras que el capítulo VII presenta un programa de implementación del modelo propuesto.



B. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1. OBJETIVO GENERAL:

Presentar un programa para reducir los desperdicios de recursos apoyado con manufactura esbelta.

2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

Conformar el marco teórico, conceptual y referencial en Manufactura Esbelta para plantear criterios de diseño.

Realizar el diagnostico en el sector y en una empresa modelo para identificar las herramientas apropiadas de la Manufactura Esbelta que deben emplearse.

Identificar criterios de diseño para sustentar la elaboración de la guía de reducción de desperdicios.

Presentar el plan de implementación del programa para establecer los requerimientos y coordinación de las actividades en su ejecución.

Evaluar la situación económica financiera y ambiental del programa según los efectos de la aplicación para prever los resultados en la industria salvadoreña.



C. ALCANCES Y LIMITACIONES.

1. ALCANCES.

- a. El programa de reducción de desperdicios será diseñado para la industria metalmeccánica, específicamente en la fabricación de productos metálicos.
- b. Geográficamente el estudio tendrá un alcance para las zonas central y occidental de El Salvador.
- c. El programa de reducción de desperdicios solamente comprenderá el plan de implementación y una simulación de la aplicación, marginando la ejecución y el control del programa.

2. LIMITACIONES

- No existirán pruebas pilotos en el interior de la empresa modelo para verificar la simulación en la aplicación del programa.
- Bajo nivel de colaboración de las empresas en el sector para el desarrollo del diagnóstico.



D. IMPORTANCIA DEL ESTUDIO

En términos de mercado, El Salvador estaba limitado a la demanda de 6 millones de consumidores salvadoreños. En tal sentido, el país vio la oportunidad que representaba contar con una orientación al exterior, que le permitiera ampliar sus oportunidades de mercado para sus productos, a través de las exportaciones. Pensando como país, y con un fin en el cual El Salvador no quedara aislado de las oportunidades del mundo externo. Inicialmente, se hicieron esfuerzos de integración productiva y comercial con Centroamérica, posteriormente, los acercamientos y negociaciones con México y República Dominicana. En paralelo, iniciaron también los esfuerzos por alcanzar la competitividad como país y empresa, condiciones básicas para realizar una exitosa inserción en el mundo global vigente, y finalmente un tratado de libre comercio con Estados Unidos.

Es en este punto donde se introducen oportunamente las inversiones y mejoras en las organizaciones para poder sobrevivir ante un tratado de libre comercio con un gran impacto sobre la economía salvadoreña que implica dos grandes hechos: primero más oportunidades de mercado y segundo muchos más esfuerzos para poder mantenerse competitivos en el mercado.

La importancia de la realización de un diseño para la reducción de desperdicios en las empresas que están inmersas en un mundo globalizado, atañe especialmente a un factor externo que está en la actualidad iniciando en El Salvador, que es el TLC con Estados Unidos y según el Ministerio de economía las estadísticas de importaciones y exportaciones de los productos analizados en este país son las siguientes:

AÑOS	IMPORTACIONES	EXPORTACIONES
2000	56,212	-
2001	22,508	72,600
2002	4,862	2,725
2003	20,559	26,405
2004	15,096	26,613
2005	24,416	31,617

Tabla No. 1: Importaciones y Exportaciones de los productos analizados a Estados Unidos
Fuente: Ministerio de Economía.



Como consecuencia del TLC el flujo comercial entre estos dos países (El Salvador y Estados Unidos) tendría que incrementarse por las facilidades arancelarias que existirán¹. Para lograr los beneficios del tratado es necesario mejorar las condiciones actuales consiguiendo mejor calidad y bajos costos, que puede ser logrado por medio de un programa de reducción de desperdicios.

Otro factor verdaderamente importante en relación con el tratado de libre comercio con Estados Unidos es la futura competencia local, ya que los productos fabricados en EE.UU. podrán entrar fácilmente a El Salvador; implicando que las empresas deben volverse más efectivas y eficientes para poder competir con los productos que ingresen. Son estos dos factores (acceso a un nuevo mercado, y la necesidad de volverse más competitivos) los que reflejan la relevancia de reducir los costos totales en las empresas salvadoreñas².

¹ Ver Anexo 1: Degravación arancelaria

² Ver Anexo 2 y 3: Ventas Totales de la Empresa Modelo, Importaciones y exportaciones de los productos.



E. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.

La utilización de métodos que estén orientados a mejorar los resultados de las organizaciones, con la participación de los empleados, a través de la eliminación de las actividades que no aporten valor (desperdicios) es un agregado indispensable en el camino hacia la competitividad.

Con las diferentes actividades desarrolladas en la realidad de las organizaciones se pueden encontrar siete tipos de desperdicios:

TIPOS DE DESPERDICIOS	EJEMPLOS
Por exceso de producción.	Producción no ajustada a los pedidos de los clientes.
Por tiempo de espera.	Máquinas en espera operarios pasivos.
De transporte.	Manipulación y traslado de materiales, papeles, informes etc.
De proceso.	Actividades innecesarias, maquinaria en mal estado.
De Existencias.	Materiales obsoletos, exceso de existencias, almacenes intermedios.
De movimiento.	Movimientos innecesarios de las personas.
Por defectos en el producto o servicio.	Reclamos, garantías, rechazos y procesos.

Tabla No. 2: Tipos de desperdicios en las empresas.
Fuente: Manual de Bolsillo de Manufactura Esbelta

El desarrollo de un sistema de reducción de desperdicios auxiliado por la Manufactura Esbelta proporcionaría a la industria salvadoreña manufacturera y particularmente al sector de productos metálicos de base y elaborados, las herramientas necesarias para volverse más competitivas ante presentes y futuros competidores nacionales e internacionales.

La industria Manufacturera Salvadoreña es una de las ramas de actividad económica más importantes en el aporte total al P.I.B. para el año 2004, contribuyendo con \$1,911.7 millones³, lo que representa un 23.61% del mismo. Dentro de la rama de Industria Manufacturera, la elaboración de productos metálicos de base y elaborados (incluyendo productos ferrosos y no ferrosos), representa un total de \$85.3 millones, que constituye el 4.46% de la Industria Manufacturera Salvadoreña.

El sub-sector de metales comunes y sus manufacturas esta ubicado en el quinto lugar en la participación de las exportaciones, como se muestra en la siguiente tabla:

³ Fuente: revista trimestral 2005. banco central de reserva (B.C.R.)



SUB-SECTOR	2002	2003	2004	2005
MAQUILA	\$1,757,469.00	\$1,873,040.00	\$1,818,162.00	\$1,725,787.00
PRODUCTOS DE LA INDUSTRIAS ALIMENTARIAS, BEBIDAS, LÍQUIDOS ALCOHÓLICOS; TABACOS Y SUCEDÁNEOS	\$222,984.00	\$239,940.00	\$270,870.00	\$368,237.00
PRODUCTOS DEL REINO VEGETAL	\$142,914.00	\$140,292.00	\$167,684.00	\$202,771.00
MATERIAS TEXTILES Y SUS MANUFACTURAS	\$156,794.00	\$156,795.00	\$222,906.00	\$202,235.00
METALES COMUNES Y SUS MANUFACTURAS	\$127,177.00	\$130,936.00	\$166,263.00	\$187,779.00
PRODUCTOS DE LAS INDUSTRIAS QUÍMICAS	\$157,634.00	\$149,806.00	\$159,241.00	\$170,437.00
PASTAS DE MADERA, PAPEL Y CARTÓN Y SUS DESECHOS, MANUFACTURA Y APLICACIONES	\$128,204.00	\$122,895.00	\$128,900.00	\$142,541.00
MATERIAS PLÁSTICAS, CAUCHOS Y SUS MANUFACTURAS	\$63,007.00	\$69,062.00	\$86,617.00	\$108,052.00
MAQUINARIA Y APARATOS; MATERIAL ELÉCTRICO	\$56,665.00	\$47,306.00	\$72,286.00	\$77,348.00
PRODUCTOS MINERALES	\$68,571.00	\$67,190.00	\$71,304.00	\$58,027.00
LOS DEMÁS PRODUCTOS	\$42,836.00	\$46,262.00	\$52,828.00	\$56,770.00
ANIMALES VIVOS Y PRODUCTOS DEL REINO ANIMAL	\$33,302.00	\$46,904.00	\$34,459.00	\$40,250.00
CALZADOS Y ARTÍCULOS ANÁLOGOS	\$17,726.00	\$19,162.00	\$19,336.00	\$19,516.00
GRASAS Y ACEITES ANIMALES Y VEGETALES	\$13,683.00	\$10,963.00	\$13,799.00	\$12,519.00
PIELES, CUEROS, TALABARTERÍA Y PELETERÍA	\$5,865.00	\$6,103.00	\$6,335.00	\$7,461.00
PERLAS, PIEDRAS Y METALES PRECIOSOS	\$207.00	\$333.00	\$1,410.00	\$3,662.00

Tabla No3: Composición de las exportaciones (FOB) de El Salvador segun SAC (Sistema Arancelario Centroamericano)
Fuente: revista trimestral BCR octubre/diciembre 2005.

Según el cluster de la metal mecánica en El Salvador, la elaboración de productos metálicos de base y elaborados presenta desventajas competitiva ya que las empresas salvadoreñas contratan servicios extranjeros para satisfacer sus necesidades por tres razones principales: COSTOS, TIEMPOS DE ENTREGA Y HABILIDAD TÉCNICA.⁴

El cluster de la Metal Mecánica integró a 16 empresas, entre los cuales se encuentran participantes claves tales como: Cast Products (IMSA), Talleres Sarti, HIBRONSA, GRIVAL y ACOOM de R.L.; los cuales han sido seleccionados como muestra para realizar el pre-diagnostico del sector metalmecánico, obteniendo el resultado general de un

⁴ Fuente: Encuesta de Monitor Company a usuarios de talleres.



incremento anual en los costos totales de un 20.13% del 2004 y un 29.55% del 2005 ambos con respecto al año 2003⁵.

El objetivo final del prediagnostico es identificar los principales tipos de desperdicios y la frecuencia de aparición en las empresas del sector metalmeccánico.

La muestra de las empresas descritas anteriormente ha sido seleccionada utilizando un muestreo aleatorio simple. Aunque los productos que se hacen en cada empresa son diferentes, los desperdicios típicos que se encuentran son muy similares y se pueden identificar agrupándose de la manera siguiente:

No	Tipo de Desperdicio	Porcentaje de Aparición en la Metalmeccánica.
1	Desperdicio por sobreproducción	75%
2	Desperdicio por tiempo de espera	60%
3	Desperdicio por transporte	75%
4	Desperdicio por procesamiento	60%
5	Desperdicio por inventario	60%
6	Desperdicio por movimiento	75%
7	Desperdicio por defectos de producción	60%

Tabla No.4: Porcentajes de aparición de los desperdicios en la metalmeccánica.
Fuente: Instrumentos de Auditoria para el sector metalmeccánica.

Donde:

1. Desperdicio por sobreproducción:

Definición: Producir más de lo necesario, más rápido de lo que se necesita o antes de necesitarlo.

Características Percibidas:

- ✓ Producir por adelantado: las empresas con producción por lotes, tienden a fabricar productos adicionales para prevenir la(s) demandas futuras.
- ✓ Exceso de capacidad/inversión: se observa maquinaria y/o equipo sin utilizar.
- ✓ Exceso de desperdicio por partes obsoletas: los inventarios de algunas empresas presentan productos desfasados que no son aceptados por el consumidor final.
- ✓ Trabajo en Proceso e Inventarios de Producto Terminado: la mayoría de las empresas visitadas presenta inventarios de producto en proceso y producto

⁵ Fuente: Entrevistas a Participantes Claves del Cluster de Metalmeccánica.



terminado.

- ✓ Flujo de material no balanceado que reflejan sobrecarga de trabajo.

Posibles Causas:

- ✓ Procesos incapaces.
- ✓ Sistema de recompensa ineficiente.
- ✓ Falta de comunicación.
- ✓ Tiempos largos de puesta a punto.
- ✓ Planeación nula o pobre.

2. Desperdicio de Tiempo De Espera.

Definición:

Tiempo ocioso que ocurre cuando las actividades que son dependientes no se sincronizan por completo.

Características Percibidas:

- ✓ Existencia de cuellos de botella en la producción de algunas empresas visitadas.
- ✓ La producción en espera de operadores.
- ✓ Tiempo perdido por la operación de la maquinaria y/o equipo.

Posibles Causas:

- ✓ Falta de equipo y/o materiales apropiados.
- ✓ Tiempos largos de Puesta a Punto.
- ✓ Eficacia baja de hombre/máquina.
- ✓ Mantenimiento pobre del equipo.
- ✓ Cuellos de botella de producción.

3. Desperdicio de Transporte.

Definición:

Cualquier movimiento de material que no apoye directamente la producción inmediata.

Características Percibidas:

- ✓ Demasiados estantes para almacenar material en proceso.
- ✓ Equipo de transporte en exceso.
- ✓ Localizaciones múltiples de almacenaje de material.

Posibles Causas:

- ✓ Planeación y distribución incorrecta de la planta.
- ✓ Cantidades muy grandes de inventarios en proceso.
- ✓ Procesamiento en lotes grandes.
- ✓ Deficiente Planeación de la producción.



- ✓ Mala Organización del lugar de trabajo.

4. Desperdicio de Proceso.

Definición:

Esfuerzo redundante (producción o comunicación) que no agrega ningún valor a un producto o a un servicio.

Características Percibidas:

- ✓ Operaciones adicionales para concluir la operación anterior del producto.
- ✓ Cuellos de botella del proceso.
- ✓ Revisiones redundantes del producto en proceso.

Posible Causas:

- ✓ Toma de decisiones inapropiadas por parte de los operarios.
- ✓ Procedimientos y políticas ineficaces de las empresas.
- ✓ Falsos estándares de calidad, que generan inspecciones redundantes e inapropiadas.

5. Desperdicio de Inventario

Definición:

Cualquier material en exceso de lo que requiere el proceso necesario para producir productos de una manera Justo-a-Tiempo (JIT).

Características Percibidas:

- ✓ Recursos adicionales para el manejo del material (hombres, equipo, estantes, espacio de almacenaje).
- ✓ Largos Tiempos de Proceso para cambios al producir diferentes productos.

Posibles Causas:

- ✓ Sistemas de pronóstico en base a intuición.
- ✓ Tiempos largos para hacer cambios de modelo.
- ✓ Deficiente planificación del inventario.
- ✓ Falta de monitoreo constante del inventario.
- ✓ Procesos de producción desbalanceados.

6. Desperdicio de Movimiento:

Definición:

Cualquier movimiento de las personas que no agrega valor al producto de la empresa.

Características Percibidas:

- ✓ Movimientos excesivos para alcanzar las herramientas de trabajo (caminando, estirándose o agachándose).



- ✓ Procedimientos complicados para fabricar un producto.
- ✓ Materiales, herramientas o equipos dispersados por todas partes.
- ✓ Mala distribución de las áreas de trabajo.

Posibles Causas:

- ✓ Planeación ineficiente de la planta.
- ✓ Falta de controles visuales en el trabajo de los empleados.
- ✓ Deficiente documentación de los procesos.
- ✓ Mala organización del lugar de trabajo.

7. Desperdicios por Defectos en la producción.

Definición:

La reparación o retrabajo de un producto para satisfacer los requisitos del cliente así como desperdicio o desecho de material que se determina que no se puede reparar o trabajar nuevamente.

Características Percibidas:

- ✓ Mano de obra excesiva para inspeccionar, reparar o retrabajar.
- ✓ Quejas de clientes por productos defectuosos.
- ✓ Presencia de productos desechados o defectuosos.
- ✓ Inspecciones de calidad inapropiadas.

Posibles Causas:

- ✓ Maquinaria, Herramientas y/o equipo inadecuado para fabricar los productos.
- ✓ Áreas de trabajo incompatibles para general calidad total.
- ✓ Falta de capacitación en los empleados de la empresa.
- ✓ Mala distribución de la planta.



F. RESULTADOS ESPERADOS.

Los resultados esperados que puede obtener una empresa al aplicar la Manufactura Esbelta se pueden dividir en dos tipos los cuales son:

1. Resultados esperados a corto plazo para la empresa
2. Resultados esperados a largo plazo para la empresa

Resultados esperados a corto plazo para la empresa

La aplicación de la Manufactura Esbelta en el corto plazo⁶ conlleva a que existan mejoras notables en toda la estructura de la empresa, ya que posee herramientas que al iniciar la implementación producen resultados que se pueden ver y medir. Algunas de las áreas donde se puede observar las mejoras en el corto plazo tenemos:

- ✓ Aumento de la productividad laboral.
- ✓ Disminución de las interrupciones de maquinaria y equipo.
- ✓ Mejora del ambiente de trabajo.
- ✓ Disminución del tiempo de reposición de las herramientas.
- ✓ Disminución del costo de defectuosos.
- ✓ Otros indicadores importantes.

Resultados esperados a largo plazo por la empresa

La implementación de Manufactura Esbelta reduce los inventarios, productos en proceso de fabricación, optimiza el proceso planeado para la fabricación, mejorar la productividad en cada estación de trabajo y en el total de la planta, la calidad de los productos, la comunicación entre los diferentes departamentos manejando eficientemente los flujos ascendente y descendente de información, provocando una flexibilidad mayor en todo proceso de fabricación, esto le permitirá una visión constante de supervivencia en toda la organización, lo cual conllevará a tener un proceso de manufactura de clase mundial, lo que le dará la posibilidad de obtener los siguientes premios⁷:

- ✓ Shingo Prize
- ✓ Premio Iberoamericano de la Calidad

⁶ Ver Anexo 4: Casos de la aplicación de la Manufactura Esbelta

⁷ Ver Anexo 5: Shingo Prize y Premio Iberoamericano de la calidad.



G. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA:

Una de las formas comunes de plantear un problema es mediante la identificación de un estado “A” o “Estado Actual” y un estado “B” o “Estado Deseado”, también conocido como el método de la “Caja negra”.

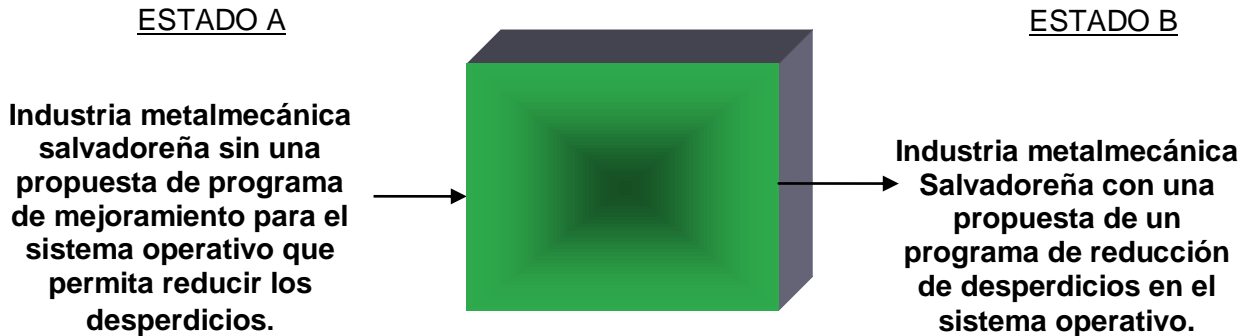


Figura No.1: Planteamiento del problema

1.1 Variables de entrada:

- a. Días de atraso en la entrega de pedidos.
- b. Ambiente de trabajo sucio y desordenado.
- c. Falta de señales informativas que ayuden a facilitar y ordenar el flujo productivo.
- d. Tiempos largos de puesta a punto.
- e. Tiempos prolongados de almacenaje de producto en proceso y producto terminado.

1.2 Definición y limitación de las variables de entrada:

VARIABLES DE ENTRADA	DEFINICIÓN	LIMITACIÓN	UNIDAD DE MEDICIÓN
Días de atraso en la entrega de pedidos.	Consiste en no lograr producir los elementos necesarios en las cantidades requeridas y en el momento adecuado.	El diagnostico de la empresa modelo revela que el desfase de la entrega de una orden de producción puede ser más de 5 días.	Días



Porcentajes de puestos de trabajos sucios y desordenados.	Mala distribución de las herramientas, deficiente utilización del espacio y limpieza en los puestos de trabajo en las empresas.	El 100% de los puestos de trabajos es tan sucios y no tienen organizadas las herramientas.	Numérico porcentual
Falta de señales informativas que ayuden a facilitar y ordenar el flujo productivo	Indica el porcentaje de instrucciones visuales durante el proceso de producción. A partir del total de puestos de trabajo.	Solamente el 5% de total de puestos de trabajo emplean instrucciones visuales.	Numérico porcentual
Tiempos largos de puesta a punto.	Tiempo que implica los cambios de un sistema de producción a otro.	Se requieren aproximadamente 6 horas en las maquinas inyectoras y entre 15 y 20 minutos en la cadena de ensamble para poder cambiar de sistema de producción.	Minutos
Tiempos prolongados de almacenaje de producto en proceso y producto terminado.	Indica el tiempo que permanecen los elementos en el proceso y en la bodega como productos terminados.	El tiempo de almacenaje de los elementos en el proceso es de 4 a 5 días; y en la bodega menos de una semana.	Días

Tabla No.5: Variables de entrada.
Fuente: Creación de grupo.

1.3 Variables de Salida:

- a. Puntualidad en la entrega de pedidos
- b. Puestos de trabajo limpios y ordenados.
- c. Uso de señales informativas que ayuden a facilitar y ordenar el flujo productivo.
- d. Preparación de la maquinaria en un digito de minuto.
- e. Sistema de entrega justo a tiempo para el cliente interno y externo.



1.4 Definición y alcance de las variables de salida:

VARIABLES DE SALIDA	DEFINICIÓN	ALCANCE	UNIDAD DE MEDICIÓN
Puntualidad en la entrega de pedidos.	Implica lograr la entrega del producto terminado para la fecha acordada con los clientes.	Lograr que los pedidos de los clientes externos no se desfasen en la fecha de entrega.	Horas
Puestos de trabajo limpios y ordenados.	Porcentaje de puestos de trabajo con las herramientas limpias y organizadas.	90% o mas puestos de trabajos limpios y ordenados.	Numérico porcentual
Uso de señales informativas que ayuden a facilitar y ordenar el flujo productivo.	Indica el porcentaje de instrucciones visuales que existen durante el proceso de producción. A partir del total de puestos de trabajo.	100% de los puestos de trabajo empleando de señales informativas.	Numérico porcentual
Preparación de la maquinaria en un dígito de minuto.	Establece el tiempo necesario para cambiar de un sistema de producción a otro.	Menos de 10 min. en la puesta a punto en una maquinaria.	Minutos
Sistema de entrega justo a tiempo para el cliente interno.	Establecer el tiempo requerido para que una parte componente llegue al siguiente proceso en el momento en que se necesita y en las cantidades adecuadas.	Que cada puesto de trabajo mantenga en inventario únicamente la pieza que están procesando en ese momento.	Minutos

Tabla No.6: Variables de salida.
Fuente: creación de grupo.



1.5 Variables de solución, restricciones y los criterios.

Variables de Solución	Restricciones	Criterios
<ul style="list-style-type: none">▪ Disponibilidad de recursos económicos.▪ Horas en el programa de entrenamiento.▪ Porcentajes de participación en la implementación del programa.	<ul style="list-style-type: none">▪ La solución debe adaptarse tanto a la micro, pequeña, medianas y gran empresa del sector.▪ Tiempo (9 meses).▪ Ausencia de pruebas pilotos.	<ul style="list-style-type: none">▪ Flexibilidad de la Propuesta.▪ Confiabilidad▪ Funcionalidad▪ Sencillez▪ Efectividad

Tabla No.7: Variables de solución.
Fuente: Creación de grupo.

1.6 Posibles soluciones:

El universo de las alternativas de solución esta integrado por todas las Herramientas de Manufactura Esbelta: S.M.E.D., Just in Time, Mantenimiento Productivo Total, Cinco “S”, Poka – Yoke, Reducción del Tamaño de Lote, Manufactura Celular, Takt time, Nivelación de la Producción, Kankan y Kaizen.

1.7 Enunciado del problema:

El problema puede plantearse como una interrogante, de la manera siguiente:

“¿Que hacer para que la industria metalmecánica logre reducir los desperdicios en su sistema productivo y puedan ser mas competitivos?”



H. MÉTODO Y FUENTES DE DATOS.

1. MÉTODO.

El método general para el desarrollo del estudio se presenta de la forma siguiente:

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL - REFERENCIAL Y DIAGNÓSTICO.		
Actividad	Técnica	Descripción
Determinación de los objetivos del diagnóstico.	Consultas y/o entrevistas	Establecer los parámetros de referencia que permitan una investigación detallada de la información relacionada con la manufactura esbelta y sobre la situación actual de la industria metalmecánica.
Establecimiento de las generalidades de la industria metalmecánica.	Investigación bibliográfica y exploratoria	Consiste en definir la industria, los aportes, su evolución, materias primas, productos y procesos.
Descripción de las herramientas de la Manufactura Esbelta	Investigación bibliográfica.	Definición de las herramientas utilizadas en Manufactura Esbelta, sus aplicaciones y beneficios.
Identificar y conceptualizar los principales tipos de desperdicios	Investigación bibliográfica.	Contempla la descripción de los 7 tipos de desperdicios según la manufactura esbelta.
Establecimiento de los criterios y variables de medición en manufactura de clase mundial	Investigación bibliográfica y entrevistas.	Descripción de los puntos clave para la evaluación de los sistemas operativos de manufactura de clase mundial.



Diseño de una guía de auditoria de evaluación	Consultas y/o entrevistas.	Comprende el diseño, prueba piloto, correcciones y aprobación definitiva del instrumento.
Recopilación de la información.	Investigación exploratoria - Entrevistas	Consiste en recolección de datos en las empresas pertenecientes al sector.
Elección de una empresa modelo	Proceso de jerarquía analítica	Contempla la identificación, evaluación y selección de un grupo de empresas modelo.
Describir los procesos realizados actualmente en la empresa.	Entrevistas y observación directa.	Definir la forma en que se procesa la materia prima en cada una de las áreas productivas de la empresa.
Recopilar Información primaria para el diagnostico.	Entrevistas y observación directa	Observación directa y entrevistas dirigidas a personas que se encuentran relacionadas en las diferentes áreas de la empresa.
Interpretación y Análisis de la información.	Herramientas de manufactura esbelta	Interpretación de los resultados con el objeto de proporcionar enfoques claros de la situación actual en la empresa.
Elaboración de Documento de marco teórico y diagnóstico.	Documento elaborado en Office	Digitalización del documento con ayuda de las herramientas de Office.
DISEÑO DETALLADO.		
Actividad	Técnica	Descripción
Identificación de los criterios de diseño de la guía.	Investigación exploratoria, asesorías y/o entrevista.	Recolección de los puntos relevantes del diagnostico del la industria y la empresa modelo.



Selección de las técnicas a aplicar.	Pareto – Espina de pescado	Priorización de los resultados del diagnóstico que sirvan de base para seleccionar las técnicas.
Desarrollo de un programa de aplicación de las herramientas.	Diagrama de Gantt	Se refiere a la descripción y secuencia de las actividades requeridas para la aplicación de las herramientas seleccionadas.
Especificar el método de aplicación de las técnicas seleccionadas.	Investigación exploratoria y bibliográfica.	Diseño de un método para la aplicación de las técnicas seleccionadas.
Aplicar las herramientas seleccionadas.	Herramientas de manufactura esbelta.	Aplicación de las herramientas de manufactura esbelta en la industria y en la planta de la empresa modelo.
Elaboración de Documento del diseño detallado.	Documento elaborado en Office	Digitalización del documento, con ayuda de las herramientas de Office.

PRESUPUESTOS Y EVALUACIONES DEL PROYECTO.

Actividad	Técnica	Descripción
Diseñar la estructura organizativa para implantar el proyecto.	Organigrama y manuales organizativos	Desarrollar la estructura organizativa, la caracterización del proyecto, especificación del tipo de organización seleccionada; estableciendo el organigrama, los manuales de puestos, de procedimientos. Etc.
Establecer índices económicos	Modelos de razón financiera	Determinar TMAR, TIR, VAN.



Estimar los beneficios y la rentabilidad esperada	Modelos de la razón financiera	Determinar el beneficio / costo, inversión total y el tiempo de recuperación de la inversión
Evaluación de flexibilidad del proyecto	Análisis de sensibilidad	Establecer un análisis de sensibilidad en escenarios negativos en lo que se pueda encontrar a la empresa, el cual indicará las variables que más afecta el resultado económico de un proyecto y cuales son las variables que tienen poca incidencia en el resultado final.
Evaluación económica-social del proyecto	Análisis de índices macro-económicos	Determinar los beneficios sociales y económicos que son resultados de la realización del proyecto. Planteados en función del tiempo que se cumplirán.
Evaluación ambiental del proyecto.	Análisis de indicadores ambientales	Comprende la descripción de los efectos ambientales del proyecto en el medio ambiente.
Elaboración de Documento Integrado del trabajo de graduación.	Documento elaborado en Office	Digitalización del documento con ayuda de las herramientas de Office para imprimirlo y obtener un documento físico.

Tabla 8: Método General del estudio.
Fuente: Elaboración de Grupo.



2. FUENTES PRIMARIAS Y SECUNDARIAS.

a) Fuentes Primarias.

La fuente de información primaria esta constituida por una combinación de técnicas de recolección de datos como son la entrevista y la observación directa, las cuales estarán dirigidas a la jefatura de producción de las empresas en la industria metalmecánica. La formulación de la guía de auditoria esta estructurada tomando en cuenta los criterios y variables que involucran una manufactura de clase mundial.

b) Fuentes Secundarias.

- ✓ Consultas en libros vinculados a Lean Manufacturing para conocer las diferentes técnicas y herramientas que la conforman el marco conceptual.
- ✓ Consultar folletos y revistas para conocer la representatividad empresarial del sector metalmecánico en El Salvador.
- ✓ Información de entidades e instituciones nacionales acerca del sector como: MINEC, JICA, FUSADES, CONACYT, FIGAPE, DIGESTYC, entre otros.
- ✓ Consultas en diferentes sitios web para recopilar información relacionada con Lean Manufacturing.



CAPITULO I

MARCO

REFERENCIAL



A. DEFINICIÓN DE LA RAMA.

Es una rama específica del sector manufacturero que se dedica a la transformación mecánica y física de los materiales en sus fases primarias (metales ferrosos y no ferrosos), modificando su forma o naturaleza con el fin de generar productos que se destinen: a alimentar los procesos industriales en calidad de insumos, a la inversión en concepto de bienes de capital (maquinaria, equipo y herramientas), y al consumo directo en forma de bienes durables.

B. ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LA INDUSTRIA EN EL SALVADOR.

Las primeras manifestaciones de la industria metalmecánica en nuestro país se encuentran a principios del siglo XX, con el apareamiento de pequeños talleres artesanales que procesaban hierro en la elaboración de hojalatería. Entre los productos fabricados se encuentran las herraduras, cántaros, utensilios de cocina, etc. Los procesos productivos eran artesanales y las herramientas de trabajo rudimentarias, entre ellas se destacan el martillo, yunque y las pinzas.

Las primeras fundiciones aparecieron en el país en el año de 1940 y entre las mas importantes estaban las siguientes: a) Siderurgia Salvadoreña; b) Talleres Sarti; c) Talleres Daglio; d) Talleres Biollo. Su producción comprendía tapaderas de alcantarillados, postes de alumbrado eléctrico, puertas, zaguanes, cortinas, etc.

Con el correr de los años, y en la medida que las necesidades eran cada vez mayores debido al crecimiento de otros sectores productivos, entre ellos el desarrollo de la industria de la construcción, la agroindustria y la agricultura, la industria metalmecánica demandaba el empleo de nuevas y mejores técnicas en sus procesos productivos.

El desarrollo de esta industria toma mayor auge a partir de la segunda guerra mundial, ya que en esa época surgieron nuevas técnicas que permitieron lograr un mayor nivel de productividad, esto unido a la creciente demanda de productos necesarios para la guerra y también otros factores de tipo político y social.

El mayor impulso de la industria metal mecánica comenzó en la década de los 60's, a raíz de que los planes de desarrollo nacionales que se implementaron en esa época pretendían



orientar las actividades económicas a la industria del país. De esta manera la industria metalmecánica logra un grado de desarrollo que poco a poco ha venido evolucionando.

En la década de los 70's se implantaron políticas gubernamentales tendientes a facilitar la inversión de capital en nuevas industrias, estableciendo zonas francas, como la de San Bartolo en San Salvador y el Parque industrial Santa Lucia en Santa Ana, en las cuales se concentran un número representativo de empresas del sector metal mecánico.

Este hecho unido al alza de precios de los productos tradicionales de exportación del país, provocó un incremento en las disposiciones de capital para nuevas inversiones tanto extranjeras como nacionales, lo que a su vez generó mayor empleo, la utilización de nueva tecnología y el incremento y la diversificación de la producción. En esta década se crearon la mayor parte de las empresas que hoy forman le sector metal mecánico de El Salvador.

A partir de 1980, las reformas sociales que se implantaron, crearon una situación de incertidumbre entre los inversionistas, provocando hechos tales como fuga masiva de divisas, cierre de empresas, deducción del empleo generado, etc.

En la actualidad se ha extendido trabajando en la reparación y fabricación de repuestos para diversas industrias, ingenios azucareros y beneficios de café, también se dedica a la fabricación de muebles, accesorios y productos metálicos simples, equipos para la agricultura y agroindustria, carrocerías para autobuses, etc.

Puede notarse la diversidad de productos y aunque en algunos casos los métodos de trabajos se siguen haciendo artesanalmente y con medios rudimentarios, su calidad es buena y tiene aceptación en el mercado nacional y en el extranjero.



C. CLASIFICACION.

1. CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD SEGÚN LA CIU.

1.1 Clasificación.

De acuerdo a la Clasificación Industrial Internacional Uniforme, se establecen las categorías para cada una de las empresas que se desenvuelven en la fabricación de productos metálicos, exceptuando maquinaria y equipo.

38	Fabricación de productos metálicos, maquinaria y equipo
381	Fabricación de productos metálicos, exceptuando maquinaria y equipo.
3811	Fabricación de cuchillería, herramientas manuales y artículos generales de ferretería
3811-00-7	Herrería
3811-01-5	Fabricación de artículos generales de ferretería
3811-02-3	Fabricación de machetes, cuchillería y herramientas manuales
3811-03-1	Fabricación de herramientas manuales para agricultura y jardinería.
3812	Fabricación de muebles y accesorios principalmente metálicos
3812-00-5	Fabricación de muebles de metal para el hogar
3812-00-5	Fabricación de marcos principalmente de metal para sillas
3812-01-3	Fabricación de muebles de metal para oficinas, restaurantes y edificios públicos
3812-02-1	Fabricación de estantes metálicos
3813	Fabricación de productos metálicos estructurales
3813-00-3	Fabricación de estructuras metálicas
3813-01-1	Fabricación de tanques de captación
3813-02-9	Fabricación de cocinas de hierro galvanizado
3813-03-7	Fabricación de puertas, ventanas, verjas y balcones
3813-04-5	Fabricación de cortinas de metal
3819	Fabricación de productos metálicos n.e.p. exceptuando maquinaria y equipo.
3819-00-0	Hojalatería
3819-01-8	Fabricación de estatuas de metal
3819-02-6	Fabricación de clavos y similares
3819-03-9	Fabricación de mallas de metal
3819-04-2	Fabricación de obras ornamentales en hierro
3819-05-9	Talleres de níquelación, cromado, galvanizado, dorado y anodización de artículos de metal
3819-06-7	Fabricación de parrillas de metal.
3819-07-5	Fabricación de productos aluminio metálico
3819-08-3	Fabricación de corcholata
3819-09-1	Fabricación de envases de hojalata y de metal
3819-10-9	Fabricación de alambres de púas
3819-11-7	Fabricación de clips para papel
3819-12-5	Fabricación de ganchos de alambre para colgar ropa
3819-13-3	Fabricación de marcos de metal para cuadros

Tabla No. 9: Fabricación de productos metálicos, exceptuando maquinaria y equipo.
Fuente: Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIU)



1.2 Descripción.

AGRUPACIÓN 381: FABRICACIÓN DE PRODUCTOS METÁLICOS, EXCEPTUANDO MAQUINARIA Y EQUIPO.

Esta agrupación comprende a las empresas que se dedican a la fabricación de:

a) CUCHILLERÍA, HERRAMIENTAS MANUALES Y ARTÍCULOS DE FERRETERÍA.

La fabricación de cuchillería de todas clases; herramientas manuales tales como hachas, cinceles y limas, martillos, palas, rastrillos, y otras herramientas manuales para el campo y jardín, sierras de mano y herramientas de plomero, albañil, mecánico, etc.; artículos de ferretería, tales como cerraduras y llaves y otros elementos de edificios y muebles, protectores, pinzas, herrajes de embarcaciones y vehículos. Se incluyen las herrerías, pero no la fabricación de objetos de plata y plata chapada, ni la fabricación de troqueles y matrices para metales y herramientas manuales accionadas mecánicamente.

b) FABRICACIÓN DE MUEBLES Y ACCESORIOS PRINCIPALMENTE METÁLICOS.

La fabricación, reforma y reparación de muebles y accesorios principalmente de metal para el hogar, oficinas, edificios públicos, uso profesional y restaurantes.

c) FABRICACIÓN DE PRODUCTOS METÁLICOS ESTRUCTURALES.

Este grupo incluye la fabricación de estructuras metálicas, la fabricación de puertas ventanas, verjas y balcones, fabricación de cortinas de metal, fabricación de tanques de captación.

d) FABRICACIÓN DE PRODUCTOS METÁLICOS, N.E.P., EXCEPTUANDO MAQUINARIA Y EQUIPO.

La fabricación de productos metálicos, tales como envases metálicos de hojalata, hojalata emplomada o chapa metálica esmaltada; "Containers" metálicos, tambores, estampados metálicos; productos de tortillería; cajas fuertes y cámaras de seguridad; productos de cable y alambre hechos con varillas compradas, excepto cable y alambre con aislamiento; resortes de acero; tornillos, tuercas, arandelas y remaches y tubos plegables, excepto en las fabricas primarias de laminación y estirado, hornos, estufas y otros calefactores que no son eléctricos, artículos sanitarios y de plomería de hierro esmaltado y de latón; herrajes de válvulas y tuberías; productos metálicos pequeños y todos los demás productos no clasificados en otra parte. Este grupo incluye las industrias que se dedican a esmaltar, barnizar y laquear y a galvanizar, chapar, pulir artículos metálicos.



2. CLASIFICACIÓN POR TAMAÑO.

En El Salvador existen instituciones encargadas de establecer límites para poder hacer una clasificación de las diferentes empresas y así poder determinar el tamaño de las mismas, y conocer el grupo de empresas que forman parte de cada una de las categorías establecidas. Los indicadores que se utilizan para clasificar las empresas son: los activos y el número total de personal empleado por la empresa; como se muestra en el cuadro siguiente:

CLASIFICACIÓN DE LAS EMPRESAS SEGÚN SU TAMAÑO				
INSTITUCIÓN	TAMAÑO			
	MICRO	PEQUEÑA	MEDIANA	GRANDE
FIGAPE	A \$17,714.29 1 A 4 PER.	A \$34,285.71 5 A 19 PER.	A \$57,142.86 20 A 49 PER.	MAYOR A \$57,142.86 MAYOR DE 49 PER.
FUSADES	A \$11,428.57 1 A 10 PER.	A \$85,714.29 11 A 19 PER.	A \$228,571.43 20 A 99 PER.	MAYOR A \$228,571.43 MAYOR DE 99 PER.
AMPES	A \$2,857.14 1 A 5 PER.	A \$22,857.14 6 A 20 PER.	A \$57,142.86 21 A 50 PER.	MAYOR A \$57,142.86 MAYOR DE 50 PER.
CONACYT	1 A 4 PER.	A \$22,857.14 5 A 20 PER.	A \$57,142.86 21 A 50 PER.	MAYOR A \$57,142.86 MAYOR DE 50 PER.

Tabla N° 10: Clasificación de las empresas según su tamaño.
Fuente: CONACYT.

D. INSUMOS REQUERIDOS EN LA INDUSTRIA.

Los principales insumos requeridos por la industria metalmecánica se concentran principalmente en:

- ✓ Lamina en pliegos.
- ✓ Aluminio y sus aleaciones.
- ✓ Acero.
- ✓ Hierro.
- ✓ Pinturas.



E. PRODUCTOS DE LA INDUSTRIA.

Entre algunos productos que son elaborados en la industria metalmeccánica se encuentra las ventanas y accesorios, estantes, machetes, barriles, envases, tanques, rótulos y otros productos de metales comunes.

F. PARTICIPACION DE LA INDUSTRIA EN EL P.I.B.

APORTE AL PIB DE LA INDUSTRIA METALMECÁNICA. (MILLONES DE DÓLARES)						
No.	Ramas de Actividad	2000	2001	2002	2003	2004
29	Productos metálicos de base y elaborados	78.10	80.80	82.60	84.50	85.30
30	Maquinaria, equipos y suministros	55.40	55.60	58.00	56.50	57.40
31	Material de transporte y manufacturas diversas	61.80	63.70	66.20	69.60	72.10
		195.3	200.1	206.8	210.6	214.8
	TOTAL DEL PIB	7531	7659.7	7830.5	7972.5	8095.4
	APORTE AL PIB	2.59%	2.61%	2.64%	2.64%	2.65%

Tabla N° 11: Participación de la industria metal mecánica en el PIB de la Economía de el salvador
Fuente: Revista trimestral del B.C.R. (Julio / Septiembre 2005)

Como muestra la Tabla N° 11, la contribución de la industria metalmeccánica al Producto Interno Bruto (PIB) de la economía en El Salvador tiene un porcentaje bajo según datos del Banco Central de Reserva. En países desarrollados la industria metalmeccánica tiene una mayor participación en la producción de insumos y bienes finales de capital¹, para atender las demandas de otros sectores productivos de la economía, así como de bienes durables de consumo para el mercado local y extranjero, lo que refleja la importancia de este sector. En el país la participación de la industria en el PIB de la economía ha venido aumentando en porcentajes pequeños; según datos del Banco Central de Reserva el incremento ha sido sensible desde el año 1983².

¹ Fuente: Cluster de la metalmeccánica.

² Ver anexo 6: Producción histórica y desempeño de exportaciones. Fuente: Ministerio de Economía.



G. CAPTACION DE DIVISAS.

La industria Metalmecánica esta ubicada en el quinto lugar en la participación de las exportaciones, como se muestra en la siguiente tabla:

CONCEPTO	2002	2003 ^(P)	2004 ^(P)	Ene-Sep/2005 ^(P)
MAQUILA	\$1,757,469	\$1,873,040	\$1,820,593	\$1,345,629
PRODUCTOS DE LA INDUSTRIAS ALIMENTARIAS, BEBIDAS, LÍQUIDOS ALCOHÓLICOS; TABACOS Y SUCEDÁNEOS	\$222,984	\$239,340	\$270,875	\$269,544
PRODUCTOS DEL REINO VEGETAL	\$142,914	\$140,292	\$167,684	\$179,873
MATERIAS TEXTILES Y SUS MANUFACTURAS	\$156,794	\$156,795	\$222,929	\$151,869
METALES COMUNES Y SUS MANUFACTURAS	\$127,177	\$130,976	\$166,263	\$142,104
PRODUCTOS DE LAS INDUSTRIAS QUÍMICAS	\$157,634	\$149,806	\$159,241	\$126,320
PASTAS DE MADERA, PAPEL Y CARTÓN Y SUS DESECHOS, MANUFACTURA Y APLICACIONES	\$128,204	\$122,895	\$128,900	\$104,541
MATERIAS PLÁSTICAS, CAUCHOS Y SUS MANUFACTURAS	\$63,007	\$69,062	\$86,634	\$78,670
MAQUINARIA Y APARATOS; MATERIAL ELÉCTRICO	\$56,665	\$47,306	\$72,528	\$61,935
PRODUCTOS MINERALES	\$68,571	\$67,190	\$71,304	\$41,866
LOS DEMÁS PRODUCTOS	\$42,836	\$47,262	\$52,962	\$41,179
ANIMALES VIVOS Y PRODUCTOS DEL REINO ANIMAL	\$33,302	\$46,904	\$34,459	\$33,454
CALZADOS Y ARTÍCULOS ANÁLOGOS	\$17,726	\$19,168	\$19,336	\$13,361
GRASAS Y ACEITES ANIMALES Y VEGETALES	\$13,683	\$10,963	\$13,805	\$9,119
PIELES, CUEROS, TALABARTERÍA Y PELETERÍA	\$5,865	\$6,103	\$6,335	\$4,811
PERLAS, PIEDRAS Y METALES PRECIOSOS	\$207	\$333	\$1,410	\$2,385

(p) Cifras preliminares

Tabla No 12: Composición de las exportaciones de El Salvador (en miles de dólares) según el S.A.C.

Fuente: Revista trimestral BCR (Julio / Septiembre 2005)

En términos generales, las exportaciones del sector representan un aumento desde el año 2003. Las exportaciones industriales en el año 2005 alcanzaron los \$142.104 (miles de dólares) a falta del último trimestre del 2005 y representando un 5.45% del total de exportaciones del país (ver Tabla N° 13).



PARTICIPACIÓN EN LAS EXPORTACIONES DE LOS METALES COMUNES Y SUS MANUFACTURAS (EN MILES DE DÓLARES)					
AÑOS		2002	2003	2004	2005
1	Productos laminados de hierro o acero	46.819	49.841	59.380	51.572
2	Hierro, acero y sus demás manufacturas	27.063	25.074	47.921	42.732
3	Manufacturas de aluminio	35.041	33.269	33.952	27.357
4	Herramientas de mano agrícolas, hortícola y forestales	8.014	8.727	9.050	7.551
5	Otros	10.240	14.066	15.959	12.892
TOTAL		127.177	130.976	166.263	142.104
TOTAL DE EXPORTACIONES DE EL SALVADOR		2995.038	3128.036	3295.258	2606.661
PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN		4.25%	4.19%	5.05%	5.45%

Tabla N° 13: PARTICIPACIÓN EN LAS EXPORTACIONES DE LOS METALES COMUNES Y SUS MANUFACTURAS (En miles de Dólares)

Fuente: Revista Trimestral BCR (Julio / Septiembre 2005)

H. GENERACION DE EMPLEOS.

Según datos de la Dirección General de Estadística y Censos (DIGESTYC) del Ministerio de Economía, el número total de empresas pertenecientes al sector metalmecánica es de 147 las cuales generan 6,797 empleos, lo que representa un 5.53% de los empleados del sector manufacturero (116,114 empleados).

AGRUPACIÓN	Nº DE EMPLEADOS	PORCENTAJE
371	1245	18.32%
372	58	0.85%
381	3164	46.55%
382	912	13.42%
383	305	4.49%
384	1031	15.17%
385	82	1.21%
TOTAL	6,797	100.00%

Tabla N° 14: Número y porcentaje de empleados del sector metalmecánica.
Fuente: Ministerio de Economía. DIGESTYC

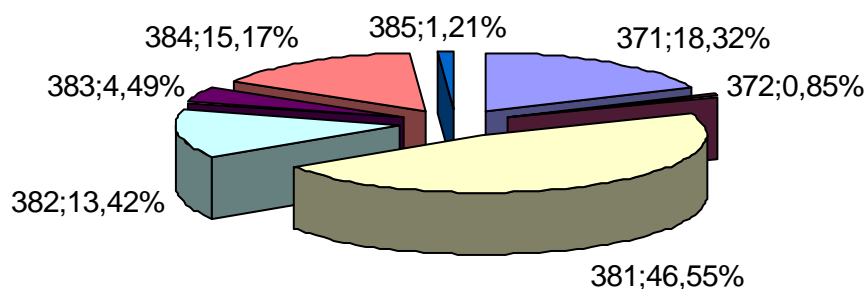


Figura N° 2: Porcentaje de empleos por agrupación en la industria metalmecánica.
Fuente: Ministerio de Economía. DIGESTYC



Según datos de la Dirección General de Estadística y Censos (DIGESTYC), para el año 2002, se tiene un total de 6,797 empleados, los cuales se encuentran distribuidos según las agrupaciones que abarca la Industria Metalmeccánica. Puede observarse en el grafico anterior que la mayor participación en cuanto a generación de empleo la constituye la agrupación 381 (fabricación de productos metálicos, exceptuando maquinaria y equipo) con un aproximado del 47% de los empleos de la industria.

I. APOYO A OTRAS INDUSTRIAS.

La actividad económica de la rama se presta para que una de sus mayores contribuciones sea sin lugar a dudas el apoyo brindado a las actividades desarrolladas por otras industrias, fabricando partes para vehículos automotores, aparatos y suministros electrónicos, también hay que destacar la importancia que han tenido los fabricantes de maquinaria agrícola para proveer a los beneficios de café e ingenios azucareros, máquinas de diversos tamaños, servicios de reparación de maquinaria, repuestos específicos.

La mayor parte de la capacidad instalada en cuanto a talleres metal mecánicos dedica su capacidad productiva a dar soporte a otras industrias no metal mecánicas por ejemplo:

- ▶ Manufactura de productos para la industria de la construcción.
- ▶ Fabricación de moldes para la industria del plástico
- ▶ Fabricación y servicios de componentes para la industria textil.
- ▶ Necesidades de repuestos para la Agroindustria.
- ▶ Servicio de rectificado a la industria Automotriz.

Esta labor de asistencia a otras industrias ha obligado a la metalmeccánica a luchar por desarrollar más eficiencia y competitividad, pues contribuye al desarrollo tecnológico de otras industrias.



J. PRINCIPALES PROCESOS.

1. PROCESOS DE FORMACIÓN.

En los procesos para el formado de los materiales se utiliza diversa maquinaria para cambiar las propiedades, el tamaño o ambos en el material en que se trabajan. Los materiales que suelen formarse con estos procesos incluyen la mayoría metales ferrosos, no ferrosos, plásticos, telas, cauchos y otros.

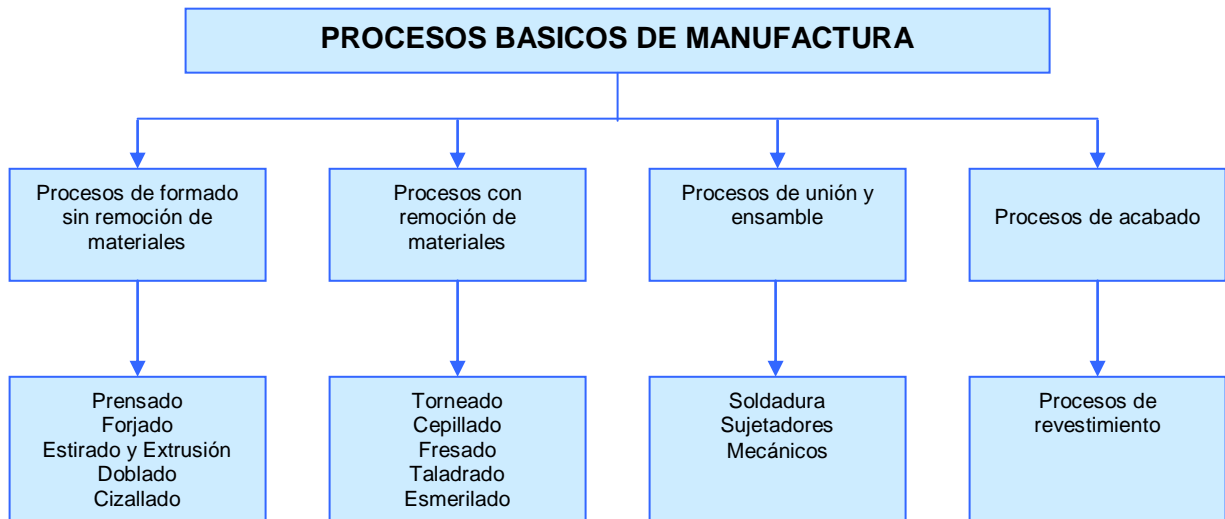


Figura Nº 3: Procesos Básicos de Fabricación en Manufactura.
Fuente: Lean Thinking, Womack James P

2. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS.

2.1. Prensado.

Los procesos de formado a presión o prensado incluye fuerzas de compresión y de impacto. El impacto produce una variedad de presiones momentáneas en particular cuando se distribuyen sobre superficies pequeñas. El impacto ofrece la ventaja de concentrar una fuerza muy grande en una superficie pequeña, con equipo para trabajo liviano. Las operaciones de compresión en general requieren presiones más grandes, tienen la ventaja de que la aplicación más lenta de la presión le da al material más tiempo para cambiar de forma y fluir hacia todas las cavidades de la matriz.

2.2 Forja.

La forja incluye el uso de impacto y presión para formar objetos. Los procesos de impacto incluyen forja en fragua, forja en martinete y forma por recalado.



2.3 Estirado y Extrusión.

Para estirado y extrusión se oprime el material en contra de matrices de tal forma que el material tiene que adoptar la misma configuración que el dado. Para la extrusión, se puede empujar o comprimir el material a través de aberturas de la forma deseada. La gran ventaja de la extrusión es la gran variedad de secciones complejas que se pueden formar. En el estirado y trefilado, se tira del material en láminas, varillas o tubular hacia una cavidad de matriz o molde para conformarlo.

a. Estirado

Las operaciones de estirado se pueden usar para producir formas cilíndricas, formas cuadradas, huecas, varillas y ángulos. El estirado también se puede utilizar para formar tubos con lámina. El estirado puede ser en caliente o en frío. Hay una gran cantidad de variantes del proceso que incluyen estirado y trefilado para producir tornillos, alambres, formas tubulares, torcido y muchas otras. El estirado se emplea para formar paredes de cilindros, tanques para gases comprimidos, cartuchos para municiones de grueso y de pequeño calibre, paredes para cilindros de almacenamiento y productos similares. El estirado ofrece la ventaja de obtener secciones uniformes, de pared gruesa, con grandes curvaturas. La mayoría de estas operaciones se hacen con el metal en su estado plástico. El estirado en frío de los metales es parte importante de este renglón industrial. Se utiliza para producir una gran cantidad de formas y tamaños, desde alambres hasta partes de carrocerías de vehículos.

b. Extrusión.

La extrusión es un proceso en el cual se hace pasar material a presión a través de un dado extrusor de forma determinada. Cuando el material pasa por el dado adopta la conformación de la abertura. La extrusión se hace en caliente y en frío. Para la producción de piezas metálicas grandes y para todas las piezas de aluminio la extrusión se hace en caliente. La ventaja primaria de la extrusión es la gran variedad de formas que se pueden lograr, con una gama casi ilimitada de secciones transversales.



2.4 Doblado.

a. Doblado con prensa.

El prensado es un proceso para doblar lámina a diversas formas angulares, con la lámina en frío. Este proceso tiene uso extenso en la fabricación de artículos de lámina (chapa) para producir piezas especiales pero son menos adaptables para los volúmenes de producción en serie. La máquina hace girar una hoja o plancha contra el trabajo que está sujeto en la mesa con mordazas movibles. La dobladora para barras tiene una hoja ajustable que se sujeta contra la lámina y produce un doblado angular agudo o, se puede alejar un poco de la mordaza y la mesa, para que el doblado sea más o menos redondeado. Esto da la ventaja de obtener una pieza más lisa y redonda o de redondear lo suficiente a fin de poder colocar alambre para formar aros alrededor de objetos rectangulares.

La mayoría de los dobleces en producción, se hacen con una prensa de cortina. La prensa de cortina utiliza un dado fijo sobre el cual se coloca el material y un dado móvil que se empuja contra la pieza de trabajo, sujeta el material entre las dos mordazas y lo dobla a la forma deseada. Las ventajas de este proceso son: la rapidez, se puede adaptar para usarlo con una serie de matrices y dispositivos para formado, con lo cual se elimina mucho tiempo de preparación para piezas individuales y se puede emplear para material grueso y piezas largas.

b. Doblado con dobladora.

El doblado es el proceso para dar una gran variedad de formas a barras y tubos. El doblado se suele hacer en frío; para piezas grandes y gruesas puede ser en caliente. En uno de los métodos, se hace pasar la pieza de trabajo alrededor de un dado, ya sea con un muñón rotatorio o con correderas. También se puede hacer pasar el material en torno al lado, con tracción manual o mecánica.



2.5. Cizallado.

El cizallado es un proceso de corte para láminas y placas. Produce cortes sin que haya virutas, calor ni reacciones químicas. El proceso es limpio, rápido y exacto, pero está limitado al espesor que puede cortar la máquina y por la dureza y densidad del material. El cizallado es el término empleado cuando se trata de cortes en línea recta; el corte con formas angulares, redondas, ovaladas e irregulares se efectúa con punzonado y perforación. El cizallado suele ser en frío, en especial con material delgado de muchas clases, tales como guillotinado de papeles, fibras, telas, plásticos y la mayoría de los metales. El cizallado se utiliza para cortar la preforma para cigüeñales a partir de la pieza grande forjada.

El cizallado, llamado también guillotinado, se hace en frío en la mayoría de los materiales. En general, es para cortes rectos a lo ancho o a lo largo del material, perpendicular o en ángulo. La acción básica de corte incluye bajar la cuchilla hacia la mesa de la máquina, para producir la fractura o rotura controladas durante el corte. La mayoría de cuchillas tiene un pequeño ángulo de salida.

3. OPERACIONES CON MAQUINAS HERRAMIENTAS

Una máquina herramienta es la que tiene mecanismos para producir el movimiento necesario para conformar una pieza de trabajo mediante la remoción de material. Las máquinas herramientas se agrupan en ocho categorías mayores, las cuales son:

- a) Tornos.
- b) Cepillos de codo.
- c) Cepillos de mesa.
- d) Brochadoras.
- e) Fresadoras.
- f) Taladradoras.
- g) Sierras.
- h) Esmeriladoras.



3.1 Torno

El torno es una de las máquinas herramientas más antiguas. En principio se utilizaba para torneear, refrentar y perforar piezas de trabajo cilíndricas. Pero también pueden efectuarse en el torno operaciones como taladrado, escariado, machuelado, moleteado, esmerilado, fresado, roscado y biselado, cuando se utilizan los aditamentos necesarios.

Los tornos pueden clasificarse de acuerdo con su mecanismo de impulsión (directa o indirecta); mecanismo de avance (manual, motorizado o automático); capacidad de producción (no producción. Semi-producción y producción). Con respecto a su capacidad de trabajo, los tornos se clasifican como:

a) Tornos de no producción:

Rápido.

Paralelo.

Para taller mecánico.

b) Tornos de semi-producción:

Copiador automático.

Revolver (de torreta)

Vertical.

Horizontal.

c) Tornos para alta producción.

Revolver automático.

Automáticos para tornillos.

3.2 Cepillos de codos.

Los cepillos de codo son máquinas herramientas de uso principal en la producción de superficies planas y angulares. Además el cepillo se utiliza para maquinar formas y contornos irregulares difíciles de obtener con otras máquinas. En el cepillo de codo pueden producirse superficies y formas internas y externas. Las formas comunes son planas, angulares, ranuras, colas de milano, ranuras "T", cuñeros (chaveteros), muescas, acanaladuras y contornos. En el cepillo de codo se emplean herramientas de corte de una punta similar a las del torno para maquinar la mayoría de las superficies.



Los cepillos de codo se clasifican según el plano en que ocurre el corte: horizontal o vertical (mortajadora). Además los cepillos horizontales se dividen en tipo de corte en avance y corte en retroceso. Un cepillo de corte en avance (empuje) corta mientras el ariete empuja la herramienta a lo largo de la pieza de trabajo; el cepillo de corte en retroceso (tracción) corta el material cuando se tira de la herramienta hacia la máquina. Los cepillos verticales (mortajadoras) tienen acción cortante de empuje y tracción o “tira y empuja” y a veces, se llaman ranuradores.

3.3 Fresadoras.

Las fresadoras, como los tornos, son las maquinas herramientas más adaptables para la manufactura. La fresadora está destinada a producir superficies planas y angulares y también se utiliza para hacer formas irregulares, trabajar superficies y cortar ranuras y muescas. La fresadora también puede utilizarse para taladrar, perforar, escariar (rimar) y cortar engranes.

Se constituyen muchos tipos de fresadoras para un gran número de necesidades y aplicaciones. Las fresadoras se clasifican de acuerdo con su estructura e incluye: columna y rodilla, de mesa tija, planeadora y especiales.

3.4 Maquinas taladradoras.

Las máquinas y herramientas taladradoras se utilizan para una de las operaciones más comunes, o sea taladrar agujeros en cualquier material y pieza de trabajo. Las operaciones como escariado de agujeros, machuelado, abocardado, avellanado y fresado de puntos se efectúa después de taladrar, también se hacen con taladradoras. Aunque algunas de estas operaciones pueden efectuarse en otras máquinas, como fresas y tornos, la taladradora es la que se usa más. Las taladradoras son sencillas en su construcción y manejo. Además de taladrar, pueden utilizarse para perforar a fin de tener agujeros de posición y tamaño exactos en la pieza de trabajo. Las taladradoras o taladros están disponibles en muchos tipos y pueden clasificarse como: taladros de mano, verticales, radiales, de husillos múltiples, automáticos y especiales.



3.5 Sierras.

El uso principal de las sierras es para cortar el material a la longitud necesaria para otras operaciones. La adaptabilidad de las sierras permite usarlas para cortar formas y contornos irregulares. Las sierras son herramientas de corte de puntas múltiples en los tipos de hojas para sierra de arco, sierras de cinta y sierras circulares.

3.6 Rectificadoras.

En las máquinas rectificadoras se utilizan ruedas y cintas de diversos tipos que tienen ligado un abrasivo, el cual efectúa el corte. El esmerilado se utiliza para impartir un acabado de alta calidad en la superficie de la pieza de trabajo. Además de mejorar la exactitud dimensional de la pieza de trabajo, porque puede trabajarse con tolerancias hasta de 0.00025 mm. (0.00001 pulg) para esmerilar. Pueden esmerilarse superficies internas y externas con las diversas máquinas disponibles. Las operaciones relacionadas, en las cuales se utilizan abrasivos en pasta, polvo y granos incluyen asentamiento, pulimento y limpieza en tambor.

4. PROCESOS DE UNIÓN PERMANENTE.

a. Soldadura.

La soldadura es el proceso para la unión permanente de dos u más piezas de material entre sí con la aplicación de calor, presión o ambos. En la soldadura se suelen fundir y fusionar entre sí bordes o superficies comunes (soldadura por fusión); pero se utilizan diversas técnicas para unir materiales aplicando calor, presión o ambos, sin que se fundan las piezas.



CAPITULO II

MARCO TEORICO

Y

CONCEPTUAL



A. ANTECEDENTES DE LA MANUFACTURA ESBELTA.

1.0 ORÍGENES DE LA MANUFACTURA ESBELTA.

La Manufactura Esbelta nació en Japón y fue concebida por los grandes autores del Sistema de Producción Toyota: Taiichi Ohno y Shigeo Shingo³.

La Manufactura Esbelta surge como una necesidad en las empresas Japonesas para ser competitivas en el mercado mundial, al no poder mantener sus precios de venta, buscó una estrategia de reducción de desperdicios en su funcionamiento y así aumentar su margen de utilidad. Esta estrategia es lo que conocemos hoy en día como Manufactura Esbelta, esta filosofía tuvo sus inicios en la empresa TOYOTA y actualmente se ha convertido en uno de los caminos más práctico, eficiente y de menor costo para lograr el nivel de Manufactura de Clase Mundial.

La manufactura esbelta es el resultado de Pensamiento Esbelto, que es la parte fundamental en el proceso de desarrollo de una estrategia esbelta. En el pensamiento esbelto el personal es la parte central, ya que muchas veces se requiere de cambios radicales en la manera de trabajar, algo que por naturaleza causa desconfianza y temor.

La visión japonesa del desarrollo empresarial establece que para toda situación dentro de la empresa debe existir un estado “ideal” o “perfecto”: un concepto sin fallas acerca de cómo debería ser un proceso o un producto. La diferencia entre el estado actual o real y el estado ideal es entendido como un “problema” que hay que resolver.

Cuando se habla entonces de pensamiento esbelto (Lean Thinking) se quiere decir precisamente la visión japonesa del desarrollo. Ciertamente, en busca de la rentabilidad, las empresas tratan continuamente de alcanzar la eficiencia de sus procesos actuales, y ello requiere que todo el personal participe en encontrar todas las formas de desperdicio que existan y comprometerse en su erradicación sostenida.

³ Ver Anexo 7: Aportes a la Manufactura Esbelta.



2.0 SISTEMA DE PRODUCCIÓN TOYOTA (SPT)

Al final de la segunda guerra mundial ante una crisis de la industria japonesa surgieron esfuerzos para colocarse al nivel de las empresas occidentales avanzadas, especialmente en el sector automovilístico. El sector industrial no disponía de fondos ni de adecuadas instalaciones para lograr competir y era necesario buscar otros medios para poder hacer frente a estas desventajas.

Toyota fue una de las empresas que logro sentar las bases del sistema de producción Justo a Tiempo estableciendo como fines: el aumento de la productividad y la disminución de los costos, buscando la reducción en el tiempo de las actividades que no agregan valor.

Taiichi Ohno como dirigente de Toyota se propuso acortar la línea de tiempo desde el momento en que el cliente hace un pedido, hasta el momento en que el dinero en efectivo es reunido.

El SPT cuenta con la eliminación de desperdicios como esencia. Los pasos preliminares para la aplicación del SPT consisten en identificar los costos improductivos equivalente a conocer los siete tipos de desperdicios.⁴

Entre los indicadores que miden la aplicación de las Herramientas de Toyota para una Producción Flexible son los siguientes:

INDICADOR CON VARIACION
Aumento de la productividad en mano obra
Aumento de la capacidad de equipo
Reducción del tiempo de fabricación
Reducción en el costo por fallas
Reducción del costo materiales comprados
Reducciones en los inventarios
Reducciones en los requerimientos espacio
Reducción del tiempo respuesta al mercado

Tabla N° 15: Resultados en el Sistema de Producción Toyota.
Fuente: SPT desde el punto de vista de la ingeniería.

⁴ Ver Sección C- 4.0: Siete tipos de desperdicios.



2.1 Los 14 Principios del Método Toyota:

Sección 1 – Filosofía de largo plazo

1. Basa sus decisiones gerenciales en una filosofía de largo plazo, aún a costa de las metas financieras de corto plazo

Sección 2 – El proceso correcto producirá los resultados correctos

2. Crea un proceso de flujo continuo para sacar a la superficie los problemas
3. Emplea sistemas de “jalar” (Pull) para evitar la sobreproducción
4. Nivelas la carga de trabajo.
5. Establece una cultura de parar para corregir problemas, para producir calidad desde la primera vez.
6. Trabajo estandarizado es el fundamento de la mejora continua y de la facultación de los colaboradores.
7. Utiliza control visual de manera que los problemas no se oculten.
8. Utiliza solo tecnología confiable ampliamente probada que sea de utilidad a su gente y procesos.

Sección 3 – Agregar valor a la organización desarrollando a su personal y socios

9. Desarrolla líderes que entiendan a fondo el trabajo, vivan la filosofía y se la enseñen a otros.
10. Desarrolla gente y grupos excepcionales que sigan la filosofía de su empresa.
11. Respeta profundamente su extensa red de socios y proveedores, retándolos y ayudándolos a mejorar.

Sección 4 – La continua resolución de problemas fundamentales conduce al aprendizaje de la organización

12. Observa para entender exhaustivamente la situación.
13. Toma decisiones lentamente por consenso, considerando ampliamente todas las opiniones; implemente decisiones rápidamente.
14. Se convierte en una organización en continuo aprendizaje mediante la reflexión interrumpida y la mejora continua.



B. EL PENSAMIENTO “LEAN”

1.0 DEFINICIÓN.

LEAN significa “ESBELTO” o “EN FORMA”. Lean es un método de hacer “mas y mas” con “menos y menos”; menos esfuerzo humano, menos equipamiento, menos tiempo y menos espacio, al tiempo que se acerca “mas y mas” a ofrecer a los clientes aquello que quieren exactamente y considera que los excesos de procesos, actividades y funciones que no generan valor para el cliente externo, dificultan las operaciones, haciéndolas poco fiables, dificultando su normal desarrollo, disminuyendo la satisfacción de los clientes, haciendo más lentas las tomas de decisiones y afectando los niveles de rentabilidad.

Por ello el pensamiento LEAN es un método altamente desarrollado para manejar una organización para mejorar la productividad, tiempo de entrega y la eficacia de los productos y/o servicios.

La fabricación LEAN tuvo su inicio en el plano teórico-práctico con el sistema “Just in Time” implementado en la empresa automotriz Toyota del Japón. Dicho sistema fue el producto de los trabajos realizados por Taichi Ohno, Ishikawa, Shigeo Singo, Karatsu, Mizuno y Taguchi entre otros consultores japoneses.

Según Ohno la eliminación absoluta de las mudas o desperdicios, es la razón de ser del Sistema Just in Time (conocido también como Sistema de Producción Toyota). Generar mayor valor para los clientes y consumidores implica eliminar todas aquellas actividades que originan desperdicios.

Las ideas sobre el pensamiento LEAN se desarrollaron a partir del sistema de producción Toyota, el cual se extendió posteriormente a los procesos de distribución y ventas.

2.0 PRINCIPIOS LEAN.

2.1 Principio: Especificar el Valor

El punto de partida básico para el pensamiento *lean* es el *valor*. El *valor* sólo puede definirlo el consumidor final. Y solamente es significativo cuando se expresa en términos de un producto específico (un bien o servicio) que satisface las necesidades del consumidor a un precio concreto, en un momento determinado.

El valor lo crea el productor. Desde el punto de vista del cliente, esta es la razón por la que existen productores. No obstante, por muchas razones, es muy difícil definir el valor de modo preciso por parte de los productores.



Lo único que sucede cuando se intenta concretar, son los productos específicos que la empresa espera que compren sus clientes específicos aun precio concreto, para así mantener la compañía activa, y cómo se puede mejorar el rendimiento y la calidad de estos productos mientras sus costes básicos son empujados constantemente hacia abajo. Las distorsiones mas frecuentes para especificar el valor de los productos o servicios son las siguientes⁵:

- ✓ Los ejecutivos de las compañías piensa que se puede ignorar la necesidad de un rendimiento económico a corto plazo y están más interesados en hablar de los productos y las tecnologías de fabricación e incluso ejecutivos de mayor experiencia se enfocan en describir en mayor detalle las características de los productos y los nuevos métodos de fabricación que les ha llevado tiempo perfeccionar. Según estos resultados los que especifican el valor del producto son los ingenieros que dirigen las empresas ya que según sus convicciones están llevando a cabo un trabajo de primera categoría, desarrollando refinamientos y complejidades en el producto, sin embargo estas interesan muy poco a todo el mundo, excepto para los mismos ingenieros.
- ✓ Existe una percepción de que los complejos diseños y la sofisticada tecnología de fabricación defendida por los ingenieros están fuera del alcance de los consumidores y a menudo no tiene que ver con los deseos de los consumidores mismos.
- ✓ El valor lo crea el lugar donde se fabrica el producto, desde luego, los clientes no definen el valor de un producto en términos de donde ha sido diseñado o fabricado.

La definición de valor se deforma en todas partes gracias al poder de las organizaciones existentes, las tecnologías y los activos no depreciados, junto a la anticuada forma de pensar acerca de las economías de escala. Directivos de todo el mundo tienden a manifestar: “este producto es el que sabemos como fabricar utilizando activos que ya hemos adquirido, por lo que si los consumidores no responden ajustaremos el precio, o bien, lo adornaremos para atraerlos”. Lo que se debería hacer en su lugar es, fundamentalmente, replantear el concepto de valor desde la perspectiva del cliente.

El pensamiento *lean* debe comenzar con un intento consciente de definir el valor de forma precisa en términos de productos específicos con capacidades específicas ofrecidos a precios específicos a través de un diálogo con consumidores específicos. La forma de hacerlo es ignorando las tecnologías y activos actuales y replanteando las empresas

⁵ Fuente: Lean Thinking. Segunda Edición, pag. 27.



actuales sobre la base de una línea de producto con equipos de producto especializados. Ello hace necesaria también la redefinición del papel de los expertos técnicos de la empresa y reanalizar desde dónde se puede crear valor.

En resumen, la especificación de valor de forma precisa es el primer paso fundamental en el *lean thinking*. Proporcionar el bien o servicio incorrecto de forma correcta es *muda*⁶.

2.2 Principio: Identificar el flujo de valor

El *flujo de valor* es el conjunto de todas las acciones específicas requeridas para pasar un producto específico (un bien o servicio, o una combinación de ambos) por las tres tareas de gestión críticas de cualquier empresa:

- ✓ La *tarea de solución de problemas* que se inicia en la concepción, sigue en el diseño detallado e ingeniería, hasta su lanzamiento a la producción.
- ✓ La *tarea de gestión de la información* que va desde la recepción del pedido a la entrega, a través de una programación detallada,
- ✓ La *tarea de transformación física*, con los procesos existentes desde la materia prima hasta el producto acabado en manos del consumidor.

La identificación de la *totalidad* del flujo de valor para cada producto es el Proximo paso en el campo del pensamiento *lean*, un paso que las empresas han intentado en raras ocasiones, pero que casi siempre revela la existencia de enormes cantidades, verdaderamente asombrosas, de *muda*.

Concretamente, el análisis del flujo de valor⁷ mostrará casi siempre la existencia de tres tipos de acciones a lo largo del mismo: (1) Se descubrirán muchos pasos cuya creación de valor es inequívoca. (2) Se descubrirán muchos otros pasos que no crean valor alguno, pero son inevitables de acuerdo con la tecnología actual y los activos de producción disponibles (*muda* tipo Uno). Y (3) Se refleja en que muchos pasos adicionales que no crean valor alguno y pueden evitarse de modo inmediato (*muda* Tipo Dos).

Por tanto, el pensamiento *lean* debe ir más allá de los límites de la empresa, la unidad estándar que califica a los negocios de todo el mundo, para examinar la totalidad: la serie completa de actividades vinculadas a la creación y producción de un producto específico, desde la concepción del mismo, siguiendo por su diseño detallado, hasta su disponibilidad real, desde la venta inicial a partir de la recepción del pedido y la programación de la producción hasta la entrega, y desde las materias primas producidas lejos y fuera del

⁶ Muda: Desperdicio(s).

⁷ Ver sección C – 5.0: Análisis de la Cadena del Valor.



ámbito de la empresa hasta el producto recibido por el consumidor. El mecanismo organizacional para realizar esto es lo que se denomina *iniciativa lean*, una continua comunicación de todas las partes interesadas, para crear un canal para todo el flujo de valor, eliminando la totalidad de *muda*.

En una época en que las empresas practican cada vez más el *Outsourcing*⁸ y hacen menos cosas por sí mismas, lo realmente necesario es una alianza voluntaria de todas las partes interesadas para supervisar el flujo de valor desintegrado, una alianza que examine cada paso creador de valor y que dure tanto tiempo como dure el producto. Para productos como los automóviles de un determinado tipo, que atraviesan sucesivas generaciones de desarrollo, este plazo podría ser de décadas.

2.3 Principio: del Flujo.

Una vez se ha especificado de forma precisa el concepto de valor, la empresa *lean* ha graficado completamente el flujo de valor y se han eliminado las etapas cuyo despilfarro es evidente, ha llegado la hora de dar el próximo paso en el pensamiento *lean* uno auténticamente impresionante: hacer que fluyan las etapas creadoras de valor que quedan. Sin embargo, se debe ser consciente que este paso exige una reorganización completa de la arquitectura mental.

Taiichi Ohno reprochaba la forma de pensar en lotes y colas (fabricación en grandes lotes y largas esperas antes de pasar a la siguiente fase del proceso) a los primeros campesinos de la civilización, de quienes afirmaba que habían perdido la sabiduría del cazador, de hacer una sola cosa en cada momento cuando se obsesionaron con los lotes (la cosecha anual) y las existencias (los almacenes de grano).⁹ A lo mejor, sencillamente se ha nacido ya con la forma de pensar en lotes, junto a otras muchas ilusiones de «sentido común». En resumen, las cosas funcionan mejor cuando se concentra en el producto y sus necesidades, en lugar de hacerlo en la organización o la maquinaria de forma que todas las actividades necesarias para diseñar, solicitar y proporcionar un producto sucedan en un flujo continuo.

⁸ Outsourcing: Tareas realizadas para una empresa por personas distintas de sus empleados a tiempo completo: También puede referirse a la compra de un porcentaje significativo de componentes intermedios a proveedores.

⁹ Taiichi Ohno: Workplace Management (Portland, Oregon. Productivity Press, 1998).



Después de la Segunda Guerra Mundial, Taiichi Ohno y sus colaboradores técnicos, incluyendo a Shigeo Shingo⁵, llegaron a la conclusión de que el verdadero desafío era la creación de flujo continuo en la producción en pequeñas cantidades, cuando se necesitaban, docenas o cientos de unidades de un producto, no millones.

2.4 Principio: Pull (Atracción)

El primer efecto visible de la evolución desde departamentos y lotes a equipos de producto y flujo, es que el tiempo necesario para ir desde la concepción al lanzamiento, desde la venta a la entrega, y desde la materia prima al consumidor, desciende de forma espectacular. Cuando se introduce el flujo, los productos que tardaban años en diseñarse luego se resuelven en cuestión de meses, los pedidos que tardaban días en ser procesados posteriormente se completan en horas y las semanas o meses de tiempo total de la producción física convencional se reducen a días o minutos.

Esto produce una ganancia imprevista por la reducción de existencias y acelera el retorno de la inversión, de hecho, la capacidad de diseñar, programar y hacer exactamente lo que el consumidor desea precisamente y en el momento que lo desea, significa que se puede olvidar de las previsiones de venta y fabricar simplemente lo que los consumidores realmente necesitan. Es decir, se puede dejar que sea el cliente quien atraiga (*pull*) el producto de acuerdo con sus necesidades, en lugar de empujar (*push*) productos, a menudo no deseados, hacia el consumidor.

2.5 Principio: de la Perfección

A medida que las organizaciones empiezan a especificar el *valor* de modo preciso, identificar la totalidad del flujo *de valor*, a hacer que las etapas creadoras de valor para los productos específicos fluyan constantemente, y dejan que sean los consumidores quienes atraigan hacia sí (*pull*) valor desde la empresa, algo muy extraño empieza a suceder. Las personas involucradas caen en la cuenta de que no hay límite en el proceso de reducción de esfuerzo, tiempo, espacio, coste y fallos, mientras ofrecen un producto que cada vez está más cerca de lo que el consumidor verdaderamente desea. Repentinamente, la *perfección*, el quinto y último principio del pensamiento *lean*, no parece una idea disparatada.



Esto debería ser así porque los cuatro principios iniciales interactúan entre sí formando un círculo virtuoso. Al hacer que el valor fluya más rápidamente, siempre se deja al descubierto *muda* que estaba oculto. Y cuanto más *pull* se haga, más se pondrán de manifiesto los obstáculos al flujo, que de esta forma podrán ser eliminados. Equipos dedicados de producto en diálogo directo con los consumidores, siempre encontrarán formas de especificar más exactamente el concepto de valor y con frecuencia, también averiguarán nuevas maneras de intensificar el flujo y el *pull*.

El estímulo más importante para la perfección es la *transparencia*, el hecho de que en un sistema *lean* todo el mundo: subcontratistas, proveedores, distribuidores, consumidores, empleados; pueda ver todo *de* forma que resulta más fácil descubrir mejores metodologías para la creación de valor.

3.0 APLICACIONES.

El pensamiento LEAN se puede aplicar a cualquier organización que pertenezca a un sector en particular; aunque sus orígenes están firmemente en un ambiente automotor de la producción, los principios y las técnicas son transferibles a otros tipos de actividades; así existen diferentes aplicaciones: Lean Manufacturing y Lean Management, para actividades de producción y de administración respectivamente.



C. MANUFACTURA ESBELTA.

1.0 DEFINICIÓN DE MANUFACTURA ESBELTA.

Considérese un diagrama de Venn: Dos círculos (uno dentro del otro). El círculo más grande representa el Flujo de Valor (Value Stream: todas las actividades y la información que existe entre el proveedor de la materia prima y la posesión del cliente). El círculo más pequeño representa el desperdicio (costo sin beneficio).

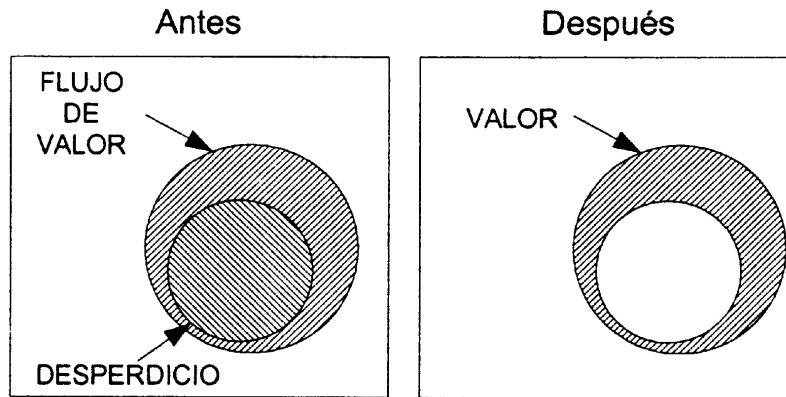


Figura N° 4: Diagrama de Venn
Fuente: Manual de bolsillo de manufactura esbelta, Dailey Kenneth W.

Manufactura Esbelta ó Lean Manufacturing es simplemente un grupo de estrategias para la identificación y eliminación de los desperdicios dentro de Flujo de Valor (Value Stream).

2.0 OBJETIVOS.

Los principales objetivos de la manufactura esbelta son implantar una filosofía de mejora continua que permita a las compañías reducir costos, mejorar los procesos y eliminar los desperdicios para aumentar la satisfacción de los clientes y mantener el margen de utilidad. La manufactura esbelta proporciona a las compañías herramientas para sobrevivir en un mercado global que exige entrega más rápida a más bajo precio y en la cantidad requerida.

Específicamente, la manufactura esbelta tiene como objetivos:

- ✓ Reducir la cadena de desperdicios
- ✓ Disminuir el inventario y el espacio en el piso de producción.
- ✓ Crear sistemas de producción más desarrollados.
- ✓ Implantar sistemas de entrega de materiales apropiados.
- ✓ Mejorar las distribuciones de planta para aumentar la flexibilidad.



3.0 Principales Beneficios.

La implantación de la manufactura esbelta impacta en diferentes áreas, con la utilización de sus herramientas, por lo que beneficia tanto a la empresa como a sus empleados.

Logrando:

- ✓ Reducción de costos de producción.
- ✓ Reducción de inventarios.
- ✓ Reducción del tiempo de entrega.
- ✓ Disminuye los requerimientos de mano de obra.
- ✓ Aumenta la eficiencia de equipo.
- ✓ Disminución de los desperdicios.
- ✓ Aumenta la productividad.
- ✓ Mejor ambiente laboral.

4.0 Los 7 Tipos de Desperdicios.

Definición de Desperdicio: Cualquier recurso que no sea la cantidad mínima de equipo, materiales, piezas, espacio y tiempo del trabajador, que son absolutamente esenciales para agregar valor al producto.

La palabra japonesa *muda* significa desperdicio o despilfarro, pero tiene una connotación mucho más profunda. El trabajo es una serie de procesos o pasos que comienzan con una materia prima y terminan en un producto o servicio final. En cada proceso se agrega valor al producto y luego se envía al proceso siguiente. Los recursos en cada proceso (personas y máquinas), agregan valor o no lo hacen. *Muda* hace referencia a cualquier actividad que no agregue valor, Ohno clasificó la *muda* en el *gemba*¹⁰ según las siete categorías siguientes:

4.1 Desperdicio: Sobreproducción.

a. Definición:

Producir más de lo necesario, más rápido de lo que se necesita o antes de necesitarlo. Este tipo de *muda* es el resultado de adelantarse al programa de producción. Cuando se trata de una máquina costosa, con frecuencia se descarta la necesidad de un número de productos, en favor de la utilización eficiente de la máquina.

¹⁰ Gemba: Puesto de Trabajo.



En un sistema justo a tiempo, adelantarse al programa de producción se considera como peor que retrasarse. Producir más de lo necesario genera despilfarro: el consumo de materias primas antes de que éstas se necesiten; el consumo derrochador de mano de obra y de servicios públicos; las adiciones de maquinaria; el espacio adicional para almacenar el exceso de inventario; los costos agregados de administración y transporte. De todos los *muda*, el exceso de producción es el peor, este da a las personas un falso sentimiento de seguridad.

b. Características:

- ✓ El procesamiento en lotes.
- ✓ Producir por adelantado.
- ✓ Exceso de equipo/equipo muy grande.
- ✓ Exceso de capacidad/inversión.
- ✓ Exceso de desperdicio por partes obsoletas.
- ✓ Exceso de estantes de almacenaje.
- ✓ Abundancia excesiva de fuerza laboral.
- ✓ Tamaños de lotes grandes.
- ✓ Trabajo en Proceso e Inventarios de Producto Terminado.
- ✓ Almacenaje exterior.
- ✓ Flujo de material no balanceado.

c. Posibles Causas:

- ✓ Automatización en los lugares incorrectos.
- ✓ Sistema de recompensa por poco efectivos.
- ✓ Falta de comunicación.
- ✓ Tiempos largos de puesta a punto (setup).
- ✓ Optimización local.
- ✓ Tiempos bajos de operación de maquinaria y equipo.
- ✓ Planeación pobre o nula.



4.2 Desperdicio: Tiempo de Espera

a. Definición.

Tiempo ocioso que ocurre cuando las actividades que son co-dependientes no se sincronizan por completo. El *muda* de espera se presenta cuando las manos del operador están inactivas; cuando el trabajo de un operador se detiene debido a desbalanceos en la línea, falta de partes de recambio o tiempo de no trabajo u operación de las máquinas; o cuando simplemente el operador supervisa una máquina mientras ésta realiza un trabajo que agrega valor. Este tipo de *muda* es fácil de detectar. Más difícil de detectar es el *muda* de espera durante el procesamiento de máquina o durante el trabajo de ensamble.

b. Características:

- ✓ Los operadores ociosos que esperan por equipo.
- ✓ Carencia de preocupación del operador por interrupciones del equipo.
- ✓ Cuellos de botella de producción.
- ✓ La producción en espera de operadores.
- ✓ Tiempo imprevisto perdido de la operación del equipo.

c. Posibles causas:

- ✓ Métodos de trabajo inconsistentes.
- ✓ Falta de equipo y/o materiales apropiados.
- ✓ Tiempos largos de Puesta a Punto (setup).
- ✓ Eficacia baja de hombre/máquina.
- ✓ Mantenimiento pobre del equipo.
- ✓ Cuellos de botella de producción.
- ✓ Monopolios de las habilidades o actividades.

4.3 Desperdicio: Transporte.

a. Definición.

Cualquier movimiento de material que no apoye directamente la producción inmediata. El transporte es parte esencial de las operaciones, pero el movimiento de materiales o productos no agrega valor. Junto con el exceso de inventario y la espera innecesaria, el *muda* de transporte es una forma de despilfarro sumamente visible.

**b. Características:**

- ✓ Administración compleja de inventario.
- ✓ Conteos difíciles e inexactos de inventario.
- ✓ Demasiados estantes de material.
- ✓ Equipo de transporte en exceso y escasez de espacios de estacionamiento para los mismos.
- ✓ Altos índices de daño de material por transporte.
- ✓ Localizaciones múltiples de material de almacenaje.
- ✓ Proporción muy pobre de espacio de almacenamiento contra espacio de producción.

c. Posibles causas:

- ✓ Distribución incorrecta de la planta.
- ✓ Cantidades muy grandes de inventarios intermedios.
- ✓ Procesamiento en lotes grandes.
- ✓ Compra de lotes grandes.
- ✓ Planeación pobre de producción.
- ✓ Programación pobre (calendario de producción).
- ✓ Organización pobre del lugar de trabajo.

4.4 Desperdicio: de Proceso.**a. Definición.**

Esfuerzo redundante (producción o comunicación) que no agrega ningún valor a un producto o a un servicio. Algunas veces, la tecnología o el diseño inadecuados conducen a *muda* en el trabajo de procesamiento en sí. Un acceso indebidamente distante o un exceso en el procesamiento de la máquina, un accionar improductivo de la prensa y el quitar las virutas que quedan cuando se taladra una lámina constituyen todos ejemplos de *muda* de procesamiento que se puede evitar. En cada paso en que se trabaja una pieza de trabajo o un elemento de información, se agrega valor y se envía luego al proceso siguiente. En este caso, *procesamiento* se refiere a modificar este tipo de pieza de trabajo o de elemento de información. Con frecuencia, la eliminación del *muda* en el procesamiento puede lograrse con una técnica de sentido común y de bajo costo. Mediante la combinación de operaciones puede evitarse algún procesamiento derrochador.

**b. Características:**

- ✓ Refinamiento sin fin del producto/proceso.
- ✓ Copias excesivas y/o información excesiva.
- ✓ Cuellos de botella del proceso.
- ✓ Revisiones y aprobaciones redundantes.
- ✓ Especificaciones confusas del cliente.

c. Posibles causas:

- ✓ Toma de decisión en los niveles inadecuados.
- ✓ Procedimientos y políticas ineficaces.
- ✓ Carencia de información del Cliente referente a los requisitos.
- ✓ Falsos Estándares de calidad.

4.5 Desperdicio Inventario.**a. Definición:**

Cualquier material en exceso de lo que requiere el proceso necesario para producir productos o servicios de una manera Justo-a-Tiempo (JIT). Los productos finales, los productos semiterminados o los repuestos y los suministros que se mantienen en inventario no agregan ningún valor. Por el contrario, aumentan el costo de operaciones porque ocupan espacio y requieren equipo e instalaciones adicionales, tales como bodegas y elevadores de cargas. Además, una bodega requiere recursos humanos adicionales para operación y administración.

Mientras el exceso de ítems permanece en inventario y recoge polvo, no se agrega ningún valor, y su calidad se deteriora con el transcurso del tiempo. Con frecuencia, el inventario se compara con el nivel de agua que oculta problemas. Bajar los niveles de inventario ayuda a identificar áreas que necesitan atención, y obliga a afrontar problemas, a medida que éstos van apareciendo. Esto es exactamente lo que busca el sistema de producción justo a tiempo.

b. Características:

- ✓ Recursos extras para el manejo del material (hombres, equipo, estantes, espacio de almacenaje).
- ✓ Retrabajo de producto terminado.
- ✓ Espacio extra en las áreas de recepción de material.



- ✓ Largos Tiempos de Proceso para cambios en el diseño.
- ✓ Congestión de almacenaje que obliga UEPS en vez de PEPS.

c. Posibles causas:

- ✓ Sistemas inexactos de pronóstico.
- ✓ Proveedores incapaces.
- ✓ Optimización local.
- ✓ Tiempos largos para hacer cambios de modelo.
- ✓ Planificación pobre del inventario.
- ✓ Rastreo pobre del inventario.
- ✓ Procesos de producción no balanceados.

4.6 Desperdicio Movimiento.

a. Definición:

Cualquier movimiento de las personas que no agrega valor al producto o servicio. Cualquier movimiento del cuerpo de una persona, que no se relacione directamente con la adición de valor, es improductivo. Por ejemplo, cuando una persona camina no está agregando valor alguno. En particular, debe evitarse cualquier acción que requiera gran esfuerzo físico por parte de un operador, como levantar o llevar un objeto pesado, no sólo porque esto es difícil, sino porque esto representa *muda*. Si se observa a un operador trabajando, se descubrirá que el verdadero momento de adición de valor toma sólo unos cuantos segundos; el resto de sus movimientos representa acciones que no agregan valor.

b. Características:

- ✓ Exceso de movimiento de equipo.
- ✓ Movimientos excesivos para alcanzar objetos o herramientas (estirándose o agachándose).
- ✓ Procedimientos complicados e innecesarios.
- ✓ Buscar/juntar herramientas en exceso.
- ✓ Materiales, herramientas o equipos dispersados por todas partes.

**c. Posibles causas:**

- ✓ Planeación ineficiente del equipo, la oficina y la planta.
- ✓ Falta de controles visuales.
- ✓ Documentación de proceso pobre.
- ✓ Organización pobre del lugar de trabajo.

4.7 Desperdicio: Defectos.**a. Definición.**

La reparación o retrabajo de un producto o servicio para satisfacer los requisitos del cliente así como desperdicio o desecho de material que se determina que no se puede reparar o trabajar nuevamente.

El rechazo de los productos defectuosos interrumpe la producción y requiere una costosa repetición del trabajo. Con frecuencia, los productos defectuosos deben descartarse, lo que significa un despilfarro de recursos y de esfuerzo. En el ambiente de producción masiva, una máquina automatizada de alta velocidad con fallas de funcionamiento puede arrojar una gran cantidad de productos defectuosos antes de que se pueda detener el problema.

b. Características:

- ✓ Flujo complejo de material.
- ✓ Exceso de inventario de mercancía.
- ✓ Espacio de piso, herramientas y equipo en exceso.
- ✓ Mano de obra excesiva para inspeccionar, reparar o retrabajar.
- ✓ Aumento en quejas de cliente (devoluciones).
- ✓ Altos porcentajes de desecho.
- ✓ Desempeño pobre del plan de producción.
- ✓ Calidad cuestionable.

a. Posibles causas:

- ✓ Altos niveles del inventario.
- ✓ Herramientas y/o equipo inadecuado.
- ✓ Procesos incapaces y/o incompatibles.
- ✓ Entrenamiento insuficiente.
- ✓ Pobre distribución de planta, manejo innecesario o daños por transporte.



5.0 El Mapeo de la Cadena del Valor (VALUE STREAM MAPPING).

5.1 Definición:

Es el proceso de identificar y detallar en gráficas los flujos de información, procesos y mercancía a través de toda la cadena de proveedores, desde el que provee la materia prima hasta llegar a la posesión del cliente.

El Mapa de Valor es una herramienta básica de planeación para identificar los desperdicios, diseñar soluciones, y comunicar conceptos de Manufactura Esbelta.

5.2 Beneficios:

- ✓ Identificación de dependencias.
- ✓ Identificación de oportunidades para la aplicación de herramientas y estrategias específicas.
- ✓ Un mejor entendimiento de los sistemas altamente complejos.
- ✓ Actividades de mejoramiento continuo sincronizado y con prioridad.

5.3 Objetivos del Mapa de Valor:

- ✓ Visualización de flujos de material y de información.
- ✓ Facilitar la identificación y eliminación del desperdicio y la causa de los desechos.
- ✓ Ayudar a mejorar y dar prioridad a las actividades de Mejora Continua a nivel de planta y a los niveles de Mapa de Valor.
- ✓ Apoyar los análisis de las limitaciones.
- ✓ Proveer un lenguaje común para la evaluación del proceso.

5.4 Simbología.

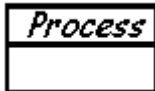
La simbología utilizada en el mapeo de cadena de valor son generalmente los que se presenta a continuación:



Cliente / proveedor:

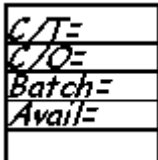
Este icóno representa el proveedor y se coloca dentro del recuadro del mapeo, en la parte superior del lado izquierdo.

El cliente está representado también por este icono, pero este se coloca en la parte superior en el lado derecho; representando o indicando el flujo de información.



Caja de procesos:

Este icono es un proceso, operación, máquina o departamento, a través del cual fluye el material.



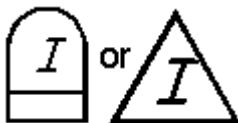
Caja de datos.

Este icono se coloca abajo de la operación a realizar y contiene información importante y/o datos requeridos para el análisis y la aplicación del método. La información básica que se coloca en una caja de datos, corresponde a la fabricación menor de las frecuencias de embarque durante algunos cambios, la información del material, se maneja, transfiere cosas y clasifica según el tamaño, demanda cantidad por período, etc.



Celda de trabajo.

Este icono indica que múltiples procesos están adentro de una celda de trabajo. Tales celdas usualmente procesan productos limitados de familias o en caso un solo producto.



Inventario.

Estos iconos demuestran inventario en medio dos procesos. En el mapeo de los estados actuales, la cantidad de inventario pueden ser aproximado o definido de contar, y esto se anota abajo del triángulo.

Este icono también representa almacenamiento para materias primas y productos terminados.



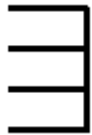
Cargamentos o fletes de transportes.

Este icono representa movimiento de materias primas desde proveedores hasta el lugar de la fábrica. O el movimiento de embarque de productos terminados desde la fábrica hasta el cliente.



De empuje flecha.

Este icono representa el " empuje " de material de una operación a otra o de un proceso al siguiente.



Cola de Kanban.

Esto es un inventario pequeño que será jalado por el siguiente proceso.



Jalar material.

Cliente o proceso que jala el producto/material.



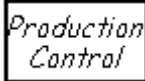
Línea de P.E.P.S.

Primeras Entradas, Primeras Salidas de inventario. Usa este icono cuando los procesos se conectan con un PEPS método que limita la introducción de información. El producto que primero se fabrica o elabora es el que primero se va a enviar a su siguiente operación o embarque.



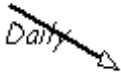
Cargamento.

Se refiere al transporte, ya sea de servicio al cliente o bien del transporte del surtimiento de la materia prima a la empresa o fabrica.



Control de Producción.

Este icono señala que aquí existe un departamento de control de producción, de el cual va a partir la información requerida para iniciar la fabricación de un producto.



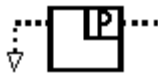
Embarque diario.

Este icono señala que se proporciona información manual para la elaboración de productos, generalmente se enfoca a las órdenes de trabajo.



Información mensual

Este icono en forma de rayo, significa que se esta proporcionando información mensual vía electrónica, escrita u oral la cual va a determinar la cantidad de fabricación o respuesta de la empresa.



Producción Kanban.

Este icono envía la señal para producción de un determinado número de partes.



Retirada Kanban.

Este icono ilustra que un material se va a retirar, el cual envía una señal para que la operación anterior proceda a fabricar la cantidad de piezas retiradas.



Señales Kanban.

Este icono señala el inventario que esta nivelado.



Tarjeta Kanban.

Es un icono en el cual se señala la cantidad a recoger. Con frecuencia se utilizan dos tarjetas, para el intercambio de retiro y ordenar producción.



Secuencia de jalar.

Este icono representa el retirar material de preferencias sub-ensambles, para producir un determinado número de productos o artículos.



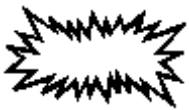
Balanceo de cargas.

Este icono es la herramienta que se utiliza en los Kanban para nivelar la producción.



MRP/ERP

Este icono determina la utilización de los diferentes métodos para ordenar la programación de la producción requerida por el cliente u otros métodos centralizados.



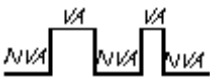
Mejora.

Este icono se emplea generalmente en el mapeo de cadena de valor futuro, ya que es en el cual se aplican las mejoras en el proceso.



Operario.

Con este símbolo se representa al personal operario en cada estación. Cuando en el proceso o estación se van a emplear a más de un operario, este se representa con un número adicional a la figura.



Valor agregado y valor no agregado

Después del mapeo, en la parte inferior del mismo, se plasma los tiempos de cada operación, así como los de inventario. Los tiempos anotados en la parte superior de la cresta del icono se refieren a los tiempos de valor agregado; o sea son los tiempos en los cuales se realiza la transformación al producto. Los tiempos que se anotan en la parte inferior, corresponde a los que no generan valor agregado al producto (tiempos de espera).



6. HERRAMIENTAS DE LA MANUFACTURA ESBELTA.

6.1 LAS CINCO ESES.

Este concepto se refiere a la creación y mantenimiento de áreas de trabajo más limpias, más organizadas y más seguras, es un método empleado para reducir la “holgura, mudas, despilfarros” ocultas en las fábricas.

6.1.1 Objetivo de las 5’S:

El objetivo central de las 5’S es lograr el funcionamiento más eficiente y uniforme de las personas en los centros de trabajo.

6.1.2 Definición de las 5’S.

“S”	DEFINICION
SEIRI	Separar claramente las cosas necesarias de las innecesarias y abandonar estas últimas: para practicar el Seiri, se utilizan las etiquetas rojas rectangulares para que dentro de la fábrica sólo permanezcan las cosas necesarias.
SEITON	Disponer ordenadamente e identificar las cosas para su fácil utilización: en el contexto de las cinco eses, significa ordenar los materiales de forma que todo el mundo pueda encontrarlos con rapidez.
SEISO	Limpiar a fondo y mantener el orden y la limpieza: Este es un proceso de limpieza a fondo en el cual se barre una zona con una escoba y luego se limpia con un paño.
SEIKETSU	Mantener constantemente las tres eses antes mencionadas: mantener un lugar de trabajo limpio, sin desechos ni fugas de aceite, es la actividad del Seiketsu.
SHITSUKE	Hacer que los trabajadores adquieran la costumbre de ajustarse siempre a las reglas: el Shitsuke es la disciplina más importante de las cinco eses. Por tanto, la persona que enseña a otras debe mostrar en primer lugar un comportamiento ejemplar ¹¹ .

Tabla Nº 16: Definición de las 5 “S”
Fuente: Just in time hoy en Toyota.

¹¹ Según el Dr. Eizaburo Nishibori (1985), S.P.T.



Para que las actividades de mejora tengan lugar, todos los empleados desde la alta dirección hasta el último obrero deben tener y compartir una profunda convicción de que hay que eliminar los despilfarros las anomalías y otros problemas ocultos dentro de la fábrica. Estos problemas debe poderlos ver cualquier empleado. De ahí que el *Seiri* y el *Seiton* sean los dos primeros pasos hacia la mejora, como se muestra en la Figura N° 5.

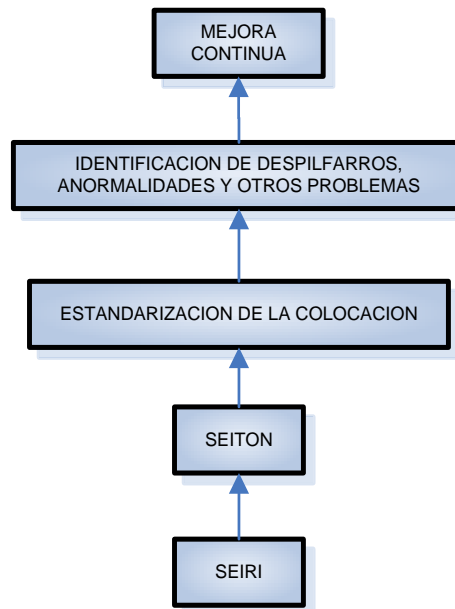


Figura N° 5: El Seiri y el Seiton: los primeros pasos.
Fuente: Cómo Implementar Kaizen en el Sitio de Trabajo. (GEMBA.) Imai Masaaki

6.1.3 Aplicación de la primera “S”: SEIRI - SEPARAR.

Para la aplicación de la primera “S” se puede hacer uso de la metodología llamada: Seiri Visual utilizando etiquetas rojas para sellar los desperdicios.

El método de la etiqueta roja se compone de las seis fases siguientes:

Fase 1. Establecer proyecto de etiqueta roja: existen dos clases de estrategias de etiquetas rojas:

- ✓ La etiqueta roja en cada lugar de trabajo: esta debe ser cotidiana.
- ✓ La etiqueta roja a nivel de toda la empresa: debe realizarse una o dos veces al año.



Para este proyecto de etiquetas rojas en todo el ámbito de la empresa, es indispensable el entusiasmo de la alta dirección. El director debe ser quien presida el proyecto de etiqueta roja.

Fase 2. Determinar los objetos que deben sellarse: los objetos que han de ser controlados y sellados con etiquetas rojas son existencias, maquinaria, o espacios como se muestra en la Tabla N° 17.

Entre las existencias figuran:	Materiales,
	Trabajos en curso
	Las piezas.
	Productos semielaborados
	Productos terminados.
La maquinaria comprende:	Máquinas
	Instalaciones
	Bandejas
	Equipo.
	Vehículos
	Troqueles
	Sillas
	Instrumentos de Corte
	Mesas
	Carretillas
	Herramientas
	Plantillas
El espacio está representado	Suelos
	Pasillos
	Estantes
	Almacenes.

Tabla N° 17: Determinación de los objetos que han de ser sellados
Fuente: Just inTime hoy en Toyota.

Fase 3. Determinar los criterios de etiquetado: las instrucciones son sellar los objetos innecesarios con etiquetas rojas, sin embargo algunas veces es difícil determinar cuáles son innecesarios. Por consiguiente, deben dictarse criterios específicos para trazar una línea bien definida entre los objetos necesarios y los innecesarios. En general, las piezas, los materiales y las máquinas, etc. que no se van a utilizar durante el mes siguiente serán consideradas como sobrantes. Al avanzar en el *Seiri*, se puede reducir ese período (en lugar del mes próximo, la semana próxima).



Fase 4. Preparar las etiquetas: estas deben contener la fecha, el nombre de la persona que realiza la comprobación, la clasificación del objeto, el nombre de éste, la cantidad, el nombre del departamento y los motivos para que sean sellados, tal como se muestra en la Figura Nº 6.

Si es difícil juzgar si un objeto ha de ser sellado o no se aplica la etiqueta roja. Todos los objetos etiquetados en rojo serán agrupados y evaluados una vez más antes de desprenderse de ellos.

MODELO:	KR-200L
NOMBRE DEL PRODUCTO:	MESA
TAMAÑO DEL LOTE:	5
CANTIDAD:	UNA BANDEJA
PROCESO:	ESCARIADO
	11 DE OCTUBRE DE 1992
MOTIVOS:	FECHA:

Figura Nº 6: Ejemplo de tarjeta roja de advertencia, Tamaño real:120 x 120 mm
Fuente: elaboración del grupo.

Clasificación.	1. Maquinaria.	6. Trabajos en curso.
	2. Plantillas y herramientas.	7. Productos semielaborados.
	3. Instr. De medida.	8. Productos terminados.
	4. Materiales.	9. Materiales auxiliares.
	5. Piezas.	10. Suministros de oficina.
		11. Documentos.
Nombre del objetivo		
Número.		
Cantidad		
Razones	Innecesario, defectuoso.	
Departamento		
Fecha		

Figura Nº 7: Ejemplo de tarjeta roja definitiva.
Fuente: Manual de bolsillo de manufactura esbelta. Dailey Kenneth W.

Fase 5. Etiquetar: deberá hacerlo un miembro del personal directivo. Ellos pueden evaluar más objetivamente las condiciones que la persona directamente responsable del lugar del trabajo.



Fase 6. Evaluar los objetos sellados y tomar medidas recomendadas: las existencias selladas se clasifican en cuatro grupos:

1. Defectuosas: que representan las piezas en mal estado.
2. Invendibles: de modelos antiguos que ya no se utilizan.
3. Sin movimiento: son las existencias excesivas deben transferirse al almacén.
4. Materiales sobrantes: representan las materias que deben examinarse para determinar si pueden utilizarse; los sobrantes no utilizables se descartan, los utilizables se trasladan al almacén de etiqueta roja.

Una vez terminado el proceso de sellado, deben resumirse los resultados en:

- ✓ Una lista de existencias innecesarias y
- ✓ Una lista de instalaciones innecesarias

Así como lo muestra la Figura N° 8. Cada lista debe concluir con una recomendación en cuanto a las medidas que deben tomarse y a las posibles mejoras.

Lista de existencias innecesarias							
Departamento				Fecha _____			
Nombre	Código	Cantidad	Coste Unitario	Coste	Eliminación	Provisión	Referencia
Importe tota de existencias innecesarias					Valor de realización Otros		
Medidas correctoras y posibles mejoras							

Figura N° 8: Ejemplo de formato para lista de artículos innecesarios.
Fuente: Just in time Hoy en Toyota, Moden Yasuhiro

Lista de maquinaria innecesarias								
Departamento						Fecha _____		
Nombre de la maquinaria	Código	Cantidad	Coste Unitario	Coste de la compra	Amortización acumulada	Valor Contable	Ubicación	Referencias
Importe total de la maquinaria innecesarias								
Medidas correctoras y posibles mejoras								

Figura N° 9: Ejemplo de formato para Lista de existencias e instalaciones innecesarias.
Fuente: Just in time Hoy en Toyota, Moden Yasuhiro



Obteniendo solamente las cosas necesarias el paso siguiente consiste en indicar claramente:

- ✓ La posición (dónde),
- ✓ EL objeto (qué)
- ✓ La cantidad (cuántos), de los materiales para que puedan ser reconocidos con facilidad, es donde se aplica la segunda “S”.

Los resultados obtenidos por medio del Seiri:

- ✓ Liberar espacio útil en planta y oficinas
- ✓ Reducir los tiempos de acceso al material, documentos, herramientas y otros elementos.
- ✓ Mejorar el control visual de stocks (inventarios) de repuesto y elementos de producción, carpetas con información, planos, etc.
- ✓ Eliminar las pérdidas de productos o elementos que se deterioran por permanecer un largo tiempo, expuestos en un ambiente no adecuado para ellos.
- ✓ Facilitar control visual de las materias primas que se van agotando y que requieren para un proceso en un turno, etc.
- ✓ Preparar las áreas de trabajo para el desarrollo de acciones de mantenimiento autónomo, ya que se puede apreciar con facilidad los escapes, fugas y contaminaciones existentes en los equipos y que frecuentemente quedan ocultas por los elementos innecesarios que se encuentran cerca de los equipos.

6.1.4 Aplicación de la segunda “S”: SEITON- ORDENAR

Para la aplicación de la segunda “S” se puede hacer uso del *Seiton* visual, que permite a los trabajadores identificar y recoger fácilmente herramientas y materiales, luego devolverlos enseguida a un lugar cerca del punto en que se utilizan. Las chapas indicadoras muestran la localización y la recogida de los materiales necesarios.

Antes de colocar las chapas indicadoras a los materiales, se toman las siguientes medidas:

a. Decidir la ubicación de cada objeto. La frecuencia en que se utilizan los objetos debe de ser el principio en el que se basa la determinación de un emplazamiento para cada objeto y luego colocarlos cerca de los trabajadores que los utilizan. Otros objetos utilizados con menos frecuencia se colocan más lejos. Además, los objetos deben



colocarse a una altura comprendida entre la cintura y los hombros. Este método reduce la cantidad de tiempo y energía que se gasta en ir y volver.

b. Preparar contenedores. Como por ejemplo: cajas, armarios, estantes, bandejas, etc. Sin embargo, debe evitarse absolutamente la compra de nuevos contenedores, puesto que el objetivo fundamental es reducir espacio y minimizar el tamaño y la cantidad de existencias.

c. Señalar la posición de cada objeto. Se hacen y se colocan del techo chapas indicadoras que contienen los códigos de lugar que son las señas del emplazamiento del objeto. Se compone de la indicación de la zona y de la indicación del punto. (Véase la Figura N° 10). Además de estas chapas indicadoras, en cada estante se colocan chapas más específicas.

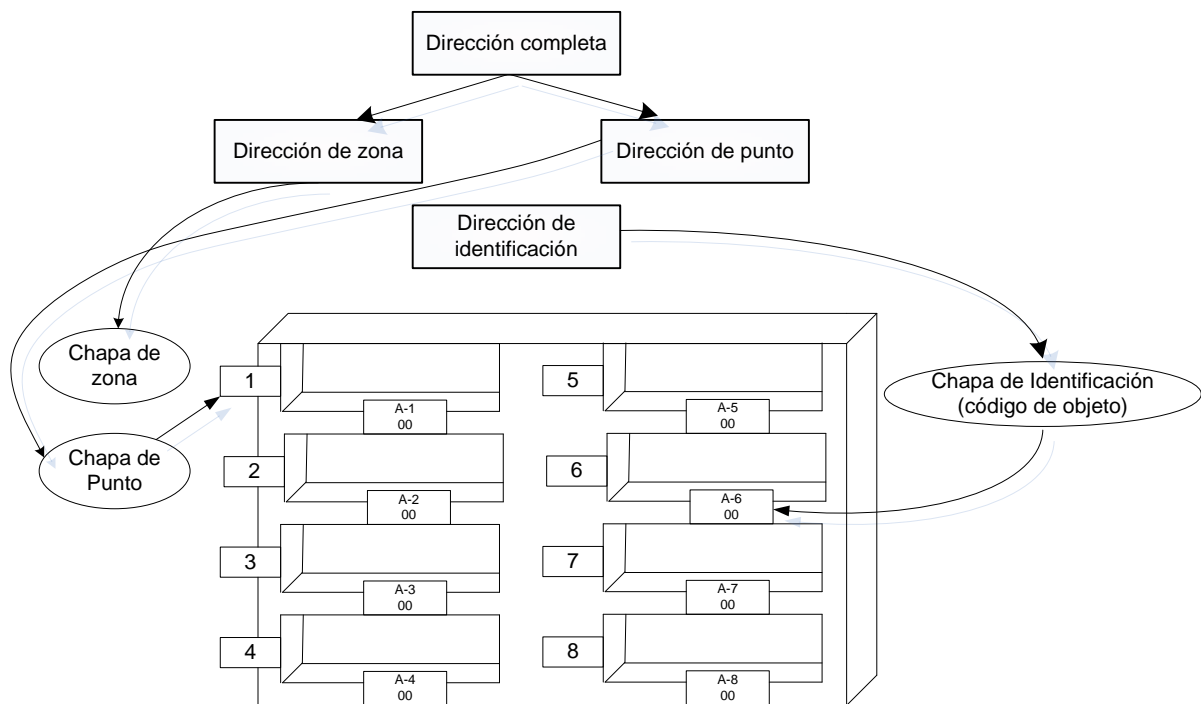


Figura N° 10: Chapas de zona, de punto y de identificación.
Fuente: Just in time Hoy en Toyota, Moden Yasuhiro

d. Codificación y cuantificación del objeto. El código y la cantidad se especifican en el propio objeto con una etiqueta y en el estante que ocupa el objeto con una chapa.

En cuanto a la indicación de las cantidades, se especifica la cantidad máxima (tamaño del lote) y mínima (punto de reposición) de existencias. Para estas cantidades, en lugar de utilizar números escritos, es mejor expresar visualmente la cantidad deseada trazando una línea de color destacada en el lugar apropiado.



e.Habituarse al Seiton. Para sostener continuamente el orden en una fábrica, deben llevarse a cabo adecuadamente el Seiri y el Seiton. Estas medidas incluyen la separación visual de los materiales necesarios e innecesarios, la organización de las existencias frecuentemente utilizadas en lugares cercanos y el uso de chapas de código del lugar, chapas de código del objeto y líneas indicadoras de cantidad.

6.1.5 REGLAS PRÁCTICAS PARA EL SEITON

Regla 1: *Primero en entrar, primero en salir. (PEPS)*

En el *seiton*, es muy importante cargar y colocar correctamente las existencias en curso. Debe observarse el principio de «primero en entrar, primero en salir» (PEPS), para que las cosas colocadas primero puedan salir y ser utilizadas primero. Se prefiere el PEPS al UEPS (ultimo en entrar, primero en salir), sistema con el que las piezas nuevas se apilan sobre las piezas antiguas. Con arreglo al UEPS, solamente se utilizan las piezas nuevas y las viejas siguen en el fondo, sin utilizar, lo que puede crear un problema de control de la calidad.

Para la aplicación del sistema PEPS debe hacerse un pasillo como en la Figura N° 11. Las estanterías de almacenamiento deben ser anchas y poco profundas.

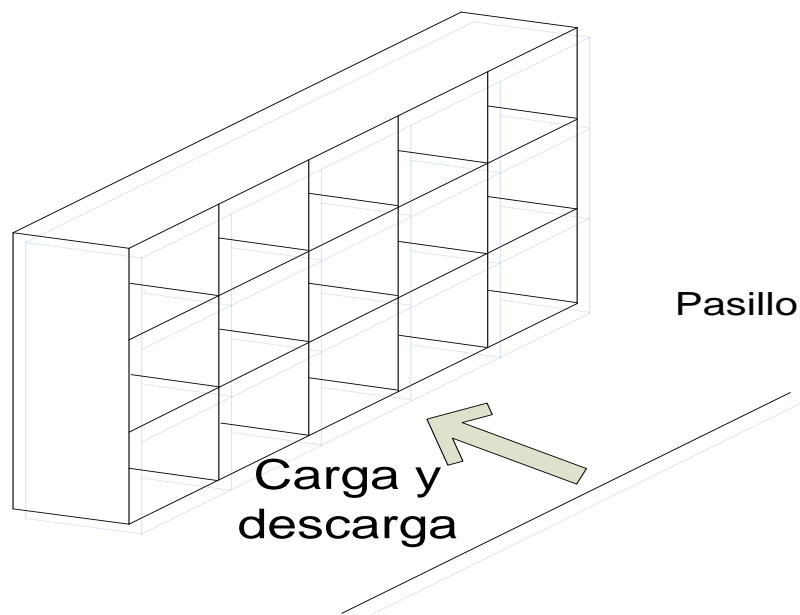


Figura N° 11: Aplicación del sistema PEPS
Fuente: Just in time Hoy en Toyota, Moden Yasuhiro



Regla 2: Preparación para un fácil manejo.

Según Yashuiro Monden, del 30 al 40% de los costes de elaboración y del 80 al 90% del tiempo de elaboración se dedican al transporte y manejo de materiales. Por consiguiente, la mejora en este aspecto es muy importante para una eficaz explotación de la fábrica. El índice de vivacidad¹² se calcula clasificando las distintas tareas en cinco niveles de vivacidad. Después, la suma de los niveles se divide por el número de fases del proceso (véase la Figura Nº 12).

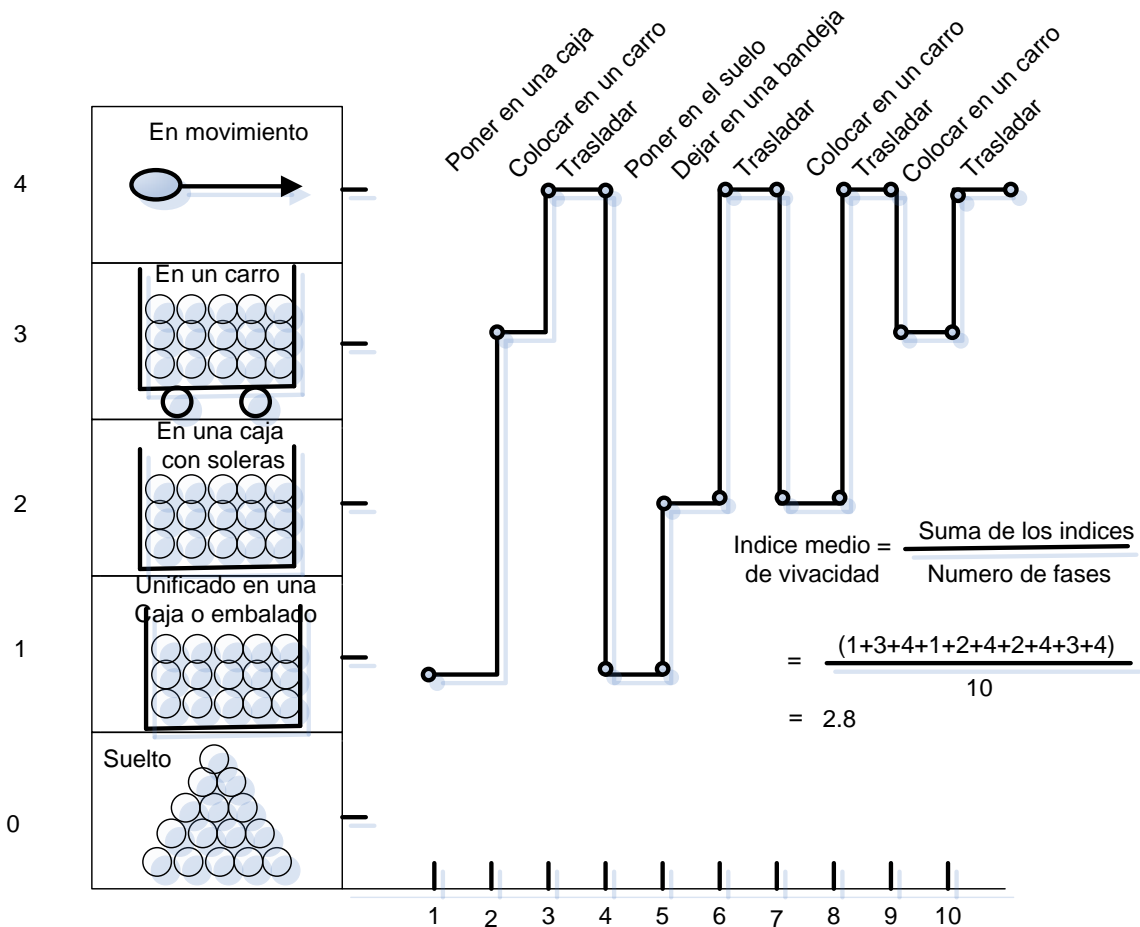


Figura Nº 12: Determinación del índice de vivacidad.
Fuente: Just in time hoy en Toyota.

Fi

Con este índice, puede analizarse la vivacidad del movimiento de materiales tal como puede verse en la Figura Nº 12. Si el índice medio es menor que 0,5 deben prepararse contenedores, bandejas y carros en lugar de poner los objetos directamente en el suelo. Si el índice medio es mayor que 1,3 se recomienda hacer un mayor uso de las bandejas, carros y carretillas elevadoras.

¹² Índice de vivacidad: medida de los movimientos en función del numero de fases.



Regla 3: Considerar el espacio de almacenamiento como parte de la cadena de fabricación. Dado que existe una enorme variedad de piezas, materiales, plantillas y herramientas, es necesario colocarlas de manera que se facilite su accesibilidad. Si el usuario está haciendo trabajos completos, las piezas deben almacenarse basándose en la similitud de sus funciones. Si el usuario está produciendo un producto en serie, las piezas deben disponerse y almacenarse de acuerdo con la cadena de producción. En uno u otro método, sin embargo, es importante separar claramente las piezas defectuosas de las buenas y diferenciarlas claramente. De ahí que el lugar de almacenamiento de las piezas defectuosas deba pintarse de rojo, estar situado fuera de las líneas de producción y que las piezas hayan de colocarse una por una.

6.1.6 SEITON DE PLANTILLAS Y HERRAMIENTAS

Es importante que los objetos estén ordenadamente dispuestos y muy próximos al trabajador, pero es igualmente importante idear un modo de que el operario devuelva esos materiales con facilidad después de cada uso. Consideraciones al respecto:

Punto 1: *¿Pueden eliminarse las plantillas y herramientas?* Analizar si la tarea puede ejecutarse eficazmente sin plantillas ni herramientas.

Punto 2: *¿Puede disminuir la variedad de plantillas y herramienta?* Analizar si la variedad de operaciones de fijación puede reducirse estandarizando la fase de diseño.

Punto 3: *¿Están colocadas ergonómicamente las herramientas?* Los movimientos inútiles y la posibilidad de que el operario se lesione pueden evitarse colocando los objetos frecuentemente utilizados a una altura comprendida entre la cintura y los hombros.

Punto 4. *¿Pueden identificar los operarios los lugares de almacenamiento de las herramientas?* El trazar la silueta de una herramienta o una plantilla en el sitio en el que ha de dejarse permite al operario reconocerlo fácilmente. Este es Uno de los tres modos de llevar a cabo el *seiton* en cuanto se relaciona con el almacenamiento de herramientas (véase la Figura N° 13).



Plantillas y herramientas

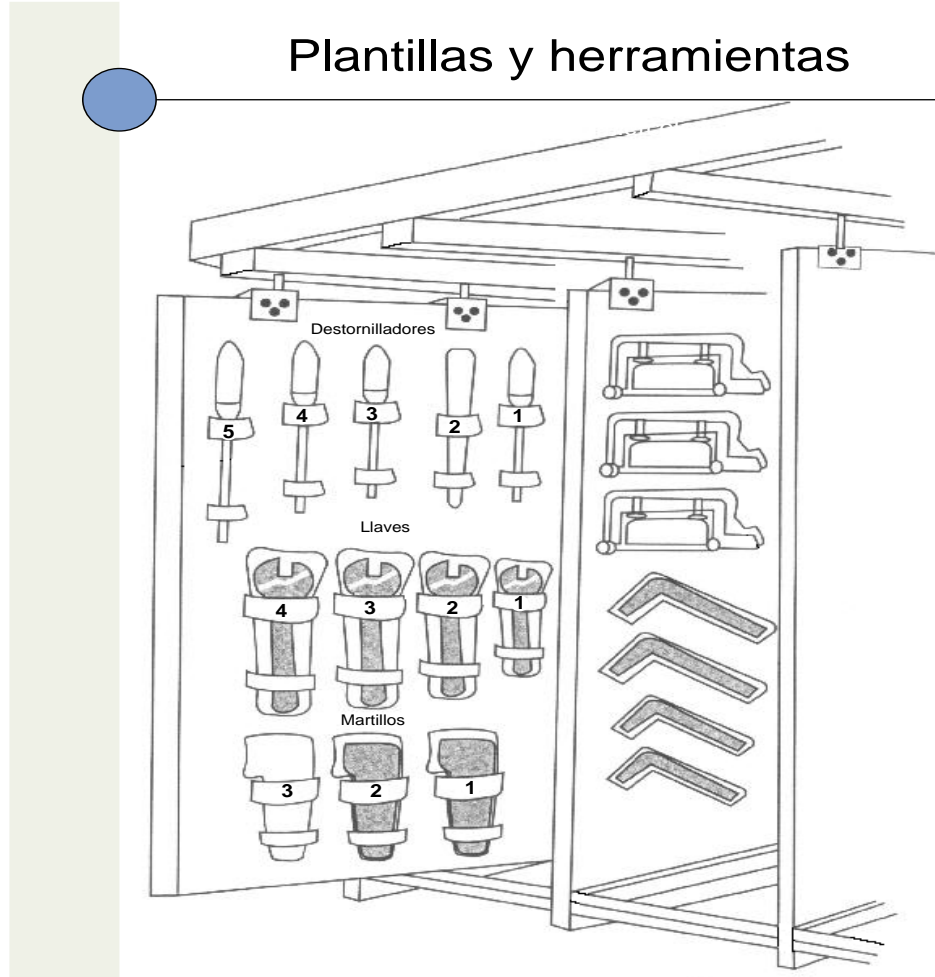


Figura N° 13: Devolución a ciegas en un armario de tableros corredizos.
Fuente: Lean Thinking, Womack James P.

Con el método de “la *devolución a ciegas*”, los objetos se colocan en fundas en lugar de colocarlos en un tablero con escarpías en un sitio determinado, permite al operario dejar la herramienta en una posición aproximada sin tener que seguirla con la vista.

6.1.7 Resultados de la aplicación del Seiton:

- ✓ Disponer de un sitio adecuado para cada elemento utilizado en el trabajo de rutina para facilitar su acceso y retorno al lugar.
- ✓ Disponer de sitios identificados para ubicar elementos que se emplean con poca frecuencia.



- ✓ Disponer de lugares para ubicar el material o elementos que no se usarán en el futuro
- ✓ En el caso de maquinaria, facilitar la identificación visual de los elementos de los equipos, sistemas de seguridad, alarmas, controles, sentidos de giro, etc.
- ✓ Lograr que el equipo tenga protecciones visuales para facilitar su inspección autónoma y control de limpieza
- ✓ Identificar y marcar todos los sistemas auxiliares del proceso como tuberías, aire comprimido, combustibles
- ✓ Incrementar el conocimiento de los equipos por parte de los operadores de producción.

6.1.8 Aplicación de las tres últimas “S”: SEISO, SEIKETSU Y SHITSUKE.

Eliminar el polvo y la suciedad de todos los elementos de una fábrica desde el punto de vista del TPM implica inspeccionar el equipo durante el proceso de limpieza. Se identifican problemas como: desperdicios, fugas de agua y aceite, marcas de neumáticos, polvo esparcido por los materiales de corte.

Limpieza incluye, además de la actividad de limpiar las áreas de trabajo y los equipos, el diseño de aplicaciones que permitan evitar o al menos disminuir la suciedad y hacer más seguros los ambientes de trabajo. Para aplicar la limpieza se debe:

- ✓ Integrar la limpieza como parte del trabajo diario
- ✓ Asumir la limpieza como una actividad de mantenimiento autónomo: "la limpieza es inspección"
- ✓ Se debe omitir la distinción entre operario de proceso, operario de limpieza y técnico de mantenimiento
- ✓ El trabajo de limpieza como inspección genera conocimiento sobre el equipo. No se trata de una actividad simple que se pueda delegar en personas de menor calificación
- ✓ No se trata únicamente de eliminar la suciedad. Se eleva la acción de limpieza a la búsqueda de las fuentes de contaminación con el objeto de eliminar sus causas primarias.



Resultados de la aplicación de Seiso:

- ✓ Reduce el riesgo potencial de que se produzcan accidentes.
- ✓ Mejora el bienestar físico y mental del trabajador
- ✓ Se incrementa la vida útil del equipo al evitar su deterioro por contaminación y suciedad
- ✓ Las averías se pueden identificar más fácilmente cuando el equipo se encuentra en estado óptimo de limpieza
- ✓ La limpieza conduce a un aumento significativo de la Efectividad Global del Equipo.
- ✓ Se reducen los desperdicios de materiales y energía debido a la eliminación de fugas y escapes
- ✓ La calidad del producto se mejora y se evitan las pérdidas por suciedad y contaminación del producto.

El Seiketsu o estandarización pretende mantener el estado de limpieza y organización alcanzado con la aplicación de las primeras 3's. El estandarizar sólo se obtiene cuando se trabajan continuamente los tres principios anteriores.

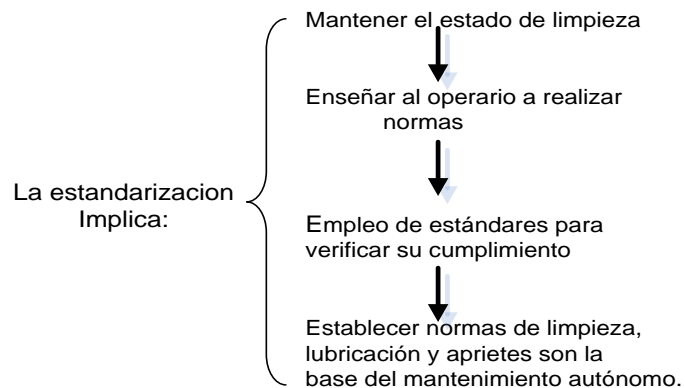


Figura Nº. 14: Actividades que implica la estandarización.
Fuente: Just in time hoy en Toyota.

Beneficios de la estandarización:

- ✓ Se mejora el bienestar del personal al crear un hábito de conservar impecable el sitio de trabajo en forma permanente.
- ✓ Los operarios aprenden a conocer con detalle la maquinaria y/o equipo.
- ✓ Se evitan errores en la limpieza que puedan conducir a accidentes o riesgos laborales innecesarios.
- ✓ La dirección se compromete más en el mantenimiento de las áreas de trabajo al intervenir en la aprobación y promoción de los estándares.



- ✓ Se prepara el personal para asumir mayores responsabilidades en la gestión del puesto de trabajo.
- ✓ Los tiempos de intervención se mejoran y se incrementa la productividad de la planta.

El Shitsuke o mantener, pretende motivar a los trabajadores para realizar actividades de mantenimiento y de mejora continua, se considera el componente más difícil de las cinco eses. Se trata de que los trabajadores ejerzan el *autocontrol*, en vez de ser controlados por su superior.

En la práctica del concepto del *autocontrol* la misión de la dirección es informar simplemente a sus subordinados de la finalidad de su respectivo trabajo, y dejar en sus manos todas las cuestiones de detalle.

6.2 Justo a Tiempo (JAT).

6.2.1 Definición.

Justo a Tiempo es una filosofía industrial que consiste en la reducción de desperdicio o actividades que no agregan valor, es decir todo lo que implica sub-utilización en un sistema desde compras hasta producción. Justo a Tiempo se apoya en el control físico del material para ubicar el desperdicio y, finalmente, forzar su eliminación.

La idea básica del Justo a Tiempo es producir un artículo en el momento que es requerido para que este sea vendido o utilizado por la siguiente estación de trabajo en un proceso de manufactura. Dentro de la línea de producción se controlan en forma estricta no sólo los niveles totales de inventario, sino también el nivel de inventario entre las células de trabajo. La producción dentro de la célula, así como la entrega de material a la misma, se ven impulsadas sólo cuando un stock se encuentra debajo de un límite establecido como resultado de su consumo en la operación sub-secuente. Además, el material no se puede entregar a la línea de producción o la célula de trabajo a menos que se deje en la línea una cantidad igual. Esta señal que impulsa la acción puede ser cualquier señal visible de reabastecimiento, todas las cuales indican que se han consumido un artículo y se necesita reabastecerlo. La figura siguiente indica cómo funciona el Sistema Justo a Tiempo.

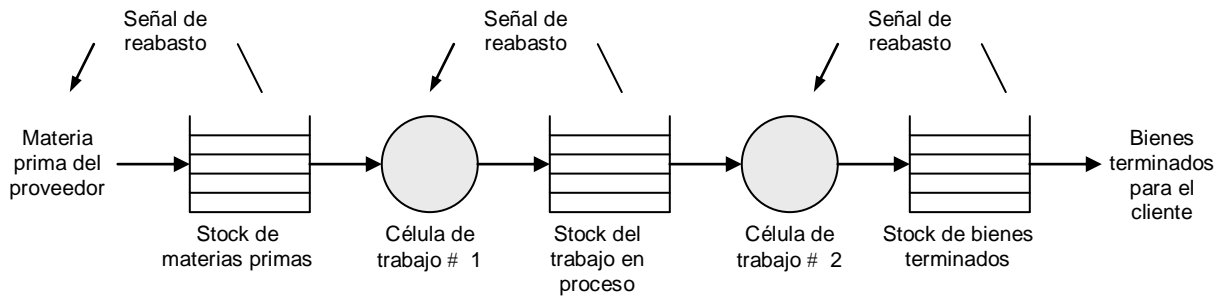


Figura No. 15: Grafica del Sistema Justo a Tiempo
Fuente: Just in time hoy en Toyota.

6.2.2 Base Teórica del Justo a Tiempo.

Para entender la teoría del JAT se debe explicar primero el concepto de la Cantidad de la Orden Económica (COE). El modelo de la Cantidad de la Orden Económica es conducido por el costo de la orden (CO) y el costo del cargo (CC). Los costos de la orden de la unidad comienzan en un punto alto debido principalmente al impacto inicial de los costos de puesta a punto que son por lo general más altos que los costos de producción de la unidad. Este componente del costo de puesta a punto es marginado mientras aumenta la cantidad de unidades. Como resultado la curva del costo de la orden por unidad se aplana. Los costos de cargo tienden a ser lineales con el tiempo. El número de unidades producidas en un lote, determina cuanto tiempo estarán en inventario mientras el consumo alcanza la producción.

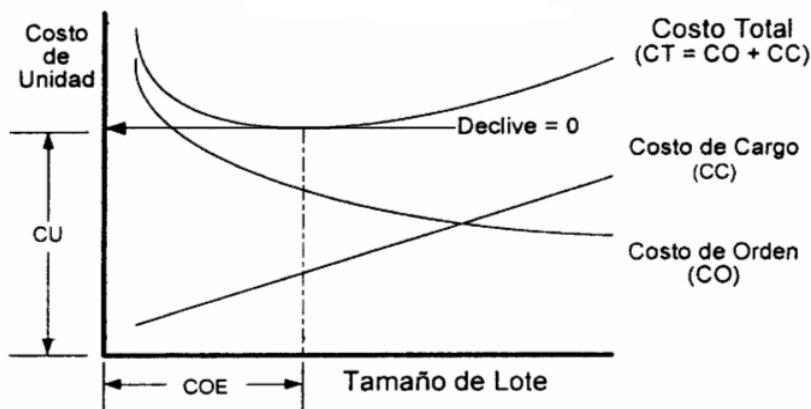


Figura No. 16: Modelo de Cantidad de Orden Económica (COE)
Fuente: Just in time hoy en Toyota.

Dadas las dos curvas de costo (costos promedio de unidad) es posible calcular el COE y el punto del promedio más bajo por costo de unidad (CU). De esta información se puede generar un modelo de inventario.

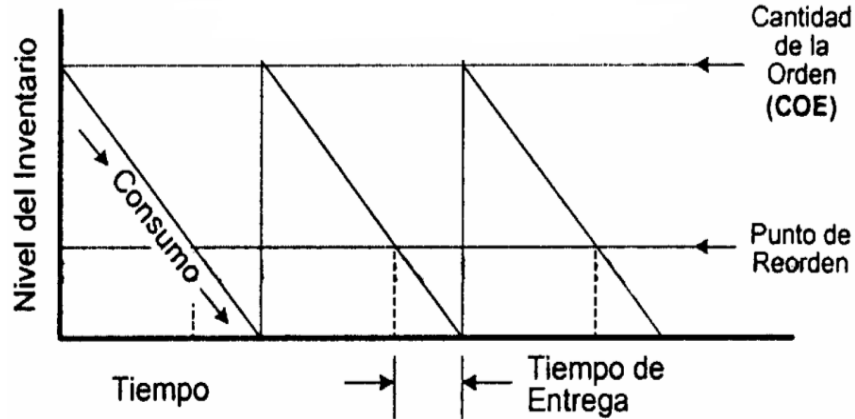


Figura No.17: Modelo de Inventario.
Fuente: Just in time hoy en Toyota.

Todo esto es por supuesto una teoría estándar de inventario y sigue siendo aplicable en Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing). La diferencia bajo Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing) es que se opera sobre la curva del costo de la orden y por lo tanto la curva del costo total.

Bajo Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing) la curva del costo de la orden se aplanan y cambia hacia abajo. El aplanado es el efecto del tiempo reducido de puesta a punto mientras el cambio es el efecto de mejoras en la productividad y calidad.

Con el propósito ilustrativo de este ejemplo no se aplanan totalmente el componente de puesta a punto de la curva del costo de la orden.

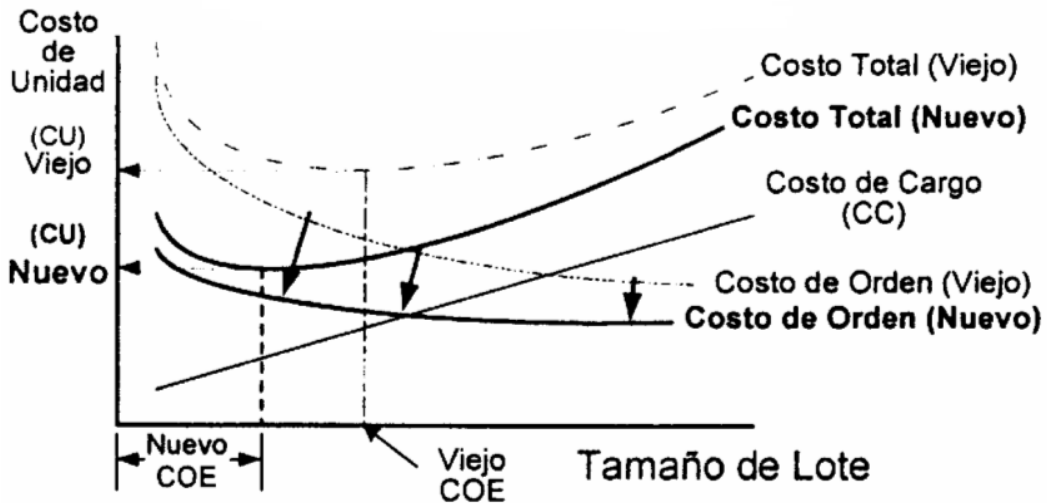


Figura Nº 18: Nuevo Modelo de Cantidad de Orden Económica (COE)
Fuente: Just in time hoy en Toyota.



La gráfica, que se muestra en la página anterior, es típica de un primer ciclo de mejora. El progreso es doble. El costo promedio más bajo de la unidad y la cantidad de la orden económica son disminuidos.

Los cambios tienen efectos en el modelo de inventario. Una COE más pequeña resulta de una disminución en los niveles del inventario, y por lo tanto, el capital que está envuelto en esos inventarios. Las reducciones en el punto a punto y tiempos de operación, reducen automáticamente los Tiempos de Proceso. El tiempo para responder a los pedidos del cliente es reducido, por lo tanto, los lotes nuevos más pequeños son más fáciles de programar.

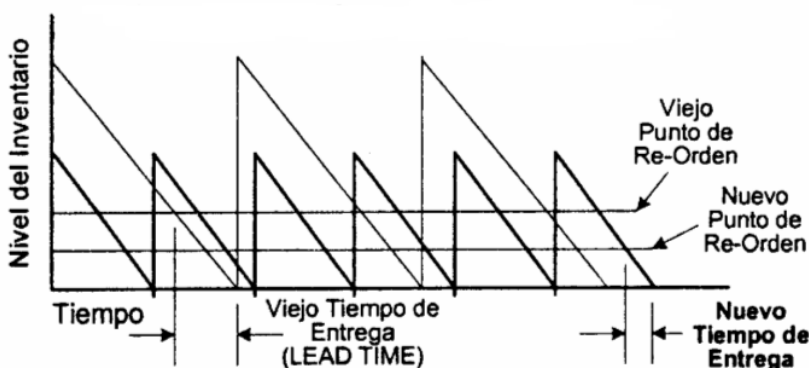


Figura N° 19: Nuevo Modelo de Inventario.
Fuente: Just in time hoy en Toyota.

6.2.3 Los 7 pilares de Justo a Tiempo.

a. Igualar la oferta y la demanda

Se debe aprender a producir con un tiempo de entrega que debe estar cercano a cero.

b. El peor enemigo: el desperdicio.

Eliminar los desperdicios desde la causa raíz realizando un análisis de la célula de trabajo.

c. El proceso debe ser continuo no por lotes

Esto significa que se debe producir solo las unidades necesarias en las cantidades necesarias, en el tiempo necesario. Para lograrlo se tiene dos tácticas:



- ✓ Tener los tiempos de entrega muy cortos. Es decir, que la velocidad de producción sea igual a la velocidad de consumo y que se tenga flexibilidad en la línea de producción para cambiar rápidamente de un modelo a otro.
- ✓ Eliminar los inventarios innecesarios.

d. Mejora Continua

La búsqueda de la mejora debe ser constante y perseverante paso a paso para así lograr las metas propuestas.

e. El ser humano es primero.

Justo a Tiempo considera que el hombre es la persona que está con los equipos, por lo que son claves sus decisiones y logran llevar a cabo los objetivos de la empresa.

f. La sobreproducción es ineficiencia.

Eliminar el “por si acaso” utilizando otros principios como son la organización del lugar de trabajo (5 S), Mantenimiento Productivo Total (TPM), Cambio rápido de modelo (SMED), simplificar comunicaciones, etc.

g. No vender el futuro.

Las metas actuales tienden a ser a corto plazo, hay que reevaluar los sistemas de medición y de desempeño.

6.3 Mantenimiento Productivo Total (TPM).

6.3.1 Definición.

Siglas en inglés de Total Productivity Maintenance (T.P.M.) que son definidas como un conjunto de estrategias para crear responsabilidad del empleado sobre el mantenimiento autónomo del equipo de producción.

6.3.2 Principios Fundamentales.

El TPM constituye un nuevo concepto en materia de mantenimiento, basado este en los siguientes cinco principios fundamentales:

- ✓ Participación de todo el personal, desde la alta dirección hasta los operarios de planta. Incluyendo a todos y cada uno de ellos permite garantizar el éxito del objetivo.
- ✓ Creación de una cultura corporativa orientada a la obtención de la máxima eficacia en el sistema de producción y gestión de los equipos y maquinarias. De tal forma se trata de llegar a la Eficacia Global.
- ✓ Implantación de un sistema de gestión de las plantas productivas tal que se facilite la



eliminación de las pérdidas antes de que se produzcan y se consigan los objetivos.

- ✓ Implantación del mantenimiento preventivo como medio básico para alcanzar el objetivo de cero pérdidas mediante actividades integradas en pequeños grupos de trabajo y apoyado en el soporte que proporciona el mantenimiento autónomo.
- ✓ Aplicación de los sistemas de gestión de todos los aspectos de la producción, incluyendo diseño y desarrollo, ventas y dirección.

6.3.3 Objetivos del TPM.

Entre los objetivos mas importantes del TPM se destacan los siguientes:

a. Objetivo estratégico.

El proceso TPM ayuda a construir capacidades competitivas desde las operaciones de la empresa, gracias a su contribución a la mejora de la efectividad de los sistemas productivos, flexibilidad y capacidad de respuesta, reducción de costos operativos y conservación del "conocimiento" industrial.

b. Objetivo operativo.

El TPM tiene como propósito en las acciones cotidianas que los equipos operen sin averías y fallos, eliminar toda clase de pérdidas, mejorar la fiabilidad de los equipos y emplear verdaderamente la capacidad industrial instalada.

c. Objetivo organizativo.

El TPM busca fortalecer el trabajo en equipo, incremento en la moral en el trabajador, crear un espacio donde cada persona pueda aportar lo mejor de sí, todo esto, con el propósito de hacer del sitio de trabajo un entorno creativo, seguro, productivo y donde trabajar sea realmente grato.



6.3.4 Características del TPM:

- ✓ Acciones de mantenimiento en todas las etapas del ciclo de vida del equipo
- ✓ Amplia participación de todas las personas de la organización.
- ✓ Es observado como una estrategia global de empresa, en lugar de un sistema para mantener equipos
- ✓ Orientado a mejorar la Efectividad Global de las operaciones, en lugar de prestar atención a mantener los equipos funcionando
- ✓ Intervención significativa del personal involucrado en la operación y producción en el cuidado y conservación de los equipos y recursos físicos
- ✓ Procesos de mantenimiento fundamentados en la utilización profunda del conocimiento que el personal posee sobre los procesos.

6.3.5 Beneficios del TPM.

a. Organizativos.

- ✓ Mejora de calidad del ambiente de trabajo
- ✓ Mejor control de las operaciones
- ✓ Incremento de la moral del empleado
- ✓ Creación de una cultura de responsabilidad, disciplina y respeto por las normas

b. Seguridad.

- ✓ Mejorar las condiciones ambientales
- ✓ Cultura de prevención de eventos negativos para la salud
- ✓ Incremento de la capacidad de identificación de problemas potenciales y de búsqueda de acciones correctivas
- ✓ Entender el por qué de ciertas normas, en lugar de cómo hacerlo
- ✓ Prevención y eliminación de causas potenciales de accidentes
- ✓ Eliminar radicalmente las fuentes de contaminación y polución

c. Productividad.

- ✓ Eliminar pérdidas que afectan la productividad de las plantas
- ✓ Mejora de la fiabilidad y disponibilidad de los equipos
- ✓ Reducción de los costos de mantenimiento
- ✓ Mejora de la calidad del producto final
- ✓ Mejora de la tecnología de la empresa
- ✓ Aumento de la capacidad de respuesta a los movimientos del mercado
- ✓ Crear capacidades competitivas desde la fábrica



6.3.6 Pilares del TPM

Los pilares o procesos fundamentales del TPM sirven de apoyo para la construcción de un sistema de producción ordenado. Se implantan siguiendo una metodología disciplinada, potente y efectiva. Los pilares considerados como necesarios para el desarrollo del TPM en una organización son los que se indican a continuación:

Pilar 1: Mejoras Enfocadas.

Las mejoras enfocadas son actividades que se desarrollan con la intervención de las diferentes áreas comprometidas en el proceso productivo, con el objeto maximizar la Efectividad Global del Equipo, proceso y planta; todo esto a través de un trabajo organizado en equipos multidisciplinarios, empleando metodología específica y concentrando su atención en la eliminación de los despilfarros que se presentan en las plantas industriales.

Pilar 2: Mantenimiento Autónomo.

El mantenimiento autónomo está compuesto por un conjunto de actividades que se realizan diariamente por todos los trabajadores en los equipos que operan, incluyendo inspección, lubricación, limpieza, intervenciones menores, cambio de herramientas y piezas, estudiando posibles mejoras, analizando y solucionando problemas del equipo y acciones que conduzcan a mantener el equipo en las mejores condiciones de funcionamiento. Estas actividades se deben realizar siguiendo estándares previamente preparados con la colaboración de los propios operarios. Los operarios deben ser entrenados y deben contar con los conocimientos necesarios para dominar el equipo que opera.

Pilar 3: Mantenimiento Progresivo o Planificado.

El mantenimiento progresivo es uno de los pilares más importantes en la búsqueda de beneficios en una organización industrial. El propósito de este pilar consiste en la necesidad de avanzar gradualmente hacia la búsqueda de la meta "cero averías" para una planta industrial.

Pilar 4: Educación y Formación.

Este pilar considera todas las acciones que se deben realizar para el desarrollo de habilidades para lograr altos niveles de desempeño de las personas en su trabajo. Se puede desarrollar en pasos como todos los pilares TPM y emplea técnicas utilizadas en mantenimiento autónomo, mejoras enfocadas y herramientas de calidad.

**Pilar 5: Mantenimiento Temprano.**

Este pilar busca mejorar la tecnología de los equipos de producción. Este pilar actúa durante la planificación y construcción de los equipos de producción. Para su desarrollo se emplean métodos de gestión de información sobre el funcionamiento de los equipos actuales, acciones de dirección económica de proyectos, técnicas de ingeniería de calidad y mantenimiento. Este pilar es desarrollado a través de equipos para proyectos específicos.

Pilar 6: Mantenimiento de Calidad.

Tiene como propósito establecer las condiciones del equipo en un punto donde el "cero defectos" es factible. Las acciones del mantenimiento de calidad buscan verificar y medir las condiciones "cero defectos" regularmente, con el objeto de facilitar la operación de los equipos en la situación donde no se generen defectos de calidad.

Pilar 7: Mantenimiento en Áreas Administrativas.

Este pilar tiene como propósito reducir las pérdidas que se pueden producir en el trabajo manual de las oficinas.

Pilar 8: Gestión de Seguridad, Salud y Medio Ambiente

Contribuye significativamente a prevenir riesgos que podrían afectar la integridad de las personas y efectos negativos al medio ambiente.

Pilar 9: Especiales.

Este pilar tiene como propósito mejorar la flexibilidad de la planta, nivelar flujo, aplicar Justo a Tiempo y tecnologías de mejora de los procesos de manufactura.

6.4 SMED: REDUCCIÓN DE LA PUESTA A PUNTO.

En 1970 Toyota, consiguió reducir a tres minutos el tiempo de preparación de una prensa troqueladora, la necesidad de llegar a un tiempo de preparación tan increíblemente corto fue captada por Taiichi Ohno, antiguo vicepresidente de la empresa, quien se dio cuenta de que, reduciendo el tiempo de preparación, Toyota podría minimizar el tamaño de los lotes y por consiguiente reducir las existencias de productos terminados y semielaborados.

6.4.1 Definición.

SMED significa "Cambio de modelo en minutos de un sólo dígito", Son teorías y técnicas para realizar las operaciones de cambio de modelo en menos de 10 minutos.



Al reducir el tiempo de ajustes de las maquinas, el tamaño de los lotes y el nivel de inventario se reduce, así como el tiempo de antelación de la producción, de modo que la operación de la fabrica se hará lo suficientemente flexible para responder al constante cambio de la demanda en el mercado.

Este sistema fue desarrollado para acortar los tiempos de la preparación de máquinas, posibilitando hacer lotes más pequeños de tamaño. Mediante la producción de lotes pequeños, puede reducirse el plazo de fabricación de los productos.

6.4.2 Etapas Conceptuales.

Para reducir el tiempo de preparación, deben asimilarse primero cinco conceptos importantes.

CONCEPTO	DESCRIPCIÓN
1	Estudio de la operación de cambio
2	Separar la preparación interna de la preparación externa
3	Convertir cuanto sea posible la preparación interna en preparación externa
4	Eliminar el proceso de ajuste
5	Suprimir la propia fase de preparación

Tabla N° 18: Etapas de la implantación de un proyecto SMED
Fuente: Just in time hoy en Toyota.

Concepto N° 1: Estudio de la operación de cambio

Se realiza un análisis detallado del proceso inicial de cambio con las siguientes actividades:

Registrar los tiempos de cambio:

- ✓ Conocer la media y la variabilidad.
- ✓ Escribir las causas de la variabilidad y estudiarlas.

Estudiar las condiciones actuales del cambio:

- ✓ Análisis con cronómetro.
- ✓ Entrevistas con operarios (y/o con el mecánico).
- ✓ Grabar en vídeo.
- ✓ Sacar fotografías.



En esta fase se detectan problemas de carácter básico que forman parte de la rutina de trabajo:

- ✓ La preparación de las herramientas, piezas y útiles no debe hacerse con la máquina parada.
- ✓ Los movimientos alrededor de la máquina y los ensayos se consideran operaciones internas.

Es muy útil realizar una lista de comprobación con todas las partes y pasos necesarios para una operación, incluyendo nombres, especificaciones, herramientas, parámetros de la máquina, etc. A partir de esa lista se realiza una comprobación para asegurar que no hay errores en las condiciones de operación, evitando pruebas que provocan pérdida de tiempo.

Concepto Nº 2: Separar la preparación interna de la preparación externa

Se entiende por tareas internas las actividades de preparación que inevitablemente exigen que se detenga la máquina; y la preparación externa son las actividades que pueden llevarse a cabo mientras la máquina funciona.

Estas dos clases de actividades deben separarse rigurosamente. Es decir, una vez que se ha detenido la máquina para la realización del cambio el trabajador no debe apartarse de ella para realizar operaciones de preparación externa.

Concepto Nº 3: Convertir cuanto sea posible la preparación interna en preparación externa

Este es el concepto más importante, analiza el hecho cambiar todas las operaciones necesarias para pasar de un modelo a otro cuando la maquina todavía esta en funcionamiento, con el objetivo que cuando ésta se pare se haga el cambio sin realizar alguna operación que pudo haberse hecho mientras la maquina trabajaba.

Concepto Nº 4: Eliminar el proceso de ajuste

Suele considerarse que el ajuste es esencial y que requiere una gran destreza, pero éstas son ideas erróneas. Estas operaciones suelen representar del 50 al 70% del tiempo total de la preparación interna, por los cual es muy importante reducir este tiempo para acortar el tiempo total de preparación.



Se debe tomar como punto de partida que los mejores ajustes son los que no se necesitan, lo que hace necesario fijar posiciones, que es un concepto que debería de considerarse independientemente del proceso de ajuste. La Figura N° 20, muestra un ejemplo de un espaciador para ajustar la altura del troquel.

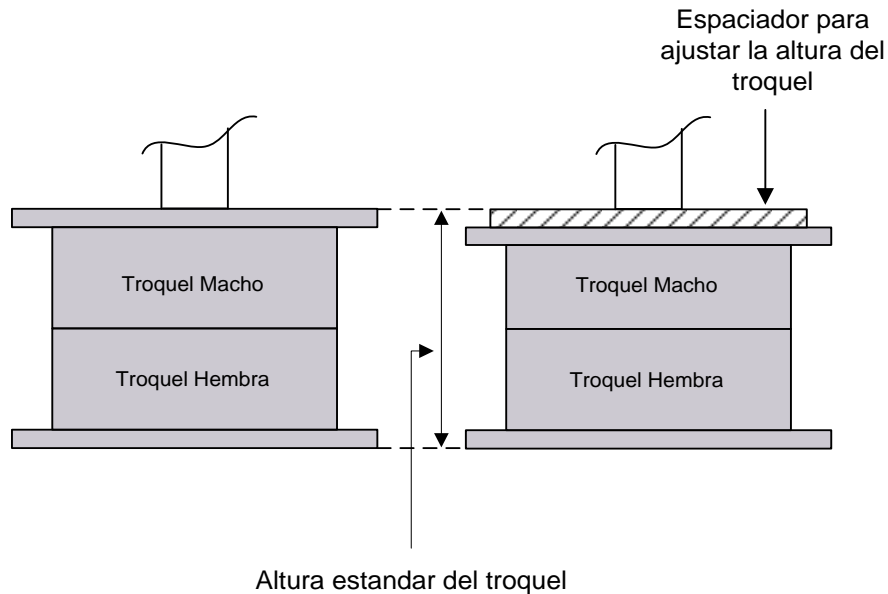


Figura N° 20: Utilización de un espaciador para estandarizar la altura del troquel
Fuente: Just in time hoy en Toyota.

Concepto N° 5: Suprimir la propia fase de preparación

Para prescindir por completo de la preparación, pueden adoptarse dos enfoques:

- ✓ Utilizar un diseño uniforme de los productos o emplear la misma pieza para distintos productos.
- ✓ Producir las distintas piezas al mismo tiempo, que puede lograrse a través de dos métodos.
 - i. Por medio de un sistema de conjunto, por ejemplo. en un mismo troquel, se tallan dos formas diferentes: la pieza A y la pieza B, estas dos piezas se separan después de troquelarlas a la vez.
 - ii. El segundo método consiste en troquelar las distintas piezas en paralelo, utilizando varias máquinas menos costosas.



6.4.3 Técnicas de aplicación

A continuación se exponen las seis técnicas utilizadas para aplicar los cinco conceptos.

Técnica nº 1: estandarizar las actividades de preparación externa

Las operaciones de preparación deben convertirse en procedimientos habituales y estandarizados. Tales operaciones estandarizadas deben recogerse por escrito y fijarse en la pared para que los trabajadores las vean. Los trabajadores deben recibir adiestramiento para dominarlas.

Técnica nº 2: estandarizar solamente las partes necesarias de la máquina

Si el tamaño y la forma de todos los moldes y troqueles se estandarizan completamente, el tiempo de preparación se reducirá considerablemente. Sin embargo, esto es muy costoso, por lo que es necesario estandarizar la parte de la función necesaria para las preparaciones.

Técnica nº 3: utilizar un elemento de fijación rápido

Por lo general, el elemento de sujeción más difundido es el perno. Pero debido a que el perno sujeta en la última vuelta de la tuerca y puede aflojarse a la primera vuelta, debe idearse un elemento de sujeción conveniente que sólo precise de una única vuelta de tuerca. Algunos ejemplos son la utilización del orificio en forma de pera, la arandela en forma de U y la tuerca y el perno acanalados¹³.

Técnica nº 4: utilizar una herramienta complementaria

En la mayoría de las operaciones donde se emplean troqueles se requieren de mucho tiempo unir un troquel a la prensa o al plato de un torno. Por consiguiente, si al troquel se le coloca en la fase de preparación externa una herramienta complementaria que facilite el montaje, fijando el troquel en la máquina casi instantáneamente en la fase de preparación interna; se disminuye considerablemente el tiempo de preparación.

Para este método deben estandarizarse las herramientas complementarias.

¹³ Ver Anexo 8: Ejemplo de fijadores rápidos.

*Técnica nº 5: usar operaciones en paralelo*

Las operaciones de preparación de una prensa de troquelar grande o una máquina grande de inyección requiere de mucho tiempo a un operario ya que estas tienen muchas posiciones de fijación en sus cuatro costados. Sin embargo, si se aplica a tales máquinas operaciones en paralelo por dos personas, pueden eliminarse movimientos inútiles y reducirse el tiempo de preparación. Aunque el número total de horas hombre empleadas en la preparación no varía, las horas de funcionamiento efectivo de la máquina aumentan.

Técnica nº 6: utilizar un sistema de preparación mecánica

Si se emplean sistemas hidráulicos o neumáticos en el montaje del troquel en la prensa, se logra fijar simultáneamente varias posiciones en cuestión de segundos. Además, las alturas de los troqueles de una prensa de troquelar podrían ajustarse mediante un mecanismo accionado eléctricamente, facilitando el montaje de los troqueles. Hay que tener en cuenta que no es muy recomendable invertir mucho en ellos.

6.4.4 Beneficios del SMED.

En conclusión esta técnica permite disminuir el tiempo que se pierde en las máquinas e instalaciones debido al cambio de utillaje necesario para pasar de producir un tipo de producto a otro. Algunos de los beneficios que aporta esta herramienta son:

- ✓ Reduce el tiempo de preparación y pasarlo a tiempo productivo
- ✓ Reduce el tamaño del inventario
- ✓ Reduce el tamaño de los lotes de producción
- ✓ Produce en el mismo día varios modelos en la misma máquina o línea de producción.



6.5 POKA – YOKE.

6.5.1 Definición:

Es un enfoque del diseño hacia la calidad que fija la responsabilidad de prevenir defectos en el diseño del producto y/o proceso de producción. El significado literal es “evitar errores sin intención”.

6.5.2 Funciones del sistema Poka-Yoke.

Un sistema Poka-Yoke posee dos funciones: una es la de hacer la inspección del 100% de las partes producidas, y la segunda es si ocurren anomalías puede dar retroalimentación y acción correctiva. Los efectos del método Poka-Yoke en reducir defectos dependen del tipo de inspección que se lleve a cabo, ya sea: en el inicio de la línea, auto-chequeo, o chequeo continuo. Los efectos de un sistema poka-yoke en la reducción de defectos varían dependiendo del tipo de inspección.

6.5.3 Tipos de inspección.

Para tener éxito en la reducción de defectos dentro de las actividades de producción, se debe entender que los defectos son generados por el trabajo, y que toda inspección puede descubrir los defectos. Los tipos de inspección son:

a. Inspección de criterio

Es usada principalmente para descubrir defectos. Algunas características son:

- ✓ Comparado con el estándar
- ✓ Muestreo o 100%, cualquiera de los dos.
- ✓ Los productos son comparados normalmente contra un estándar y los artículos defectuosos son descartados.

La principal suposición acerca de la inspección de criterio es que los defectos son inevitables y que las inspecciones rigurosas son requeridas para reducir los defectos. Este enfoque, sin embargo, no elimina la causa o defecto.

b. Inspección informativa

Inspección para obtener datos y tomar acciones correctivas. Usada típicamente como Auto-inspección e Inspección subsecuente.

- ✓ **Auto-Inspección:** La persona que realiza el trabajo verifica la salida y toma una acción correctiva inmediata. Algunas ventajas son: Rápida retroalimentación, Usualmente



inspección al 100%, Más aceptable que crítica exterior. La desventaja es que la auto-inspección es más subjetiva que la inspección del operador subsecuente.

- ✓ **Inspección subsecuente:** Inspección de arriba hacia abajo y resultados de retroalimentación. Algunas ventajas son: Mejor que la auto inspección para encontrar defectos a simple vista y promueve el trabajo en equipo. Algunas de las desventajas son: Mayor demora antes de descubrir el defecto y el descubrimiento es removido de la causa raíz.

c. Inspección en la fuente

La inspección en la fuente es utilizada para prevenir defectos, para su posterior eliminación. Este tipo de inspección esta basada en el descubrimiento de errores y condiciones que aumentan los defectos. Se toma acción en la etapa de error para prevenir que los errores se conviertan en defectos.

6.5.4 Clasificación de los métodos Poka - Yoke.

a. Métodos de contacto. Son métodos donde un dispositivo sensitivo detecta las anomalías en el acabado o las dimensiones de la pieza, donde puede o no haber contacto entre el dispositivo y el producto.

b. Método de valor fijo. Con este método, las anomalías son detectadas por medio de la inspección de un número específico de movimientos, en casos donde las operaciones deben de repetirse un número predeterminado de veces.

c. Método del paso-movimiento. Estos son métodos en el cual las anomalías son detectadas inspeccionando los errores en movimientos estándares donde las operaciones son realizadas con movimientos predeterminados. Este efectivo método tiene un amplio rango de aplicación, y la posibilidad de su uso debe de considerarse siempre que se esté planeando la implementación de un dispositivo Poka-Yoke.

6.6 KANBAN.

El Kanban en un sistema de información que controla en forma sincronizada la producción de los productos necesarios en las cantidades necesarias y en el momento necesario en cada uno de los procesos de una fábrica o incluso en varias. Sin el sistema Kanban no es posible la producción justo a tiempo.



Definición.

Un Kanban es una tarjeta que especifica la clase de piezas, cantidades de partes ya sea a retirar o producir de un determinado proceso, ubicación, proceso actual, proceso posterior, código de pieza, etc.

6.6.1 Funciones de Kanban

a. Control de la producción.

Por control de la producción se entiende la integración de los diferentes procesos y el desarrollo de un sistema JIT en la cual los materiales llegaran en el tiempo y cantidad requerida en las diferentes etapas de la fabrica y si es posible incluyendo a los proveedores.

b. Mejora de los procesos.

Por la función de mejora de los procesos se entiende la facilitación de mejora en las diferentes actividades de la empresa mediante el uso de KANBAN, esto se hace mediante técnicas ingenieriles (eliminación de desperdicio, organización del área de trabajo, utilización de maquinaria vs. utilización en base a demanda, manejo de multiprocesos, mecanismos a prueba de error, mantenimiento productivo total, reducción de los niveles de inventario, etc.).

6.6.3 Tipos de Kanban.

Para que el sistema de información por Kanban sea una realidad es necesario que existan diferentes tipos de kanbanes (Ver Figura N° 21).

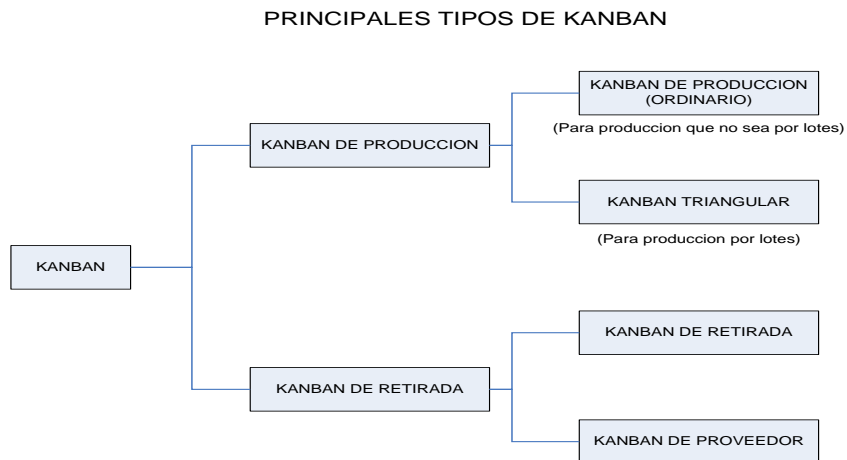


Figura N° 21: Principales tipos de Kanban
Fuente: El Just in Time, hoy el Toyota. Yasuhiro Monden



a Kanban de Producción:

Este tipo de kanban es utilizado en líneas de ensamble y otras áreas donde el tiempo de inicio es cercano a cero. Cuando las etiquetas no pueden ser pegadas al material por ejemplo, si el material esta siendo tratado bajo calor, estas deberán ser colgadas cerca del lugar de tratamiento de acuerdo a la secuencia dentro del proceso.

El Kanban de la figura N° 22 indica que el proceso de mecanización SB-8 debe producir el cigüeñal para el automóvil de tipo SX50BC-150. el cigüeñal producido debe situarse en el almacén F26-18.

KANBAN DE PRODUCCION

Anaquelel del almacen N°	F26-18	Codigo de la pieza N°	A5-34	Proceso
Pieza N°	56790-321	MECANIZACION SB-8		
Nombre de la pieza	CIGUEÑAL			
Tipo del automovil	5X50BC-150			

Figura N° 22: Kanban de producción
Fuente: El Just in Time, hoy el Toyota. Yasuhiro Monden

b Kanban de retirada:

Especifica la clase y la cantidad de productos que un proceso debe retirar del proceso anterior. El Kanban de la Figura N° 23, indica que el proceso que fabrica esta pieza es el de forja, y el acarreador del proceso posterior debe dirigirse a la posición B-2 del departamento de forja para retirar piñones impulsores. El proceso posterior es el de mecanización. Cada caja contiene 20 unidades, y es del tipo B. Este kanban es el cuarto de los ocho emitidos.



KANBAN DE RETIRADA

Anaquele del almacen N°	5E215	Codigo de la pieza N°	A2-15	Proceso anterior
Pieza N°	35670507			FORJA B-2
Nombre de la pieza	PIÑON IMPULSOR			
Tipo del automovil	5X50BC			Proceso posterior
Capacidad de la caja	Tipo de caja	Numero emitido		MECANIZACION M-6
20	B	4/8		

Figura N° 23: Kanban de retirada
Fuente: El Just in Time, hoy el Toyota. Yasuhiro Monden

c Kanban del proveedor:

Este kanban se utiliza para realizar retiradas de un proveedor (ya sea de piezas o de materiales), este Kanban contiene instrucciones en las que se pide al proveedor subcontratado las horas de entrega de las piezas o materiales.

El Kanban de la Figura N° 24, se utiliza para las entregas de Sumitomo Denko a la fábrica que Toyota tiene en Tsutsumi. El numero 36 se refiere a la estación de recepción de la fabrica. Las varillas de puerta trasera entregadas a la estación 36 serán trasportadas al almacén 3S (8-3-213). El código de esta pieza es el 389.

En el sistema de producción Toyota se emplea una producción de pequeños lotes, por lo que es necesario entregas frecuentes cada día. Por consiguiente, las horas de entrega deben indicarse en este Kanban.

Toyota no tiene ningún almacén especial, el lugar de recepción debe estar escrito claramente en el Kanban. Algunas veces, en el espacio destinado al nombre del proveedor figura una notación "1-6-2", como en la Figura N° 24, que indica que esta pieza debe entregarse seis veces al día y que las piezas habrán de entregarse en dos tiempos de entrega.



KANBAN DE PROVEEDOR

Horario de entrega 8:00 24:00 11:00 4:00 15:00 21:00 6436040000007 	Anaquel del almacen para la entrega 3S 8-3- (213)		Nombre de la fabrica receptora: Fabrica de Toyota en Tsutsumi 100005264918 	
	038982154140110000000000000000001000011100056 			
Nombre del proveedor Sumitomo Denko	Pieza Nº 82154-14011-00	5 20	Lugar de recepcion Montaje 36	
Almacen del proveedor 4	Codigo pieza 389	Nombre de la pieza varilla puerta trasera Tipo de automovil Bj-1		Tipo de caja S Capacidad de la caja 10
Ciclo de entrega 1-6-2				

Figura Nº 24: Kanban de proveedor
 Fuente: El Just in Time, hoy el Toyota. Yasuhiro Monden

d Kanban triangular:

Es un kanban de señal que se utiliza para especificar la producción de un lote en los procesos de fundición a presión, troquelado o forja.

Como puede verse en la Figura Nº 25, ordena al proceso de troquelado Nº 10 que produzca 500 puertas izquierdas cuando sólo queden 2 cajas de 100; es decir, el punto de reposición es el de 2 cajas o 200 unidades.

KANBAN DE TRIANGULAR		
Tamaño del lote	Nombre de la pieza	Punto de reposicion
500	PUERTA IZDA	200
Bandeja Nº 5	Pieza Nº 505-11	Bandeja Nº 2
	Almacen 15-03	
Para utilizarlo en la maquina PRENSA 10		

Figura Nº 25: Kanban triangular
 Fuente: El Just in Time, hoy en Toyota. Yasuhiro Monden



6.6.4 Reglas del Kanban.

- a) Cada proceso retirará del proceso anterior los productos necesarios en las cantidades necesarias y en el momento necesario.

Para esto se requiere que las siguientes condiciones para el sistema de producción: nivelación de la producción, disposición en la planta de los procesos y estandarización de las tareas. La nivelación de la producción es un requisito para poder procesar lotes pequeños.

- b) En cada proceso deben fabricarse los productos en las cantidades retiradas por el proceso posterior.

Si ocurren dificultades en algún proceso anterior, lo que resta de la cadena se detiene; para que no ocurra esto debe existir una cadencia de producción entre todos los procesos.

- c) Nunca deberán pasar al proceso posterior productos defectuosos.

Si se reciben productos defectuosos en un proceso, este se detiene porque no tiene ninguna unidad extra de existencia, y devolverá las piezas defectuosas al proceso anterior.

- d) Debe minimizarse el número de kanbanes.

Dado que el número de kanbanes determina las existencias máximas de una pieza, debe reducirse lo más posible. Si se mejora el proceso reduciendo el tamaño de los lotes y el plazo de producción, el número de kanbanes puede reducirse.

- e) Deberá utilizarse el Kanban para adaptarse a las pequeñas fluctuaciones de la demanda (“ajuste fino” de la producción).

Cuando se habla de “ajuste fino” de la producción mediante el Kanban, se refiere a la característica más notable de este sistema: su adaptabilidad a los cambios imprevistos de la demanda o a las existencias de la producción. Esto se logra de la siguiente forma: en cada proceso sólo se sabe lo que hay que producir cuando se toma del contenedor de su almacén el Kanban de producción; solo la cadena de montaje final recibe un programa para la producción diaria, y este programa se visualiza en un ordenador que especifica cuáles son las unidades que han de montarse. En consecuencia, aunque el plan mensual previamente determinado exigiera la fabricación de diez unidades de A y cinco unidades de B en un día, esta proporción podría invertirse para el día siguiente, nadie habría dado instrucciones de cambios de plan a todos los procesos, sino que los cambios habrían surgido de modo natural de la demanda del mercado y las exigencias de la producción, con arreglo al número de kanbanes separados.



6.6.5 Beneficios.

- a. Inventarios reducidos.
- b. Flujo predecible de los materiales.
- c. Programación simplificada.
- d. Sistema visual de “jalar” en el punto de producción.
- e. Mejora de la productividad.

En la Figura N° 26 se muestra un método de utilización de los kanbanes de producción y retirada, la orden de producción se emprende en el orden en que los kanbanes fueron separados por los acarreadores por medio de kanbanes de retirada.

SECUENCIA DE EMPLEO DE KANBAN DE PRODUCCIÓN Y RETIRADA

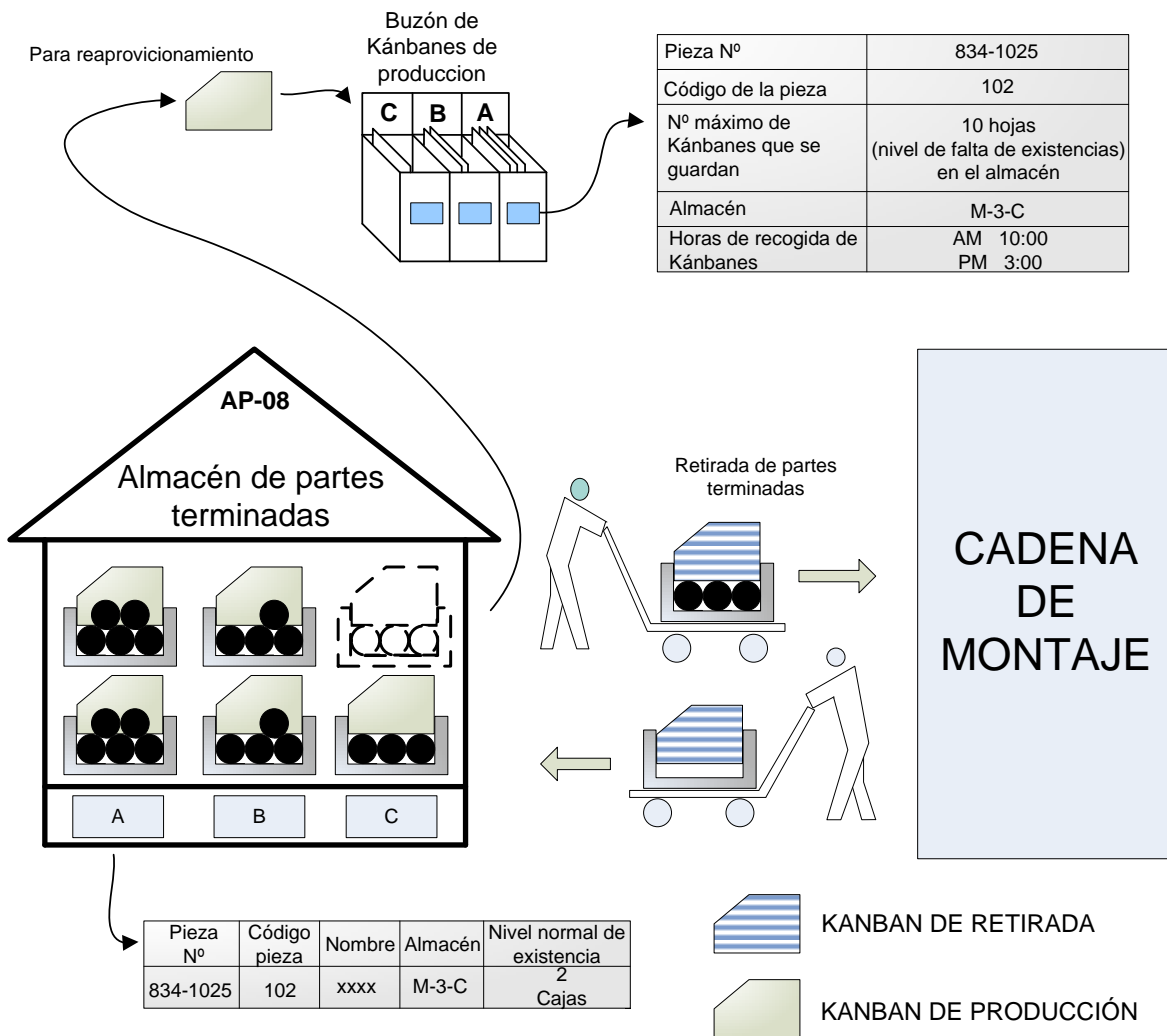


Figura N° 26: Secuencia de empleo de Kanban de Producción y retirada.
Fuente: Elaboración de grupo.



6.7 TAKT TIME.

6.7.1 Definición:

Takt en alemán significa “Ritmo”, es decir que significa “Tiempo Ritmo”. El Takt Time es una medida que indica el ritmo de la línea de producción, este ritmo es el necesario para poder asegurar que la planta va a cumplir con las demanda de los clientes. Este Takt Time sirve para sincronizar y balancear las líneas y los procesos involucrados en las líneas de manufactura de flujo. Un ejemplo es el siguiente:

Ejemplo

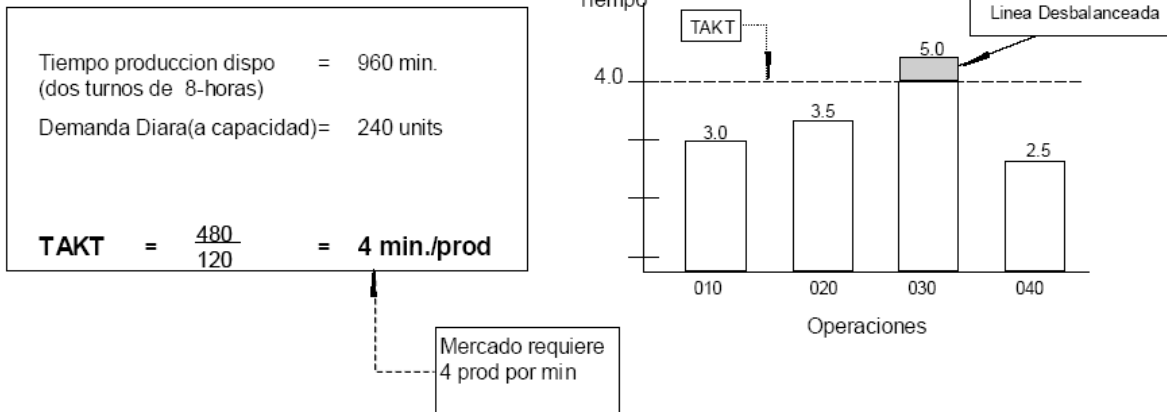


Figura N° 27: Ejemplo grafico de TAKT TIME
Fuente: Just in time hoy en Toyota.

Donde: $T_{takt} = \frac{T_d}{D}$

T_{takt} = (Takt Time) el ritmo de producción (ejemplo: unidades por hora).

T_d = Tiempo disponible durante un periodo de producción.

D = Demanda de unidades durante ese período de producción.

En el ejemplo se observa que las operaciones deben estar todas con un tiempo no mayor a 4 minutos, y las operaciones deben estar muy cerca de los 4 minutos, esto para que las operaciones puedan producir los productos de una forma sincronizada, cuando hay líneas desbalanceadas es posible usar herramientas para forzar el balanceo, ya que el Takt Time debe ser mantenido, se puede usar la reubicación de trabajo, o adición de recursos.

En necesario también modificar el proceso de planeación de la planta, en un concepto que se llama “Nivelación de Producción” el cual consiste en determinar el plan de producción y hacerlo lo mas suave posible, eliminado los picos y valles naturales, haciendo posible tener un nivel de producción sostenido y con poca variación, esto es la habilidad de poder empatar entre la demanda y la capacidad de producción.



6.7.2 Beneficios:

- ✓ Elimina el desperdicio de la sobreproducción.
- ✓ Permite la planeación exacta.
- ✓ Permite la producción sincronizada del producto.
- ✓ Provee una medida de referencia.
- ✓ Provee un ritmo estable a producción.
- ✓ Proporciona información esencial para el diseño de la celda de manufactura.
- ✓ Proporciona la información inmediata del desempeño.
- ✓ Reduce el trabajo en proceso (WIP).

6.8 ADMINISTRACIÓN VISUAL

6.8.1 Definición:

Hacer que la información de los procesos de producción y las actividades diarias fundamentales estén disponibles visualmente en una manera coherente, oportuna y regular. Es considerada como la base del mejoramiento, razón por la cual profundiza acerca del control de los procesos en hechos y datos concretos. Y el cómo se establece los procedimientos que garanticen que la información apoye la consecución de los resultados y permita hacer seguimiento a los procesos.

6.8.2 Beneficios:

- ✓ Información visual, clara y simple del estado actual de producción.
- ✓ Mejor comunicación entre departamentos y turnos.
- ✓ Respuesta rápida a las anomalías.
- ✓ Aumento en vigilancia de desperdicio/desecho.
- ✓ Cambio de cultura.
- ✓ Presión para indagar para la Mejora Continua.



6.9 MANUFACTURA CELULAR.

6.9.1 Definición.

Enfoque de la manufactura en el cual el equipo y las áreas de trabajo se organizan en un área limitada para facilitar la producción de lote-pequeño, flujo-continuo.

6.9.2 Beneficios:

- ✓ Mejor uso de los recursos humanos.
- ✓ Más fácil de automatizar.
- ✓ Más fácil de controlar.
- ✓ Trabajadores con múltiples funciones.
- ✓ Reducción de manejo de material y de tiempo de transporte.
- ✓ Tiempo reducido de puesta a punto (setup).
- ✓ Inventario reducido de trabajo-en-proceso (WIP).

6.9.3 Bases.

- ✓ Flujo de material. Las celdas son colocadas en relación de unas con otras para reducir al mínimo el movimiento de material.
- ✓ Proximidad. Las máquinas grandes y/o costosas que no pueden ser fácilmente reubicadas a las celdas, deben ser ubicadas entre las celdas que las utilizan (punto de uso).
- ✓ Línea de montaje. La disposición de máquinas dentro de cada celda debe asemejarse a una línea de montaje pequeña.
- ✓ Movilidad. Se deben utilizar ajustes de posición rápidos para colocar o re-colocar las máquinas dentro de una celda.
- ✓ Proximidad de la disposición. Los procesos secuenciales necesitan ser colocados uno al lado del otro.
- ✓ Estructura de administración unificada. Los recursos productivos necesitan contestar a la misma voz.



6.10 TRABAJO ESTANDARIZADO.

6.10.1 Definición

Es el proceso de documentar y de estandarizar tareas a través del flujo de valor. El trabajo estandarizado representa todas aquellas operaciones que están encaminadas a utilizar un número mínimo de trabajadores para la producción.

6.10.2 Objetivos:

1º. Lograr una alta productividad a través de un trabajo esforzado, que significa trabajar eficazmente sin realizar movimientos inútiles y no un trabajo agotador. Para facilitar este primer objetivo, es importante un orden estandarizado de las operaciones que ha de ejecutar cada trabajador, denominado secuencia de las operaciones estándar.

2º. Lograr el equilibrio entre todos los procesos de la línea desde el punto de vista del ritmo de producción. Aquí debe incorporarse a las operaciones estándar el concepto de duración del ciclo.

3º. Reducir al mínimo las existencias en curso de transformación, estableciendo como cantidad estándar de productos en curso, el número mínimo de unidades necesario para que los trabajadores realicen las operaciones estándar. Esta cantidad estándar contribuye a eliminar el exceso de existencias en curso.

Para lograr estos objetivos es necesario conocer tres datos que llevan a las operaciones estándares, como se muestra en la siguiente figura:

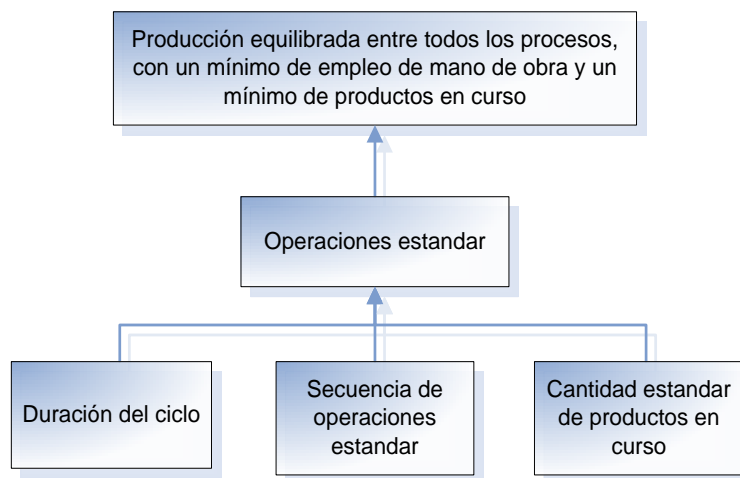


Figura Nº 28: Elementos de las operaciones estándar
Fuente: El Just in Time, hoy en Toyota, Yasuhiro Monden, 1999



Entre los sub-objetivos que se deben lograr al estandarizar las operaciones se tiene:

- ✓ Eliminar los accidentes,
- ✓ Eliminar los productos defectuosos. Por tanto, el procedimiento para comprobar la seguridad y la calidad de los productos se estandariza también.

Los componentes de las operaciones estándares son los siguientes:

- ✓ Las horas de trabajo necesarias para producir una unidad en cada máquina.
- ✓ El orden de las diversas operaciones que ha de ejecutar cada trabajador.

Estos aspectos son determinados por el jefe de producción o por el experto en organización industrial.

6.10.3 Determinación de las operaciones estándar:

Las operaciones estándar se determinan de la siguiente manera:

a. Determinar la duración del ciclo.

Ciclo es el período de tiempo en el que debe producirse una unidad, y se determina con el tiempo diario efectivo de ejecución y la cantidad diaria requerida de producción, de la siguiente forma:

$$\text{Duración del ciclo} = \frac{\text{Tiempo diario de trabajo efectivo}}{\text{Cantidad de producción requerida diariamente}}$$

Ecuación No. 1: Cálculo de la duración del ciclo
Fuente: El Just in Time, hoy en Toyota, Yasuhiro Monden, 1999

El tiempo diario de trabajo efectivo no debe incluir: averías en las máquinas, tiempo improductivo en espera de materiales, reelaboración o tiempo de descanso.

La cantidad necesaria de producción no debe aumentar para complementar la producción defectuosa.

La duración del ciclo no se debe determinar utilizando la capacidad existente de las máquinas y de la mano de obra, ya que esto proporciona el tiempo probable en que se producirá una unidad, pero no facilita el período de tiempo necesario para asignar a los trabajadores a distintos puestos de trabajo. Para determinar correctamente la duración del ciclo, deben utilizarse el tiempo diario de trabajo efectivo y la producción diaria requerida.



b. Fijar el tiempo de ejecución por unidad.

Se debe establecer el tiempo de ejecución por unidad de producción en cada proceso y para cada pieza. Esta unidad de tiempo se anota siempre en la hoja de capacidad de producción, que debe llenarse para cada clase de pieza (Figura N° 29). El tiempo de mano de obra y el tiempo de máquina se miden con un cronómetro. El primero no debe incluir el tiempo de los desplazamientos entre los procesos. La rapidez y el nivel de destreza requeridos para cada operación manual las determina el jefe de la planta.

El tiempo de ejecución por unidad, que es la suma del tiempo de mano de obra y el tiempo de máquina, es el tiempo necesario para procesar una unidad. Si se procesan simultáneamente dos unidades, o si se inspecciona una unidad de cada varias, se anotará en la columna de referencias el correspondiente tiempo de ejecución por unidad.

Hoja de capacidad de producción de piezas	Pieza N°	Nombre de la pieza	Cantidad necesaria por día	Nombre del operario

Orden de los procesos	Descripción de las operaciones	N° de máquina	Tiempo de base						Cambio de herramienta		Capacidad de producción (960 min.)	Referencias: Manipuacion Mecanizacion
			Tiempo de manipulación		Tiempo de máquina		Tiempo de ejecución p/u		Unidades por cambio	Tiempo empleado en el cambio		
1	Posicionar taladro	RC-005	Min.	Seg.	3,75	Seg.	Min.	Seg.	80	1'00"	Unidades 655	
2	Achafianar	KA-350		09	1	35	1	44	20	30"	549	
									50	30"		
3	Escariar	KB-400		09	1	25	1	34	20	30"	606	
									40	30"		
4	Fresar	KC-450		10	1	18	1	28	20	30"	643	
2-1	bis	MS-100		(20)	(2	10)	(2	20)	1,000	7'00"	820	
2-2	bis	MS-101		(15)	(2	10)	(2	15)	1,000	7'00"		
	(Dos bancadas de maquinas)			18								$\text{Duracion de las operaciones manuales por unidad} = \frac{20 \times 15}{2} = 150"$
3	Taladrar	BA-235		(08)		(52)		(58)	500	5'0"	1,947	
	(dos unidades simultaneamente)			0,4				29				$\text{Duracion de las operaciones manuales por unidad} = \frac{8}{2} = 4"$
4	Calibrar 1/5			(18)								
	Insp. de una unidad de cada cinco			09								$\text{Duracion de las operaciones manuales por unidad} = \frac{18}{2} = 9"$
				TOTAL								

Figura N° 29: Hoja de capacidad de producción de piezas.
Fuente: El Just in Time, hoy en Toyota, Yasuhiro Monden, 1999



En la columna de cambio de herramienta, se especifica el número de unidades que han de producirse antes de cambiarla. El tiempo empleado en el cambio se refiere al tiempo de preparación.

La capacidad de producción se calcula mediante la siguiente fórmula siguiente:

$$N = \frac{T}{C + m}$$

Ecuación 2. : Determinación de la capacidad de producción.
Fuente: El Just in Time, hoy en Toyota, Yasuhiro Monden, 1999

Donde:

N = Capacidad de producción expresada en unidades.

C = Tiempo de ejecución por unidad.

m =Tiempo de preparación por unidad.

T = Tiempo total de trabajo.

c. Establecer la secuencia de operaciones estándar.

Después de determinar la duración del ciclo y la duración de las operaciones manuales, debe asignarse las diferentes operaciones que realizara cada operario. Es decir se debe establecer la secuencia de las operaciones estándar de cada trabajador. Esta secuencia tiene dos finalidades:

1º Indica al operario el orden en que tiene que recoger la pieza que ha de trabajarse, ponerla en la máquina y separarla después.

2º Indica el orden de las operaciones que el trabajador multidiestro debe llevar a cabo en varias máquinas dentro de la duración del ciclo.

Es importante diferenciar entre el orden de los procesos y la secuencia de las operaciones, porque no son idénticos en muchos casos. Si la secuencia de las operaciones es sencilla, puede determinarse directamente partiendo de la hoja de capacidad de producción de piezas (Figura Nº 29). Para el caso particular, el orden de los procesos es realmente idéntico a la secuencia de las operaciones. Si ésta es complicada, sin embargo, puede no ser fácil determinar si el tiempo de mecanización de determinada máquina terminará antes de que el operario maneje la misma máquina en el ciclo siguiente. En consecuencia se utiliza la hoja de secuencia de las operaciones estándar para determinar el orden exacto de éstas (Figura Nº 30).

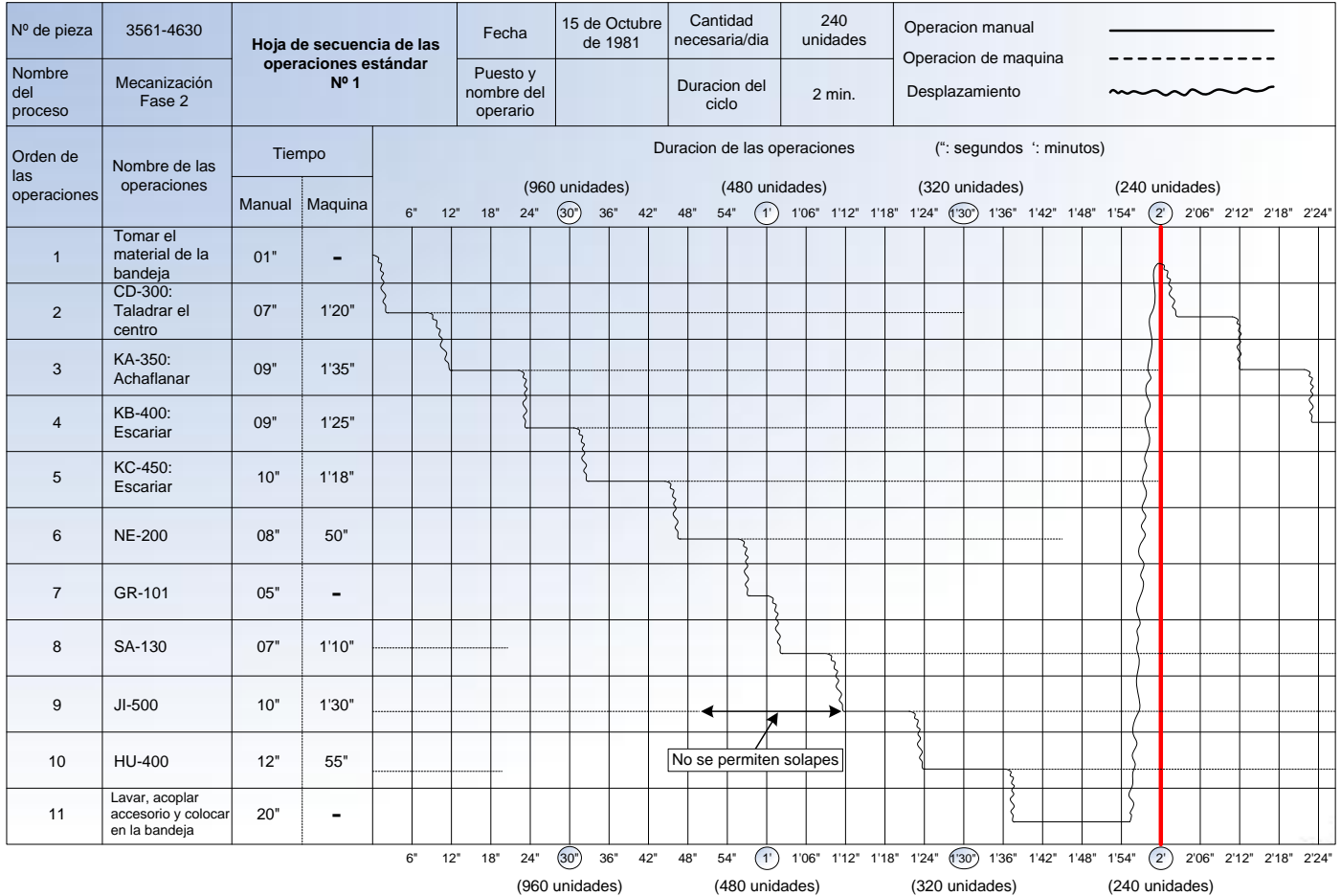


Figura Nº 30: Hoja de secuencia de las operaciones estándar
 Fuente: El Just in Time, hoy en Toyota, Yasuhiro Monden, 1999

El procedimiento para preparar la hoja de secuencia de operaciones estándar es el siguiente:

1. Se traza la duración del ciclo (2 min.) con una línea roja vertical.
2. Debe determinarse previamente la serie aproximada de procesos que puede manejar un operario. La duración total de las operaciones, que es aproximadamente igual a la duración del ciclo señalada en rojo, debe calcularse utilizando la hoja de capacidad de producción de piezas (Figura Nº 29). Debe concederse cierto tiempo para pasar de una máquina a otra, dicho tiempo debe medirse con cronómetro y anotarse.
3. Los tiempos de mano de obra y de máquina de la primera operación se trazan copiando los datos de la hoja de capacidad de producción de piezas.



4. Se determina la segunda operación que ha de realizar el operario. En esta fase, hay que tener en cuenta la distancia que hay que caminar entre máquinas, el punto en que se comprueba la calidad del producto y las precauciones específicas de seguridad. El tiempo necesario para trasladarse de una máquina a otra se traza en la hoja mediante una línea ondulada que une el punto final del tiempo de mano de obra de un proceso con el punto inicial del tiempo de mano de obra del proceso siguiente.
5. Los pasos 3 y 4 se repiten hasta determinar la secuencia de todas las operaciones. Al hacerlo, si la línea de puntos del tiempo de máquina alcanza a la línea continua de la operación manual siguiente, la secuencia de operaciones no es factible y debe elegirse alguna otra.
6. Dado que la secuencia de las operaciones se trazó para cubrir todo el tiempo estimado para la fase 2, la secuencia de operaciones debe terminar en la operación inicial del ciclo siguiente. Si se necesita tiempo para desplazarse de una máquina a otra, se trazará una línea ondulada.
7. Si el punto final coincide con la línea roja (duración del ciclo), la secuencia de las operaciones es buena. Si la operación final termina antes que la línea roja, habrá que ver si pueden añadirse más operaciones. Si la operación final rebasa la línea roja, debe estudiarse la manera de reducir el rebasamiento, lo cual podría lograrse mejorando varias operaciones del operario en cuestión.

La asignación de las diferentes operaciones a los trabajadores debe ser tal que cada uno de ellos pueda terminar todas las operaciones que se le han asignado dentro de la duración especificada. Además, la disposición en planta de los procesos deben ser tal que cada operario tenga el mismo ciclo para que pueda conseguirse el equilibrio de la cadena de producción. En la Figura N° 31 se indica un esquema simplificado de esta asignación de las operaciones.

Si al final de la secuencia de las operaciones de la Figura N° 30 hay demasiado tiempo de espera, podría fijarse una duración doble del ciclo con el fin de que dos o tres trabajadores sujetos a la misma secuencia de operaciones tengan trabajos simultáneos. Esto contribuye a eliminar la inactividad dentro de la duración del ciclo (Figura N° 32). Otra posibilidad sería la de mejorar las operaciones del proceso a fin de incluir en el ciclo una operación más.



Hoja de secuencia de operaciones estandar N° 1		Operario J. Rodriguez
Orden de las operaciones	Duracion de las operaciones	2 min. (duracion del ciclo)
①		
②		
③		

Hoja de secuencia de operaciones estandar N° 2		Operario H. Monge
Orden de las operaciones	Duracion de las operaciones	2 min. (duracion del ciclo)
④		
⑤		
⑥		
⑦		

Hoja de secuencia de operaciones estandar N° 3		Operario J. Reyes
Orden de las operaciones	Duracion de las operaciones	2 min. (duracion del ciclo)
⑧		
⑨		
⑩		

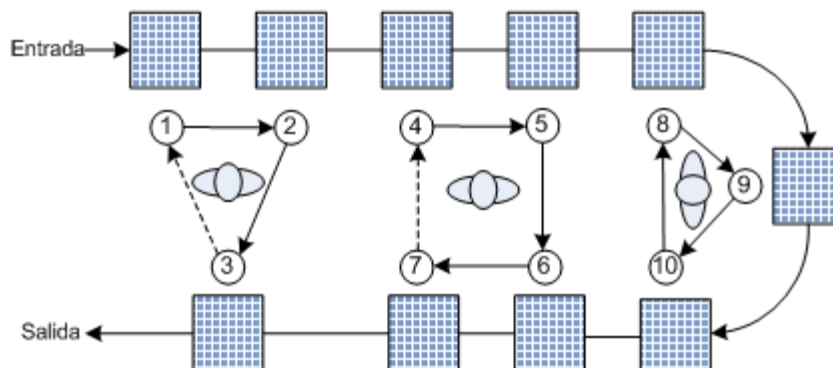


Figura N° 31: Asignación de las operaciones y disposición en la planta de los procesos
Fuente: El Just in Time, hoy en Toyota, Yasuhiro Monden, 1999

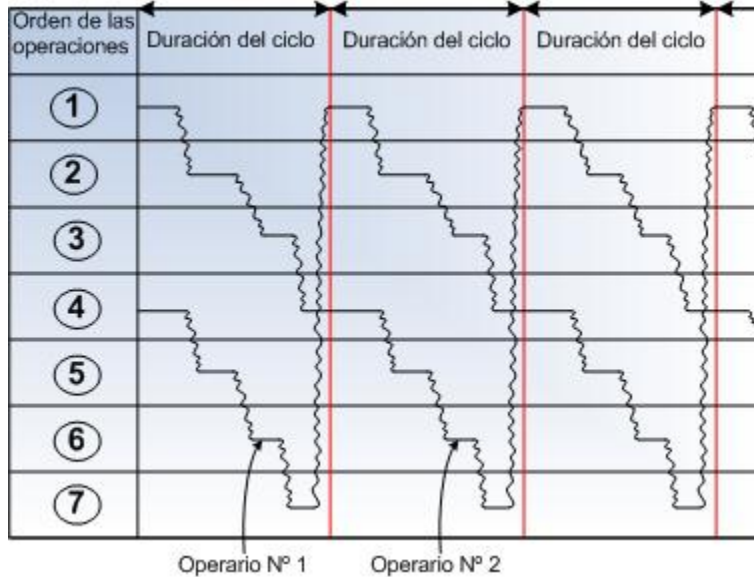


Figura Nº 32: Doble duración del ciclo para dos operarios
Fuente: El Just in Time, hoy en Toyota, Yasuhiro Monden, 1999

d. Determinar la cantidad estándar de productos en curso.

La cantidad estándar de productos en curso es la cantidad mínima necesaria para que funcione la línea de producción. Consta principalmente de las piezas que se hallan almacenadas entre dos máquinas, pero comprende también las que están pasando por las máquinas; no, en cambio, las terminadas y almacenadas al final de la cadena. La Figura Nº 33 muestra una hoja de operaciones estándar.

Sin esta cantidad no pueden funcionar con el ritmo predeterminado las varias máquinas de la cadena. La cantidad estándar es diferente en función de la disposición en planta de las máquinas y de la secuencia de las operaciones.

La cantidad estándar debe ser lo más pequeña posible. Además de reducir los costes que origina el hecho de mantener unas existencias, se facilitará el control visual en la comprobación de la calidad del producto y en la mejora del proceso debido a que los defectos serán más patentes.

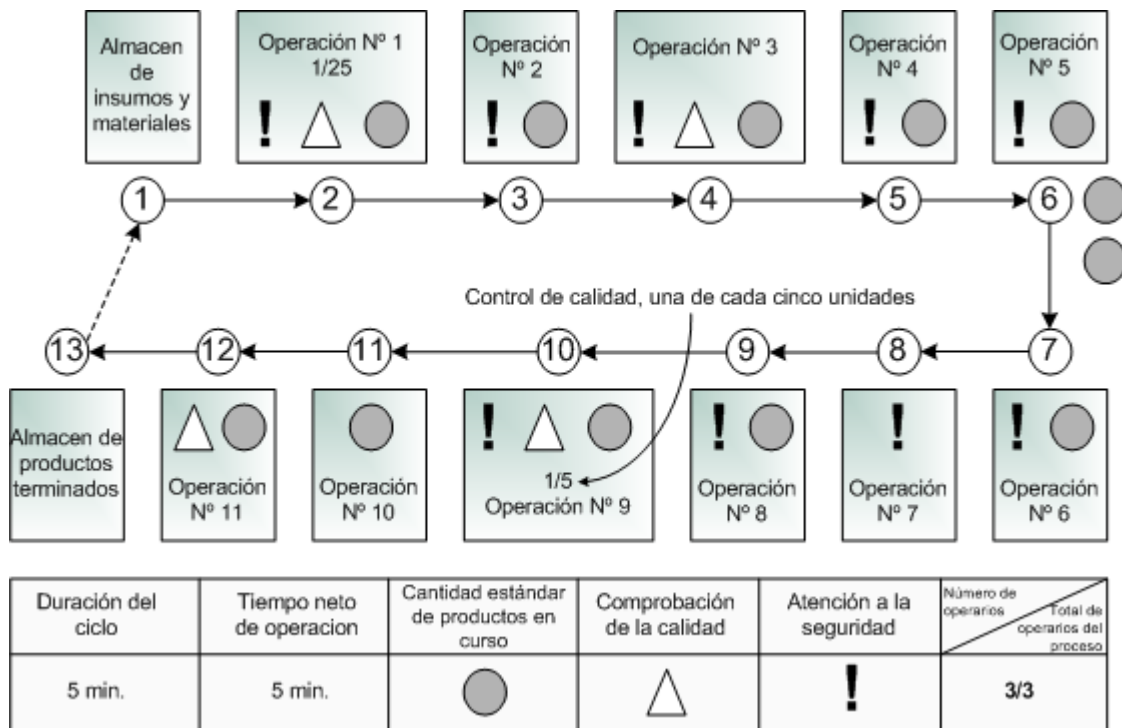


Figura N° 33: Hoja de operaciones estándar.
Fuente: El Just in Time, hoy en Toyota, Yasuhiro Monden, 1999

6.10.3 PREPARAR LA HOJA DE OPERACIONES ESTÁNDAR.

La hoja de secuencia de las operaciones estándar es el documento final es necesario para estandarizar las operaciones. Dicha hoja (Figura N° 33) contiene los siguientes datos:

- ✓ Duración del ciclo;
- ✓ Secuencia de las operaciones;
- ✓ Cantidad estándar de productos en curso;
- ✓ Tiempo neto de operación;
- ✓ Puntos en los que se comprueba la calidad del producto;
- ✓ Puntos en los que se presta atención a la seguridad del operario.

La exposición de esta hoja, donde todos los trabajadores del proceso puedan verla, puede ser útil para el control visual de tres campos distintos:



- ✓ Es una guía para que cada operario se atenga al orden de las operaciones.
- ✓ Ayuda al encargado o capataz a comprobar si todos los operarios vigilan las operaciones estándar.
- ✓ Permite al jefe de nivel superior evaluar la aptitud del encargado, puesto que las operaciones estándar han de ser revisadas frecuentemente para mejorarlas. Si la hoja de operaciones estándar está mucho tiempo sin revisar, aquél notará que éste no está esforzándose en mejorar las cosas.

6.11 KAIZEN.

6.11.1 Definición:

Proviene de la unión del japonés “kai” que significa cambio y “zen” que quiere decir para mejorar. Es una filosofía de mejorar continuamente enfatizando la participación del empleado, en la cual cada proceso se evalúa y mejora continuamente en términos de tiempo, recursos, calidad y otros aspectos relevantes al proceso.

6.11.2 Característica.

La característica principal del Kaizen es trabajar continuamente por mejorar algo, de una manera sencilla pero gradual, de forma tal que a largo plazo los resultados serán no solo satisfactorios sino también significativamente positivos.

6.11.3 Objetivos.

Algunos de sus objetivos son: mantener un cambio incesante, lograr la eliminación de desperdicio (tiempo, dinero, materiales, esfuerzos desaprovechados), elevando la calidad (de productos, servicio, relaciones, conducta personal, desarrollo de los empleados), reduciendo costos de diseño, manufactura, inventario y distribución. Se debe aclarar que el Kaizen no es una herramienta en si, sino una filosofía, una actitud, una forma de pensar y de comportarse.

6.11.4 Principios del Kaizen.

a. Enfoque en el cliente.

Uno de los objetivos más importantes de la cultura Kaizen es la satisfacción total del cliente. Es decir o el producto y/o servicio cumplen con las especificaciones requeridas



por el consumidor y generan valor de tal manera que incremente la satisfacción del mismo, o bien se elimina.

b. Realizar mejoras continuamente

Una vez finalizada una tarea exitosamente la concentración se enfoca a mejorar esa misma tarea.

c. Reconocer abiertamente los problemas.

Se debe tener presente que es importante mantener una comunicación abierta dentro de la organización en la cual se traten temas.

d. Promover la apertura.

Los rasgos característicos de Kaizen son básicamente el compartir, comunicarse ínter funcionalmente, y un liderazgo visible, por lo que la territorialidad, la apropiación y las barreras funcionales no encajan dentro de la filosofía Kaizen.

e. Crear equipos de trabajo.

El trabajo en equipo juega un papel muy importante, ya que la interconexión de varios equipos permite que la organización saque ventaja, pues gracias a esta metodología se genera motivación y sentido de pertenencia.

f. Manejar proyectos a través de equipos ínter funcionales

Al trabajar en proyectos dentro de la organización, es necesario contar con la participación de todas las dependencias e incluso con recursos externos a la compañía como son los proveedores y el cliente, con el fin de obtener diferentes puntos de vista, colaboración y recursos que contribuyan al desarrollo de los mismos.

g. Alentar los procesos apropiados de relaciones.

Las organizaciones Kaizen son conscientes de que si invierten en el entrenamiento de su gente en cuanto habilidades interpersonales, en especial en los gerentes y líderes quienes son los responsables de la armonía de la compañía, lograrán obtener no solo procesos sólidos, y la realización de los empleados sino también obtendrán los resultados esperados en cuanto al logro de la metas financieras.

**h. Desarrollar la autodisciplina**

Este es un elemento muy importante para cada uno de los miembros de una organización Kaizen, puesto que la autodisciplina permite que el ser humano se adapte a las situaciones que se presentan en la vida diaria y halle bienestar y comodidad mediante la afirmación de su fuerza interna lo que le permite relacionarse de una manera armoniosa con los demás.

i. Información constante a los empleados.

El mantener informados a los empleados sobre la compañía desde la inducción como durante el tiempo en que estén empleados, es de vital importancia, puesto que si las personas se encuentran en la ignorancia en temas como la misión, valores, productos, desempeño, personal, planes de la compañía etc. no solo se limitarán a desempeñar sus funciones sin ir más allá, sino que también su motivación será muy baja y no tomarán los retos de la empresa como retos personales generando una actitud conformista.

j. Fomentar el desarrollo de los empleados.

En este punto el empowerment es la definición de este principio, pues el entrenar a los integrantes de una compañía para que adquieran habilidades, estimularlos y sobretodo otorgarles responsabilidad en la toma de decisiones permite que las personas se desarrollen y así sean más eficientes en su trabajo.



CAPITULO III

DIAGNÓSTICO



A. OBJETIVOS.

Objetivo General.

Obtener términos de referencia que proporcionen insumos para la creación de los criterios de diseño, mediante la identificación y priorización de las causas que generan desperdicios.

Objetivos Específicos:

Identificar y conceptualizar los tipos de desperdicios que afecta mayormente al sistema productivo de las empresas en la industria metalmecánica para especificar las principales causas.

Establecer los criterios y variables de medición en manufactura de clase mundial para diseñar la guía de auditoría.

Diseñar una guía de auditoría para el sistema productivo a fin de identificar las principales causas que afectan la cadena del flujo del valor.

Recopilar la información de las empresas utilizando la guía de auditoría para identificar los desperdicios más comunes y las diferentes causas.

Medir el nivel de actitud existente en la industria metalmecánica con respecto a una filosofía de mejora continua para conocer las áreas críticas a superar.

Identificar las causas de los desperdicios más importantes para plantear las herramientas adecuadas en la propuesta de solución.

Proporcionar insumos para formular los criterios que permitan estructurar el diseño del programa de reducción de desperdicios.



B. MÉTODO PARA LA REALIZACIÓN DEL DIAGNOSTICO.

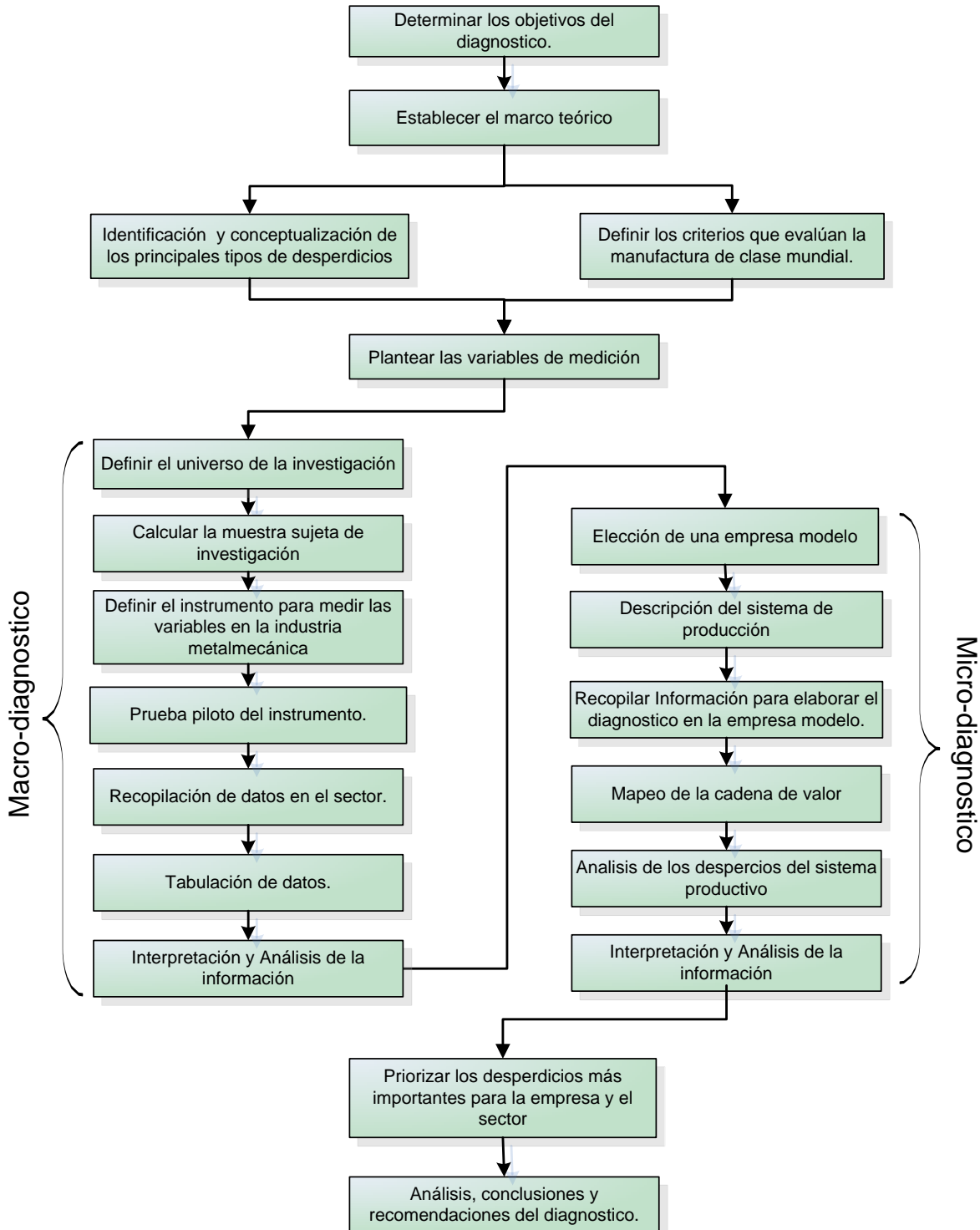


Figura Nº 34: Método General del diagnostico.
Fuente: Elaboración de grupo.



C. CRITERIOS Y VARIABLES EN MANUFACTURA DE CLASE MUNDIAL.¹⁴

La manufactura de clase mundial es una filosofía universal que permite ser competitivos en calidad, precios y tiempos de entrega, a nivel mundial. La situación de la empresa se logra evaluar a través de esta filosofía por los criterios que se muestran a continuación.

1. Criterios en Manufactura de Clase Mundial.

Estos permiten formular los lineamientos sobre los cuales deben de ir encaminadas las variables de medición para poder evaluar el sistema productivo de las empresas.

1.1 Administración de compras e Inventarios.

Este criterio enfoca la evaluación hacia el control físico de los materiales en el interior de la planta involucrado a su vez la integración de todas las actividades necesarias para abastecer productos al mercado: desde la adquisición de materias primas fundamentales, hasta la entrega a los clientes o usuarios finales.

1.2 Coordinación de los despachos: Tiempos de entrega.

Criterio que comprende factores importantes como son: la velocidad de procesamiento, la velocidad de atención a las necesidades del mercado, los plazos de entrega y la satisfacción de sus clientes.

1.3 Mejora Continua en el Sistema Productivo.

Este criterio evalúa los esfuerzos por eliminar las pérdidas asociadas al funcionamiento y mantenimiento de las maquinas y equipos, pérdidas de material y energía (Materiales), pérdidas relacionadas con el empleo del recursos humanos (Mano de obra).

1.4 Utilización del tiempo.

Este criterio establece la utilización del tiempo de manufactura. Se enfoca en la eliminación del tiempo que no genera valor agregado al producto o servicio y por el cual el cliente no esta dispuesto a pagar.

¹⁴ Fuente: "Manufactura de Categoría Mundial". Schonberger, Richard J. 1989.



1.5 Calidad de Vida Laboral.

Este criterio se refiere a la creación y mantenimiento de áreas de trabajo más limpias, más organizadas y más seguras, es decir, se trata de evaluar la "calidad de vida" al trabajador.

1.6 Condiciones físicas de la planta.

Relacionado con la infraestructura, distribución de maquinaria y puestos de trabajo que están vinculados directamente con el flujo del proceso y la cadena de valor del producto terminado.

1.7 Conocer al cliente e Innovar el producto o servicio.

Se refiere al grado en que una empresa logra acercarse al cliente y desarrollar nuevos productos o mejorar los existentes para optimizar recursos y lograr la satisfacción del cliente. En este criterio se incluye la necesidad de generar un valor agregado al producto para crear ventajas competitivas.

2. VARIABLES DE MEDICIÓN EN MANUFACTURA DE CLASE MUNDIAL.

Las variables¹⁵ de medición se formulan en base a los criterios que se consideran en la manufactura de clase mundial¹⁶, las cuales se detallan de la manera siguiente:

Criterio 1. Administración de compras e Inventarios.

Variables de Medición:

1. Inventario de Materia Prima.
 - a. Porcentaje de materiales en inventario de materia prima. (Variable cuantitativa)
 - b. Número y origen de proveedores (Numero: Cuantitativa, Origen: Discreta).
 - c. Frecuencia de pedidos de materia prima.(Variable cuantitativa)
 - d. Tiempo desde el pedido de los materiales hasta la entrega en la planta de los mismos. (Cuantitativa).
 - e. Tiempo desde la recepción de los materiales hasta su utilización (Cuantitativa).
 - f. Políticas de inventarios en materia prima (Constante)
 - g. Restricciones de abastecimiento en tiempo y cantidad (Cuantitativas).

¹⁵ Ver Anexo 9: Tipos de variables.

¹⁶ Fuente: "Manufactura de Categoría Mundial". Schonberger, Richard J. 1989.



2. Inventario de trabajo en proceso (WIP).
 - a. Números de almacenamientos temporales durante el flujo del proceso. (Cuantitativa).
 - b. Tiempo promedio de estancia de los materiales en los almacenamientos de proceso (Cuantitativa).
 - c. Numero de unidades almacenadas en cada estación de trabajo (Cuantitativa).
 - d. Porcentaje de materiales en proceso de fabricación (Cuantitativa).
 - e. Políticas de inventarios en producto en proceso (Constante)
 - f. Numero de paros por falta de insumos (Cuantitativa).
3. Inventario de Producto Terminado.
 - a. Cantidad de producto terminado en bodega (Cuantitativa).
 - b. Tiempo de permanencia del producto terminado en la bodega (Cuantitativa).
 - c. Políticas de inventarios en producto terminado (Constate).

Criterio 2: Coordinación de los despachos: Tiempos de entrega.

Variables de medición:

- a. Tiempo de producción total (Cuantitativa)
- b. Producción real, capacidad instalada y promedio de la demanda (Cuantitativa)
- c. Tiempo requerido en plazo de entrega al mercado (Cuantitativa).
- d. Grado de cumplimiento con los plazos de entrega (Cualitativa).
- e. Número de quejas recibidas por parte de los clientes (Cuantitativa).
- f. Tamaño de los lotes de producción por cada producto (Cuantitativa).

Criterio 3: Mejora Continua en el Sistema Productivo.

Variables de Medición:

- a. Inventario y control de fallas en la maquinaria (Cuantitativa).
- b. Diseño y numero de instrumentos y/o dispositivos para facilitar las operaciones (Cuantitativa).
- c. Inversión de tiempo y dinero para entrenar a los operarios (Cuantitativa).
- d. Cantidad de productos defectuosos (Cuantitativa).
- e. Perdidas por causa de sobreproducción (Cuantitativa).
- f. Mejoras en los métodos de trabajo (Cualitativa).
- g.** Cantidad y tipo de instrucciones visuales para facilitar el proceso de manufactura (Cantidad: Cuantitativa, Tipo: Cualitativa).



Criterio 4: Utilización del tiempo.

Variables de medición:

- a. Tiempo de ajustes que recibe la maquinaria (Cuantitativa).
- b. Tiempo y distancia de transporte de la materia prima en la planta (Cuantitativa).
- c. Tiempo y distancia de transporte de productos en proceso (Cuantitativa).
- d. Tiempo y distancia de transporte de producto terminado (Cuantitativa).
- e. Tiempo invertido en tareas correctivas (Cuantitativa).

Criterio 5: Calidad de Vida Laboral.

Variables de Medición:

- a. Orden en la planta y puestos de trabajo (Cualitativa).
- b. Limpieza de los puestos de trabajo (Cualitativa).
- c. Disciplina y respeto por las normas del puesto de trabajo (Cualitativa).
- d. Incentivos morales y económicos al empleado (Cualitativo y cuantitativo).
- e. Equipos de protección personal: ojos, oídos, manos (Cualitativa).
- f. Disponibilidad de las herramientas para realizar la tarea (Cualitativa).

Criterio 6: Condiciones físicas de la planta.

Variables de Medición:

- a. Tipo de distribución de la planta (Cualitativa).
- b. Grado de automatización en puntos estratégicos de los procesos (Cualitativa).
- c. Numero de retrocesos dentro proceso productivo (Cuantitativa).
- d. Cantidad de puestos de trabajo (Constante).
- e. Iluminación y ventilación de las áreas de trabajo (Cualitativa)

Criterio 7: Conocer al cliente e Innovar el producto o servicio.

Variables de Medición:

- a. Desarrollo de nuevos productos (Cualitativa).
- b. Ajustes a las necesidades del cliente (Cualitativa).



D. UNIVERSO Y MUESTRA DE INVESTIGACIÓN.

1. UNIVERSO.

El universo sujeto de investigación esta compuesto por 74 empresas pertenecientes al grupo 381 de la CIIU, que se dedica a la FABRICACIÓN DE PRODUCTOS METÁLICOS, EXCEPTUANDO MAQUINARIA Y EQUIPO, registradas oficialmente en la Dirección General de Estadísticas y Censos (DIGESTYC) del Ministerio de Economía.¹⁷

2. MUESTRA.

Para determinar el tamaño de la muestra se utilizará la ecuación de muestreo aleatorio simple para poblaciones finitas.¹⁸

$$n = \frac{Z^2 * p * q * N}{(N - 1)E^2 + Z^2 * p * q}$$

Ecuación 3. : Muestreo Aleatorio simple.
Fuente: Muestreo: Diseño y Análisis". Sharon L. Lohr

Donde:

N = Tamaño de la Población

n = Tamaño de la Muestra.

Z = Coeficiente de confianza de la Investigación

E = Error muestral.

p = Probabilidad de éxito.

q = Probabilidad de Fracaso (P-1).

Donde se espera que los resultados sean confiables en un 90%, lo que significa un nivel de confianza de 1.65 (Z= 1.65).

Cálculo del Tamaño de la Muestra.

N = 74 empresas.

Z = 1.65

E = 0.10

p = 0.50 Probabilidad de aceptación del instrumento.

q = 0.50 Probabilidad de rechazo del instrumento.

¹⁷ Ver anexo 10: Grupo 381 de la CIIU.

¹⁸ Fuente: "Muestreo: Diseño y Análisis". Sharon L. Lohr



Los valores de “p” y “q”, asumen la misma probabilidad porque se maximiza el tamaño de la muestra al no existir estudios previos relacionados con lean manufacturing.

$$n = \frac{(1.65)^2 * (0.50) * (0.50) * 74}{(74 - 1)(0.10)^2 + (1.65)^2 * (0.50) * (0.50)} = 35.71$$

Por lo que el tamaño de la muestra será de **36 empresas**.

E. EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO PARA MEDIR LAS VARIABLES EN MANUFACTURA DE CLASE MUNDIAL.

1.0 LA MEDICIÓN.

El instrumento de recolección de datos está orientado a crear las condiciones para la medición. Los datos son conceptos que expresan una abstracción de la realidad, de lo susceptible de ser percibido por los sentidos de manera directa o indirecta.

Se miden variables, y una variable es un concepto susceptible de medición y cuantificación, referidas a características en la realidad de la manufactura de clase mundial. Significa, entonces, que la realidad se puede conocer en términos de las variables anteriormente definidas.

2.0 LAS TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

La recolección de datos se refiere al proceso de obtención de información empírica que permita la medición de las variables en las unidades de muestreo¹⁹, a fin de obtener los datos necesarios para el estudio, las cuales se clasifican de la manera siguiente²⁰:

- ✓ La Observación.
- ✓ La Entrevista.
- ✓ El Cuestionario.

3.0 CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE LA(S) TÉCNICA(S) DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

Los criterios para la selección de la(s) técnica(s) de recolección de datos depende de:

- a. La naturaleza del estudio a desarrollar.
- b. El universo bajo estudio, el tamaño y tipo de muestra de las unidades de análisis donde se va a realizar el estudio.

¹⁹ Para el presente estudio, la unidad de muestreo es una (1) empresa.

²⁰ Ver Anexo 11: Las Técnicas de Recolección de Datos: Ventajas y Desventajas.



- c. La disponibilidad de los recursos con que se cuenta para la investigación (dinero, tiempo, recurso humano).
- d. La definición de la unidad de análisis, el tipo y confiabilidad de la fuente de datos.

4.0 EVALUACIÓN.

4.1 MÉTODO DE EVALUACIÓN POR PUNTOS.

El método de evaluación por puntos es una técnica a través de la cual se asignan ciertas cantidades de valor llamadas puntos (peso) a cada uno de los criterios de las opciones asignadas. Dentro de este sistema se compara como cada opción identificada satisface cada uno de los criterios establecidos y se asigna a cada opción una nota en cada criterio.

4.2 APLICACIÓN DEL MÉTODO DE EVALUACIÓN.

Primero se establece la técnica de recolección de información con su respectiva variante:

Nº	Técnicas de recolección.	Opciones de instrumentos de recolección.
1	Observación	Estructurada.
		No estructurada o participante.
2	Entrevista	Dirigida o estructurada.
		No dirigida o no estructurada.
3	Cuestionario	Estructurado o con preguntas cerradas.
		No estructurado o con preguntas abiertas.
		Combinado o con preguntas cerradas y abiertas.

Tabla Nº 19: Técnicas de recolección de datos.

Fuente: Investigación de operaciones. El arte de la toma de decisiones, Kamlesh Mathur Daniel Solow

A continuación se establecen los criterios con que se evaluara cada una de las opciones de los instrumentos de recolección:

Nº	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	PESO (%)
1	La naturaleza del estudio y el tipo de investigación.	27
2	El universo bajo estudio: tamaño y tipo de muestra de las unidades de análisis donde se va a realizar el estudio.	23
3	La disponibilidad de los recursos con que se cuenta para la investigación (dinero, tiempo, personal).	20
4	La definición de la unidad de análisis, el tipo y confiabilidad de la fuente de datos.	16
5	La oportunidad para realizar el estudio en función del tipo de investigación.	14
TOTAL		100

Tabla Nº 20: Criterios de evaluación en las técnicas de recolección de datos.

Fuente: Elaboración de Grupo.



- **Evaluación de las alternativas.**

Antes de evaluar las opciones para recopilar los datos, se establecen los niveles de calificación, que son tres: 0, 5 y 10, que luego se multiplican por el factor de peso correspondiente al criterio evaluado, utilizados de la manera siguiente:



INSTRUMENTO		Entrevista				Cuestionario						Observación			
Opciones de los instrumentos de recolección de datos:		Estructurada		No estructurada		Estructurado		No estructurado		Combinado		No estructurada		Estructurada.	
CRITERIO	Peso	Calif.	Punt.	Calif.	Punt.	Calif.	Punt.	Calif.	Punt.	Calif.	Punt.	Calif.	Punt.	Calif.	Punt.
La naturaleza del estudio y el tipo de investigación.	27%	5	1.35	0	0.00	10	2.70	5	1.35	10	2.7	0	0	5	1.35
El universo bajo estudio: tamaño y tipo de muestra de las unidades de análisis.	23%	0	0.00	0	0.00	10	2.30	0	0.00	10	2.3	5	1.15	5	1.15
La disponibilidad de los recursos con que se cuenta para la investigación.	20%	5	1.00	5	1.00	5	1.00	5	1.00	5	1	5	1	0	0.00
La definición de la unidad de análisis, el tipo y confiabilidad de la fuente de datos.	16%	5	0.80	5	0.80	5	0.80	5	0.80	5	0.8	0	0	5	0.80
La oportunidad para realizar el estudio en función del tipo de investigación.	14%	10	1.40	0	0.00	0	0.00	0	0.00	10	1.4	0	0	0	0.00
TOTAL	100%	3.85		1.80		6.80		3.15		8.2		2.15		3.30	

Niveles de Calificación:

0 puntos: corresponde a que el instrumento no es el adecuado y por ende reduce las posibilidades de que sea seleccionado.

5 puntos: opción del instrumento tiene un desempeño regular, puede que sea adecuada su selección pero es probable que otro ofrezca mayores ventajas.

10 puntos: opción que cumple con el criterio evaluado de la mejor manera, supera a las otras opciones y por ende son mayores las posibilidades de que sea seleccionado.

Tabla N° 21: Evaluación de las alternativas de recolección de datos.

Fuente: Elaboración de grupo.

La evaluación presentada anteriormente, define que es preferente en primer el cuestionario combinado o con preguntas abiertas y cerradas, en segundo lugar el cuestionario estructurado y en tercer una entrevista estructurada; por tanto el instrumento de recolección de datos estará compuesto por un cuestionario combinado.



F. DISEÑO DEL INSTRUMENTO.

1. Formulación del instrumento.

El instrumento de investigación se diseña tomando en cuenta los criterios y las variables más importantes en una manufactura de clase mundial; su macro estructura esta constituida por siete criterios reflejados en 40 preguntas²¹.

2. Prueba piloto.

2.1 Descripción del método.

El Método para el desarrollo de la prueba piloto del instrumento de diagnóstico en la industria metal-metálica puede redactarse en seis actividades, de la manera siguiente:

<i>Actividad</i>	<i>Descripción</i>
1. Enlistar las empresas para la realización de la prueba piloto: Universo de investigación.	Se presentan las empresas que cumplan las características de: pertenecer al sector y de encontrarse dentro de la muestra definida para el estudio.
2. Definir 2 empresas sujetas a la realización de la prueba piloto.	Para la escogitación de las empresas se utiliza el criterio de representatividad de la industria, según las actividades de la empresa seleccionada.
3. Realización de la prueba. Recopilar la Información	Realización de la prueba piloto en las empresas seleccionadas utilizando el instrumento preliminar..
4. Interpretar y analizar los resultados.	Los resultados obtenidos en el punto anterior se deben interpretar para verificar que las respuestas obtenidas se enfocan en los resultados que se esperan obtener.
5. Realización de mejoras en el instrumento.	Durante la recopilación de la información o en el análisis de resultados se realizan ajustes del instrumento comprobando la claridad de cada una de las preguntas y que éstas cumplan los objetivos establecidos de lograr medir los criterios definidos.
6. Redacción definitiva del instrumento de investigación.	El instrumento definitivo se replantea con las correcciones respectivas. El instrumento esta listo para utilizarse en el campo de investigación.

Tabla N° 22: Método para prueba piloto del instrumento de diagnóstico.

Fuente: Elaboración de grupo

²¹ Ver Anexo 12: INSTRUMENTO DE DIAGNOSTICO.



2.2 Descripción de los resultados de la prueba piloto.

Posteriormente al desarrollo de la prueba piloto se verifica la necesidad de realizar las siguientes actividades:

- a. Reducir el número de preguntas mediante la fusión de las que poseen mayor semejanza.
- b. Replantear preguntas que se interpretan en forma errónea.
- c. Enmarcar las posibles respuestas de algunas preguntas que se plantean preliminarmente en forma abierta.

G. RESULTADOS DEL DIAGNOSTICO.

Los resultados del diagnostico se tabulan y analizan en base al 81% de la proyección de la muestra definida con anterioridad ($n_{\text{teórico}}=36$ empresas, $n_{\text{real}}= 29$ empresas), obedeciendo a las siguientes causas:

- a) Falta de colaboración de las empresas²² y
- b) La respuesta tardía en algunos casos.

Por tanto, el margen de error que inicialmente se presenta con un 10%, se incrementa a 12% y los resultados definitivos que se obtienen en el diagnostico a la industria metalmeccánica se tabulan en el anexo 13.

Partiendo de los 7 tipos de desperdicios descritos en el marco teórico, se realiza una agrupación y clasificación de las preguntas y repuestas obtenidas en el diagnostico de la industria, resumidas en la siguiente grafica:

²² Ver anexo 14 y 15: Clasificación de las empresas que colaboran y las que niegan su participación.

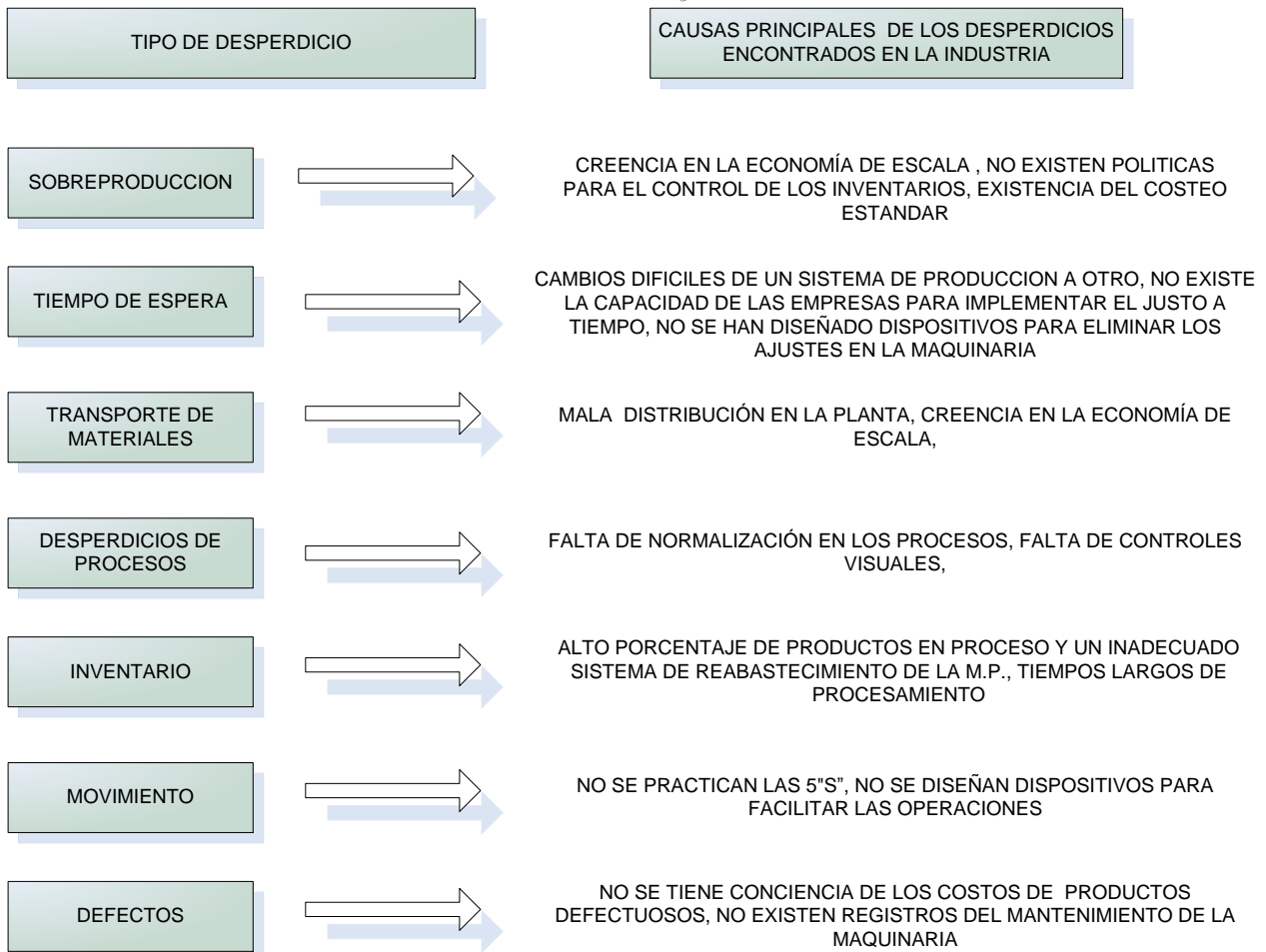


Figura N° 35: Conclusiones del diagnostico a partir de los 7 tipos de desperdicios.
Fuente: Anexo 16: Espina de pescado para los 7 tipos de desperdicios.

1. DESCRIPCIÓN DE LOS DESPERDICIOS.

1.1 SOBREPDUCCION EN LA INDUSTRIA.

Los resultados obtenidos en el diagnostico indican que el 31% de las empresas (aproximadamente tres de cada diez empresas) tienen un inventario de producto terminado entre el 41% y 60% de la sumatoria de los inventarios de la empresa²³.

²³ Incluyen: Inventario de Materia Prima, Producto en Proceso y Producto terminado.



1.2 TIEMPOS DE ESPERA.

En la industria metalmecánica se determina que aproximadamente 6 de cada 10 empresas tienen maquinaria que requiere de ajustes importantes y difíciles antes de iniciar la producción o al momento de cambiar de un sistema de producción a otro, dicho cambio de sistema de producción se manifiesta a diario en el 55% de los casos particulares de cada empresas. Al mismo tiempo el 52% de las empresas tienen como máximo un 20% de los operarios multidiestros (es decir 8 de cada 10 operarios no pueden ejecutar todas las labores de la empresa). Además, el 72% de las empresas no invierten recursos para capacitar al personal operativo, con el propósito de orientarlos a una manufactura autónoma y de calidad

Estas dos razones: largos tiempos de puesta a punto y Monopolios de las habilidades o actividades, son la raíz del árbol que tiene como frutos los tiempos de esperas.

1.3 TRANSPORTES O MOVIMIENTO DE MATERIALES.

El 72% de las empresas de la industria metalmecánica poseen una distribución en planta organizada por departamentos, lo cual genera transportes del material en proceso o de piezas semiterminadas, y la mitad de estas tiene un patrón de flujo descrito en “zigzag”, siendo este patrón de flujo uno de los que causan mayor transporte de producto en proceso (W.I.P.)²⁴.

Por otra parte el 86% de las empresas tienen más de 2 días el inventario de producto en proceso lo que ocasiona almacenamientos temporales entre operaciones y esfuerzos redundantes en este periodo.

1.4 DESPERDICIOS DE PROCESOS.

El 83% de las empresas no emplean instrucciones visuales en el proceso, como las sugeridas en manufactura esbelta, lo cual indica que las operaciones están sujetas a la experiencia o el criterio de cada operario y esta experiencia o criterio pueden ser causas de reprocesos de materiales.

²⁴ W.I.P.: Work in Process o Trabajo en Proceso.



Por otra parte, cuando se producen artículos defectuosos el 62% de las empresas sigue produciendo y más de la mitad de este (el 48%) tienen como resultado el reproceso de los materiales e inversión adicional de tiempo en mano de obra directa.

Aproximadamente 7 de cada 10 de las empresas sujetas a estudio no tienen grupos de mejora en la planta para identificar oportunidades de mejoras en los procesos.

1.5 DESPERDICIO INVENTARIO.

Aproximadamente 7 de cada 10 empresas no tienen políticas para controlar los inventarios de materia prima, producto en proceso y producto terminado de la empresa.

El 55% de los materiales utilizados en la industria metalmecánica tienen proveedores de origen nacional, lo cual ofrece una ventaja para disminuir los niveles de inventario de materia prima.

Por otra parte, el 55% de las empresas tienen inventarios de materia prima por más de cuatro semanas, y lo hacen porque tienen restricciones de abastecimiento en tiempo y cantidad.

1.6 DESPERDICIO MOVIMIENTO.

Este tipo de desperdicio sucede en el 72% de las empresas ya que están organizadas por departamentos y se relaciona con el desperdicio transporte porque esta actividad requiere de al menos un operario, invirtiendo tiempo en movimientos innecesarios.

Otro fenómeno que causa desperdicio de movimiento es la existencia de puestos de trabajos desordenados y sucios, y esto se presenta en el 83% de las empresas teniendo más de la mitad de los puestos de trabajos desordenados y sucios.

1.7 DESPERDICIO DEFECTOS.

En este apartado puede afirmarse que el 100% de las empresas responden que si fabrican productos defectuosos y solamente el 40% investiga el origen de los defectos y los corrige en el mismo instante en el cual se detectan.



2. DIAMANTE DE COMPETITIVIDAD.

Es el sistema gestor de las ventajas competitivas empresariales y promotor de la integración horizontal y vertical de éstas. Fue planteado por Michael Porter, quien establecía que el desarrollo industrial se centra en cómo ser más competitivos, estableciendo las condiciones para un crecimiento rápido y sostenido de la productividad, sabiendo que la riqueza se crea a nivel microeconómico, es decir, en la habilidad empresarial para producir bienes y servicios eficientemente. El diamante de Porter permite identificar lo que determina la competitividad en el nivel microeconómico en dos áreas básicas de análisis:

- ✓ La operación y estrategia de las empresas o unidades de producción.
- ✓ El clima prevaleciente para los negocios.

Existen cuatro aspectos básicos en el clima de negocios que determinan las ventajas competitivas de las unidades de producción, los cuales se muestran en la Figura N°. 36.

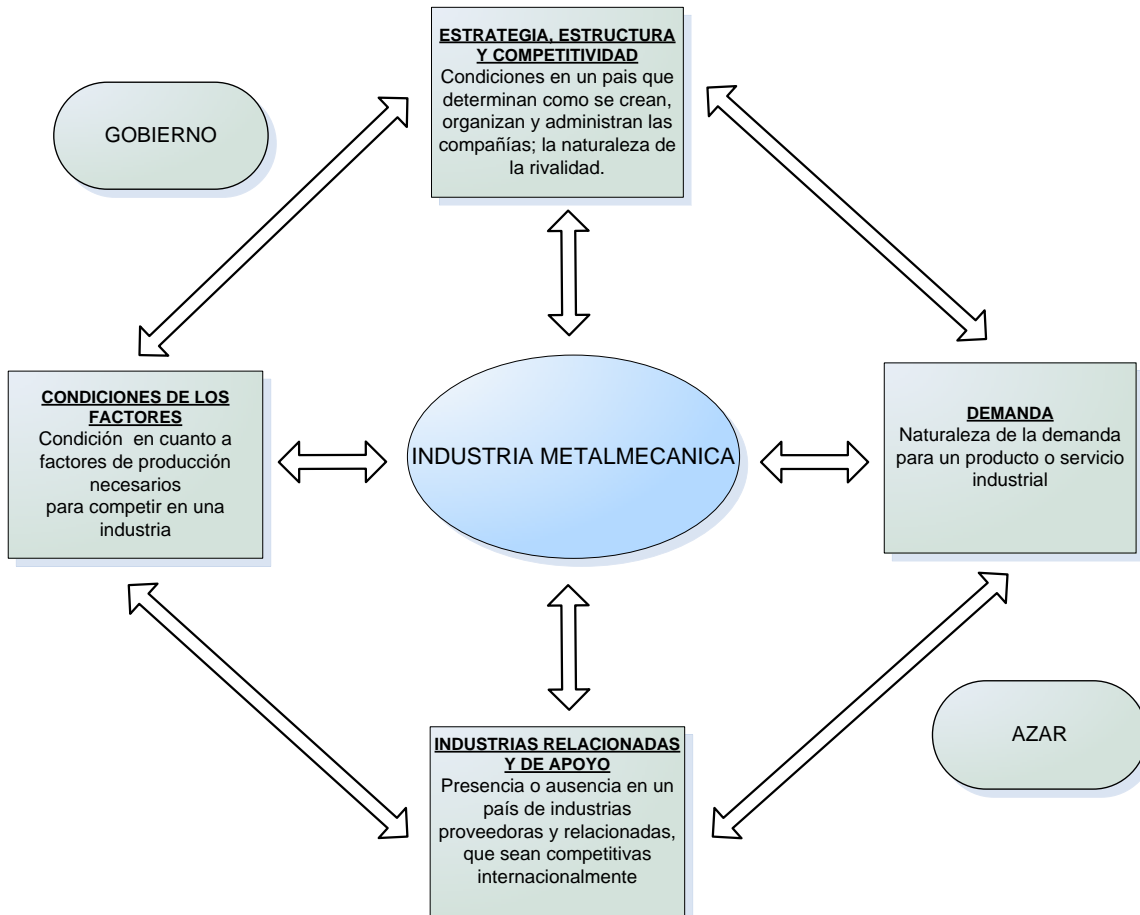


Figura N° 36: Estructura del diamante de Porter
Fuente:



2.1 Condiciones de los factores

En la fabricación de productos metálicos los factores primordiales que inciden en la competitividad son: procesos empleados, mano de obra y sistemas de entregas justo a tiempo.

a. Procesos empleados

En la actualidad la industria metalmeccánica emplea una distribución por proceso que origina elevados niveles de inventarios entre operaciones, mientras que la manufactura esbelta establece que un proceso competitivo se basa en la producción de bienes que tiene como base un flujo unitario, así cada proceso evita los transportes y almacenamientos temporales.

b. Mano de obra

Considerando los métodos tradicionales de manufactura y la utilización de los niveles técnicos demandados, se establece que los recursos humanos constituyen un factor determinante en el sistema de producción de la industria, dado que la industria requiere de operarios que sean técnicamente capaces de desarrollar las habilidades que requieren todas las operaciones características de la industria.

c. Sistema de Entregas.

La industria metalmeccánica se caracteriza por un constante atraso en la entrega de los bienes manufacturados, tanto en cantidad como en el tiempo que se establecen en una orden de fabricación; lo que genera una diferencia entre la realidad salvadoreña y un sistema de entregas justo a tiempo que supone entregar los bienes que se necesitan en la cantidad que se necesitan cuando se necesitan.

2.2 Demanda.

Las fuerzas que determinan las condiciones de la demanda local para los productos fabricados por la industria son: por una parte, el tamaño de la demanda, que refleja el volumen en el consumo de productos. Por otra parte, las cualidades de la demanda local determinan las características del mercado local.

**a. Tamaño de la demanda interna.**

En general la mayor parte de la producción de la industria es para el consumo nacional ya que muy pocas empresas exportan sus productos. La demanda proviene en su mayor parte del sector privado, aunque existen casos particulares donde empresas desarrollan proyectos para el gobierno central o las municipalidades por medio de las licitaciones que estos realizan.

b. Cualidades de la demanda local

El grado de conocimiento en cuanto al uso y aplicación de los productos metálicos es mayoritariamente de tipo empírico ya que en muy pocas ocasiones empresas del sector reciben proyectos donde se requieran de la aplicación de conocimientos tecnológicos avanzados o normas técnicas internacionales. La demanda permite que la generación de nuevos productos no tenga un alto grado de complejidad, la mayoría de mejoras de los productos se da por la experiencia en el uso de estos o por la adopción de tendencias y no por áreas dentro de la empresa encargadas del desarrollo de nuevos productos. Es necesario mencionar que las mejoras realizadas a los productos son para facilitar el proceso productivo y no para proporcionar a los clientes o usuarios un valor agregado.

2.3 Industrias relacionadas y de apoyo

La ventaja competitiva de abastecimiento en una cadena productiva esta en términos de un numero mínimo proveedores especializados y que representen para las empresas el aliado numero uno. Dicha ventaja desaparece cuando los proveedores se multiplican y distan de una especialización para el de abastecimiento de los insumos.

a. Proveedores

La provisión local beneficia la velocidad en el tiempo de abastecimiento y la relación que existe entre los proveedores y las empresas, ya que la comunicación se vuelve constante y fluida entre ambas partes. El resultado final de un acuerdo no sincronizado entre empresas y proveedores salvadoreños son los altos niveles de inventarios en las empresas que fabrican productos metálicos.

**b. Aporte a otras industrias.**

El aporte a otras industrias como la construcción, determina las exigencias que deben ser cubiertas por la metalmecánica porque son estas industrias los clientes externos inmediatos que han de especificar y exigir el nivel competitivo.

2.4 Estrategia de empresa, estructura y competitividad

Uno de los aspectos que conduce a una estructura de competitividad en la industria es el grado de participación en los mercados que está conformado por la exclusividad de los productos. La mayor parte de empresas se impulsan hacia una diversificación de sus productos; sin embargo existe un grupo que trabaja en base a proyectos y cada uno de sus productos finales son diferentes.

Generalmente están constituidas como sociedades anónimas, sin embargo existen casos donde son establecidas por un único propietario y sus tamaños van desde pequeñas hasta grandes empresas según la clasificación de CONACYT.

a. Competitividad.

No existe una orientación clara de negocios por parte de los agentes involucrados en las fases de producción y comercialización de los productos, por tanto, se carece de estrategias que orienten las acciones en un sentido claro y específico, tampoco está presente la rivalidad entre empresas que fomente la competitividad.

b. Cooperación

La cooperación entre compañías es prácticamente inexistente, se alcanza algún grado de colaboración por medio de asociaciones industriales como la Asociación Salvadoreñas de Industriales (ASI), Instituto Salvadoreño de Formación Profesional (INSAFOR), Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), quienes proporcionan capacitaciones y asesorías.

2.5 Gobierno.

Entre las instituciones gubernamentales que se encuentran presentes en El Salvador y que brindan apoyo a la metalmecánica se encuentran: el Ministerio de Economía (MINEC)



y el Consejo Nacional para la Ciencia y Tecnología (CONACYT). En el caso del MINEC, se presentan antecedentes en la creación de un Cluster de la Metalmecánica, que pretende conocer las preferencias de clientes externos y en el caso de CONACYT, ha brindado apoyo técnico en los procesos productivos.

El gobierno es un agente que influye en la mano de obra de los sistemas productivos, en las condiciones de la demanda, en la relación con proveedores y en la calidad y cantidad de estrategias competitivas del sector.

2.6 Azar y hechos fortuitos

Este es un factor que no representa una fuerza negativa o positiva en la industria metalmecánica, puesto que los fenómenos naturales o fortuitos no ejercen variantes en la demanda y oferta de los productos.



H. ELECCIÓN DE UNA EMPRESA MODELO.

La empresa que sirve como modelo debe ser representativa del sector y se utiliza como fuente de información puntual que es la base de identificación en los principales tipos de desperdicios mediante un análisis de la cadena de valor. Para la selección de la empresa modelo se emplea el “*Proceso de Jerarquía Analítica*” (PJA), este método se basa en comparaciones entre las posibles soluciones y cada uno de los criterios; luego se determina cual es la importancia relativa de cada criterio, para finalmente obtener las ponderaciones de cada solución. La aplicación de este proceso se describe en los siguientes pasos:

1. Descomponer el problema de decisión en una jerarquía de elementos interrelacionados, identificando:

a. Meta general:

Determinar la empresa modelo dentro del grupo 381 de la CIU, para la elaboración del microdiagnostico, y así lograr diseñar el programa de reducción de desperdicios utilizando las diferentes técnicas que integran la Manufactura Esbelta.

b. Criterios de evaluación:

Los criterios para la evaluación de las empresas son obtenidos por medio de una lluvia de ideas de los miembros del grupo y discutidos con los docentes asesores. Los criterios empleados para la evaluación son los siguientes:

- I. Identificación de la posibilidad de usar todas las herramientas de Manufactura Esbelta (APLICACIÓN): La empresa seleccionada no deberá excluir en forma directa la aplicación de una herramienta de Manufactura Esbelta.
- II. Interés por competir con manufactura de clase mundial (INTERÉS): La empresa modelo debe presentar antecedentes en los cuales se refleje interés en la participación de mercados extranjeros.
- III. Representatividad de la empresa en la rama industrial en la que se desenvuelve (REPRESENTATIVIDAD): Se refiere al tipo y cantidad de procesos que se realicen en la empresa y que ejemplifiquen los procesos que se realicen en las demás empresas del sector.



- IV. Colaboración en el desarrollo del trabajo de investigación (COLABORACIÓN): Mide la accesibilidad por parte de la empresa para proporcionar información específica y detallada del proceso productivo.
- V. Disposición de cambio por parte de la empresa (DISPOSICIÓN): Evalúa la flexibilidad de las empresas para implementar las mejoras propuestas.

c. Posibles Soluciones:

Para establecer la empresa modelo en la que se realiza el diagnóstico es necesario seleccionar un grupo de empresas modelo, lo que hace necesario establecer *condiciones filtro* para lograr identificarlas como posibles candidatas; los filtros empleados para obtener estas empresas se detallan a continuación:

Filtro 1: Las empresas deben pertenecer a la división 381 de la CIUU.

Filtro 2: Deben estar contempladas dentro de la muestra real para la realización del diagnóstico del sector.

Filtro 3: Debe poseer características tipos identificadas en el diagnóstico del sector, las cuales se detallan a continuación:

- ✓ Poseer una distribución en planta por departamentos.
- ✓ La base de la producción debe ser por órdenes de fabricación.
- ✓ Falta de instrucciones visuales para facilitar el proceso productivo.
- ✓ Participación en las exportaciones.
- ✓ Aporte a otros sectores de la economía.
- ✓ Empresa clasificada como grande según la clasificación de CONACYT.²⁵

Tomando en cuenta los filtros anteriores, se identifican seis empresas que están presentes en la muestra real de la industria y cumplen los filtros anteriores; sin embargo, con el propósito de conservar la identidad de las empresas se denominarán EMP:

²⁵ Anexo 17: Clasificación del tamaño de las empresas según CONACYT.



Preselección de empresas modelo
EMP1 S.A. de C.V.
EMP2 S.A. de C.V.
EMP3 S.A. de C.V.
EMP4 S.A. de C.V.
EMP5 S.A. de C.V.
EMP6 S.A. de C.V.

Tabla N° 23: Preselección de empresas modelo.
Fuente: Directorio de Empresas de la DIGESTYC.

2. **Desarrollo de una matriz de comparación:** Se debe desarrollar la matriz de comparación por pares de soluciones para cada uno de los criterios, estableciendo según la importancia relativa entre ambas soluciones consideradas. La importancia se establece a partir de la escala siguiente:

Clasificación	Descripción
1	El mismo grado de preferencia
3	Un grado moderado de preferencia
5	Un fuerte grado de preferencia
7	Un grado muy fuerte de preferencia
9	Un grado extremadamente de preferencia

Tabla N° 24: Escala de importancia en la evaluación de la empresa tipo.
Fuente: Elaboración de grupo.

Se asignan valores recíprocos cuando la segunda alternativa es preferida a la primera, como por ejemplo: 1/9, 1/7, 1/5, 1/3; El valor de 1 es siempre asignado a la comparación de una alternativa con sí misma.

Para ejemplificar el proceso de evaluación, se presenta la evaluación que corresponde para el primer criterio: “Identificación de la posibilidad de usar todas las herramientas de Manufactura Esbelta”, completando el resto del proceso en el anexo 18.



COMPARACIÓN PARA IDENTIFICAR LA POSIBILIDAD DE EMPLEAR TODAS LAS HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA						
	EMP1	EMP2	EMP3	EMP4	EMP5	EMP6
EMP1	1.0000	0.2000	0.3333	5.0000	5.0000	3.0000
EMP2	5.0000	1.0000	3.0000	7.0000	9.0000	5.0000
EMP3	3.0000	0.3333	1.0000	5.0000	7.0000	3.0000
EMP4	0.2000	0.1429	0.2000	1.0000	3.0000	0.3333
EMP5	0.2000	0.1111	0.1429	0.3333	1.0000	0.3333
EMP6	0.3333	0.2000	0.3333	3.0000	3.0000	1.0000
SUMA	9.7333	1.9873	5.0095	21.3333	28.0000	12.6666

Tabla N° 25.: Matriz de comparación del primer criterio.
Fuente: Elaboración de Grupo.

3. **Desarrollo de una matriz normalizada:** mediante una división de cada número de una celda de la matriz de comparación por pares por la suma total de la columna.

MATRIZ NORMALIZADA						
	EMP1	EMP2	EMP3	EMP4	EMP5	EMP6
EMP1	0.1027	0.1006	0.0665	0.2344	0.1786	0.2368
EMP2	0.5137	0.5032	0.5989	0.3281	0.3214	0.3947
EMP3	0.3082	0.1677	0.1996	0.2344	0.2500	0.2368
EMP4	0.0205	0.0719	0.0399	0.0469	0.1071	0.0263
EMP5	0.0205	0.0559	0.0285	0.0156	0.0357	0.0263
EMP6	0.0342	0.1006	0.0665	0.1406	0.1071	0.0789

Tabla N° 26: Matriz normalizada del primer criterio.
Fuente: Elaboración de Grupo.

4. **Desarrollar el vector prioridad para el criterio:** calculando el promedio de cada fila de la matriz normalizada. Este promedio por fila representa el Vector de Prioridad de la Alternativa respecto al criterio considerado.

EMP.	PROMEDIO
EMP1	0.1533
EMP2	0.4433
EMP3	0.2328
EMP4	0.0521
EMP5	0.0304
EMP6	0.0880

Tabla N° 27: Vector prioridad para el primer criterio.
Fuente: Elaboración de grupo.

5. **Determinar la congruencia:** la congruencia de las opiniones utilizadas en la matriz de comparación por pares puede ser determinada a través de la consistencia (congruencia).



Se multiplican los valores del promedio por cada una de las comparaciones relativas de la matriz normalizada, dichos valores se suman y posteriormente se dividen con el promedio de la solución evaluada.

EMP.	MEDICIÓN DE CONGRUENCIA
EMP1	6.5003
EMP2	6.7375
EMP3	6.7791
EMP4	6.0121
EMP5	6.2528
EMP6	6.2830

Tabla N° 28: Medición de congruencia para el primer criterio.
Fuente: Elaboración de grupo.

El “Índice de Congruencia” IC, se calcula tomando los valores de la medición de congruencia y se obtiene el promedio, posteriormente se le resta el valor de “n”, es decir el total de posibles soluciones y se divide entre “n-1”. Como se muestra en la siguiente formula:

$$IC = \frac{\left(\frac{6.5003 + 6.7375 + 6.7791 + 6.0121 + 6.2528 + 6.2830}{6} \right) - 6}{6 - 1} = 0.0855$$

Además se toma de forma directa de la Tabla N° 29, el Índice Aleatorio (I.A.), que depende del total de soluciones posibles, que para el presente caso, “n” es igual a 6, entonces IA=1.24.

Total de alternativas (n)	Índice Aleatorio
3	0.58
4	0.90
5	1.12
6	1.24
7	1.32
8	1.41

Tabla N° 29: Índices aleatorios por número de alternativas
Fuente: Investigación de operaciones. El arte de la toma de decisiones.
Kamlesh Mathur Daniel Solow

Para terminar, se debe calcular la Razón de Congruencia (RC), que consiste en dividir el Índice de Congruencia (IC) entre el Índice Aleatorio (IA).



$$RC = \frac{IC}{IA} = \frac{0.0855}{1.2400} = 0.0689$$

IC	IA	RAZÓN DE CONGRUENCIA
0.0855	1.2400	0.0689

Tabla N° 30: Razón de Congruencia para el primer criterio
Fuente: Elaboración de grupo.

Si la Razón de Congruencia es menor a 0.10 la evaluación se considera aceptable; para aquellos casos en que la razón de congruencia sea mayor a 0.10, las opiniones y juicios deberán ser consideradas nuevamente.

- 6. Desarrollar una matriz de comparación de criterios por pares:** esta matriz es similar a lo realizado para cada posible solución en los pasos 2, 3, 4 y 5.

MATRIZ DE COMPARACIÓN POR PARES PARA LOS CRITERIOS					
	APLICACIÓN	INTERÉS	REPRESENTATIVIDAD	COLABORACIÓN	DISPOSICIÓN
APLICACIÓN	1.0000	3.0000	5.0000	3.0000	7.0000
INTERÉS	0.3333	1.0000	3.0000	0.3333	5.0000
REPRESENTATIVIDAD	0.2000	0.3333	1.0000	0.2000	3.0000
COLABORACIÓN	0.3333	3.0000	5.0000	1.0000	7.0000
DISPOSICIÓN	0.1429	0.2000	0.3333	0.1429	1.0000
SUMA	2.0095	7.5333	14.3333	4.6762	23.0000

Tabla N° 31: Matriz de comparación por pares para los criterios
Fuente: Elaboración de grupo.

MATRIZ NORMALIZADA PARA LOS CRITERIOS					
	APLICACIÓN	INTERÉS	REPRESENTATIVIDAD	COLABORACIÓN	DISPOSICIÓN
APLICACIÓN	0.4976	0.3982	0.3488	0.6415	0.3043
INTERÉS	0.1659	0.1327	0.2093	0.0713	0.2174
REPRESENTATIVIDAD	0.0995	0.0442	0.0698	0.0428	0.1304
COLABORACIÓN	0.1659	0.3982	0.3488	0.2138	0.3043
DISPOSICIÓN	0.0711	0.0265	0.0233	0.0306	0.0435

Tabla N° 32: Matriz normalizada para los criterios.
Fuente: Elaboración de grupo.

	PROMEDIO	MEDICIÓN DE CONGRUENCIA
APLICACIÓN	0.4381	5.5565
INTERÉS	0.1593	5.1956
REPRESENTATIVIDAD	0.0773	5.0717
COLABORACIÓN	0.2862	5.4847
DISPOSICIÓN	0.0390	5.1331

Tabla N° 33: Medición de congruencia por criterios
Fuente: Elaboración de grupo.



IC	IA	RAZÓN DE CONGRUENCIA
0.0721	1.1200	0.0644

Tabla N° 34: Razón de Congruencia para los criterios
Fuente: Elaboración de grupo.

- 7. Determinación del vector de prioridad global:** Multiplicando los valores del vector de los criterios (paso 6), con los de la matriz de prioridad de las alternativas (paso 5). Con lo cual se obtiene el puntaje total.

	PONDERACIONES	EMP1	EMP2	EMP3	EMP4	EMP5	EMP6
APLICACIÓN	0.4381	0.1533	0.4433	0.2328	0.0521	0.0304	0.0880
INTERÉS	0.1593	0.2501	0.0919	0.1555	0.0570	0.0337	0.4118
REPRESENTATIVIDAD	0.0773	0.3803	0.1540	0.2519	0.0397	0.0653	0.1088
COLABORACIÓN	0.2862	0.0395	0.4036	0.0653	0.1480	0.0977	0.2460
DISPOSICIÓN	0.0390	0.0335	0.2471	0.4072	0.0896	0.0535	0.1690
PUNTAJE TOTAL		0.1490	0.3459	0.1808	0.0808	0.0538	0.1896

Tabla N° 35: Puntaje final de la evaluación Empresas-Criterios
Fuente: Elaboración de grupo.

8. Elección de la empresa.

Los resultados de la evaluación por el proceso de jerarquía analítica muestran que la empresa EMP2, es la que mejor se adapta a las condiciones del estudio, por lo tanto, de aquí en adelante se la denominará “EMPRESA MODELO”.

Posc.	Empresa	%
1	EMP2	34.59%
2	EMP6	18.96%
3	EMP3	18.08%
4	EMP1	14.90%
5	EMP4	8.08%
6	EMP5	5.38%

Tabla N° 36: Clasificación descendente de las empresas evaluadas
Fuente: Elaboración de grupo.



I. ANÁLISIS DE LOS DESPERDICIOS EN UN SISTEMA DE PRODUCCION.

Una vez visto el marco teórico que envuelve la manufactura esbelta y particularmente su enfoque hacia el “cero desperdicios”, y el diagnóstico de la industria metalmeccánica, se toma el caso de un sistema de producción para analizarlo con detalle.

Primero, se realizará una descripción del sistema y luego se efectuará un análisis de las pérdidas que ocurren en el proceso productivo.

El sistema de producción objeto de estudio recibe como insumo una aleación de zinc y se encarga de fundirlo e inyectarlo en moldes que varían entre 6 y 18 cavidades, luego las piezas pasan a tomoleado, limado, esmerilado, troquelado, taladrado, ensamble, pintura, empaclado y su posterior entrega a la unidad de Almacén, que procederá a su expedición.

Para facilitar la comprensión de todas las etapas del proceso productivo, desde la recepción de las materias primas hasta la expedición del producto final, se elabora un Diagrama Funcional de Bloques, presentado en la Figura N° 37.

1. ENTRADAS DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN.

1.1 Recepción de las órdenes de producción.

Se recibe por parte del Departamento de Planificación, un reporte de producción programado para un mes, con la siguiente información:

Programación de la producción				
Mes: Abril de 2006				
Día de inicio	Día de Finalización	Código	Cantidad	Línea
01-Abril-2006	31- Abril -2006	Producto A	48,413 Un.	Línea A
01- Abril -2006	31- Abril -2006	Producto A	35,783 Un.	Línea B
01- Abril -2006	31- Abril -2006	Producto B	42,098 Un.	Línea C

Tabla N° 37: Programación de la producción en la empresa modelo.
Fuente: Empresa modelo

1.2 Descripción de materia prima y materiales.

- **Materia Prima:**

Existen tres materias primas que se utilizan en la elaboración de los productos A y B en la empresa modelo, que son:

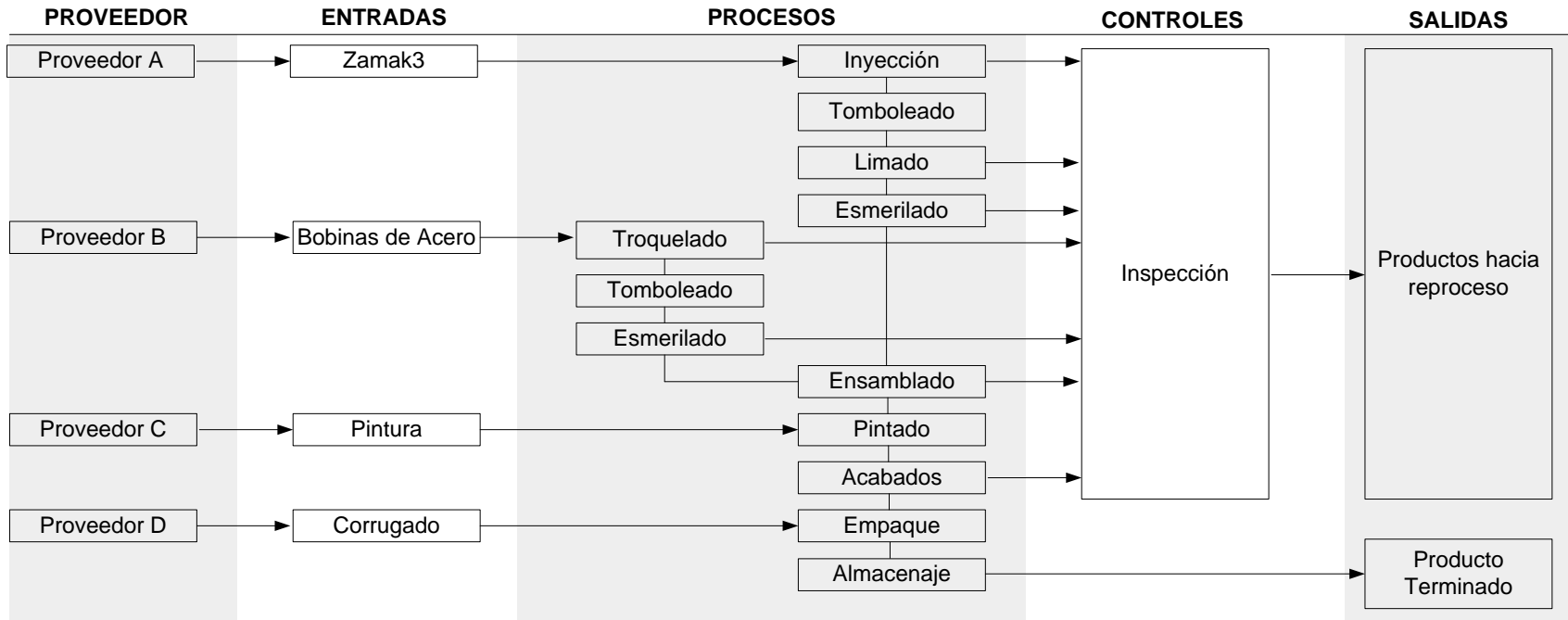


Figura N° 37: Diagrama Funcional de Boques del proceso en la empresa modelo.
Fuente: Elaboración de grupo.



- ZAMAK 3: Aleación de aluminio, cobre, magnesio y Zinc.
- Bobinas de Acero al Carbono AISI 1020 de 20mm de ancho x 3mm de espesor.
- Bobinas de Acero al Carbono AISI 1020 de 114mm de ancho x 3mm de espesor.
- **Insumos.**
 - Taladrina, la cual es utilizada para enfriar las piezas que se sacan de las cavidades del(os) molde(s).
 - Pintura en polvo, Certene Muehlstein (Polietileno de baja densidad).
 - Aceite SAE 40.

1.3 Mano de obra requerida.

Con objeto de desarrollar las actividades previstas y un funcionamiento adecuado del sistema de producción, se requiere de 70 operarios y 10 administrativos, distribuidos en un turno de 10 horas (de 7 a.m. a 5 p.m.) de lunes a viernes.

2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN.

En el proceso de fabricación se requiere de una serie de operaciones que son indispensables para obtener los productos A y B del sistema de producción de la empresa modelo.

2.1 Inyección.

2.2 Tomboleado.

2.3 Limado.

2.4 Troquelado.

2.5 Ensamble

2.6 Pintura.

2.7 Empaque.



2.1 Inyección:

Esta primera operación da inicio al proceso de fabricación. Consiste en el uso de máquinas inyectoras de zamak de cámara caliente a las que se les instala diferentes moldes con las cavidades suficientes para elaborar de 6 a 18 piezas por inyección.

Las operaciones de inyección se realizan con la temperatura aproximada de 600 °C en el Zamak 3, las máquinas inyectoras son semiautomáticas puesto que necesitan de un operario para poder realizar cada ciclo de inyección, y para retirar las piezas de la mazarota²⁶ es necesario enfriar la inyección con taladrina auxiliada con el uso de un recipiente que contiene dicho refrigerante, por tanto se necesita de un segundo operario el cual procede a desmembrar manualmente las partes inyectadas y colocándolas dentro de barriles para su posterior transporte.

2.2 Tomboleado:

Esta operación consiste en recoger piezas del mismo tipo para ser colocados en una máquina llamada tómbola. Dicha máquina se encarga de hacer que las piezas que se encuentren en su interior choquen unas contra otras permitiendo de este modo la limpieza de rebabas o sobrantes que se tienen posterior a la inyección, para el caso de la empresa modelo, el conformado de piezas es por medio de la inyección de zamak o por troquelado de acero AISI 1020. Para acelerar el proceso de tomboleado, frecuentemente se usan materiales abrasivos como granza de arroz, aserrín de madera y trozos de corrugado (cartón).

2.3 Limado:

Como se describe anteriormente, cada pieza inyectada pasa por un proceso de tomboleado, pero, este proceso no permite retirar todo tipo de rebabas características del moldeo por inyección. El cuerpo de los productos pasa por el área de limado donde con el uso de lima cuadrada se retiran aquellas partes donde las rebabas son demasiado rígidas y el tomboleado no ha sido efectivo para su retiro, la operación es realiza a mano y la uniformidad en la limpieza no se percibe constante, por lo que se recurre a un limado por medio de banda de lija, en donde se hace que las superficies retocadas sean más uniformes.

2.4 Troquelado:

²⁶ Mazarota: Forma irregular de zamak con patas que permite la unión de las piezas inyectadas.



En este caso se utiliza el troquelado para la fabricación dos piezas de los productos A y B que son de valor clave para el funcionamiento de los mismos. En esta operación se utilizan tres diferentes prensas, dos de 110 y una de 80 toneladas, la primera prensa utiliza una matriz que realiza los cortes para dos piezas por cada corrida de la prensa, la alimentación es manual, se coloca en un rodillo alimentador y se procede a empujarlo hasta un tope, luego la prensa hace su trabajo y por gravedad las piezas se depositan en un recipiente en la parte inferior de la maquina. La siguiente operación es lograr un dentado en la pieza de la operación anteriormente, la matriz utilizada en otra prensa de 110 ton. posee la forma especial de los dientes a plasmar, la alimentación de la máquina es manual ya que el troquel solo permite elaborar los dientes a una sola pieza a la vez; el operario toma una pieza y la inserta en un pin del troquel que coincide exactamente con un agujero central elaborado en la matriz anterior y con un sistema hidráulico se expulsa la pieza a una bandeja inclinada que por gravedad lo coloca en un recipiente en la parte posterior al puesto de trabajo.

La fabricación de una segunda pieza es un poco más simple, pero es similar al proceso de la primera; el fleje se coloca en un desembobinador que es un auxiliar de la prensa, el fleje tiene el mismo ancho de la pieza a fabricar. A medida que la prensa corta el material, el desembobinador libera más material para seguir cortando. Nuevamente se utiliza la gravedad para depositar las piezas troqueladas en recipientes para luego ser transportadas.

2.5 Ensamble.

Una vez que se tienen las piezas conformadas y con el acabado necesario, se transportan al área de ensamble cuya forma es de una línea continua auxiliada de una banda transportadora en donde se realizan los movimientos necesarios para poder obtener el objeto armado. En el inicio del ensamble se toma el cuerpo de los productos A y B y se procede a efectuar el limado de la cavidad que alojará un pin sinfín. Luego otro operario toma el cuerpo y procede a colocarlo en un tope que evita que la pieza gire mientras es perforada para abrir un agujero lateral en donde se inserta el pin pasador y asegura el piñón. Los cuerpos son depositados a un lado del puesto en donde una persona se encarga de tomar el pin sinfín, lo engrasa y lo inserta en la cavidad destinada para su alojamiento, luego lo coloca en la banda donde estos llegan a cada uno de los puestos en donde se les añade una pieza más al dispositivo. La siguiente operación consiste en remachar el pin sinfin para ello se coloca en una prensa en donde se reduzca la cavidad



superior donde se introduce el pin sin fin, así se evita que dicha pieza salga de la cavidad luego de su ensamble. Seguidamente se coloca el piñón y se remacha con el link, el ensamble se une con el cuerpo por medio del pin pasador que atraviesa al cuerpo de los productos A y B. Al final de la línea de ensamble se procede a almacenarlos en recipientes para ser transportados al área de pintura.

2.6 Pintura

En esta operación el proceso es semiautomatizado, se utiliza un sistema complejo en donde se limpian los productos A y B de toda impureza. Primero se colocan los operadores provenientes del área de ensamble en los racks²⁷, estos racks se colocan en argollas colgantes del sistema las cuales se mueven y pasan por el área en donde se les proporciona un lavado con agua y jabón desengrasante para retirar la suciedad. Posterior al lavado pasan las piezas por un horno de secado en donde se les retira toda humedad dentro y fuera del ensamble. Como las piezas han pasado por una cámara con alta temperatura, se les ha inducido carga eléctrica así que al salir de la cámara se aprovecha dicha condición y se rocía con pintura en polvo en la siguiente estación, dicha pintura tiene la facilidad de adherirse a la superficie de manera uniforme debido a que las partículas poseen una carga opuesta a la de las piezas y por tanto se tiene la seguridad de no tener superficies con imperfecciones, es importante recalcar que el desperdicio se minimiza debido al sistema de aspirado que se tiene en la parte frontal del operador. Para que el acabado sea perfeccionado, los racks pasan finalmente por el horno de curado en donde con un recorrido en forma de “U” se exponen las piezas a una temperatura de 326 °F y es en esta parte donde la pintura se fusiona y adquiere su acabado final. Luego de salir del horno de curado se bajan los racks y se retiran los operadores para colocarlos en los contenedores y luego ser transportados.

2.7 Empaque

Esta es la operación final dentro del proceso, para iniciar se toman los productos ya terminados y pintados y se colocan en una banda donde un operario los toma uno por uno y los cierra, esto con el propósito de verificar el funcionamiento normal y al mismo tiempo para que el artículo demande menor espacio en el interior de la caja de empaque, luego el siguiente operario retira la pintura que se adhiere en la rosca porque es la unión principal

²⁷ Similar de una rejilla colgante capaz de transportar 17 productos A o B.



del producto con otros dispositivos. Después de esto el siguiente paso consiste en colocar cada producto en una bolsa de plástico de 1 lb. de capacidad.

Seguidamente en la línea de ensamble se procede a marcar y registrar las cajas de corrugado en donde se almacenarán los productos, se introducen en cada caja 100 artículos. Cada caja es colocada en una plataforma de madera para ser llevadas a la bodega de producto terminado donde esperan a ser llevados a su destino final.

3.0 SALIDAS DEL SISTEMA DE PRODUCCION.

3.1 Salida Principal.

La salida (*output*) principal del proceso es el producto A o B pintado y empacado en cajas de 100 unidades, entregados a la unidad de Almacén, que se encarga de su expedición. Además, se generan otros outputs, como son los controles de calidad y un registro de datos del sistema, que serán descritos a continuación.

3.2 Otras salidas del Sistema de Producción.

3.2.1 Controles de calidad

Se realiza un control que permita asegurar la calidad establecida por la empresa modelo, de forma que se puedan detectar los posibles fallos antes de que repercutan en el producto final. Esto se realiza mediante acciones preventivas de supervisión, necesarias para cumplir los requerimientos de calidad.

Se efectúan diversos controles de calidad de forma automática y continua a través de las operaciones del sistema de producción como se refleja en el diagrama funcional de bloques de la Figura N° 38.

3.2.2 Registro de datos del Sistema.

Existe un método informal de recogida de datos, que registra los paros que se producen en la línea, algunos de los cuales asignan automáticamente el fallo producido a una causa, y otros son comentados por el operario de la línea.



4.0 ORGANIZACIÓN DE LA PLANTA.

La empresa modelo tiene una distribución en planta por departamentos, describe un patrón de flujo de materiales en forma irregular y tiene definidas las siguientes áreas: INYECCION, MAQUINADO, ENSAMBLE Y PINTURA. El departamento de inyección incluye una pequeña área de tomboleado y limado, el departamento de maquinado tiene áreas de troquelado y taladrado, como se muestra en la Figura N° 38.

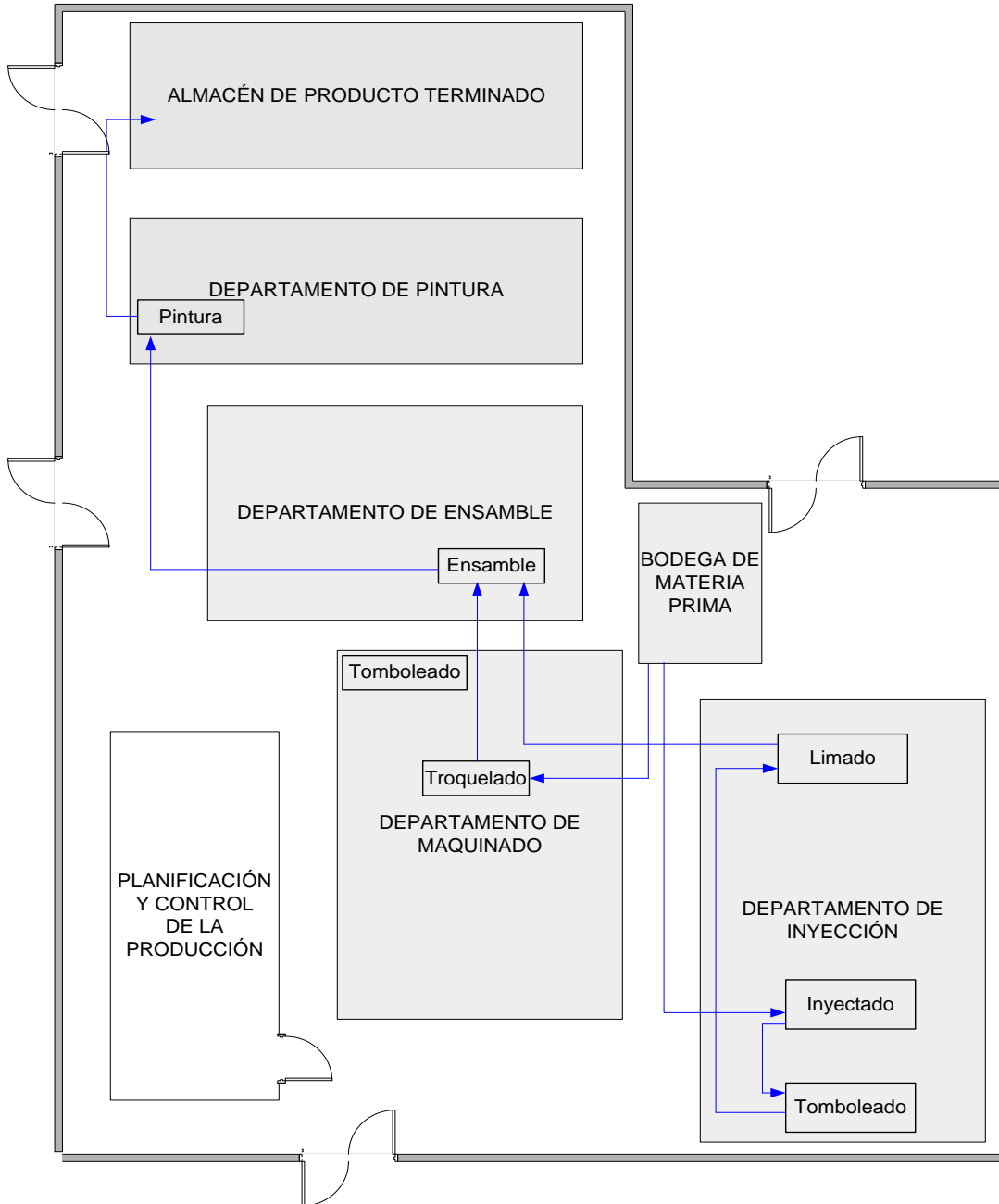
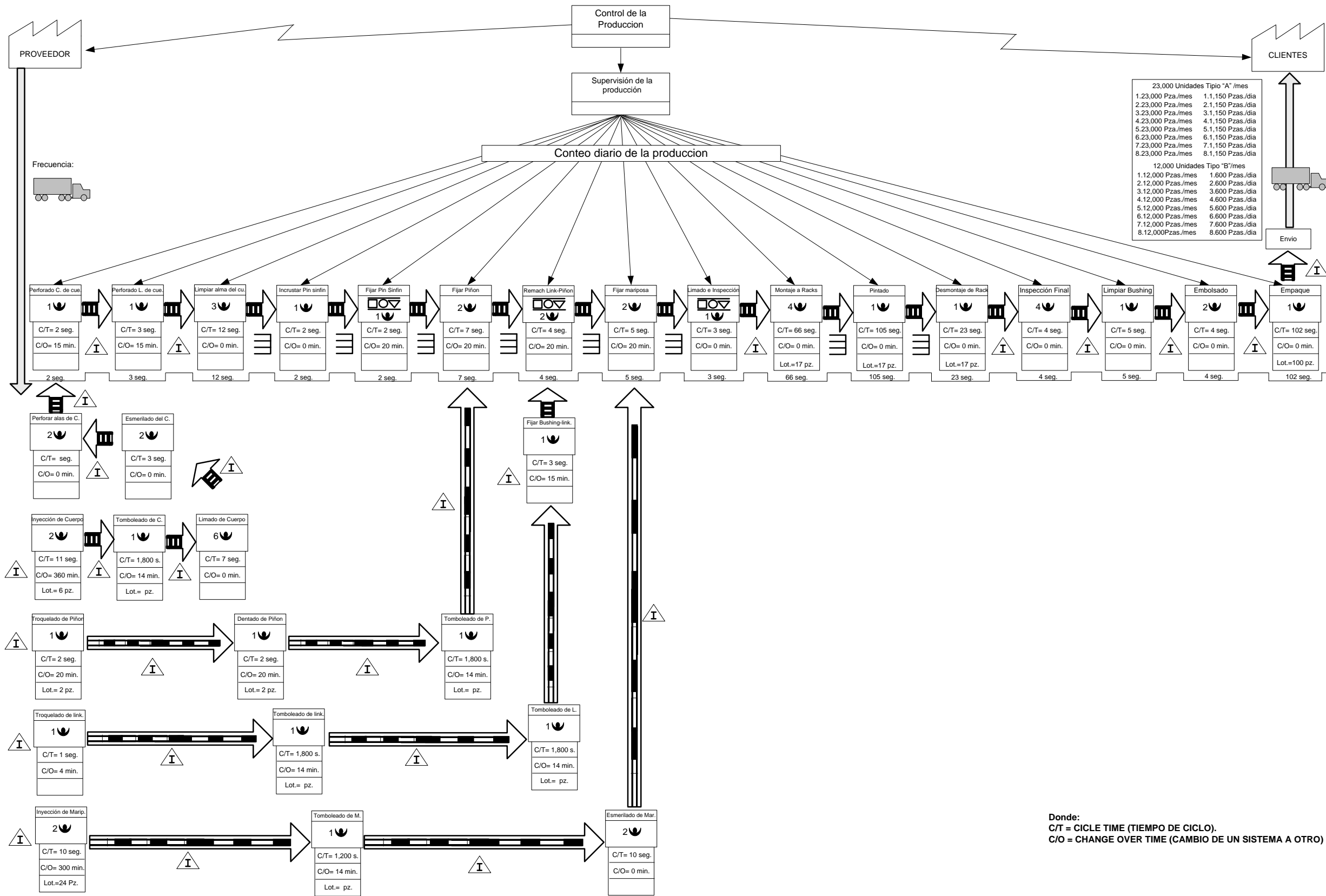


Figura N° 38: Organización actual de la planta.
Fuente: Elaboración de grupo.

5.0 MAPEO DE LA CADENA DE VALOR.

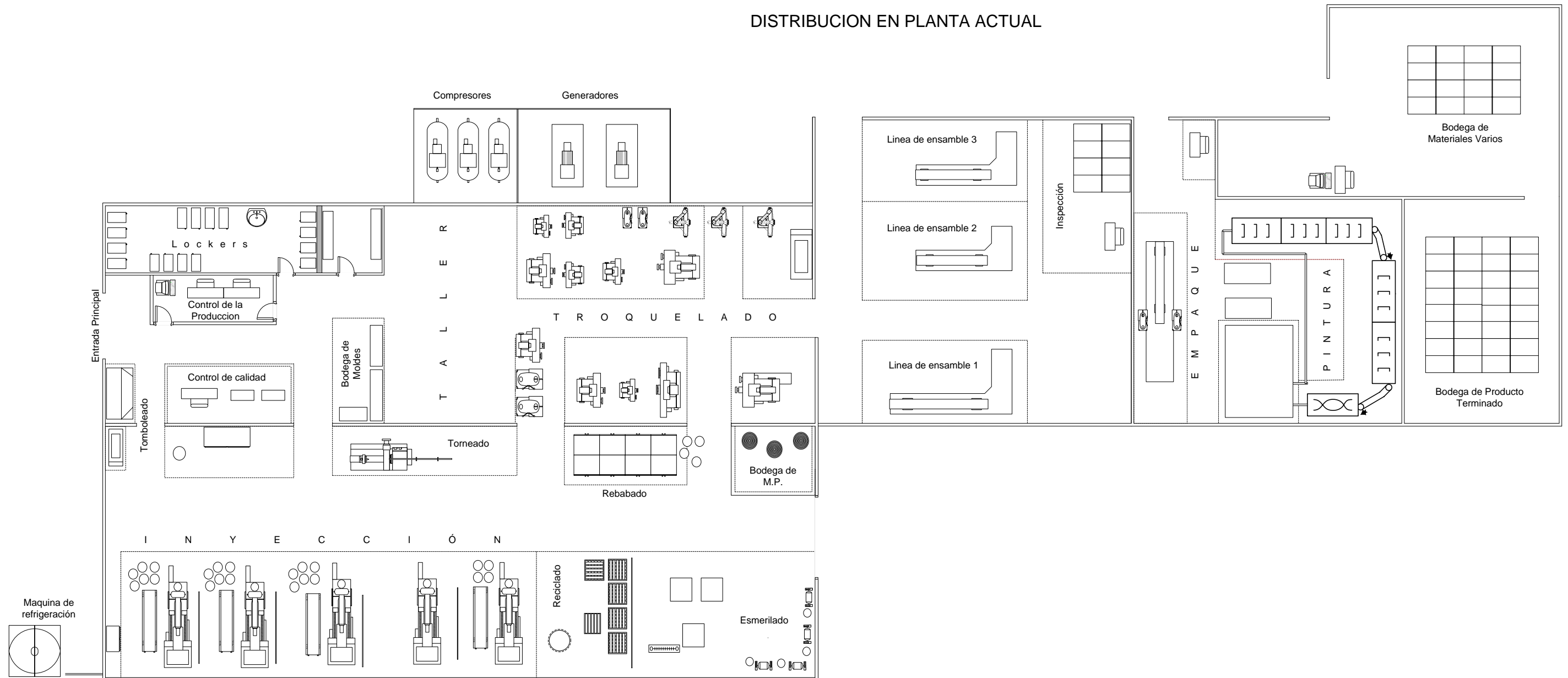
VALUE STREAM MAPPING
(MAPA DE LA CADENA DEL VALOR)



Donde:
C/T = CICLO TIME (TIEMPO DE CICLO).
C/O = CHANGE OVER TIME (CAMBIO DE UN SISTEMA A OTRO)

6.0 DISTRIBUCIÓN EN PLANTA ACTUAL.

DISTRIBUCION EN PLANTA ACTUAL





J. ANÁLISIS DE OPERACIONES CRÍTICAS EN LA CADENA DE VALOR.

La cadena de valor actual de la empresa modelo presenta operaciones con evidentes necesidades de mejora, estas operaciones están presente en el área de inyección y en la cadena de ensamble y pueden detallarse de la manera siguiente:

a. Inyectado de cuerpo e inyectado de mariposa.

Estas dos operaciones son identificadas en la cadena de valor como operaciones críticas porque ambas generan componentes que requieren de operaciones adicionales como: tomboleado, limado y esmerilado; las cuales consumen un total de 10 operarios y 278.17 minutos adicionales en la cadena de valor.

Las operaciones de inyectado también son criticas porque consumen 360 minutos para hacer cambios en los sistemas de producción, es decir, para hacer cambios de moldes.

b. Montaje a Racks.

Esta operación es critica dentro de la cadena de ensamble, debido a que es el origen del inventario mas grande y prolongado en toda la cadena de valor, consume 4 operarios adicionales y genera un transporte de aproximadamente 30 metros para el cual se emplea un montacargas.

c. Troquelado de piñón.

La operación de troquelado esta vinculada con la generación de productos defectuosos que son identificados en la inspección final, posterior al pintado de los productos A o B. La operación “troquelado de piñón” fabrica piñones con un dentado que no es funcional en la estructura final de los productos.

d. Desbalance en la cadena de ensamble.

Todas las operaciones presentes en la cadena de ensamble trabajan con un ritmo propio, lo que origina por un parte inventarios excesivos en unas operaciones, y por otra parte puestos de trabajo sin componentes a procesar.



K. TAKT TIME EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN.

Como se describe en el marco teórico, el Takt Time es una medida que indica el ritmo de la línea de producción, para el caso particular en estudio este ritmo es el necesario para poder asegurar que la planta va a cumplir con las demanda de los clientes.

Según la grafica del mapeo de la cadena de valor, el sistema de producción modelo tiene 31 operaciones con un total de 129 seg. efectivos por cada unidad fabricada y un tiempo disponible de 10 horas. (de 7:00 a.m. a 5:00 p.m.). En base a la información anterior se puede determinar el “Tiempo ritmo” de la planta:

Tiempo disponible = 10 horas.

Tiempos de descanso = 1.25 horas.

Tiempo de Almuerzo: 45 min.

Break= 2 Break * (15 min/break) = 30 min.

Tiempo efectivo = (10 – 1.25) horas. = 8.75 horas.=31,500 seg./día

Días laborales promedio por mes: 21

Demanda del Mercado/Cliente = 35,000 unidades / 21días = 6014 unidades/día²⁸.

Takt time = (31,500 seg. /día) / (6014 unidades/día) = 5.24 seg./unidad.

Takt time = 5.24 seg. / Unidad.

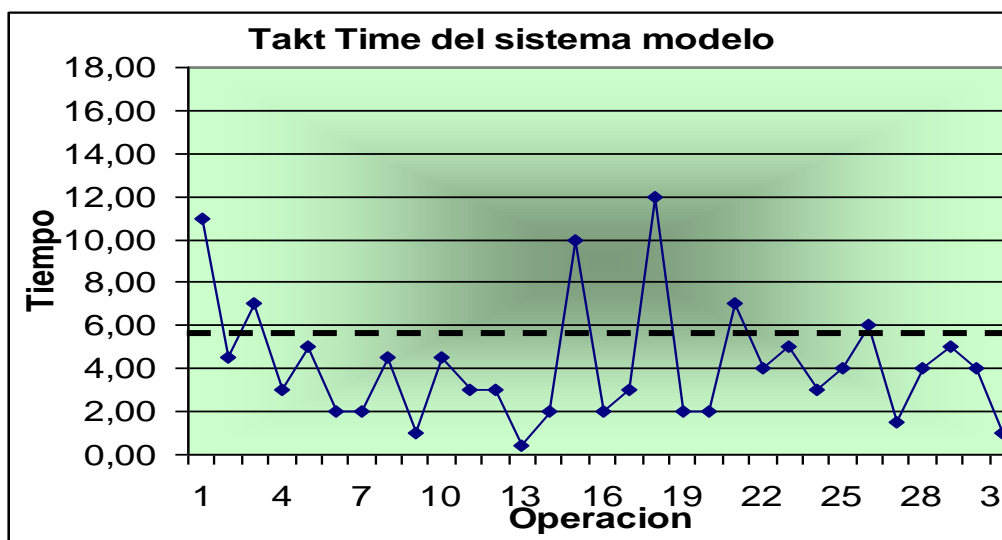


Figura Nº 39: Takt Time del Sistema modelo.
Fuente. Elaboración de grupo.

²⁸ Tomando la demanda de los productos A y B, de la tabla Nº 37, para el mes de Abril de 2006



Retomando los datos del mapeo de la cadena de valor, se determina que el tiempo efectivo de operación en el sistema de producción es de aproximadamente 129 segundos por cada producto y el tiempo que las piezas permanecen en inventario de producto en proceso es aproximado a 384 segundos por producto, por tanto el 74.85% del tiempo total esta presente en los inventarios de producto en proceso.

El sistema de producción en estudio cumple con la demanda del mercado, sin embargo debe observarse que la grafica indica que la mayoría de las operaciones se realizan en un tiempo menor que el indicado por el tiempo ritmo, es decir que la grafica se divide en dos partes limitadas por la línea azul e indican que:

- a) El área inferior a la línea de la grafica, indica la proporción del tiempo efectivo que se invierte durante el proceso de fabricación de un producto.
- b) El área superior a la línea de la grafica, indica la proporción del tiempo que las partes de un producto A o B están en inventario de producto en proceso.

L. DESPERDICIOS EN LA EMPRESA MODELO.

Del análisis de la cadena de valor actual el sistema de producción modelo tiene un Tiempo Efectivo de Operación de 25.15% del Tiempo Disponible Neto, esto obedece a las siguientes causas:

1. Inventarios de Producto en Proceso:

Dentro del proceso productivo de la empresa modelo, existen volúmenes de inventarios en proceso de hasta 4000 piezas²⁹ entre los puestos de trabajo que están previo a la cadena de ensamble y estos inventarios permanecen hasta 2 días en un puesto de trabajo antes de ser retirados a la siguiente estación. Además en el 90.5% de los puestos de trabajo manejan las piezas en procesos con un sistema U.E.P.S. a causa del empleo de barriles y cubetas metálicas en el manejo de materiales en proceso. Por otra parte, en el 71% de los puestos de trabajo de la línea de ensamble se manejan bloques de inventarios de aproximadamente 400 piezas.

²⁹ Valor medio de inventario entre puestos de trabajo.



2. Preparaciones y ajustes:

Los cambios de un sistema de producción a otro es una de las mayores causas en la pérdida de tiempo, puesto que se requieren aproximadamente 6 horas en las maquinas inyectoras y entre 15 y 20 minutos en la cadena de ensamble para poder cambiar de sistema; efectuándose uno o dos cambios de sistema por semana. Estos cambios de sistema implican que toda la cadena de producción se detenga durante horas porque es un cambio categorizado como interno³⁰ en una operación primaria del sistema de producción.

3. Movimientos/Transportes.

Los inventarios de producto en proceso obligan a que se presenten movimientos de los materiales en proceso de un departamento a otro, este movimiento ocurre en 12 ocasiones incluyendo transportes departamentales e inter-departamentales, en los cuales la distancia varía desde 2 a 31 metros.

4. Clasificación, Orden y Limpieza en la planta.

La existencia de una maquina inyectora inservible dentro del departamento de inyección deja en evidencia la falta de aplicación total de la primera "S"³¹; la falta de lugares específicos para la ubicación de cada herramienta y utillaje conduce a un desperdicio de tiempo y movimiento por la necesidad de buscar una herramienta en particular.

La identificación de tres áreas con falta de limpieza en la planta: departamento de inyección, bodega de materia prima y el almacén de producto terminado; dan la oportunidad de poder establecer propuestas de limpieza y así lograr un ambiente mas limpio en las seis áreas de la planta.

5. Bajos niveles de calidad.

Las operaciones de tomboleado, rebabado y esmerilado, son resultado de procesos anteriores deficientes. Dichas operaciones se realizan para cada elemento que ha sido inyectado anteriormente; el promedio de tiempo que se necesita para las operaciones es de 30 minutos para 400 piezas.

³⁰ Cambios internos: son aquellos que requieren parar la producción para realizar los ajustes de la maquinaria.

³¹ Primera "S": clasificación de los artículos necesarios e innecesarios.



CAPITULO IV

DISEÑO

DETALLADO.



A. OBJETIVOS DEL DISEÑO.

1. Objetivo general:

Diseñar y elaborar un programa de reducción de desperdicios a través de los criterios de diseño, relacionando todos los elementos que contribuyen a la solución de los principales problemas en la empresa modelo y en el sector; para lograr la reducción de costos y aumentar la productividad.

2. Objetivos específicos:

Establecer el método a seguir en el diseño del programa para llevar una secuencia de pasos que se adecuen a los requerimientos y necesidades del estudio.

Determinar criterios de diseño por medio de las conclusiones del diagnóstico del sector para establecer los principales elementos que se contemplarán.

Conceptualizar el diseño del programa para lograr plantear y evaluar las posibles soluciones a los principales desperdicios de la manufactura esbelta.

Especificar los elementos que contendrá el programa de reducción de desperdicios con el fin de presentar todas las actividades necesarias para su aplicación.

Diseñar la guía que contendrá el programa a través de los criterios de diseño para proporcionar los lineamientos a seguir según la manufactura esbelta.

Desarrollar la simulación del programa de reducción de desperdicios en la empresa modelo para aplicar cada una de las técnicas seleccionadas a los principales problemas detectados.

Elaborar la cadena de valor futura para obtener una comparación entre la situación actual y los resultados obtenidos.

Proporcionar líneas guías a toda la industria metalmecánica en estudio para proveerles de información estratégica y táctica de cómo implementar un programa de reducción de desperdicios aplicando manufactura esbelta.



B. MÉTODO PARA EL DISEÑO DETALLADO.

MÉTODO PARA EL DISEÑO DETALLADO

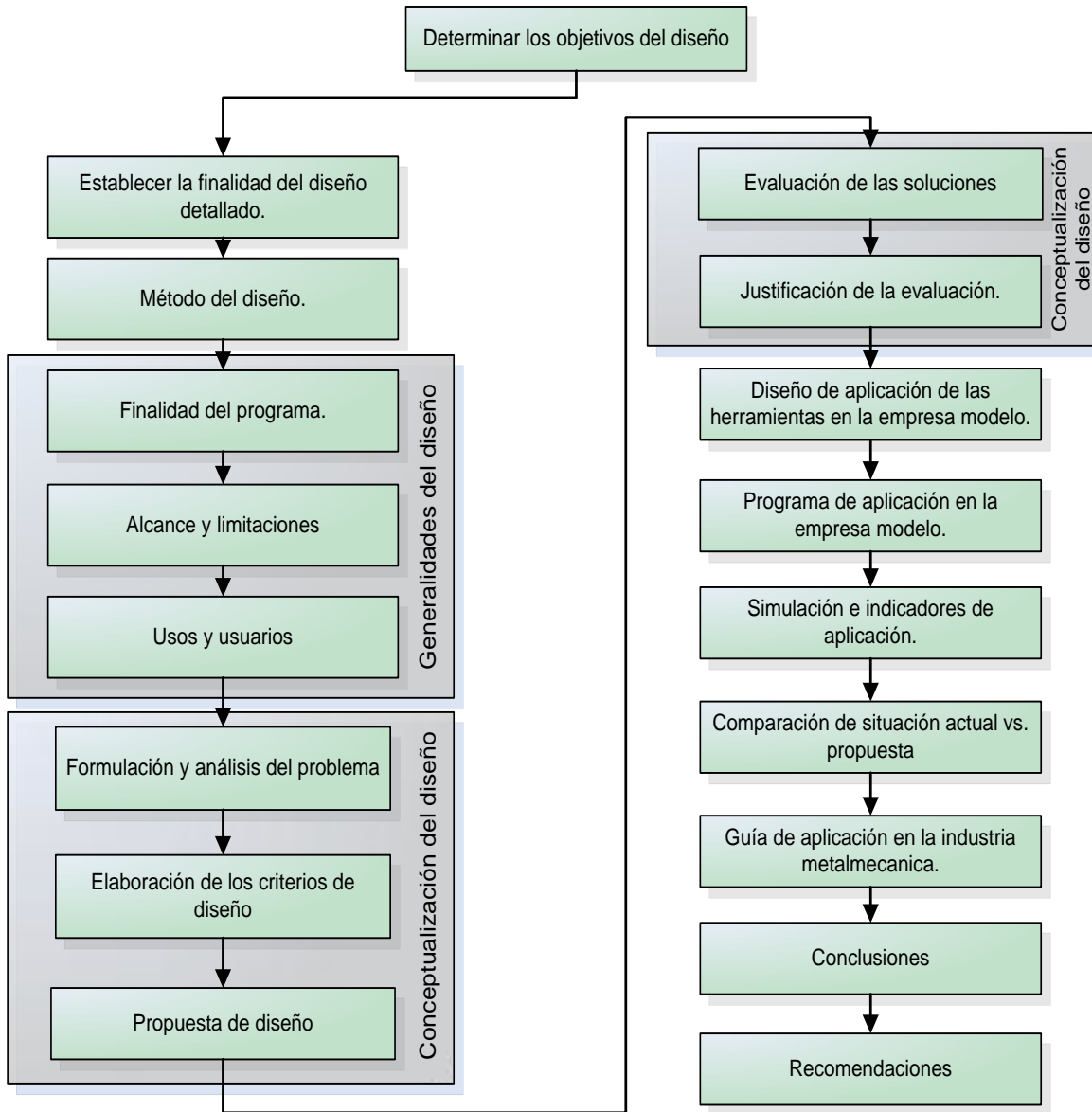


Figura No. 40: Método para el diseño detallado
Fuente: Elaboración de grupo.



C. GENERALIDADES DEL DISEÑO

1. Finalidad del programa.

La finalidad primaria del programa es proveer las herramientas adecuadas para proponer soluciones a las principales causas de los siete tipos de desperdicios establecidos en el diagnóstico, con el objetivo de la reducción de los costos y aumento de la productividad del sistema productivo. Así mismo facilitar la forma de desarrollo de cada una de las técnicas.

Para lograr el resultado de tener un sistema productivo libre de desperdicios se presentará un programa que está compuesto por las técnicas de Manufactura Esbelta que se adecue al entorno productivo del país y comprende una secuencia de actividades enfocadas a cambiar los métodos de trabajo; estas actividades deben ser administradas por los encargados de las plantas productivas, quienes deben de llevar un papel mas participativo, es decir, deben indagar cada uno de los problemas u oportunidades de mejora en el lugar donde ocurren los hechos. Con los operarios se tiene que tener especial cuidado, debido a la resistencia que pudiera existir en la implementación de este nuevo sistema productivo.

2. Alcance

El programa se presenta como una propuesta, la implementación será desarrollada por cada una de las personas interesadas, proporcionándoles acciones tácticas y estratégicas para lograr resultados.

El programa está enfocado para el sistema productivo, y lo que se busca es motivar la aplicación mostrando los principales beneficios que se obtienen a través de la Manufactura Esbelta ya que es un sistema de producción que requiere de poca inversión en su fase de implementación y logra reducir notablemente los desperdicios.

El programa es desarrollado para la gran empresa del sector metalmecánico, siendo los encargados de cada una de las plantas los que descubran las áreas en donde les es primordial el desarrollo de cada una de las técnicas y el método de implementación.



3. Limitaciones

- ✓ El programa es enfocado especialmente a la cadena de valor del sistema productivo; actividades como ventas, administración, distribución, contabilidad, publicidad no se tienen en cuenta.
- ✓ No se involucra a los proveedores que abastecen a las empresas de materia prima y materiales ya que por la lejanía de procedencia no se adecua a un sistema de entregas frecuentes, que tiene como objetivo mantener niveles cero de inventario de materia prima.
- ✓ El programa solamente contempla el plan para la implementación. el desarrollo esta a cargo de los responsables de la planta.
- ✓ Las soluciones para el sector consisten únicamente en líneas guías para iniciar un programa de reducción de desperdicios, no se dan soluciones específicas debido a que manufactura esbelta requiere de información específica de cada empresa.

4. Usos y usuarios

4.1. Usos.

El programa esta diseñado para eliminar los excesos de recursos en la producción, que origina la sobreproducción, tiempos de espera, transportes, reprocesos los cuales crean inventarios de existencias innecesarias, mal utilizando la mano de obra y el espacio para su almacenamiento, y a su vez crean inversión de capital como lo es la construcción de almacenes, mas personal, compra de equipo para el manejo de materiales, etc.

4.2. Usuarios.

- ✓ El programa está diseñado para una empresa tipo de la industria metalmecánica, que está clasificada como grande, en donde se evaluará la propuesta a través de la simulación del programa.
- ✓ Se presentan líneas guías de la aplicación del programa para todas las empresas de comprendidas dentro de la industria metalmecánica, las cuales deben de encontrarse dispuestas a realizar cambios en su sistema productivo que contribuya a su mejoramiento.



1. Formulación de los criterios de diseño.

Para obtener los criterios de diseño³² se emplea una tabla de comparación, la cual esta compuesta por los siguientes campos:

✓ **Tipo de Desperdicio.**

Se identifica el tipo de desperdicio presente en la empresa modelo y con el cual se pretende formular un criterio de diseño del programa.

✓ **Causas.**

Se presenta los orígenes de los problemas de la empresa modelo, conforme a la información proporcionada por la etapa de Diagnóstico, que causan cualquier tipo de despilfarro.

✓ **Criterios de Diseño.**

Lo conforman parámetros de referencia hacia el cual se orienta el diseño del programa para alcanzar los requerimientos exigidos en un pensamiento Esbelto.

A partir de la situación actual de la empresa modelo se han identificado las diferentes causas que generan los desperdicios en el sistema productivo³³, con el objetivo de orientar el programa a la eliminación de cada una de las causas descritas. El fin es lograr establecer un criterio de diseño para cada una de las causas, y luego realizar un diagrama de afinidad que permita agrupar los criterios que ataquen una causa común; permitiendo la obtención de los criterios generales de diseño que regirán el programa de reducción de desperdicios, así como se muestra en el siguiente cuadro:

³² Criterio de diseño: Parámetro de referencia hacia el cual se orienta el programa.

³³ Diagrama de Espina de Pescado para cada tipo de desperdicio.



D. IDENTIFICACIÓN DE LOS CRITERIOS DE DISEÑO.

TIPO DE DESPERDICIO	CAUSAS	CRITERIOS DE DISEÑO
Sobreproducción e inventarios	<ul style="list-style-type: none"> • Ciclos cortos en la maquinaria de inyección y troquelado respecto a otras operaciones. 	Sincronización de los procesos.
	<ul style="list-style-type: none"> • No existen análisis para determinar los requerimientos del personal en las diferentes áreas de la empresa. 	Numero mínimo de operarios.
	<ul style="list-style-type: none"> • Las tareas no están estandarizadas por lo que se desconoce la capacidad de cada puesto de trabajo. 	Estandarización de las operaciones.
	<ul style="list-style-type: none"> • Descontrol en los volúmenes de producción. 	Inventarios mínimos
	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempos largos de cambio de sistema en inyección. 	Tiempo de preparación de la maquinaria.
Tiempo de espera	<ul style="list-style-type: none"> • No existe sincronía entre los diferentes procesos que llegan a la cadena de ensamble. 	Estandarización de operaciones.
	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de empoderamiento de los operarios para tomar decisiones cuando la maquinaria falla. 	Mantenimiento autónomo.
	<ul style="list-style-type: none"> • Los métodos de trabajo no están definidos. 	Secuencia estándar de operaciones.
	<ul style="list-style-type: none"> • Prolongados tiempos de preparación. 	Tiempo en preparación de la maquinaria.
	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de dispositivos para facilitar los ajustes en las inyectoras y troqueles. 	Especificaciones de herramientas y equipo en cambios de moldes.
	<ul style="list-style-type: none"> • Desbalance de los procesos en toda la cadena de ensamble. 	Balance de línea.
Transporte	<ul style="list-style-type: none"> • Relación compleja entre operaciones. 	Transportes mínimos.
	<ul style="list-style-type: none"> • La distribución por departamentos demanda exceso de transportes. 	Rediseño del Layout
	<ul style="list-style-type: none"> • La naturaleza del proceso de inyección y troquelado requiere de la producción por lotes. 	Tamaño de lote mínimo.



De proceso	<ul style="list-style-type: none"> • Los operarios no están técnicamente capacitados para desarrollar los procedimientos que requiere las operaciones según manufactura esbelta. 	Procedimientos para la mejora continua.
	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de concepción de la calidad ya que en todos los puestos de trabajo se producen artículos defectuosos. 	Calidad en los procesos.
Movimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de planes para organizar y limpiar los puestos de trabajo en la planta. 	Limpieza y orden en la planta.
	<ul style="list-style-type: none"> • Los procedimientos de trabajo no tienen estándares establecidos. 	Secuencia estándar de operaciones.
Defectos	<ul style="list-style-type: none"> • No hay dispositivos para detectar automáticamente los defectos. 	Sistema para detección de errores.
	<ul style="list-style-type: none"> • No existen acciones preventivas para los defectos. 	Mantenimiento preventivo de maquinaria.
	<ul style="list-style-type: none"> • No existe responsabilidad en los puestos de trabajo en suministrar solo piezas buenas a la siguiente estación. 	Orientación hacia la calidad y el mantenimiento.

Tabla N° 38: Identificación de los criterios de diseño.
Fuente: Elaboración de grupo.

Con el objetivo de agrupar los criterios de diseño a partir del listado obtenido en la figura número 41, se realiza un diagrama de afinidad, relacionando los criterios de diseño generales con aquellos que lo complementan, así como se muestra en la siguiente figura:



E. DIAGRAMA DE AFINIDAD DE LOS CRITERIOS DE DISEÑO.

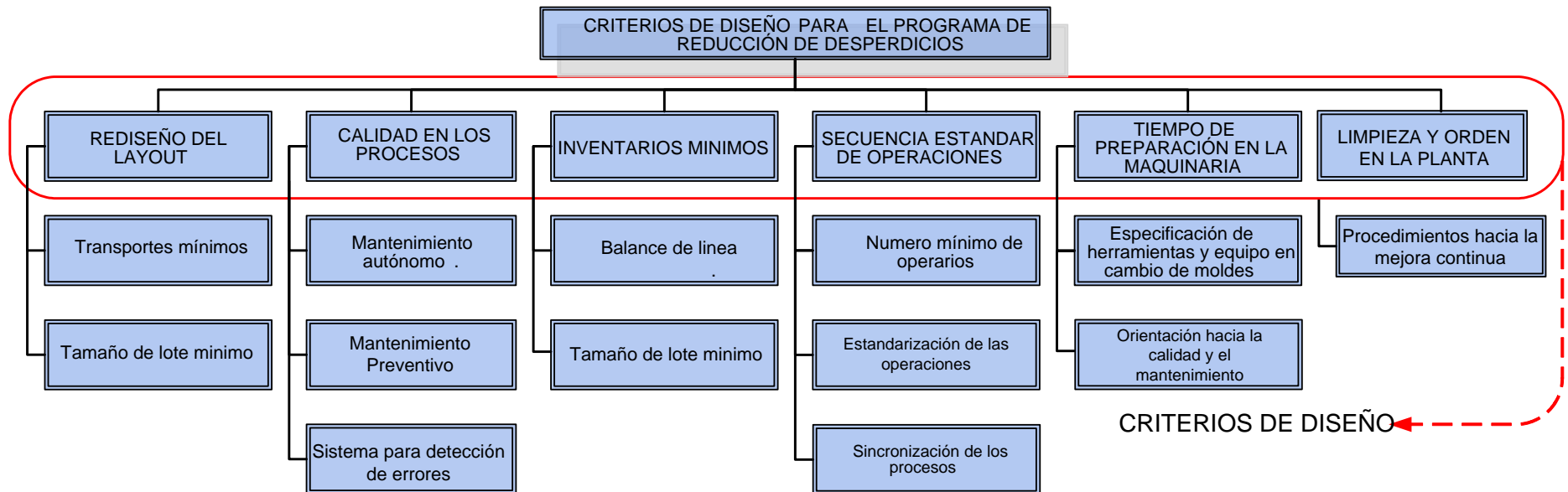


Figura Nº.41:Diagrama de afinidad de los criterios de diseño..
Fuente: Elaboración de grupo.



F. DESCRIPCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LAS AGRUPACIONES DE LOS CRITERIOS PRINCIPALES.

1. Rediseño del layout.

Los criterios que lo complementan son los transportes mínimos, el sistema de información para la producción y adopción de buenas practicas de manufactura. En el primer caso el número de transportes debe ser el menor posible ya que se elimina la necesidad de tener inventarios de productos en proceso y que una estación de trabajo se quede sin material que procesar. Por lo cual es necesario establecer el flujo de operaciones en la planta donde los transportes sean mínimos.

En el segundo caso, el sistema de información es un medio de comunicación entre todos los puestos de trabajo, este debe indicar las cantidades a producir, los niveles de productos en curso, áreas de procesamiento de cada uno de los lotes o partes, etc.

2. Calidad en los procesos.

Complementado por mantenimiento autónomo y generación de calidad desde el diseño del producto.

El mantenimiento autónomo se refiere a crear en el operario la capacidad para operar y dar mantenimiento preventivo o correctivo a la maquinaria y es de gran importancia para mantener la calidad, ya que es el operario el responsable directo del funcionamiento de la maquinaria y puede repararla en caso de estar produciendo artículos defectuosos.

Generar calidad desde el diseño del producto es hacer que exista una adecuada comunicación entre mercadeo y producción, en donde se de prioridad a las necesidades del cliente y no a ventajas tecnológicas en el producto que el cliente no necesite y no las perciba.

3. Inventarios mínimos.

Está complementado por la planificación de los requerimientos productivos, los indicadores de costos y programación de la producción.

La planificación de los requerimientos productivos establece los insumos necesarios para una adecuada planificación de la producción como lo son: las proyecciones de ventas, las capacidades de cada puesto de trabajo, las cantidades de materiales a consumir, el número de operarios, el tiempo necesario para la producción, etc.



Los indicadores de costos, se usan para hacer evidente las inversiones en que se incurren al tener elevados inventarios de productos en proceso y productos terminados. La programación de la producción ayuda a optimizar el recurso humano y los materiales con el objetivo de obtener la cantidad exacta de los productos que requiere el mercado.

4. Secuencia estándar de operaciones.

Dentro de este criterio se agrupa un número mínimo de operarios, el nivel de ajuste de la maquinaria y la sincronización de las operaciones.

El esfuerzo de obtener una secuencia estándar de las operaciones en la línea de producción, conduce a establecer el número mínimo de operarios y una sincronización de las operaciones.

Por otra parte, el nivel de ajuste de la maquinaria ayuda a obtener una secuencia estándar de operaciones equilibrada con la realidad del mercado.

5. Tiempo de preparación en la maquinaria.

La especificación de las herramientas y equipo a emplearse en un cambio de moldes ayudan a obtener una disminución real del tiempo de puesta a punto en las maquinas inyectoras.

6. Planes e Incentivos para organización y limpieza.

La descripción de los procedimientos de mejora continua en los puestos de trabajo del sistema de producción ayudan notoriamente a generar planes e incentivos que proporcionen mas orden y limpieza en la empresa.

G. DEFINICIÓN DE LOS CRITERIOS DE DISEÑO.

1. Rediseño del layout.

Este criterio pretende establecer la secuencia adecuada de las operaciones que requiere la fabricación de los productos, lográndose a partir de:

- ✓ Una distribución de la maquinaria en donde el número de trabajadores es mínimo ya que un operario puede desarrollar varias actividades.
- ✓ Reducción del número de transportes que se realizan durante el proceso productivo.
- ✓ adecuada comunicación entre procesos.



- ✓ Reducción de la duración del ciclo de producto.

Variables de medición: Cantidad y tiempo

Unidad de medida: Número de trabajadores, de transportes y el tiempo de ciclo de producto.

2. Calidad en los procesos.

Criterio que establece la responsabilidad del operario y la necesidad determinar los elementos para lograr crear el valor y la calidad del producto que el cliente espera encontrar, con el objetivo de realizar una inspección del 100% de las partes producidas, y la realización de acciones correctivas o retroalimentación en caso de ocurrir anomalías.

Variable de medición: Calidad.

Unidad de medida: Unidades buenas.

3. Inventarios mínimos.

Criterio de diseño que busca establecer el flujo de una sola pieza de un puesto de trabajo al siguiente; y donde no es posible establecer el flujo de una sola pieza se hará a partir del tamaño de lotes mínimos con los cual se reduce los inventarios de producto en proceso.

Este criterio busca establecer la elaboración de los productos al mismo ritmo con que demanda el mercado, eliminando el inventario de producto terminado que es el de mayor incidencia negativa para la empresa, por las siguientes causas:

- ✓ Los productos en bodega se convierten en obsoletos.
- ✓ Deterioro de los artículos en bodega.
- ✓ Incrementan los costos de la empresa por las siguientes actividades: manejo de materiales, utilización de espacio, recurso humano, uso de servicios generales.

Variable de medición: Tiempo y cantidad

Unidad de medida: Horas y número de unidades

4. Secuencia Estándar de Operaciones.

Es necesario establecer el orden y tiempo de las actividades en las diferentes operaciones que componen cada eslabón de la cadena de valor, de tal manera



que se produzca en la empresa modelo a ritmo de la demanda del mercado y con equilibrio en todos los procesos.

Variables de medición: Tiempo.

Unidades de medida: Minutos y segundos.

5. Tiempo de preparación de la maquinaria.

Establece el tiempo necesario para tener la maquinaria lista al iniciar o cambiar el sistema de producción, teniendo como fin la reducción de este tiempo a un dígito de minuto, que es el estándar recomendado por Manufactura Esbelta. El objetivo es producir tamaños de lotes mínimos, manteniendo nivelada la producción.

Variable de medición: Tiempo.

Unidad de medida: Minutos.

6. Planes e Incentivos para organización y limpieza.

Criterio que describe aspectos físicos del mantenimiento de cada puesto de trabajo como lo son: la limpieza, la organización, y el orden de los elementos necesarios en cada lugar; el objetivo es lograr el funcionamiento más eficiente y uniforme de las personas en los centros de trabajo.

Variable de medición: cantidad.

Unidad de medida: número de elementos sucios y en mala ubicación.

H. SECUENCIA DE DESARROLLO PARA EL DISEÑO DETALLADO.

El diseño del programa de reducción de desperdicios pretende obtener una propuesta para eliminar el uso ineficiente de los recursos en la empresa modelo y generar una guía de aplicación para la industria metalmecánica, tomando en cuenta que dicho programa debe cumplir con las funciones de: minimizar las cantidades de inventarios de producto en proceso y producto terminado, reducir los tiempos de puesta a punto de la maquinaria hasta un dígito de minuto, respetar las necesidades de los productos en la propuesta de distribución de maquinaria, nivelar la producción obedeciendo el “hale del mercado actual” y mejorar la calidad de vida laboral de los empleados.

El diseño del programa es auxiliado en forma directa por herramientas de “Lean Manufacturing” tales como: S.M.E.D., Just in Time, Mantenimiento Productivo Total, Cinco “S”, Reducción del Tamaño de Lote, Takt time, Nivelación de la Producción, Kanban y Kaizen.



Para una conceptualización más precisa del estado futuro, manufactura esbelta sugiere de una representación grafica de la “Cadena de valor futura” o “Value String Mapping Future³⁴”. Para el desarrollo de esta “cadena de valor futura” se describe en la Figura N° 42.un método para eliminar los desperdicios de la empresa modelo.

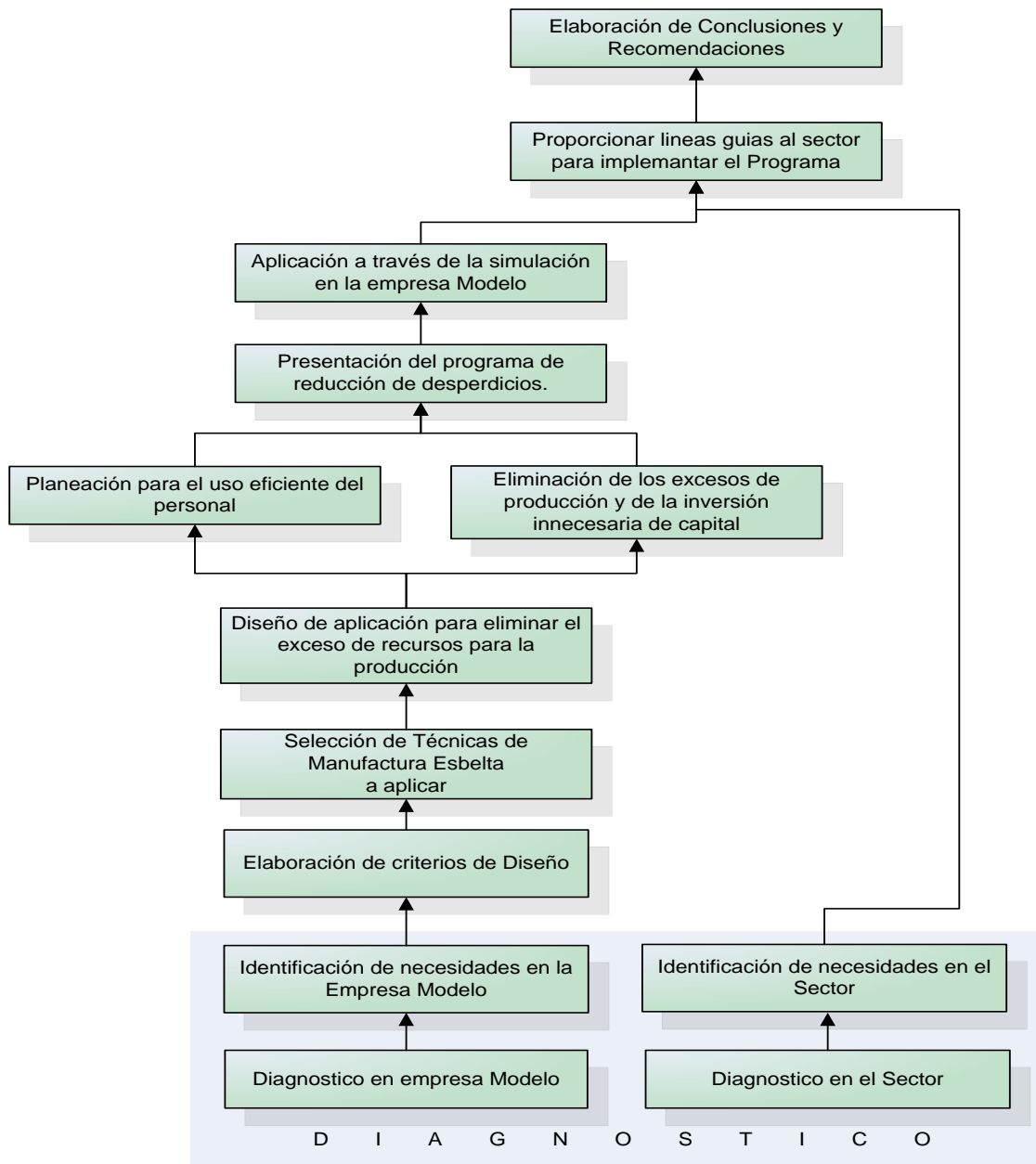


Figura N° 42: Proceso para eliminar los desperdicios.
Fuente: Elaboración de grupo

³⁴ Ver Figura N° 43 : “Value String Mapping Future”



En la Figura N° 43, la “Cadena de Valor Futura” tiene 20 operaciones menos que la cadena de valor actual; siendo eliminadas las operaciones de tomboleado, limado y esmerilado³⁵; presente en el proceso posterior a la inyección. Por otra parte existen actualmente operaciones sumamente menores³⁶ al Tiempo Ritmo que son agrupadas con otras, de forma que se pretende alcanzar el tiempo ritmo de toda la cadena de valor.

³⁵ Estas operaciones se eliminan porque son consecuencia de una mala inyección.

³⁶ Operaciones con tiempo inferior a los 5.24 segundos.



I. ESTADO FUTURO.

VALUE STREAM MAPPING FUTURE
(MAPEO DE LA CADENA DEL VALOR FUTURO)

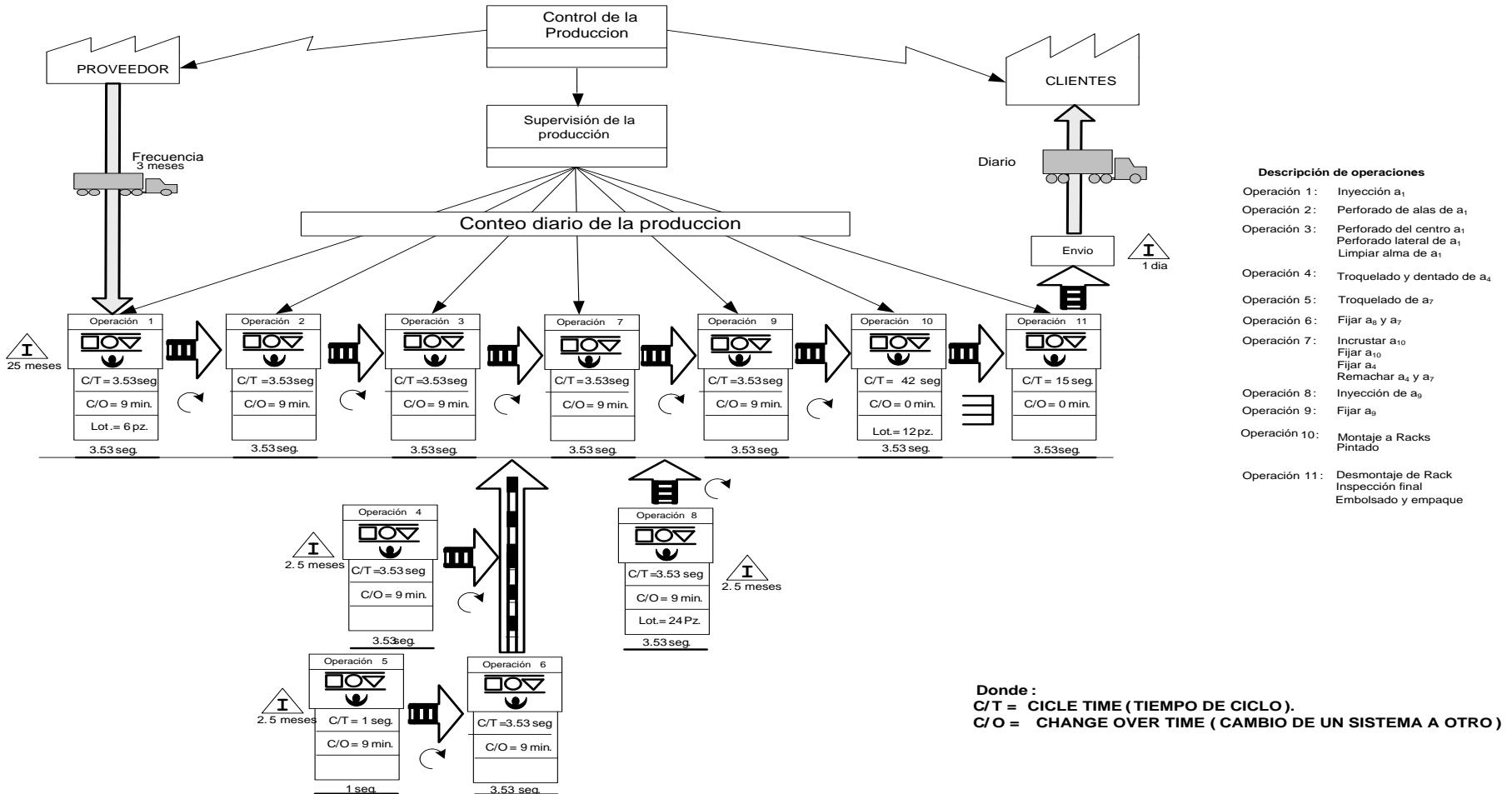


Figura Nº 43: Propuesta de Cadena de Valor Futura
Fuente: Elaboración de grupo.



J. DISEÑO DEL PROGRAMA.

1. SELECCIÓN DE LAS TÉCNICAS PARA LA SOLUCIÓN.

La selección de las herramientas a utilizarse, parte del universo que integran la manufactura esbelta y son las que se muestran a continuación:

1. Las cinco eses
2. Justo a tiempo (JAT).
3. Mantenimiento productivo total (TPM).
4. SMED: reducción de la puesta a punto.
5. Poka – Yoke.
6. Kanban.
7. Takt time.
8. Administración visual
9. Manufactura celular.
10. Trabajo estandarizado.
11. Kaizen.
12. Nivelación de la producción.

Los principales factores involucrados para lograr la selección de las técnicas para reducir los desperdicios que existen en la empresa modelo son:

- ✓ Los resultados obtenidos en el diagnóstico de la empresa, donde se identifica la necesidad de aplicación de las técnicas para mejorar la situación actual.
- ✓ Los criterios de diseño que representan las necesidades o requerimientos de mejora en la empresa.
- ✓ La relación directa de los criterios de diseño con las características particulares de las herramientas, de forma que se establezca una apropiada relación entre la situación actual y la(s) posibles soluciones.

A partir de diagramas de relación entre la situación actual y los criterios de diseño se obtendrá la selección de las herramientas que se emplearán para contrarrestar los desperdicios que existen actualmente en la empresa modelo, así como se muestra en el siguiente cuadro.



1.1. CUADRO DE COMPARACIÓN.

Situación Actual ³⁷	Tipo de desperdicio(s)	Necesidad / Característica	Criterio de Diseño.	Soluciones
<p>Inyectado de cuerpo e inyectado de mariposa: Ambas operaciones generan componentes que requieren de operaciones adicionales como: tomboleado, limado y esmerilado; las cuales consumen un total de 10 operarios y 278.17 minutos adicionales en la cadena de valor. Consumen 300 minutos para hacer cambios en los sistemas de producción, es decir, para hacer cambios de moldes.</p>	<p>PROCESO ESPERA INVENTARIO</p>	<ul style="list-style-type: none"> Eliminación de operaciones innecesarias. Generar calidad en cada puesto de trabajo. 	Calidad en los procesos.	POKA-YOKE
		<ul style="list-style-type: none"> Reducir los tiempos de puesta a punto. 	Tiempo de preparación de la maquinaria.	S.M.E.D.
<p>Troquelado de piñón. Vinculada con la generación de productos defectuosos que son identificados en la inspección final, posterior al pintado de los productos A o B. La operación “troquelado de piñón” fabrica piñones con un dentado que no es funcional en la estructura final de los productos.</p>	<p>PROCESO DEFECTO</p>	<ul style="list-style-type: none"> Generar calidad en cada puesto de trabajo. 	Secuencia estándar de operaciones	POKA-YOKE ADMINISTRACIÓN VISUAL
		<ul style="list-style-type: none"> Mejorar las condiciones de la maquinaria. Autonomía del operario en la identificación y solución de problemas en maquinaria. 	Calidad en los procesos..	T.P.M.
<p>Desbalance en la cadena de ensamble. Todas las operaciones presentes en la cadena de ensamble trabajan con un ritmo propio, lo que origina: inventarios excesivos, transportes entre operaciones y puestos de trabajo sin componentes a procesar.</p>	<p>SOBREPRODUCCIÓN ESPERA TRANSPORTES</p>	<ul style="list-style-type: none"> Reducir los inventarios de producto en proceso. 	Inventarios mínimos.	KANBAN NIVELACION DE LA PRODUCCION
		<ul style="list-style-type: none"> Uniformizar las operaciones. 	Secuencia Estándar de Operaciones.	TRABAJO ESTANDARIZADO
<p>Clasificación, orden y limpieza: No existen lugares específicos para la ubicación de cada herramienta y utillaje conduce a un desperdicio movimiento por la necesidad de buscar una herramienta en particular.</p>	<p>MOVIMIENTO</p>	<ul style="list-style-type: none"> Facilitar la búsqueda de herramientas. 	Planes e incentivos para la organización de la empresa	5 “S”
		<ul style="list-style-type: none"> Ordenar, limpiar, clasificar, estandarizar y mantener los puestos de trabajo 	Distribución en planta según el flujo del proceso para el producto.	KAIZEN

Tabla No. 39: Preselección de herramientas para el programa de reducción de desperdicios.

Fuente: Elaboración de grupo.

³⁷ Fuente: Diagnostico de situación actual en la empresa modelo.



En base a las relaciones anteriormente detalladas se presentan las herramientas seleccionadas:

- ✓ Kanban.
- ✓ Nivelación de la Producción.
- ✓ Trabajo Estandarizado.
- ✓ S.M.E.D.
- ✓ Kaizen.
- ✓ Cinco “S”.
- ✓ Administración visual
- ✓ Poka – Yoke
- ✓ T.P.M.

Las técnicas seleccionadas son el resultado de investigar las necesidades de la empresa modelo, la relación directa de dichos problemas con los criterios de diseño y las características de las herramientas de manufactura esbelta.

1.2. Justificación de técnicas no seleccionadas.

En la elección anterior, se excluyen 3 de las herramientas de manufactura esbelta (Manufactura Celular, Takt Time y Justo a Tiempo), que obedecen a las razones siguientes:

a. Takt Time:

El “Takt Time” se concibe, según el “Pensamiento Esbelto”, como un parámetro de medición del pulso o de la frecuencia de producción ideal de la planta y los puesto de trabajo; es por eso que no representa una aplicación tangible de mejora, sino como unidades por hora a producir en la empresa modelo.

b. Manufactura Celular.

La Manufactura Celular tiene aplicación funcional cuando la(s) empresas tiene(n) una familia de productos con características muy diferentes y tales diferencias obligan a generar “células de manufactura internas” que se conciben como pequeñas plantas bajo un mismo techo. Para el caso de la empresa modelo, solamente existen dos productos fabricados con el mismo material, las mismas operaciones y pequeñas variantes dimensionales.



c. Justo a Tiempo.

Según el pensamiento esbelto, es el resultado de haber aplicado las técnicas de la manufactura esbelta, el “Justo a Tiempo” llega después que el tiempo de puesta a punto es mínimo o eliminado, después de que las tasas de defecto sean cero, después de prevenir las averías del equipo, después que los tiempos de procesos sean reducidos, etc. Justo a tiempo es el resultado lógico de las mejoras tangibles de las herramientas de manufactura esbelta.

K. DISEÑO DE APLICACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS EN LA EMPRESA MODELO.

1. Áreas potenciales de aplicación.

El sistema productivo de la empresa modelo esta compuesto por las siguientes áreas: inyección, tomboleado, limado, troquelado, ensamble, pintura y empaque; en las cuales se generan cuellos de botella, requerimientos excesivos de personal, productos defectuosos, movimientos innecesarios, transportes no programados y tiempos de espera. Por lo cual estos procesos representan oportunidades potenciales para la aplicación del programa de reducción de desperdicios, creando las mayores oportunidades de reducción de desperdicios.

2. Requerimientos para la aplicación.

Las condiciones y el tamaño³⁸ de las diferentes empresas que conforman el sector metalmeccánico no es el mismo; no obstante en Manufactura Esbelta no interesan estas condiciones ya que es aplicable a cualquier tipo de industria manufacturera. Sin embargo se obtienen una mayor economía de costos en empresas que posean ciertas características o requisitos.

Los requisitos son los siguientes:

- ✓ Que sean empresas manufactureras con procesos repetitivos.
- ✓ Que en sus procesos existan varias líneas de productos.
- ✓ Elevados niveles de inventarios ya sea de materiales en proceso y productos terminados.
- ✓ Necesidad de reducir costos.

³⁸ Se toma como referencia el número de personas que laboran en las empresas.



Además para poder desarrollar las técnicas de Manufactura Esbelta, se requiere de una buena estrategia combinando la información recopilada en la etapa de diagnóstico, ya que cada técnica necesita información específica acerca del problema a cual se quiere dar solución.

TÉCNICA	REQUERIMIENTOS
KANBAN	Número de estaciones de trabajo, procesos empleados, almacenamientos temporales, niveles máximos y mínimos para los inventarios en proceso o final, flujo productivo, secuencia de producción, partes a mover
KAIZEN.	Establecimiento de círculos de mejora, creación de mecanismos que permitan la participación de todos los empleados, involucramiento de la alta dirección,
POKA – YOKE	Compromiso en los operarios, creación de estándares de calidad, diseño de dispositivos automáticos que detecten los defectos,
TRABAJO ESTANDARIZADO.	Operaciones necesarias, eficiencia del trabajador, documentación de los procedimientos, tiempos estándares de fabricación, duración del ciclo, tiempo de trabajo disponible,
CINCO “S”.	Lugares adecuados para almacenar las herramientas, equipo de limpieza, conocimiento de principios de economía de movimientos,
T.P.M.	Conocimientos técnicos de los procesos, tiempo medio entre fallos, tiempo medio de reparación,
S.M.E.D.	Identificar las operaciones en internas o externas, tiempos de preparación, creación de mecanismos que faciliten los ajustes, tiempo de cambios de modelo, tamaño del lote a producir,
ADMINISTRACIÓN VISUAL	Clasificar los tipos de fallos en la maquinaria, comunicación entre departamentos, medidas de la productividad, tasas de defectos,

Tabla No.40: Requerimientos para desarrollar las técnicas seleccionadas
Fuente: Manual de bolsillo de manufactura esbelta, Dailey Kenneth W.



L. ESTABLECIMIENTO DE LA APLICACIÓN DEL PROGRAMA.

Para lograr resultados a través de la aplicación de las técnicas de manufactura esbelta, el programa estará dividido en tres grandes fases:

- ▶ **Primera fase:** Actividades previas a la aplicación
- ▶ **Segunda fase:** Desarrollo de la guía.
- ▶ **Tercera fase:** Indicadores de resultados.

1. ACTIVIDADES PREVIAS A LA APLICACIÓN.

a. Intervención de la alta dirección.

La dirección debe dirigir a todos los trabajadores a realizar cambios radicales para las crisis que ocurren en las empresas y motivarlos a aumentar los beneficios y reducir los costos.

Para la introducción de la Manufactura Esbelta, es importante que la alta dirección (no la dirección intermedia ni la de línea) anuncie el proyecto a los trabajadores de línea. Al hacerlo así, transmite eficazmente la idea de que apoya por completo el cambio y, más aún, lo ordena.

La alta dirección debe proporcionar los recursos necesarios para mejorar las instalaciones de fabricación. Por ejemplo, son inversiones necesarias la instalación de una red de comunicación en producción y para la recepción de pedidos, un sistema de programación y un sistema de transporte. La dirección debe también darse cuenta de que, al principio, aumentarán las paradas de las líneas de producción.

b. Establecer un equipo de proyecto.

Para establecer una producción con Manufactura Esbelta es necesario capacitar un equipo de proyecto compuesto por jefes de fábrica, de departamento y de supervisión. Se designa un director de proyecto, por lo general un jefe de departamento. El equipo de proyecto tiene tres objetivos principales:



- ✓ Organizar seminarios de formación acerca de los conceptos y técnicas de Manufactura Esbelta.
- ✓ Preparar un programa de puesta en práctica y fijar los objetivos que han de alcanzarse dentro del programa;
- ✓ Organizar un equipo de prácticas para jefes y supervisores.

c. Introducir un proyecto piloto.

Es necesario reconocer que la introducción del programa exige cambios revolucionarios, es aconsejable empezar en pequeña escala. Debe elegirse una línea de fabricación como Proyecto piloto. Una vez que la puesta en práctica haya tenido éxito en dicha línea, pueden incluirse otras líneas hasta implantar las técnicas de manufactura esbelta en toda la fábrica.

d. Establecer círculos de control de la calidad.

Para que los empleados desarrollen actividades de mejora continua, todos ellos deben participar en algún círculo de control de la calidad. Esto permite a cada empleado sentirse «propietario» y responsable de su trabajo y demostrar que tiene cualidades positivas.

2. SECUENCIA DE DESARROLLO DE LA GUÍA.

La puesta en práctica de las técnicas debe realizarse según el orden de las necesidades que requiera la empresa y las recomendaciones dadas según Manufactura Esbelta. Se ha de proceder como se ve en la Figura N° 44, que muestra la relación entre los objetivos de la Manufactura Esbelta y las necesidades existentes en la planta. Como indican las flechas, el sentido del movimiento es de abajo arriba.

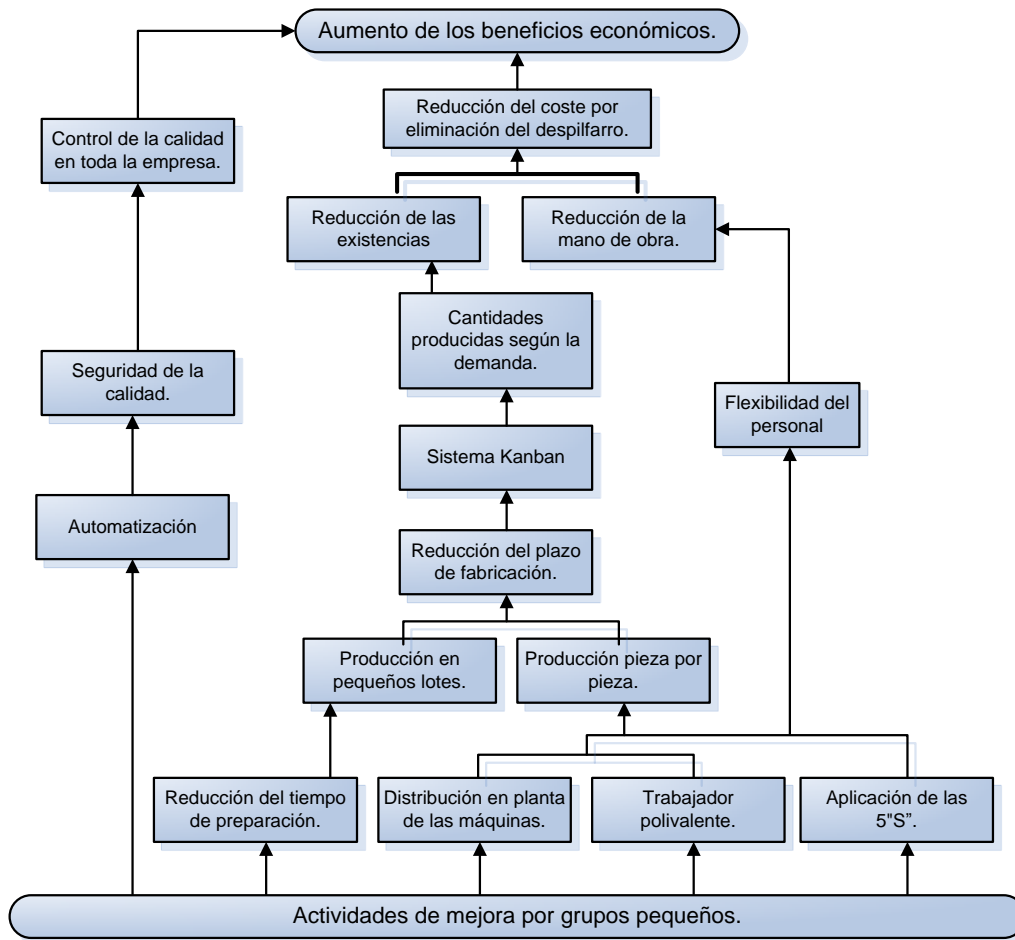


Figura Nº 44: Orden de aplicación de las herramientas de la Manufactura Esbelta en la empresa modelo.
Fuente: Elaboración de grupo

La aplicación de las herramientas en la empresa modelo se realizara en el siguiente orden:

- 1º. Cinco "S".
- 2º. Nivelación de la Producción.
- 3º. S.M.E.D.
- 4º. T.P.M.
- 5º. Trabajo Estandarizado.
- 6º. Administración visual
- 7º. Poka – Yoke
- 8º. Kanban.
- 9º. Kaizen.



El cimiento de las mejoras en el lugar de trabajo son las cinco eses: Separando lo necesario de lo innecesario y abandonando esto último; haciendo que los trabajadores adquieran la costumbre de ajustarse siempre a las reglas; el siguiente paso en la búsqueda de reducir los desperdicios en la empresa es la aplicación del SMED esto para garantizar la producción de lotes pequeños al disminuir el tiempo usado en el cambio de un sistema de producción a otro. El Mantenimiento Productivo Total (TPM) es necesario para crear responsabilidad en los empleados sobre el mantenimiento del equipo; seguido por el trabajo estandarizado para asegurar un equilibrio en la cadena de producción que es complementado con un sistema de información visual que ayuda a alertar anomalías en el proceso productivo, adicionado a esto es necesario establecer mecanismos que detecten automáticamente los defectos en el lugar donde se origina (Poka Yoke). Todas las técnicas antes mencionadas son necesarias para establecer un sistema de información (Kanban) ya que este es el que dicta el ritmo según la demanda del mercado al cual se deben fabricar los productos y para mantener y mejorar continuamente el sistema productivo es necesario establecer la filosofía Kaizen en la empresa.

3. INDICADORES DE RESULTADOS.

3.1. Indicadores referenciales del programa³⁹.

Los parámetros de referencia del programa son los que se emplean para describir numéricamente al proceso de manufactura de la empresa modelo, es decir, estos parámetros pueden asumir distintos valores en distintas plantas de Producción de la industria metalmecánica. Los parámetros que son clave para describir la línea modelo son:

- a) **“Tasa de Cuello de Botella”** ó **“Bottleneck rate”**
- b) **“Tiempo Absoluto de Procesamiento”** ó **“Raw Process Time”**
- c) **“Nivel Crítico de Producto en Proceso”** ó **“Critical WIP level”**
- d) **“Coeficiente de Congestión”** ó **“Congestion coefficient”**

³⁹ Fuente base: “The Factory Physics”. Hopp, Wallace y Sperman, Mark. 1996



Definiciones que se presentan de la manera siguiente:

a) Tasa de Cuello de Botella (Bottleneck rate, r_b).

La tasa del cuello de botella de una línea, r_b , es la tasa, en partes por unidad de tiempo o trabajos por unidad de tiempo, de la estación de trabajo que tenga la menor capacidad en el largo plazo.

$$r_b = X \frac{\text{Unidades}}{\text{segundos}}$$

.Ecuación N° 4: Tasa de cuello de botella

Fuente: The Factory Physics". Hopp, Wallace y Sperman, Mark. 1996

$$\text{Si } \frac{1}{\text{tack_Time}} = r_b: \text{ estado óptimo.}$$

$$\text{Si } \frac{1}{\text{tack_Time}} < r_b: \text{ estado minimo sugerido.}$$

$$\text{Si } \frac{1}{\text{tack_Time}} > r_b: \text{ estado crítico.}$$

b) Tiempo Absoluto de Procesamiento (Raw Process time, T_o).

El Tiempo Absoluto de Procesamiento o Raw Process Time de la línea, es la suma de los promedios de los tiempos de procesamiento en el largo plazo para cada una de las maquinas en la línea. Alternativamente, se puede definir el tiempo absoluto de procesamiento como el tiempo promedio que toma, a un trabajo único, atravesar la línea vacía, es decir, sin que tenga que esperar a que otros trabajos sean terminados.

$$T_o = \sum_{i=1}^{\infty} TO_1 + TO_2 + TO_3 + \dots + TO_i$$

Ecuación N° 5: Tiempo Absoluto de Procesamiento (T_o)

Fuente: The Factory Physics". Hopp, Wallace y Sperman, Mark. 1996

Donde:

i : operaciones involucradas en el proceso.

T_o : Tiempo Total o Absoluto de procesamiento.

TO_i : Tiempo de la operación i .

Si $T_o = (i)Tack_Time$; Estado optimo

Si $T_o < (i)Tack_Time$; Genera inventarios mínimos

Si $T_o \lll (i)Tack_Time$; Genera inventarios excesivos

Si $T_o > (i)Tack_Time$; Frena el "Hale del mercado".



c) WIP crítico (W_o).

El WIP crítico de la línea W_o, es el nivel de WIP para el cual la línea de producción modelo tiene parámetros r_b y T_o, sin variantes en los tiempos de procesamiento. El WIP crítico se define por la tasa del cuello de botella y el tiempo absoluto de procesamiento en la siguiente relación:

$$W_o = r_b T_o$$

Ecuación N° 6: WIP crítico de la línea.

Fuentes: The Factory Physics". Hopp, Wallace y Sperman, Mark. 1996

Retomando las Ecuaciones 4 y 5, relacionadas con la Tasa de Cuello de Botella y el Tiempo Absoluto de Procesamiento respectivamente, se tiene que:

$$\frac{1}{tack_Time} = r_b \quad ; \text{ en un estado optimo.}$$

$$T_o = (n_{operarios})Tack_Time \quad ; \text{ en un estado optimo.}$$

Entonces el W.I.P. de un estado óptimo debe asumir el siguiente valor:

$$W_o = \left[\frac{1}{Tack_Time} \right] [n_{operarios}(tack_Time)] = n$$

c) Coeficiente de Congestión (α).

El coeficiente de congestión α (alfa) es un coeficiente sin dimensión (es decir, que no se le asignan unidades) que mide la congestión en la línea de producción. En el “mejor” caso de un coeficiente de congestión “α” es igual a cero. En el peor caso α=1.

$$\alpha = \frac{\text{Puestos_con_trabajo_en_espera}}{\text{Puestos_con_trabajo_ejecutados}} ; 0 \leq \alpha \leq 1$$

Ecuación N° 7: Coeficiente de congestión en la línea de producción.
Fuente: The Factory Physics". Hopp, Wallace y Sperman, Mark. 1996

Si α =0; Estado ideal.

Si α ≈ 0; Estado deseado.

Si α = 1; El peor caso.



M. DESARROLLO DE LAS TÉCNICAS EN LA EMPRESA TIPO.

1. CINCO ESES.

Para lograr la implementación del programa propuesto de las 5s se presentan los pasos a seguir:

1.1 Paso 1. Elección del área para iniciar la implementación.

Objetivo: Definir y diagnosticar el área de la planta donde se darán inicio a las acciones para la implementación del programa propuesto de las 5S.

APLICACIÓN.

La secuencia a seguir en la implementación está dada a partir del diagrama de flujo del proceso actual, iniciando en la operación de inyectado por ser la primera en el proceso de elaboración de los productos que se están estudiando. Así escalonadamente se seguirá aplicando las acciones de mejora según la técnica de las 5S en los puestos de trabajo en los que se realizan las operaciones, en el siguiente orden:

- ▶ Inyección.
- ▶ Troquelado.
- ▶ Ensamble
- ▶ Pintura.
- ▶ Empaque.

Determinación de la situación actual, referente a aspectos de la técnica 5S, de las áreas de trabajo:

AREA DE TRABAJO.	CONDICIONES ACTUALES REFERENTE A LAS 5S, SITUACIONES A MEJORAR.
Inyección.	▶ Existencia de maquinaria inservible dentro de la planta.
Troquelado.	▶ Lugares de trabajo sucios.
Ensamble.	▶ Equipo desordenado.
Pintura.	▶ Materiales y equipo inservible en la planta.
Empaque.	▶ Ambiente de trabajo no productivo.

Tabla No.41: Áreas de trabajo a mejorar
Fuente: elaboración de grupo.



Alcances del programa:

- a) Seguridad en los puestos de trabajo para el operario.
- b) Calidad del Producto Final, asegurando cumplir los requerimientos físicos del producto.
- c) Eficiencia en la producción mejorando las actividades en cada puesto de trabajo.
- d) Ambiente de trabajo productivo, limpio y ordenado.

1.2 Paso 2: Aplicación de la primera “S”: SEIRI – SEPARAR

Para lograr separar las cosas necesarias de las innecesarias (SEIRI) y obtener la propuesta de aplicación de la primera “S” se hace uso de la metodología de las etiquetas rojas rectangulares para sellar los desperdicios, puntualizando las fases a seguir para este proceso, así como se muestra en la figura:

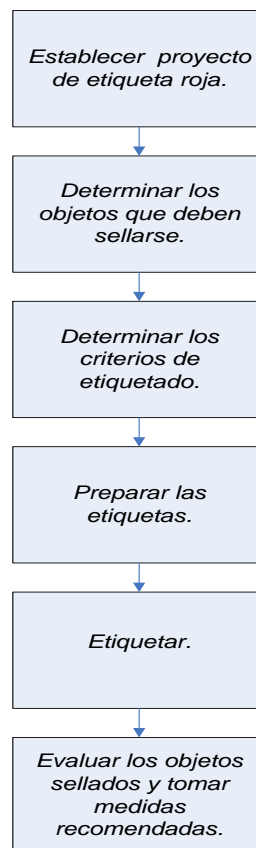


Figura N° 45: Pasos para la aplicación de la primera “S”
Fuente: Lean Thinking, Womack James P



Fase 1. Establecer el proyecto de etiqueta roja.

En el caso particular de la empresa tipo se hará una limpieza general, que corresponde a la primera clase de estrategias de etiqueta roja: que es el etiquetado en toda la empresa y luego se programará la aplicación del proyecto en cada puesto de trabajo, que corresponde a la segunda clase de estrategia para el etiquetado.

Con la autorización y apoyo de la alta dirección y teniendo claro que la clasificación de los objetos se hará a nivel macro, es decir para toda la empresa.

Formato:

AUTORIZACIÓN DE LA ALTA DIRECCIÓN	✓
-----------------------------------	---

Tabla No.42: Autorización.
Fuente: elaboración del grupo.

ESTRATEGIA DE ETIQUETADO	EN TODA LA EMPRESA	✓
	POR PUESTO DE TRABAJO	

Tabla No.43: Tipo de limpieza.
Fuente: elaboración del grupo.

Fase 2. Determinar los objetos que deben sellarse.

Los objetos que deben ser sellados pueden ser existencia, maquinaria o espacios, que no son necesarios para el funcionamiento de la planta. Esta fase corresponde a la primera revisión de los elementos clasificándolos en el formato presentado.

Los elementos que van a ser sellados se clasifican a partir de la siguiente tabla:

ELEMENTOS INNECESARIOS		
ESPACIOS	Pisos	
	Pasillos	
	Áreas de operación	X
	Estaciones de trabajo	
	Detrás, encima, debajo de equipos	
	Escaleras	
	Cuartos pequeños	
	Oficinas	
	Zonas de carga / descarga	
	Dentro de armarios y gabinetes	
EQUIPOS	Máquinas	X
	Pequeñas herramientas	X
	Troqueles (matrices)	X
	Guías de montaje	X



	Fresas (brocas)	
	Rodamientos de equipos	
	Plomería, tubos, etc.	
	Equipo eléctrico	
	Cables, uniones, conectores, etc.	
LUGARES DE ALMACENAMIENTO	Anaqueles	
	Armarios	
	Estantes	X
	Cobertizos	
	Otros lugares de almacenaje	
PAREDES, TABLEROS, ETC	Elementos colgados en paredes	
	Anuncios y boletines informativos	
	Avisos	
	Otros	
MATERIALES Y SUMINISTROS	Materiales no procesados	X
	Suministros	
	Partes / piezas	
	Producto y material en proceso	
	Producto Terminado	
	Material de envío (que llega o sale)	
OTROS ELEMENTOS	Ropa de trabajo	
	Equipo de seguridad	
	Zapatos	
	Recipientes de basura	
	Otros	
OTRO EQUIPO	Gabinetes	
	Bancas y tablas	
	Asientos	
	Carretillas	
	Otros	

Tabla No.44: Clasificación de objetos a eliminar.
Fuente: Lean Thinking, Womack James P

Fase 3. Determinar los criterios de etiquetado.

Los criterios que son recomendados por Manufactura Esbelta y que son aplicables a la empresa tipo para poder separar los elementos necesarios de los innecesarios son:

- ✓ Elementos que no se usarán en el próximo mes.
- ✓ Elementos con existencias mayores de los requerimientos.
- ✓ Elementos que sus propiedades no suplen las necesidades.
- ✓ Elementos defectuosos.
- ✓ Áreas que no se usan.



Fase 4. Preparar las etiquetas.

La tarjeta roja debe de contener todas las especificaciones de cada elemento de forma clara y concisa, así como lo muestra el formato:

NOMBRE DEL ELEMENTO:	
MODELO:	
CANTIDAD:	
PROCESO:	
FECHA:	
Motivos:	Acción:

Figura Nº 46: Formato de tarjeta roja.
Fuente: Lean Thinking, Womack James P

Fase 5. Evaluar los objetos sellados y tomar medidas recomendadas.

A partir de los criterios establecidos se presenta el listado de elementos en la planta de la empresa tipo que se clasifican como innecesarios, esta fase corresponde a la segunda revisión y a la confirmación del listado:

N.	Nombre de maquina	Marca	Ubicación
1	INYECTORA# 2	XLO B Y T	Inyección
2	INYECTORA # 4	Core cylinder	Inyección
3	INYECTORA # 3	TEPSA	Inyección
4	Bomba de retorno	General electric	Inyección
5	Prensa troqueladora	Cicondre	Maquinado
6	Prensa troqueladora	L & J # 5	Maquinado
7	Prensa troqueladora	Ulecia	Maquinado
8	Prensa troqueladora	Ulecia	Maquinado
9	Prensa troqueladora	Reuselle	Maquinado
10	Prensa troqueladora	E.W. Bliss	Maquinado
11	Prensa troqueladora	Bliss	Maquinado
12	Prensa troqueladora	Bliss Reeves	Maquinado
13	Prensa troqueladora	Loshbough	Maquinado
14	Prensa troqueladora	Federal Press	Maquinado
15	Taladro pedestal	TLDP	Maquinado
16	Esmeril	ESM	Maquinado
17	Tombola	TBL1	Maquinado
18	Tombola	TBL2	Maquinado
19	Desembobinador	Cooper wey M.	Maquinado



OPERACIONES DE LA LINEA DE ENSAMBLE.			
N.	Nombre de maquina	Marca	Ubicación
20	Prensa troqueladora	Roussele	Ensamble L1
21	Prensa troqueladora	Roussele	Ensamble L1
22	Taladro de banco	Howel	Ensamble L2
23	Taladro de banco	Baldor	Ensamble L2
24	Taladro de banco	Westing house	Ensamble L2
25	Banda transportadora	BTRANS1	Ensamble L2
26	Prensa troqueladora	E.W. Bliss	Ensamble L2
27	Prensa troqueladora	Roussele	Ensamble L2
28	Prensa troqueladora	Perking	Ensamble L2
29	Prensa troqueladora	Perking	Ensamble L2
30	Prensa troqueladora	Perking	Ensamble L2
31	Prensa troqueladora	Roussele	Ensamble L2
32	Remachadora	Milfor rivet	Ensamble L2
33	Prensa troqueladora	Press rite	Ensamble L3
34	Prensa troqueladora	Alva fallen	Ensamble L3
35	Prensa troqueladora	Alva fallen	Ensamble L3
36	Prensa troqueladora	Alva fallen	Ensamble L3
37	Prensa troqueladora	E.W. Bliss	Ensamble L3
38	Banda transportadora	BTRANS	Ensamble L3
39	Remachadora	Milfor rivet	Ensamble L3
40	Prensa troqueladora	Bench master	Ensamble L4
41	Prensa troqueladora	Bench master	Ensamble L4
42	Prensa troqueladora	Bench master	Ensamble L4
43	Prensa troqueladora	Press rive	Ensamble L4
44	Prensa troqueladora	Press rive	Ensamble L4
45	Banda transportadora	BTRANS3	Ensamble L4
46	Taladro de banco	Jet D-1	Ensamble L4
47	Taladro de banco	TLDB	Ensamble
48	Prensa troqueladora	Trovasa	Ensamble
49	Prensa troqueladora	Roussele	Ensamble

Tabla No.45: Objetos a eliminar.
Fuente: elaboración del grupo.

La evaluación de los elementos innecesarios se realiza a partir de la clasificación de: defectuosos, invendibles, sin movimientos y materiales sobrantes, a partir de los cual se decide qué acciones se van a realizar con dichos elementos:



Categoría	Acción
Obsoletos	Venderlo
	Guardarlo para depreciación
	Separarlo (temporal o definitivamente)
	Desecharlo definitivamente
Defectuosos	Debe reponerse
	Debe desecharse
Desechos y chatarra	Sacarlo del área hacia el lugar conveniente
Desperdicios y basura	Descartarla definitivamente
	Para reciclar
Innecesario en esta área	Sacarlo del área hacia el lugar conveniente
Se usa al menos una vez Al día	Dejarlo junto a usted
	Mantenerlo cerca para su uso
Se usa al menos cada semana	Almacenarlo en el área
Se usa al menos cada mes	Almacenarlo para uso de toda la planta
Se usa muy rara vez	Almacenado en lugar distante
	Venderlo
	Separarlo (temporal o definitivamente)
	Desecharlo definitivamente
De uso desconocido	Averiguar qué uso tiene
	Mover del área hacia el lugar correcto

Tabla No.46: Evaluación de uso.
Fuente: Manual de bolsillo de manufactura esbelta. Dailey Kenneth W.

Luego de haber terminado con el Proceso de etiquetado con las tarjetas rojas, deben de reunirse los resultados en una lista de elementos innecesarios detallando todas las características; para la empresa tipo se resume de la siguiente manera:

LISTA DE MAQUINARIA INNECESARIA					
EMPRESA MODELO			Fecha: 24 de noviembre de 2006.		
Nombre de la maquinaria	Código	Cantidad	Costo Actual Individual	Costo Actual Total	Ubicación
INYECTORA	INY XLO B Y T 2	1	\$7,800.00	\$7,800.00	Inyección
INYECTORA	INY Core cylinder 4	1	\$1,650.00	\$1,650.00	Inyección
INYECTORA	INY TEPESA 3	1	\$4,060.00	\$4,060.00	Inyección
Bomba de retorno	B GE 1	1	\$790.00	\$790.00	Inyección
Prensa troqueladora	PT Cicondre	1	\$1,420.00	\$1,420.00	Maquinado
Prensa troqueladora	PT L & J # 5	1	\$1,150.00	\$1,150.00	Maquinado
Prensa troqueladora	PT Ulecia1	2	\$740.00	\$1,480.00	Maquinado
Prensa troqueladora	PT Reuselle 1	6	\$740.00	\$4,440.00	Maquinado
Prensa troqueladora	PT E.W. Bliss	1	\$1,430.00	\$1,430.00	Maquinado
Prensa troqueladora	PT Bliss	1	\$1,360.00	\$1,360.00	Maquinado



Prensa troqueladora	PT Bliss Reeves	1	\$1,490.00	\$1,490.00	Maquinado
Prensa troqueladora	PT Loshbough	1	\$980.00	\$980.00	Maquinado
Prensa troqueladora	PT Federal Press	1	\$860.00	\$860.00	Maquinado
Taladro pedestal	TL DP	1	\$340.00	\$340.00	Maquinado
Esmeril	ESM	1	\$550.00	\$550.00	Maquinado
Tombola	TBL	2	\$150.00	\$300.00	Maquinado
Desembobinador	DE Cooper wey M.	1	\$2,200.00	\$2,200.00	Maquinado
Taladro de banco	TB Howel	1	\$520.00	\$520.00	Ensamble L1
Taladro de banco	TB Baldor	1	\$780.00	\$780.00	Ensamble L1
Taladro de banco	TB Westing house	1	\$650.00	\$650.00	Ensamble L1
Prensa troqueladora	PT E.W. Bliss	1	\$1,350.00	\$1,350.00	Ensamble L2
Prensa troqueladora	PT Perking	3	\$980.00	\$2,940.00	Ensamble L2
Remachadora	REM Milfor rivet	1	\$1,260.00	\$1,260.00	Ensamble L2
Prensa troqueladora	PT Press rite	1	\$820.00	\$820.00	Ensamble L2
Prensa troqueladora	PT Alva fallen	3	\$960.00	\$2,880.00	Ensamble L2
Prensa troqueladora	PT E.W. Bliss	1	\$540.00	\$540.00	Ensamble L3
Banda transportadora	BDTRAN	3	\$630.00	\$1,890.00	Ensamble L3
Remachadora	REM Milfor rivet	1	\$810.00	\$810.00	Ensamble L3
Prensa troqueladora	PT Bench master	1	\$890.00	\$890.00	Ensamble L4
Prensa troqueladora	PT Bench master	2	\$760.00	\$1,520.00	Ensamble L4
Prensa troqueladora	PT Press rive	2	\$760.00	\$1,520.00	Ensamble L4
Taladro de banco	TB Jet D-1	2	\$380.00	\$760.00	Ensamble L4
Prensa troqueladora	PT Trovasa	1	\$620.00	\$620.00	Ensamble L4
Importe Total de la maquinaria innecesaria:	\$52,050.00				

Tabla No.47: Maquinaria innecesaria.
Fuente: elaboración de grupo.

1.3 Paso 3: Aplicación de la segunda “S”: SEITON-ORDENAR

El objetivo principal es ubicar los elementos necesarios en sitios donde se puedan encontrar fácilmente para su uso y nuevamente retornarlos al correspondiente sitio.

Para lograr la aplicación efectiva de la segunda “S” se presentan los pasos necesarios:

Fase 1. Decidir la ubicación de cada objeto.

Para lograr determinar la ubicación de los elementos que son usados en cada puesto de trabajo, se presenta el equipo, utillaje y herramientas necesarias en las operaciones del proceso que se realiza en la empresa tipo:



OPERACIÓN	HERRAMIENTAS Y UTILLAJE
Inyección.	Guantes, Lentes, Barriles, Barras, Taladrina, Moldes
Troquelado.	Bandejas, Depósitos metálicos.
Pintura.	Racks, Barriles, Guantes, mascarillas
Ensamble	Barriles, Depósitos metálicos

Tabla No.48: Equipo y utillaje necesario.
Fuente: elaboración de grupo.

El criterio para determinar la cercanía o no del equipo a los operarios es la frecuencia de utilización, así los que son utilizados con menos frecuencia se colocan más lejos. Además, los objetos deben colocarse a una altura comprendida entre la cintura y los hombros. Este método reduce la cantidad de tiempo y energía que se gasta en ir y volver.

Fase 2. Preparar contenedores.

Uno de los objetivos al implementar las técnicas en la empresa tipo es hacer un uso óptimo de los espacios que están siendo utilizados (minimizando espacios y la cantidad de existencias). Para el caso de la empresa modelo es necesario hacer un cambio en los depósitos que se utilizan en los inventarios de producción, ya que los depósitos actuales no poseen las propiedades que se requieren, además que facilitan el movimiento, el transporte y flujo de los lotes de inventario. Los lugares donde se colocarán las herramientas y equipo ya existen en la planta o son sencillos de fabricar, como se muestra:

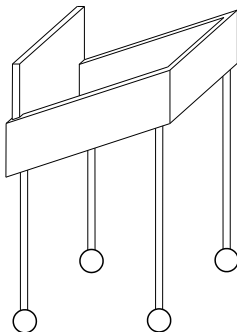


- **BARRILES:** son utilizados en una gran cantidad de tareas, tanto de almacenamiento como de transporte de piezas e insumos; se almacenan piezas pequeñas como los tornillos sinfín, el bushing, pin pasador, remaches en general.



Ilustración No.1: Contenedores.
Fuente: Elaboración de grupo.

La utilización de los barriles en el manejo de las piezas trae consigo el método UEPS (Ultimas Entradas Primeras Salidas), por lo que se propone un cambio en el diseño de estos depósitos y así lograr trabajar con el método PEPS (Primeras Entradas Primeras Salidas).



El diseño presentado cambia el método de inventario a través del uso de la gravedad, con una inclinación de 45° y una compuerta que permite que las piezas resbalen. Las medidas del deposito son de 90*60*50 de profundidad, la altura de las patas mas pequeñas son de 1 metro para que permita depositar los objetos directamente a las mesas de trabajo.

La bandeja propuesta sustituye a los barriles, los cubos de 5 galones y las bandejas simples, además mejora el transporte de las piezas hacia las diferentes operaciones.

Fase 3. Señalar la posición de cada objeto.

El objetivo de la técnica es dar a cada uno de los elementos una localización designada claramente, y demostrada por una línea amarilla en el piso.

La localización designada deberá ser determinada por la frecuencia de uso y el tamaño de los elementos, considerando la facilidad de movimiento de los trabajadores.



USO	LOCALIZACIÓN
Frecuente	Sobre máquinas o al lado de las líneas de trabajo
No frecuente	En el lugar de trabajo
Común con otros	Al centro para un mejor control

Tabla No.49: Posición según el uso.
Fuente: elaboración de grupo.

La ubicación del equipo y utillaje en cada puesto de trabajo se realiza a partir de la frecuencia de uso, y así el objeto puede estar a 1 m, a 2 m, o a mayor distancia; así para cada puesto de trabajo en las diferentes operaciones.

OPERACIONES	DISTANCIA	
	1 m	2m
Inyección	Guantes, lentes	Barriles, barras, moldes, taladrina
Troquelado	Bandejas, depósitos metálicos.	
Ensamble	Barriles, depósitos metálicos	
Pintura	Guantes, mascarilla	Racks, Barriles.

Tabla No.50: Distancias para la posición.
Fuente: elaboración de grupo.

La identificación visual en cada lugar de la planta se hace a través de chapas indicadoras, así como se indica para el área de bodega de producto terminado:

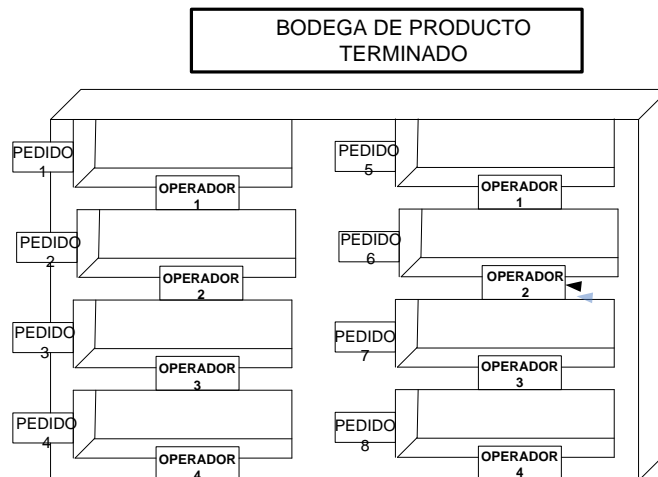


Figura Nº 47: Chapas indicadoras.
Fuente: elaboración de grupo.



Cada depósito que constituye los estantes de la bodega está identificado con el número de pedido y con el tipo de producto que lo compone, además que cada depósito tiene marcado con una línea de color rojo el límite superior de inventario y con color verde el límite inferior.

Las áreas dentro de la planta que forman parte de las actividades secundarias como lo son mantenimiento, limpieza, Herramientas pequeñas, Tornos, Equipo eléctrico, accesorios y cajas de conexión han sido identificados en áreas específicas, con la chapa indicadora necesaria.

Después de estas actividades se logra que la planta esté con todas las áreas que la conforma respectivamente señaladas en la forma correcta.

Al finalizar la inspección y corregir su ubicación se marca cada punto como inspeccionado.

CONTROL VISUAL.

Equipos		Materiales /Suministros /Inventarios	
x	Máquinas	X	Materiales no procesados
x	Herramientas pequeñas	X	Suministros
X	Troqueles (matrices)	X	Partes / piezas
X	Fresas (brocas)	X	Producto y material en proceso
X	Rodamientos de equipos	X	Producto Terminado
X	Equipo de limpieza	X	Material de envío (que llega o sale)
X	Equipo eléctrico	Otros artículos	
X	Accesorios, cajas de conexión	X	Boletines informativos
X	Computadoras	X	Avisos
Muebles		X	Lápices, lapiceros, reglas, etc
X	Gabinets	X	Ropa de trabajo
X	Bancas y tablas	X	Equipo de seguridad
X	Sillas	X	Zapatos de trabajo
X	Carretillas	X	Bolsas para basura
X	Anaqueles	X	Artículos personales
X	Armarios		

Tabla No.51: Control visual en la planta.
Fuente: Lean Thinking, Womack James P

Fase 4. Codificación y cuantificación del objeto.

Por el tamaño de los elementos que se producen en la empresa no es posible codificar cada objeto, por lo que se hace por una unidad de carga mayor, como lo son las cajas en las que se almacenan y se entregan a los clientes.



El código y la cantidad se especifican en las cajas con una etiqueta (ver Tabla N° 52) y en los estantes que ocupan las cajas con una chapa.

Código: <u>ocelo 21-01</u>
Cantidad: <u>150</u>

Tabla No.52: Etiquetas para la producción.
Fuente: elaboración de grupo.

Fase 5. Habituarse al Seiton.

El último paso para el logro de resultados es mantener constantemente los hábitos de limpieza y orden que se han puesto en práctica en la planta:

- ▶ Separación de la maquinaria y de los materiales necesarios e innecesarios,
- ▶ La organización de las existencias frecuentemente utilizadas en lugares cercanos
- ▶ El uso de chapas de código del lugar, chapas de código del objeto y líneas indicadoras de cantidad.
- ▶ Uso correcto de las existencias, Primero en Entrar Primero en Salir.

1.4 Paso 4: Aplicación de la tercera “S”: Limpieza (Seiso)

El proceso de implementación de la limpieza para la empresa se presenta en cuatro fases como se aprecia en la Figura N° 48:

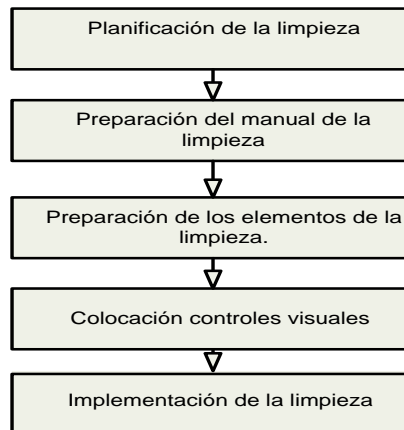


Figura N° 48: Flujo para la aplicaron de Seiso.
Fuente: Lean Thinking, Womack James P



1.4.1 Planificación de la limpieza.

Para obtener la planificación para las actividades de limpieza se hace uso de un cuadro de asignación de tareas por zona para cada trabajador y un diagrama de Gant para poder programar esas actividades en el tiempo.

Para lograr la asignación de las tareas se enumera el personal encargado de la limpieza desde ordenanza 1, hasta ordenanza 6; así como el número de días necesarios.

Asignación del trabajo de limpieza

Labor a Realizar	Ubicación	Quién lo hará	Cuándo lo hará	Materiales y herramientas necesarias.
1) Limpieza del polvo esparcido	Inyección,	Ordenanza 1-3	1 Día	Franelas, escobas, bolsas, guantes, mascarilla
2) Limpieza del polvo esparcido	Troquelado, Ensamble, Pintura.	Ordenanza 4-6	1 Día	Franelas, escobas, bolsas, guantes, mascarilla
3) Remover capas de mugre y grasa.	Inyección,	Ordenanza 1-3	1 Día	Franelas, detergente, mascones, lejía, guantes
4) Remover capas de mugre y grasa	Troquelado, Ensamble, Pintura.	Ordenanza 4-6	1 Día	Franelas, detergente, mascones, lejía, guantes
5) Limpieza de grietas del suelo	Inyección,	Ordenanza 1-3	3 Días	Franelas, escobas, detergente, lejía, guantes, mascarilla
6) Limpieza de grietas del suelo	Troquelado, Ensamble, Pintura.	Ordenanza 4-6	3 Días	Franelas, escobas, detergente, lejía, guantes, mascarilla
7) Limpieza de paredes	Inyección,	Ordenanza 1-3	3 Días	Detergente, mascones, guantes
8) Limpieza de paredes	Troquelado, Ensamble, Pintura.	Ordenanza 4-6	3 Días	Detergente, mascones, guantes
9) Limpieza de los vidrios	Inyección,	Ordenanza 1-3	3 Días	Limpia vidrios, franelas, escalera
10) Limpieza de los vidrios	Troquelado, Ensamble, Pintura.	Ordenanza 4-6	3 Días	Limpia vidrios, franelas, escalera
11) Limpiar cajas de control eléctrico	Inyección,	Ordenanza 1-3	2 Días	Franelas
12) Limpiar cajas de control eléctrico	Troquelado, Ensamble, Pintura.	Ordenanza 4-6	2 Días	Franelas
13) Limpieza general del piso	Inyección,	Ordenanza 1-3	2 Días	Mopa, cubo fregona y sus accesorios
14) Limpieza general del piso	Troquelado, Ensamble, Pintura.	Ordenanza 4-6	2 Días	Mopa, cubo fregona y sus accesorios

Tabla No.53: Asignación del trabajo.
Fuente: elaboración de grupo.



La asignación de recursos para las actividades de limpieza se hace a partir de la clasificación de suciedad de las áreas, como se muestra:

- ✓ Pisos: Suciedad natural, Áreas limpias, Áreas ordinarias.
- ✓ Maquinaria: De precisión, Ordinarias.
- ✓ Herramientas: Partes móviles, Partes inmóviles.

1.4.2 Diagrama de Gant de la limpieza en la empresa.

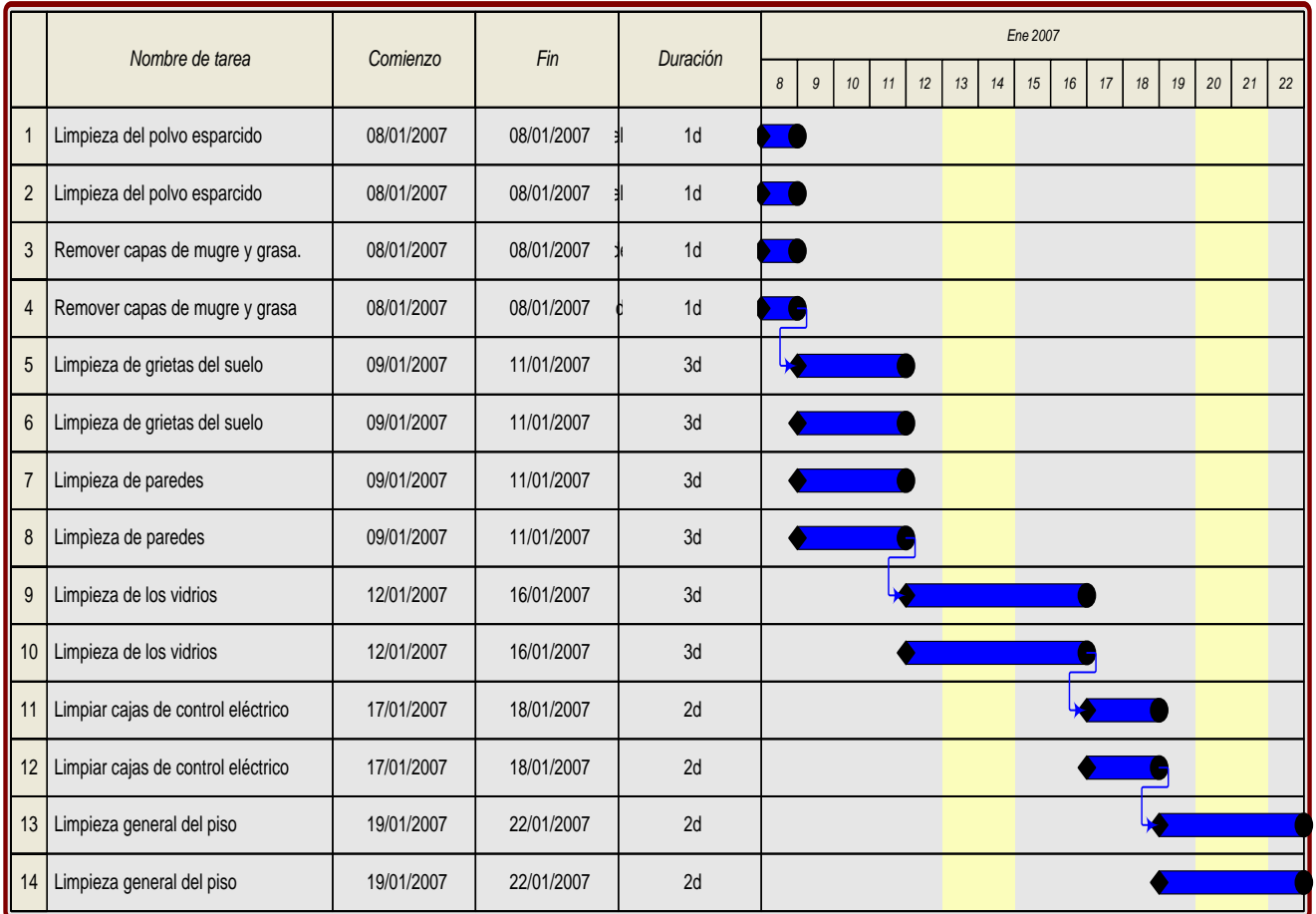


Figura No.49: Diagrama de Gant para la limpieza.
Fuente: elaboración de grupo.

1.4.3 Manual de limpieza.

Objetivo: establecer las normas y disposiciones del programa de limpieza y desinfección del inmueble y sus instalaciones, con el fin de mantener la planta libre de focos de contaminación, prevenir condiciones de insalubridad para disponer de un ambiente de trabajo limpio, saludable y seguro.



A continuación se presenta los lineamientos considerados en la limpieza de la planta, estos a partir de los diferentes tipos de limpieza:

a. LIMPIEZA GENERAL

Diariamente se procederá a la limpieza general del lugar de trabajo de la siguiente forma:

1. Recolectar la basura de los cestos en un tambo.
2. Limpieza y recolección de residuos de los productos o polvos adherida a la superficie que se limpia.
3. Preparar la solución con la que se procederá a limpiar (agua con cloro, con jabón o detergente)
4. Enjabonar o aplicar la solución previamente preparada a las superficies a limpiar con una esponja cepillo o franela.
5. Con la superficie en contacto con la solución preparada se precede a restregar las superficies eliminando completamente todos los residuos, algunos residuos no son visibles por lo que esta tarea se debe de realizar de la mejor forma.
6. El enjuague final con agua limpia y una franela de modo que el agua arrastre totalmente el jabón o la solución preparada.
7. Realizar una revisión visual para verificar que ha sido eliminada toda la suciedad. En caso de necesitarse se debe de realizar el proceso hasta lograr una superficie limpia.
8. Colocar todo el equipo y los productos utilizados en el lugar asignado para ello.
9. Comprobar el buen estado del equipo, notificando cualquier anomalía al responsable para su reparación o reposición.
10. Depositar los desperdicios o residuos en los tambos habilitados.
11. El jefe de limpieza realiza una inspección mensual en todas las áreas del orden y limpieza.

b. LIMPIEZA DE SUELOS.

El proceso de la limpieza del piso se debe de realizar diariamente a través del barrido húmedo, eliminando el principal inconveniente del barrido seco tradicional que es el de levantar el polvo.



La superficie se limpia recogiendo por medio de un trapo húmedo cuya finalidad no es la de mojar el suelo, sino el hacer que el polvo quede adherido a dicho trapo sin levantarse de la superficie.

El barrido húmedo se puede realizar de dos formas:

1. **Por empuje:** avanzando sobre la superficie mientras se empuja la mopa, sin levantarlo del suelo.
2. **En retroceso:** la mopa resbala sobre el piso mientras que el operario va para atrás efectuando un deslizamiento que abarque toda la superficie.

En ambos casos la mopa que no debe de despegarse de la superficie, recogerá el polvo, que quedará adherido. Y las partículas más gruesas que no quedan pegadas al trapo serán arrastradas por la mopa hasta el lugar donde son recogidas.

Durante el trabajo de barrido húmedo es fundamental la rotación del mango de la mopa para que se adapte a los rincones y cambios de dirección.

c. LIMPIEZA DE BAÑOS.

- ✓ Abrir las ventanas para ventilar el área.
- ✓ Retirar las toallas y vaciar los cestos de basura.
- ✓ Con el uso de detergente, desinfectante, quita sarro o germicida se lavan eliminando la suciedad con agua y secando bien para que no queden marcas de agua. No se deben de usar elementos que puedan rayar la superficie.
- ✓ Frotar la taza del inodoro con una escobilla, utilizando un agente limpiador, a continuación se limpia el asiento, la cisterna y la parte exterior del inodoro. En caso que exista sarro en el fondo de inodoro se empleará el producto quita sarro para eliminarlo.
- ✓ Limpieza de espejos y demás accesorios de los baños.
- ✓ Limpiar los grifos con un paño empapado de agua y un detergente. Para eliminar manchas de cal producidas por el agua se eliminarán con detergente ácido o con un poco de vinagre; comprobar que los desagües estén limpios y sin pelos, de lo contrario debe utilizarse un destapa caños.
- ✓ los dispensadores de jabón, de papel o de toallitas se limpian con un paño húmedo y detergente; y se reponen los que estén vacíos.



- ✓ Se termina el aseo de los baños fregando el suelo desde el fondo del mismo, en dirección a la puerta, con detergente y escobas.

d. LIMPIEZA DE VIDRIOS.

- ✓ Mojar y escurrir el trapo, esponja o cepillo de cerda en el recipiente que contiene agua con el producto de limpieza. Se limpia comenzando de los bordes y avanzando hacia la parte superior del vidrio y hacia abajo.
- ✓ Pasar otro trapo escurrido con agua limpia. Es recomendable realizar el trabajo cuando no haya sol y cambiar con frecuencia el agua.

e. LIMPIEZA DE MUEBLES.

- ✓ Para quitar polvo de las superficies de madera y laminados plásticos se usa un trapo húmedo, revisando que no tenga ningún tipo de mancha.
- ✓ para las manchas de grasa en superficies metálicas se usa un trapo con detergente y lejía, frotándolo con un cepillo.

Para mantener constantemente un ambiente de trabajo limpio y ordenado deben de cumplirse las siguientes normas de seguridad y limpieza:

- ✓ Se recogerán diariamente los útiles de trabajo.
- ✓ Se depositarán los residuos en contenedores adecuados.
- ✓ Siempre que se produzca algún derrame, se limpiará inmediatamente y se comunicará al responsable directo.
- ✓ No se usarán disolventes peligrosos no productos corrosivos en la limpieza de los suelos.
- ✓ Se señalizarán los suelos húmedos para evitar posibles resbalones y caídas.
- ✓ Se controlarán especialmente los puntos críticos que generen suciedad.
- ✓ No se apilarán ni almacenarán materiales y equipo en zonas de paso o de trabajo.
- ✓ Se retirarán los objetos que obstruyan el trabajo.
- ✓ Se usará todo equipo de seguridad industrial proporcionado por la empresa.



1.4.4 PREPARAR ELEMENTOS PARA LA LIMPIEZA

Ya establecidas las tareas que se realizarán para la limpieza en la planta y las áreas secundarias se presenta el requerimiento de materiales y equipo que es necesario, separando el existente y el faltante:

Equipo y materiales	Existentes en buenas condiciones.	Faltantes
1. Escobas	3	3
2. Franelas	5	10
3. Detergente	De uso constante	---
4. Lejía	De uso constante	---
5. Cestos de basura	5	5
6. Limpia vidrios	2	6
7. Mopas	0	6
8. Guantes	De uso constante	---
9. Cepillos	2	4
10. Escaleras	0	2
11. Mascarillas	De uso constante	---
12. Desinfectante	De uso constante	---
13. Quita sarro	De uso constante	---

Tabla No.54: Equipo para la limpieza..
Fuente: elaboración de grupo.

1.4.5 IMPLANTACIÓN DE LA LIMPIEZA.

Para llevar a cabo la puesta en marcha de las acciones de limpieza anteriormente descritas es necesario que las personas encargadas de realizarlas estén completamente enteradas de todos los lineamientos. La capacitación y adiestramiento de tareas para los operarios se realizará juntas para todas las áreas.

1.5 Paso 5: Aplicación de la cuarta "S": Seiketsu (Estandarizar)

El objetivo es lograr conservar lo aplicado a través de estándares para la práctica de las tres primeras "S". La cuarta S es la creación de los hábitos para conservar el lugar de trabajo en condiciones perfectas.

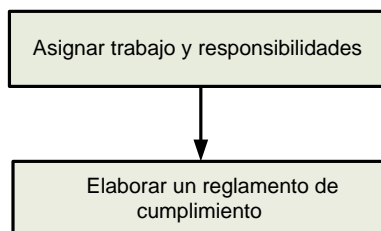


Figura Nº 50: Diagrama para el proceso de estandarización.
Fuente: Lean Thinking, Womack James P

a) Asignar trabajo y responsabilidades

Para lo cual es necesario contestar las siguientes preguntas:

- ✓ Qué hacer?: Se determinarán las actividades a realizar que corresponden a las tres eses anteriores.
- ✓ Cuándo hacerlo? Se contabilizan los días necesarios para cada actividad.
- ✓ Dónde hacerlo? La planta ha sido dividida en seis áreas (según las actividades que se realizan) para poder desarrollar el proyecto escalonadamente.
- ✓ Cómo hacerlo? Se especifica los materiales y herramientas que son necesarios para realizar las tareas.
- ✓ Y Quién lo hará? Es necesario identificar al personal encargado de realizar las actividades, para lo que se ha nombrado desde operario 1 hasta operario 6, así como se muestra.

Labor a Realizar	Ubicación	Quién lo hará	Cuándo lo hará	Materiales y herramientas necesarias.
Clasificación de los objetos a eliminar, elaborar un listado de objetos necesarios y los innecesarios.	Inyección.	Operario 1	2 Días	Cuaderno, lápiz, borrador, tarjetas rojas.
	Troquelado.	Operario 4	2 Días	
	Ensamble.	Operario 5	2 Días	
	Pintura.	Operario 6	2 Días	
Ubicar los objetos necesarios en el lugar más adecuados, preparación de contenedores, administración visual para la ubicación	Inyección.	Operario 1	5 Días	Contenedores, chapas indicadoras de lugar y de objetos.
	Troquelado.	Operario 4	5 Días	
	Ensamble.	Operario 5	5 Días	
	Pintura.	Operario 6	5 Días	
	Troquelado.	Operario 4	3 Días	
	Ensamble.	Operario 5	3 Días	
	Pintura.	Operario 6	3 Días	

Tabla No.55: Asignación de trabajo.
Fuente: Elaboración de grupo.



Para la aplicación de la de la tercera “S” (Limpieza) han sido asignados los recursos necesarios anteriormente aunque, por lo que pasamos al siguiente paso.

b) Elaborar un reglamento para el cumplimiento de las 3 primeras S

I Normas para Clasificar (1ª. “S”)

- ✓ Establezca qué pertenece al área y en qué cantidad.

Aplicación.

OPERACIONES FUERA DE LA LINEA DE ENSAMBLE								
N.	Nombre de maquina	Marca	Capac.	V	Amp.	HP	RPM	Ubicación
1	INYECTORA # 1	Cast master	800 psi	220	65	25	1173	Inyección
2	INYECTORA # 2	Cast master	150 psi	220	65	25	1173	Inyección
3	Soplador enfriador	LG		220	21.4	7.5	1725	Inyección
4	Bomba tanque enfria.	Baldor		220	24	10	3450	Inyección
5	Bomba de alimen.	LG		220	8.5	2	3450	Inyección
6	Bomba de alimen.	Baldor		220	5.6	2	3450	Inyección
7	Bomba de retorno	LG		220	14.2	5	3500	Inyección
8	Prensa troqueladora	E.W. Bliss	19 Tn.	220	9.2	3	1715	Maquinado
9	Prensa troqueladora	Minster B1	45 Tn.	220	21.2	7.5	1675/100	Maquinado
10	Prensa troqueladora	Perkins S Jr.	5 Tn.	220	3.3	1	1142	Maquinado
11	Desenrolladora	Foote Bros.		220	2.2	0.5	1750	Maquinado
12	Taladro pedestal	Howel		220	3.6	1	1750	Maquinado
13	Esmeril			220	4.2	1.5	1725	Maquinado
14	Tombola	Artesanal		220	9.2	3	1725	Maquinado
15	Tombola	Artesanal		220	9.2	3	1725	Maquinado
16	Cortadora	Cooper wey		220	5.8	7.8	1750	Maquinado
OPERACIONES DE LA LINEA DE ENSAMBLE.								
N.	Nombre de maquina	Marca	Capac.	V	Amp.	HP	RPM	Ubicación
17	Taladro de banco	Clausing		220	3.6	1	1725	Ensamble L1
18	Taladro de banco	Clausing		220	3.6	1	1725	Ensamble L1
19	Esmeril	B & Decker		110	4	0.5	3450	Ensamble L1
20	Banda transportadora			220	5	0.5	1725	Ensamble L1
21	Prensa troqueladora	Roussele	15 Tn.	220	3.4	1	1735	Ensamble L1
22	Prensa troqueladora	Roussele	15 Tn.	220	3.4	1	1735	Ensamble L1
23	Prensa troqueladora	Roussele	15 Tn.	220	3.4	1	1735	Ensamble L1
24	Prensa troqueladora	Roussele	15 Tn.	220	3.4	1	1735	Ensamble L1
25	Prensa troqueladora	Roussele	15 Tn.	220	3.4	1	1735	Ensamble L1
26	Prensa troqueladora	Roussele	15 Tn.	220	2.2	0.5	1725	Ensamble L1
OPERACIONES VARIAS								
N.	Nombre de maquina	Marca	Capac.	V	Amp.	HP	RPM	Ubicación
18	Pulidora doble			220	21.2	7.5	1750	Rebabado
19	Pulidora # 1	Dayton		110	5.6	0.75	1725	Rebabado
20	Pulidora # 2	Dayton		110	5.6	0.75	1725	Rebabado
21	Pulidora # 3	Dayton		110	5.6	0.75	1725	Rebabado



22	Pulidora # 4			220	3.6	1	1725	Rebabado
23	Pulidora de corte			110	5.6	0.75	1725	Rebabado
24	Torno	Nardini		220/110	21.2	7.5	25/2000	Taller Mantto.
25	Bomba taladrina torno			220	5	1.5	1725	Taller Mantto.
26	Fresadora # 1	Bridgeport		220	4	1	1725	Taller Mantto.
27	Mortajadora	Bridgeport		110	8	1	1725	Taller Mantto.
28	Fresadora # 2	Bridgeport		220	4	1	1725	Taller Mantto.
29	Taladro de banco	Enco		110/220	16	2	1725	Taller Mantto.
30	Rectificadora	Aka 1000		220	23	15	1740	Taller Mantto.
31	Motor de mov. Vertical			220	5	1.5	1725	Taller Mantto.
32	Motor de B. Hidraulica			220	5	1.5	1725	Taller Mantto.
33	Motor de B. Taladrina			220	2.2	0.5	1725	Taller Mantto.
34	Rectificadora	Do all		220	13.6	5	1725	Taller Mantto.
35	Rectificadora	San Ford		110/220	9.4/4.1	0.75	3450	Taller Mantto.
36	Horno	Termol Sistem		220				Taller Mantto.
37	taladro de mano	Bosch	600 W	110				Taller Mantto.
38	Esmeril			220	9.2	3	3560	Taller Mantto.
39	Soldador	Honbart		220	100			Taller Mantto.
40	pulidora de mano	Bosch	600 W	110				Taller Mantto.
41	Compresor tornillo 1	Ingersollrand	100 CFM	230/460	70/35	25	3500	Compresores
42	Compresor tornillo 2	Ingersollrand	100 CFM	230/460	70/35	25	3500	Compresores
43	Compresor tornillo 3	Ingersollrand	90 CFM	230/460	59/29.5	25	3530	Compresores
44	Compresor tornillo 4	Ingersollrand	210 CFM	230/460	40/20	50	1750	Compresores

Tabla No.56: Equipo para cada área.

Fuente: Elaboración de grupo.

- ✓ Decida qué información debe escribirse en las Etiquetas Rojas.

Aplicación: nombre del elemento, modelo, cantidad, proceso, fecha, motivos, acción.

- ✓ Determine cómo deberá efectuarse el etiquetado en rojo, quién lo hará y cuándo se hará.

Aplicación: estrategia de etiquetado en toda la empresa; a partir de un listado general de la maquinaria y equipo se realiza la primera revisión por parte del grupo “5S”; luego se pasa a la segunda revisión para determinar finalmente lo innecesario; estas actividades corresponden a la 1º S por lo que se harán en los 2 primeros días del proyecto.



- ✓ Determine las pautas de ayuda y los principios fundamentales que todas las personas deben seguir para realizar el etiquetado en rojo.

Aplicación: las pautas a seguir principalmente son elementos defectuosos, que no se usen o que no aplique los requerimientos.

- ✓ Decida la ubicación de los artículos etiquetados en rojo, incluyendo quién tomará la decisión final, quién efectuará lo decidido, cuándo deberá ponerse en marcha el plan y cómo se hará.

Aplicación: la ubicación final del equipo necesario es especificada después de haber obtenido la aprobación del encargado del proyecto se hará efectivo por medio del comité encargado por área.

- ✓ Establezca las pautas de ayuda para organizar el área de almacenamiento temporal de artículos con Etiqueta Roja, incluyendo quién debe hacerlo, cuáles son sus responsabilidades y la manera como se hará el registro para el archivo.

Aplicación: el equipo clasificado como innecesario no se moverá de lugar, simplemente identificado con su respectiva tarjeta roja el comité de 5S deberá registrarlo como un activo desechado y las medidas que serán tomadas en cada caso.

Normas para Ordenar (2ª. "S")

- ✓ Decida cuál debe ser la ubicación de los artículos.

Aplicación: se muestra la distancia a la que deben estar los artículos, herramientas u objetos para cada puesto de trabajo dependiendo de la frecuencia de uso y de las actividades que se realicen.

- ✓ Determine el procedimiento normativo a seguir para cambiar la ubicación de un artículo, incluir la manera de hacer recomendaciones y quién tomará la decisión final.

Aplicación: para el cambio o préstamo de artículos, herramientas u otros objetos de un puesto de trabajo a otro se realizará de responsable a delegado;



es decir para cada conjunto de elementos en los puestos de trabajo se asignará un encargado y responsable, que generalmente será el operario de los diferentes puestos, él tomará la decisión de realizar el préstamo o no.

II Normas para Limpiar (3ª. “S”)

- ✓ Determine lo que necesita limpieza y mantenimiento con regularidad, quién hará dicha limpieza, cuándo debe ocurrir y el procedimiento básico que se debe seguir para tal mantenimiento y limpieza.

La aplicación de esta norma para la empresa tipo está especificada en la tabla del manual de limpieza.

- ✓ Determine dónde guardar tanto lo limpiado como los elementos de limpieza y los criterios que seguirán para determinar su reemplazo.

Los objetos que se limpien se deben dejar en el mismo lugar en el que se encuentra, ya que los objetos tienen determinada su posición por área; para los elementos de limpieza está asignada una bodega para guardar los objetos, se puede apreciar en la distribución en planta propuesta. (Ver anexo N° 28)

1.6 Paso 6: Aplicación de la quinta “S”: *Shitsuke (Disciplina)*

La disciplina es la aplicación de los hábitos de respetar y utilizar correctamente los procedimientos, estándares y controles previamente establecidos.

En la implantación de las 5S, la disciplina es importante porque sin ella, la implementación de las cuatro primeras S, se deteriora rápidamente.

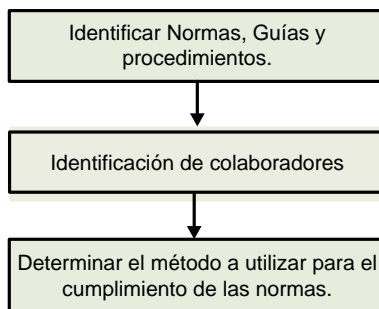


Figura N° 51: Esquema para la disciplina.
Fuente: Lean Thinking, Womack James P



- ✓ Identificar las normas, guías y procedimientos que requieran el apoyo de todo el personal.
Los procedimientos de aplicación de las 5S que integran la participación de varios niveles de la empresa son: los referentes a la limpieza puntual, es decir que cada persona dentro de la empresa se preocupe por mantener su lugar de trabajo en las mejores condiciones de limpieza y orden.
- ✓ Identifique a las personas o grupos de personas que tienen la disposición y el deseo de colaborar con el programa y aplicar sus normas, guías y procedimientos. Las personas que integrarán el comité 5S en la empresa tipo se escogerán según la disposición a colaborar en las tareas establecidas.
- ✓ Para lograr la cooperación de las guías y normas de aplicación de las 5S, se considerarán los siguientes puntos como parte de un método parcial: Tablero informativo del programa, Fotos del “Antes” y del “Después”, Diagramas “Causa” y “Efecto”, Grupos de estudio o solución de problemas, Avisos informativos sobre las normas y procedimientos, Las actividades diarias del programa, Las actividades semanales del programa.

En resumen, la aplicación de las 5S como herramienta de la manufactura esbelta en la empresa tipo consta de tres fases:

- 1º. Formar y establecer los lineamientos, normas y procedimientos de aplicación de las 5S.
- 2º. Aplicación permanente y constante de las acciones establecidas.
- 3º. Realizar continuamente acciones de mejora (Kaizen). Esta última fase enlaza la aplicación de las 5S y la aplicación de la siguiente herramienta de la manufactura esbelta que corresponde aplicar en la empresa KAIZEN.



2. NIVELACIÓN DE LA PRODUCCIÓN.

La nivelación de la producción consiste en reducir al mínimo las fluctuaciones en la cadena de ensamble, adaptando la producción a la demanda.

Existen dos fases en la nivelación de la producción:

- ▶ Nivelación de la cantidad total de producción.
- ▶ Nivelación de la producción de cada producto.

2.1. La nivelación de la cantidad total de la producción.

Tiene por objeto minimizar la diferencia entre la producción de un período y la del siguiente. El ideal es producir la misma cantidad de productos en cada período (por lo general cada día).

La demanda de los productos A_1 , A_2 y A_3 ⁴⁰ puede cambiar considerablemente según los pedidos de los clientes, ya que hay que tener presente que la demanda dentro de un mes no es constante, lo que afecta a los volúmenes mensuales de producción, la nivelación de la producción permite que permanezcan estables los volúmenes de producción diaria.

La demanda para los productos A_1 , A_2 y A_3 en la primera mitad de un mes puede ser alta y luego debilitarse en la segunda mitad. En tales circunstancias si cada día se produjera la misma cantidad de productos, se necesitarían tener existencias en reserva con objeto de satisfacer la demanda de la primera parte del mes. Al mismo tiempo se necesitaría un exceso de existencias al final del mes debido a la menor demanda.

Por consiguiente, cuanto mas breve sea el periodo del plan maestro de producción, tanto mejor para la ejecución de la nivelación de la producción total. Para el desarrollo se toman en consideración los datos a producir para julio de 2006 que se reciben de parte del Departamento de Planificación, en un reporte de producción para este mes:

Programación de la producción (Julio de 2006)			
Día de inicio	Día Finalización	Código	Cantidad
01-Julio-2006	31-Julio-2006	Producto A_1	140,343 Un.
01-Julio-2006	31-Julio-2006	Producto A_2	37,425 Un.
01-Julio-2006	31-Julio-2006	Producto A_3	9,356 Un.

Tabla N° 57: Programación de la producción en la empresa modelo.
Fuente: Empresa modelo

⁴⁰ El producto A_3 forma parte del plan de producción para julio de 2006 y es un producto que se planea fabricar. Con la inclusión de este nuevo producto el Takt Time, se modifica y de aquí en adelante se trabajara en base a este nuevo tiempo de ciclo.



La producción diaria se establece en base a 21 días laborales al mes.

	MENSUAL	DIARIA
Producto A ₁	140,343 Un.	6,683 Un.
Producto A ₂	37,425 Un.	1,782 Un.
Producto A ₃	9,356 Un.	446 Un.

Tabla N° 58: Cálculo de la producción diaria.
Fuente: Elaboración de grupo.

El tiempo efectivo se calcula de la siguiente manera:

Jornada laboral	7:00 a.m. a 5:00 p.m.
Tiempo disponible	10 horas.
Tiempos de descanso	1.25 horas.
Almuerzo = 45 min. Break= 2 Break * (15 min./break)= 30 min.	
Tiempo efectivo = (10 – 1.25) horas.	8.75 horas

Tabla N° 59: Cálculo del tiempo efectivo.
Fuente: Elaboración de grupo.

La duración del ciclo para cada producto se calcula dividiendo el número de horas efectivas (31,500 seg. equivalentes a 8.75 horas) por el volumen necesario de producción diaria de la cadena de ensamble.

JULIO ¹											
FECHA	3	4	5	6	7	...	25	26	27	28	31
Producto A ₁	6,683	6,683	6,683	6,683	6,683	...	6,683	6,683	6,683	6,683	6,683
Producto A ₂	1,782	1,782	1,782	1,782	1,782	...	1,782	1,782	1,782	1,782	1,782
Producto A ₃	446	446	446	446	446	...	446	446	446	446	446
TIEMPO DISP. (seg.)	31,500	31,500	31,500	31,500	31,500	...	31,500	31,500	31,500	31,500	31,500
DURACIÓN DE CICLO PRODUCTO A (seg./Und.)	4.71	4.71	4.71	4.71	4.71	...	4.71	4.71	4.71	4.71	4.71
DURACIÓN DE CICLO PRODUCTO B (seg./Und.)	17.68	17.68	17.68	17.68	17.68	...	17.68	17.68	17.68	17.68	17.68
DURACIÓN DE CICLO PRODUCTO C (seg./Und.)	70.63	70.63	70.63	70.63	70.63	...	70.63	70.63	70.63	70.63	70.63

Tabla N° 60: Plan de la producción.
Fuente: Elaboración de grupo.

Para adaptarse a un aumento relativamente breve de la demanda, se puede hacer uso de las horas extraordinarias.

Un incremento de 7:00 a.m. a 8:00 p.m. generaría tres horas adicionales, aumentando la capacidad de producción de la siguiente forma:



TIEMPO EFECTIVO NORMAL	8,75
TIEMPO EFECTIVO CON HORAS EXTRAORDINARIAS	11,75
INCREMENTO	34%

Tabla N° 61 Incremento de la capacidad de producción.

Fuente: Elaboración de grupo.

Este incremento en las horas efectivas permite un aumento de la capacidad de producción de hasta un 34.0% (lo que es igual a tres horas adicionales de trabajo divididas por las 8.75 horas de trabajo efectivo normal).

Aunque el objetivo más importante es mejorar el proceso para satisfacer la demanda con un número mínimo de trabajadores, no se considera necesario minimizar el número de máquinas; ya que la idea es tener las máquinas necesarias para satisfacer la demanda máxima y contratar operarios adicionales temporales o estacionales cuando se necesiten, de forma que pueda ampliarse fácilmente la capacidad efectiva de producción.

2.2. Nivelación de la producción para cada producto

La nivelación de la producción de cada producto es una extensión de la idea de la nivelación de la producción total.

La diversidad de partes que contienen los productos manejados por la empresa modelo, y su presencia en la cadena de montaje final genera inventarios excesivos.

La eficacia de la cadena de montaje final que produjera un tipo de producto un día y el siguiente día otro producto; los procesos anteriores que fabricara piezas para el primer tipo de productos tendría trabajo para un día, pero no para el día siguiente.

Sin embargo si la cadena de montaje produjera todos los días a plena capacidad sin detener su funcionamiento, la cantidad de piezas terminadas sería muy grande: alrededor de tres o cuatro veces la cantidad producida mediante la producción nivelada⁴¹.

En resumen, la finalidad de la nivelación de la producción de cada producto es frenar las variaciones en el flujo de cada variedad de productos entre periodos. El objetivo es nivelar la cantidad de piezas consumidas y producidas en cada período, ya que si existiese grandes variaciones en la cantidad diaria consumida de piezas de una variedad especificada, la cadena de montaje en cuestión tendrá que mantener un enorme exceso de existencias y de personal.

⁴¹ Monden, 1999.



2.2.1. Programa secuencial de introducción de productos

La diversidad de los productos puede producirse de acuerdo con la duración media del ciclo con la salvedad de tener en cuenta la duración del ciclo de cada modelo al determinar el orden de producción de estos.

a. Método de secuenciación para nivelar la producción en la cadena de ensamble.

Los objetivos que se buscan al establecer en método de secuenciación en la cadena de ensamble son los siguientes:

- ✓ Nivelar la carga de cada proceso de la cadena.
- ✓ Mantener constante la velocidad de consumo de cada pieza.

• **Objetivo uno:**

En lo que corresponde al primer objetivo, es importante reconocer que un producto podría tener un tiempo de ejecución más largo que la duración del ciclo previamente determinada. Esto se debe al hecho que el equilibrio de la cadena se realiza con la condición que el tiempo de ejecución de cada proceso, que se ponderó para cada combinación de modelos, no debe exceder de la duración del ciclo. Esta condición se describe mediante la fórmula siguiente:

$$\max_l \left\{ \frac{\sum_{i=1}^{\alpha} Q_i T_{il}}{\sum_{i=1}^{\alpha} Q_i} \right\} \leq C$$

Ecuación 8: Tiempo de ejecución menor o igual a duración de ciclo.
Fuente: Lean Thinking, Womack James P

Donde:

Q_i = Cantidad de producción planeada del producto A_i ($i = 1, \dots, \alpha$)

T_{il} = Tiempo de ejecución por unidad del producto A_i en el proceso l



$$C = \text{Duración del ciclo} = \frac{\text{Tiempos_total_de_ejecución_por_día}}{\sum_{i=1}^{\alpha} Q_i}$$

Ecuación 9: Duración de ciclo.
Fuente: Lean Thinking, Womack James P

Por consiguiente, si los productos con tiempos de ejecución relativamente largos se introducen sucesivamente en la cadena, originarán un retraso en la terminación del producto y pueden originar la parada de la cadena.

Aunque este primer objetivo también se tiene en cuenta en el programa de secuenciación, el algoritmo de solución persigue principalmente el segundo objetivo, que se estima más importante para mantener una velocidad constante en el consumo de cada pieza.

- **Objetivo dos.**

Este segundo objetivo persigue la reducción en las variaciones en las cantidades de producción. Además, debe minimizarse las respectivas existencias de trabajos en curso, para ello, la cantidad utilizada por hora (es decir, la velocidad de consumo) de cada pieza en la cadena de ensamble debe mantenerse lo más constante posible.

Para comprender este método de secuenciación, es importante definir varias notaciones y valores:

Q = Cantidad total de producción de todos los productos $A_i (i = 1,2,3)$.

Q_i = Cantidad de producción de cada producto A_i .

N_j = Cantidad total necesaria de la pieza a_j que ha de consumirse para fabricar todos los productos $A_i (i = 1,2,3; j, = 1,2,3,...17)$.

X_{jk} = Cantidad total necesaria de la pieza a_j que ha de utilizarse para fabricar los productos de determinada secuencia desde el primero hasta el k -ésimo (8,911 Productos/día).

$\frac{N_j}{Q}$ = Cantidad media necesaria de la pieza a_j por unidad de producto.

$\frac{K.N_j}{Q}$ = Cantidad media necesaria de la pieza a_j para fabricar K unidades de producto.



La simbología empleada en los subíndices es la siguiente:

$i =$ Producto(s) (A_1, A_2 y/o A_3)

$j =$ Pieza(s) ($j=1, 2, 3, 4, \dots, 17$)

$k =$ Iteración(es) ($k=1, 2, 3, \dots, 8911$)

Teniendo presentes estas notaciones, pueden desarrollarse la siguiente Ecuación:

$$Q = \sum_{i=1}^{\alpha} Q_i$$

Ecuación 10: Cantidad total de producción.
Fuente: Lean Thinking, Womack James P

Para poder mantener constante la velocidad de consumo de la pieza a_j , la cantidad X_{jk}

debe estar tan próxima como sea posible al valor: $\frac{K \cdot N_j}{Q}$ definido previamente.

Esta es la idea básica del algoritmo de secuenciación, y se representa en la siguiente figura:

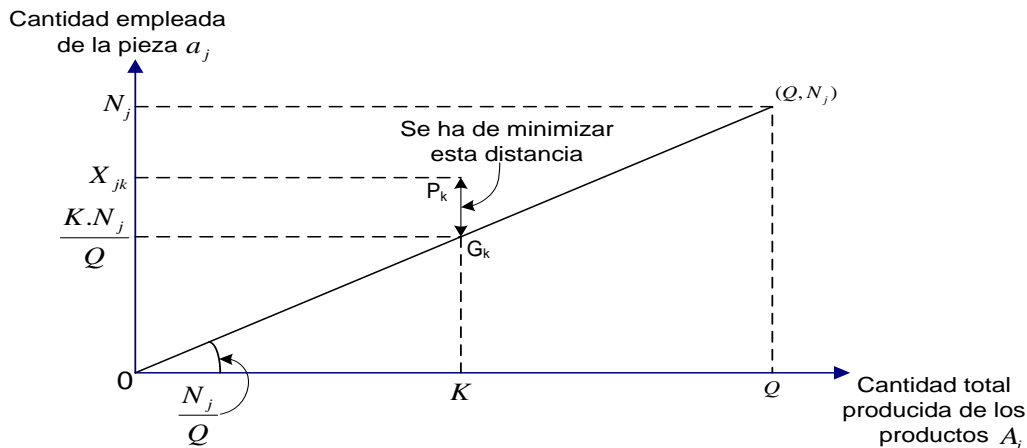


Figura N° 52: Relación entre X_{jk} y $\frac{K \cdot N_j}{Q}$

Fuente: Lean Thinking, Womack James P

Utilizando la figura anterior se pueden definir los dos puntos siguientes:

$$G_k = \left(\frac{K \cdot N_1}{Q}, \frac{K \cdot N_2}{Q}, \dots, \frac{K \cdot N_{8,911}}{Q} \right)$$

$$P_k = (X_{1k}, X_{2k}, \dots, X_{8,911k}); \text{ donde } k= 1, 2, 3, \dots, 8,911.$$

Para que el programa secuencial asegure la velocidad constante de consumo de cada pieza, el punto P_k debe estar tan cerca como sea posible del punto G_k . Por consiguiente,



si se mide el grado de proximidad del punto P_k respecto del punto G_k utilizando la distancia D_k :

$$D_k = \|G_k - P_k\| = \sqrt{\sum_{j=1}^{\beta} \left(\frac{K \cdot N_j}{Q} - X_{jk} \right)^2}$$

Ecuación11: Distancia en G_k y P_k
Fuente: Lean Thinking, Womack James P

Esta distancia D_k debe minimizarse para asegurar una velocidad de consumo aproximadamente constante.

Pasos para el desarrollo.

Este método consta de cuatro pasos:

Paso 1: Hacer $K = 1$, $X_{j,k-1} = 0$, ($j = 1, \dots, 17$).

Donde: X son cantidades reales utilizadas.

Paso 2: Hacer que ocupe el orden K –ésimo en el programa de secuencia el producto A_{i^*} que minimiza la distancia D_{k^*} . La distancia mínima se encontrará mediante la Ecuación siguiente:

$$D_{ki} = \sqrt{\sum_{j=1}^{17} \left(\frac{K \cdot N_j}{Q} - X_{j,k-1} - b_{ij} \right)^2}$$

Ecuación 12: Determinación de distancias.
Fuente: Lean Thinking, Womack James P

Donde:

b_{ij} = Cantidad necesaria de la pieza a_j ($j = 1, \dots, 17$) para producir una unidad del producto A_i ($i = 1, 2, 3$).

2.3. SECUENCIACIÓN EN LA CADENA DE ENSAMBLE

Para poder establecer el método es necesario definir los productos, las partes requeridas y cantidades a producir.

Producto A_1 :

Esta compuesto por ocho piezas para su elaboración, las cuales se detallan a continuación.



Producto A ₁	N° de piezas.
Pieza a ₁	1
Pieza a ₄	1
Pieza a ₇	1
Pieza a ₉	1
Pieza a ₁₀	1
Pieza a ₁₁	1
Pieza a ₁₂	1
Pieza a ₁₃	1
TOTAL	8

Tabla No. 62: Piezas componentes del producto A₁
Fuente: elaboración de grupo.

Producto A₂:

La composición del producto es de nueve piezas, que se especifican en la siguiente tabla:

Producto A ₂	N° de piezas.
Pieza a ₂	1
Pieza a ₅	1
Pieza a ₈	1
Pieza a ₁₀	1
Pieza a ₁₂	1
Pieza a ₁₄	1
Pieza a ₁₅	1
Pieza a ₁₆	1
Pieza a ₁₇	1
TOTAL	9

Tabla No. 63: Piezas componentes del producto A₂
Fuente: elaboración de grupo.

Producto A₃:

Lo constituyen las cinco piezas siguientes:

Producto A ₃	N° de piezas.
Pieza a ₃	1
Pieza a ₆	1
Pieza a ₉	1
Pieza a ₁₀	1
Pieza a ₁₂	1
TOTAL	5

Tabla No. 64 Piezas componentes del producto A₃
Fuente: elaboración de grupo.

La siguiente tabla muestra las cantidades diarias programadas a producir según la demanda.

Producto A _i	A ₁	A ₂	A ₃	Total
Producción Planificada (Cantidad Q _i)	6683	1782	446	8,911

Tabla No. 65: Cantidades diarias programadas a producir de A₁, A₂ y A₃.
Fuente: Elaboración de grupo.



De este modo se define como:

$Pza_i = a_i$ = Piezas necesarias para ensamblar los productos A_i

A_i = productos a producir.

	Pza ₁	Pza ₂	Pza ₃	Pza ₄	Pza ₅	Pza ₆	Pza ₇	Pza ₈	Pza ₉	Pza ₁₀	Pza ₁₁	Pza ₁₂	Pza ₁₃	Pza ₁₄	Pza ₁₅	Pza ₁₆	Pza ₁₇
A ₁	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0
A ₂	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1
A ₃	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0

Tabla N° 66: Matriz Productos – Piezas de la empresa modelo.

Fuente: Elaboración de grupo.

Por lo que, la cantidad total necesaria (N_j) de la pieza a_j ($j = 1,2,3,\dots,17$) para elaborar todos los productos A_i ($i = 1,2,3$) puede calcularse del modo siguiente:

$$[N_j] = [Q_i][b_{ij}]$$

Ecuación 13: Cantidad total necesaria de piezas.

Fuente: Lean Thinking, Womack James P

Transfiriendo los datos de la Tabla N° 65 y 66, se obtiene N_j :

$$= \begin{bmatrix} 6683,1782,446 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} 6683,1782,446,6683,1782,446,6683,1782,7129,8911,6683,8911,6683,1782,1782,1782,1782 \end{bmatrix}$$

La cantidad total de producción de los productos A_i ($i = 1,2,3$) será:

$$\sum_{i=1}^3 Q_i = 6683 + 1782 + 446 = 8911$$

Por consiguiente, $[N_j / Q] =$

(para $j = 1,2,3,\dots,17$)

$$= \begin{bmatrix} \frac{6683}{8911}, \frac{1782}{8911}, \frac{446}{8911}, \frac{6683}{8911}, \frac{1782}{8911}, \frac{446}{8911}, \frac{6683}{8911}, \frac{1782}{8911}, \frac{7129}{8911}, \frac{8911}{8911}, \frac{6683}{8911}, \frac{8911}{8911}, \frac{6683}{8911}, \frac{1782}{8911}, \frac{1782}{8911}, \frac{1782}{8911}, \frac{1782}{8911} \end{bmatrix}$$

A continuación, se aplican los valores de $[N_j / Q]$ y $[b_{ij}]$ a la Ecuación 13 del paso 2 del algoritmo, cuando $K = 1$, pueden calcularse las distancias D_{ki} como sigue:



Para $i = 1$

$$D_{1,1} = \sqrt{\left(\frac{1 \times 6683}{8911} - 0 - 1\right)^2 + \left(\frac{1 \times 1782}{8911} - 0 - 0\right)^2 + \left(\frac{1 \times 446}{8911} - 0 - 0\right)^2 + \left(\frac{1 \times 6683}{8911} - 0 - 1\right)^2 + \left(\frac{1 \times 1782}{8911} - 0 - 0\right)^2 + \left(\frac{1 \times 446}{8911} - 0 - 0\right)^2 + \left(\frac{1 \times 6683}{8911} - 0 - 1\right)^2 + \left(\frac{1 \times 1782}{8911} - 0 - 0\right)^2 + \left(\frac{1 \times 7129}{8911} - 0 - 1\right)^2 + \left(\frac{1 \times 8911}{8911} - 0 - 1\right)^2 + \left(\frac{1 \times 6683}{8911} - 0 - 1\right)^2 + \left(\frac{1 \times 8911}{8911} - 0 - 1\right)^2 + \left(\frac{1 \times 6683}{8911} - 0 - 1\right)^2 + \left(\frac{1 \times 1782}{8911} - 0 - 0\right)^2 + \left(\frac{1 \times 1782}{8911} - 0 - 0\right)^2 + \left(\frac{1 \times 1782}{8911} - 0 - 0\right)^2}$$

$$D_{1,1} = 0.7984$$

Para $i = 2$

$$D_{1,2} = \sqrt{\left(\frac{1 \times 6683}{8911} - 0 - 0\right)^2 + \left(\frac{1 \times 1782}{8911} - 0 - 1\right)^2 + \left(\frac{1 \times 446}{8911} - 0 - 0\right)^2 + \left(\frac{1 \times 6683}{8911} - 0 - 0\right)^2 + \left(\frac{1 \times 1782}{8911} - 0 - 1\right)^2 + \left(\frac{1 \times 446}{8911} - 0 - 0\right)^2 + \left(\frac{1 \times 6683}{8911} - 0 - 0\right)^2 + \left(\frac{1 \times 1782}{8911} - 0 - 1\right)^2 + \left(\frac{1 \times 7129}{8911} - 0 - 0\right)^2 + \left(\frac{1 \times 8911}{8911} - 0 - 1\right)^2 + \left(\frac{1 \times 6683}{8911} - 0 - 0\right)^2 + \left(\frac{1 \times 8911}{8911} - 0 - 1\right)^2 + \left(\frac{1 \times 6683}{8911} - 0 - 0\right)^2 + \left(\frac{1 \times 1782}{8911} - 0 - 1\right)^2 + \left(\frac{1 \times 1782}{8911} - 0 - 1\right)^2 + \left(\frac{1 \times 1782}{8911} - 0 - 1\right)^2}$$

$$D_{1,2} = 2.8174$$

Para $i = 3$

$$D_{1,3} = \sqrt{\left(\frac{1 \times 6683}{8911} - 0 - 0\right)^2 + \left(\frac{1 \times 1782}{8911} - 0 - 0\right)^2 + \left(\frac{1 \times 446}{8911} - 0 - 1\right)^2 + \left(\frac{1 \times 6683}{8911} - 0 - 0\right)^2 + \left(\frac{1 \times 1782}{8911} - 0 - 0\right)^2 + \left(\frac{1 \times 446}{8911} - 0 - 1\right)^2 + \left(\frac{1 \times 6683}{8911} - 0 - 0\right)^2 + \left(\frac{1 \times 1782}{8911} - 0 - 0\right)^2 + \left(\frac{1 \times 7129}{8911} - 0 - 1\right)^2 + \left(\frac{1 \times 8911}{8911} - 0 - 1\right)^2 + \left(\frac{1 \times 6683}{8911} - 0 - 0\right)^2 + \left(\frac{1 \times 8911}{8911} - 0 - 1\right)^2 + \left(\frac{1 \times 6683}{8911} - 0 - 0\right)^2 + \left(\frac{1 \times 1782}{8911} - 0 - 0\right)^2 + \left(\frac{1 \times 1782}{8911} - 0 - 0\right)^2 + \left(\frac{1 \times 1782}{8911} - 0 - 0\right)^2}$$

$$D_{1,3} = 2.2219$$

Por lo tanto, $D_{1,i^*} = \min\{0.7984, 2.8174, 2.2219\} = 0.7984$

$$\therefore i^* = 1$$

Por consiguiente, el primero del programa secuencial es el producto A_1 . Siguiendo con el paso cuatro del algoritmo:



$X_{jk} = X_{jk-1} + b_{1j}$			
X_{jk}	X_{jk-1}	b_{1j}	Σ
$X_{1,1}$	0	1	1
$X_{2,1}$	0	0	0
$X_{3,1}$	0	0	0
$X_{4,1}$	0	1	1
$X_{5,1}$	0	0	0
$X_{6,1}$	0	0	0
$X_{7,1}$	0	1	1
$X_{8,1}$	0	0	0
$X_{9,1}$	0	1	1
$X_{10,1}$	0	1	1
$X_{11,1}$	0	1	1
$X_{12,1}$	0	1	1
$X_{13,1}$	0	1	1
$X_{14,1}$	0	0	0
$X_{15,1}$	0	0	0
$X_{16,1}$	0	0	0
$X_{17,1}$	0	0	0

Tabla No. 67: Tabla de partes reales utilizadas en la cadena de ensamble.
Fuente: elaboración de grupo.

A continuación se hace $K = 2$, entonces:

Para $i = 1$

$$D_{2,1} = \sqrt{\left(\frac{2 \times 6683}{8911} - 1 - 1\right)^2 + \left(\frac{2 \times 1782}{8911} - 0 - 0\right)^2 + \left(\frac{2 \times 446}{8911} - 0 - 0\right)^2 + \left(\frac{2 \times 6683}{8911} - 1 - 1\right)^2 + \left(\frac{2 \times 1782}{8911} - 0 - 0\right)^2 + \left(\frac{2 \times 446}{8911} - 0 - 0\right)^2 + \left(\frac{2 \times 6683}{8911} - 1 - 1\right)^2 + \left(\frac{2 \times 1782}{8911} - 0 - 0\right)^2 + \left(\frac{2 \times 7129}{8911} - 1 - 1\right)^2 + \left(\frac{2 \times 8911}{8911} - 1 - 1\right)^2 + \left(\frac{2 \times 6683}{8911} - 1 - 1\right)^2 + \left(\frac{2 \times 8911}{8911} - 1 - 1\right)^2 + \left(\frac{2 \times 6683}{8911} - 1 - 1\right)^2 + \left(\frac{2 \times 1782}{8911} - 0 - 0\right)^2 + \left(\frac{2 \times 1782}{8911} - 0 - 0\right)^2 + \left(\frac{2 \times 1782}{8911} - 0 - 0\right)^2 + \left(\frac{2 \times 1782}{8911} - 0 - 0\right)^2}$$

$$D_{2,1} = 1.5969$$



Para $i = 2$

$$D_{2,2} = \sqrt{\left(\frac{2 \times 6683}{8911} - 1 - 0\right)^2 + \left(\frac{2 \times 1782}{8911} - 0 - 1\right)^2 + \left(\frac{2 \times 446}{8911} - 0 - 0\right)^2 + \left(\frac{2 \times 6683}{8911} - 1 - 0\right)^2 + \left(\frac{2 \times 1782}{8911} - 0 - 1\right)^2 + \left(\frac{2 \times 446}{8911} - 0 - 0\right)^2 + \left(\frac{2 \times 6683}{8911} - 1 - 0\right)^2 + \left(\frac{2 \times 1782}{8911} - 0 - 1\right)^2 + \left(\frac{2 \times 7129}{8911} - 1 - 0\right)^2 + \left(\frac{2 \times 8911}{8911} - 1 - 1\right)^2 + \left(\frac{2 \times 6683}{8911} - 1 - 0\right)^2 + \left(\frac{2 \times 8911}{8911} - 1 - 1\right)^2 + \left(\frac{2 \times 6683}{8911} - 1 - 0\right)^2 + \left(\frac{2 \times 1782}{8911} - 0 - 1\right)^2 + \left(\frac{2 \times 1782}{8911} - 0 - 1\right)^2 + \left(\frac{2 \times 1782}{8911} - 0 - 1\right)^2}$$

$$D_{2,2} = 2.0372$$

Para $i = 3$

$$D_{2,3} = \sqrt{\left(\frac{2 \times 6683}{8911} - 1 - 0\right)^2 + \left(\frac{2 \times 1782}{8911} - 0 - 0\right)^2 + \left(\frac{2 \times 446}{8911} - 0 - 1\right)^2 + \left(\frac{2 \times 6683}{8911} - 1 - 0\right)^2 + \left(\frac{2 \times 1782}{8911} - 0 - 0\right)^2 + \left(\frac{2 \times 446}{8911} - 0 - 1\right)^2 + \left(\frac{2 \times 6683}{8911} - 1 - 0\right)^2 + \left(\frac{2 \times 1782}{8911} - 0 - 0\right)^2 + \left(\frac{2 \times 7129}{8911} - 1 - 1\right)^2 + \left(\frac{2 \times 8911}{8911} - 1 - 1\right)^2 + \left(\frac{2 \times 6683}{8911} - 1 - 0\right)^2 + \left(\frac{2 \times 8911}{8911} - 1 - 1\right)^2 + \left(\frac{2 \times 6683}{8911} - 1 - 0\right)^2 + \left(\frac{2 \times 1782}{8911} - 0 - 0\right)^2 + \left(\frac{2 \times 1782}{8911} - 0 - 0\right)^2 + \left(\frac{2 \times 1782}{8911} - 0 - 0\right)^2}$$

$$D_{2,3} = 2.0369$$

De este modo, basándose en los cálculos anteriores, se establece el programa secuencial hasta $K=8,911$.



K	D _{k1}	D _{k2}	D _{k3}	PROGRAMA SECUENCIAL	X _{k1}	X _{k2}	X _{k3}	X _{k4}	X _{k5}	X _{k6}	X _{k7}	X _{k8}	X _{k9}	X _{k10}	X _{k11}	X _{k12}	X _{k13}	X _{k14}	X _{k15}	X _{k16}	X _{k17}
1	0,7984	2,8174	2,2219	A1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0
2	1,5969	2,0372	2,0369	A1, A1	2	0	0	2	0	0	2	0	2	2	2	2	2	0	0	0	0
3	2,3953	1,2798	2,1532	A1, A1, A2	2	1	0	2	1	0	2	1	2	3	2	3	2	1	1	1	1
4	0,6328	4,0744	2,5688	A1, A1, A2, A1	3	1	0	3	1	0	3	1	3	4	3	4	3	1	1	1	1
5	0,6619	3,3073	1,9839	A1, A1, A2, A1, A1	4	1	0	4	1	0	4	1	4	5	4	5	4	1	1	1	1
6	1,3232	2,5595	1,5962	A1, A1, A2, A1, A1, A1	5	1	0	5	1	0	5	1	5	6	5	6	5	1	1	1	1
7	2,0829	1,8545	1,5605	A1, A1, A2, A1, A1, A1, A3	5	1	1	5	1	1	5	1	6	7	5	7	5	1	1	1	1
8	1,8967	2,6454	3,6046	A1, A1, A2, A1, A1, A1, A3, A1	6	1	1	6	1	1	6	1	7	8	6	8	6	1	1	1	1
9	2,4565	1,9327	3,5679	A1, A1, A2, A1, A1, A1, A3, A1, A2	6	2	1	6	2	1	6	2	7	9	6	9	6	2	2	2	2
10	1,3220	4,4439	3,9677	A1, A1, A2, A1, A1, A1, A3, A1, A2, A1	7	2	1	7	2	1	7	2	8	10	7	10	7	2	2	2	2
11	1,0173	3,6518	3,5114	A1, A1, A2, A1, A1, A1, A3, A1, A2, A1, A1	8	2	1	8	2	1	8	2	9	11	8	11	8	2	2	2	2
12	1,2638	2,8633	3,1924	A1, A1, A2, A1, A1, A1, A3, A1, A2, A1, A1, A1	9	2	1	9	2	1	9	2	10	12	9	12	9	2	2	2	2
13	1,8533	2,0822	3,0542	A1, A1, A2, A1, A1, A1, A3, A1, A2, A1, A1, A1, A1	10	2	1	10	2	1	10	2	11	13	10	13	10	2	2	2	2
14	2,5587	1,3222	3,1210	A1, A1, A2, A1, A1, A1, A3, A1, A2, A1, A1, A1, A1, A1	10	3	1	10	3	1	10	3	11	14	10	14	10	3	3	3	3
15	0,6601	3,9921	3,3058	A1, A1, A2, A1, A1, A1, A3, A1, A2, A1, A1, A1, A1, A2, A1	11	3	1	11	3	1	11	3	12	15	11	15	11	3	3	3	3
16	0,6310	3,1937	2,8619	A1, A1, A2, A1, A1, A1, A3, A1, A2, A1, A1, A1, A1, A2, A1, A1	12	3	1	12	3	1	12	3	13	16	12	16	12	3	3	3	3
17	1,2790	2,3952	2,5937	A1, A1, A2, A1, A1, A1, A3, A1, A2, A1, A1, A1, A1, A2, A1, A1, A1	13	3	1	13	3	1	13	3	14	17	13	17	13	3	3	3	3
18	2,0367	1,5968	2,5573	A1, A1, A2, A1, A1, A1, A3, A1, A2, A1, A1, A1, A1, A2, A1, A1, A1, A2	13	4	1	13	4	1	13	4	14	18	13	18	13	4	4	4	4
19	0,7983	4,3976	3,2137	A1, A1, A2, A1, A1, A1, A3, A1, A2, A1, A1, A1, A1, A2, A1, A1, A1, A2, A1	14	4	1	14	4	1	14	4	15	19	14	19	14	4	4	4	4
20	0,0023	3,6058	2,6439	A1, A1, A2, A1, A1, A1, A3, A1, A2, A1, A1, A1, A1, A2, A1, A1, A1, A2, A1, A1	15	4	1	15	4	1	15	4	16	20	15	20	15	4	4	4	4
21	0,7986	2,8177	2,2198	A1, A1, A2, A1, A1, A1, A3, A1, A2, A1, A1, A1, A1, A2, A1, A1, A1, A2, A1, A1, A1	16	4	1	16	4	1	16	4	17	21	16	21	16	4	4	4	4
22	1,5970	2,0377	2,0346	A1, A1, A2, A1, A1, A1, A3, A1, A2, A1, A1, A1, A1, A2, A1, A1, A1, A2, A1, A1, A1, A1	17	4	1	17	4	1	17	4	18	22	17	22	17	4	4	4	4
23	2,3954	1,2806	2,1510	A1, A1, A2, A1, A1, A1, A3, A1, A2, A1, A1, A1, A1, A2, A1, A1, A1, A2, A1, A1, A1, A1, A2	17	5	1	17	5	1	17	5	18	23	17	23	17	5	5	5	5
24	0,6346	4,0749	2,5673	A1, A1, A2, A1, A1, A1, A3, A1, A2, A1, A1, A1, A1, A2, A1, A1, A1, A2, A1, A1, A1, A1, A2, A1	18	5	1	18	5	1	18	5	19	24	18	24	18	5	5	5	5
25	0,6637	3,3079	1,9820	A1, A1, A2, A1, A1, A1, A3, A1, A2, A1, A1, A1, A1, A2, A1, A1, A1, A2, A1, A1, A1, A1, A2, A1, A1	19	5	1	19	5	1	19	5	20	25	19	25	19	5	5	5	5
26	1,3241	2,5604	1,5940	A1, A1, A2, A1, A1, A1, A3, A1, A2, A1, A1, A1, A1, A2, A1, A1, A1, A2, A1, A1, A1, A1, A2, A1, A1, A1	20	5	1	20	5	1	20	5	21	26	20	26	20	5	5	5	5
...																	
8,911	0,79844	2,81737	2,221942	...	6683	1782	446	6683	1782	446	6683	1782	7129	8911	6683	8911	6683	1782	1782	1782	1782

Tabla No. 68: Programa secuencial para el ensamble de los productos A₁, A₂ y A₃.
Fuente: Elaboración de grupo.



El comportamiento de los valores de $X_{jk} = X_{jk-1} + b_{1j}$, es como se muestra en el anexo 19: “Gráficos de consumo de cada pieza”, estos están graficados solamente para 25 iteraciones, con el objetivo de mostrar la tendencia de consumo que llevará cada una de las partes. Luego de establecer el desarrollo de las 8,911 iteraciones (productos), se define con exactitud el programa secuencial para los productos A_1 , A_2 y A_3 ⁴².

El programa secuencial muestra el orden de ensamble de los productos; para que este tome sentido es necesario establecer lotes mínimos, ya que no es posible seguir el orden que dicta este, debido a que los productos analizados tienen un ciclo de producción demasiado corto y ocasionaría confusión si se deja tal como esta.

El programa secuencial obtenido representa la base para establecer las órdenes de reabastecimiento a la cadena de ensamble, utilizando para este reabastecimiento una herramienta de manufactura esbelta muy importante: *Kanban*. Estos fijarán el tamaño de lote que demandará la línea de ensamble y se establece de la siguiente forma:

En el proceso productivo de la empresa modelo tiene diferentes piezas que se obtienen a través de inyección, troquelado y otras que son compradas. El detalle es como se muestra:

PROCESO	PIEZAS					
INYECCIÓN	a ₁	a ₂	a ₃	a ₉	a ₁₅	a ₁₇
TROQUELADO	a ₄	a ₅	a ₆	a ₇	a ₈	
COMPRADAS	a ₁₀	a ₁₁	a ₁₂	a ₁₃	a ₁₄	a ₁₆

Tabla N° 69: Clasificación de piezas por proceso.
Fuente: Elaboración de grupo.

El tamaño de lote se establece de la siguiente forma:

$$\text{Tamaño_de_lote} = \frac{\text{Producción_total_diaria}}{\text{Tiempo_efectivo}} = \frac{8911}{8.75} = 1018\text{Und}$$

Para el estudio se toma un tamaño de lote de 1000 Unidades, por lo que las cantidades de partes consumidas queda de la siguiente manera:

PIEZA	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅	a ₆	a ₇	a ₈	a ₉
TAMAÑO DE LOTE	6683	1782	446	6683	1782	446	6683	1782	7129
PIEZA	a ₁₀	a ₁₁	a ₁₂	a ₁₃	a ₁₄	a ₁₅	a ₁₆	a ₁₇	
TAMAÑO DE LOTE	8910 ¹	6683	8911	6683	1782	1782	1782	1782	

Tabla N° 70: Tamaño de lote por pieza.
Fuente: elaboración de grupo.

Esta será la forma que la línea de ensamble demandará de los procesos posteriores.

⁴² Ver anexo 20: Programa secuencial para los productos de la empresa modelo.



3. CAMBIO DEL SISTEMA EN UN DIGITO DE MINUTO (S.M.E.D.).

El objetivo del presente apartado es llevar el cambio de sistema de producción en la empresa modelo a un dígito de minuto, y para ello se propone efectuar 8 mejoras que conducen al objetivo final.

La Figura N° 53 ilustra las ocho mejoras que se proponen efectuar con el fin de lograr los cambios en un tiempo mínimo:

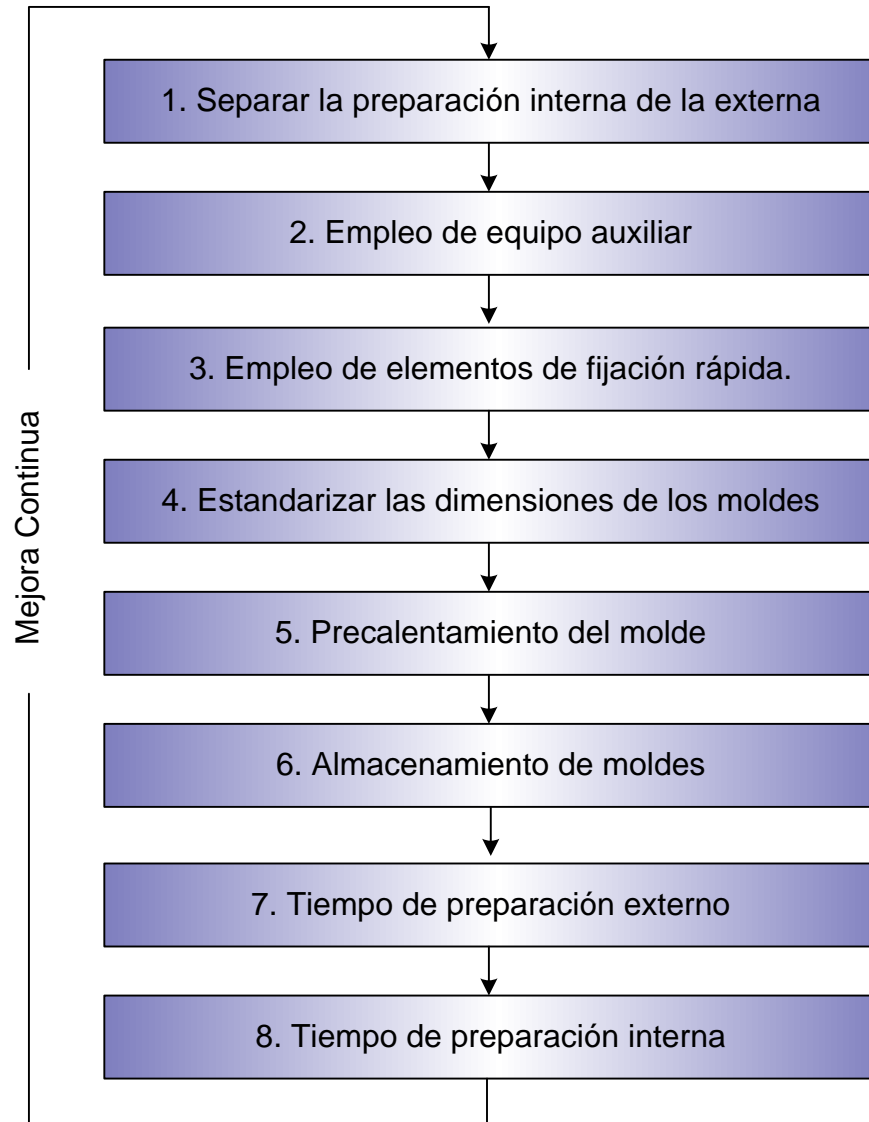


Figura N° 53: Propuestas de mejora para cambios de sistemas de producción.
Fuente: Elaboración de grupo.



3.1. Mejora 1: Separar la preparación Interna de la preparación Externa.

En este punto de mejora es necesario identificar claramente, cuales de las operaciones de preparación actuales deben realizarse mientras la maquina inyectora esta parada (preparación interna), y cuales pueden realizarse mientras la maquina esta en operación (operación externa).

En el siguiente cuadro, se presenta una separación de las actividades de preparación interna y externa en el cambio de moldes en las maquinas inyectoras de la empresa modelo:

Actividades de Preparación Externa	Actividades de Preparación Interna
1. Ponerse el equipo de protección personal.	1. Aflojar las tuercas que sujetan el molde.
2. Limpieza de la mesa giratoria	2. Quitar y colocar en la mesa giratoria, las tuercas que sujeten el molde.
3. Localizar el molde del sistema de producción siguiente.	3. Quitar y colocar las arandelas que sujeten el, molde en la mesa giratoria.
4. Tomar y colocar el molde en la mesa giratoria.	4. Ubicar la mesa giratoria en posición de descarga de inyectora.
5. Trasladar la mesa giratoria hasta el horno de precalentamiento.	5. Desalojar y colocar el molde en la mesa giratoria.
6. Introducir el molde al horno.	6. Girar la mesa y colocarla en posición de carga para molde siguiente.
7. Activar el horno de precalentamiento por una hora.	7. Colocar el molde en la maquina inyectora.
8. Buscar y poner en la mesa giratoria dos llaves de 17 mm.	8. Tomar las arandelas de la mesa giratoria.
9. Abrir el horno y colocar el molde en la mesa giratoria	9. Colocar las arandelas en la base de los pernos.
10. Trasladar la mesa giratoria hasta la máquina inyectora	10. Tomar las tuercas de la mesa giratoria.
11. Tomar una llave 17 de la mesa giratoria.	11. Colocar las tuercas sobre las arandelas.
12. Parar la producción de la maquina.	12. Buscar y tomar la llave 17 de la mesa giratoria.
	13. Asegurar las tuercas con una vuelta, utilizando la llave 17.
	14. Poner la llave 17 en la mesa giratoria.
	15. Retirar la mesa giratoria de la maquina inyectora.
	16. Encender la maquina inyectora.

Tabla No. 71: Separación de las actividades de preparación externas e internas.
Fuente: Elaboración de grupo.



En manufactura esbelta, interesa el tiempo que consume las actividades de preparación interna, porque es el tiempo inactivo de la maquinaria que debe optimizarse para disminuir los inventarios y este tiempo inactivo debe ser igual a un dígito de minuto⁴³.

3.2. Mejora 2: Pre calentamiento del molde.

Para optimizar el tiempo de preparación interna de las maquinas inyectoras, es necesario definir una nueva forma de precalentar el molde antes de instalarlo en la maquina inyectora, de manera que la inyección pueda iniciar con normalidad luego de instalarse el molde.

La figura siguiente ilustra el diseño y especificaciones del horno de precalentamiento del molde que incluye un sistema deslizante para facilitar la introducción y desalojo del molde, y se sugiere incluir en el diseño:

Alcance de temperatura⁴⁴: 0 - 200 °C.

Tiempo de alcance: 30 min.

Rango de temperatura: 200-400 °C.

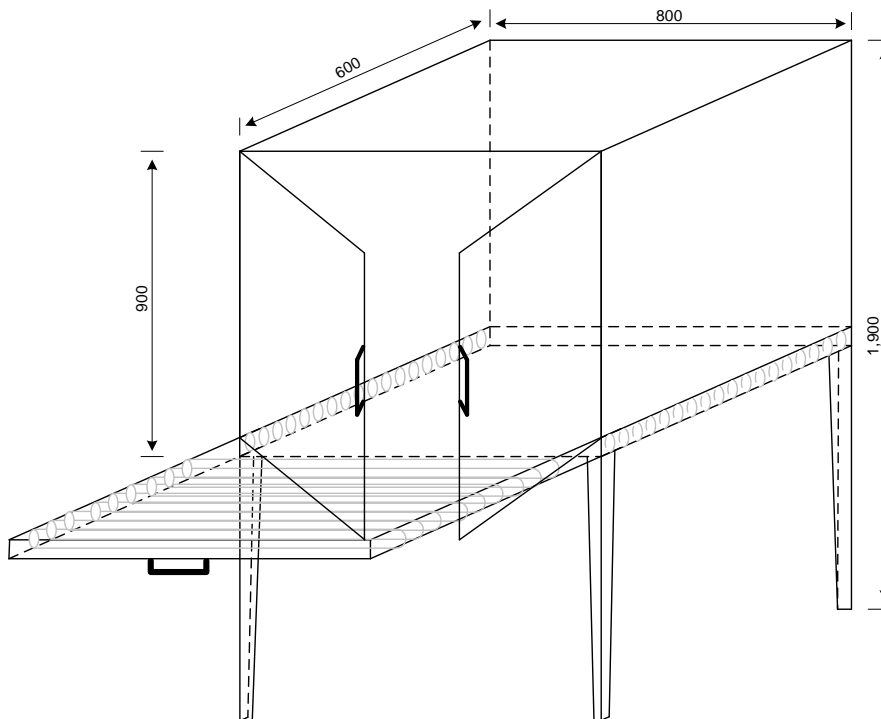


Figura N° 54: Horno de precalentamiento de moldes con sistema deslizante.
Fuente: Elaboración de grupo.

⁴³ Ver mejora 3: Tiempo de preparación interna.

⁴⁴ La temperatura mínima del molde debe alcanzar los 200 °C, para evitar estancamientos de zamak en los conductos.



3.3. Mejora 3: Empleo de equipo auxiliar.

Actualmente, las operaciones de ajuste en la empresa modelo representan aproximadamente el 50% del tiempo total del cambio de moldes (2.5 horas). Es muy importante reducir este tiempo de ajuste para acortar el tiempo total de preparación.

Para cambiar los moldes de las maquinas inyectoras, se propone una mesa giratoria, cuya idea fundamental optimizar el tiempo de preparación interna en la maquinaria. El procedimiento general a seguir es el siguiente:

- a) Separar⁴⁵ el molde “1” de la plantilla “A” y “B” de la inyectora⁴⁶.
- b) Acercar superficie vacía de la mesa para acercarla al molde “1”.
- c) Poner el molde “1” en la superficie vacía de la mesa móvil.
- d) Hacer girar la parte superior de la mesa móvil para lograr situar el molde “2” sobre los rieles de las plantillas fijas en la inyectora.
- e) Sujetar el molde con las plantillas de la maquina inyectora.
- f) Retirar la mesa giratoria de la maquina inyectora.

La Figura N° 55 ilustra la forma que debe tener la mesa giratoria para mejorar el tiempo de preparación interna:

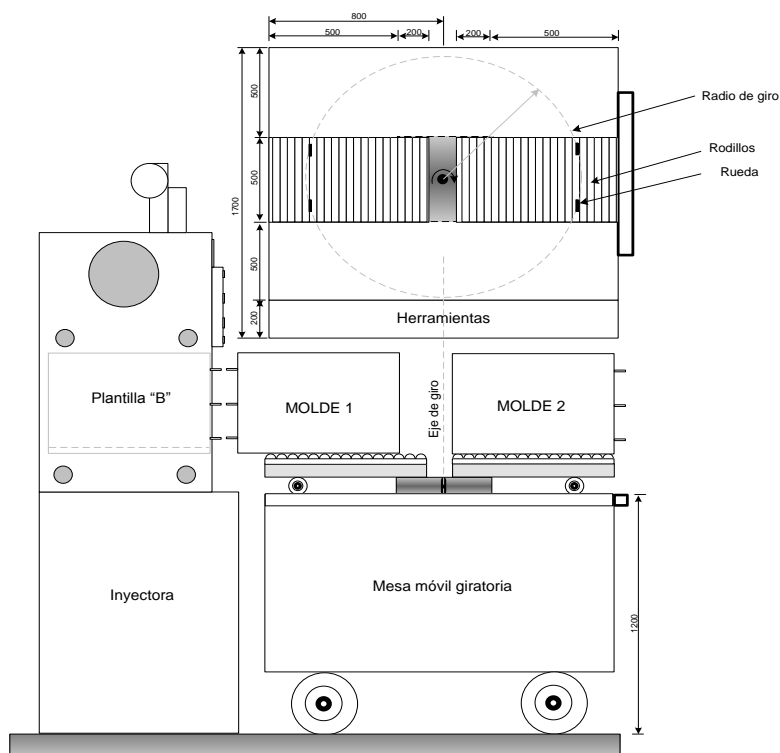


Figura N° 55: Diseño de mesa giratoria
Fuente: Elaboración de grupo.

⁴⁵ Soltar las tuercas del molde “1”

⁴⁶ La producción que utiliza el molde “1” ha finalizado.



3.4 Mejora 4: Empleo de elementos de fijación rápida.

Actualmente la empresa modelo esta empleando doce tuercas corrientes como elementos de fijación entre molde e inyectora, lo que consume un tiempo medio de treinta minutos. El objetivo de emplear elementos de fijación rápida es poder minimizar el tiempo de ajuste entre molde-inyectora, utilizando para ello arandelas en forma de “U”, tuercas y pernos de fijación rápida con rosca en la mitad de la superficie interna y externa en tuercas y pernos respectivamente, como se muestra en la grafica siguiente:

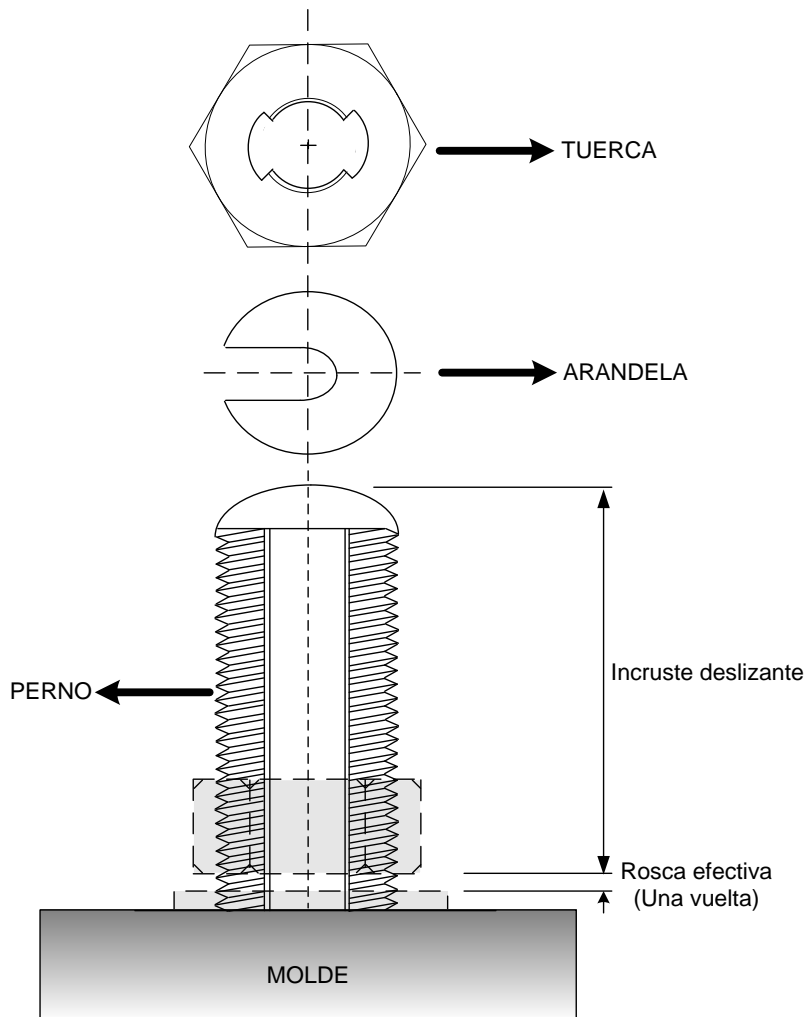


Figura No. 56: Elementos de fijación rápida en moldes.

Fuente: elaboración de grupo.

La arandela en forma de “U” de la figura anterior, se incrusta en forma lateral al perno, mientras que la tuerca sufre un incruste vertical deslizante hasta una rosca antes de hacer contacto con la arandela, éste ultimo giro de la rosca debe efectuarse con una llave para asegurar que los elementos quedan sujetos en forma correcta.



3.5 Mejora 5: Estandarización de las dimensiones de los moldes.

Para reducir el tiempo de preparación de las maquinas inyectoras en la empresa modelo, es necesario estandarizar las dimensiones de los moldes, de tal manera que se asemejen las operaciones de cambio de molde del producto “A” o “B”.

Para uniformizar las operaciones de cambio de moldes es necesario llegar a una igualdad en:

- a) Las dimensiones externas de los moldes del producto “A” o “B” y
- b) Los elementos de unión entre molde e inyectora.

Los moldes para los productos “A” o “B” deben tener 6 pernos, deben sujetarse con arandelas en forma de “U” y tuercas como las que se muestran en la Figura N° 57; por otra parte, la inyectora debe sujetar dos plantillas con rieles para facilitar el montaje y desmontaje de los moldes, tal como se presenta en la figura siguiente:

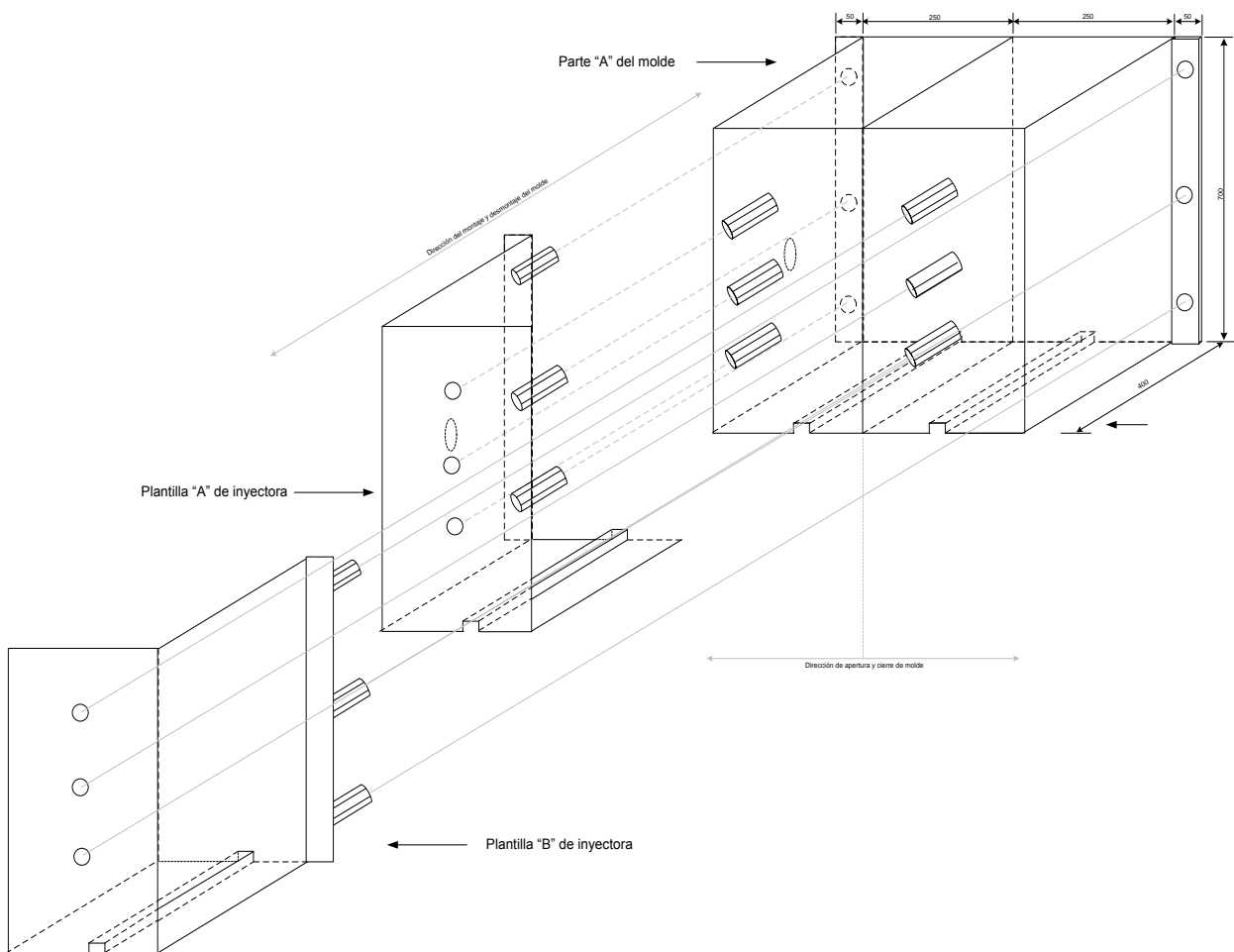


Figura N° 57: Propuesta de diseño para moldes de inyección.
Fuente: Elaboración de grupo.



3.6 Mejora 6: Tiempo de Preparación Interna.

Esta mejora del sistema de puesta a punto en la empresa modelo consiste en una descripción del tiempo que se prevé tardara la preparación interna del cambio en el sistema de producción.

Para reflejar el tiempo de preparación interno, se deben tomar en cuenta y asignar un tiempo a las actividades de preparación⁴⁷ registradas en la Tabla N° 72 y luego efectuar una sumatoria para obtener el tiempo total, tal como se refleja en la tabla siguiente:

No.	Actividades de Preparación Interna	Operarios	Tiempo (Seg.)
1	Aflojar 6 tuercas que sujetan el molde.	2	18.9
2	Quitar y colocar en la mesa giratoria, 6 tuercas que sujeten el molde.	2	8.9
3	Quitar y colocar 6 arandelas que sujetan el molde en la mesa giratoria.	2	9.4
4	Ubicar la mesa giratoria en posición de descarga de inyectora.	1	3.9
5	Desalojar y colocar el molde en la mesa giratoria.	2	3.3
6	Girar la mesa y colocarla en posición de carga para molde siguiente.	1	3.4
7	Colocar el molde en la maquina inyectora.	1	7.6
8	Tomar 6 arandelas de la mesa giratoria.	2	2.1
9	Colocar 6 arandelas en la base de los pernos.	2	19.9
10	Tomar 6 tuercas de la mesa giratoria.	2	2.1
11	Colocar 6 tuercas sobre las arandelas.	2	34.5
12	Buscar y tomar la llave 17 de la mesa giratoria.	2	2.1
13	Asegurar 6 tuercas con una vuelta, utilizando la llave 17.	2	25.2
14	Poner la llave 17 en la mesa giratoria.	2	1.6
15	Retirar la mesa giratoria de la maquina inyectora.	1	3.8
16	Encender la maquina inyectora.	1	1.7
Tiempo total (Seg.)			148.4
Tiempo total (Min.)			2.5

Tabla No. 72: Tiempo total de preparación interna en el cambio de moldes de la empresa modelo.
Fuente: Elaboración de grupo.

El tiempo total que se prevé tardara la preparación interna de la maquina inyectora es de: 148.4 seg. o 2.5 minutos.

⁴⁷ Ver Anexo 21: MTM para actividades de preparación interna.



3.7 Mejora 7: Almacenamiento de moldes.

El almacenamiento de los moldes que no han de utilizarse es un tema importante porque la rapidez del tiempo de preparación externa depende en gran medida de el tipo de almacenamiento que se de a los moldes.

Esta mejora tiene el propósito de:

- Facilitar el montaje del molde entrante al sistema
- Facilitar el desmontaje del molde saliente del sistema.

Se propone en esta mejora, un símil de la mejora 3, pero con la variante que no es una mesa móvil y tampoco es giratoria, con se muestra en figura siguiente:

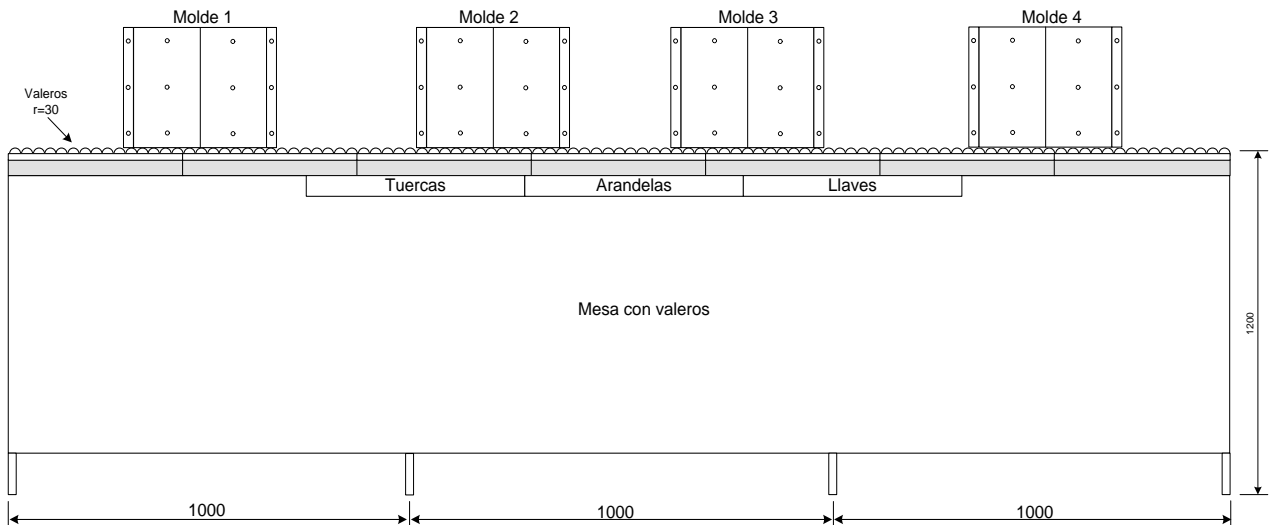


Figura Nº 58: Mesa para almacenamiento de moldes.
Fuente: Elaboración de grupo.

Actualmente, el almacenamiento de los moldes que no se utilizan se efectúa en el piso y cuando se necesitan nuevamente son elevados con un técle móvil.



3.8 Mejora 8: Tiempo estimado de preparación externa.

Según manufactura esbelta, el tiempo de preparación externa no debe tener influencia en el tiempo de preparación interna y por tanto simplemente puede elaborarse un tiempo estimado que tiene como objetivo principal ejemplificar las actividades que deben realizarse sin necesidad de parar la maquina que sufrirá el cambio de sistema.

No.	Actividades de Preparación Externa	Operarios	Tiempo (Min.)
1	Ponerse el equipo de protección personal.	2	5
2	Limpieza de la mesa giratoria	1	2
3	Localizar el molde del sistema de producción siguiente.	1	2
4	Tomar y colocar el molde en la mesa giratoria.	2	5
5	Trasladar la mesa giratoria hasta el horno de precalentamiento.	2	3
6	Introducir el molde al horno.	2	5
7	Activar el horno de precalentamiento.	1	60
8	Buscar y poner en la mesa giratoria dos llaves de 17 mm.	1	2
9	Abrir el horno y colocar el molde en la mesa giratoria	2	10
10	Trasladar la mesa giratoria hasta la máquina inyectora	2	3
11	Tomar una llave 17 de la mesa giratoria.	2	0.5
12	Parar la producción de la maquina.	1	0.5
Tiempo total (Min.)			98
Tiempo total (Hrs.)			1.63

Tabla No. 73: Tiempo estimado total de preparación externa en el cambio de moldes de la empresa modelo.
Fuente: Elaboración de grupo.

El tiempo total que se prevé tardara la preparación externa de la maquina inyectora es de: 98 minutos o 1.63 horas, lo que significa que los cambios de sistema están restringidos realizarse aproximadamente cada 98 minutos.

Fases de Aplicación:

Para llegar a un tiempo mínimo de preparación interna, el SMED adopta una aproximación progresiva en la mejora de las preparaciones. Para hacer esto, evoluciona a través de cuatro fases básicas⁴⁸:

⁴⁸ Ver Figura N° 59: Fases de preparación del S.M.E.D. de la pagina 209



Fase 1: Preliminar.

En esta fase preliminar, no se hace distinción entre la preparación interna y externa. La mezcla de preparación interna y externa prolonga innecesariamente el periodo de preparación.

Fase 2: Separar la preparación interna de la externa.

Esta fase es crucial en la implementación del SMED, pues implica la separación de las operaciones de las preparaciones internas (precalentar el molde, preparar herramientas y poner equipo de protección personal) y externas.

Fase 3: Comprimir el tiempo de preparación interna.

Comprimir el tiempo de preparación interna es importante al igual que la fase anterior, pues requiere del auxilio de equipo adicional, elementos de fijación rápida y estandarización de moldes para hacer el objetivo final.

Fase 4: Uniformizar las actividades de preparación interna.

Es la última fase pero no la menos importante, pues de un detalle preciso de los movimientos y una disciplina por parte de los operarios para llegar al tiempo previsto de puesta a punto.

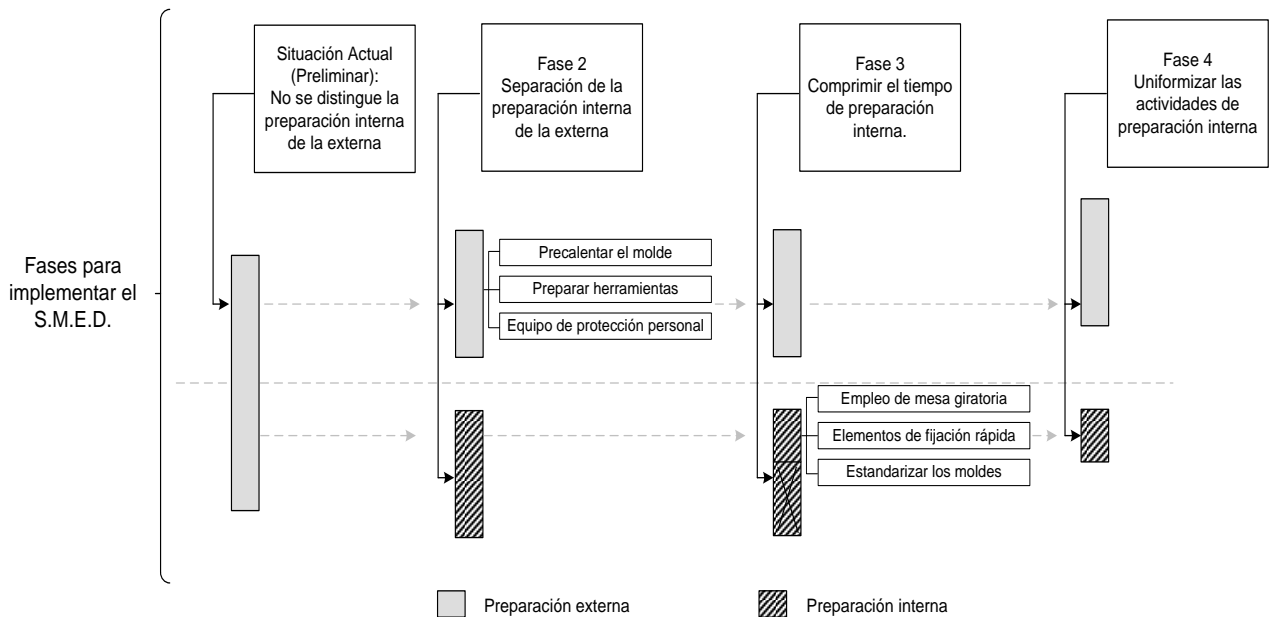


Figura No. 59: Fases de preparación del S.M.E.D.
Fuente: Lean Thinking, Womack James P



4 MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL T.P.M.

El propósito de esta sección es definir prioridades del mantenimiento preventivo que ayuden a evitar las posibilidades de llegar a incurrir en mayores costos por un mantenimiento correctivo en la empresa modelo. Además este apartado pretende ejemplificar la forma en la cual la empresa modelo debe encontrar el tiempo óptimo de reemplazo de un elemento de maquina que esta prevista su falla y por ultimo un método sugerido para adaptar los operarios a un mantenimiento autónomo.

4.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

4.1.1 Mantenimiento preventivo por maquina.

Se hace indispensable, para realizar un mantenimiento preventivo, saber las tareas que se deben realizar a cada una de las maquinas en la planta. El objetivo es lograr que la declaración de las actividades de mantenimiento preventivo esté al alcance de todos los operarios y que conozcan las distintas tareas que deben realizarse, la frecuencia, los materiales y herramientas a utilizar para cada tarea. Aun cuando la persona que ejecute el mantenimiento de la maquina se considere diestro, se recomienda que siempre se elabore el archivo de mantenimiento preventivo por maquina, la razón es que la memoria puede hacer que se olviden algunos detalles al momento de ejecutar las actividades de mantenimiento.

El diseño que se propone adoptar para el manual de mantenimiento preventivo, es el que se presenta en la tabla No. 74.

El código de la operación deberá adecuarse para que tenga un significado que de pautas de algo que bajo cualquier juicio sea importante, la descripción debe ser concisa y clara.

El campo de observación podría utilizarse para especificar, si en algunas de las tareas descritas, se necesitan dos o más personas para su ejecución. Cualquier dificultad para construir este archivo, debe consultarse con el manual de mantenimiento de la maquina o con mecánicos expertos, especialmente en lo referido a los tipos de herramientas a utilizar.

Cabe agregar que las hojas o tarjetas de archivo, deben llenarse en forma completa y uniforme.



Empresa Modelo S.A. de C.V.											
Descripción de operaciones de mantenimiento preventivo para maquina _____											Código: _____
Código de Operación	Descripción de operación	Fecha						Materiales requeridos	Herramientas utilizadas	Tiempo estimado (HH)	Observaciones
		1	2	3	4	5	6				
Responsable(s): _____											

Tabla No.74: Formato para descripción de operaciones de mantenimiento preventivo por maquina.
Fuente: Elaboración de grupo.

**a. Prioridades en el mantenimiento preventivo.**

Para el mantenimiento preventivo, es preciso, es preciso decidir las actividades que tendrán prioridad sobre otras. El criterio a seguir es corregir primero lo que puede producir paros permanentes en la maquina; posteriormente, lo que puede producir piezas defectuosas de los producto “A” o “B”; después lo que ocasione desperdicio de materiales, energía u otros y finalmente, todas aquellas actividades requeridas para preservar la condición de las maquinas. Entre estas últimas se pueden citar: evitar oxidación, aislamientos superficiales para evitar la humedad, entre otras.

Lo anterior permite observar la necesidad de establecer prioridades en el mantenimiento preventivo que pueden estar sujetas a modificaciones futuras de acuerdo a los resultados del mantenimiento preventivo y particularmente los resultados del control estadístico de fallas.

Considerando las situaciones planteadas anteriormente, las prioridades en el mantenimiento preventivo se redactan de la manera siguiente:

Prioridad 1:

Revisar y si es necesario corregir piezas, repuestos o componentes que puedan producir paros permanentes en las maquina o equipos. O en otro caso, que pueden atentar contra la seguridad o la vida de cualquier operario o trabajador.

Prioridad 2:

Revisar y si es necesario corregir piezas, repuestos o componentes que pueden producir artículos defectuosos no tolerables y difíciles de eliminar.

Prioridad 3:

Revisar y si es necesario corregir piezas, repuestos o componentes que puedan producir desperdicios de materiales de fabricación, energía u otros.

Prioridad 4:

Revisar y si es necesario corregir piezas, repuestos o componentes que puedan producir defectos en los artículos fabricados.

Prioridad 5:

Revisar si es necesario corregir todo aquello todo aquel que no este incluido en ninguno de los incisos anteriores y que sea requerido para preservar, mantener o aumentar el funcionamiento de la maquinaria o equipo.

**b. Control Estadístico de Fallas.**

El empleo de un reemplazo preventivo óptimo basado en la edad es sumamente útil porque “la función de tasa de fallas es una función creciente en el tiempo; es decir, a medida que pasa el tiempo, es mas probable que los elementos fallen”⁴⁹.

En el tema de mantenimiento de maquinaria industrial, la necesidad de servicios de reparación no puede ser eliminada completamente con el mantenimiento preventivo. Lo importante es que esa demanda de servicios de reparación, puede reducirse mediante el control estadístico de fallas y la inclusión de nuevas tareas de mantenimiento preventivo.

Reportes de dicho control son necesarios para almacenar información acerca de cada falla en particular para cada una de las maquinas de la empresa modelo, de forma que estadísticamente pueda saberse la frecuencia con que ocurren y tomar alguna acción correctiva que permita en lo sucesivo, al incorporar esa acción preventiva a un programa de tareas de mantenimiento preventivo, se eviten costos por la improductividad de la maquina a que este referida la falla.

Para el análisis de las fallas, deben identificarse y clasificarse las causas utilizando cada una de las partes de la maquina que puede ser reemplazada antes de incurrir en un paro de la maquina. Es importante en este punto, determinar si la causa de la falla es por el uso normal de una pieza o algún defecto en maquina.

La información sobre fallas que son controladas en las maquinas, pueden ser almacenadas en orden histórico, usando el formato que se muestra en la tabla 75, con el objeto de utilizarse para el análisis de fallas particulares y posteriormente puedan incorporarse actividades que eviten esa falla dentro de un programa de mantenimiento preventivo.

El que una maquina no funcione debido a una falla, invita a preguntarse cuanto tiempo puede ocurrir entre la falla en estudio y la ocurrencia próxima; la respuesta puede estar dada en años, meses, días u horas, dependiendo del tipo de falla y la maquinaria involucrada.

⁴⁹ Fuente: “Sistemas de Mantenimiento: Planeación y Control”, Duffuaa Raouf, Dixon. 2006



Empresa Modelo S.A. de C.V.						
Formato para registro histórico de fallas en maquinaria o equipo.						
Fecha (D-M-A)	Descripción de falla	Maquina/ Equipo	Tiempo de reparación (Hrs.)	Materiales requeridos	Herramientas utilizadas	Observaciones
Responsable(s): _____ _____ _____						

Tabla N° 75: Formato para registro histórico de fallas en maquinaria o equipo.
Fuente: Lean Thinking, Womack James P



Es necesario resaltar que el tiempo entre fallas para un tipo específico de evento puede, en principio tomar cualquier valor. Lo que representa utilidad para el estudio, es descubrir cada cuanto tiempo debemos reemplazar partes, efectuar ajustes u otro tipo de acción que permita controlar en gran medida la ocurrencia de una falla en particular.

Entonces, es importante en la tabla anteriormente propuesta, archivar la fecha en la cual ocurre la falla y la descripción de la falla que puedan conducir a relacionar el tiempo que ocurre entre fallas similares sucesivas. Como ejemplo, para un grupo de 10 observaciones se puede tener:

- 0 Días: referencia para el arribo entre fallas.
- 20 días: Hasta el arribo de la primera falla.
- 15 días: Entre el arribo de la primera falla y el arribo de la segunda.
- 17 días: Entre la segunda y la tercera falla.
- 16 días: Entre la tercera y la cuarta falla.
- 11 días: Entre la cuarta y la quinta falla.
- 17 días: Entre la quinta y la sexta falla.
- 18 días: Entre la sexta y la séptima falla.
- 16 días: Entre la séptima y la octava falla.
- 20 días: Entre la octava y la novena falla.
- 17 días: Entre la novena y la décima falla.

Ahora, se debe representar las fallas en forma grafica, con el propósito de descubrir la distribución entre ellas. Debido a que estos datos se pueden considerar como variables aleatorios⁵⁰, se debe construir una función de densidad.

En la práctica, es muy difícil obtener datos precisos que incluyan las fracciones de unidad de tiempo para cada una de las fallas registradas en la maquinaria, por lo que los datos se agruparan en frecuencias de intervalo.

Un procedimiento muy útil para hallar intervalos de clase convenientes ha sido sugerido por H. A. Sturges. En una serie de “n” datos u observaciones en los que se conoce el menor y mayor valor, un adecuado intervalo “I” puede ser obtenido de la Ecuación siguiente:

⁵⁰ Según: Herbert A. Sturges, en el libro “La elección para el intervalo de clase”



$$I = \frac{V_{mayor} - V_{menor}}{1 + 3.322 \text{Log.}_N}$$

Ecuación No 14. : Intervalos de clase.
 Fuente: Herbert A. Sturges, "La elección para el intervalo de clase"

Para el ejemplo se tiene:

$$I = \frac{20 - 11}{1 + 3.322 \text{Log.}_{10}} = \frac{9}{4.322} = 2.1$$

Para efectos de ejemplificar, es más conveniente agrupar por intervalos de 3 valores enteros que de 2.1 valores.

De lo anterior se obtiene una agrupación por intervalos para arribo de fallas, tal como aparece en la Tabla N° 77 Para encontrar la densidad, se procede a dividir la frecuencia de cada clase entre el número total de observaciones, así:

$$Densidad = \frac{F_{clase}}{No. _ de _ observaciones}$$

Ecuación No.15: Densidad de intervalos de falla.
 Fuente: Herbert A. Sturges, "La elección para el intervalo de clase"

Donde se obtiene la densidad de intervalos de arribo de fallas mostrado en la tabla No.76

INTERVALO	FRECUENCIA
11-13	1
14-16	3
17-19	4
20-22	2
TOTAL	10

Tabla No.76: Agrupación de frecuencias por intervalos de arribo de fallas.
 Fuente: Elaboración de grupo.

INTERVALO	DENSIDAD
11-13	0.1
14-16	0.3
17-19	0.4
20-22	0.2
TOTAL	1.0

Tabla No.77: Densidad de intervalos de arribo de fallas.
 Fuente: Elaboración de grupo.



Los números resultantes son llamados “densidades de probabilidad” o solamente “densidades”, la grafica de estos números es llamada “función de densidad de probabilidad” y se muestran la grafica siguiente:

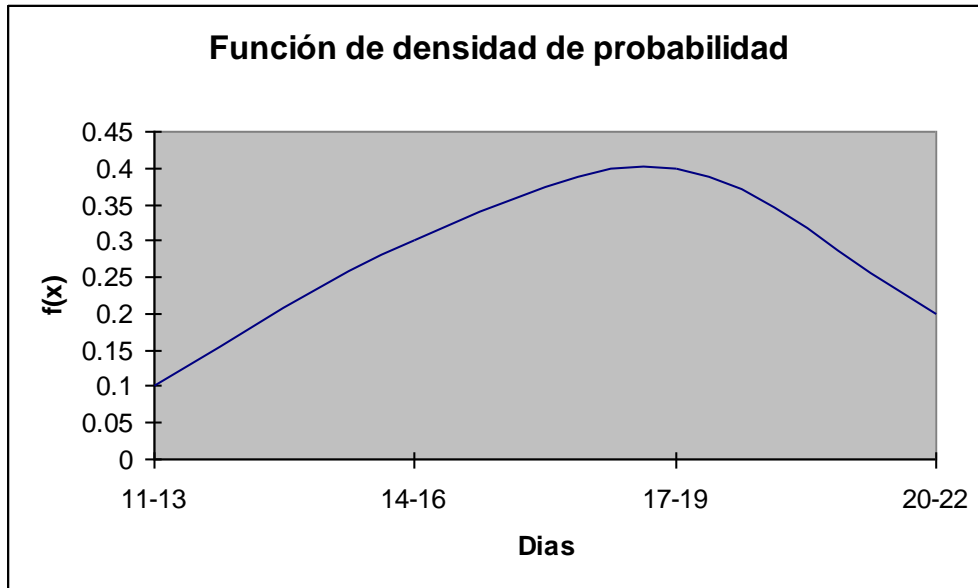


Figura No.60: Función de densidad de probabilidad para el ejemplo.
Fuente: Elaboración de grupo.

Supongamos ahora que en lugar de de diez observaciones, tenemos cuarenta, entonces se debe proceder de igual forma, agrupando por intervalos y obteniendo la densidad. El efecto de un número mayor de observaciones es que se tiene una mayor probabilidad de exactitud o confiabilidad en los datos. Sin embargo esto no significa que deberá reunirse una cantidad inmensa de datos.

El objetivo es encontrar la frecuencia con que se debe reemplazar o reparar cada parte, para lo cual debemos encontrar la media y la desviación típica muestral. La duración media de una pieza puede encontrarse a través de la siguiente Ecuación:

$$\bar{X} = \frac{\sum \text{Intervalo_intervalos_de_observacion}}{\text{No._de_observaciones}}$$

Ecuación No.16: Duración media de una pieza o componente.
Fuente: Herbert A. Sturges, “La elección para el intervalo de clase”

Siguiendo con el ejemplo, se tiene que la duración media de la pieza o repuesto en buenas condiciones es:



$$\bar{X} = \frac{20+15+17+16+11+17+18+16+20+17}{10} = 16.7 \text{ dias}$$

La desviación típica puede obtenerse mediante la Ecuación:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{\text{No. de observaciones}}}$$

Ecuación No.17: Desviación típica muestral.
Fuente: Herbert A. Sturges, "La elección para el intervalo de clase"

$$\sigma = \sqrt{\frac{(20-16.7)^2 + (15-16.7)^2 + (17-16.7)^2 + (16-16.7)^2 + (11-16.7)^2 + (17-16.7)^2 + (18-16.7)^2 + (16-16.7)^2 + (20-16.7)^2 + (17-16.7)^2}{10}}$$

$$\sigma = 2.4122$$

Tal como puede observarse en la tabla de agrupación de frecuencias por intervalos para arriba de fallas (tabla No. 76), la frecuencia para cada intervalo representa la cantidad de veces que el evento ocurre para el valor medio del intervalo de la falla; así por ejemplo una falla ocurrió para un valor medio de doce días, tres fallas ocurren para un valor medio de quince días, cuatro fallas ocurren para un valor medio de 18 días y dos fallas ocurren para un valor medio de 21 días; que según Murray R. Spiegel, esto corresponde a una distribución muestral de medias de una población finita de tamaño N, cuya media y desviación típica son μ y σ respectivamente y se aproxima a una distribución normal⁵¹.

Esta distribución puede apreciarse en la tendencia de la curva de la figura No. 60. El tiempo para que ocurra una falla es independiente del tiempo en que sobrevino la falla anterior, pero si es dependiente de la vida del repuesto o componente que ocasiona la falla. En tal sentido y asumiendo que la vida del componente es aproximadamente constante, la distribución de densidad de probabilidad de fallas presentará, en la ocurrencia de cada falla, una frecuencia alrededor de una media.

De manera que para encontrar la probabilidad de que la falla ocurra en un tiempo "X", se debe emplear la distribución normal y

utilizar la Ecuación siguiente:

$$Z = \frac{x - \bar{x}}{\sigma}$$

Ecuación No.18: Transformación a unidades tipificadas.
Fuente: Herbert A. Sturges, "La elección para el intervalo de clase"

⁵¹ Murray R. Spiegel: Distribución muestral de medias con aproximación a una distribución normal.



Por ejemplo, para calcular la probabilidad de que la falla ocurra en un lapso menor de 15 días, debemos convertir 15 en unidades tipificadas, así:

$$Z = \frac{15 - 16.7}{2.4122} = -0.70$$

$$P[Z \leq -0.70] = 0.2420^{52}$$

Este valor de 0.2420 ha sido obtenido de las tablas correspondientes a la distribución normal. Para asegurar un periodo conveniente de reemplazo de partes, se debe un valor de probabilidad que asegure una alta confiabilidad y un pequeño margen de error. Valores convenientes podrían ser una confiabilidad de 0.90 y un error de 0.10, es decir, la probabilidad de que la falla ocurra un día "X" sea 0.10 y la probabilidad de que la falla no ocurra antes de ese día sea 0.90.

De las tablas de distribución normal se tiene que para una probabilidad de 0.90, Z adopta el valor de -1.29, es decir $Z = -1.29$.

Colocando el valor de "Z" en la Ecuación No. 18, se obtiene el lapso de tiempo en que deberá reemplazarse la pieza o componente con el riesgo de 0.1 que la falla ocurra antes del día de cambio, así:

$$-1.29 = \frac{X - 16.7}{2.4122}$$

Ecuación No.19: Obtención de X

$$X = (-1.29) * (2.4122) + 16.7$$

$$X = 13.59 \text{ _dias}$$

El valor de 13 días indica que ese es el mejor intervalo de tiempo en que se debe reemplazar la pieza o componente para tener una probabilidad menor a 0.10 de que la maquina se quede sin trabajar.

⁵² Ver anexo 22: Tablas de distribución normal.



4.2 MANTENIMIENTO AUTÓNOMO.

El programa de mantenimiento autónomo propuesto para la empresa modelo, tiene un contenido integrado de inspecciones programadas, autoinspecciones y notas de inspección, según se puede observar en la Figura N° 61.

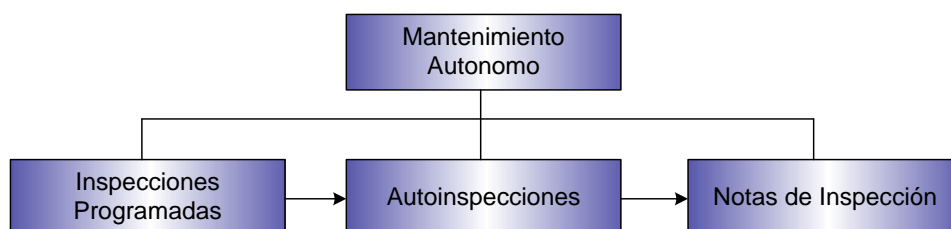


Figura N° 61: Elementos para el Mantenimiento Autónomo en la empresa modelo.
Fuente: Elaboración de grupo.

4.2.1 Inspección Programada.

La inspección programada propuesta es una lista de partes o elementos de las máquinas que deben inspeccionar cada operador de máquina en la planta; en ella se muestra también la frecuencia y fechas en que deben hacerse dichas inspecciones; estos programas son los que se ilustran en las tablas 78 y 79. Ambos formatos deben ser elaborados por el operario que trabaja en cada máquina y debe basarse en el manual de mantenimiento y, además, en su criterio desarrollado por el conocimiento de los problemas que presenta la máquina sujeta al programa de mantenimiento.

Una vez terminados por el operario estos formatos de inspección, deberán ser puestos a consideración de su jefe inmediato con el fin de criticarlos y hacer las correcciones pertinentes.

Se recomienda que los formatos de inspección anual no se modifiquen durante el transcurso del año, ya que este debe presentar desde su elaboración, el objetivo general del mantenimiento autónomo de la máquina.

En cambio, el programa de inspección mensual puede ser modificado unos días antes de iniciar el mes e incluso cuando el mes ya inició; esto con el fin de recopilar en dicho formato la realidad de las situaciones, o simplemente, acercarse más a esta, tomando en cuenta las variaciones anteriores, así como las que se surgen en el mismo instante.



4.2.2 Autoinspecciones.

Las auto inspecciones son programas con listas de actividades básicas que debe desarrollar un operador de una maquina al llegar el momento indicado de hacer una inspección programada. Estas listas deben mostrar los puntos a observar para poder detectar las posibles fallas en el funcionamiento de la maquina sujeta al programa de mantenimiento autónomo.

Empresa Modelo S.A. de C.V. Inspección Anual Programada Fecha: Diciembre de 2006 Maquina: I - 02 Área: Inyección. Responsable: Juan José Hernandez.												
Actividades	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiem.	Octubre	Noviembre	Diciembre
Inspección de capacidad real de inyectoras.	*		*		*		*		*		*	
Revisión de fuerza de cierre en moldes.		*		*		*		*		*		*
Inspección de temperatura de fundición.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Revisión de aceites	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Inspección de fijación molde - maquina	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

Tabla No. 78: Formato de inspección anual programada.
 Fuente: Elaboración de Grupo.



Empresa Modelo S.A. de C.V. Inspección Mensual Programada																																								
Fecha: Enero de 2007																				Maquina: I - 02 Área: Inyección.																				
Actividades a realizar	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									
	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M		
Inspección de capacidad real de inyectoras.																																								
Inspección de temperatura de fundición.																																								
Revisión de aceite																																								
Inspección de fijación molde - maquina																																								

Tabla No. 79: Formato de inspección mensual programada.
Fuente: Elaboración de Grupo



El contenido de las hojas para la autoinspeccion debe ser discutido y aprobado en conjunto con el resto de operarios del área y el jefe inmediato a fin de verificar que las actividades declaradas son las más apropiadas para cada caso.

El programa de autoinspeccion (Tabla N° 80) surge de la necesidad de hacer a la maquinaria un mantenimiento para determinar sus lugares claves de supervisión, los cuales deben reflejar si existen fallas en dicha maquinaria. Estas formas tienen, además, un lugar para hacer anotaciones en cada actividad realizada.

Empresa Modelo S.A. de C.V. Actividades de Autoinspeccion			
Maquina: _____		Responsable: _____	
Nombre de la actividad: _____		Fecha: _____	
#	Procedimiento	Tiempo	Nota de inspección
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			

Tabla No. 80: Formato para actividades de autoinspeccion.
Fuente: elaboración de grupo.

a. Notas de inspección.

La Tabla N° 81 muestra una nota de inspección, la cual será redactada por el inspector, una por cada una de las irregularidades que por algún motivo el operario no pudo corregirlas de inmediato, y además, ameriten registrarse porque requieren de trámites o actividades extraordinarias al mantenimiento de rutina. En esta nota se debe mencionar el problema encontrado, dando una explicación rápida pero clara del mismo. A continuación se dirá la causa del problema y por ultimo la propuesta del operario, minuciosamente detallada, para corregirlo.

Cada operario llevara una numeración corrida de sus notas de inspección, iniciando en enero y terminando en diciembre, esto hace posible controlarlas en una hoja de control de notas de inspección⁵³.

⁵³ Ver Tabla N° 82: Hoja de control de notas de inspección.



Empresa Modelo S.A. Nota de Inspección No. ____	
Maquina: _____	Operario: _____
Explicación de la falla encontrada:	

Posibles Causas:	

Recomendaciones para corregir la falla:	

Fecha de emisión:	Avances del proceso:
Entregado por:	Recibido por:

Tabla Nº 81: Formato para notas de inspección.
Fuente: elaboración de grupo.

Empresa Modelo S.A. Control de notas de Inspección			
Maquina: _____		Operario: _____	
Nota No.	Fecha	Relacionada con	Maquina

Tabla Nº 82: Formato para control de notas de inspección.
Fuente: elaboración de grupo.



5 TRABAJO ESTÁNDAR.

El Trabajo estándar conduce a una línea de producción equilibrada, ya que las hojas de instrucción o cualquier otra documentación proporcionan información a los operarios a cerca de cada una de las actividades a desarrollar debido a que se presentan todas aquellas operaciones que están encaminadas a utilizar un número mínimo de trabajadores para la producción. Las instrucciones deben estar relacionadas con el tiempo de Takt, para evitar que se acumulen inventarios.

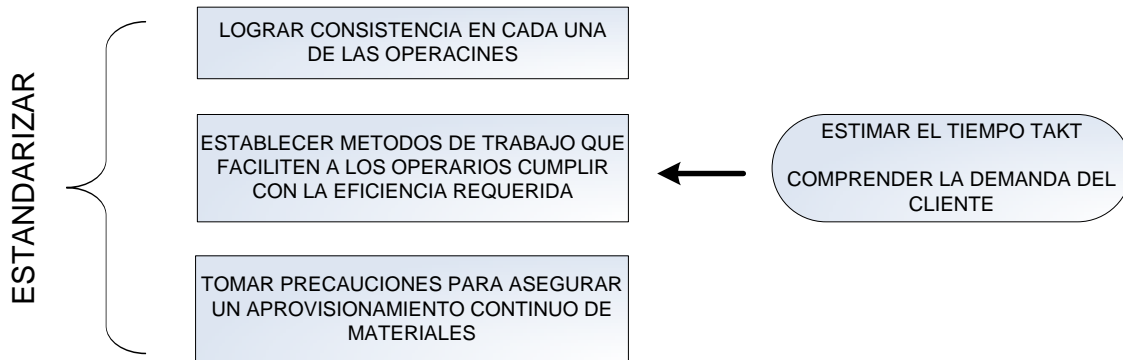


Figura Nº 62: Componentes del trabajo estándar
Fuente: Lean Thinking, Womack James P

Para lograr el trabajo estandarizado es necesario conocer tres datos que llevan a las operaciones estándares, como se muestra en la siguiente figura:



Figura Nº 63: Insumos para la estandarización del trabajo
Fuente: elaboración de grupo.

Las operaciones estándar se determinan de la siguiente manera:

5.1 Determinar la duración del ciclo.

Ciclo es el período de tiempo en el que debe producirse una unidad, y se determina con el tiempo diario efectivo de ejecución y la cantidad diaria requerida de producción, de la siguiente forma:



La tabla siguiente muestra las cantidades diarias programadas a producir de cada uno de los productos de la empresa:

Producto A_i	A_1	A_2	A_3
Producción planificada Cantidad Q_i	6683	1782	446
Cantidad de producción diaria	8911		

Tabla N° 83: Cantidades diarias a producir.
Fuente: elaboración de grupo.

El tiempo diario de trabajo efectivo se calcula de la siguiente manera:

La jornada laboral es de 10 horas, el tiempo de descanso total es de 1.25 horas que incluye dos descansos de 15 minutos y el tiempo de almuerzo de 45 minutos; por los que el tiempo efectivo es de **8.75 horas** que equivale a **525 minutos**.

Entonces la duración del ciclo se calcula de la siguiente manera:

$$Duracion_del_ciclo = \frac{Tiempo_diario_de_trabajo_efectivo}{Cantidad_de_produccion_requerida_diariamente}$$

$$Duracion_del_ciclo = \frac{525\text{ min}}{8911\text{ pza}} = 0.0589\text{ min/ pza} \equiv 3.53\text{ seg / pza}$$

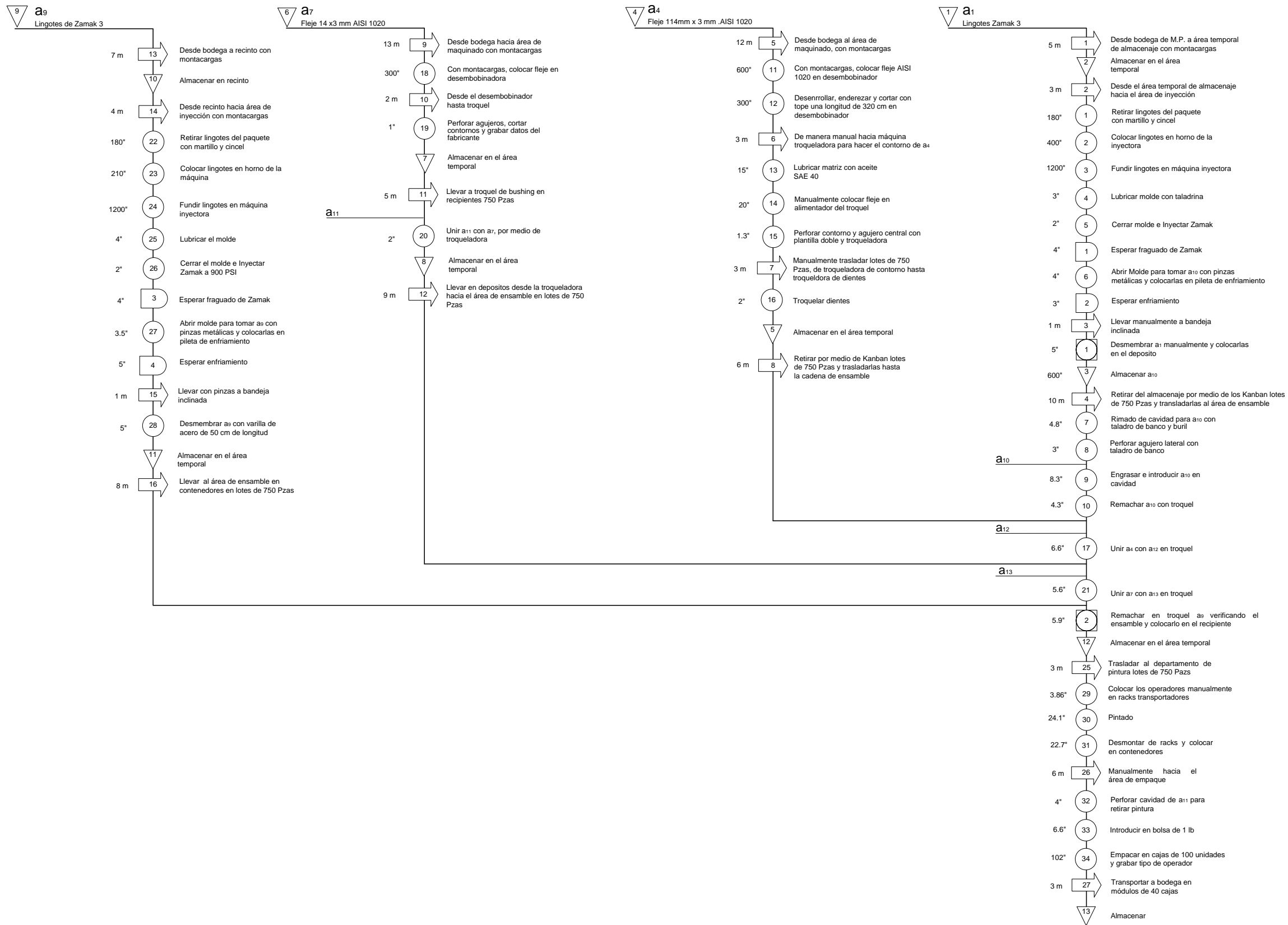
En la duración del ciclo no se utilizó la capacidad existente de las máquinas y de la mano de obra, ya que esto proporciona el tiempo probable en que se producirá una unidad, pero no facilita el período de tiempo necesario para asignar a los trabajadores a distintos puestos de trabajo. Para determinar correctamente la duración del ciclo, deben utilizarse el tiempo diario de trabajo efectivo y la producción diaria requerida.

5.2 MÉTODO DE TRABAJO.

El método de trabajo se establece a través de los diagramas de operaciones, ya que en estos se describe la secuencia de todos los procesos productivos que conllevan la elaboración de los tres productos de la empresa modelo. A continuación se presenta los diagramas de operación para los tres diferentes productos que son fabricados en la empresa: producto A_1 , A_2 , y A_3 respectivamente.

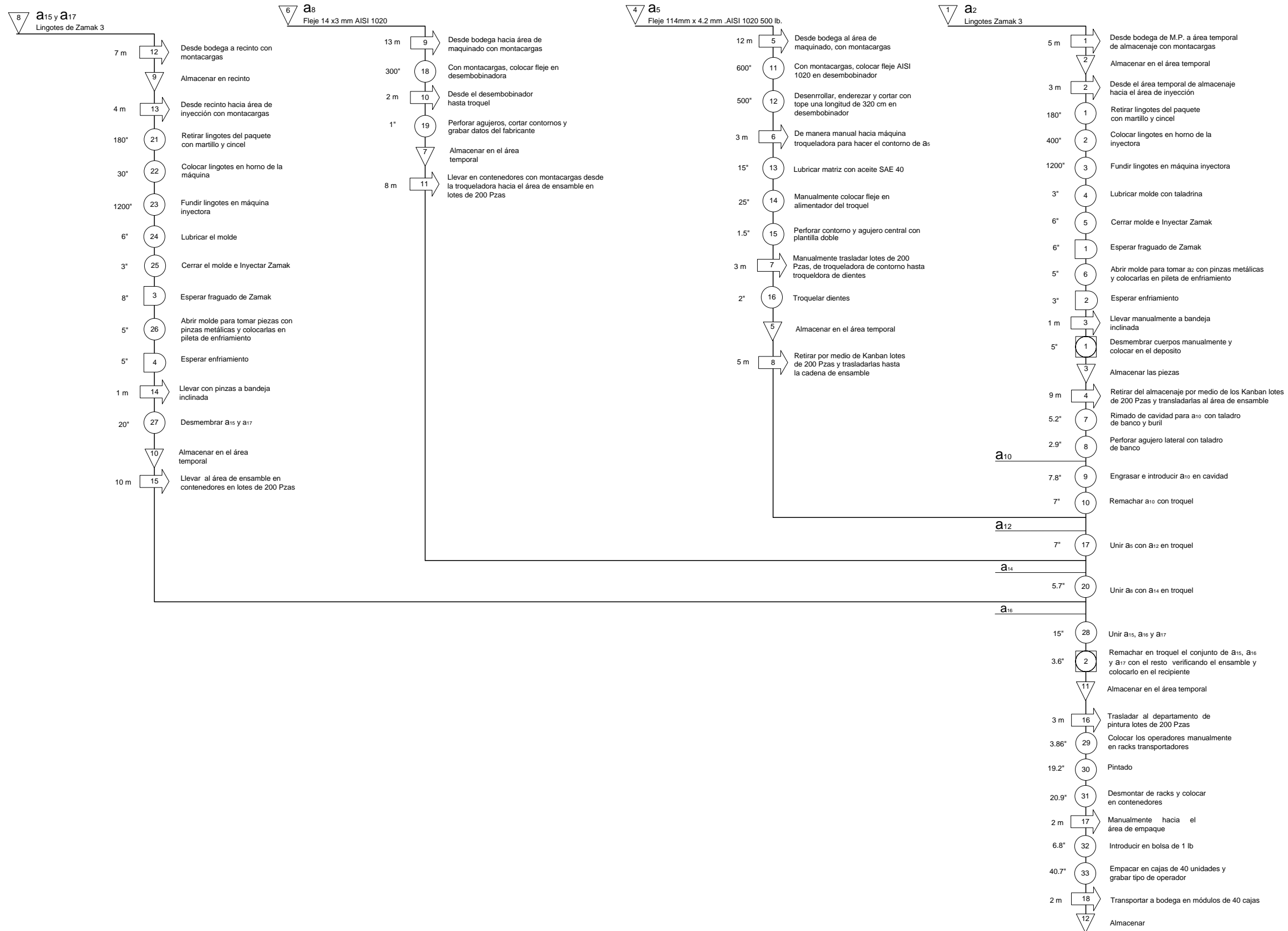
5.2.1 DIAGRAMAS DE OPERACIONES PARA EL PRODUCTO A₁

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO PARA EL OPERADOR A₁



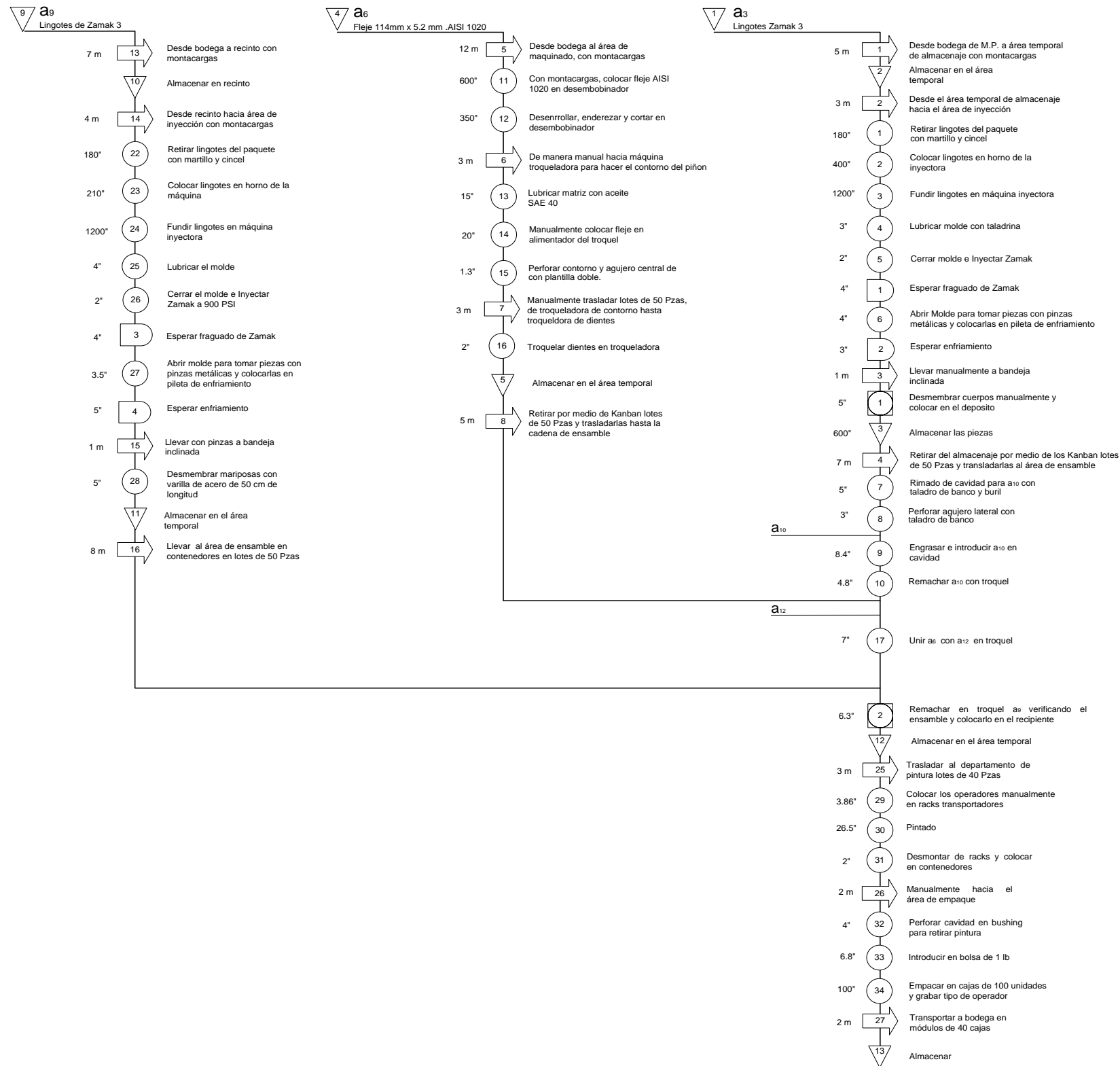
5.2.2 DIAGRAMAS DE OPERACIONES PARA EL PRODUCTO A₂

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO PARA A₂



5.2.3 DIAGRAMAS DE OPERACIONES PARA EL PRODUCTO A₃

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO PARA A₃





5.3 FIJACIÓN DEL MÉTODO Y TIEMPO DE CADA OPERACIÓN

Es necesario establecer el tiempo de ejecución por unidad de producción y para cada pieza en cada proceso, ya que solo así se logrará que cada uno de los procesos esté en sintonía.

El tiempo de mano de obra y el tiempo de máquina se miden con un cronómetro. El primero no debe incluir el tiempo de los desplazamientos entre los procesos; la rapidez y el nivel de destreza requeridos para cada operación manual las determina el encargado de la planta.

El tiempo de ejecución por unidad, es la suma del tiempo de mano de obra y el tiempo de máquina, y es el tiempo necesario para procesar una unidad.

Para establecer el método y la duración de cada una de las operaciones, se realiza el estudio de tiempos por cronometro, que es una técnica de medición del trabajo empleada para registrar los tiempos, el método y ritmo de trabajo correspondiente a los elementos de una tarea definida, efectuándola en condiciones determinadas, y para analizar los datos a fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar la tarea según una norma de ejecución preestablecida.

El procedimiento empleado para establecer la duración y método de trabajo es el siguiente:

- ✓ Duración de las operaciones

Antes de establecer el método de trabajo es necesario establecer la duración de cada una de las operaciones necesarias para la elaboración de los distintos productos de la empresa. Las duraciones se establecen por medio de un estudio de tiempos con cronometro para aquellas operaciones que no sobre pasan el tiempo Tack o tiempo de “hale” de mercado, para las operaciones que sobrepasan es necesario analizarlas por medio de un estudio de micro movimientos⁵⁴ ya que lo que se busca es hacer mas eficiente el método de trabajo,

Antes de iniciar con el estudio es necesario definir que se entiende por operación regular y la irregular:

Operación irregular: Es la que se da una sola vez en el ciclo y no se vuelve a repetir.

Operación regular: se repite constantemente en cada ciclo.

⁵⁴ Ver Anexo 23: Determinación del tiempo predeterminado para operaciones arriba del tiempo Tack Time.



✓ Método de trabajo

Para lograr documentar los métodos de trabajo se elaboran tablas donde se muestra el orden de las operaciones establecidas:

GERENCIA	Producción
DEPARTAMENTO	Inyección

NOMBRE DEL PROCESO	Inyección de las partes a ₁ , a ₂ o a ₃ ⁵⁵
OBJETIVO	Transformar los lingotes de Zamack, en las partes a ₁ , a ₂ y a ₃ ; a través del proceso de inyección.
INICIO	Fundición de lingotes de Zamack
FINALIZACIÓN	Obtención de las partes a ₁ , a ₂ y a ₃
MAQUINA	Inyectora
MATERIAL	Zamack para cada una de las partes a ₁ , a ₂ y a ₃

Nº	OPERACIONES	TIEMPO (Seg.)		
		a ₁	a ₂	a ₃
1	Elaborar la orden para pedir lingotes a la bodega de materia prima.	200	200	200
2	Después que el montacargas a depositado los lingotes en el área temporal de almacenaje, colocar los lingotes en el horno de la máquina inyectora	400	400	400
3	Lubricar el molde con taladrina por medio de una manguera a presión	2	3	3
4	Cerrar el molde e inyectar Zamak, programando la inyectora a una presión de 900 PSI.	2	2	2
5	Esperar fraguado del Zamak	4	6	4
6	Abrir molde con una fuerza de 1400 PSI	2	2	2
7	Tomar las piezas que están unidas por la mazarota con pinzas metálicas y colocarlas en la mesa inclinada para su enfriamiento.	2	3	2
8	Desmembrar a ₁ , a ₂ o a ₃ con varilla de acero ASTM 36 de 50 cm. de longitud y colocarlos en deposito.	5	5	5
CLASE DE ELEMENTO		Total		
Irregulares	1,2	600	600	600
Regulares	3,4,5,6,7,8	17*	21*	18*

* En cada ciclo se obtienen 6 piezas, por que la duración total de los elementos regulares se debe dividir entre esta cifra para obtener el ciclo por parte.

Tabla N° 84: Método de trabajo estandarizado para la parte a₁, a₂ o a₃
Fuente: Elaboración de grupo.

⁵⁵ a₁, a₂ o a₃, significa que puede emplearse cualquier parte y no las tres al mismo tiempo.



GERENCIA	Producción
DEPARTAMENTO	Inyección

NOMBRE DEL PROCESO	Inyección de a ₉
OBJETIVO	Transformar los lingotes de Zamack, en a ₉ ; a través del proceso de inyección.
INICIO	Fundición de lingotes de Zamack
FINALIZACIÓN	Obtención de a ₉
MAQUINA	Inyectora
MATERIAL	Zamack

Nº	OPERACIONES	TIEMPO (Seg.)
		a ₉
1	Elaborar la orden para pedir lingotes a la bodega de materia prima.	200
2	Después que el montacargas a depositado los lingotes en el área temporal de almacenaje, colocar los lingotes en el horno de la máquina inyectora	210
3	Lubricar el molde con taladrina por medio de una manguera a presión	4
4	Cerrar el molde e inyectar Zamak	1.8
5	Esperar fraguado del Zamak	4
6	Accionar maquina inyectora para abrir molde	1.2
7	Tomar las piezas que están unidas por la mazarota con pinzas metálicas y colocarlas en la mesa inclinada para su enfriamiento.	3
8	Desmembrar a ₁ , a ₂ o a ₃ con varilla de acero, depositándolas en la mesa inclinada	5
CLASE DE ELEMENTO		Total
Irregulares	1,2	410
Regulares	3,4,5,6,7,8	19*

* En cada ciclo de la inyectora se obtienen 18 piezas, por que la duración total de los elementos regulares se debe dividir entre esta cifra para obtener el ciclo por cada parte.

Tabla N° 85: Método de trabajo estandarizado para la parte a₉

Fuente: Elaboración de grupo.



GERENCIA	Producción
DEPARTAMENTO	Troquelado

NOMBRE DEL PROCESO	Elaboración de las piezas a ₄ , a ₅ o a ₆
OBJETIVO	Elaborar a ₄ , a ₅ o a ₆ a través del fleje AISI 1020
INICIO	Obtención del fleje
FINALIZACIÓN	Troquelado de dientes de las piezas a ₄ , a ₅ o a ₆
MAQUINA	Troquel, Desembobinador
MATERIAL	Para a ₄ : Fleje 114 x 3 mm AISI1020; a ₅ : Fleje 114 x 4.2 mm AISI1020; a ₆ : Fleje 114 x 3.4 mm AISI1020

Nº	OPERACIONES	TIEMPO (Seg.)		
		a ₄	a ₅	a ₆
1	Elaborar orden para pedir fleje AISI 1020	200	200	200
2	Desenrollar, enderezar y cortar en el desembobinador	300	500	350
3	Colocar cada fleje cortado en la mesa móvil	30	35	30
4	Trasladar los flejes hasta la troqueladora	500	500	500
5	Manualmente colocar los flejes en la troqueladora	20	25	20
6	Lubricar fleje	15	15	15
7	Troquelar contorno de a ₄ , a ₅ o a ₆	1.3	1.5	1.3
8	Trasladar los contornos hasta troqueladora de dientes	180	180	180
9	Troquelar dientes de a ₄ , a ₅ o a ₆	1.79	1.9	1.79
CLASE DE ELEMENTO		Total		
Irregulares	1, 2,3,4,5,6,8	1245	1455	1295
Regulares	7,9	3.09	3.4	3.09

Tabla Nº 86: Método de trabajo estandarizado para la parte a₄, a₅ o a₆
Fuente: Elaboración de grupo.



GERENCIA	Producción
DEPARTAMENTO	Troquelado

NOMBRE DEL PROCESO	Troquelado de a ₇ y a ₈
OBJETIVO	Elaborar a ₇ o a ₈ a través del proceso de troquelado
INICIO	Ensamble listo para fijar a ₉
FINALIZACIÓN	Fijada a ₉ con el resto del ensamble
MAQUINARIA	Troquel
MATERIAL	a ₇ : Fleje 12 x 2.2 mm AISI1020; a ₈ : Fleje 12 x 2.6 mm AISI1020

Nº	OPERACIONES	TIEMPO (Seg.)	
		a ₇	a ₈
1	Colocar bobina de fleje en el desenrollador	300	300
2	Colocar punta del fleje en el troquel	48	54
3	Regular cantidad de taladrina	4	4
4	Accionar interruptor para iniciar marcha del troquel	1.2	1.2
5	Troquelar pieza	0.9	1.1
CLASE DE ELEMENTO		Total	
Irregulares	1,2,3	353.2	359.2
Regulares	4,5	0.9	1.1

Tabla N° 87: Método de trabajo estandarizado para la parte a₇ y a₈
Fuente: Elaboración de grupo.



GERENCIA	Producción
DEPARTAMENTO	Ensamble

NOMBRE DEL PROCESO	Rimar la cavidad para introducir a_{10}
OBJETIVO	Limpiar cavidad donde se introducirá a_{10}
INICIO	a_1, a_2 o a_3 llegan a la mesa de trabajo
FINALIZACIÓN	a_1, a_2 o a_3 con cavidad lista para introducir a_{10}
MAQUINA	Torno
MATERIAL	-----

Nº	OPERACIONES	TIEMPO (Seg.)		
		a_1	a_2	a_3
1	Alcanzar a_1, a_2 o a_3 para colocarlo en el molde que se encuentra en la base del taladro.	0.8	0.8	0.8
2	Tomar la palanca del taladro para limpiar cavidad	0.9	0.9	0.9
3	Limpiar cavidad	1	1.5	1
4	Soltar la palanca del taladro	0.5	0.5	0.5
5	Tomar a_1, a_2 o a_3	0.7	0.6	0.7
6	Colocar a_1, a_2 o a_3 en el área temporal de almacenaje	0.9	0.9	0.9
CLASE DE ELEMENTO		Total		
Irregulares				
Regulares	1,2,3,4,5,6	4.8	5.2	4.8

Tabla Nº 88: Método de trabajo estandarizado para la parte a_{10}
Fuente: Elaboración de grupo.



GERENCIA	Producción
DEPARTAMENTO	Ensamble

NOMBRE DEL PROCESO	Perforar agujero lateral
OBJETIVO	Limpiar el orificio donde se fijará a_{12}
INICIO	Cuando a_1, a_2 o a_3 salgan del proceso de rimado
FINALIZACIÓN	a_1, a_2 o a_3 con orificio listo para fijar a_{12}
MAQUINARIA	Torno
MATERIAL	-----

Nº	OPERACIONES	TIEMPO (Seg.)		
		a_1	a_2	a_3
1	Alcanzar y tomar a_1, a_2 o a_3 para colocarlo en el elemento de fijación que existe en la base del taladro	0.8	0.7	0.8
2	Alcanzar la perilla del taladro para perforar el agujero lateral en a_1, a_2 o a_3	0.5	0.5	0.5
3	Perforar	0.9	1.1	0.9
4	Alcanzar y tomar a_1, a_2 o a_3 para colocarlo en la banda transportadora	0.7	0.6	0.7
CLASE DE ELEMENTO		Total		
Irregulares				
Regulares	1,2,3,4	2.9	2.9	2.9

Tabla Nº 89: Método de trabajo estandarizado para la parte a_1, a_2 o a_3
 Fuente: Elaboración de grupo.



GERENCIA	Producción
DEPARTAMENTO	Ensamble

NOMBRE DEL PROCESO	Engrasar e introducir a_{10}
OBJETIVO	Introducir y engrasar a_{10} en la cavidad para luego fijar a_9
INICIO	Cuerpo limpio en su cavidad
FINALIZACIÓN	a_{10} ensamblado en a_1, a_2 o a_3
MAQUINARIA	Manual
MATERIAL	Grasa

Nº	OPERACIONES	TIEMPO (Seg.)		
		a_1	a_2	a_3
1	Alcanzar y tomar a_1, a_2 o a_3	1.2	1.2	1.2
2	Inspeccionar a_1, a_2 o a_3	1.4	1.4	1.4
3	Alcanzar y tomar a_{10} para engrasarla	1.2	1.2	1.3
4	Engrasar a_{10}	1.9	1.9	1.9
5	Ensambla a_{10} en a_1, a_2 o a_3	1.8	1.3	1.8
6	Depositar el conjunto en la banda transportadora	0.8	0.8	0.8
CLASE DE ELEMENTO		Total		
Irregulares				
Regulares	1,2,3,4,5,6	8.3	7.8	8.4

Tabla Nº 90: Método de trabajo estandarizado para la parte a_{10}
Fuente: Elaboración de grupo.



GERENCIA	Producción
DEPARTAMENTO	Ensamble

NOMBRE DEL PROCESO	Remachar a ₁₀
OBJETIVO	Fijar a ₁₀ para luego ensamblar a ₉ o a ₁₅
INICIO	Cuando a finalizado el proceso de engrasar e introducir a ₁₀
FINALIZACIÓN	Remachado a ₁₀
MAQUINARIA	Troquel
MATERIAL	-----

Nº	OPERACIONES	TIEMPO (Seg.)		
		a ₁	a ₂	a ₃
1	Tomar conjunto para colocarlo en la cavidad de la mesa del taladro	0.3	0.3	0.3
2	Colocar el conjunto en la cavidad	1.8	1.4	1.8
3	Activar troquel para remachar a ₁ , a ₂ o a ₃ con a ₁₀	1	1	1
4	Alcanzar y tomar el conjunto para depositarlo en la banda transportadora	1.6	1.6	1.7
CLASE DE ELEMENTO		Total		
Irregulares				
Regulares	1,2,3,4	4.7	4.3	4.8

Tabla Nº 91: Método de trabajo estandarizado para la parte a₁₀
Fuente: Elaboración de grupo.



GERENCIA	Producción
DEPARTAMENTO	Ensamble

NOMBRE DEL PROCESO	Unir a_4, a_5 o a_6 con a_1, a_2 o a_3 por medio de a_{12}
OBJETIVO	Fijar a_4, a_5 o a_6 por medio de a_{12}
INICIO	Cuando a_1, a_2 o a_3 a finalizado el proceso de perforación del agujero lateral
FINALIZACIÓN	Fijadas a_4, a_5 o a_6 por medio de a_{12}
MAQUINARIA	Troquel
MATERIAL	-----

Nº	OPERACIONES	TIEMPO (Seg.)		
		a_1	A_2	a_3
1	Alcanzar y tomar el ensamble	1.2	1.1	1.2
2	Alcanzar y tomar a_4, a_5 o a_6	1.2	1.3	1.2
3	Colocar en posición el ensamble para unir a_4, a_5 o a_6	0.5	0.6	0.5
4	Alcanzar el remache y colocarlo en posición para fijar a_4, a_5 o a_6 con el resto del ensamble	1.3	1.2	1.3
5	Fijar a_4, a_5 o a_6 por medio del troquel	1.2	1.7	1.5
6	Depositar el conjunto en la banda transportadora	1.2	1.1	1.2
CLASE DE ELEMENTO		Total		
Irregulares				
Regulares	1,2,3,4,5,6	6.6	7.0	6.9

Tabla Nº 92: Método de trabajo estandarizado para Unir a_4, a_5 o a_6 con a_1, a_2 o a_3 por medio de a_{12}

Fuente: Elaboración de grupo.



GERENCIA	Producción
DEPARTAMENTO	Ensamble

NOMBRE DEL PROCESO	Unir a_7 o a_8 con a_{13} o a_{14}
OBJETIVO	Fijar a_7 o a_8 con a_{13} o a_{14}
INICIO	a_7 o a_8 y a_{13} o a_{14} dispuestas en el puesto de trabajo
FINALIZACIÓN	Unidos a_7 o a_8 con a_{13} o a_{14}
MAQUINARIA	Troquel
MATERIAL	-----

Nº	OPERACIONES	TIEMPO (Seg.)	
		a_1	a_2
1	Alcanzar y tomar a_7 o a_8 y a_{13} o a_{14}	1.8	1.8
2	Colocarlo en posición el conjunto	0.8	0.9
3	Accionar troquel	1.2	1.2
4	Alcanzar y tomar ensamble y colocarlo en deposito	1.8	1.8
CLASE DE ELEMENTO		Total	
Irregulares			
Regulares	1,2,3,4	5.6	5.7

Tabla Nº 93: Método de trabajo estandarizado para Unir a_7 o a_8 con a_{13} o a_{14}

Fuente: Elaboración de grupo.

GERENCIA	Producción
DEPARTAMENTO	Ensamble

NOMBRE DEL PROCESO	Unir a_9 con ensamble
OBJETIVO	Fijar a_9 con el resto del ensamble
INICIO	Ensamble listo para fijar a_9
FINALIZACIÓN	Fijada a_9 con el resto del ensamble
MAQUINARIA	Troquel
MATERIAL	-----

Nº	OPERACIONES	TIEMPO (Seg.)	
		a_1	a_2
1	Alcanzar y tomar el ensamble	1.2	1.3
2	Alcanzar y tomar a_9	1.2	1.2
3	Llevar y colocar en posición ensamble en el troquel	0.8	0.9
4	Colocar en posición a_9	0.7	0.8
5	Accionar troquel para remachar a_9	0.8	0.9
6	Mover hacia la banda transportadora y soltar A_1 o A_2	1.2	1.2
CLASE DE ELEMENTO		Total	
Irregulares			
Regulares	1,2,3,4,5,6	5.9	6.3

Tabla Nº 94: Método de trabajo estandarizado para Unir a_9 . Fuente: Elaboración de grupo.



GERENCIA	Producción
DEPARTAMENTO	Pintura

NOMBRE DEL PROCESO	Montaje de A ₁ ,A ₂ o A ₃ en la parrilla para pintarlos
OBJETIVO	Colocar el la parrilla para poder pintar A ₁ ,A ₂ o A ₃
INICIO	Cuando A ₁ ,A ₂ o A ₃ llegan de la cadena de ensamble
FINALIZACIÓN	A ₁ ,A ₂ o A ₃ colocadas en banda trasportadora de la maquina para pintar
MAQUINARIA	Manual
MATERIAL	-----

Nº	OPERACIONES	TIEMPO (Seg.)		
		A ₁ *	A ₂ *	A ₃ *
1	Alcanzar y tomar parrilla	2.4	2.4	2.4
2	Colocar en posición parrilla	1.8	1.8	1.8
3	Alcanzar y tomar A ₁ ,A ₂ o A ₃	35.3	28.6	31.3
4	Colocar en posición A ₁ ,A ₂ o A ₃	23.1	19.1	22.1
5	Colocar parrilla en la banda transportadora	3	3	3
CLASE DE ELEMENTO		Total		
Irregulares				
Regulares	1,2,3,4,5	65.6	54.9	60.6

* Para A₁ y A₃ son 17 piezas las que se colocan en la parrilla; A₂ son 9 piezas las colocadas.

Tabla Nº 95: Método de trabajo estandarizado para Montaje de A₁, A₂ o A₃ en la parrilla para pintarlos
Fuente: Elaboración de grupo.

GERENCIA	Producción
DEPARTAMENTO	Pintura

NOMBRE DEL PROCESO	Pintura de A ₁ ,A ₂ o A ₃ a través de un recubrimiento en polvo tipo poliéster
OBJETIVO	Pintar A ₁ ,A ₂ o A ₃
INICIO	Cuando A ₁ ,A ₂ o A ₃ termina la fase de lavado y secado
FINALIZACIÓN	A ₁ ,A ₂ o A ₃ con recubrimiento
MAQUINARIA	Manual con soplete
MATERIAL	Recubrimiento en polvo tipo poliéster

Nº	OPERACIONES	TIEMPO (Seg.)		
		A ₁	A ₂	A ₃
1	Cubrir con recubrimiento en polvo por medio de un soplete A ₁ ,A ₂ o A ₃ colocados en la parrilla	24.1	19.2	26.5
CLASE DE ELEMENTO		Total		
Irregulares				
Regulares	1	24.1	19.2	26.5

Tabla Nº 96: Método de trabajo estandarizado para Pintura de A₁,A₂ o A₃
Fuente: Elaboración de grupo.



GERENCIA	Producción
DEPARTAMENTO	Pintura

NOMBRE DEL PROCESO	Desmontaje de A ₁ , A ₂ o A ₃ de la parrilla
OBJETIVO	Desmontar A ₁ , A ₂ o A ₃ de la parrilla
INICIO	Cuando A ₁ , A ₂ o A ₃ salen de la línea de pintura
FINALIZACIÓN	Parrilla sin A ₁ , A ₂ o A ₃
MAQUINARIA	Manual
MATERIAL	-----

Nº	OPERACIONES	TIEMPO (Seg.)		
		A ₁	A ₂	A ₃
1	Alcanzar y tomar parrilla	2.4	2.4	2.4
2	Colocar en posición la parrilla en torno al deposito	1.8	1.8	1.8
2	Girar parrilla	16.3	14.5	15.9
3	Colocar parrilla con las otras parrillas	2.2	2.2	2.2
CLASE DE ELEMENTO		Total		
Irregulares				
Regulares	1,2,3,4	22.7	20.9	22.3

Tabla N° 97: Método de trabajo estandarizado para desmontar A₁, A₂ o A₃
Fuente: Elaboración de grupo.

GERENCIA	Producción
DEPARTAMENTO	Empaque

NOMBRE DEL PROCESO	Embolsado de A ₁ , A ₂ o A ₃
OBJETIVO	Proporcionar protección y facilitar su manipulación para los productos A ₁ , A ₂ o A ₃
INICIO	Cuando A ₁ , A ₂ o A ₃ salen de pintura
FINALIZACIÓN	A ₁ , A ₂ o A ₃ embolsados
MAQUINARIA	Manual
MATERIAL	Bolsas plásticas

Nº	OPERACIONES	TIEMPO (Seg.)		
		A ₁	A ₂	A ₃
1	Alcanzar y tomar bolsas plásticas A ₁ , A ₂ o A ₃	1.5	1.6	1.5
2	Colocar en posición las bolsas plásticas	1.9	2.1	1.9
3	Alcanzar y tomar A ₁ , A ₂ o A ₃	1.2	0.9	1.2
4	Introducir en la bolsa A ₁ , A ₂ o A ₃	0.9	1.2	1.1
5	Depositar conjunto	1.1	1	1.1
CLASE DE ELEMENTO		Total		
Irregulares				
Regulares	1,2,3,4,5	6.6	6.8	6.8

Tabla N° 98: Método de trabajo estandarizado para embolsado de A₁, A₂ o A₃
Fuente: Elaboración de grupo.



GERENCIA	Producción
DEPARTAMENTO	Empaque

NOMBRE DEL PROCESO	Depositar en cajas los productos A ₁ , A ₂ o A ₃
OBJETIVO	Facilitar el manejo
INICIO	Cuando A ₁ , A ₂ o A ₃ termina la fase de embolsado
FINALIZACIÓN	A ₁ , A ₂ o A ₃ en pallet para su transporte
MAQUINARIA	Manual
MATERIAL	Cajas de cartón

Nº	OPERACIONES	TIEMPO (Seg.)		
		A ₁ *	A ₂ *	A ₃ *
1	Depositar A ₁ , A ₂ o A ₃ en cajas	101.7	40.7	100.2
CLASE DE ELEMENTO		Total		
Irregulares				
Regulares	1	101.7	40.7	100.2

* Las unidades depositadas en las cajas son las siguientes: para A₁, 100 para A₂, 50 y para A₃, 40 unidades.

Tabla N° 99: Método de trabajo estandarizado para depositar A₁, A₂ o A₃

5.4 DETERMINAR LA CANTIDAD ESTÁNDAR DE PRODUCTOS EN CURSO.

La cantidad estándar de productos en curso es la cantidad mínima necesaria para que funcione la línea de producción. Consta principalmente de las piezas que se hallan almacenadas entre dos operaciones y las que están pasando por las operaciones.

La cantidad estándar debe ser lo más pequeña posible. Además de reducir los costes que origina el hecho de mantener unas existencias, se facilita el control visual en la comprobación de la calidad del producto y en la mejora del proceso debido a que los defectos serán más patentes.

La hoja de secuencia de las operaciones estándar es un diagrama para estandarizar las operaciones. Dicha hoja contiene los siguientes datos:

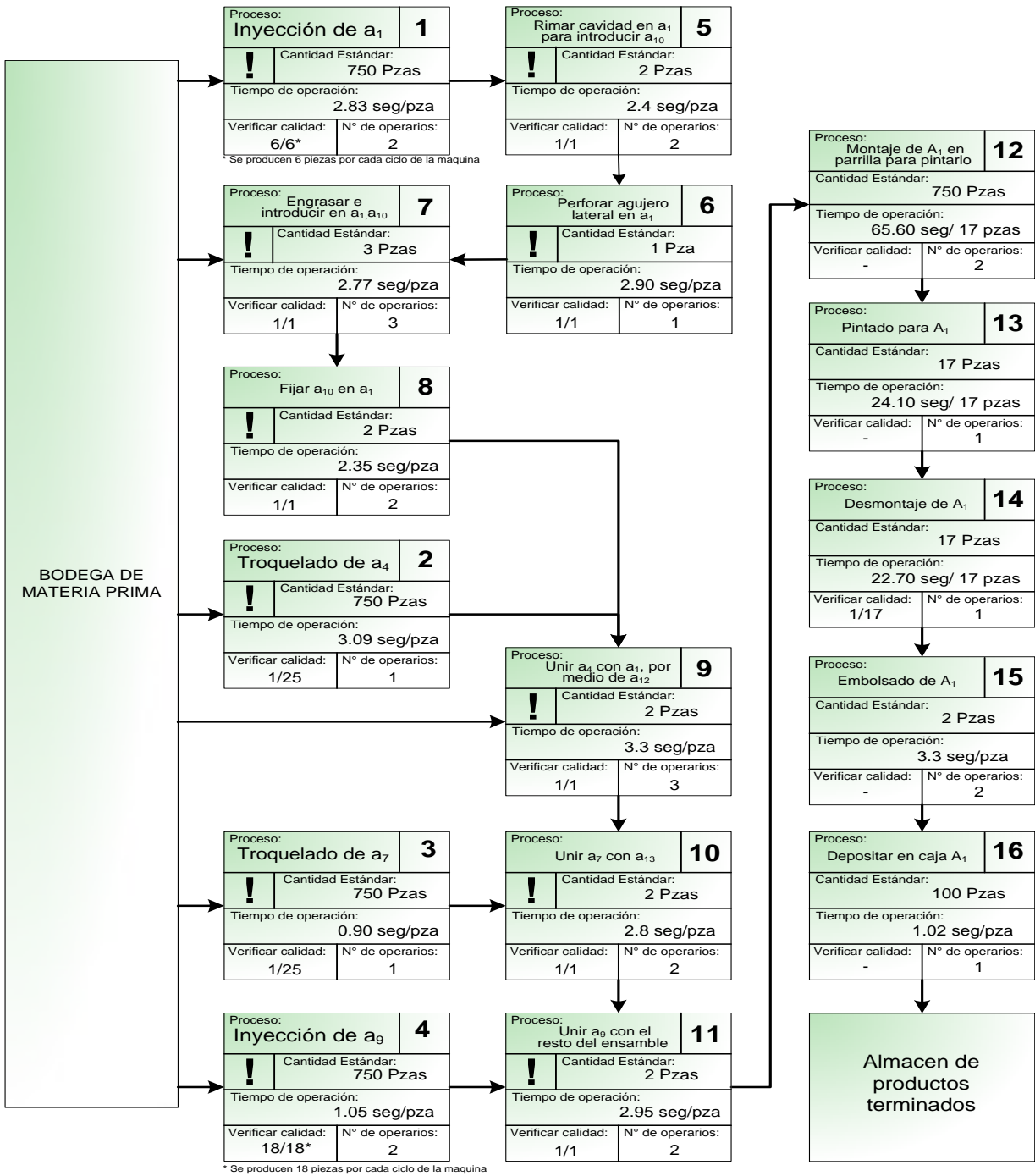
- ▶ Duración del ciclo.
- ▶ Secuencia de las operaciones.
- ▶ Cantidad estándar de productos en curso.
- ▶ Tiempo neto de operación.
- ▶ Puntos en los que se comprueba la calidad del producto.
- ▶ Puntos en los que se presta atención a la seguridad del operario.

5.4.1 Desarrollo de las hojas de secuencia estándar de las operaciones:

Los diagramas siguientes muestran la secuencia estándar de operaciones seguida para elaborar los tres productos de la empresa modelo:



HOJA DE OPERACIONES ESTÁNDAR PARA A₁



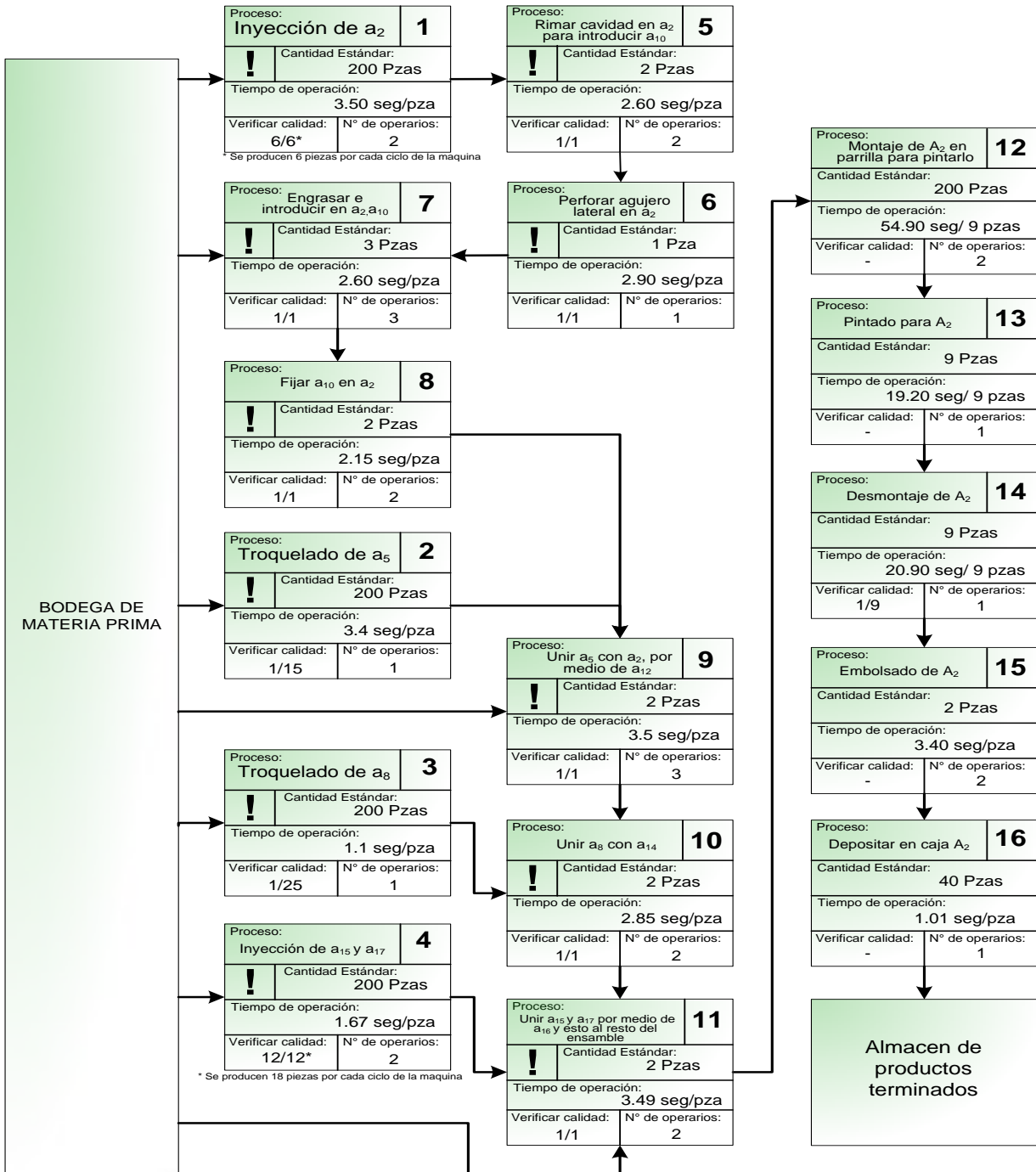
Producto	!	Calidad del producto	Secuencia de producción	Total de operarios del proceso
A1	Atencion a la seguridad: Este simbolo esta colocado sobre aquellas operaciones que presentan condiciones inseguras hacia los operarios	La comprobación de la calidad de los productos se presente de la forma 1/1, que significa que cada producto procesado debe ser inspeccionado	Las partes a ₁₀ y a ₁₂ son compradas y llegan directo al proceso de producción	28

Figura N° 64: Hoja de secuencia de operaciones estándar para A₁

Fuente: Elaboración de grupo.



HOJA DE OPERACIONES ESTÁNDAR PARA A₂



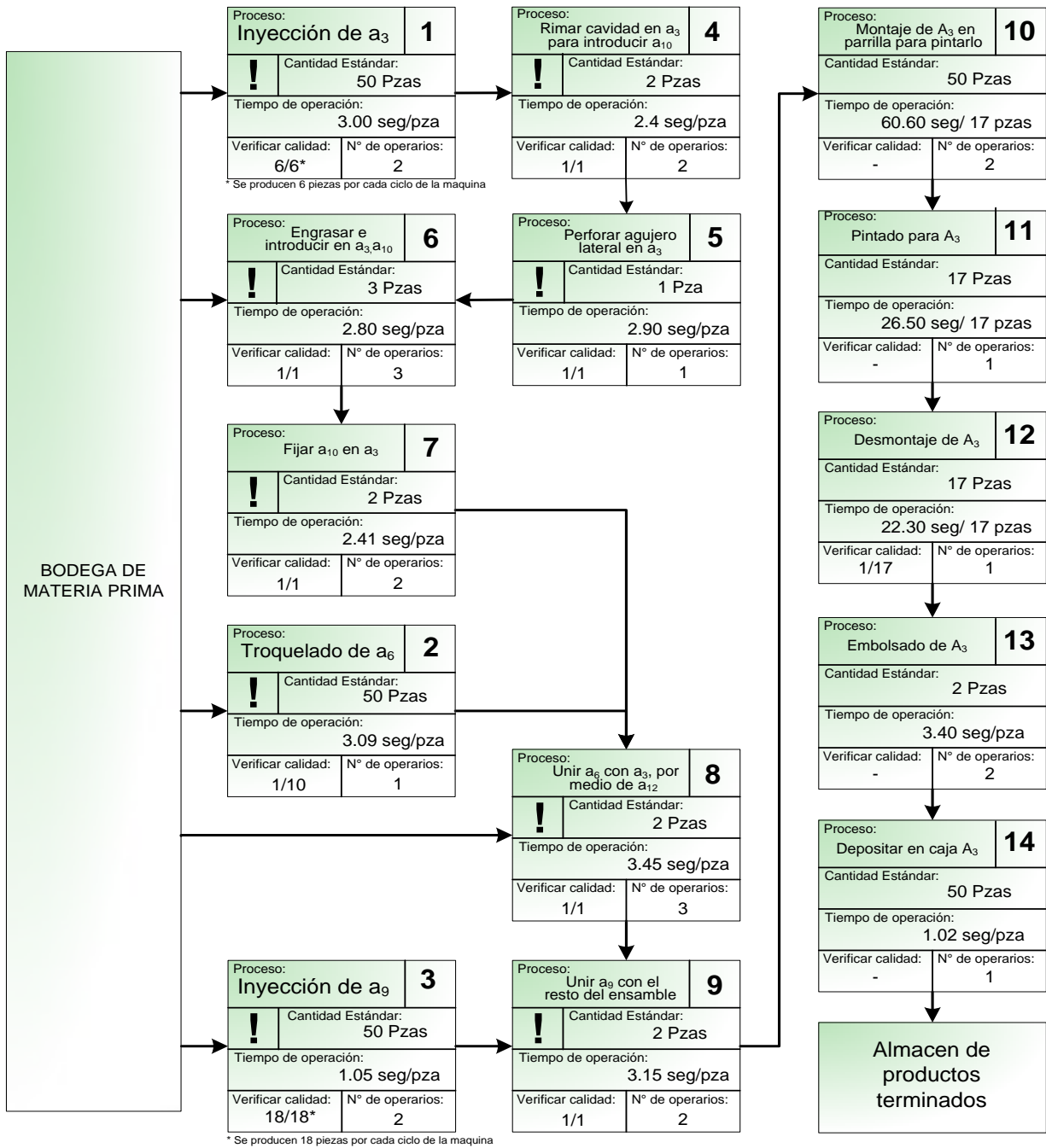
Producto	!	Calidad del producto	Secuencia de producción	Total de operarios del proceso
A2	<p>Atencion a la seguridad:</p> <p>Este símbolo esta colocado sobre aquellas operaciones que presentan condiciones inseguras hacia los operarios</p>	<p>La comprobación de la calidad de los productos se presente de la forma 1/1, que significa que cada producto procesado debe ser inspeccionado</p>	<p>Las partes a₁₀, a₁₂ y a₁₆ Son compradas y llegan directo al proceso de producción</p>	28

Figura N° 65: Hoja de secuencia de operaciones estándar para A₂

Fuente: Elaboración de grupo.



HOJA DE OPERACIONES ESTÁNDAR PARA A₃



Producto	!	Calidad del producto	Secuencia de producción	Total de operarios del proceso
A3	<p>Atencion a la seguridad:</p> <p>Este símbolo esta colocado sobre aquellas operaciones que presentan condiciones inseguras hacia los operarios</p>	<p>La comprobación de la calidad de los productos se presente de la forma 1/1, que significa que cada producto procesado debe ser inspeccionado</p>	<p>Las partes a₁₀ y a₁₂ son compradas y llegan directo al proceso de producción</p>	25

Figura N° 66: Hoja de secuencia de operaciones estándar para A₃

Fuente: Elaboración de grupo.



5.5 BALANCE DE LÍNEA

En el balance de línea, el objetivo es determinar el número ideal de operarios que se esperan contratar para la fabricación de los productos de la empresa modelo y respaldar los propuestos en la hoja de secuencia de operaciones estándar, para ello es necesario trabajar con tiempos reales y/o comprimidos en el caso de las operaciones que así lo requieren.

La declaración global de las operaciones y los tiempos⁵⁶ que requiere la fabricación de los tres productos se puede resumir de la manera siguiente:

Código	Nombre de Operación	Tiempo estándar (S.E.) (Seg.)	Segundos Estándar Real –S.E.R.- (S.E. / E.)**
1-A1	Inyección de a1*	2.83	3.33
2-A1	Troquelado de a4	0.90	1.06
3-A1	Troquelado de a7	0.90	1.06
4-A1	Inyección de a9*	1.05	1.24
5-A1	Rimar cavidad en a1 para introducir a10	4.80	5.65
6-A1	Perforar agujero lateral en a1	2.90	3.41
7-A1	Engrasar e introducir a1	8.31	9.78
8-A1	Fijar a10 en a1	4.70	5.53
9-A1	Unir a4 con a1 por medio de a12	6.60	7.76
10-A1	Unir a7 con a13	5.60	6.59
11-A1	Unir a9 con resto del ensamble	5.90	6.94
12-A1	Montaje de A1 en raks de pintura	3.86	4.54
13-A1	Pintado de A1	1.42	1.67
14-A1	Desmontaje de A1	1.34	1.58
15-A1	Embolsado de A1	6.60	7.76
16-A1	Depositar A1 en caja.	1.02	1.20
1-A2	Inyección de a2*	3.50	4.12
2-A2	Troquelado de a5	3.40	4.00
3-A2	Troquelado de a8	1.10	1.29
4-A2	Inyección de a15*	1.67	1.96
5-A2	Rimar cavidad en a2 para introducir a10	5.20	6.12
6-A2	Perforar agujero lateral en a2	2.90	3.41
7-A2	Engrasar e introducir a2	7.80	9.18
8-A2	Fijar a10 en a2	4.30	5.06
9-A2	Unir a5 con a2 por medio de a12	7.00	8.24
10-A2	Unir a8 con a14	5.70	6.71
11-A2	Unir a15 y a17 por medio de a16	6.98	8.21
12-A2	Montaje de A2 en raks de pintura	6.10	7.18
13-A2	Pintado de A2	2.13	2.51
14-A2	Desmontaje de A2	2.32	2.73
15-A2	Embolsado de A2	6.80	8.00
16-A2	Depositar A2 en caja	1.01	1.19
1-A3	Inyección de a3*	3.00	3.53
2-A3	Troquelado de a6	3.09	3.64

⁵⁶ Los tiempos que actualmente están sobre el tiempo de ciclo ya han sido estudiados mediante un análisis de micromovimientos en el anexo 23.



3-A3	Inyección de a9*	1.05	1.24
4-A3	Rimar cavidad en a3	4.80	5.65
5-A3	Perforar agujero lateral en a3	2.90	3.41
6-A3	Engrasar e introducir a3	8.40	9.88
7-A3	Fijar a10 en a3	4.82	5.67
8-A3	Unir a6 con a3	6.90	8.12
9-A3	Unir a9 con resto de ensamble	6.30	7.41
10-A3	Montaje de A3 en raks	3.53	4.15
11-A3	Pintado de A3	1.56	1.84
12-A3	Desmontaje de A3	1.31	1.54
13-A3	Embolsado de A3	6.80	8.00
14-A3	Depositar A3 en caja	1.02	1.20
Sumatoria (\sum)		182.12	214.26

*1 Recurso = 2 operarios.

**E=85% o 0.85: estimada en consenso con jefe de producción de la empresa modelo.

Tabla No. 100: Declaración global de operaciones en la empresa modelo.

Fuente: Elaboración de grupo.

Algunos datos importantes a tomar en cuenta son los siguientes:

- La jornada de trabajo de la empresa modelo es: de 7:00 a.m. a 5:00 p.m. de lunes a viernes.
- Total de horas laboradas en la semana: 50 horas.
- Total de horas laboras en el mes: 200 horas.
- Total de horas laborables reales al mes: 8.75 hrs./día*5 días/sem.*4 sem./mes
H.R.M.=175 horas/mes.

Para alcanzar el objetivo de asignar el número óptimo de operarios a la empresa modelo, es necesario utilizar la Ecuación siguiente:

$$N = \frac{\sum_{i=1}^{i=46} S.E.R. * n}{S.H.R}$$

Ecuación 20: Determinación del número optimo de operarios.

Fuente: "Estudio del trabajo. Ingeniería de métodos" García Criollo, Roberto

Donde:

N = Numero de Prelimar de operarios en la línea.

i = Numero o código de operación.

S.E.R. = Segundos Estándar Reales de cada operación.

n = Numero Total de veces que ocurre la operación "i"

S.H.R. = Segundos Hombre Reales = 31,500 seg.



El número "N" de operarios requeridos en la planta es igual la sumatoria de la multiplicación de los Segundos Estándar Reales de cada operación por el número de veces que se repite dicha operación, dividido por los segundos Hombre Reales que labora un operario.

Utilizando la Ecuación 20, se procede a determinar el número preliminar de operarios requeridos en la empresa modelo:

$$N = \frac{633,237.99}{31,500} = 20.10 \approx 21 \text{ operarios}$$

El número preliminar de operarios es válido para operaciones ideales, sin embargo las características del proceso conducen a emplear más operarios.

La distribución definitiva de los operarios para cada operación depende en gran medida de las características particulares del proceso de producción y además del criterio de los diseñadores.

En la Tabla N° 101 se presenta una asignación teórica preliminar de los operarios que se requieren para fabricar los tres productos de la empresa modelo, sin embargo esta asignación teórica se ajusta a las características particulares de la propuesta y el número real es de 28 operarios, tal como se presenta en la Tabla N° 102 y 103.



CÓDIGO	S.E.	S.E.R.	Ciclos A1	Ciclos A2	Ciclos A3	T.S.E.R.	Operarios T.S.E.R. /S.H.D.
1-A1	2.83	3.33	6683			22250.46	0.71
2-A1	0.9	1.06	6683			7076.12	0.22
3-A1	0.9	1.06	6683			7076.12	0.22
4-A1	1.05	1.24	6683			8255.47	0.26
5-A1	4.8	5.65	6683			37739.29	1.20
6-A1	2.9	3.41	6683			22800.82	0.72
7-A1	8.31	9.78	6683			65336.15	2.07
8-A1	4.7	5.53	6683			36953.06	1.17
9-A1	6.6	7.76	6683			51891.53	1.65
10-A1	5.6	6.59	6683			44029.18	1.40
11-A1	5.9	6.94	6683			46387.88	1.47
12-A1	3.86	4.54	6683			30348.68	0.96
13-A1	1.42	1.67	6683			11164.54	0.35
14-A1	1.34	1.58	6683			10535.55	0.33
15-A1	6.6	7.76	6683			51891.53	1.65
16-A1	1.02	1.20	6683			8019.60	0.25
1-A2	3.5	4.12		1782		7337.65	0.23
2-A2	3.4	4.00		1782		7128.00	0.23
3-A2	1.1	1.29		1782		2306.12	0.07
4-A2	1.67	1.96		1782		3501.11	0.11
5-A2	5.2	6.12		1782		10901.65	0.35
6-A2	2.9	3.41		1782		6079.76	0.19
7-A2	7.8	9.18		1782		16352.47	0.52
8-A2	4.3	5.06		1782		9014.82	0.29
9-A2	7	8.24		1782		14675.29	0.47
10-A2	5.7	6.71		1782		11949.88	0.38
11-A2	6.98	8.21		1782		14633.36	0.46
12-A2	6.1	7.18		1782		12788.47	0.41
13-A2	2.13	2.51		1782		4465.48	0.14
14-A2	2.32	2.73		1782		4863.81	0.15
15-A2	6.8	8.00		1782		14256.00	0.45
16-A2	1.01	1.19		1782		2117.44	0.07
1-A3	3	3.53			446	1574.12	0.05
2-A3	3.09	3.64			446	1621.34	0.05
3-A3	1.05	1.24			446	550.94	0.02
4-A3	4.8	5.65			446	2518.59	0.08
5-A3	2.9	3.41			446	1521.65	0.05
6-A3	8.4	9.88			446	4407.53	0.14
7-A3	4.82	5.67			446	2529.08	0.08
8-A3	6.9	8.12			446	3620.47	0.11
9-A3	6.3	7.41			446	3305.65	0.10
10-A3	3.53	4.15			446	1852.21	0.06
11-A3	1.56	1.84			446	818.54	0.03
12-A3	1.31	1.54			446	687.36	0.02
13-A3	6.8	8.00			446	3568.00	0.11
14-A3	1.02	1.20			446	535.20	0.02
Total	182.12	214.26				633,237.99	20.10 ≈ 21

Tabla No. 101: Determinación preliminar de operarios en la planta modelo.
Fuente: Elaboración de grupo.



CÓDIGO	Inyección 1	Inyección 2	Troquelado P.	Troquelado L.	Rimado	Perforado L.	Engrasado	Fijado
1-A1	0.71							
2-A1			0.22					
3-A1				0.22				
4-A1		0.26						
5-A1					1.20			
6-A1						0.72		
7-A1							2.07	
8-A1								1.17
9-A1								
10-A1								
11-A1								
12-A1								
13-A1								
14-A1								
15-A1								
16-A1								
1-A2	0.23							
2-A2			0.23					
3-A2				0.07				
4-A2		0.11						
5-A2					0.35			
6-A2						0.19		
7-A2							0.52	
8-A2								0.29
9-A2								
10-A2								
11-A2								
12-A2								
13-A2								
14-A2								
15-A2								
16-A2								
1-A3	0.05							
2-A3			0.05					
3-A3		0.02						
4-A3					0.08			
5-A3						0.05		
6-A3							0.14	
7-A3								0.08
8-A3								
9-A3								
10-A3								
11-A3								
12-A3								
13-A3								
14-A3								
Total	0.99	0.39	0.50	0.30	1.62	0.97	2.73	1.54
Operarios	2	2	1	1	2	1	3	2
Acumulado	2	4	5	6	8	9	12	14

Tabla No. 102: Asignación de operarios por cada operación. Parte I
Fuente: Elaboración de Grupo.



CÓDIGO	Ensamble 1	Ensamble 2	Ensamble 3	Montaje R.	Pintura	Desmontaje R.	Embolsado	Deposito en caja
1-A1								
2-A1								
3-A1								
4-A1								
5-A1								
6-A1								
7-A1								
8-A1								
9-A1	1.65							
10-A1		1.40						
11-A1			1.47					
12-A1				0.96				
13-A1					0.35			
14-A1						0.33		
15-A1							1.65	
16-A1								0.25
1-A2								
2-A2								
3-A2								
4-A2								
5-A2								
6-A2								
7-A2								
8-A2								
9-A2	0.47							
10-A2		0.38						
11-A2			0.46					
12-A2				0.41				
13-A2					0.14			
14-A2						0.15		
15-A2							0.45	
16-A2								0.07
1-A3								
2-A3								
3-A3								
4-A3								
5-A3								
6-A3								
7-A3								
8-A3	0.11							
9-A3		0.10						
10-A3				0.06				
11-A3					0.03			
12-A3						0.02		
13-A3							0.11	
14-A3								0.02
Total	2.23	1.88	1.94	1.43	0.52	0.51	2.21	0.34
Operarios	3	2	2	2	1	1	2	1
Acumulado	17	19	21	23	24	25	27	28

Tabla No. 103: Asignación de operarios por cada operación. Parte II
Fuente: Elaboración de Grupo.



6 POKA YOKE – ADMINISTRACIÓN VISUAL.

El sistema poka yoke propuesto posee las funciones básicas de: realizar inspecciones al 100 % y, si ocurren anomalías, se puede realizar automáticamente la acción para separar los componentes que no cumplen con las especificaciones previas.

En el caso de la empresa modelo es posible desarrollar reducciones aceleradas en las cantidades de productos defectuosos con un sistema de “*autochequeo sucesivo*”⁵⁷ integrado por el desarrollo de mejoras en la operación de troquelado y dentado de piñones.

Situación actual:

Actualmente la empresa modelo fábrica productos que poseen un componente denominado “piñón”. Según fuentes primarias, la tasa de defectos es de aproximadamente el 7% y la empresa necesita un método para lograr disminuirlo.

El procedimiento actual es el siguiente:

- a. Colocar la tira de acero que alimenta la maquina troqueladora.
- b. Activar la maquina para que se alimente del material.
- c. Golpear con el troquel para conformar la pieza.
- d. La pieza troquelada cae en un canal.
- e. La pieza cae por gravedad en la superficie del canal hacia un depósito.

El problema se identifica en dos puntos:

- El dentado de los piñones no es uniforme, lo que conduce a un inadecuado funcionamiento del producto.
- La superficie del piñón es deformada por el golpe del troquel y describe una pequeña curva en el centro del dentado.

Luego de realizarse la operación, no se efectúa ningún tipo de evaluación sobre el trabajo realizado, las piezas continúan hacia la siguiente estación de trabajo y los defectos de descubren en la inspección final, cuando el producto esta ensamblado y pintado.

⁵⁷ *Autochequeo sucesivo*: Inspecciones cíclicas continuas que son realizadas en el puesto donde se desarrolla las operaciones.



6.1 Mejora 1:

En esta mejora se propone el diseño de una inspección de la superficie del piñón compuesta por dos calibradores de especificaciones máximas y mínimas, como se muestra en la figura siguiente:

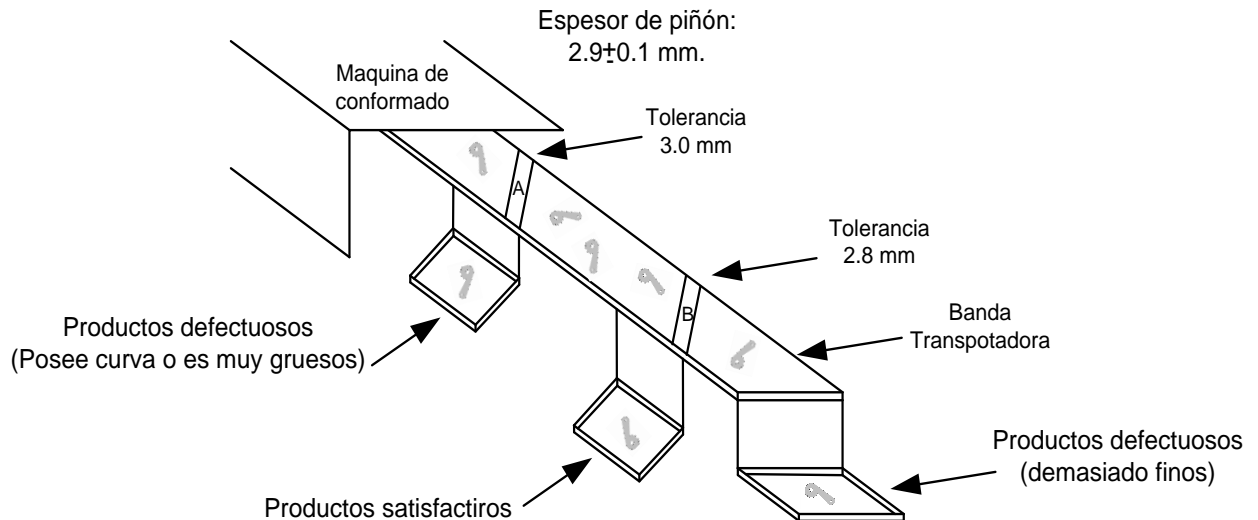


Figura No.67: Inspección de espesor de piñón

Fuente: elaboración de grupo.

La operación mejorada procedió como se describe a continuación:

Como el espesor determinado para el piñón es de $t=2.9 \pm 0.1$ mm., la banda transportadora se equipó como sigue:

- Una combinación de calibre "A" se instala en el extremo izquierdo de la banda transportadora.
- El espacio entre el calibre "A" y la banda es de 3.0 mm.
- Se incorpora un calibre "B" al extremo derecho de la banda.
- El espacio entre el calibre "B" y la banda es de 2.8 mm.
- Cuando la pieza sale de la máquina troqueladora y se traslada por la banda, desde la izquierda hacia la derecha, los piñones con una curva o con espesor superior a 3.0 mm. no pueden pasar por debajo del calibre "A" y son dirigidos hacia una caja de productos defectuosos en la parte inferior de la banda y a la altura del primer calibre.
- Los piñones de espesor inferior a 2.8 mm. pasan bajo el calibre "B" y caen en una segunda caja de productos clasificados como defectuosos porque son demasiado finos en su espesor.



6.2 Mejora 2:

En la segunda mejora para implementar el sistema poka yoke se integra un conmutador límite de doble función en las maquinas inyectoras, con los propósitos de identificar la fuerza de cierre exacta en las maquinas inyectoras y reflejar una señal de alerta al operario en caso de existir defectos en el proceso de inyección, tal como se presenta en la Figura N° 68:

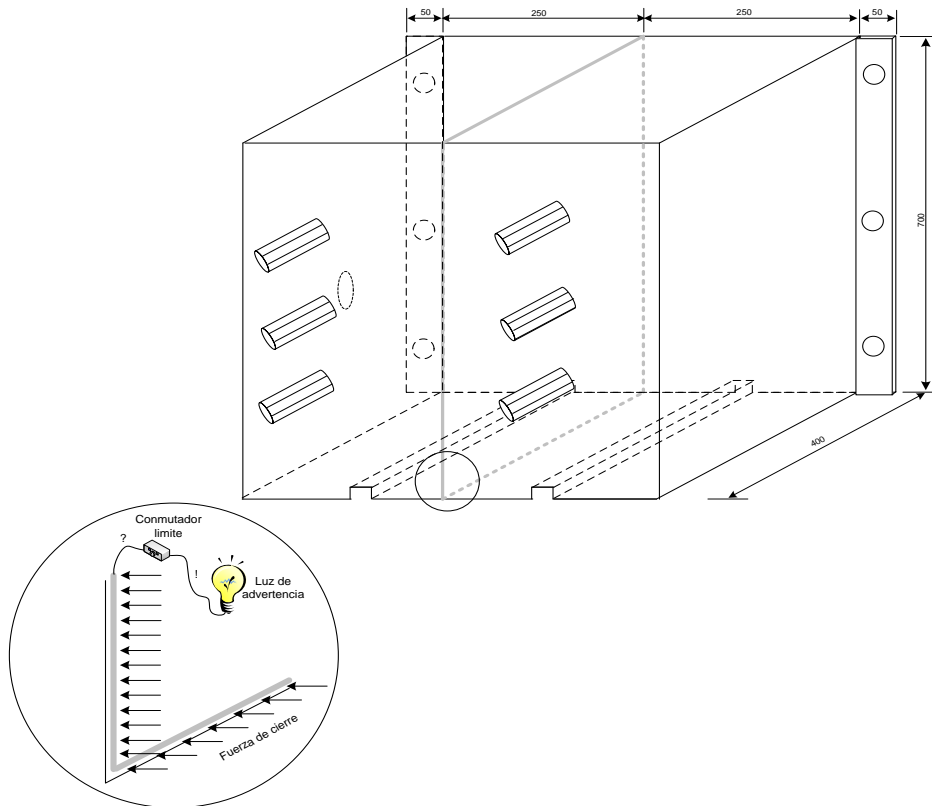


Figura N° 68: Representación grafica de conmutador limite en moldes.
Fuente: Elaboración de grupo.

Este conmutador límite debe programarse para identificar una fuerza de cierre mínima de 30 toneladas⁵⁸, que debe funcionar como un límite mínimo que evita la creación de rebabas en las piezas inyectadas.

El operario deberá parar la inyección en caso de existir una luz que se activa obedeciendo a la existencia de una fuerza de cierre por bajo del límite especificado, seguidamente deberá advertir lo sucedido a su jefe inmediato en caso de no solucionarse inmediatamente.

⁵⁸ La empresa modelo ha discutido este punto con el proveedor de materia prima y se recomienda una fuerza de cierre mínima de 30 ton.



7 KANBAN.

7.1 OBJETIVOS DE LA APLICACIÓN:

Los objetivos que se busca al establecer el sistema Kanban en la empresa modelo son los siguientes:

- ▶ Poder entregar cualquier tipo de producto en la fecha acordada.
- ▶ Proporcionar un enlace importante entre la cadena de ensamble y las demás áreas de la empresa.
- ▶ Prevenir que la organización agregue trabajo innecesario, generando procedimientos excesivos.
- ▶ Eliminar los inventarios y la sobreproducción.
- ▶ Facilitar el control de materiales en proceso.

7.2 APLICACIÓN DE KANBAN EN LA EMPRESA MODELO.

Es importante comprender que el sistema Kanban facilita el trabajo diario desarrollado por los operarios y mejora su eficiencia mediante la reducción de la supervisión directa.

Antes de implementar Kanban lo más importante es tener una producción equilibrada, suavizando el flujo de materiales, también conocido como Nivelación de la producción; ésta deberá ser practicada en la línea de ensamble final, si existe una fluctuación muy grande en la integración de los procesos Kanban no funcionará y de lo contrario se creará desorden en la planta.

7.3 REGLAS DE FUNCIONAMIENTO

Existen dos reglas que son importantes para el funcionamiento del sistema Kanban y son necesarias que hayan sido desarrolladas con anterioridad estas son:

a. Nivelar la producción.

En el desarrollo de esta técnica se buscó producir solamente la cantidad de productos necesarios manteniendo equilibrada la producción con las demandas del mercado.

Se hace necesario para todos los procesos mantener al equipo y a los trabajadores de tal manera que puedan producir materiales en el momento necesario y en la cantidad necesaria.



De no existir la nivelación de la producción los procesos demandaran materiales de una forma incontinua con respecto al tiempo y a la cantidad, el proceso anterior requerirá personal y maquinas en exceso para satisfacer esa necesidad, o en su defecto si la cantidad solicitada es mayor a la capacidad de el puesto de trabajo, se generaran cuellos de botella.

De esta manera Kanban se convierte en su fuente de información para producción y transportación, ya que los trabajadores dependerán de Kanban para llevar a cabo su trabajo, a si la nivelación del sistema de producción toma gran importancia.

No se vale especular sobre si el proceso siguiente va a necesitar más material la siguiente vez, tampoco, el proceso siguiente puede preguntarle al proceso anterior si podría empezar el siguiente lote un poco más temprano, ninguno de los dos puede mandar información al otro.

b. Estandarizar el proceso.

El trabajo estandarizado provee una línea de producción estable que no elabore productos defectuosos y sin mucho esfuerzo humano. Las partes defectuosas pueden ser definidas como desperdicios, es decir, todo lo que sea distinto a los recursos mínimos de materiales, máquinas, y mano de obra necesarios para agregar valor al producto; el trabajo estandarizado busca establecer esto.

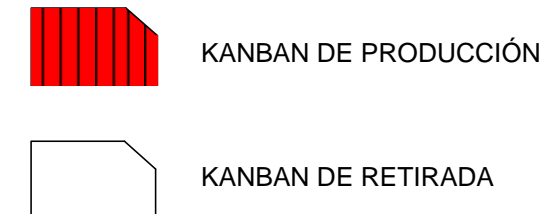
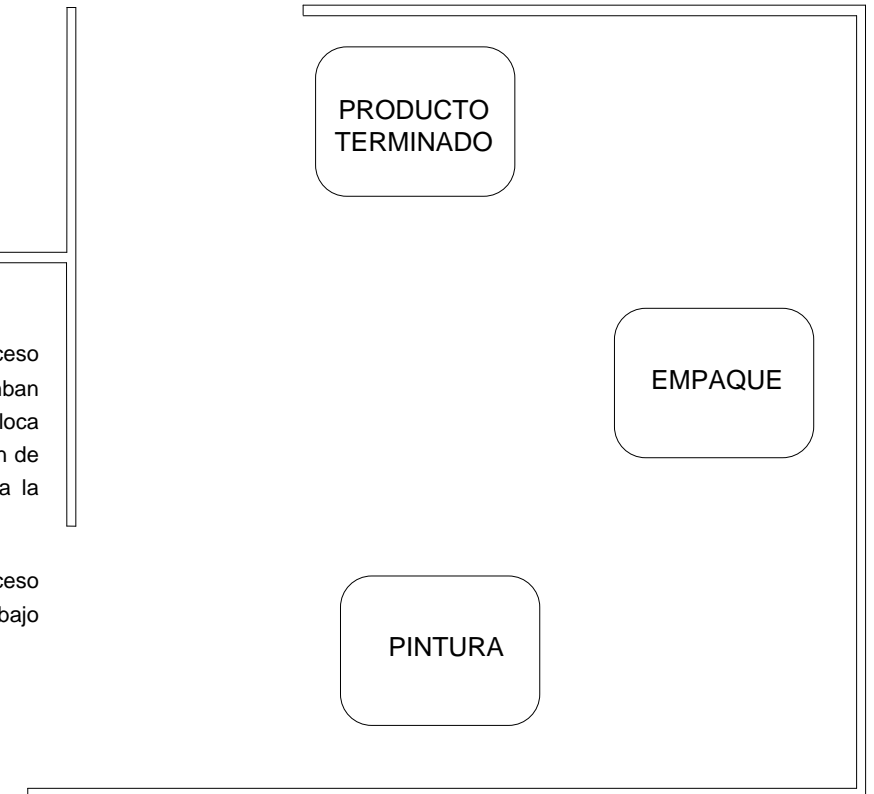
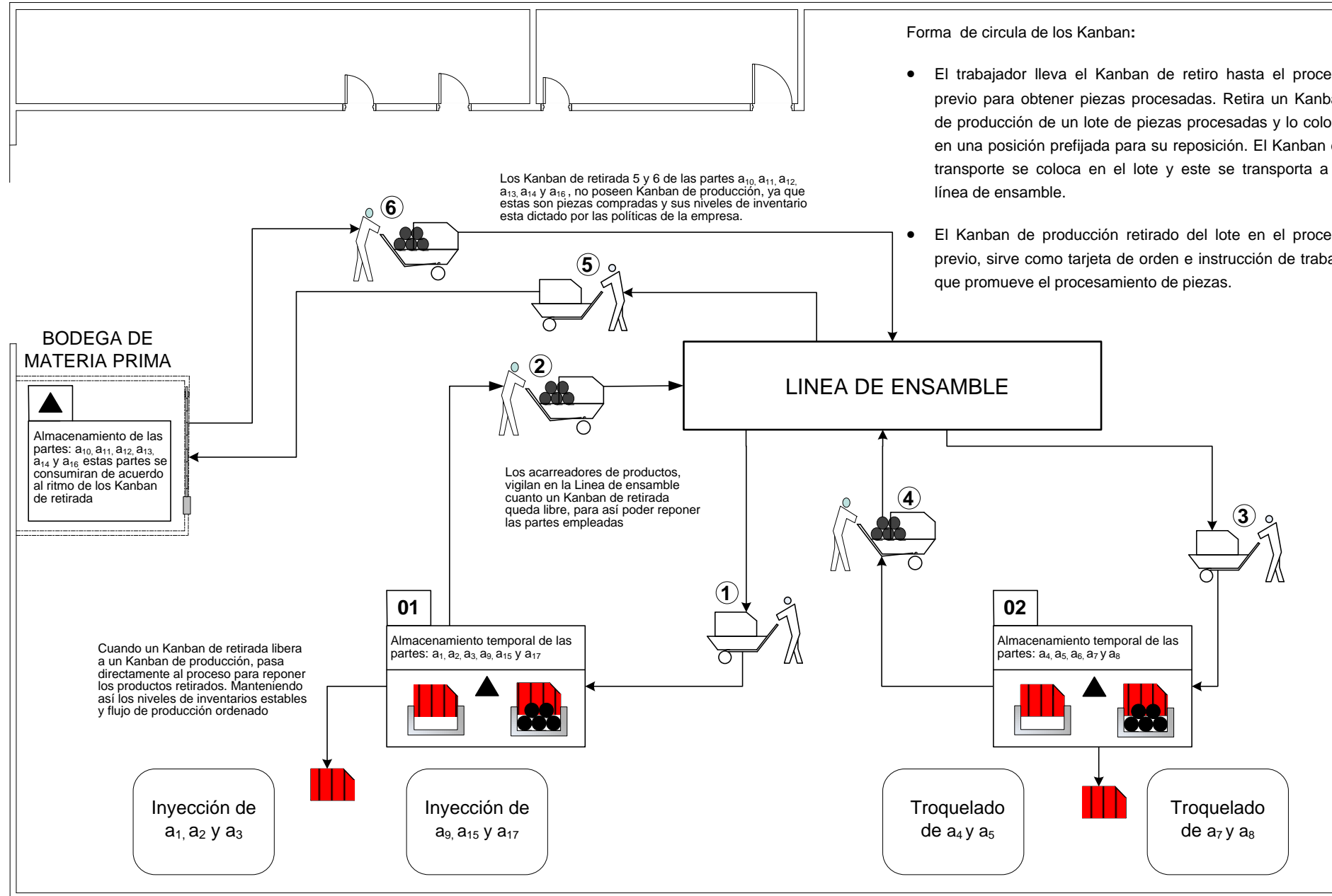
Para que el sistema de información por Kanban en la empresa modelo sea una realidad es necesario que existan dos tipos de kanban, uno de producción y otro de retirada.

7.4 FLUJO DE KANBAN EN LA PLANTA.

Este sistema tiene el beneficio de simplificar los flujos de materiales dentro de la planta, eliminando tramites, ya que producción se ejecuta pasando instrucciones a cada proceso El esquema de flujo de kanban muestra como se mueven las partes de los productos de los procesos de inyección, troquelado y de la bodega de materia prima a línea de ensamble, minimizando los inventarios y demandando la producción en pequeños lotes, con numerosas entregas y transportes frecuentes.

7.4.1 ESQUEMA DEL FLUJO DE KANBAN

FLUJO DE KANBAN DENTRO DEL PROCESO PRODUCTIVO





7.5 Kanban de producción.

El Kanban de producción se emplea para especificar la clase y cantidad de partes que un proceso debe reponer del inventario temporal que existe en el proceso, para nuestro caso tenemos que producir las partes: a_1 , a_2 , a_3 , a_4 , a_5 , a_6 , a_7 , a_8 , a_9 , a_{15} y a_{17} ; que conforman los productos A_1 , A_2 y A_3 .

Para cada una de las partes existirá un Kanban de producción de la siguiente forma.

Kanban de producción	
Cod. almacén	Proceso
01- a_1	Inyección
Código de pieza	Cantidad a producir
a_1	
Nombre de la pieza:	6683 Unidades
Pieza a_1	
Código del producto	
A_1	

Figura Nº 69: Kanban de producción para la pieza a_1
Fuente: Elaboración de grupo.

Kanban de producción	
Cod. almacén	Proceso
01- a_2	Inyección
Código de pieza	Cantidad a producir
a_2	
Nombre de la pieza:	1782 Unidades
Pieza a_2	
Código del producto	
A_2	

Figura Nº 70: Kanban de producción para la pieza a_2
Fuente: Elaboración de grupo.



Kanban de producción	
Cod. almacén	01-a ₃
Código de pieza	a ₃
Nombre de la pieza:	Pieza a ₃
Código del producto	A ₃
Proceso	Inyección
Cantidad a producir	446 Unidades

Figura N° 71: Kanban de producción para la pieza a₃
Fuente: Elaboración de grupo.

Kanban de producción	
Cod. Almacén	01-a ₉
Código de pieza	a ₉
Nombre de la pieza:	Pieza a ₉
Código del producto	A ₁ y A ₃
Proceso	Inyección
Cantidad a producir	7129 Unidades

Figura N° 72: Kanban de producción para la pieza a₉
Fuente: Elaboración de grupo.

Kanban de producción	
Cod. Almacén	01-a ₁₅
Código de pieza	a ₁₅
Nombre de la pieza:	Pieza a ₁₅
Código del producto	A ₂
Proceso	Inyección
Cantidad a producir	1782 Unidades

Figura N° 73: Kanban de producción para la pieza a₁₅
Fuente: Elaboración de grupo.



Kanban de producción	
Cod. Almacén	01-a ₁₇
Código de pieza	a ₁₇
Nombre de la pieza:	Pieza a ₁₇
Código del producto	A ₂
Proceso	Inyección
Cantidad a producir	1782 Unidades

Figura Nº 74: Kanban de producción para la pieza a₁₇
Fuente: Elaboración de grupo.

Kanban de producción	
Cod. Almacén	02-a ₄
Código de pieza	a ₄
Nombre de la pieza:	Pieza a ₄
Código del producto	A ₁
Proceso	Troquelado
Cantidad a producir	6683 Unidades

Figura Nº 75: Kanban de producción para la pieza a₄
Fuente: Elaboración de grupo.



Kanban de producción

Cod. Almacén <input type="text" value="02-a<sub>5</sub>"/>	Proceso
Código de pieza <input type="text" value="a<sub>5</sub>"/>	<input type="text" value="Troquelado"/>
Nombre de la pieza: <input type="text" value="Pieza a<sub>5</sub>"/>	Cantidad a producir
Código del producto <input type="text" value="A<sub>2</sub>"/>	<input type="text" value="1782"/> <input type="text" value="Unidades"/>

Figura Nº 76: Kanban de producción para la pieza a₅
Fuente: Elaboración de grupo.

Kanban de producción

Cod. Almacén <input type="text" value="02-a<sub>6</sub>"/>	Proceso
Código de pieza <input type="text" value="a<sub>6</sub>"/>	<input type="text" value="Troquelado"/>
Nombre de la pieza: <input type="text" value="Pieza a<sub>6</sub>"/>	Cantidad a producir
Código del producto <input type="text" value="A<sub>3</sub>"/>	<input type="text" value="446"/> <input type="text" value="Unidades"/>

Figura Nº 77: Kanban de producción para la pieza a₆
Fuente: Elaboración de grupo.

Kanban de producción

Cod. Almacén <input type="text" value="02-a<sub>7</sub>"/>	Proceso
Código de pieza <input type="text" value="a<sub>7</sub>"/>	<input type="text" value="Troquelado"/>
Nombre de la pieza: <input type="text" value="Pieza a<sub>7</sub>"/>	Cantidad a producir
Código del producto <input type="text" value="A<sub>1</sub>"/>	<input type="text" value="6683"/> <input type="text" value="Unidades"/>

Figura Nº 78: Kanban de producción para la pieza a₇
Fuente: Elaboración de grupo.



Kanban de producción	
Cod. Almacén	02-a ₈
Código de pieza	a ₈
Nombre de la pieza:	Pieza a ₈
Código del producto	A ₂
Proceso	Troquelado
Cantidad a producir	1782 Unidades

Figura Nº 79: Kanban de producción para la pieza a₈
Fuente: Elaboración de grupo.

7.6 Kanban de retirada.

Este tipo de kanban debe especificar la clase y la cantidad de productos que una operación en la cadena de ensamble debe retirar del proceso anterior. El Kanban de la Figura Nº 80, indica que el código donde se almacena temporalmente la pieza es el 01-a₁ y que el código de la pieza es a₁, el nombre de la pieza “pieza a₁”, el código del producto “A1”, la capacidad del deposito 750 unidades, el proceso anterior es “inyección”, el siguiente “ensamble” y el numero de Kanban emitido es 1 de 27.

<u>Kanban de retirada</u>	
Cod. Almacén:	01-a ₁
Cod. Pieza:	a ₁
Nombre de la pieza:	Pieza a ₁
Código de producto:	A1
Capacidad:	750 Unidad.
Proceso anterior:	Inyeccion
Proceso posterior:	Ensamble
Número emitido:	1/27

Figura Nº 80: Kanban de retirada para la pieza a₁.
Fuente: Elaboración de grupo.



En forma similar a la figura anterior, se elaboran los 16 kanban restantes para poder ensamblar los tres tipos de productos de la empresa modelo.

<u>Kanban de retirada</u>	
Cod. Almacén: <input style="width: 80%;" type="text" value="01-a<sub>2</sub>"/>	Proceso anterior:
Cod. Pieza: <input style="width: 80%;" type="text" value="a<sub>2</sub>"/>	<input style="width: 90%;" type="text" value="Inyeccion"/>
Nombre de la pieza:	Proceso posterior
<input style="width: 90%;" type="text" value="Pieza a<sub>2</sub>"/>	<input style="width: 90%;" type="text" value="Ensamble"/>
Código de producto: <input style="width: 80%;" type="text" value="A<sub>2</sub>"/>	Número emitido:
Capacidad: <input style="width: 80%;" type="text" value="200 Unidad."/>	<input style="width: 80%;" type="text" value="2/17"/>

Figura Nº 81: Kanban de retirada para la pieza a₂.
Fuente: Elaboración de grupo.

<u>Kanban de retirada</u>	
Cod. Almacén: <input style="width: 80%;" type="text" value="01-a<sub>2</sub>"/>	Proceso anterior:
Cod. Pieza: <input style="width: 80%;" type="text" value="a<sub>3</sub>"/>	<input style="width: 90%;" type="text" value="Inyeccion"/>
Nombre de la pieza:	Proceso posterior
<input style="width: 90%;" type="text" value="Pieza a<sub>3</sub>"/>	<input style="width: 90%;" type="text" value="Ensamble"/>
Código de producto: <input style="width: 80%;" type="text" value="A<sub>3</sub>"/>	Número emitido:
Capacidad: <input style="width: 80%;" type="text" value="50 Unidad."/>	<input style="width: 80%;" type="text" value="3/17"/>

Figura Nº 82 Kanban de retirada para la pieza a₃.
Fuente: Elaboración de grupo.



Kanban de retirada

Cod. Almacén:	<input type="text" value="02-a<sub>2</sub>"/>	Proceso anterior:	
Cod. Pieza:	<input type="text" value="a<sub>4</sub>"/>		<input type="text" value="Troquelado"/>
Nombre de la pieza:		Proceso posterior	
	<input type="text" value="Pieza a<sub>4</sub>"/>		<input type="text" value="Ensamble"/>
Código de producto:	<input type="text" value="A1"/>	Número emitido:	
Capacidad:	<input type="text" value="750 Unidad."/>		<input type="text" value="4/17"/>

Figura Nº 83: Kanban de retirada para la pieza a₄.
Fuente: Elaboración de grupo.

Kanban de retirada

Cod. Almacén:	<input type="text" value="02-a<sub>2</sub>"/>	Proceso anterior:	
Cod. Pieza:	<input type="text" value="a<sub>5</sub>"/>		<input type="text" value="Troquelado"/>
Nombre de la pieza:		Proceso posterior	
	<input type="text" value="Pieza a<sub>5</sub>"/>		<input type="text" value="Ensamble"/>
Código de producto:	<input type="text" value="A2"/>	Número emitido:	
Capacidad:	<input type="text" value="200 Unidad."/>		<input type="text" value="5/17"/>

Figura Nº 84: Kanban de retirada para la pieza a₅.
Fuente: Elaboración de grupo.

Kanban de retirada

Cod. Almacén:	<input type="text" value="02-a<sub>2</sub>"/>	Proceso anterior:	
Cod. Pieza:	<input type="text" value="a<sub>6</sub>"/>		<input type="text" value="Troquelado"/>
Nombre de la pieza:		Proceso posterior	
	<input type="text" value="Pieza a<sub>6</sub>"/>		<input type="text" value="Ensamble"/>
Código de producto:	<input type="text" value="A3"/>	Número emitido:	
Capacidad:	<input type="text" value="50 Unidad."/>		<input type="text" value="6/17"/>

Figura Nº 85: Kanban de retirada para la pieza a₆.
Fuente: Elaboración de grupo.



Kanban de retirada

Cod. Almacén:	<input type="text" value="02-a7"/>	Proceso anterior:	
Cod. Pieza:	<input type="text" value="a7"/>		<input type="text" value="Inyeccion"/>
Nombre de la pieza:		Proceso posterior:	
	<input type="text" value="Pieza a7"/>		<input type="text" value="Ensamble"/>
Código de producto:	<input type="text" value="A1"/>	Número emitido:	
Capacidad:	<input type="text" value="750 Unidad."/>		<input type="text" value="7/17"/>

Figura Nº 86: Kanban de retirada para la pieza a7.
Fuente: Elaboración de grupo.

Kanban de retirada

Cod. Almacén:	<input type="text" value="02-a7"/>	Proceso anterior:	
Cod. Pieza:	<input type="text" value="a8"/>		<input type="text" value="Troquelado"/>
Nombre de la pieza:		Proceso posterior:	
	<input type="text" value="Pieza a8"/>		<input type="text" value="Ensamble"/>
Código de producto:	<input type="text" value="A2"/>	Número emitido:	
Capacidad:	<input type="text" value="200 Unidad."/>		<input type="text" value="8/17"/>

Figura Nº 87: Kanban de retirada para la pieza a8.
Fuente: Elaboración de grupo.

Kanban de retirada

Cod. Almacén:	<input type="text" value="01-a7"/>	Proceso anterior:	
Cod. Pieza:	<input type="text" value="a9"/>		<input type="text" value="Inyeccion"/>
Nombre de la pieza:		Proceso posterior:	
	<input type="text" value="Pieza a9"/>		<input type="text" value="Ensamble"/>
Código de producto:	<input type="text" value="A1"/>	Número emitido:	
Capacidad:	<input type="text" value="800 Unidad."/>		<input type="text" value="9/17"/>

Figura Nº 88: Kanban de retirada para la pieza a9.
Fuente: Elaboración de grupo.



<u>Kanban de retirada</u>	
Cod. Almacén: <input type="text" value="Bodega- a10"/>	Proceso anterior
Cod. Pieza: <input type="text" value="a10"/>	<input type="text" value="Ninguno"/>
Nombre de la pieza:	Proceso posterior
<input type="text" value="Pieza a10"/>	<input type="text" value="Ensamble"/>
Código del producto <input type="text" value="A1, A2 y A3"/>	Número emitido:
Capacidad: <input type="text" value="1000 Unidad."/>	<input type="text" value="10/17"/>

Figura N° 89: Kanban de retirada para la pieza a₁₀.
Fuente: Elaboración de grupo.

<u>Kanban de retirada</u>	
Cod. Almacén: <input type="text" value="Bodega- a11"/>	Proceso anterior:
Cod. Pieza: <input type="text" value="a11"/>	<input type="text" value="Ninguno"/>
Nombre de la pieza:	Proceso posterior
<input type="text" value="Pieza a11"/>	<input type="text" value="Ensamble"/>
Código de producto: <input type="text" value="A1"/>	Número emitido:
Capacidad: <input type="text" value="750 Unidad."/>	<input type="text" value="11/17"/>

Figura N° 90: Kanban de retirada para la pieza a₁₁.
Fuente: Elaboración de grupo.

<u>Kanban de retirada</u>	
Cod. Almacén: <input type="text" value="Bodega- a12"/>	Proceso anterior
Cod. Pieza: <input type="text" value="a12"/>	<input type="text" value="Ninguno"/>
Nombre de la pieza:	Proceso posterior
<input type="text" value="Pieza a12"/>	<input type="text" value="Ensamble"/>
Código del producto <input type="text" value="A1, A2 y A3"/>	Número emitido:
Capacidad: <input type="text" value="1000 Unidad."/>	<input type="text" value="12/17"/>

Figura N° 91: Kanban de retirada para la pieza a₁₂.
Fuente: Elaboración de grupo.



Kanban de retirada

Cod. Almacén:	<input type="text" value="Bodega-a12"/>	Proceso anterior:	
Cod. Pieza:	<input type="text" value="a13"/>		<input type="text" value="Ninguno"/>
Nombre de la pieza:		Proceso posterior:	
	<input type="text" value="Pieza a13"/>		<input type="text" value="Ensamble"/>
Código de producto:	<input type="text" value="A1"/>	Número emitido:	
Capacidad:	<input type="text" value="750 Unidad."/>		<input type="text" value="13/17"/>

Figura Nº 92: Kanban de retirada para la pieza a13.
Fuente: Elaboración de grupo.

Kanban de retirada

Cod. Almacén:	<input type="text" value="Bodega-a12"/>	Proceso anterior:	
Cod. Pieza:	<input type="text" value="a14"/>		<input type="text" value="Ninguno"/>
Nombre de la pieza:		Proceso posterior:	
	<input type="text" value="Pieza a14"/>		<input type="text" value="Ensamble"/>
Código de producto:	<input type="text" value="A2"/>	Número emitido:	
Capacidad:	<input type="text" value="200 Unidad."/>		<input type="text" value="14/17"/>

Figura Nº 93: Kanban de retirada para la pieza a14.
Fuente: Elaboración de grupo.

Kanban de retirada

Cod. Almacén:	<input type="text" value="01-a12"/>	Proceso anterior:	
Cod. Pieza:	<input type="text" value="a15"/>		<input type="text" value="Inspeccion"/>
Nombre de la pieza:		Proceso posterior:	
	<input type="text" value="Pieza a15"/>		<input type="text" value="Ensamble"/>
Código de producto:	<input type="text" value="A2"/>	Número emitido:	
Capacidad:	<input type="text" value="200 Unidad."/>		<input type="text" value="15/17"/>

Figura Nº 94: Kanban de retirada para la pieza a15.
Fuente: Elaboración de grupo.



<u>Kanban de retirada</u>	
Cod. Almacén: <input style="width: 80%;" type="text" value="Bodega-a<sub>16</sub>"/>	Proceso anterior:
Cod. Pieza: <input style="width: 80%;" type="text" value="a<sub>16</sub>"/>	<input style="width: 80%;" type="text" value="Ninguna"/>
Nombre de la pieza:	Proceso posterior
<input style="width: 80%;" type="text" value="Pieza a<sub>16</sub>"/>	<input style="width: 80%;" type="text" value="Ensamble"/>
Código de producto: <input style="width: 80%;" type="text" value="A<sub>2</sub>"/>	Número emitido:
Capacidad: <input style="width: 80%;" type="text" value="200 Unidad."/>	<input style="width: 80%;" type="text" value="16/17"/>

Figura Nº 95: Kanban de retirada para la pieza a₁₆.
Fuente:Elaboración de grupo.

<u>Kanban de retirada</u>	
Cod. Almacén: <input style="width: 80%;" type="text" value="01-a<sub>17</sub>"/>	Proceso anterior:
Cod. Pieza: <input style="width: 80%;" type="text" value="a<sub>17</sub>"/>	<input style="width: 80%;" type="text" value="Inyeccion"/>
Nombre de la pieza:	Proceso posterior
<input style="width: 80%;" type="text" value="Pieza a<sub>17</sub>"/>	<input style="width: 80%;" type="text" value="Ensamble"/>
Código de producto: <input style="width: 80%;" type="text" value="A<sub>2</sub>"/>	Número emitido:
Capacidad: <input style="width: 80%;" type="text" value="200 Unidad."/>	<input style="width: 80%;" type="text" value="17/17"/>

Figura Nº 96: Kanban de retirada para la pieza a₁₇.
Fuente: Elaboración de grupo.

Las figuras 52 a la 65 sugieren los modelos de Kanban de retirada a emplearse para los 17 diferentes tipos de piezas que componen los productos A₁, A₂ y A₃ de la empresa modelo.

7.7 Kanban triangular:

Un kanban de señal o triangular será el que se empleará para especificar la producción de un lote en los procesos de inyección y de troquelado, y así poder mantener una reserva de piezas en producción.

Como puede verse en las figuras 69 a la 96, a través de las cuales se les ordena a los procesos de troquelado e inyección que produzca determinada cantidad de partes (producción de 1 día), cuando sólo quede el inventario mínimo que corresponde al 5% de



la producción de un mes; es decir que esa cantidad representa el punto de reposición o colchón de la producción para cada pieza, ya sea comprada o fabricada; así como se muestra en el siguiente cuadro:

PIEZA	PRODUCCIÓN DIARIA	PRODUCCIÓN MENSUAL	5% DE INVENTARIO	
a ₁	6683	140343	7017,15	7017
a ₂	1782	37422	1871,1	1871
a ₃	446	9366	468,3	468
a ₄	6683	140343	7017,15	7017
a ₅	1782	37422	1871,1	1871
a ₆	446	9366	468,3	468
a ₇	6683	140343	7017,15	7017
a ₈	1782	37422	1871,1	1871
a ₉	7129	149709	7485,45	7485
a ₁₀	8911	187131	9356,55	9357
a ₁₁	6683	140343	7017,15	7017
a ₁₂	8911	187131	9356,55	9357
a ₁₃	6683	140343	7017,15	7017
a ₁₄	1782	37422	1871,1	1871
a ₁₅	1782	37422	1871,1	1871
a ₁₆	1782	37422	1871,1	1871
a ₁₇	1782	37422	1871,1	1871

Tabla N°. 104: Cantidades de producción y su stock.
Fuente: Elaboración de grupo.

Datos con los cuales es posible presentar los kanban triangulares para cada pieza que es fabricada en la empresa:

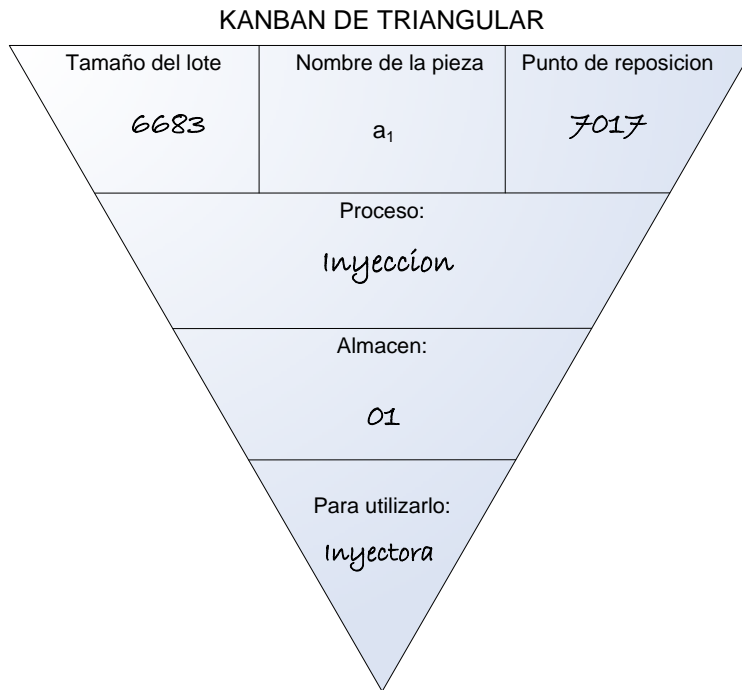


Figura Nº 97: Kanban triangular de la pieza a₁
Fuente: Elaboración del grupo.

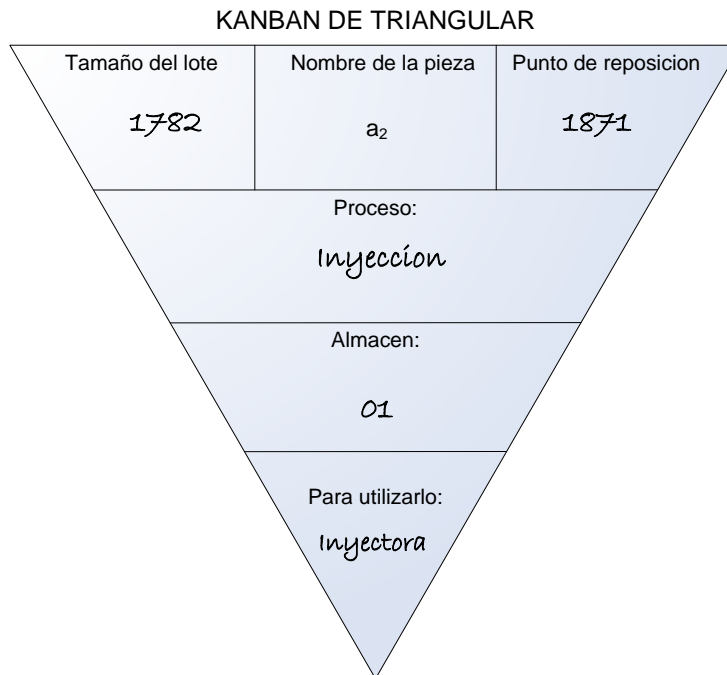


Figura Nº 98: Kanban triangular de la pieza a₂
Fuente: Elaboración del grupo.



KANBAN DE TRIANGULAR

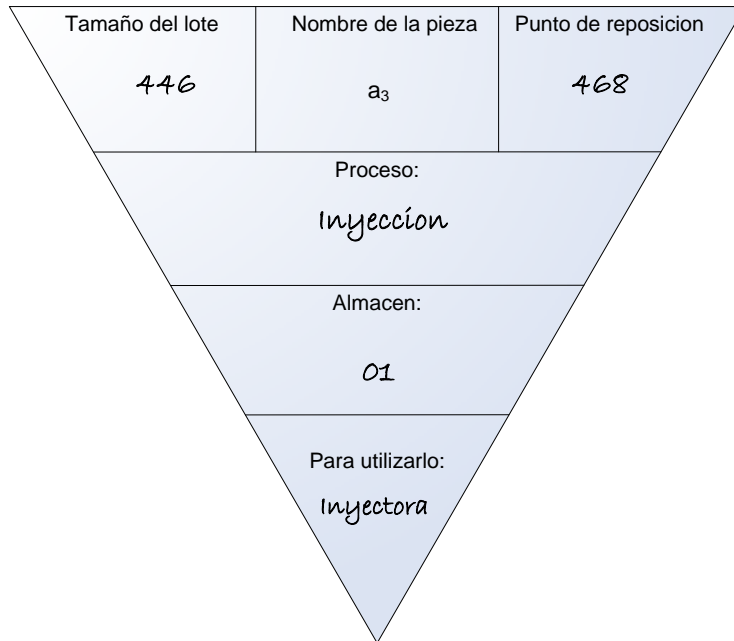


Figura N° 99: Kanban triangular de la pieza a_3
Fuente: Elaboración del grupo.

KANBAN DE TRIANGULAR

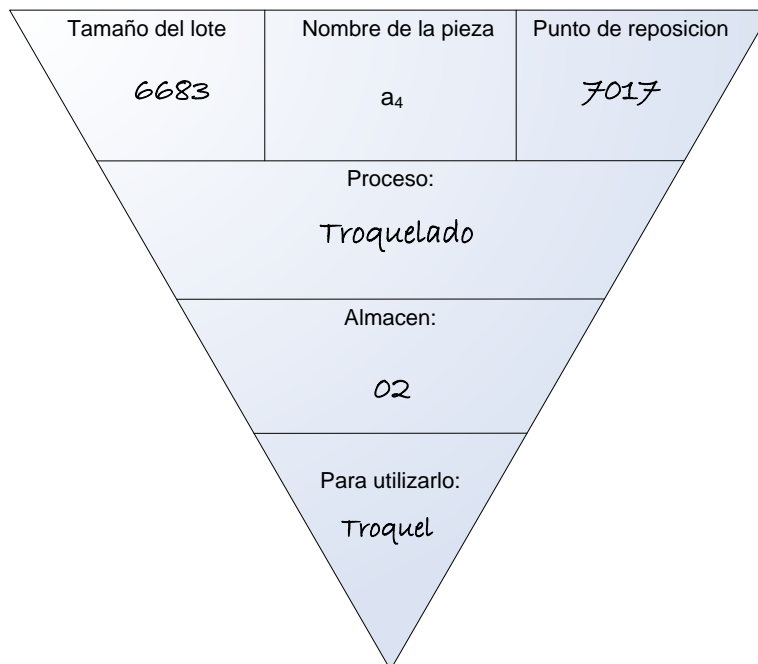


Figura N° 100: Kanban triangular de la pieza a_4
Fuente: Elaboración del grupo.

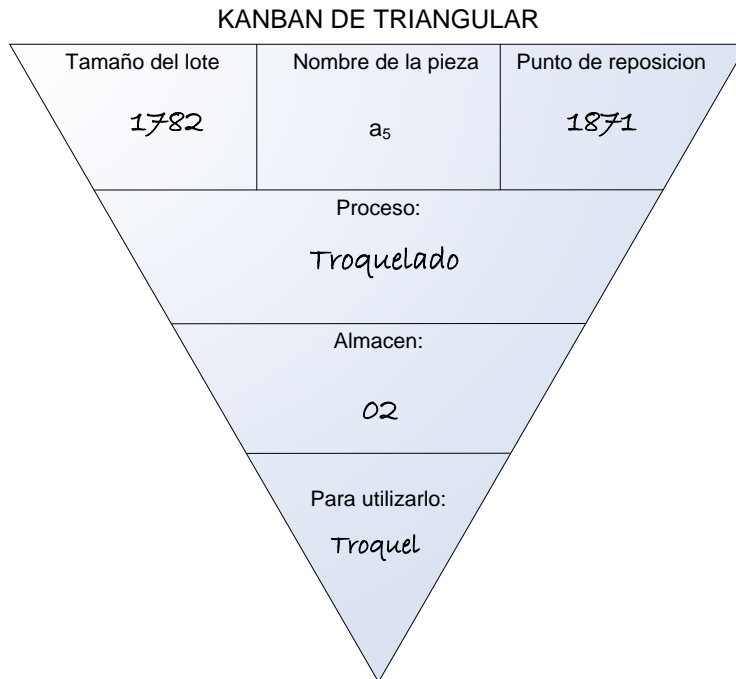


Figura N° 101: Kanban triangular de la pieza a₅
Fuente: Elaboración del grupo.

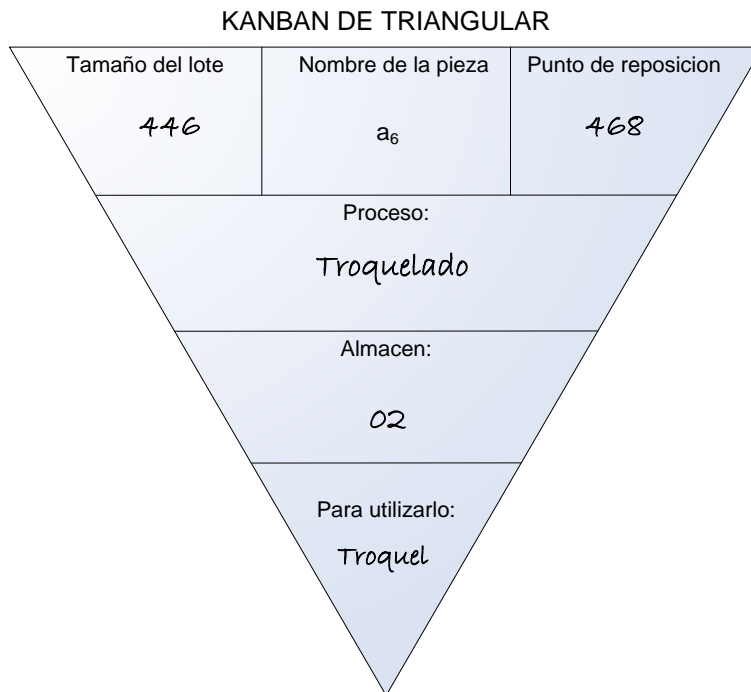


Figura N° 102: Kanban triangular de la pieza a₆
Fuente: Elaboración del grupo.

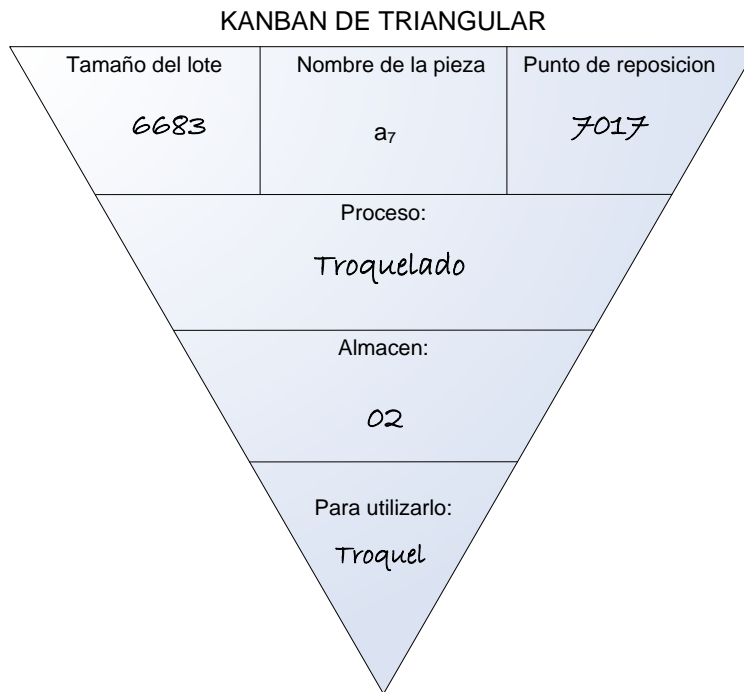


Figura N° 103: Kanban triangular de la pieza a₇
Fuente: Elaboración del grupo.

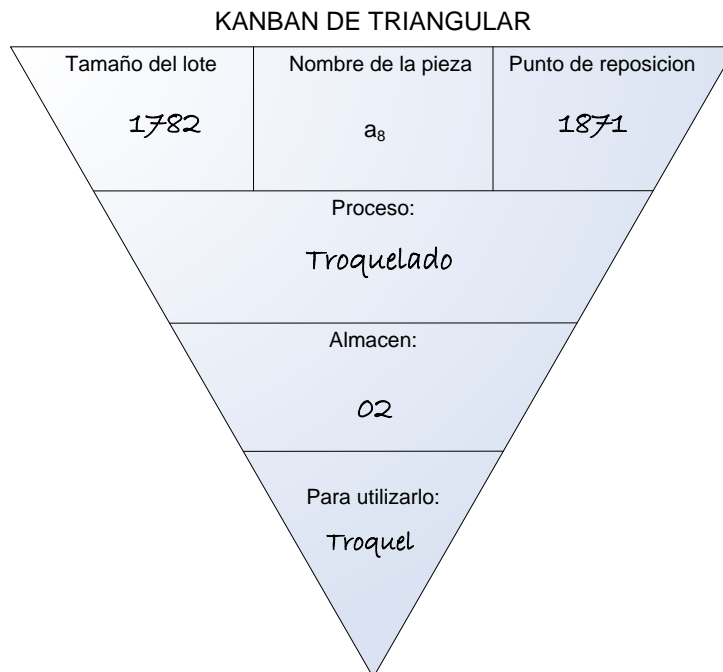


Figura N° 104: Kanban triangular de la pieza a₈
Fuente: Elaboración del grupo.

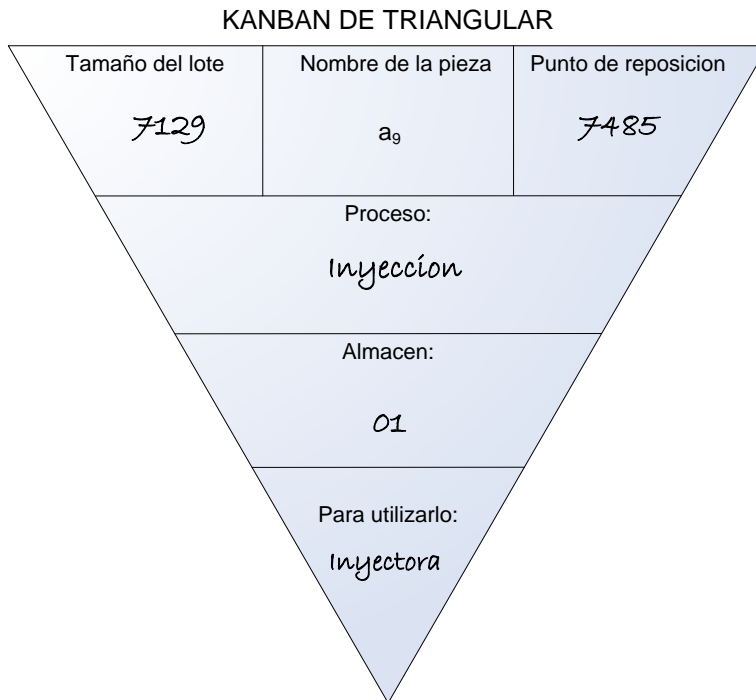


Figura N° 105: Kanban triangular de la pieza a₉
Fuente: Elaboración del grupo.

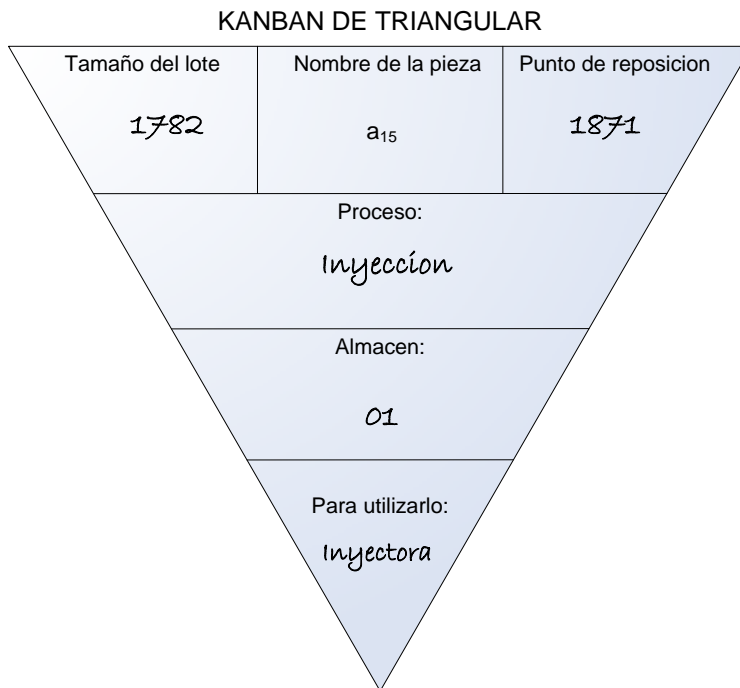


Figura N° 106: Kanban triangular de la pieza a₁₅
Fuente: Elaboración del grupo.

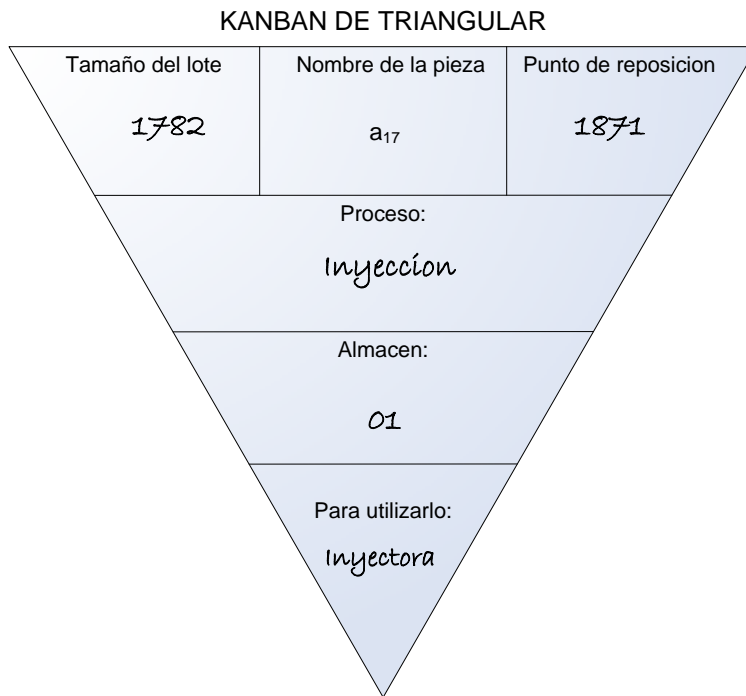


Figura N° 107: Kanban triangular de la pieza a₁₇
Fuente: Elaboración del grupo.



7.8 Sugerencias para el uso de Kanban propuesto.

Para implementar Kanban se recomienda tomar en cuenta sugerencias importantes como las siguientes:

- a. Un acarreador de la cadena se debe dirigir al almacén del proceso anterior (inyección o troquelado) con los Kanban de retirada según la pieza correspondiente, lleva las bandejas vacías en una carretilla, luego debe intercambiar las bandejas vacías por el Kanban indicado con intervalos de 1 hora.
- b. Cuando el acarreador retira las piezas, debe ordenar los Kanban de retirada que fueron solicitados y las bandejas vacías del Kanban anterior deben depositarse en el buzón receptor de Kanban.
- c. Cuando el acarreador retire los Kanban requeridos por la cadena de ensamble, debe comparar cuidadosamente que esta retirando las piezas y la cantidad indicada.
- d. El proceso anterior a la cadena de montaje (inyección o troquelado), debe organizar y contabilizar los Kanban que han de ser retirados por el acarreador hacia el proceso siguiente.
- e. El proceso anterior a la cadena de montaje (inyección o troquelado) debe emitir las piezas que están previstas retirar hacia las siguientes operaciones.

Los Kanban de retirada, propuestos para cada uno de los elementos que componen los tres productos, deben utilizarse en forma ordenada y oportuna por una persona que funcionara como eslabón para conectar la cadena de ensamble y los procesos anteriores.



8 KAIZEN.

Los lineamientos que se presentarán a continuación para la aplicación de la herramienta Kaizen en la empresa tipo, conforman una propuesta, ya que para lograr mejoras continuas es necesario haber aplicado acciones correctivas en un principio.

Objetivo: Llevar a cabo una retroalimentación en los procesos establecidos en la empresa para identificar mejoras.

- ✓ Identifique las actividades de mejoras en las áreas donde se hayan implementado.
- ✓ Realice reuniones periódicas con el personal del área donde se recolecten opiniones y sugerencias sobre el avance de la implementación de las herramientas.
- ✓ Fomentar la comunicación, las buenas relaciones humanas y el trabajo en equipo.

8.1 PREPARACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN

Para lograr la implementación es recomendable la Creación del Comité que lo constituya el personal de la empresa desde el gerente general, el gerente de producción hasta los encargados de cada departamento; programando reuniones periódicas para abordar los puntos:

- ✓ Crear una participación directa de los integrantes.
- ✓ Evaluar los progresos en una forma directa por cada miembro de su respectiva área.
- ✓ Asesorar las presentaciones que realizan los círculos de calidad.
- ✓ Informar progresos y resultados del programa.
- ✓ Romper barreras de comunicación entre los departamentos.

Entre las responsabilidades del comité se pueden mencionar: la retroalimentación y crear mayor comunicación; sucesivamente están las responsabilidades del Coordinador del Comité, entre las cuales están:

- ✓ Coordinar las juntas que sean necesarias para discutir asuntos de la organización, tales como eventos, sistema de recompensas y métodos que se utilizarán en el programa.
- ✓ Procurar la unión de las personas.



- ✓ Delegar responsabilidades para que los encargados puedan formar sus propios grupos (círculos de calidad) y los coordinen.
- ✓ Monitorear.

El método para implementar y mantener la disciplina de las actividades estandarizadas se plantea desde dos perspectivas:

a. Orientado a la administración

A través de las entrevistas al personal administrativo, como la Gerencia de Producción, se planifica crear la actitud correcta, buscando el involucramiento y se despierta el interés por implementar KAIZEN dentro del proceso productivo de la empresa. Es necesario que ese interés abarque primero a los altos mandos y luego a todos los trabajadores, para lograr la estandarización, mejorar los estándares y mantener unos productos que aseguren calidad.

Las actividades de los grupos pequeños y las sugerencias apoyan a KAIZEN, de manera importante.

b. Orientado a las Instalaciones:

1. La primera fase está orientada al mejoramiento del área productiva que tiene que ver con la infraestructura donde se lleva a cabo la producción, que ya se ha planteado en la aplicación de la técnica 5S.

Control Total de Calidad (CTC)

2. La segunda fase de la implementación de KAIZEN conlleva una reunión con los miembros del comité a quienes se expone el concepto de Control Total de Calidad, y se determina la forma en la cual se introducirá dicho concepto al resto del personal, lo cual se realiza a través de los círculos de calidad, cuyos encargados pertenezcan al comité.

8.2 Creación de los grupos de Trabajo (Círculos de Calidad):

A cada grupo se asigna un encargado de sección, implementando la rotación de ellos, para que los miembros adquieran nuevas técnicas en diferentes lugares y evitar que se formen grupos de presión mal orientados.



Responsabilidades asignadas:

- ✓ Elegir temas de los diferentes problemas y proyectos *en los* que desean trabajar, los cuales serán tratados en las reuniones.
- ✓ Establecer objetivos en los mismos grupos.
- ✓ Analizar y solucionar problemas.

El uso de los círculos de control es de suma importancia para que los empleados aprendan además del sistema de resolución de problemas, a prever problemas. Se les enseña el diagrama de causa y efecto elaborado y los gráficos de control, para que ellos conozcan y refuercen lo que saben y lo que se necesita para producir un buen producto, así como a utilizar herramientas.

La primera fase consiste en la introducción del concepto de los círculos de calidad a todos los trabajadores, enseñarles y explicarles qué son. Con la presentación se obtienen los siguientes resultados:

- ✓ Motivación de los empleados
- ✓ Involucramiento de cada miembro de los círculos
- ✓ Rompimiento de barreras de comunicación
- ✓ Simplificación de la aprobación de nuevas ideas.

La segunda fase es establecer la forma de monitorear los círculos de calidad:

1. Se designa el grupo que asume las responsabilidades.
2. Se elige la persona que coordina, cuyas funciones: comunicar al círculo del nivel inmediato superior, publicar los logros, resumir las actividades, motivar el grupo.
3. Se busca la asesoría de los Supervisores.

En la tercera fase se forman los círculos de la siguiente manera:

- ✓ Primer grupo: Inyección y limado.
- ✓ Segundo grupo: Troquelado y ensamble.
- ✓ Tercer grupo: despacho, empaque bodegas.



Uno de los pilares para hacer efectivo el control de calidad es el proceso de comunicación entre los departamentos y constituye uno de los procesos más críticos ya que es la clave para el buen desenvolvimiento de los empleados, encargados y gerentes.

Si los trabajadores aprenden cómo hacer bien su trabajo, los encargados empiezan a confiar en ellos, el gerente de planta confía en los encargados y el gerente general también aprende a confiar, logrando una relación mas estrecha. Se puede delegar más responsabilidades; los trabajadores empiezan a dar sugerencias para formar una unidad, en lugar de que un supervisor sólo se encargue de dar órdenes a expensas de una buena relación con los subordinados y no se abran los canales de comunicación. La misma relación se da entre el gerente general y el gerente de producción y entre éste y los encargados.

Es necesaria la determinación con los miembros del comité (experimentados en la elaboración de los productos) de los factores causales que asegurarán que los productos se mantengan en cuanto a su calidad y uniformidad.

Factores Causales:

- ✓ Calibración de Maquinarias e Instrumentos: Esta debe ser la adecuado, para la preparación de cada producto, puesto que si una máquina no está en buen estado, no puede elaborar productos de buena calidad.
- ✓ Temperatura: Se refiere a los tipos de temperaturas que deben estar bajo control en el momento de la producción como lo es la temperatura de inyección que debe comprenderse entre 550 a 650 grados centígrados.
- ✓ Distribución de los equipos: Para que el flujo de producción se lleve a cabo de forma eficiente se ha establecido una distribución en planta según el proceso de fabricación del producto.
- ✓ Tamaños de Lotes: Para la fabricación de los diferentes productos, se ha estipulado el tamaño de los lotes, de acuerdo a la capacidad de las máquinas.
- ✓ Habilidades y Destrezas: Cada operario debe ser eficiente en la tarea que realiza para que su trabajo sea productivo.



El método para la recolección de observaciones a partir de todos los puntos de vista de la empresa se le ha denominado: **Sistemas de Sugerencias** el cual tiene conexión con el control total calidad, con los círculos de calidad y todo esto lleva a la estrategia KAIZEN. Para el seguimiento de KAIZEN (a partir de las sugerencias) se presentan tres etapas:

- ✓ En la **primera etapa**, al comité se le presenta la postura que debe adoptar frente al sistema de sugerencias. Cómo debería ser la evaluación, y la importancia de las mismas etc.

El comité debe examinar todas las sugerencias aportadas cuando no son muchas. Conforme aumente el número de éstas, se van delegando responsabilidades a los encargados de grupo, para que ellos las lean y las clasifiquen Y las sugerencias que más impacto tengan, sean pasadas a gerencia para que el comité las analice.

Las sugerencias deben ser aportadas voluntariamente, en grupos o en forma individual. Si se realizan dentro de los círculos de calidad, el encargado de cada círculo debe trasladar las sugerencias al nivel superior para que aquí tenga el análisis correspondiente. Si se prefiere en forma individual, se colocará un adecuado buzón de sugerencias en la entrada de la planta, para que todos los trabajadores tengan un fácil acceso a él, o bien, puede hacerse hablando directamente con el gerente de la planta, quien estará dispuesto a escuchar.

- ✓ Crear la forma de ordenar las sugerencias por importancia, en base al impacto que pueden traer a la empresa.
- ✓ La evaluación de las sugerencias debe hacerse en forma objetiva. Muchas veces se tienen trabajadores preferidos y esto no motiva al resto de personal para aportar sugerencias. Todos deben ser tratados en forma equánime, objetiva y por igual; para eso se hacen las tablas de evaluación de sugerencias, para observar el impacto práctico y económico que tendrán. Cada trabajador en el momento que quiera puede ver los resultados, examinar estas tablas y observar que todo fue hecho en una forma objetiva.
- ✓ Los encargados de cada grupo tienen que seguir creando un ambiente propicio para que todos los trabajadores aumenten el número de sugerencias, siguiendo las reglas de cada departamento pero sin que esto se vuelva un fanatismo o que los trabajadores se sientan muy presionados porque entonces, en lugar de lograr el objetivo de mayores y mejores sugerencias puede causar lo contrario



- ✓ En la **segunda etapa**, se hace énfasis en los beneficios del empleado, preocupándose por el impacto económico. Cuando los trabajadores dan las sugerencias; la administración debe trabajar en ellas dependiendo de la importancia que éstas tengan. Al principio se estudió con la gerencia la forma en que puede evaluarse una sugerencia presentada por un operario.

Se realiza la presentación de los beneficios y cómo deben aportarse las sugerencias:

- ✓ Las sugerencias deben tomarse como una oportunidad de romper las barreras de comunicación entre los trabajadores de la empresa.
- ✓ Deben ser vistas como una capacitación y oportunidad de desarrollo para las personas que aportan las sugerencias porque están usando su creatividad, están proveyendo no solo las sugerencias sino también la forma de implementarlas y el beneficio que con el empleo de ellas se obtendrá, están adquiriendo nuevas experiencias y recompensas (monetarias o no monetarias).
- ✓ Las sugerencias que proporcionen los miembros, en su mayoría, deben estar relacionadas con el trabajo de producción y con el departamento en que ellos mismos laboran porque es el área donde tienen un mayor dominio y conocimiento.

En la **tercera fase** se establecen reglas, procedimientos de evaluación, tablas de clasificaciones y recompensas y en base a ellas, la administración debe estar dispuesta a dar reconocimiento a los esfuerzos de los empleados por el mejoramiento para mantener siempre el interés de los trabajadores.

Se explica el desarrollo del sistema. Una vez entendida la postura del comité, presentados los beneficios y con la disposición de ponerlo en marcha por parte del comité, se busca la forma de inducir satisfactoriamente el sistema de sugerencias, pues hay asuntos que demandan mayor atención que otros. Como por ejemplo los puntos críticos de control del proceso.

- ✓ El sistema se explica directamente y en forma clara, usando un vocabulario adecuado.



- ✓ Se entrega la hoja de reglas para evaluación de las sugerencias (descritas mas adelante).
- ✓ Se entrega un formato de clasificación de las mismas y se explica la forma de llenarlo. Cuando este formato se llena periódicamente, se observan grandes avances dentro de la planta y los empleados se dan cuenta de que sus sugerencias tienen importancia y se sienten motivados a seguir aportando.

Las sugerencias son un signo de que el trabajador tiene más habilidad y definitivamente ayudan a la mejor comunicación entre los trabajadores y los supervisores, redundando en un mejor desempeño.

Cuando todos los miembros de la empresa proporcionan buenas sugerencias, es muestra y prueba de que la implantación de KAIZEN está proporcionando buenos resultados.

Es importante obtener un gran número de sugerencias de todos los departamentos para seguir la marcha del programa, ya que este sistema es uno de los más valiosos métodos para el desarrollo de KAIZEN y por consiguiente para el logro de los objetivos

8.3 La clasificación de las sugerencias se establece:

Calidad (C): se refiere a la mejora en el aseguramiento de la calidad de productos actuales o en la creación de nuevos productos. Es de gran importancia en la empresa seguir innovando productos de calidad ya que tienen la capacidad instalada en las máquinas.

Productividad (P): significa un mejor uso de los recursos disponibles, para ser más eficientes en la planta (recurso humano y tecnología).

Higiene (H): es agradable trabajar en un lugar limpio, un ambiente propicio para los trabajadores, en donde se facilite el trabajo, y se puede encontrar con facilidad las herramientas porque el lugar está ordenado. Este factor puede servir como parámetro de control.

8.4 REGLAS

Es necesario explicar al personal que las reglas tienen como propósito el mejoramiento de todos, que aprenden nuevas técnicas y que el comité puede administrar las sugerencias con el objeto de mejorar la productividad, y consecuentemente, establecer un sistema de



recompensas por su contribución, porque los trabajadores merecen y necesitan estar motivados para realizar las sugerencias.

Muchas veces la motivación no implica recompensas monetarias. Existen recompensas no monetarias, que sin despreciar las primeras estimulan muy eficientemente el interés de las personas.

8.4.1 Reglas de Entrega

- ✓ Se llena la forma anteriormente propuesta.
- ✓ Se entrega al supervisor o se deposita en el buzón.

8.4.2 Reglas de evaluación

Se clasifica la sugerencia en base a calidad, productividad, higiene y otras Características que se consideren adecuadas Cuando esto se ha realizado, cada una vuelve a clasificarse en base a los siguientes criterios:

- ✓ Es una sugerencia para máquinas, herramientas o sistemas
- ✓ Es para ahorro de electricidad, agua, tiempo, vapor
- ✓ Se refiere a cambio de métodos o procesos de producción
- ✓ Es sobre la forma de hacer chequeos en los procesos.
- ✓ Es para lograr mejoras de calidad, disminuir o desaparecer desperdicio.
- ✓ Es sobre la forma de administrar controles, sugerencias, etc.
- ✓ Se trata de la creación de mejores ambientes dentro de la planta.
- ✓ Es sobre aumentar y/o enriquecer la comunicación.
- ✓ Es sobre el Sistema de Recompensas

El estudio y la revisión de las sugerencias se recomiendan realizarlo semanalmente por cada encargado y en base a su importancia será otra vez analizada por el comité. Se estudian para establecer su impacto y evaluar la recompensa que merece la persona que aporta la sugerencia.

8.5 EVALUACIÓN PROPUESTA

Para evaluar las sugerencias, una de los criterios es la creatividad, aunque ésta es muchas veces difícil de medir en forma objetiva. Por otra parte la evaluación se hace en base al ahorro que la sugerencia puede aportar a la empresa (efectividad), esta sí puede



hacerse en forma objetiva, y probablemente será en base a este criterio que cada sugerencia se implementará, porque cada sugerencia también lleva un costo.

8.6 HERRAMIENTAS EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Las herramientas presentadas a continuación son las que se utilizan en los círculos calidad para poder solucionar los problemas detectados en la planta.

- ✓ Una de las formas más efectivas usadas para lograr que los empleados empiecen a identificarse con los problemas y su resolución se hace por medio de varias preguntas claves: **¿Qué?** , **¿Por Qué?**, **¿Cómo?**, las que ayudan a identificar el problema, las posibles causas, las diferentes soluciones (creatividad), e implementar la alternativa adecuada (decisión).

¿Qué situación problemática está sucediendo?
¿Qué causa esa situación?
¿Cómo se da?
Acciones de mejora.

Tabla N° 105: Método de solución de problemas
Fuente: Cómo Implementar Kaizen en el Sitio de Trabajo. (GEMBA.) Imai Masaaki

La filosofía KAIZEN básicamente consiste en delegar a los trabajadores tanto planificación y control' como sea posible, crear un ambiente de confianza, abrir la comunicación y motivar a los empleados.

Con lo anterior se logra una mayor productividad en los empleados, se aprovecha la creatividad en las mentes de los trabajadores y se asegura la calidad en los productos, los que se entregan justo en el tiempo requerido y con la calidad que es parte intrínseca del producto; la calidad es primero.

- ✓ Otra de las técnicas mas utilizadas para la resolución de problemas es Ishicawua o diagrama Causa-Efecto, la cual se plantea para poderla aplicar en la empresa para mejorar situaciones problemáticas, ya que es la representación de varios elementos (causas) de un sistema que pueden contribuir a un problema (efecto).

La aplicación del diagrama causa-efecto servirá para identificar las posibles causas de un problema específico, a través de los siguientes pasos:



1. Identificación del problema: es una situación que se quiere mejorar o controlar. El problema deberá ser específico y concreto.
2. Registro de la frase que resume el problema, escribir el problema identificado en el extremo derecho del papel y dejar espacio para el resto del diagrama hacia la izquierda, encerrar el enunciado en un recuadro, es lo que se conoce como la cabeza del pescado.
3. Dibujar y marcar las espinas especiales, las espinas principales representas categorías de recursos o factores causales, las mas comunes son: materiales, métodos máquinas, personas y el medio.
4. Realizar una lluvia de ideas para identificar las causas del problema, es necesario identificar las causas del problema y no las soluciones, el propósito es estimular ideas.
5. Identificación de las “causas mas probables”, las cuales se derivan de opiniones y deben ser verificadas con mas datos.
6. Identificación de las causas raíces, las cuales son representadas por las últimas espinas de cada clasificación de la espina de pescado, es decir por las espinas mas pequeñas del diagrama. Se obtiene entonces el listado de las causas raíces del problema detectado.
7. El siguiente paso, corresponde a definir las acciones a tomar a partir de las causas raíces del problema.

N. RESULTADOS DEL PROGRAMA: COMPROBACIÓN DE INDICADORES.

Luego de la aplicación de las herramientas propuestas, se hace necesario comprobar que los resultados son satisfactorios y para ello se retoman los indicadores de resultados que se presentaron en la sección 3 de la división L, pagina 158; de la manera siguiente:

1. Tasa de Cuello de Botella (Bottleneck rate, r_b).

La tasa del cuello de botella de la línea esta expresada en partes por unidad de tiempo de la operación que tiene la menor capacidad; y para su determinación es necesario resumir la capacidad de cada puesto de trabajo, de la manera siguiente:



Código	Nombre de Operación	Seg./unid.	Unid./seg	Oper.	Total Unidad/seg.
1-A1	Inyección de a1*	2.83	0.353	2	0.707
2-A1	Troquelado de a4	0.90	1.111	2	2.222
3-A1	Troquelado de a7	0.90	1.111	1	1.111
4-A1	Inyección de a9*	1.05	0.952	1	0.952
5-A1	Rimar cavidad en a1 para introducir a10	4.80	0.208	2	0.417
6-A1	Perforar agujero lateral en a1	2.90	0.345	1	0.345
7-A1	Engrasar e introducir a1	8.31	0.120	3	0.361
8-A1	Fijar a10 en a1	4.70	0.213	2	0.426
9-A1	Unir a4 con a1 por medio de a12	6.60	0.152	3	0.455
10-A1	Unir a7 con a13	5.60	0.179	2	0.357
11-A1	Unir a9 con resto del ensamble	5.90	0.169	2	0.339
12-A1	Montaje de A1 en raks de pintura	3.86	0.259	2	0.518
13-A1	Pintado de A1	1.42	0.704	1	0.704
14-A1	Desmontaje de A1	1.34	0.746	1	0.746
15-A1	Embolsado de A1	6.6	0.152	2	0.303
16-A1	Depositar A1 en caja.	1.02	0.980	1	0.980

Tabla N° 106: Determinación de la operación con menor capacidad.
Fuente: elaboración de grupo

Tal como puede observarse en la Tabla N° 106, la operación 15-A1 es la que tiene menor capacidad: 0.303 unidades por segundo, ahora esta operación debe compararse con la inversa del tiempo ritmo, así:

$$r_b = 0.30 \frac{\text{Unidades}}{\text{Segundo}}$$

$$\frac{1}{\text{Tack_time}} = 0.28 \frac{\text{Unidades}}{\text{seg.}} < 0.30 \frac{\text{Unidades}}{\text{seg.}} = 15A1$$

La tasa de cuello de botella para el programa propuesto se considera⁵⁹ que esta dentro del *ESTADO MINIMO SUGERIDO* para cumplir con la demanda del mercado actual.

2. Tiempo Absoluto de Procesamiento (Raw Process time, T_o).

El Tiempo Absoluto de Procesamiento de la línea, es la suma de los tiempos de procesamiento para cada uno de los procesos involucrados en la línea. En este punto se pretende estimar el tiempo que tardaría un producto en atravesar todo la línea.

Para obtener el tiempo absoluto de procesamiento es necesario listar todas las operaciones con su respectivo tiempo ejecutadas en el proceso propuesto, tal como se muestra en la siguiente tabla:

⁵⁹ Según el libro "The Factory Physics". Hopp, Wallace y Sperman, Mark. 1996



Código	Nombre de Operación	Seg./unid.
1-A1	Inyección de a1*	2.83
2-A1	Troquelado de a4	0.90
3-A1	Troquelado de a7	0.90
4-A1	Inyección de a9*	1.05
5-A1	Rimar cavidad en a1 para introducir a10	4.80
6-A1	Perforar agujero lateral en a1	2.90
7-A1	Engrasar e introducir a1	8.31
8-A1	Fijar a10 en a1	4.70
9-A1	Unir a4 con a1 por medio de a12	6.60
10-A1	Unir a7 con a13	5.60
11-A1	Unir a9 con resto del ensamble	5.90
12-A1	Montaje de A1 en racks de pintura	3.86
13-A1	Pintado de A1	1.42
14-A1	Desmontaje de A1	1.34
15-A1	Embolsado de A1	6.60
16-A1	Depositar A1 en caja.	1.02

Tabla N° 107: Tiempo Unitario de operaciones en la línea.
Fuente: elaboración de grupo

Retomando la Ecuación N° 5⁶⁰, se obtiene el tiempo absoluto de procesamiento:

$$T_0 = \sum_{i=1}^{16} TO_i$$

Ecuación N° 21: Estado óptimo.

$$T_0 = 2.83+0.90+0.90+1.05+4.80+2.90+8.31+4.70+6.60+5.60+5.90+3.86+1.42+1.34+6.6+1.02$$

$$T_0 \cong 58 \text{ segundos/unidad.}$$

$$(\epsilon) \text{ Tack Time} = (16) (3.53 \text{ seg./unid.}) \cong 57 \text{ segundos/unidad.}$$

De lo anterior se puede concluir que el tiempo absoluto de procesamiento (T_0) es aproximadamente igual a n veces el tiempo ritmo; lo que significa, según la teoría de *la física de la fábrica*, que la propuesta esta muy cerca del estado óptimo⁶¹.

3. W.I.P. crítico (W_0).

El W.I.P. crítico de la línea modelo, es el nivel de Trabajo en Proceso para el cual la línea de producción modelo tiene parámetros sin variantes en los tiempos de procesamiento. El WIP crítico se define por la tasa del cuello de botella (r_b) y el Tiempo Absoluto de Procesamiento en la siguiente relación:

⁶⁰ Ver Ecuación N° 5: Tiempo Absoluto de Procesamiento (T_0). presentada en la pagina 159.

⁶¹ Para llegar al estado óptimo (n) Tack Time debe ser igual a T_0 .



$$W_o = r_b T_o$$

Ecuación N° 22: WIP crítico de la línea.
 Fuente: The Factory Physics". Hopp, Wallace y Sperman, Mark. 1996

Retomando las Ecuaciones anteriores, relacionadas con la Tasa de Cuello de Botella y el Tiempo Absoluto de Procesamiento respectivamente, se tiene que:

$$\frac{1}{tack_Time} = r_b \quad ; \text{ en un estado optimo.}$$

$$T_o = (n)Tack_Time \quad ; \text{ en un estado optimo.}$$

Entonces el W.I.P. de un estado óptimo debe asumir el siguiente valor:

$$W_o = \left[\frac{1}{Tack_Time} \right] [n(tack_Time)]$$

$$W_o = \left[\frac{1}{3.53 \frac{seg.}{unid.}} \right] \left[28 \left(3.53 \frac{seg.}{unid.} \right) \right] = 28_Unidades$$

El WIP crítico en la planta estaría representado por 28 unidades en proceso, lo que significa que un operario debe tener en su puesto de trabajo una sola pieza.

4. Coeficiente de Congestión (α).

El coeficiente de congestión en la línea se mide a través del número de puesto con trabajo en espera proviniendo de la operación anterior y los puestos con trabajo en curso o ejecutándose. Matemáticamente se expresa de la manera siguiente:

$$\alpha = \frac{\text{Puestos_con_trabajo_en_espera}}{\text{Puestos_con_trabajo_ejecutados e}}$$

Ecuación N° 23: Coeficiente de congestión en la línea de producción.
 Fuente: The Factory Physics". Hopp, Wallace y Sperman, Mark. 1996



Para la identificación de los valores, se requiere de la agrupación y comparación de cada puesto de trabajo con la estación anterior, así:

Código	Operación	Seg./unid.	unid./hra.	Oper.	Capacidad Total (U/hr)	Depend.	Trabajo en espera
1-A1	Inyección de a1*	2.83	1,272	2	1,272	**	NO
2-A1	Troquelado de a4	0.90	4,000	2	8,000	**	NO
3-A1	Troquelado de a7	0.90	4,000	1	4,000	**	NO
4-A1	Inyección de a9*	1.05	3,429	1	3,429	**	NO
5-A1	Rimar cavidad en a1 para introducir a10	4.80	750	2	1,500	1-A1	SI
6-A1	Perforar agujero lateral en a1	2.90	1,241	1	1,241	5-A1	SI
7-A1	Engrasar e introducir a1	8.31	433	3	1,300	6-A1	NO
8-A1	Fijar a10 en a1	4.70	766	2	1,532	7-A1	NO
9-A1	Unir a4 con a1 por medio de a12	6.60	545	3	1,636	2-A1 y 8-A1	SI
10-A1	Unir a7 con a13	5.60	643	2	1,286	3-A1 y 9-A1	SI
11-A1	Unir a9 con resto del ensamble	5.90	610	2	1,220	4-A1 y 10A1	SI
12-A1	Montaje de A1 en raks de pintura	3.86	933	2	1,865	11-A1	NO
13-A1	Pintado de A1	1.42	2,535	1	2,535	12-A1	NO
14-A1	Desmontaje de A1	1.34	2,687	1	2,687	13-A1	NO
15-A1	Embolsado de A1	6.60	545	2	1,091	14-A1	SI
16-A1	Depositar A1 en caja.	1.02	3,529	1	3,529	15-A1	NO

Tabla No. 108: Identificación de operaciones con trabajo en espera.

Fuente: elaboración de grupo.

De la tabla anterior se determina que existen 6 operaciones con trabajo en espera; lo que representa un alfa que se calcula así:

$$\alpha = \frac{6}{16} = 0.375$$

Según Hopp, Wallace; el modelo propuesto esta dentro de un rango *mínimo deseado* en los inventarios de producto en proceso, en el cual alfa debe estar tan cerca de cero como sea posible. La empresa tiene actualmente un $\alpha=1$, puesto que todas las operaciones tienen trabajo en espera.

O. COMPARACIÓN DE INDICADORES.

Para comprobar los resultados de la aplicación de las técnicas propuestas es necesario la comparación de los indicadores en tres situaciones diferentes, primero la situación en la que se está trabajando actualmente en la planta (Situación actual), luego la situación que se logra con la aplicación de las técnicas propuestas (situación propuesta) y como tercer dato se tiene la situación ideal para cada indicador; así se logra la comparación de los indicadores:



Indicador	Situación Actual	Situación Propuesta	Situación Ideal
1. Tasa de Cuello de Botella (r_b).	$r_b = 0.20 \frac{\text{Unidades}}{\text{seg.}}$	$r_b = 0.30 \frac{\text{Unidades}}{\text{seg.}}$	$r_b = 0.28 \frac{\text{Unidades}}{\text{seg.}}$
2. Tiempo Absoluto de Procesamiento (T_0).	$T_0 \cong 112.7 \text{ seg/unidad.}$	$T_0 \cong 58 \text{ seg/unidad.}$	$T_0 \cong 57 \text{ seg/unidad.}$
3. W.I.P. crítico (W_o).	$W_o = 70 \text{ _Unidades}$	$W_o = 28 \text{ _Unidades}$	$W_o = 28 \text{ _Unidades}$
4. Coeficiente de Congestión (α)	$\alpha = 0.48$	$\alpha = 0.375$	$\alpha = 0$

Tabla N° 109: Tiempo Unitario de operaciones en la línea.

Fuente: elaboración de grupo, según libro "The Factory Physics". Hopp, Wallace y Sperman, Mark. 1996

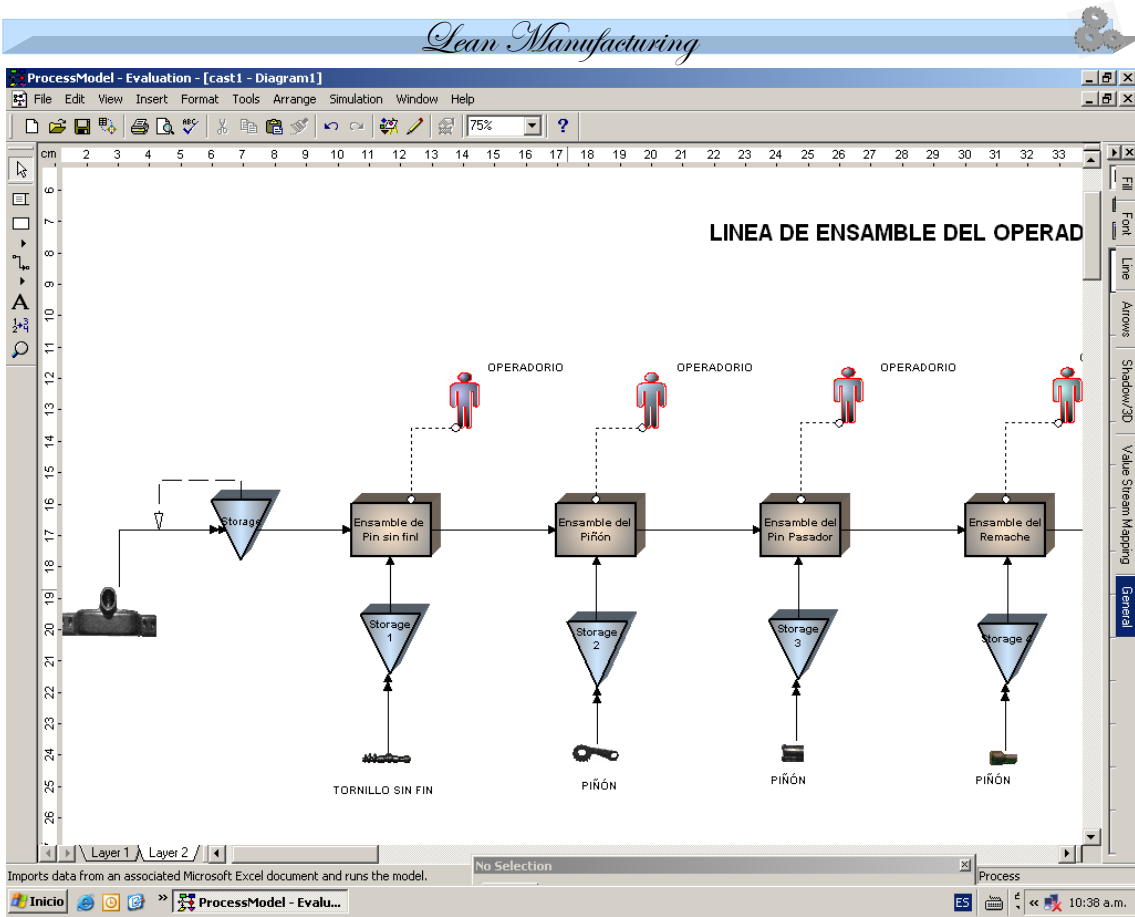
P. REPORTE DE LA SIMULACIÓN EN LA EMPRESA

La falta de puesta en marcha de las propuestas de mejora en la empresa modelo obliga a que se busque alguna forma de poder simular la nueva situación de la empresa. Para lograr obtener resultados y acercarnos a la realidad, se ha diagramado y simulado el proceso de ensamble del operador A_1 en el programa PROCESS MODEL en el que se logra: Definir el flujo del proceso, definir los recursos asignados, tener acceso a la información, reportes y gráficos de la simulación.

Los pasos necesarios para lograr la corrida de la simulación son los que se detallan:

1º paso: formar la estructura del proceso sin definir todavía las características y propiedades de cada elemento del diagrama, es decir esquematizar el flujo de las piezas y los requerimientos de los recursos-.

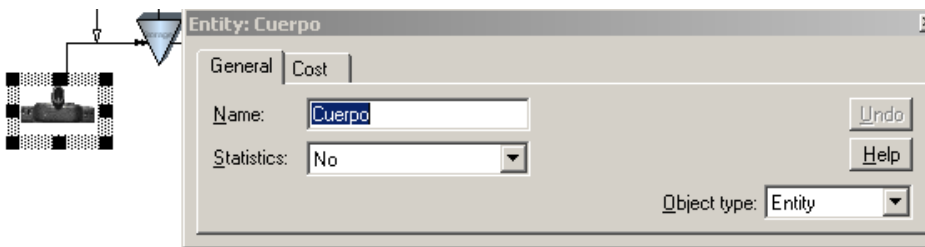
Para el proceso de ensamble de la empresa modelo se inicia con la entrada a la cadena de ensamble de la pieza llamada cuerpo a la que se ensamblan las otras piezas, así como se muestra.



Ventana Nº 1: Esquema del proceso
Fuente: elaboración de grupo.

2º paso: es definir las propiedades y características de cada elemento que constituye el diagrama, tanto las actividades, conectores, piezas y recursos humanos.

En el caso de la empresa modelo los elementos que constituyen entidades son las piezas que forman en conjunto el producto A₁, siendo sus propiedades que se muestran:

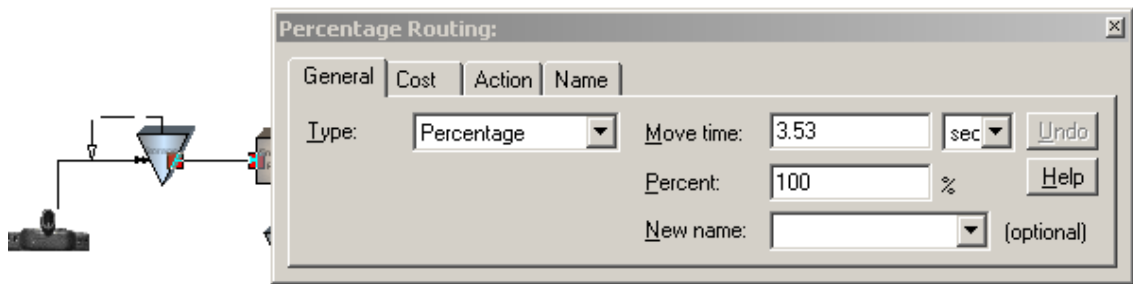


Ventana Nº 2: Propiedades de la entidad
Fuente: elaboración de grupo.



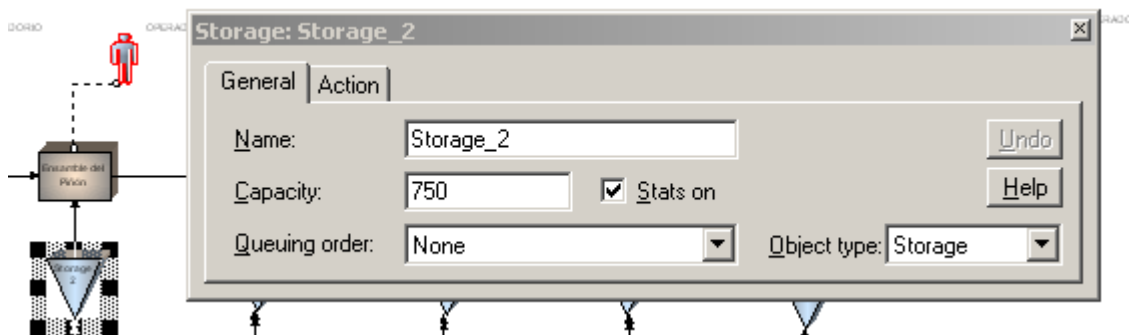
Las propiedades correspondientes a los conectores se muestran en el cuadro; siendo el tiempo de movimiento de 3.53 seg. ya que corresponde al Tack time de la empresa necesario para poder suplir la demanda del mercado.

El tipo de conector es porcentual al 100% porque no hay bifurcaciones y todo el material es dirigido al siguiente proceso.



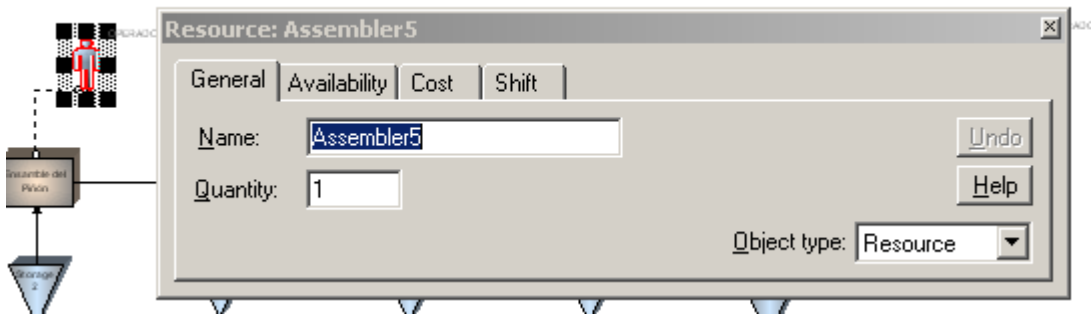
Ventana N° 3: Propiedades del conector
Fuente: elaboración de grupo.

Para los Storages o inventarios del flujo del proceso están capacitados para almacenar 750 unidades, ya que se calcula a partir de la cantidad diaria de piezas dividida por el número de horas por día.



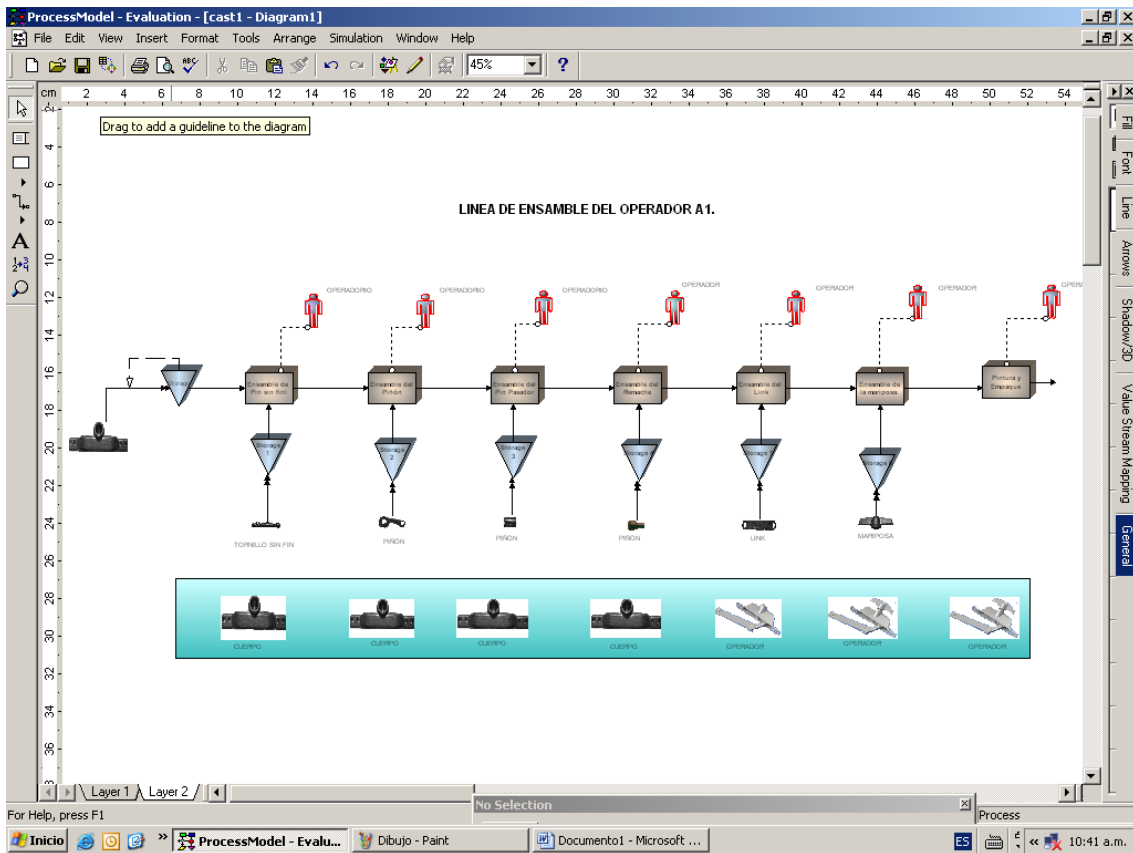
Ventana N° 4: Propiedades de los almacenajes
Fuente: elaboración de grupo.

Las propiedades para los recursos humanos necesarios en la planta se detallan en la tabla, definiendo el nombre del mismo además de la cantidad de piezas que está en capacidad de trabajar simultáneas.



Ventana N° 5: Propiedades de la entidad
Fuente: elaboración de grupo.

Finalmente obtenemos el diagrama completo del flujo de proceso que se ha propuesto para la empresa modelo con cada elemento que lo compone con las características necesarias y acordes con los requerimientos de cada uno para poder cumplir con el tack time de la empresa. Así como se muestra:



Ventana N° 6: Esquema general de la simulación
Fuente: elaboración de grupo.



Para obtener los resultados y reportes de la simulación del proceso se selecciona la opción ver resultados, para obtener las tablas que se muestran:

The screenshot shows a window titled "ProcessModel Output" with a "General Report" tab. The report contains two tables. The first table, "RESOURCE STATES BY PERCENTAGE", shows resource utilization. The second table, "ENTITY SUMMARY", shows average cycle and average value (VA) for various resources.

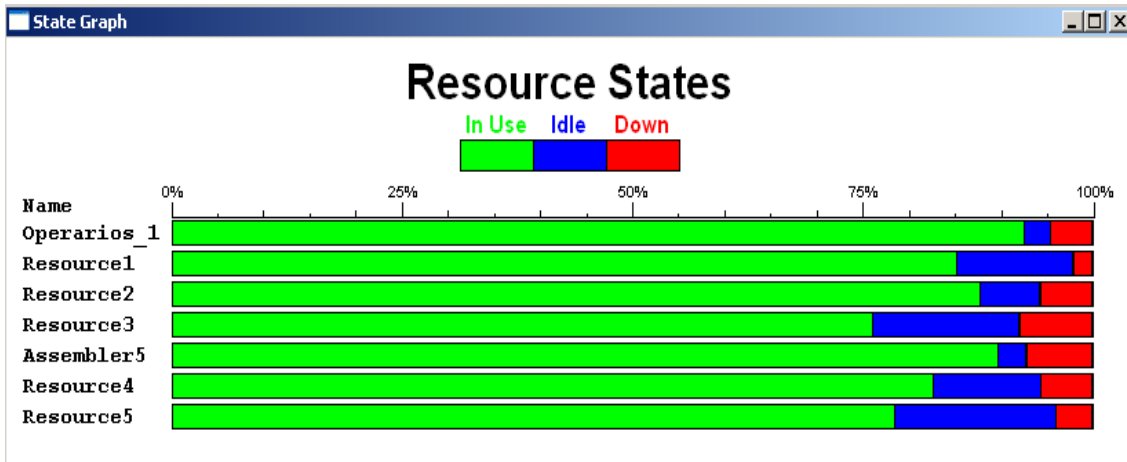
Resource Name	Units	Scheduled Hours	Number Of Times Used	Average Seconds Per Usage	% Util
Operarios 1	1	8.75	41	711.26	92.58
Resource1	1	8.75	38	706.86	85.27
Resource2	1	8.75	39	709.07	87.79
Resource3	1	8.75	34	705.48	76.15
Assembler5	1	8.75	40	706.51	89.72
Resource4	1	8.75	36	723.48	82.68
Resource5	1	8.75	35	707.20	78.58

Resource Name	Scheduled Hours	% In Use	% Idle	% Down
Operarios 1	8.75	92.58	2.90	4.52
Resource1	8.75	85.27	12.68	2.05
Resource2	8.75	87.79	6.57	5.64
Resource3	8.75	76.15	15.96	7.89
Assembler5	8.75	89.72	3.13	7.15
Resource4	8.75	82.68	11.77	5.54
Resource5	8.75	78.58	17.52	3.90

Entity	Average Cycle	Average VA
Operarios 1		
Resource1		
Resource2		
Resource3		
Assembler5		
Resource4		
Resource5		

Ventana N° 7: Reporte de resultados
Fuente: elaboración de grupo.

Entre los resultados más importantes de la simulación se obtiene el tiempo de ocupación de los recursos humanos que se están ocupando en la planta. Así se obtiene que el operario de menor ocupación es el recurso 3 con 76.15% de tiempo en uso, y el operario con mayor tiempo ocupado es el operario 1 con 92.50% de tiempo ocupado. Los resultados expuestos en la tabla anterior también se presentan en gráficos, así como se muestra:



Ventana Nº 8: Grafica de resultados
Fuente: elaboración de grupo.



CAPITULO V

EVALUACIONES

DEL PROYECTO.



A. OBJETIVOS DEL CAPITULO.

1. GENERAL.

Establecer los costos de cada componente que conforman la propuesta de mejora, para poder realizar las evaluaciones que determinen la aceptación o rechazo del programa.

2. ESPECÍFICOS.

Especificar las inversiones totales del proyecto para clasificarlas como inversiones con fondos propios o ajenos e identificar la fuente de financiamiento mas apropiada.

Establecer un sistema de costos para reflejar los diferentes tipos de costos en los estados financieros pro forma.

Cuantificar económicamente las propuestas de mejora del programa de reducción de costos para determinar la capacidad de suplir los requerimientos financieros.

Desarrollar las evaluaciones del programa para sustentar la rentabilidad y sostenibilidad del proyecto.

Utilizar indicadores financieros para comparar la situación actual y propuesta del programa.

Establecer el conjunto de actividades generalizadas necesarias para implantar el programa de reducción de desperdicios.



B. INVERSIONES Y FINANCIAMIENTO DEL PROGRAMA.

1. INVERSIONES EN EL PROGRAMA DE MEJORA.

Las inversiones del proyecto de mejora implican todos los costos en los que se incurre para la aplicación y el desarrollo de las propuestas de mejora sugeridas en el programa. El siguiente grafico muestra las inversiones que incluye el Programa de Reducción de desperdicios:

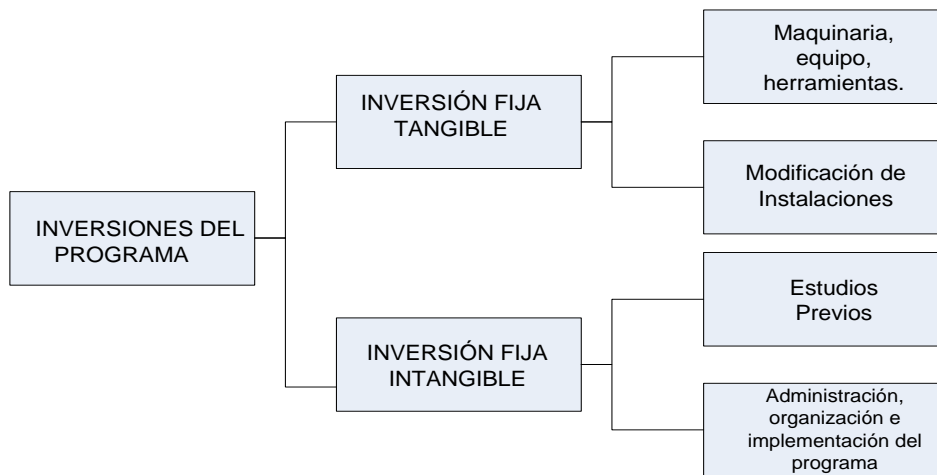


Figura Nº 108: Inversiones en el programa.
Fuente: Elaboración de Grupo.

1.1. INVERSION FIJA TANGIBLE.

Este tipo de inversión hace referencia a todos los recursos tangibles que se necesitan para ejecutar el programa y que comprende toda la adquisición de maquinaria, equipo o herramientas, para lograr reducir los desperdicios. Este tipo de inversión se les puede denominar como el conjunto de bienes que no son motivo de transacción corriente por parte de la empresa; se adquieren de una vez, siendo utilizados continuamente a lo largo de su vida útil.

Por otra parte, son rubros materiales que están sujetos a depreciación y obsolescencia, para el caso de la propuesta los rubros de la inversión fija tangible se describen a continuación:



Rubro	Descripción
Maquinaria, Equipo, herramientas.	Es el grupo de maquinas, instrumentos y aparatos que son utilizados para las transformaciones de la materia prima e insumos o para preparaciones de elementos o áreas previas a una operación principal.
Modificaciones a las instalaciones	Las actividades que constituyen este rubro son de construcción o de modificaciones de la infraestructura interna de la obra civil. Se detallan los costos necesarios para adecuar las instalaciones de la planta actuales a los requerimientos de las propuestas de mejora hechas en el programa propuesto.

Tabla N°. 110: Descripción de los rubros en la inversión Fija Tangible.
Fuente: Elaboración de grupo.

a) Maquinaria, Equipo, Herramientas:

Los elementos que contiene este rubro, son los que por medio de ellos se realizan tanto operaciones primarias como secundarias en el funcionamiento del sistema productivo de la empresa. En este apartado se incluye el detalle de la maquinaria, el equipo o herramientas necesario para que la propuesta del programa de reducción de desperdicios se pueda desarrollar. El desglose se detalla a continuación

Cantidad	Nombre de maquina/equipo	Herramienta	Costo unitario (\$)	Costo Total (\$)
4	Equipo de limpieza	5 S	\$380.00	\$1,520.00
30	Depósitos metálicos rodantes (90*60*50)	5 S	\$70.00	\$2,100.00
32	Chapas Indicadoras de Producto terminado	5 S	\$9.50	\$304.00
1	Horno de precalentamiento	SMED	\$4,800.00	\$4,800.00
1	Mesa giratoria	SMED	\$1,820.00	\$1,820.00
25	Juegos de elementos de fijación rápida	SMED	\$15.00	\$375.00
10	Juegos de Moldes y plantillas de sujeción	SMED	\$1,200.00	\$12,000.00
1	Mesa para almacenamiento de moldes	SMED	\$1,600.00	\$1,600.00
6	Calibradores de especificación max. y mini.	POKA-YOKE	\$25.00	\$150.00
2	Conmutadores limites de doble función	POKA-YOKE	\$2,525.00	\$5,050.00
TOTAL				\$29,719.00

Tabla N° 111: Descripción de maquinaria/equipo requerido para el desarrollo del programa.
Fuente: Cotizaciones en mercado local, talleres “Sarti”, “El Portal de la Industria” y otros.

Las especificaciones técnicas del equipo propuesto se pueden observar en el anexo 27



b) Modificaciones a las instalaciones:

El costo incluido en este rubro lo constituyen los gastos de construcción, o el costo de la obra civil en modificaciones de la planta. El detalle que se muestran a continuación es el valuó realizado por una empresa constructora.

ÁREA	REQUERIMIENTO	CANTIDAD	COSTOS
BODEGA DE MATERIA PRIMA	Malla Ciclón	17 Mts.	\$280.00
	Tubo estructural 1/2"	42 Mts.	\$630.00
	Bisagras	3 Pzas	\$12.00
	Mano de Obra	80 HH.	\$100.00
BODEGA DE MATERIALES VARIOS	Malla Ciclón	18 Mts	\$296.47
	Tubo estructural 1/2"	42 Mts	\$630.00
	Bisagras	3 Pzas	\$18.00
	Mano de Obra	80 HH.	\$100.00
INYECCIÓN	Materiales de Obra Civil	40 m ²	\$225.00
	Instalaciones Eléctricas	---	\$875.00
	Mano de Obra	160 HH	\$200.00
LÍNEA DE ENSAMBLE	Materiales de Obra Civil	30 m ²	\$175.00
	Instalaciones Eléctricas	---	\$525.00
	Mano de Obra	160 HH	\$200.00
AREA DE PRODUCTO TERMINADO	Malla Ciclón	16 Mts	\$264.00
	Tubo estructural 1/2"	36 Mts	\$540.00
	Bisagras	3 Pzas	\$12.00
ALMACEN DE EQUIPO Y HERRAMIENTAS	Malla Ciclón	17 Mts.	\$280.00
	Tubo estructural 1/2"	42 Mts.	\$630.00
	Bisagras	3 Pzas	\$12.00
AREA DE RECICLADO	Tubo estructural 1/2"	60 Mts	\$ 900.00
	Lamina Zincaalum	5 pliegos	\$ 250.00
TOTAL			\$7,154.47

Tabla 112: Descripción de las modificaciones en la planta para la puesta en marcha del programa.
Fuente: "ARQUIDEAS", Ingenieros y arquitectos asociados.



1.2. INVERSION FIJA INTANGIBLE.

Son todos los componentes de inversión fija (no materiales) que pueden ser prestaciones o derechos que la empresa tiene y no están sujetos a depreciación u obsolescencia; sin embargo son necesarios para iniciar la implementación del proyecto de mejora, por lo que representan una inversión para la empresa y el programa de reducción de desperdicios.

a) *Investigación y Estudios Previos.*

En éste apartado se incluyen los gastos de la realización de los estudios previos al desarrollo del proyecto, ya que es el resultado de la investigación del trabajo de graduación, y constituye un aporte de la Universidad de El Salvador, a través de la Escuela de Ingeniería Industrial y el grupo que realizó el estudio. Sin embargo se establece como un componente en el cual se incurrieron en costos y forma parte de la inversión fija intangible como un estudio de preinversión del programa de reducción de desperdicios apoyado con Manufactura Esbelta. El detalle se presenta en el siguiente cuadro:

INVERSIÓN EN INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS PREVIOS			
ETAPAS DEL PROYECTO	HORAS HOMBRE	COSTO UNITARIO (\$)	COSTO TOTAL (\$)
Anteproyecto	132	\$6,00	\$792,00
Diagnostico	264	\$6,00	\$1.584,00
Diseño Detallado	528	\$7,00	\$3.696,00
Evaluaciones	264	\$6,00	\$1.584,00
SUB-TOTAL			\$7.656,00
COMPONENTE	COSTO/MES (\$)	PERIODO (MESES)	TOTAL
Electricidad	\$8,00	9	\$72,00
Teléfono e Internet	\$10,00	9	\$90,00
Transporte	\$110,00	9	\$990,00
Papelería	\$10,00	9	\$90,00
Impresiones	\$60,00	9	\$540,00
Fotocopias	\$10,00	9	\$90,00
Viáticos (Alimentación)	\$132,00	9	\$1.188,00
SUB-TOTAL			\$3.060,00
Imprevistos (5% del Sub-Total)			\$153,00
SUB-TOTAL			\$3.213,00
TOTAL			\$10.869,00

Tabla N° 113: Inversión en estudios e investigación previa.
Fuente: Elaboración de grupo.



b) Costos de implementación por herramienta.

La tabla que se muestra en la siguiente página, contiene el detalle de costos en los que se incurre para la implementación de las ocho técnicas que se proponen aplicar en la empresa modelo; dividiendo cada técnica en las etapas más importantes que las constituyen. El costo de cada etapa puede involucrar capacitaciones y/o trabajo de campo.

El costo está asignado de acuerdo al nivel de complejidad de la etapa, teniendo en cuenta el número de horas-hombre necesarias y los recursos a emplear.

✓ **Perfil del capacitador.**

Para lograr la aplicación de las herramientas propuestas es necesario formar teóricamente en todo el personal que intervendrá en el proceso de mejora en la empresa, para ello se presenta el perfil, en términos generales, de la persona encargada de capacitar paulatinamente a todos los involucrados para lograr los resultados esperados con la aplicación de las herramientas propuestas.

Requisitos del capacitador:

- ✓ Conocimiento teórico y práctico de las herramientas de la manufactura esbelta.
- ✓ Saber claramente las actividades productivas de la empresa para poder visualizar la aplicación en ese sistema productivo en específico de las herramientas.
- ✓ Poseer experiencia pedagógica, para lograr el aprendizaje del personal en el tiempo estipulado.

Es necesario establecer el perfil del capacitador para establecer la persona idónea que inducirá hacia el cambio en el sistema de producción.

PERFIL DEL CAPACITADOR	
NOMBRE DEL PUESTO	Capacitador en Manufactura Esbelta
SUPERIOR INMEDIATO	Gerente General
PROPÓSITO GENERAL	Planificar, coordinar, supervisar y controlar las capacitaciones sobre Manufactura Esbelta a fin que el personal administrativo y operativo de la empresa sea capaz de desarrollar el programa de reducción de desperdicios.
FINALIDADES DEL PUESTO	Desarrollar los principios de Manufactura Esbelta
	Establecer los siete tipos de desperdicios
	Analizar el Takt Time
	Explicar en que consiste el mapa de valor de la empresa
	Desarrollar campañas Kaizen
	Establecer técnicas para priorización de problemas
	Explicar cada una de las herramientas de Manufactura Esbelta
Desarrollar métodos de asociación entre los problemas y las	



	herramientas
	Establecer métodos de desarrollo de las herramientas
REQUISITOS DEL PUESTO	
NIVEL ACADÉMICO:	Ingeniero(a) Industrial
EXPERIENCIA:	Dos años en desarrollo de herramientas de Manufactura Esbelta
HABILIDADES ESPECIALES:	Desarrollo de Personas
	Dirección de Personas
	Pensamiento Analítico
	Liderazgo
	Trabajo en equipo y cooperación

Tabla No. 114: Perfil del capacitador.
Fuente: Elaboración de grupo.

El programa de capacitación está dirigido para dos grupos, con el objetivo que la gerencia y jefes puedan ayudar al aprendizaje de los empleados en general:

- ✓ Grupo 1: Gerencias y jefes de áreas.
- ✓ Grupo 2: Operarios.

Se detalla en la siguiente figura los diferentes grupos para poder citar de forma particular a las actividades de capacitación.

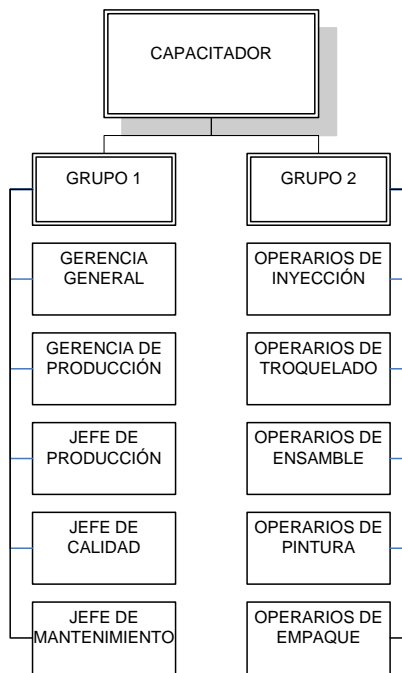


Figura Nº: 109: Organigrama de capacitación.
Fuente: Elaboración propia, a partir de la organización de la empresa modelo.



✓ **Costos de capacitaciones.**

Los costos de capacitación para la empresa modelo se detallan a partir de dos términos de referencia: el tiempo necesario para la capacitación y a las personas a las cuales está dirigida.

El salario del capacitador se contempla en \$ 25/ hora.

En la siguiente tabla se especifican las horas destinadas según el contenido de la capacitación para el grupo uno y sus costos.

COSTO DE CAPACITACIÓN PARA EL GRUPO 1						
CONTENIDO	TIEMPO (HR)	COSTO DEL CAPACITADOR	COSTO DE GERENTE	COSTO JEFE DE CALIDAD Y DE PRODUCCIÓN	COSTO DE SUPERVISORES	COSTO TOTAL
Generalidades de la manufactura esbelta.	8	\$200,00	\$34,00	\$27,20	\$15,44	\$276,64
Los 7 tipos de desperdicio, aplicaciones.	8	\$200,00	\$34,00	\$27,20	\$15,44	\$276,64
Mapeo de la cadena del valor.	8	\$200,00	\$34,00	\$27,20	\$15,44	\$276,64
Kanban.	16	\$400,00	\$68,00	\$54,40	\$30,88	\$553,28
Nivelación de la Producción.	16	\$400,00	\$68,00	\$54,40	\$30,88	\$553,28
Trabajo Estandarizado.	16	\$400,00	\$68,00	\$54,40	\$30,88	\$553,28
S.M.E.D.	16	\$400,00	\$68,00	\$54,40	\$30,88	\$553,28
Kaizen.	16	\$400,00	\$68,00	\$54,40	\$30,88	\$553,28
Cinco "S".	16	\$400,00	\$68,00	\$54,40	\$30,88	\$553,28
Administración visual	8	\$200,00	\$34,00	\$27,20	\$15,44	\$276,64
Poka – Yoke	8	\$200,00	\$34,00	\$27,20	\$15,44	\$276,64
T.P.M.	16	\$400,00	\$68,00	\$54,40	\$30,88	\$553,28
TOTAL						\$5.256,16

Tabla N°: 115: Costos de capacitación para el grupo 1.

Fuente: Elaboración de grupo.

La tabla siguiente muestra los costos de capacitación para el grupo 2.



TÉCNICA	ETAPA	CAPACITACIONES		SALARIO AL PERSONAL	CONTENIDO	COSTO DE TRABAJO DE CAMPO	COSTO DE LA ETAPA
		HORAS	COSTO				
1º. Cinco "S".	SEIRI	20	\$500,00	\$649,60	Proyecto de etiqueta roja	\$50,00	\$1.444,60
					Establecimiento de criterios de etiquetado	\$20,00	
					Clasificación de objetos	\$100,00	
					Preparación de etiquetas	\$50,00	
					Colocación etiquetas	\$25,00	
					Evaluación objetos sellados	\$50,00	
	SEITON	20	\$500,00	\$649,60	Ubicación objetos sellados	\$20,00	\$1.449,60
					Preparación de contenedores	\$120,00	
					Señalización	\$60,00	
					Codificación y cuantificación	\$50,00	
					Seguimiento	\$50,00	
	SEISO	16	\$400,00	\$519,68	Planificación de la limpieza	\$40,00	\$1.134,68
					Preparación del manual	\$25,00	
					Preparación de los elementos	\$50,00	
					Colocación de controles visuales	\$100,00	
	SEIKETSU	12	\$300,00	\$389,76	Asignación de responsabilidades	\$150,00	\$839,76
Elaboración de reglamento					0		
SEISUKE	16	\$400,00	\$519,68	Identificación de normas y procedimientos	\$25,00	\$1.154,68	
				Asignación de colaboradores	\$70,00		
				Determinación del método de cumplimiento	\$140,00		
2º. Nivelación de la Producción.	Nivelar la cantidad total de producción.	20	\$500,00	\$649,60	Estandarización de la producción	\$230,00	\$1.379,60
	Nivelar la producción de cada producto	40	\$1.000,00	\$1.299,20	Establecimiento del programa secuencial	\$25,00	\$2.824,20
					Determinación de la secuencia	\$500,00	
3º. S.M.E.D.	Preparación externa	12	\$300,00	\$389,76	Aplicación	\$100,00	\$3.923,80
	Preparación de moldes	8	\$200,00	\$259,84	Aplicación	\$50,00	
	Empleo de equipo auxiliar	8	\$200,00	\$259,84	Aplicación	\$50,00	
	Empleo de elementos de fijación rápida	8	\$200,00	\$259,84	Aplicación	\$50,00	
	Manejo de moldes	8	\$200,00	\$259,84	Aplicación	\$50,00	



	Preparación interna	16	\$400,00	\$519,68	Aplicación	\$175,00		
4°. T.P.M.	Mantenimiento preventivo	40	\$1.000,00	\$1.299,20	Mantenimiento por maquina	\$120,00	\$2.599,20	
					Priorización del mantenimiento	\$60,00		
					Control de fallas	\$120,00		
	Mantenimiento autónomo	80	\$2.000,00	\$2.598,40	Inspecciones programadas	\$350,00	\$5.498,40	
					Autoinspecciones	\$370,00		
Notas de inspección	\$180,00							
5°. Trabajo Estandarizado.	Determinar método de trabajo	12	\$300,00	\$389,76	Establecimiento de los diagramas de operaciones	\$50,00	\$2.509,28	
					Fijación del método	\$50,00		
	Estandarizar tiempos	12	\$300,00	\$389,76	Aplicación	\$220,00		
	Cantidades estándares de productos en curso	12	\$300,00	\$389,76	Hojas de secuencia estándar	\$120,00		
6°. Poka Yoke - Administración visual	Chequeos en la fuente	8	\$200,00	\$259,84	Aplicación	\$160,00	\$1.589,52	
	Señalización	16	\$400,00	\$519,68	Aplicación	\$50,00		
7°. Kanban.	Sistema Kanban	16	\$400,00	\$519,68	Procedimiento del sistema Kanban	\$40,00	\$2.384,28	
					Establecimiento de flujo Kanban	\$80,00		
	Tamaño de lote	12	\$300,00	\$389,76	Aplicación	\$175,00		
	Determinar numero de Kanban	8	\$200,00	\$259,84	Aplicación	\$20,00		
8°. Kaizen.	Formación y coordinación de grupos	40	\$1.000,00	\$1.299,20	Creación de los círculos de calidad	\$720,00	\$9.077,60	
	Delegación de responsabilidades	40	\$1.000,00	\$1.299,20	Aplicación	\$710,00		
	Monitoreo de actividades	40	\$1.000,00	\$1.299,20	Aplicación	\$750,00		
TOTAL								\$37.809,20

Tabla N°: 116: Costo de implementación de cada técnica.
Fuente: Elaboración de grupo, a partir de los recursos demandados por cada herramienta.



El costo total de capacitación para los dos grupos es de **\$43,065.36**.

c) Puesta en Marcha.

Este rubro compone los desembolsos que se requieren para cubrir los gastos necesarios para las pruebas y ajustes del programa para comenzar a operar. Lo que se requiere para cubrir la puesta en marcha son: mano de obra directa, materiales, materia prima, pruebas y ajustes de la maquinaria y equipo.

El periodo que se propone para realizar la puesta en marcha son 5 días, en el cual se hacen correcciones que se han observado al sistema productivo, en los puntos más importantes, como niveles de inventarios, tiempo para la elaboración de los productos y la calidad de los mismos.

INVERSIÓN EN LA PUESTA EN MARCHA				
PRODUCTOS	CANTIDAD (UNIDADES)⁶²			Días
A₁	33.415,00			5
A₂	8.910,00			5
A₃	2.230,00			5
TOTAL DE PRODUCTOS	44.555,00			
CANTIDAD DE MATERIA PRIMA E INSUMOS A UTILIZAR EN PRUEBA PILOTO				
MATERIA PRIMA	NUMERO DE PARTES	PESO (Kg)	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Zamack para a ₁	33415	0,12	\$ 0,24	\$ 7.859,21
Zamack para a ₂	8910	0,15	\$ 0,29	\$ 2.619,54
Zamack para a ₃	2230	0,12	\$ 0,24	\$ 524,50
Zamack para a ₉	42325	0,04	\$ 0,08	\$ 3.318,28
Zamack para a ₁₅	2230	0,1	\$ 0,20	\$ 437,08
Zamack para a ₁₇	2230	0,05	\$ 0,10	\$ 218,54
SUB-TOTAL				\$14.977,14
MATERIA PRIMA	NUMERO DE PARTES	LONGITUD (mm)	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Acero al Carbono AISI 1020 (114x 3) (mm) para a ₄	33.415,00	80	\$ 0,0004	\$13,09
Acero al Carbono AISI 1020 (114x 4.2) (mm) para a ₅	8.910,00	90	\$ 0,0004	\$ 3,94
Acero al Carbono AISI 1020 (114x5.2) (mm) para a ₆	2.230,00	80	\$ 0,0005	\$1,13
Acero al Carbono AISI 1020 (14x3) (mm) para a ₇	33.415,00	115	\$ 0,0004	\$13,09

⁶² Fuente: Programa de producción de la Empresa Modelo para junio/06



Acero al Carbono AISI 1020 (14x3) (mm) para a ₈	8.910,00	57	\$ 0,0004	\$ 3,49
A ₁₂ (Pin pasador)*	44.555,00	15	\$ 0,0030	\$ 133,67
SUB-TOTAL				\$168,40
ELEMENTOS COMPRADOS				
Partes Compradas	NUMERO DE PARTES	COSTO UNITARIO \$		COSTO TOTAL
A ₁₀ (Pin sin fin)*	44.555,00	\$0,05		\$ 2.227,75
A ₁₁ (Bushing)*	33.415,00	\$0,01		\$ 334,15
A ₁₃ (Remache para A ₁)*	33.415,00	\$0,01		\$ 334,15
A ₁₄ (Remache para A ₂)*	8.910,00	\$0,01		\$ 89,10
A ₁₆ (Tornillo)*	8.910,00	\$0,02		\$ 178,20
Bolsa plástica 6 x 10	44,555	\$0,00		\$ 0,18
Cajas de Cartón 25x25x20	550	\$0,25		\$ 137,50
SUB-TOTAL				\$3.301,03
SALARIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBA PILOTO				
PUESTO	NUMERO	COSTO POR HORA		COSTO TOTAL
Gerente general	1	\$4,25		\$187,04
Jefe de control de la calidad	1	\$3,40		\$149,80
Jefe de producción	1	\$3,40		\$149,80
Supervisores	3	\$1,93		\$85,12
Operarios	28	\$1,16		\$1.429,12
SUB-TOTAL				\$2.000,88
TOTAL DE LA INVERSIÓN DE LA PUESTA EN MARCHA				\$20.447,45

Tabla N°.117: Detalle de inversión en la puesta en marcha.

Fuente: Elaboración de grupo.

d) Imprevistos.

Los imprevistos tienen como finalidad afrontar las variaciones de lo planificado o para posibles contingencias a cubrir durante la etapa de implantación del proyecto en lo que se refiere a las inversiones para implementar el programa, el calculo de los imprevistos se realiza a partir del monto total necesario para efectuar los cambios que implica el proyecto, dejando fuera a las inversiones ya existentes, para nuestro caso el porcentaje a invertir en imprevistos se estima en un 5%⁶³, ya que los costos del proyecto han sido calculados de forma detallada para cada rubro y son tomados por consenso general del grupo que desarrolla en trabajo; por lo que los imprevistos han tomado el menor valor en comparación a proyectos similares al propuesto. La tabla siguiente muestra el resumen de los rubros de la inversión fija requeridos en el proyecto:

⁶³ Los imprevistos se estiman hasta un 10% de las inversiones fijas, en este caso se optó por un promedio de 5%.



RUBRO	MONTO
INVERSIÓN FIJA TANGIBLE	
MAQUINARIA, EQUIPO, HERRAMIENTAS	\$29.719,00
INSTALACIONES	\$7.154,47
SUBTOTAL (1)	\$36.873,47
INVERSIÓN FIJA INTANGIBLE	
INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS PREVIOS	\$10.869,00
COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN POR H.	\$43.065,36
PUESTA EN MARCHA	\$20.447,45
SUBTOTAL (2)	\$74.381,81
TOTAL DE LA INVERSIÓN FIJA (1+2)	\$111.255,28
IMPREVISTOS (5%)	\$5.562,76
TOTAL	\$116.818,04

Tabla N° 118: Resumen de la inversión Total en el programa Propuesto en la empresa Modelo.
Fuente: Elaboración de grupo.

2. ANÁLISIS DEL FINANCIAMIENTO DEL PROYECTO.

El Financiamiento del proyecto se refiere al establecimiento de las instituciones que proporcionan fondos para la inversión del proyecto, dado que la empresa modelo manifiesta tener baja posesión de recursos económicos, ellos deberán recurrir a gestionar financiamiento en el sistema financiero de nuestro país.

Para evaluar la realidad a la cual se enfrentaría la empresa modelo, se propone la obtención de crédito en la Banca Comercial, se investigo que el Banco Multisectorial de Inversión (BMI), es una institución pública de crédito que concede préstamos a través de instituciones financieras autorizadas, e invierte en proyectos del sector privado que incrementen el empleo y las exportaciones. Facilita préstamos a mediano y largo plazo para financiar la preparación y ejecución de proyectos en las áreas de la industria, agroindustria, desarrollo social, pequeña empresa, construcción y servicio, así como aquellos proyectos, cuyo objetivo sea eliminar o disminuir efectos negativos en el medio ambiente.

Este banco se encarga de proveer fondos complementarios necesarios al sistema financiero a través del fondo de crédito para inversiones, para pequeña, mediana y la gran empresa.

Los que pueden tener acceso a estos créditos son las personas naturales o jurídicas, los cuales deben considerar los siguientes aspectos:



- ✓ Justificación de la factibilidad técnica y económica del proyecto.
- ✓ Según la naturaleza del proyecto y la estabilidad de la empresa, los préstamos se concederán a plazos entre 2 y 25 años. Cuando el proyecto lo requiera, se consideraran periodos de gracia de hasta 10 años.
- ✓ La institución financiera donde se tramite el préstamo determinara las garantías que considere necesarias.
- ✓ La tasa de interés que se paga por los préstamos es la tasa de la institución financiera en la que se realice el trámite del préstamo.

2.1. RUBROS FINANCIABLES DE LA INVERSION.

Los rubros que son sujeto de financiamiento en proyectos de mejora son los siguientes:

- ✓ Maquinaria y equipo.
- ✓ Edificaciones.
- ✓ Valor de (los) estudios de factibilidad y de impacto ambiental.
- ✓ Gastos de instalación.
- ✓ Pagos por servicios técnicos (adquisición de tecnología moderna).
- ✓ Capital de trabajo.

2.2. CLASIFICACION DE LA EMPRESA.

El BMI clasifica como pequeña empresa a aquella cuyos activos no exceden de \$14,857.14, que se dedican a actividades agrícolas, industriales, comerciales, artesanales o de prestación de servicios y que cuentan con un máximo de 10 trabajadores. Se llama mediana empresa a aquella cuyos activos totales no excedan de \$ 114,285.71 o cooperativas de pequeños empresarios dedicados a actividades industriales, comerciales, artesanales y de servicio. Se considera gran empresa a aquella cuyos activos exceden los \$114,285.71.

Considerando esta clasificación, la empresa modelo estaría contemplada como GRAN EMPRESA.



2.3. LIMITES DEL FINANCIAMIENTO.

Los límites máximos de financiamiento para inversiones son:

Financiamiento para inversiones de:	Financiamiento máximo
Pequeñas inversiones	Hasta 90% de la inversión
Hasta de \$ 1, 142,857.14	80% de la inversión
De \$ 1, 142,857.14 hasta \$ 3, 428,571.43	70% de la inversión
De \$ 3, 428,571.43 hasta \$ 6, 857,142.86	60% de la inversión
Mas de \$ 6, 857,142.86	50% de la inversión

Debido a que la empresa modelo es contemplada como Gran Empresa según la clasificación de la empresa del BMI, se pueden gestionar a través de las instituciones financieras autorizadas por el BMI un crédito que cubra hasta el 90% del monto de la inversión requerida para poner en marcha el modelo propuesto.

2.4. FINANCIAMIENTO DEL PROYECTO.

Ya estimado el monto requerido de inversión para la ejecución del proyecto, se debe analizar las posibles fuentes de financiamiento del mismo, que constituye un aspecto de suma importancia ya que de ello depende la realización del proyecto. Por lo que es necesario señalar el mecanismo y las fuentes de financiamiento a las cuales se acudirá para obtener los recursos necesarios para cubrir la inversión con la cual no cuenta la empresa modelo, pero son necesarios para el funcionamiento normal del programa.

a) Formas de Financiamiento.

A la hora de financiar el programa es importante tener en cuenta el equilibrio que debe existir entre el capital social y los créditos a largo plazo de la empresa; cuando mayor sea el financiamiento por conceptos de créditos, mayores serán las obligaciones por concepto de intereses. Por lo que es importante que exista igual proporción entre el capital social y los niveles de endeudamiento de la empresa por la adquisición de capital externo. El siguiente esquema muestra las distintas formas para financiar un proyecto.

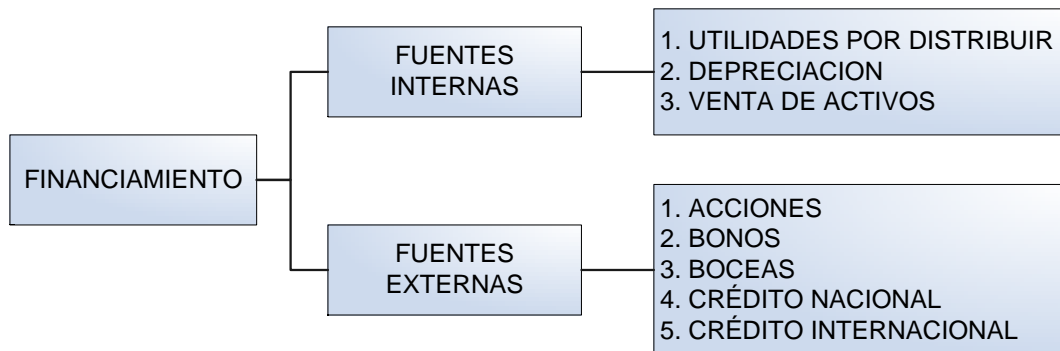


Figura N° 110: Formas de financiar un proyecto
Fuente: Elaboración de Grupo.

Fuentes internas:

- ✓ **Utilidades por distribuir:** La práctica de utilizar las utilidades no distribuidas como fuente de financiación; tiene el inconveniente que los accionistas quieren invertir en opciones más llamativas de consumo o de inversión.
- ✓ **Depreciación:** Los fondos de depreciación acumulados pueden servir para hacer frente a nuevas necesidades como lo son la renovación de activos o proyectos de mejora.
- ✓ **Venta de activos:** esta puede traer resultados negativos ya que una disminución en los activos fijos podrían comprometer seriamente la producción de la empresa, y por ende su importancia y prestigio frente a sus habituales consumidores. Sin embargo, en caso de no utilizar algunos activos; una opción muy llamativa es la venta de los mismos.

Fuentes externas:

- ✓ **Acciones:** representa la participación en la propiedad real de la empresa.
- ✓ **Bonos:** constituyen una forma alterna de financiación para la empresa de una forma conservadora ya que no se experimentan cambios en su valor y representan una hipoteca o derecho sobre los activos reales de la empresa y tienen garantizado un rendimiento independiente del éxito de la empresa.
- ✓ **Los “Bonos convertibles en acciones” (BOCEAS):** representan un instrumento de crédito negociable por medio del cual las sociedades captan recursos en calidad de préstamo, generalmente se encuentran subordinados a otra deuda. Son convertibles en



un número específico de acciones comunes que forman parte del capital de la empresa emisora; cambiando de este modo su condición de acreedor a accionista.

- ✓ **Crédito nacional:** las fuentes de financiación más frecuentemente ofrecidas para el mediano plazo son: el crédito bancario de libre asignación y el crédito de fomento, el cual se tramita a través de bancos y corporaciones financieras y ocupa uno de los mayores porcentajes de los sistemas financieros. Opera mediante el mecanismo de redescuento y con cargo a los fondos financieros.
- ✓ **Crédito Internacional:** se usa cuando las necesidades de crédito son suficientemente grandes, así para el financiamiento de proyectos aislados o para paquetes de proyectos inmersos en planes de desarrollo, se requiere la participación de más de un banco o sea un "sindicato de instituciones financieras", con el fin de diversificar el riesgo y para la realización de los trámites de administración relacionados con la aprobación, desembolso, supervisión y recaudo de los créditos.

b) Rubros a Financiar.

Los rubros sujetos de financiamiento son aquellos que la empresa modelo no dispone en la actualidad y que son necesarios para hacer funcionar el programa de reducción de desperdicios; dichos rubros pueden estar contemplados dentro de la inversión fija Tangible o Intangible.

Los rubros a financiar se detallan en el cuadro siguiente:

RUBRO	MONTO
INVERSIÓN FIJA TANGIBLE	
MAQUINARIA, EQUIPO, HERRAMIENTAS	\$29.719,00
INSTALACIONES	\$7.154,47
SUBTOTAL (1)	\$36.873,47
INVERSIÓN FIJA INTANGIBLE	
INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS PREVIOS	\$10.869,00
COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN POR H.	\$43.065,36
PUESTA EN MARCHA	\$20.447,45
SUBTOTAL (2)	\$74.381,81
TOTAL DE LA INVERSIÓN FIJA (1+2)	\$111.255,28
IMPREVISTOS (5%)	\$5.562,76
TOTAL	\$116.818,04

Tabla No. 119: Resumen de la inversión Total en el programa Propuesto en la empresa Modelo.
Fuente: Elaboración de grupo.



Para establecer el porcentaje de fondos a financiar se parte del balance general de la empresa modelo que se muestra en el Anexo N° 25. Y la razón a emplear es la de endeudamiento ya que se tienen que tener en cuenta las obligaciones en el corto o largo plazo.

$$Razon_endeudamiento = \frac{Pasivo_Total}{Activo_Totales} * 100 = \frac{\$937,619.14}{\$2,623,328.40} * 100 = 35,74\%$$

Este porcentaje indica que por cada \$100 de Activo Total que tiene la empresa, adeuda \$35.74. Considerándose esta cifra satisfactoria por lo que la empresa puede adquirir nuevas obligaciones. En la siguiente tabla se presenta la relación porcentual de los fondos propios y ajenos para financiar el programa de reducción de desperdicios en la empresa modelo:

RUBROS		FONDOS PROPIOS	FONDOS AJENOS	TOTAL
INVERSIÓN FIJA TANGIBLE	Maquinaria y equipo		\$29.719,00	\$29.719,00
	Instalaciones (Obra civil)		\$7.154,47	\$7.154,47
INVERSIÓN FIJA INTANGIBLE	Investigación y estudios previos		\$10.869,00	\$10.869,00
	Administración y organización de la implantación		\$43.065,36	\$43.065,36
	Puesta en marcha	\$20.447,45		\$20.447,45
SUB TOTAL		\$20.447,45	\$90.807,83	\$111.255,28
Imprevistos (5%)		\$1.022,37	\$4.540,39	\$5.562,76
TOTALES		\$21.469,82	\$95.348,22	\$116.818,04
RELACIÓN PORCENTUAL		18,38%	81,62%	100,00%

Tabla N° 120: Relación porcentual de los fondos en el programa de reducción de desperdicios.
Fuente: elaboración de grupo.

El cuadro anterior indica que el proyecto requiere de \$95.348,22 por fuentes de financiamiento externas que representan un 81,62% de la inversión total y además \$21.469,82 por fuente interna que significa un 18,38% de la inversión total en el programa de reducción de desperdicios. Este porcentaje representa desembolsos son para la implantación del programa y son recursos que la empresa puede disponer.

c) Fuente de Financiamiento Externa.

Los fondos necesarios para la implementación del programa se deben obtener a través de las distintas instituciones financieras. Se han consultado varias instituciones para investigar las diferentes condiciones crediticias, entre estas tenemos: Banco Agrícola Comercial, Banco de Fomento Agropecuario, Banco de América Central, Banco



Cuscatlán, Scotiabank y Banco Hipotecario, los cuales operan con fondos provenientes del Banco Multisectorial de Inversiones(BMI)⁶⁴.

Después de haber analizado la información obtenida en los diferentes bancos de El Salvador, se opto por El Banco Agrícola Comercial, ya que es el que presenta la tasa de interés mas baja, siendo esta del 10.36% anual para un plazo de 5 años.

d) Formas de Pago a Deuda.

Para calcular la cuota anual⁶⁵, que se va a desembolsar para el pago de la deuda, se han de tomar en cuenta varios factores: El plazo de pago del crédito, la tasa de interés y el monto solicitado. Dicha cuota anual se obtiene por medio de la siguiente formula:

$$C = P \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]$$

Ecuación No. 24: Cantidad a pagar al final de cada año en un plazo de “n” años
Fuente: Ingeniería Económica. Anthony Tarquin.

Donde:

- C: Cantidad a pagar al final de cada uno de los “5” años.
- i: La tasa de interés: 10.36%
- P: Capital Financiado: \$95.348,22
- n: Número de años que dura el crédito: 5 años

El cálculo de amortización de la cantidad a pagar al final de cada uno de los cinco años se presenta en el cuadro siguiente:

Años Plazo	Interés (\$)	Cuota Anual (\$)	Pago a capital (\$)	Saldo de la deuda (\$)
0	0	0	0	\$95.348,22
1	\$9.878,08	\$25.384,36	\$15.506,29	\$79.841,93
2	\$8.271,62	\$25.384,36	\$17.112,74	\$62.729,20
3	\$6.498,74	\$25.384,36	\$18.885,62	\$43.843,58
4	\$4.542,19	\$25.384,36	\$20.842,17	\$23.001,41
5	\$2.382,95	\$25.384,36	\$23.001,41	(\$0,00)
Total	\$31.573,59	\$126.921,81	\$95.348,22	

Tabla No. 121: Amortización de la deuda para la empresa modelo.
Fuente: Elaboración de grupo.

⁶⁴ Ver Anexo N° 24: Condiciones crediticias de los bancos nacionales.

⁶⁵ Tomando en cuenta que la tasa de interés del préstamo es de 10.36%.



C. COSTOS Y AHORROS DEL PROGRAMA.

1. COSTOS DEL PROGRAMA.

Se ha considerado elaborar un desglose de los costos adicionales requeridos para el funcionamiento óptimo del proyecto, ya que elaborar la declaración detalla de los costos anuales permitirá respaldar la relación beneficio- costo (B/C) del programa de reducción de desperdicios. El hecho de elaborar un desglose de los costos del proyecto proporcionaría un panorama de la realidad a la cual deberá enfrentarse el programa propuesto. Para una mejor identificación de los costos que representa el funcionamiento del programa de reducción de desperdicios, se ha de identificar los costos anuales por cada herramienta propuesta, de la manera siguiente:

1.1 CINCO “S”.

La fase 1 del programa de cinco “S”, propone la implementación de etiquetas rojas cuyo funcionamiento se explica en el capítulo del “Diseño Detallado”; dicha aplicación se hará en toda la empresa y podrá requerir un aproximado de 100 etiquetas por mes, como se detalla en el cuadro siguiente:

Programa	Material	Cantidad/Año	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$)
5 “S”	Etiqueta(s) Roja(s)	1,200	0.02	24.00

Tabla Nº 122: Costos Anuales para Implementación de etiquetas rojas.
Fuente: Elaboración de Grupo.

La segunda “S” propone ordenar la planta modelo auxiliándose para ello en contenedores rodantes que permitirían ordenar el producto en proceso, pero también requiere costos anuales de mantenimiento para un funcionamiento adecuado, tal como se presenta en la siguiente tabla:

Programa	Equipo	Cantidad	Costo de Mantto. Unitario (\$)	Costo Total (\$)
5 “S”	Depósitos M. rodantes	30	3.50 (\$70.00*0.05)	105.00

Tabla Nº 123: Costo Anual de Mantenimiento de los Depósitos metálicos rodantes.
Fuente: Elaboración de grupo.



La Segunda “S” del programa también propone la utilización de “Chapas Indicadoras” que permitan identificar la localización exacta del producto terminado con el pedido respectivo en el lugar programado; estas chapas indicadoras requieren de mantenimiento y su costo puede reflejarse de la manera siguiente:

Programa	Equipo	Cantidad	Costo de Mantto. Unitario (\$)	Costo Total (\$)
5 “S”	Chapas Indicadoras	32	0.48 (\$9.5*0.05)	15.36

Tabla N° 124: Costo anual de mantenimiento para chapas indicadoras.
Fuente: Elaboración de grupo.

En la tercera “S” se requieren equipos de limpieza compuestos de escobas, franelas, detergente, lejía, basureros, guantes, cepillos, desinfectante; cada equipo tiene una vida útil aproximada de 3 meses, así:

Programa	Equipo	Cantidad/año	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$)
5 “S”	Equipo de Limpieza	4	\$380.00	1,520.00

Tabla N° 125: Costo Anual de Reposición de Equipos de limpieza en la empresa modelo.
Fuente: Elaboración de Grupo.

En forma resumida, la aplicación de las 5 “S” requiere un costo anual que puede reflejarse de la manera siguiente:

Programa	Material/Equipo	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$)
5 “S”	Etiqueta(s) Roja(s)	1,200	0.02	24.00
5 “S”	Depósitos M. rodantes	30	3.50 (\$70.00*0.05)	105.00
5 “S”	Chapas Indicadoras	32	0.48 (\$9.5*0.05)	15.36
5 “S”	Equipo de Limpieza	4	\$380.00	1,520.00
Total (\$)				1,664.36

Tabla N° 126: Resumen de costos anuales para la aplicación de las 5 “S”
Fuente: Elaboración de Grupo.



1.2 CAMBIO DEL SISTEMA EN UN DIGITO DE MINUTO (S.M.E.D.).

La mejora 2 del cambio de sistema en un digito de minuto propone la utilización de un horno de precalentamiento justo antes de ejecutar el cambio de sistema para optimizar el tiempo de preparación interno; el empleo de dicho horno representaría el siguiente costo de mantenimiento:

Programa	Equipo	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo de mantto. Total (\$)
SMED	Horno de Precalentamiento	1	4,800.00	240.00 (4,800*0.05)

Tabla N° 127: Costo Anual de Mantenimiento para el horno de Precalentamiento.
Fuente: Elaboración de Grupo.

La mejora 3 de la herramienta propone el empleo de un equipo auxiliar como es una mesa giratoria que permita facilitar los cambios de moldes en la ejecución de la operación interna. El costo anual de mantener esta propuesta se refleja en la tabla siguiente:

Programa	Equipo	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo de mantto. Total (\$)
SMED	Mesa giratoria	1	1,820.00	91.00 (1,8200.00*0.05)

Tabla N° 128: Costo Anual de mantenimiento para la mesa giratoria.
Fuente: Elaboración de grupo.

La mejora 4 de la herramienta propone el empleo de elementos de fijación rápida que permita facilitar los cambios de moldes en la ejecución de la operación interna. El costo anual de mantener esta propuesta se refleja en la tabla siguiente:

Programa	Equipo	Cantidad	Costo de mantto. Unitario (\$)	Costo de mantto. Total (\$)
SMED	Elementos de Fijación Rápida	25	\$0.50 (9.50*0.05)	\$12.50

Tabla N° 129: Costo Anual de mantenimiento de los elementos de fijación rápida.
Fuente: Elaboración de grupo.



La mejora 5, ayudara a reducir el tiempo de preparaci3n de las maquinas inyectoras en la empresa modelo, y para ello es necesario estandarizar las dimensiones de los moldes, de tal manera que se asemejen las operaciones de cambio de molde del producto A, B o C. Esta igualdad en los moldes a emplear asume un mantenimiento que representa los siguientes costos:

Programa	Equipo	Cantidad	Costo de mantto. Unitario (\$)	Costo de mantto. Total (\$)
SMED	Moldes y plantillas de sujeci3n	10	60.00 (1,200*0.05)	600.00

Tabla N° 130: Costos Anual de mantenimiento de moldes y plantillas.
Fuente. Elaboraci3n de grupo.

La aplicaci3n de un sistema de puesta a punto en un digito de minuto para la empresa modelo comprende la sumatoria de los costos siguientes:

Programa	Material/Equipo	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$)
SMED	Horno de Pre calentamiento	1	4,800.00	240.00
SMED	Mesa giratoria	1	1,820.00	91.00
SMED	Elementos de Fijaci3n Rápida	25	\$0.50 (9.50*0.05)	12.50
SMED	Moldes y plantillas de sujeci3n	10	60.00 (1,200*0.05)	600.00
TOTAL (\$)				943.50

Tabla N° 131: Resumen de costos anuales para la implementaci3n de SMED.
Fuente: Elaboraci3n de Grupo.

1.3 MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (T.P.M.).

La propuesta de TPM contempla básicamente el empleo de un mantenimiento preventivo y un mantenimiento autónomo, cada uno de los cuales posee formatos de aplicaci3n que deberán ser llenados a mano por cada uno de los operarios que trabaja en su maquina y para ello se incurrirá en los siguientes costos:



Programa	Material/Equipo o Actividad	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$)
T.P.M.	Hojas de mantto. Preventivo por maquina y control de fallas.	1,200	0.02	24.00
T.P.M.	Curso, revisión de mantto. Preventivo y control de fallas.	25 hrs.	30.00	750.00
T.P.M.	Hojas de mantto. Autónomo.	1,200	0.02	24.00
T.P.M.	Curso, revisión de mantto. Autónomo.	25 hrs.	30.00	750.00
Total (\$)				1,548.00

Tabla N° 132: Resumen de costos anuales para implementar TPM en la empresa modelo.
Fuente: Elaboración de grupo.

1.4 TRABAJO ESTÁNDAR.

El Trabajo estándar conduce a una línea de producción equilibrada, sin embargo en manufactura esbelta representa un error considerar que la producción debe equilibrarse una sola vez; sino al contrario, la producción deberá equilibrarse cuando menos semestralmente, esto por los cambios del mercado consumidor. Lo anterior representaría los siguientes costos anuales:

Programa	Material/Equipo o Actividad	Cantidad/año	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$)
Trabajo Estándar	Revisar y Corregir duración de ciclo	2 hrs.	5.00	10.00
Trabajo Estándar	Revisar y corregir método de trabajo	60 hrs.	5.00	300.00
Trabajo Estándar	Revisar y corregir tiempos de operación	60 hrs.	5.00	300.00
Trabajo Estándar	Balancear la línea	20 hrs.	5.00	100.00
Total (\$)				800.00

Tabla N° 133: Resumen de costos anuales para implementar Trabajo Estándar en la empresa modelo.
Fuente: Elaboración de grupo.



1.5 POKA YOKE – ADMINISTRACIÓN VISUAL.

En la mejora 1 se propone el diseño de una inspección de la superficie del piñón compuesta por dos calibradores de especificaciones máximas y mínimas; En la segunda mejora para implementar el sistema Poka Yoke se integra un conmutador límite de doble función en las maquinas inyectoras, con los propósitos de identificar la fuerza de cierre exacta en las maquinas inyectoras y reflejar una señal de alerta al operario en caso de existir defectos en el proceso de inyección, ambas mejoras representarían un costo anual por la implementación de las mismas que esta representado en la siguiente tabla:

Programa	Material/Equipo o Actividad	Cantidad	Costo de mantto. Unitario (\$)	Costo Total (\$)
POKA YOKE	Calibradores Max. y Min.	6	1.25	7.50
POKA YOKE	Conmutador limite	2	126.25	252.50
Total (\$)				260.00

Tabla N° 134: Resumen de costos anuales para implementar Poka Yoke en la empresa modelo.
Fuente: Elaboración de grupo.

1.6 KANBAN.

La aplicación de Kankan en la empresa modelo, representará al igual que la herramienta de trabajo estándar una revisión y corrección mínima semestral que conduciría a declarar los costos anuales desglosados en la siguiente tabla:

Programa	Material/Equipo o Actividad	Cantidad	Costo de mantto. Unitario (\$)	Costo Total (\$)
Kanban	Revisión y corrección del flujo Kanban.	20 hras.	5.00	100.00
Kanban	Tarjetas para Kankan de producción.	2,500	0.02	50.00
Kanban	Tarjetas para Kankan de retirada.	4,000	0.02	80.00
Kanban	Tarjetas para Kankan Triangular.	2,500	0.02	50.00
Total (\$)				280.00

Tabla N° 135: Resumen de costos anuales para implementar Kanban en la empresa modelo.
Fuente: Elaboración de grupo.



1.7 Costos por Depreciación.

Este tipo de costo se refiere a la pérdida de valor que tienen los bienes propuestos en el programa debido al uso de los mismos, el tiempo de vida, la obsolescencia y su agotamiento.

Para propósitos de depreciación, la vida útil de cada una de la maquinaria y Equipo considerados se ha determinado en base a la ley tributaria⁶⁶, en donde se establece los tiempos mínimos de depreciación de la siguiente manera:

- ✓ Bienes Inmuebles: 20 años (vida útil)
- ✓ Bienes muebles: 5 años (vida útil)
- ✓ Equipo: 2 años (vida útil)

El método ha utilizar será el de línea recta, su cálculo se realiza con la siguiente formula:

$$\text{Costo anual por depreciación} = (P - S) / N$$

Ecuación N° 25: Costo Anual por depreciación.

Donde:

P: Valor Actual.

S: Valor de salvamento.

N: Vida Útil.

El calculo de toda la maquinaria y Equipo adicional propuesta se encuentra detallada en el siguiente cuadro:

Cant.	Maquinaria / Equipo	Valor Total "P" (\$)	Vida Útil "N" (Años)	Valor de Salvamento "S" (\$)	Cargo por Depreciación Anual (\$)
4	Equipo de limpieza	\$1,520.00	1	0.00	\$1,520.00
30	Depósitos metálicos rodantes (90*60*50)	\$2,100.00	2	250.00	\$925.00
32	Chapas Indicadoras de Producto terminado	\$304.00	2	25.00	\$139.50
1	Horno de precalentamiento	\$4,800.00	20	500.00	\$215.00
1	Mesa giratoria	\$1,820.00	5	275.00	\$309.00
25	Juegos de elementos de fijación rápida	\$375.00	5	25.00	\$70.00
10	Juegos de Moldes y plantillas de sujeción	\$12,000.00	5	2,000.00	\$2,000.00
1	Mesa para almacenamiento de moldes	\$1,600.00	5	200.00	\$280.00
6	Calibradores de especificación max. y mini.	\$150.00	2	0.00	\$75.00
2	Conmutadores limites de doble función	\$5,050.00	5	0.000	\$1,010.00
Total (\$)					\$6,543.50

Tabla N° 136: Cargo por Depreciación Anual de Maquinaria y Equipo propuesto a la empresa modelo.

Fuente: Elaboración de grupo.

⁶⁶ Ley tributaria: Artículo 30, inciso 3.



1.8 Costos por Reemplazo de maquinaria o equipo.

Este es otro de los rubros que representan un costo para el funcionamiento del programa con el paso del tiempo, puesto que la maquinaria o equipo que se propone esta sujeto a reposición para que el programa funcione en condiciones óptimas.

Tomando como referencia la Tabla N° 136: "Cargo por Depreciación Anual de Maquinaria y Equipo propuesto a la empresa modelo", para establecer el punto donde se debe reemplazar el equipo, se obtiene la tabla de reposición siguiente:

Final Año	A reemplazar	Cantidad (Unid.)	Monto Total (\$)
1	Equipo de limpieza	4	\$1,520.00
Total año 1 (\$)			\$1,520.00
2	Equipo de limpieza	4	\$1,520.00
	Depósitos metálicos rodantes	30	\$2,100.00
	Chapas Indicadoras de Producto Terminado	32	\$304.00
	Calibradores de especificación max. y min.	6	\$150.00
Total año 2 (\$)			\$4,074.00
3	Equipo de limpieza	4	\$1,520.00
Total año 3 (\$)			\$1,520.00
4	Equipo de limpieza	4	\$1,520.00
	Depósitos metálicos rodantes	30	\$2,100.00
	Chapas Indicadoras de Producto Terminado	32	\$304.00
	Calibradores de especificación max. y min.	6	\$150.00
Total año 4 (\$)			\$4,074.00
5	Equipo de limpieza	4	\$1,520.00
	Mesa giratoria	1	\$1,820.00
	Juegos de elementos de fijación rápida	25	\$375.00
	Juegos de Moldes y plantillas de sujeción	10	\$12,000.00
	Mesa para almacenamiento de moldes	1	\$1,600.00
	Conmutadores limites de doble función	2	\$5,050.00
Total año 5 (\$)			\$22,365.00

Tabla N° 137: Costos por reemplazo en maquinaria o equipo propuesto.
Fuente: Elaboración de Grupo.

Según la tabla anterior, los costos por reemplazo al final del primer año de funcionamiento en el programa ascienden a un monto de \$1,520.00, al final del año 2 \$4,074.00, al final del año 3 \$1,520.00, al final del año 4 \$4,074.00, mientras que en el quinto año un monto de \$22,365.00. Los montos anteriormente declarados, obedecen a la vida útil que tendrían la maquinaria o equipo.



1.9 Resumen de costos de Funcionamiento del Programa.

En forma resumida, el funcionamiento del programa de reducción de desperdicios conduce a los costos declarados en las siguientes tablas:

i. Costos de funcionamiento para el año 1:

Rubro	Fuente	Monto (\$)
Costos por mantenimiento al implementar 5 "S"	Tabla No.	\$1,664.36
Costos por mantenimiento al implementar SMED		\$943.50
Costos por mantenimiento para implementar TPM		\$1,548.00
Costos por mantenimiento al implementar Trabajo Stdr.		\$800.00
Costos por mantenimiento al implementar Poka Yoke		\$260.00
Costos por mantenimiento al implementar Kanban		\$280.00
Costos por depreciación en maquinaria y equipo		\$6,543.50
Reemplazo en equipo de limpieza		\$1,520.00
Costo Total Año 1 (\$)		\$13,559.36

Tabla N° 138: Costos de funcionamiento del programa para el programa para el año 1.
Fuente: Elaboración de grupo.

ii. Costos de funcionamiento para el año 2:

Rubro	Fuente	Monto (\$)
Costos por mantenimiento al implementar 5 "S"	Tabla No.	\$1,664.36
Costos por mantenimiento al implementar SMED		\$943.50
Costos por mantenimiento para implementar TPM		\$1,548.00
Costos por mantenimiento al implementar Trabajo Stdr.		\$800.00
Costos por mantenimiento al implementar Poka Yoke		\$260.00
Costos por mantenimiento al implementar Kanban		\$280.00
Costos por depreciación en maquinaria y equipo		\$6,543.50
Reemplazo en equipo de limpieza		\$1,520.00
Depósitos metálicos rodantes		\$2,100.00
Chapas Indicadoras de Producto Terminado		\$304.00
Calibradores de especificación max. y min.		\$150.00
Costo Total Año 2 (\$)		\$16,113.36

Tabla N° 139: Costos de funcionamiento del programa para el programa para el año 2.
Fuente: Elaboración de grupo.

iii. Costos de funcionamiento para el año 3:

Rubro	Fuente	Monto (\$)
Costos por mantenimiento al implementar 5 "S"	Tabla No.	\$1,664.36
Costos por mantenimiento al implementar SMED		\$943.50
Costos por mantenimiento para implementar TPM		\$1,548.00
Costos por mantenimiento al implementar Trabajo Stdr.		\$800.00
Costos por mantenimiento al implementar Poka Yoke		\$260.00
Costos por mantenimiento al implementar Kanban		\$280.00
Costos por depreciación en maquinaria y equipo		\$6,543.50
Reemplazo en equipo de limpieza		\$1,520.00
Costo Total Año 3 (\$)		\$13,559.36

Tabla N° 140: Costos de funcionamiento del programa para el programa para el año 3.
Fuente: Elaboración de grupo



iv. Costos de funcionamiento para el año 4:

Rubro	Fuente	Monto (\$)
Costos por mantenimiento al implementar 5 "S"	Tabla No.	\$1,664.36
Costos por mantenimiento al implementar SMED		\$943.50
Costos por mantenimiento para implementar TPM		\$1,548.00
Costos por mantenimiento al implementar Trabajo Stdr.		\$800.00
Costos por mantenimiento al implementar Poka Yoke		\$260.00
Costos por mantenimiento al implementar Kanban		\$280.00
Costos por depreciación en maquinaria y equipo		\$6,543.50
Reemplazo en equipo de limpieza		\$1,520.00
Depósitos metálicos rodantes		\$2,100.00
Chapas Indicadoras de Producto Terminado		\$304.00
Calibradores de especificación max. y min.		\$150.00
Costo Total Año 4 (\$)		\$16,113.36

Tabla N° 141: Costos de funcionamiento del programa para el programa para el año 4.
Fuente: Elaboración de grupo

v. Costos de funcionamiento para el año 5:

Rubro	Fuente	Monto (\$)
Costos por mantenimiento al implementar 5 "S"	Tabla No.	\$1,664.36
Costos por mantenimiento al implementar SMED		\$943.50
Costos por mantenimiento para implementar TPM		\$1,548.00
Costos por mantenimiento al implementar Trabajo Stdr.		\$800.00
Costos por mantenimiento al implementar Poka Yoke		\$260.00
Costos por mantenimiento al implementar Kanban		\$280.00
Costos por depreciación en maquinaria y equipo		\$6,543.50
Reemplazo en equipo de limpieza		\$1520.00
Mesa giratoria		\$1,820.00
Juegos de elementos de fijación rápida		\$375.00
Juegos de Moldes y plantillas de sujeción		\$12,000.00
Mesa para almacenamiento de moldes		\$1,600.00
Conmutadores limites de doble función		\$5,050.00
Costo Total Año 5 (\$)		\$34,404.36

Tabla N° 142: Costos de funcionamiento del programa para el programa para el año 5.
Fuente: Elaboración de grupo

1.10 Flujo Anual de Costos en el Programa.

Gráficamente, el flujo anual de los costos de funcionamiento del programa en los primeros 5 años es el que se muestra en la siguiente grafica:

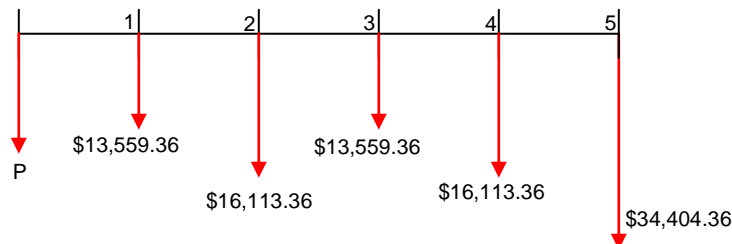


Figura N° 111: Flujo anual de los costos de funcionamiento del programa en la empresa modelo.
Fuente: Elaboración de grupo.



2. AHORROS DEL PROGRAMA.

Esta parte esta enfocada a detallar los ahorros que se obtienen de la implementación del programa Manufactura Esbelta, logrando utilizar menos de los recursos empleados. El análisis consta de una comparación entre la situación propuesta contra la manera tradicional de producción en la empresa modelo; los resultados que se esperan son: emplear menos esfuerzo humano, menos inventarios, entre otros.

Los ahorros que proporcionan las herramientas se han agrupado de acuerdo a los rubros en los cuales se tiene incidencia; y en algunos casos la herramienta incidió de manera directa sobre algún rubro, el detalle se muestra a continuación:

HERRAMIENTA		RUBRO EN EL CUAL INCIDEN
✓ KAIZEN	✓ 5'S	MAQUINARÍA INNECESARIA
	✓ SMED	TIEMPO DE PARO EN LA MAQUINARIA PERSONAL REQUERIDO
	✓ TPM ✓ POKA-YOKE Y ADMINISTRACIÓN VISUAL	PRODUCTOS DEFECTUOSOS REPROCESAMIENTO DE LOS ARTÍCULOS DEFECTUOSOS
	✓ NIVELACIÓN DE LA PRODUCCIÓN	INVENTARIOS DE PRODUCTO EN PROCESO
	✓ KANBAN ✓ TRABAJO ESTÁNDAR	PERSONAL INNECESARIO

Tabla N°: 143: Herramientas y su incidencia.

Fuente: Elaboración de grupo, a partir del análisis del impacto de cada herramienta.

La herramienta KAIZEN, se desarrolla con todas las demás herramientas, con el objetivo de emplear siempre esta ideología logrando resultados aceptables.

2.1 Maquinaria innecesaria.

a. Las Cinco Eses

En esta herramienta se muestran los ahorros que se obtienen a través del orden y la limpieza en la planta buscando hacer más eficiente el puesto de trabajo ya que se proporciona que se encuentre de una manera rápida, que el exceso de material en proceso y materia prima impidan realizar las actividades diarias. Las tablas siguientes muestran la maquinaria o equipo necesarios así como el innecesario.



LISTA DE MAQUINARIA INNECESARIA				
NOMBRE DE MAQUINARIA Y EQUIPO	MARCA	CANTIDAD	COSTO INDIVIDUAL ⁶⁷	COSTO ACTUAL TOTAL
Inyectora	INY XLO B Y T 2	1	\$7,800.00	\$7,800.00
Inyectora	INY Core cylinder	1	\$1,650.00	\$1,650.00
Inyectora	INY TEPSA 3	1	\$4,060.00	\$4,060.00
Bomba de retorno	B GE 1	1	\$790.00	\$790.00
Prensa troqueladora	PT Cicondre	1	\$1,420.00	\$1,420.00
Prensa troqueladora	PT L & J # 5	1	\$1,150.00	\$1,150.00
Prensa troqueladora	PT Ulecia1	2	\$740.00	\$1,480.00
Prensa troqueladora	PT Reuselle 1	6	\$740.00	\$4,440.00
Prensa troqueladora	PT E.W. Bliss	1	\$1,430.00	\$1,430.00
Prensa troqueladora	PT Bliss	1	\$1,360.00	\$1,360.00
Prensa troqueladora	PT Bliss Reeves	1	\$1,490.00	\$1,490.00
Prensa troqueladora	PT Loshbough	1	\$980.00	\$980.00
Prensa troqueladora	PT Federal Press	1	\$860.00	\$860.00
Taladro pedestal	TL DP	1	\$340.00	\$340.00
Esmeril	ESM	1	\$550.00	\$550.00
Tómbola	TBL	2	\$150.00	\$300.00
Desembobinador	DE Cooper wey M.	1	\$2,200.00	\$2,200.00
Taladro de banco	TB Howel	1	\$520.00	\$520.00
Taladro de banco	TB Baldor	1	\$780.00	\$780.00
Taladro de banco	TB Westing house	1	\$650.00	\$650.00
Prensa troqueladora	PT E.W. Bliss	1	\$1,350.00	\$1,350.00
Prensa troqueladora	PT Perking	3	\$980.00	\$2,940.00
Remachadora	REM Milfor rivet	1	\$1,260.00	\$1,260.00
Prensa troqueladora	PT Press rite	1	\$820.00	\$820.00
Prensa troqueladora	PT Alva fallen	3	\$960.00	\$2,880.00
Prensa troqueladora	PT E.W. Bliss	1	\$540.00	\$540.00
Banda transportadora	BDTRAN	3	\$630.00	\$1,890.00
Remachadora	REM Milfor rivet	1	\$810.00	\$810.00
Prensa troqueladora	PT Bench master	1	\$890.00	\$890.00
Prensa troqueladora	PT Bench master	2	\$760.00	\$1,520.00
Prensa troqueladora	PT Press rive	2	\$760.00	\$1,520.00
Taladro de banco	TB Jet D-1	2	\$380.00	\$760.00
Prensa troqueladora	PT Trovasa	1	\$620.00	\$620.00
IMPORTE TOTAL DE LA MAQUINARIA INNECESARIA:				\$52,050.00

Tabla N°: 144: Listado de maquinaria innecesaria.

Fuente: Elaboración de grupo, a partir de los datos proporcionados por la herramienta 5S.

⁶⁷ Declamación de valores indicativos depreciados en libros de la empresa modelo.



LISTA DE MAQUINARIA NECESARIA				
NOMBRE DE MAQUINA Y EQUIPO	MARCA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO ⁶⁸	COSTO TOTAL ACTUAL
INYECTORA # 1	Cast master	1	\$7.800,00	\$7.800,00
INYECTORA # 2	Cast master	1	\$4.060,00	\$4.060,00
Soplador enfriador	LG	1	\$226,00	\$226,00
Bomba tanque enfria.	Baldor	1	\$340,00	\$340,00
Bomba de alimen.	LG	1	\$315,00	\$315,00
Bomba de alimen.	Baldor	1	\$260,00	\$260,00
Bomba de retorno	LG	1	\$790,00	\$790,00
Prensa troqueladora	E.W. Bliss	1	\$1.430,00	\$1.430,00
Prensa troqueladora	Minster B1	1	\$2.990,00	\$2.990,00
Prensa troqueladora	Perkins S Jr.	1	\$980,00	\$980,00
Desenrolladora	Foote Bros.	1	\$2.200,00	\$2.200,00
Taladro pedestal	Howel	1	\$840,00	\$840,00
Cortadora	Cooper wey	1	\$3.610,00	\$3.610,00
Taladro de banco	Clausing	1	\$780,00	\$780,00
Taladro de banco	Clausing	1	\$520,00	\$520,00
Banda transportadora		1	\$1.630,00	\$1.630,00
Prensa troqueladora	Roussele	6	\$940,00	\$5.640,00
Pulidora doble		1	\$460,00	\$460,00
Pulidora	Dayton	4	\$290,00	\$1.160,00
Pulidora de corte		1	\$315,00	\$315,00
Torno	Nardini	2	\$2.200,00	\$4.400,00
Bomba taladrina torno		1	\$150,00	\$150,00
Fresadora	Bridgeport	2	\$2.300,00	\$4.600,00
Mortajadora	Bridgeport	1	\$1.700,00	\$1.700,00
Taladro de banco	Enco	1	\$780,00	\$780,00
Rectificadora	Aka 1000	1	\$2.400,00	\$2.400,00
Motor de mov. Vertical		1	\$1.150,00	\$1.150,00
Motor de B. Hidraulica		1	\$1.000,00	\$1.000,00
Motor de B. Taladrina		1	\$800,00	\$800,00
Rectificadora	Do All	1	\$2.200,00	\$2.200,00
Rectificadora	San Ford	1	\$2.300,00	\$2.300,00
Horno	Termol Sistem	1	\$3.600,00	\$3.600,00
taladro de mano	Bosch	1	\$120,00	\$120,00
Soldador	Honbart	1	\$1.700,00	\$1.700,00
Pulidora de mano	Bosch	1	\$360,00	\$360,00
Compresor tornillo	Ingersollrand	2	\$870,00	\$1.740,00
Compresor tornillo	Ingersollrand	1	\$620,00	\$620,00
Compresor tornillo	Ingersollrand	1	\$620,00	\$620,00
IMPORTE TOTAL DE LA MAQUINARIA NECESARIA:				\$66.586,00

Tabla N° 145: Listado de maquinaria necesaria.

Fuente: Elaboración de grupo, a partir de los datos proporcionados por la herramienta 5S.

El ahorro que se percibe con la aplicación de esta herramienta, es la disminución en la inversión de la maquinaria y equipo, la cual es de **\$52,050.00** del total de inversión que

⁶⁸ Estimado por la empresa modelo



existe en la planta actualmente, según datos de los valores actuales de la maquinaria y equipo de las tablas (Nº: 144 y Nº: 145).

TOTAL DE MAQUINARIA NECESARIA	\$66.586,00
TOTA DE MAQUINARIA INNECESARIA	\$52.050,00
INVERSIÓN TOTAL EN MAQUINARIA	\$118.636,00
PORCENTAJE DE AHORRO	43,87%

Tabla Nº: 146: Total de ahorro por maquinaria innecesaria en la planta.
Fuente: Elaboración de grupo, a partir del listado de maquinaria innecesaria.

2.2 Tiempo de paro en la maquinaria y la reducción de la mano de obra

a. SMED: Reducción de la Puesta a Punto.

El cambio de modelo en las máquinas inyectoras en menos de diez minutos es un logro que permite producir 3 tipos de productos en una jornada. El tiempo que se destina al cambio se mide desde la última pieza buena tipo A₁ hasta que se produzca la primera pieza buena tipo A₂. Lo que permite es que los tiempos de cambio sean lo mas pequeños posibles y no interfieran de forma alguna con el flujo continuo de la producción.

Lo que se logra reducir con la aplicación de esta herramienta es lo siguiente:

✓ Costo de mano de obra para los cambios en la producción de un modelo otro:

Permite prescindir de un operario en el proceso de cambio de modelo al solo emplear dos operarios. Para estimar este costo se multiplica los operarios necesarios por el costo por hora por el total de tiempo empleado en el cambio por la frecuencia de cambio.

COSTO DE LA MANO DE OBRA					
SITUACIÓN	OPERARIOS NECESARIOS	COSTO POR HORA	TOTAL DE TIEMPO EMPLEADO EN EL CAMBIO (HR)	FRECUENCIA DE CAMBIO MENSUAL	COSTO ANUAL
ACTUAL	3	\$1,16	6	3	\$751,68
PROPUESTA	2	\$1,16	0,0417	63	\$73,14
AHORRO					\$678,54

Fuente: Elaboración de grupo, a través de comparar la situación actual con la propuesta en el cambio de modelo.

Permitiendo un ahorro de **\$678.54** por año al solo emplear 2 operarios en el cambio de modelo y efectuar la actividad en un digito de minuto.



✓ **Costo por paro de maquinaria:**

Son los que se tienen por dejar de producir las seis horas que se consumen actualmente en el cambio de producción. Para estimar este costo se multiplica el tiempo de paro en la maquinaria por la cantidad producida por hora por la utilidad (Diferencia entre precio de venta y costo del producto).

COSTO POR PARO EN LA MAQUINARIA					
TIPO DE PRODUCTO	TIEMPO DE PARO MENSUAL (HR)	CANTIDAD PRODUCIDA POR HORA	COSTO DEL PRODUCTO	PRECIO DE VENTA	COSTO ANUAL POR PAROS
A1	18	764	\$0,54	\$0,73	\$31.354,56
A2		203	\$0,79	\$1,07	\$12.277,44
A3		51	\$0,80	\$1,08	\$3.084,48
TOTAL					\$46.716,48

Tabla N° 148: Costos Anuales por paro de maquinaria Actual en la empresa modelo.

Fuente: Elaboración de grupo, a través de calcular el costo que se tienen al parar las inyectoras en el sistema actual.

En el sistema propuesto se tienen los siguientes costos por paro en la maquinaria:

COSTO POR PARO EN LA PRODUCCIÓN					
TIPO DE PRODUCTO	TIEMPO DE PARO MENSUAL (HR)	CANTIDAD PRODUCIDA POR HORA	COSTO DEL PRODUCTO	PRECIO DE VENTA	COSTO ANUAL POR PAROS
A1	0,04122	764	\$0,54	\$0,73	\$71,81
A2		203	\$0,79	\$1,07	\$28,12
A3		51	\$0,80	\$1,08	\$7,06
TOTAL					\$106,99

Tabla N° 149: Costos Anuales por paro de maquinaria Propuesto en la empresa modelo..

Fuente: Elaboración de grupo, a través de calcular el costo que se tienen al parar las inyectoras en el sistema propuesto.

Al realizar la diferencia entre el sistema actual y el propuesto se tiene un ahorro de **\$46.609,49** por año. Sin embargo es importante recalcar otro gran beneficio que se obtiene con la aplicación del SMED: suplir la necesidad de cambiar la producción de un modelo a otro cuantas veces sea requerido, según la demanda del mercado.

2.3 Mejoran los índices de productos defectuosos, disminuyen los costos por fallos en la maquinaria y proporcionan ahorros al eliminar los reprocesamientos.

a. Mantenimiento Productivo Total (TPM),

Se demuestra las ventajas de quitar la responsabilidad de un funcionamiento adecuado de la maquinaria a los mecánicos especialistas y se la atribuye a los operarios en el puesto de trabajo; este mantenimiento puede concentrarse entonces en mejorar el funcionamiento del equipo y no solamente en intentar mantener su rendimiento actual.



b. Poka – Yoke y Administración Visual

Algunos de los procesos productivos generan productos defectuosos los cuales tienden a incrementar los costos de la empresa y se crea desconfianza en los consumidores. La idea principal de la aplicación de estas herramientas es la de crear un proceso donde los errores sean muy difíciles de realizar y arrastrarlos hasta el final del proceso, en otras palabras es eliminar los defectos en un producto ya sea previniendo o corrigiendo los errores que se presenten lo antes posible.

La aplicación de estas dos herramientas permite lo siguiente:

✓ **Reduce los productos defectuosos.**

A través de minimizar las cantidades de productos defectuosos. En la situación actual se tienen los siguientes costos multiplicando las cantidades diarias producidas por el porcentaje de productos defectuosos por el costo de producción.

COSTO DE LOS PRODUCTOS DEFECTUOSOS				
PRODUCTOS	CANTIDADES DIARIAS PRODUCIDAS	PORCENTAJE DE PRODUCTOS DEFECTUOSOS	COSTO DE LOS PRODUCTOS	COSTO ANUAL
A1	6683	7%	\$0,54	\$63.659,58
A2	1782	5%	\$0,79	\$17.738,03
A3	446	6%	\$0,80	\$5.394,82
TOTAL				\$86.792,43

Tabla N° 150: Costos Anuales por productos defectuosos.

Fuente: Elaboración de grupo, por medio del porcentaje de productos defectuosos.

En la situación propuesta muestra los siguientes costos:

COSTO DE LOS PRODUCTOS DEFECTUOSOS SITUACIÓN PROPUESTA				
PRODUCTOS	CANTIDADES DIARIAS PRODUCIDAS	PORCENTAJE DE PRODUCTOS DEFECTUOSOS	COSTO DE LOS PRODUCTOS	COSTO ANUAL
A1	6683	0,1000%	\$0,54	\$909,42
A2	1782	0,1000%	\$0,79	\$354,76
A3	446	0,1000%	\$0,80	\$89,91
TOTAL				\$1.354,10

Tabla N° 151: Costos de los productos defectuosos.

Fuente: Elaboración de grupo.

Al realizar la comparación entre la situación actual y la propuesta se tiene un ahorro de **\$85.438,33.**



Con la aplicación adecuada del mantenimiento productivo total y el sistema Poka Yoke/Administración Visual, se garantiza una reducción significativa de los productos defectuosos.

✓ **Estaciones para retrabados.**

Estas operaciones surgen debido a la necesidad de corregir los defectos en los artículos que se elaboran en el proceso de inyección. Si se obtiene un producto bueno en los procesos de inyección, se eliminan los procesos en donde se retrabajan las piezas, el detalle se muestra a continuación:

COSTO POR OPERACIÓN INEFICIENTE				
ÁREAS	OPERARIOS	SALARIO	COSTO	COSTO ANUAL
TOMBOLEADO	1	\$194,99	\$194,99	\$2.339,88
LIMADO	5	\$194,99	\$974,95	\$11.699,40
ESMERILADO	4	\$194,99	\$779,96	\$9.359,52
TOTAL				\$23.398,80

Tabla N° 152: Costo Anual por operaciones innecesarias.

Fuente: Elaboración de grupo, a través de calcular la disminución de operarios.

El ahorro es de **\$23.398,80** en salarios al personal que se desempeña en estas operaciones clasificadas como innecesarias.

2.4 Reducción en los inventarios de productos en proceso, de productos terminados y de personal.

a. Nivelación de la Producción

Los ahorros que se pueden visualizar en esta herramienta es la disminución de los inventarios de artículos en proceso y los de productos terminados, ya que permite reducir al mínimo las fluctuaciones en la cadena de ensamble, eliminando la necesidad que un proceso anterior almacene la cantidad máxima posible a fin de cumplir con la demanda del proceso siguiente.

Sin embargo esta herramienta necesita de un sistema que ordene el flujo de materiales en la planta y que todas las operaciones estén estandarizadas.



b. KANBAN.

Lo que busca esta herramienta es proporcionar ahorros a través de ordenar el flujo productivo por medio de las tarjetas adheridas a cada lote de piezas regulando su flujo en la planta; ya que en ellas se informa, a los demás procesos productivos previos, las cantidades a producir y las entregas del artículo en cada paso del proceso. Un Kanban autoriza la fase anterior de producción para hacer más partes.

De la aplicación de las dos herramientas anteriores se logra ordenar el flujo de materiales en la planta y el trabajo estandarizado proporciona el equilibrio entre los procesos.

c. Trabajo Estandarizado.

En esta herramienta lo que se evidencia son los ahorros que se obtienen en cuando a las horas hombre necesario para desarrollar las actividades, sin disminuir la producción.

El detalle de los ahorros que se obtienen con la aplicación de estas tres herramientas se divide en dos:

✓ Inventarios de artículos en proceso:

La cantidad de materiales en proceso en la empresa modelo sin la implementación del programa es de \$20.452,74, según datos proporcionados en su balance general. (Anexo N°: 25), la cantidad de artículos en proceso con la propuesta del programa se detalla en la tabla siguiente.

PIEZA	CANTIDAD TOTAL DE PRODUCTOS EN PROCESO ⁶⁹	COSTO TOTAL
a ₁	7037	\$1.655,15
a ₂	1891	\$556,00
a ₃	488	\$114,86
a ₄	7037	\$2,76
a ₅	1891	\$0,84
a ₆	488	\$0,25
a ₇	7037	\$2,76
a ₈	1891	\$0,74
a ₉	7505	\$588,43
a ₁₂	9377	\$28,13
a ₁₅	1891	\$370,66
a ₁₇	1891	\$185,33
TOTAL		\$3.505,89

Tabla N° 153: Total de partes en proceso.

Fuente: Elaboración de grupo, a partir de la sumatoria del total de materia prima en proceso.

⁶⁹ La cantidad total de productos en proceso se estima a partir del tamaño de lote establecido en los Kanban más la cantidad promedio en los puestos de trabajo. El costo total resulta de multiplicar la cantidad total por el costo de cada una.



Al realizar la comparación entre la situación sin programa donde los inventarios en proceso tienen un costo de \$20.452,74 contra la situación con programa donde se tiene un monto de \$3.505,89 se logra visualizar que existe una disminución de **\$16.919,85** en los inventarios en proceso.

✓ **Reducción de espacios físicos (almacenes de producto terminado)**

La aplicación del programa permite la reducción de los espacios físicos en la planta, la disminución tanto de maquinaria, espacios para el almacenaje y procesos para retrabajos permite disminuir la planta en 315 Mts², el detalle se muestra a continuación:

PROCESO	ÁREA MTS ²	COSTO MENSUAL ⁷⁰	TOTAL ANUAL
PINTURA Y EMPAQUE	110,3	\$ 7.00/ MTS ²	\$ 9,265.20
ALMACÉN DE PRODUCTO TERMINADO	204,8		\$ 17,203.20
TOTAL			\$ 26,468.40

Tabla N°: 154: Ahorro anual es base al espacio innecesario.
Fuente: Elaboración de grupo, a partir del área innecesaria.

El ahorro que se obtiene es de **\$ 26,468.40**, anuales.

✓ **Contratación de trabajadores para el almacén de productos terminados.**

Se emplean dos operarios para tener el control de existencias y mantener ordenados los inventarios de producto terminado; al establecer el sistema de entregas justo a tiempo se elimina este inventario.

NUMERO DE OPERARIOS	COSTO MENSUAL	TOTAL ANUAL
2	\$194,99	\$4.679,76

Tabla N° 155: Ahorro anual de la mano de obra en el almacén.
Fuente: Elaboración de grupo.

El ahorro que se percibe al suprimir el almacén de producto terminado es de **\$4.679,76** por año.

⁷⁰ El empleo excesivo de áreas para el almacenamiento ya sea de producto en proceso o producto terminado genera un costo adicional a la empresa modelo, la estimación de este costo se hace en base a que la empresa modelo posee otra área, la cual esta siendo alquilada a \$7.00 por metro cuadrado.



✓ **Personal innecesario:**

Buscando mejorar cada una de las estaciones de trabajo, se revisaron los métodos que se emplean en cada una de las mismas, logrando disminuir el personal de 58 operarios que todavía estaban en la planta después de haber aplicado las técnicas anteriores a 28. Al aplicar estas últimas herramientas se logra una disminución de 30 operarios.

PERSONAL INNECESARIO		
OPERARIOS	SALARIO MENSUAL	COSTO ANUAL
30	\$194,99	\$70,196.40

Tabla N° 156: Ahorro Total Anual en operarios innecesarios en la planta modelo.
Fuente: Elaboración de grupo, a partir del total de operarios necesarios en la producción.

Lo que permite evidenciar un ahorro de **\$70,196.40** anual al solo emplear 28 operarios en todo el proceso productivo.

2.5 Resumen de los ahorros del programa.

El cuadro siguiente muestra el resumen de los ahorros que se obtienen de la aplicación del programa, dividiéndolos en herramientas que una vez aplicadas proporcionan ahorros en la inversión fija (desinversión) y aquellas que su aplicación se obtiene ahorro en el funcionamiento o sea que una vez aplicadas siempre se obtendrán ahorros.

HERRAMIENTAS	DISMINUYEN LA INVERSIÓN	AHORRO ANUAL
CINCO ESES	\$52.050,00	
SMED		\$47.288,03
TPM Y POKA YOKE-ADMINISTRACIÓN VISUAL		\$108.837,13
NIVELACIÓN DE LA PRODUCCIÓN, KANBAN Y TRABAJO ESTÁNDAR		\$118.264,41
TOTAL	\$52.050,00	\$274.389,57

Tabla N°: 157: Ahorros Totales Anuales en la aplicación del programa.
Fuente: Elaboración propia, a partir de los ahorros que se obtienen en el desarrollo de las diferentes herramientas.

2.6 Ahorros por año.

La implementación del programa se realizara de una manera paulatina, por lo que los ahorros se alcanzaran de acuerdo con el desarrollo de las diferentes herramientas. El primer año se aplicará cinco eses, permitiendo una desinversión de \$52.050,00, el segundo año se tendrá un ahorro de \$47.288,03 en los costos de funcionamiento; para el tercer año los ahorros serán de \$132.726,36, para el cuarto año desarrollando las mismas herramientas se obtienen ahorros acumulados de \$156.125,16 y finalmente para el quinto año los ahorros sumarán \$274.389,57. Como puede analizarse los ahorros se obtendrán



de acuerdo al nivel de desarrollo del programa alcanzando los máximos ahorros en el año quinto. El detalle se muestra en la siguiente tabla.

AÑO	RESULTADO	HERRAMIENTA APLICADA	MONTO DEL AHORRO	AHORROS ACUMULADOS
1	DESINVERSIÓN	✓ CINCO "S" ✓ KAIZEN	\$52.050,00	DESINVERSIÓN ⁷¹
2	REDUCCIÓN DEL TIEMPO DE PARO EN LA MAQUINARIA Y DE MANO DE OBRA	✓ SMED ✓ KAIZEN	\$47.288,03	\$47.288,03
3	MEJORAN LOS ÍNDICES DE PRODUCTOS DEFECTUOSOS	✓ TPM ✓ KAIZEN ✓ POKA YOKE- ADMINISTRACIÓN VISUAL ✓ KAIZEN	\$85.438,33	\$132.726,36
4	DISMINUYEN LOS COSTOS POR FALLOS EN LA MAQUINARIA Y PROPORCIONAN AHORROS AL ELIMINAR LOS REPROCESAMIENTOS	✓ TPM ✓ KAIZEN ✓ POKA YOKE- ADMINISTRACIÓN VISUAL ✓ KAIZEN	\$23.398,80	\$156.125,16
5	REDUCCIÓN EN LOS INVENTARIOS DE PRODUCTOS EN PROCESO, PRODUCTO TERMINADO Y DE PERSONAL	✓ NIVELACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ✓ KAIZEN ✓ SISTEMA KANBAN ✓ KAIZEN ✓ TRABAJO ESTANDARIZADO ✓ KAIZEN	\$118.264,41	\$274.389,57

Tabla N° 158: Detalle de ahorros por año en la aplicación del programa.
Fuente: Elaboración propia, a partir del grado de implementación del programa.

⁷¹ El ahorro del primer año no se acumula para el siguiente, ya que no se han disminuido los costos de funcionamiento. Lo que ha ocurrido es que la inversión total en maquinaria se ha reducido.



3. BENEFICIOS NETOS DEL PROGRAMA.

Los beneficios netos del programa están dados por la diferencia entre los ahorros y costos del programa, gráficamente se representa de la manera siguiente:

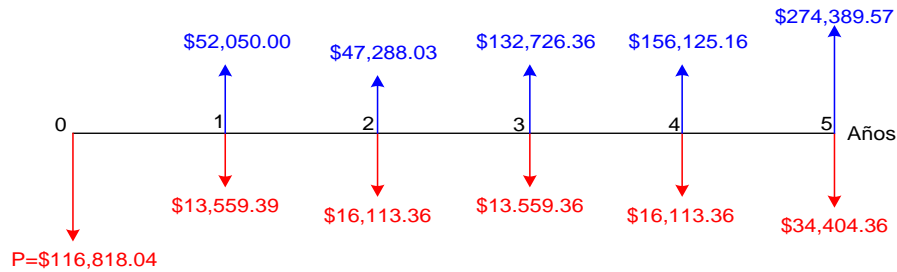


Figura N° 112: Representación grafica de la inversión inicial, costos y ahorros del programa.
Fuente: elaboración de grupo.

Donde:

P: Inversión Inicial.

↑ : Ahorro

↓ : Costo

Partiendo de la grafica anterior, se obtiene el flujo neto del programa, así:

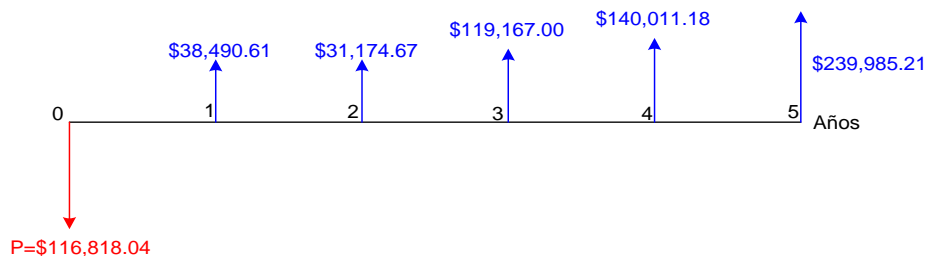


Figura N° 113: Representación grafica de la inversión inicial y el flujo neto anual del programa.
Fuente: elaboración de grupo.



D. EVALUACIONES DEL PROYECTO.

1. EVALUACION ECONOMICA.

En este apartado se realiza una evaluación Económica al programa de reducción de desperdicios. Los aspectos a evaluar son: La Tasa Mínima Atractiva de Rendimiento (TMAR), el Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR), Tiempo de Recuperación de la Inversión y la Relación Beneficio-Costo.

1.1. DETERMINACIÓN DE LA TASA MÍNIMA ATRACTIVA DE RENDIMIENTO (TMAR).

Para poder implantar un programa, es necesario invertir inicialmente en aquellos factores necesarios para el establecimiento del programa mismo. El capital que integra esta inversión puede provenir de diversas fuentes, como lo son los propietarios o accionistas de la Empresa y de las instituciones financieras del país.

Para poder invertir en la adopción del programa de reducción de desperdicios que se propone, se hace necesario establecer parámetros de aceptación para los actuales dueños, ante las posibilidades de éxito ó fracaso de invertir en el programa, lo cual se plasma a través de la aplicación de la Tasa Mínima Aceptable del proyecto (TMAR), que representa el costo de oportunidad que tiene el Capital a invertir en este programa.

Según Anthony Tarquin en su libro "Ingeniería Económica", la TMAR se puede calcular mediante el uso de la siguiente fórmula:

$$\text{TMAR} = \text{Costo de Capital} + \text{Rendimiento Esperado} + \text{Factor de Riesgo}$$

Ecuación No. 26: Tasa Mínima Atractiva de Rendimiento
Fuente: Ingeniería Económica. Anthony Tarquin.

Para el programa propuesto, se ha considerado un factor de riesgo promedio que es de 3.98%, cuyo cálculo se presenta a continuación:

Año	Porcentaje
2002	2.8%
2003	2.5%
2004	5.4%
2005	4.3%
2006	4.9%
Factor de Riesgo Promedio	3.98%

Tabla N° 159: Tasa Promedio de Inflación en los últimos 5 años.
Fuente: Banco Central de Reserva (B.C.R.)



El porcentaje de rendimiento esperado se ha considerado tomando la tasa pasiva actual más conveniente que pagan los Bancos locales, si se decidiera colocar el dinero a plazo fijo. El Banco de Fomento Agropecuario es quien ofrece actualmente (Junio/2007) la tasa mas alta, la cual es de 3.25%.

El porcentaje de costos de capital esta dado por la tasa de interés del crédito la cual es de 10.36%.⁷²

TMAR = Costo de Capital + Rendimiento Esperado + Factor de Riesgo

$$\text{TMAR} = 10.36\% + 3.25\% + 3.98\%$$

$$\text{TMAR} = 17.59\%$$

La tasa mínima aceptable de rendimiento es **17.59%**, y se tomará de referencia para las evaluaciones siguientes, dicha tasa está determinada de esta manera debido a que se espera cubrir o ganar un rendimiento por lo menos igual al costo de capital y el índice inflacionario, sin embargo como inversionistas no es atractivo solo cubrir los intereses por prestamos y mantener el poder adquisitivo de la inversión(al cubrir la inflación) sino es necesario tener un rendimiento que haga crecer el monto invertido además de haber compensado la inflación, es por ello que se ha considerado el otro factor que es el premio al riesgo, que es un premio por arriesgar el dinero invertido, que al combinarlos proporciona una TMAR que representa lo mínimo que se puede aceptar ganar al poner en marcha el programa de reducción de desperdicios.

1.2. Valor Actual Neto (VAN).

El valor actual neto (VAN) de un proyecto se define como el valor obtenido en el presente del programa y se elabora actualizando para cada año por separado las entradas y salidas de efectivo que acontecen durante la vida del mismo a una tasa de interés fija determinada (TMAR).

⁷² Ver Anexo N° 24: Composición del 10.36% del costos de capital.



La tasa de actualización o descuento es igual a la Tasa Mínima Atractiva de Rendimiento, TMAR. El análisis del valor actual neto o valor presente, da como parámetro de decisión una comparación entre todos los beneficios y gastos que se han efectuado a través del período de análisis, los traslada hacia el año de inicio del programa y los compara con la inversión inicial del Programa de Reducción de Desperdicios.

Para la determinación del Valor Actual Neto se utilizan los beneficios Netos o ahorros obtenidos con el funcionamiento del programa, el cual se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$VAN = -I_o + \sum_{i=1}^n \frac{F_i}{(1+t)^i}$$

Ecuación N° 27: Valor Actual Neto (VAN)
Fuente: Ingeniería económica Mc Graw Hill, Tarquin

Donde:

I_o : Inversión Inicial

F_i : Ahorro neto anual

t : Tasa Mínima Atractiva de Rendimiento (TMAR) o Tasa de Actualización.

n : años en análisis del Proyecto.

A continuación se presenta el cálculo de la VAN para la empresa modelo y el programa propuesto:

$$VAN = -\$116,818.04 + \frac{\$38,490.61}{(1+0.1759)^1} + \frac{\$31,174.67}{(1+0.1759)^2} + \frac{\$119,167.00}{(1+0.1759)^3} + \frac{\$140,011.18}{(1+0.1759)^4} + \frac{\$239,985.21}{(1+0.1759)^5}$$

Al aplicar la fórmula anterior para calcular la VAN se pueden presentar tres situaciones:

- Si el VAN es positivo, la rentabilidad de la inversión está sobre la tasa de inversión actualizada o de rechazo, el programa se acepta ($VAN > 0$).
- Si el VAN es cero, la rentabilidad será igual a la tasa de rechazo. Por lo tanto si el programa da un VAN positivo o igual a cero, puede considerarse aceptable, $VAN = 0$.
- Si el VAN es negativo, la rentabilidad está por debajo de la tasa de rechazo y el modelo deberá rechazarse. $VAN < 0$.



La VAN del programa propuesto es de \$191.720,68 lo que significa que el programa se acepta, dado que este valor refleja un valor positivo.

1.3. TASA INTERNA DE RETORNO (TIR).

La Tasa Interna de Retorno, representa aquella tasa porcentual que reduce a cero el valor actual neto del Proyecto.

La TIR muestra a los inversionistas la tasa de interés máxima a la que debe contraer préstamos, sin que incurra en futuros fracasos financieros. Para lograr esto se busca aquella tasa que aplicada al Beneficio Netos hace que el VAN sea igual a cero. A diferencia del VAN, donde la tasa de actualización se fija de acuerdo a las alternativas de Inversión externas, aquí no se conoce la tasa que se aplicara para encontrar el TIR; por definición la tasa buscada será aquella que reduce el VAN de un Proyecto a cero. En virtud a que la TIR proviene del VAN, primero se debe calcular el Valor Actual Neto.

El procedimiento para determinar la TIR es igual al utilizado para el calculo del VAN; para posteriormente aplicar el método numérico mediante aproximaciones sucesivas hasta acercarnos a un VAN = 0. Para el cálculo se aplica la siguiente formula del VAN:

$$VAN = -I_o + \sum_{i=1}^n \frac{F_i}{(1+t)^i} = 0$$
$$-I_o + \sum_{i=1}^n \frac{F_i}{(1+t)^i} = 0$$

Una forma práctica de desarrollar lo anterior es mediante el tanteo, llamado también por aproximaciones sucesivas, su manejo supone encontrar un VAN positivo y uno negativo a tasas distintas. Si con la tasa de descuento escogida el VAN resultante continua positivo, entonces habrá que repetir el calculo con una "i" mayor hasta hallar un VAN negativo.

Obtenido un VAN positivo y otro negativo, se procede a la aproximación dentro de estos márgenes hasta encontrar un VAN igual o cercano a cero, con lo que se arriba mas rápidamente a la TIR (la precisión es mayor cuando mas se aproxima a cero). Para el cálculo se aplica la siguiente formula:



$$0 = \frac{F_1}{(1+i)^1} + \frac{F_2}{(1+i)^2} + \frac{F_3}{(1+i)^3} + \frac{F_4}{(1+i)^4} + \frac{F_5}{(1+i)^5} - Inv.Inicial$$

Donde el criterio de aceptación o de rechazo es:

TIR \geq TMAR, entonces el modelo se acepta;

TIR $<$ TMAR, el modelo se rechaza.

$$0 = \frac{\$38,490.61}{(1+i)^1} + \frac{\$31,174.67}{(1+i)^2} + \frac{\$119,167.00}{(1+i)^3} + \frac{\$140,011.18}{(1+i)^4} + \frac{\$239,985.21}{(1+i)^5} - \$116,818.04$$

$$i = \text{TIR} = 56.71\%$$

Con el resultado anterior se demuestra la rentabilidad del programa. El rendimiento interno de la inversión de 56.71%; y es mayor que la tasa Mínima Aceptable de Rendimiento, cuyo valor es de 17.59%, por lo que desde este punto de vista, el programa de reducción de desperdicios es aceptable.

1.4. TIEMPO DE RECUPERACION DE LA INVERSION (TRI).

Representa el tiempo en el cual la suma de los Ahorros netos cubre el monto de la inversión del proyecto.

La formula utilizada es la siguiente:

$$T.R.I. = \frac{INVERSION_TOTAL}{AHORROS_PROMEDIO}$$

Ecuación Nº 28: Tiempo de recuperación de la inversión.
Fuente: Ingeniería económica Mc Graw Hill, Tarquin

Los ahorros promedio se determinan actualizando los ahorros y los costos en el periodo de análisis y dividiéndolos entre los 5 años de análisis, como se muestra a continuación:

$$AHORROS_PROM. = \frac{\$38,490.61 + \$31,174.67 + \$119,167.00 + \$140,011.18 + \$239,985.21}{5}$$

$$AHORROS_PROM. = \$113,765,84$$



Entonces, la TRI esta determinada por los siguientes valores:

$$TRI = \frac{\$116,818.04}{\$113.765,84}$$

$$TRI = 1.03 \text{ _años} \approx 13 \text{ _meses}$$

Se estima que la inversión inicial del programa propuesto se recuperará en un plazo de 1.03 años, el equivalente aproximado a 13 meses.

1.5. RELACION BENEFICIO-COSTO:

La relación Beneficio / Costo (B/C), muestra la cantidad de dinero actualizado que recibirá el programa de reducción de desperdicios propuesto por cada unidad monetaria invertida. Se determina dividiendo los ahorros brutos actualizados (beneficios) entre los costos actualizados. Para el calculo generalmente se emplea la misma tasa que se aplica para el calculo de la VAN. Este indicador mide la relación que existe entre los beneficios de la empresa modelo y los costos incurridos en el funcionamiento del programa. Los posibles resultados de la Relación Beneficio- Costo, se describen a continuación:

- a. Si la relación B/C es mayor que la unidad, el programa propuesto es aceptable, por que el beneficio es superior al costo.
- b. Si la relación B/C es menor que la unidad, el programa debe rechazarse porque no existe beneficio.
- c. Si la relación B/C es igual a la unidad, es indiferente llevar adelante el programa, porque no hay beneficio ni perdidas.

Para el cálculo de la relación beneficio / costo, se emplea la siguiente formula:

$$\frac{B}{C} = \frac{\frac{AB_1}{(1+i)^1} + \frac{AB_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{AB_n}{(1+i)^n}}{\frac{C_1}{(1+i)^1} + \frac{C_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{C_n}{(1+i)^n}}$$

Ecuación Nº 29: Relación Beneficio-Costo.
Fuente: Ingeniería económica Mc Graw Hill, Tarquin



Donde:

B/C= Relación Beneficio Costo

AB_n = Ahorros Brutos en el periodo "n"

C_n = Costos en el periodo "n"

i = Tasa Mínima Atractiva de Rendimiento.

Partiendo de la ecuación anterior, se tiene que el valor de la relación B/C es de:

$$\frac{B}{C} = \frac{\frac{\$52,050.00}{(1+0.1759)^1} + \frac{\$47,288.03}{(1+0.1759)^2} + \frac{\$132,726.36}{(1+0.1759)^3} + \frac{\$156,125.16}{(1+0.1759)^4} + \frac{\$274,389.57}{(1+0.1759)^5}}{\frac{\$13,559.39}{(1+0.1759)^1} + \frac{\$16,113.36}{(1+0.1759)^2} + \frac{\$13,559.39}{(1+0.1759)^3} + \frac{\$16,113.36}{(1+0.1759)^4} + \frac{\$34,404.36}{(1+0.1759)^5}}$$
$$\frac{B}{C} = 6,58$$

La Relación Beneficio – Costo del programa propuesto indica que por cada unidad monetaria invertida en el mismo, se obtendría un beneficio de 6.58 veces el valor de esa unidad monetaria (en dólares).



2. EVALUACION FINANCIERA.

En este apartado se realiza una evaluación Financiera al programa propuesto, esta evaluación toma en consideración la manera como se obtienen y se paguen los recursos financieros necesarios.

La Evaluación Financiera muestra el desempeño financiero del programa de reducción de desperdicios y es de especial interés para la fuente de financiamiento y comprende las siguientes partes:

1. *Razones Financieras.*
2. *Análisis de las Razones Financieras.*

2.1. RAZONES FINANCIERAS.

Existe una variedad de razones financieras que miden rendimiento y comportamiento de las inversiones sin tomar en cuenta el valor del dinero en el tiempo. Las razones Financieras que se evalúan para el programa propuesto se comparan con la evolución que cada una experimenta en el transcurso de los primeros 5 años de operación del programa. Las razones financieras objeto de evaluación se describen a continuación:

a. Rotación: Estas razones miden la velocidad de la gestión del programa, en la administración del capital de trabajo, expresan los efectos de decisiones y/o políticas seguidas por la empresa, con respecto a la utilización de sus fondos.

b. Rentabilidad: Las Razones de Rentabilidad miden la capacidad de generación de utilidad por parte del programa propuesto. Expresan el rendimiento de la empresa en relación con sus ventas, activos o capital.



RAZONES FINANCIERAS			
Razón	Formula	Dim.	Descripción
ROTACION			
Rotación de inventarios.	$\frac{\text{Inventario_Promedio}}{\text{Costos_de_Venta}} * 365$	Días	Cuantifica el tiempo que demora la inversión en inventarios hasta convertirse en efectivo y permite saber el número de veces que esta inversión va al mercado, en un año y cuantas veces se repone.
RENTABILIDAD			
Rendimiento Sobre la inversión.	$\frac{\text{Utilidad_Neta}}{\text{Activo_Total}} * 100$	%	Es una medida de la rentabilidad de la empresa como proyecto independiente.

Tabla N° 160: Descripción de las Razones Financieras mas importantes para evaluar el programa propuesto.
Fuente: "Ingeniería Económica". Anthony Tarquin. 5ª edición.

A continuación se presenta el resultado de la evaluación de las razones financieras con las que se evalúa el programa propuesto, para los primeros cinco años de operación.

Razón	Años				
	1	2	3	4	5
ROTACION					
Rotación de los Inventarios (Días)	53.47	52.87	52.30	51.74	51.19
Rotación Anual de los Inventarios (365/ Rotación de Invent.)	6.83	6.90	6.98	7.06	7.13
RENTABILIDAD					
Rendimiento Sobre la Inversión (Veces)	49.58	36.73	27.08	21.52	17.89

Tabla N° 161: Comparación de las Razones Financieras mas importantes para los primeros 5 años.
Fuente: Elaboración de Grupo, a partir del Anexo N° 26: SISTEMA DE COSTOS.



2.2. ANÁLISIS DE LAS RAZONES FINANCIERAS

a. INDICE DE ROTACION.

Rotación de los Inventarios.

Los resultados obtenidos en el cuadro anterior, representan los días en que los inventarios de la empresa modelo van al mercado. Para una mejor comprensión de este índice se explicaran los resultados obtenidos para el año 1, los 53.47 días es el tiempo en el que los inventarios tardan en llegar al mercado y el 6.83 significa el numero de veces que el inventario va al mercado en un año. A mayor rotación mayor movilidad del capital invertido en inventarios y más rápida recuperación de la inversión.

b. INDICE DE RENTABILIDAD.

Rendimiento Sobre la Inversión.

Los resultados obtenidos en el cuadro último para esta razón financiera muestra el porcentaje de rendimiento sobre la inversión obtenido por cada Unidad Monetaria (\$) invertida en los activos. Indicadores altos expresan un mayor rendimiento en las ventas y mayor rendimiento del dinero invertido.



2.3. ANÁLISIS DU PONT.

El sistema Du Pont de análisis financiero ha logrado un amplio reconocimiento en la industria estadounidense. Este sistema une los índices de actividad y el margen de utilidad sobre ventas y muestran como interactúan para determinar la rentabilidad de los activos. La naturaleza del sistema se muestra en la figura de la siguiente página. El lado derecho de la figura desarrolla el índice de rotación. Muestra la forma en que se añaden los activos circulantes a los activos fijos para obtener la inversión total; esta, dividida entre las ventas, da la rotación de la inversión.

El lado izquierdo de la figura desarrolla el margen de utilidad sobre ventas. Los gastos individuales más los impuestos sobre ingresos se restan de las ventas para producir las utilidades netas después de impuesto. Las utilidades netas divididas entre las ventas dan el margen de utilidad sobre ventas. Cuando el índice de rotación del activo que se encuentra a la derecha de la figura, se multiplica por el margen de utilidad sobre ventas que se ha desarrollado en el lazo izquierdo, se obtiene un producto que representa el rendimiento sobre la inversión total de la empresa (ROI). Esto puede apreciarse mejor utilizando la siguiente formula:

$$\frac{Utilidad}{Ventas} \times \frac{Ventas}{Inversion} = ROI$$

Ecuación Nº 30: Rendimiento Sobre la Inversión Total (ROI)
Fuente: Ingeniería económica Mc Graw Hill, Tarquin

Efectuando una multiplicación en la ecuación anterior, resulta que el Rendimiento Sobre la Inversión total (ROI) es igual a la Utilidad sobre la inversión; tal como se explico en el párrafo anterior.

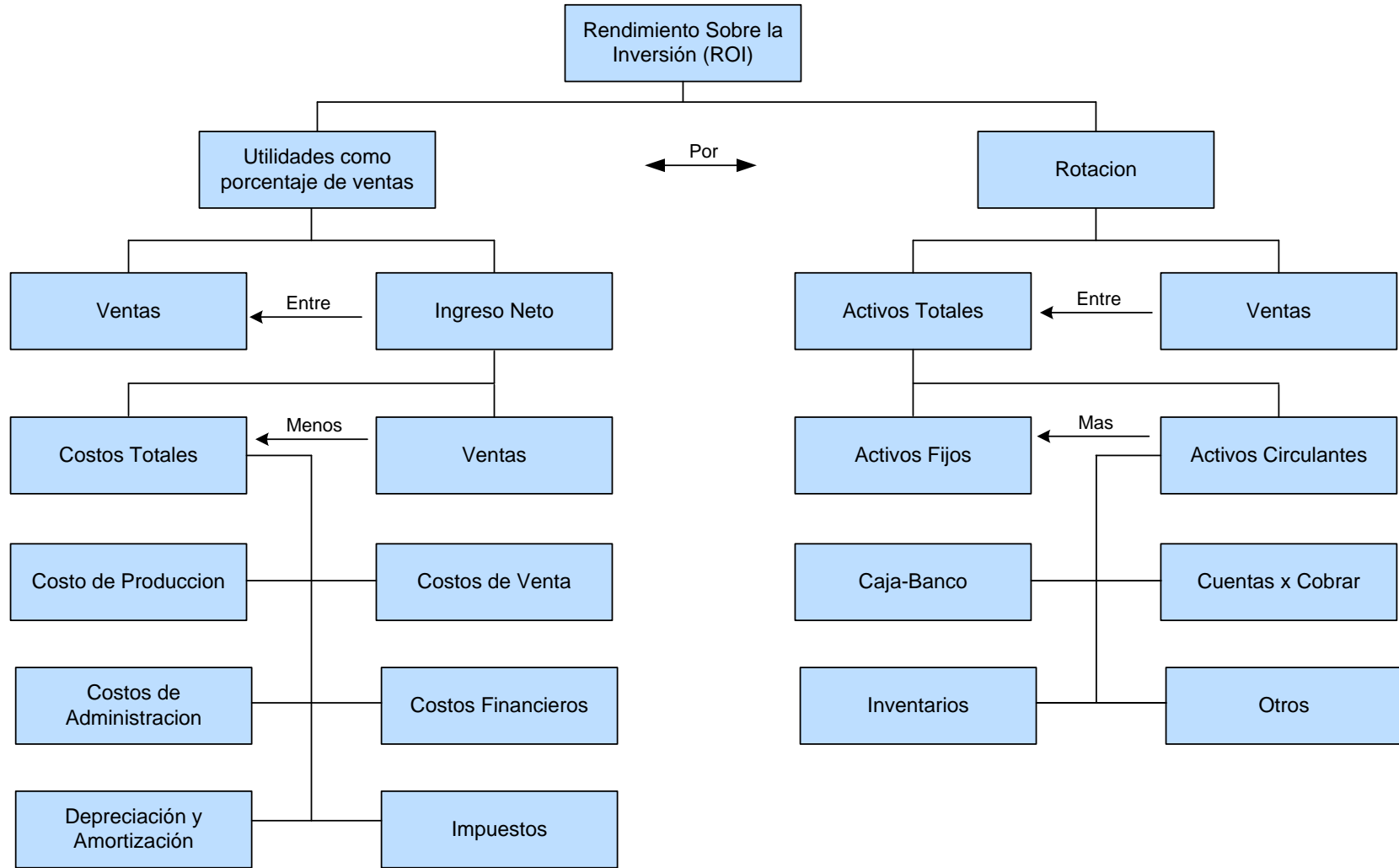


Figura N° 114: Representación grafica del Análisis Du Pont.
Fuente: Finanzas en administración, J.F. Weston



Al sustituir los datos solicitados en la representación grafica anterior, se obtiene la Figura Nº 115 que se muestra en la página siguiente, e indica que la rotación del programa es de 1.18, lo cual se debe comparar con el promedio de la industrial, que es de 2 veces⁷³; el margen sobre ventas es de 40.36% en comparación de un 10% medio para la industria. Al multiplicar estos índices, la rotación y el margen de utilidad producen un rendimiento sobre los activos igual a 47.53%, tasa que se encuentra sobre el promedio de la industria de 20%.

El 40.36% de utilidades como porcentaje de ventas representan el margen de ganancia del proyecto respecto al volumen de venta, mientras que el 1.18 de rotación indica el numero de veces que representan las ventas sobre los activos totales de la empresa modelo. Al multiplicar el 40.36% de las utilidades como porcentaje de ventas por el 1.18 de la rotación; se obtiene un 47.53% de Rendimiento Sobre la Inversión y representa “*El porcentaje de utilidades anuales que alcanza la inversión total en el proyecto*”.

Al comparar el ROI del programa propuesto con el actual, se obtiene una diferencia de aproximadamente un 11% del rendimiento sobre la inversión; en donde los costos actuales son estimados por la sumatoria de los costos propuestos y los ahorros del programa. Los activos de la Figura Nº 116 son establecidos partiendo del Anexo Nº 25: “Balance general de la situación actual”.

Si se desea volver a elevar el nivel de rotación sobre un 2.0% del promedio de las empresas de la industria manufacturera, deberán realizare esfuerzos encaminados a:

1. Buscar nuevas formas de reducir al mínimo los inventarios de materia prima, a través de un abastecimiento con tiempos de servicio más cortos que los actuales. En caso de ser posible en un futuro emplear un abastecimiento de “hale” que permita eliminar los inventarios de materia prima.
2. Reducir la inversión en activos fijos, sin permitir una baja en la producción y ventas de la empresa.
3. Aumentar las ventas sin bajar los activos totales de la empresa.
4. Las dos ultimas opciones.

⁷³ Fuente: “Finanzas en la Administración”, J.F. Weston, 7ª edición. Pág. 169

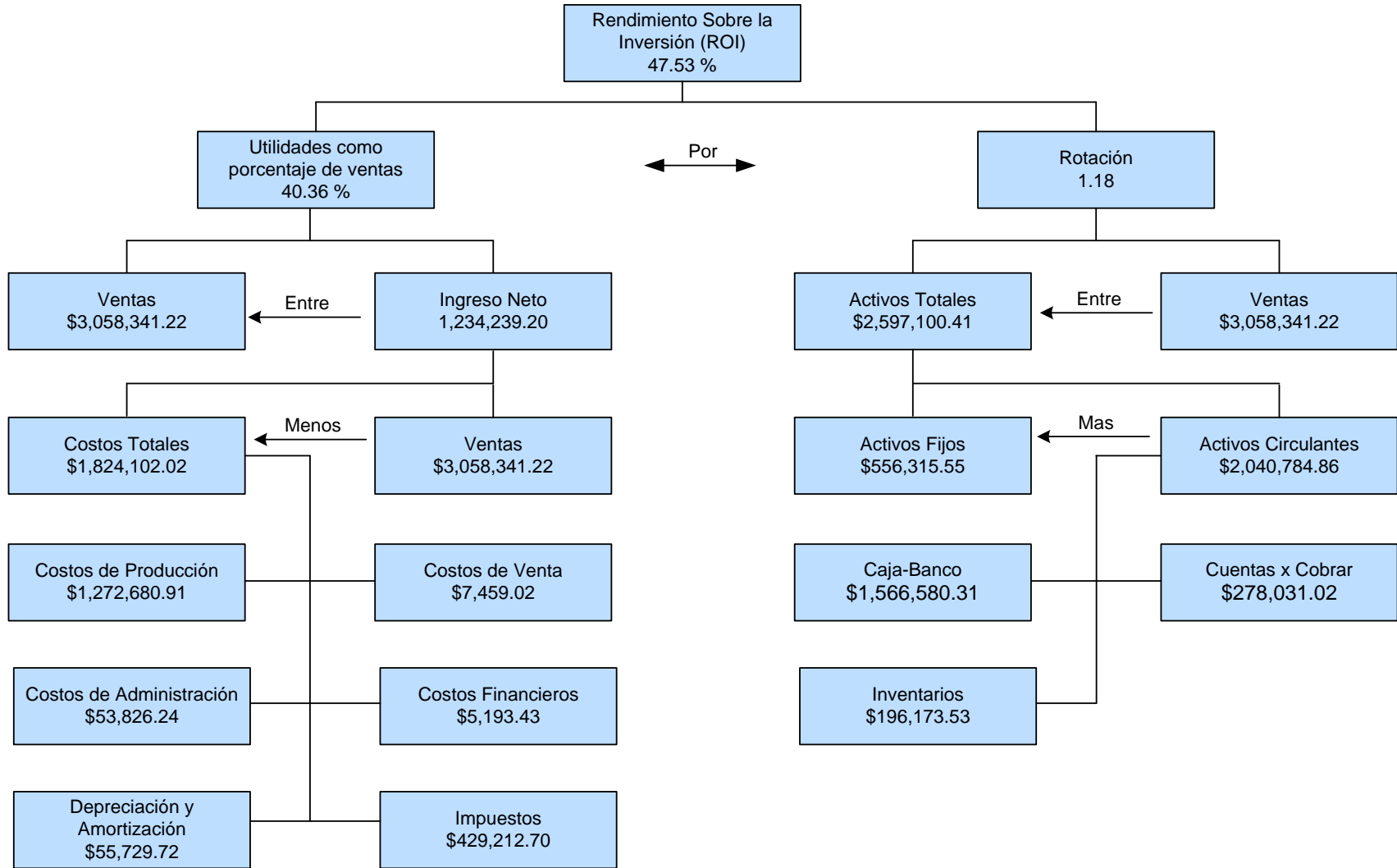


Figura N° 115: Representación grafica del Análisis Du Pont para el programa.
Fuente: Elaboración de grupo a partir del Anexo N° 26: sistema de costos.

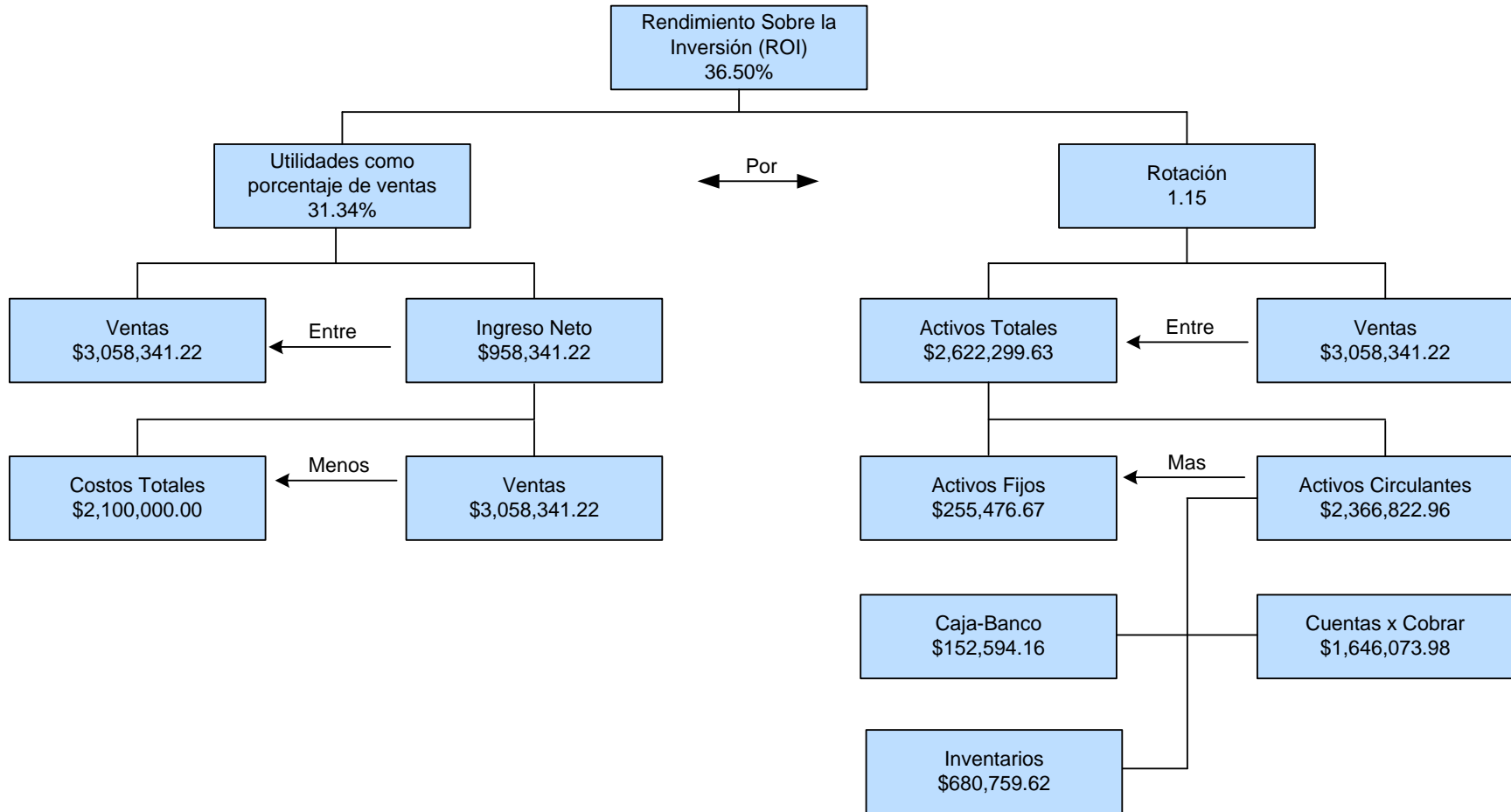


Figura N° 116: Representación grafica del Análisis Du Pont actual⁷⁴ de la empresa modelo.
Fuente: Elaboración de grupo

⁷⁴ Los costos Totales son determinados a partir de los costos propuestos en el Anexo N° 26 más los ahorros anuales del programa de la Pág. 338. Las ventas de la S.A. son las mismas de la S.P.



3. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.

Se denomina análisis de sensibilidad (AS) al procedimiento por medio del cual se analizan escenarios probables que efectivamente existe el riesgo que ocurran y así poder determinar cuánto se afectan los indicadores de la Evaluación Económica: la Tasa Interna de retorno (TIR), El Valor Actual Neto (VAN), Tiempo de Recuperación de la Inversión (TRI) y la Relación Beneficio-Costo.

El presente programa tiene una gran cantidad de variables, como lo son las inversiones y costos totales, divididos en diferentes rubros. El Análisis de Sensibilidad no estaría encaminado a modificar cada una de esas variables para observar su efecto sobre los resultados de la Evaluación Económica, puesto que existen variables que al modificarlas afectan automáticamente a las demás o su cambio puede ser compensado de inmediato.

Así pues, a fin de prever los niveles de riesgo que enfrentaría el desempeño Económico del programa ante tales situaciones se analizan los siguientes escenarios:

3.1. ESCENARIO 1: La empresa modelo decide posponer la aplicación del programa, por lo cual las inversiones y los costos de funcionamiento del programa aumentan en un 10% al momento de la implementación.

Este escenario se desarrolla debido a que la empresa modelo debe consultar el programa y gestionar los fondos para la aplicación del mismo; mientras tanto, el tiempo avanza y consigo la inflación, lo que conduciría a un aumento de la inversión inicial y los costos de funcionamiento.

Los resultados obtenidos para el programa propuesto son los siguientes:

V.A.N.= \$174.513,51

T.I.R.= 51.01%

T.R.I.= 13.78 meses

B / C = 5,98

Con este escenario, el programa es también aceptable; puesto que el VAN sigue siendo positivo y la TIR tiene un valor superior a la TMAR, sin embargo es normal que el TRI sea mayor y la relación B/C tengan un valor menor.



3.2. ESCENARIO 2: Los ahorros del programa se disminuyen en un 25%.

Este escenario se ha considerado por las dificultades que tiene la mano de obra salvadoreña para adaptarse a nuevos patrones de funcionamiento en los cuales habría de realizarse las operaciones en un ambiente limpio y ordenado, solicitando disciplina para efectuar la acción correcta en el momento indicado. Por estas y otras razones el programa podría presentar variantes en los ahorros estimados.

Los resultados obtenidos para el programa propuesto son los siguientes:

V.A.N.= \$100.772,58

T.I.R.= 40.26 %

T.R.I.= 17,38 meses

B/C = 4,93

Con este segundo escenario, el proyecto es también aceptable; puesto que el VAN sigue siendo positivo y la TIR tiene un valor superior a la TMAR, sin embargo es normal que el TRI sea mayor y la relación B/C tengan un valor menor.

3.3 RESULTADOS DEL ANALISIS DE SENSIBILIDAD.

De los resultados obtenidos en los dos Escenarios del Análisis de Sensibilidad se puede concluir que un aumento en las inversiones y funcionamiento o una disminución en los ahorros totales, no representa un fracaso del programa.



4. EVALUACION COMPETITIVA.

La evaluación competitiva puede estar referido a tres diferentes niveles: competitividad de industrias, de países y de empresa; siendo este último el que se relaciona directamente con la manufactura esbelta ya que la fusión de los dos términos da como resultado un análisis interno de la empresa que asocia términos como: rentabilidad, productividad costos, valor agregado, entre otros.

En la literatura económica a menudo se usa la productividad como el mejor indicador para estimar competitividad⁷⁵, y ésta se define como la tasa de un volumen de medida del producto con relación a un volumen de medida de uso de factores productivos, en consecuencia, es una apreciación cualitativa que califica la capacidad de una empresa para transformar los recursos que ésta consume en la producción de los bienes y servicios que ofrece al público.

Para que una empresa sea competitiva y pueda estar entre las mejores de su categoría, dentro de ella se debe entender la productividad como la capacidad de la empresa para agregar valor a los recursos que ésta consume. Este valor agregado es el que la empresa ofrece al público, y determina en gran medida el precio que los consumidores estarán dispuestos a pagar por el producto que está ofreciendo la empresa. Si los consumidores están dispuestos a pagar por este valor agregado más de lo que gasta la empresa, entonces la empresa tiene beneficios; es productiva y competitiva en el mercado. La productividad de una empresa, en consecuencia, dependerá de su capacidad para generar actividades que den valor agregado, actividades que sean productivas, y dependerá de muchos factores, incluyendo la calidad y cantidad de los productos que ofrece la empresa y los gastos en que ésta incurre, por lo que medir la productividad con un indicador universal resulta muy ambicioso. Por esta razón, para propósitos administrativos, cuando se trata de medir la productividad, no se considera un único indicador, sino más bien varios índices de productividad.

En términos generales, un índice de productividad es el cociente entre la producción de un proceso y el gasto o consumo de dicho proceso:

$$\text{Índice _ productivo} = \frac{\text{Produccion _ obtenida}}{\text{Consumo}}$$

Ecuación Nº 31: Índice de productividad.

Fuente: Ingeniería y administración de la productividad, David Sumanth, McGraw-Hill, 1990.

⁷⁵ Fuente: Ing. y Administración de la Productividad, David J. Sumanth Ph. D. McGraw-Hill 1990



Si la producción crece para un mismo nivel de consumo, el índice de productividad crece, indicando que la empresa es más productiva, es decir, administra mejor sus recursos para producir más con la misma cantidad de recursos. Un índice de productividad puede utilizarse para comparar el nivel de eficiencia de la empresa, ya sea en su conjunto, o de uno o varios recursos en particular. De acuerdo con estos objetivos, puede haber índices de productividad total, o índices de productividad parcial. Un índice de productividad total es el cociente entre la producción y el consumo total de todos los factores.

$$\text{Índice de productividad total} = \frac{\text{Producción}}{\text{Consumo Total}}$$

Ecuación N° 32: Índice total de la productividad.

Fuente: Ingeniería y administración de la productividad, David Sumanth, McGraw-Hill, 1990.

Un índice de productividad parcial es el cociente entre la producción y el consumo de uno o varios factores, con los cuales se puede conocer si se está consumiendo mucha materia prima y, en ese caso, se deberán investigar cuáles son las fuentes de desperdicio. Sin embargo, el administrador podría tener dificultades para detectar las causas de ineficiencia si la fabricación de su producto requiere de varias actividades; pudiera ser que una actividad fuera altamente productiva, mientras que otra actividad es ineficiente. Por esta razón no basta considerar índices de productividad parciales, si además no se registra la productividad por actividades. Con la finalidad de tener mayor información, consideramos índices de productividad de las actividades del proceso productivo:

$$\text{Índice de productividad de la actividad} = \frac{\text{Producción de la actividad}}{\text{Consumo de la actividad}}$$

Ecuación N° 33: Índice de productividad por actividad.

Fuente: Ingeniería y administración de la productividad, David Sumanth, McGraw-Hill, 1990.

Cuando utilizamos un índice de productividad, las unidades que hemos usado son de mucha importancia. Una de las formas de medir la productividad de la mano de obra en estas actividades sería considerando el tiempo que los operarios dedicaron a esta actividad.



4.1. ESTABLECIMIENTO DE LOS ÍNDICES DE PRODUCTIVIDAD.

Los índices de productividad elegidos dependerán de los factores de producción más importantes en el proceso; y para efectuar el análisis en la empresa modelo se realiza una comparación entre dos diferentes situaciones en la empresa: situación actual y propuesta; en las cuales se calculan dos diferentes tipos de índices:

- ✓ Índices de productividad Parciales: para los cuales es necesario llegar al detalle de las actividades del proceso productivo (índices de productividad por actividades o procesos), ya que un índice de productividad total no permite conocer con exactitud cuál es la fuente de improductividad. Para planear el cálculo de nuestros índices de productividad, en consecuencia, debemos conocer las actividades de nuestro proceso productivo; que lo hemos logrado con las diferentes herramientas empleadas a lo largo del trabajo (flujo de proceso, mapeo de la cadena del valor, Hoja de operaciones estándar, entre otras).

Los índices de productividad parciales calculados en la empresa son: índice de trabajo que comprende la medición de la productividad de la mano de obra en cada proceso de la empresa e índice de la maquinaria, que es estimado de manera similar.

- ✓ Índices de productividad total: son aquellos que analizan en forma global el funcionamiento de la empresa. Para el estudio han sido realizados los siguientes: índice de trabajo global, de maquinaria global e índice de calidad.

Con esta información, se puede construir las tablas de consumos, para el periodo de producción más adecuado (un turno, un día, una semana, un mes), para nuestro caso se calculara para los periodos de un mes y diarios.

Los objetivos que se buscan al analizar los índices de productividad son:

- a. Los índices de productividad permiten controlar el desempeño de la empresa, en particular, para detectar algún cambio en la productividad de la empresa.
- b. Los índices de productividad pueden usarse para comparar los beneficios relativos que pueden obtenerse con algún cambio en la utilización de los factores de producción.
- c. Los índices de productividad pueden usarse para propósitos administrativos internos como, por ejemplo, la negociación con el personal.



Entre los índices de productividad identificados a utilizar están:

Productividad Total	$= \frac{\text{Produccion_Total}}{\text{Total_de_insumos}}$
Productividad del Trabajo	$= \frac{\text{Produccion_del_proceso}}{\text{Total_horas_hobre_requeridas_en_el_proceso}}$
Productividad Maquinaria	$= \frac{\text{Produccion_del_proceso}}{\text{Total_horas_maquina_requeridas_en_el_proceso}}$
Productividad – Calidad	$= \frac{\text{Cantidad_de_productos_buenos}}{(\text{Prod_buenos})(\text{Costo_proces.}) + (\text{Prod_defec.})(\text{Costo_reproces.})}$

Tabla N° 162: Índices de productividad identificados.

Fuente: Ingeniería y administración de la productividad, David Sumanth, McGraw-Hill, 1990.

4.2. INSUMOS PARA LOS ÍNDICES DE PRODUCTIVIDAD.

Los insumos para calcular los índices de productividad en la empresa modelo están constituidos por los diagramas que describen el proceso de producción de la empresa y que han sido elaborados en las etapas anteriores del estudio entre los cuales tenemos: diagrama de operaciones (Pág. 227, 228 y 229), mapeo de la cadena del valor (Pág. 128), balance de línea (Pág. 247), el Takt Time de la empresa (Pág. 131) y la Hoja de operaciones estándar (Pág. 244, 245 y 246); estos son necesarios para realizar el análisis de la competitividad interna de la empresa tipo a través de los índices de productividad, por lo cual es necesario plantearlos en las dos situaciones analizadas, situación actual y propuesta.

a. Costos de los productos

Al implementar un nuevo sistema de producción los costos de los artículos disminuyen, lo que interesa es conocer esta variación por lo que se establecerán los insumos para poder calcular esta variación.

► Situación actual:

En esta los costos son proporcionados por la empresa modelo, y son un reflejo del nivel de productividad con que trabaja el sistema productivo actual.



PRODUCTO	COSTO DEL PRODUCTO ⁷⁶	UNIDADES MENSUALES REQUERIDAS ⁷⁷	COSTO MENSUAL DE PRODUCCIÓN
A1	\$0,62	140.343	\$87.012,66
A2	\$0,87	37.422	\$32.557,14
A3	\$0,88	9.366	\$8.242,08
TOTAL		187.131	\$127.811,88

Tabla N° 163: Costo de producción mensual por cada producto sin la aplicación del programa.
Fuente: Elaboración propia, a partir del costo de producción y las unidades mensuales a elaborar.

► **Situación con programa:**

Los costos mostrados son los alcanzados al implementar el programa y serán útiles para ver el porcentaje de mejora logrado.

PRODUCTO	COSTO DEL PRODUCTO ⁷⁸	UNIDADES MENSUALES REQUERIDAS	COSTO MENSUAL DE PRODUCCIÓN
A1	\$0,54	140.343	\$75.785,22
A2	\$0,79	37.422	\$29.563,38
A3	\$0,80	9.366	\$7.492,80
TOTAL		187.131	\$112.841,40

Tabla N° 164: Costo de producción mensual por cada producto con la implementación del programa.
Fuente: Elaboración propia, a partir del costo de producción y las unidades mensuales requeridas.

b. Total de horas-hombre

El total de horas hombre se estima para realizar la comparación entre las horas efectivas de la situación sin programa y donde ya esté aplicado; con el objetivo de comparar los dos estados y calcular los costos incurridos y así poder analizar los beneficios obtenidos.

► **Situación actual:**

El número de operarios en la situación actual es de 70, la tabla siguiente muestra cuantas horas efectivas se tienen al mes en toda la planta. Así mismo se calcula el costo mensual de la mano de obra para toda la planta

NUMERO DE TRABAJADORES	HORAS MENSUALES EMPLEADAS	COSTO POR HORA ⁷⁹	COSTO MENSUAL DE LA M.O.
70	12862,5	\$1,16	\$14.920,50

Tabla N° 165: Costo mensual de la mano de obra.
Fuente: Elaboración propia, a partir del mapeo de la cadena de valor de la empresa.

⁷⁶ Datos proporcionados por la empresa modelo.

⁷⁷ A partir del plan de producción para Julio 2006, empleado en la etapa de Diseño

⁷⁸ Ver Anexo N° 26: Sistema de costo para la empresa modelo.

⁷⁹ Tomando como base el salario mínimo aplicado en la empresa modelo.



El detalle de las horas efectivas mensuales por proceso que se muestra en la siguiente tabla es calculado por medio del total de operarios asignados a dicho proceso multiplicado por las horas efectivas diarias; el costo de la mano de obra es igual a multiplicar las horas mensuales efectivas por el salario mínimo mensual.

PROCESOS	NUMERO DE EMPLEADOS	HORAS MENSUALES EFECTIVAS	COSTO MENSUAL DE LA MANO DE OBRA
INYECCIÓN	6	1102,5	\$1.278,90
TOMBOLEADO	2	367,5	\$426,30
LIMADO	8	1470	\$1.705,20
TROQUELADO	18	3307,5	\$3.836,70
ENSAMBLE	23	4226,25	\$4.902,45
PINTURA	7	1286,25	\$1.492,05
EMPAQUE	6	1102,5	\$1.278,90
TOTAL	70	12862,5	\$14.920,50

Tabla N° 166: Numero de empleados, horas efectivas laboradas y costo de mano de obra.

Fuente: Elaboración propia, a partir del numero necesario de operarios en cada proceso y las horas efectivas.

► **Situación con programa:**

El número de trabajadores, las horas efectivas mensuales son estimadas por medio de las hojas de operaciones estándar, el costo mensual resulta de multiplicar el número de operarios por el salario mínimo.

NUMERO DE TRABAJADORES	HORAS MENSUALES EMPLEADAS	COSTO POR HORA	COSTO MENSUAL DE LA M.O.
28	5145	\$1,16	\$5.968,20

Tabla N° 167: Costo mensual de la mano de obra con la implementación del programa.

Fuente: Elaboración propia, a partir de las hojas de operaciones estándar del trabajo estandarizado.

La asignación del numero de operario se muestra en la Tabla N°: 168, en ella se calcula el tiempo efectivo por mes, del cual dispone el proceso para elaborar las piezas demandadas y el costo mensual de la mano de obra.

PROCESO	NUMERO DE EMPLEADOS	HORAS MENSUALES EFECTIVAS	COSTO MENSUAL
INYECCIÓN	4	735	\$852,60
TROQUELADO	4	735	\$852,60
ENSAMBLE	10	1837,5	\$2.131,50
PINTURA	5	918,75	\$1.065,75
EMPAQUE	5	918,75	\$1.065,75
TOTAL	28	5145	\$5.968,20

Tabla N° 168: Numero de operarios, horas mensuales efectivas y costo mensual.

Fuente: Elaboración propia, a partir del numero necesario de operarios en cada proceso y las horas efectivas.



c. Total de horas-maquina.

Verificar los niveles de productividad de la maquinaria nos ayuda a conocer sus niveles de uso, las cantidades de productos elaborados por hora; y al tener los dos estados (sin programa o con programa), ver la mejora lograda con el nuevo sistema.

► **Situación actual:**

El número de maquinas en cada proceso y las horas mensuales efectivas (total de horas diarias efectivas por el total de días laborales en el mes), se muestra en la siguiente tabla:

PROCESOS	NUMERO DE MAQUINAS EMPLEADAS EN CADA PROCESO	HORAS MENSUALES EFECTIVAS
INYECCIÓN	3	551,25
TOMBOLEADO	2	367,5
LIMADO	8	1470
TROQUELADO	12	2205
ENSAMBLE	15	2756,25
PINTURA	3	551,25
EMPAQUE	4	735

Tabla N° 169: Numero de maquinas y las horas efectivas empleadas.
Fuente: Elaboración propia, a partir del numero necesario de maquinas en cada proceso.

► **Situación con programa:**

Las horas efectivas de la maquinaria que tiene cada proceso es calculada en la tabla siguiente:

PROCESO	NUMERO DE MAQUINAS EMPLEADAS EN CADA PROCESO	HORAS MENSUALES EFECTIVAS
INYECCIÓN	2	367,5
TROQUELADO	4	735
ENSAMBLE	10	1837,5
PINTURA	2	367,5
EMPAQUE	4	735

Tabla N°: 170: Numero de maquinas y las horas mensuales efectivas.
Fuente: Elaboración propia, a partir del numero de maquinas en cada proceso.

d. Capacidad de producción por proceso.

La capacidad de producción determina el número de piezas que se pueden procesar. Lo que se busca es el equilibrio con la demanda del mercado para evitar la sobreproducción y disminuir los inventarios de productos en proceso.



Situación actual:

La capacidad de producción actual sobrepasa la demanda del mercado, lo cual genera inventarios excesivos, el detalle de esta capacidad se muestra en la tabla siguiente.

La capacidad de producción mensual (CPM), esta dada por:

$$CPM = \frac{(\# \text{ de Maq del proceso}) \cdot (\text{Horas efectivas}) \cdot (\text{Días laborales mensuales}) \cdot (3600)}{\text{Duración de ciclo}}$$

Ecuación N° 34: Capacidad de producción mensual.
Fuente: Elaboración propia.

PROCESO	DURACIÓN DEL CICLO (Seg)	CAPACIDAD MENSUAL DE PRODUCCIÓN
INYECCIÓN	2,95	672.712
TOMBOLEADO	6,00	220.500
LIMADO	8,56	618.224
TROQUELADO	13,99	567.405
ENSAMBLE	35,28	281.250
PINTURA	6,62	299.773
EMPAQUE	12,95	204.324

Tabla N° 171: Capacidad de producción en cada proceso en situación sin programa.
Fuente: Elaboración propia, a través de la duración de ciclo y el tiempo efectivo en cada proceso.

► **Situación con programa:**

En la situación con programa la capacidad de producción se adecua a la demanda del mercado, tratando que cada proceso fabrique piezas a un mismo ritmo evitando los inventarios. Se calcula de la misma manera que la anterior, solo teniendo en cuenta el numero de maquinas propuestos para cada proceso.

PROCESO	DURACIÓN DE CICLO (Seg)	CAPACIDAD MENSUAL DE PRODUCCIÓN
INYECCIÓN	2,95	448.475
TROQUELADO	13,99	189.135
ENSAMBLE	35,28	187.500
PINTURA	6,62	199.849
EMPAQUE	12,95	204.324

Tabla N° 172: Capacidad de producción en cada proceso en situación con programa.
Fuente: Elaboración propia a través de la duración de ciclo y el tiempo efectivo en cada proceso.

e. Productos defectuosos

Los productos defectuosos tienen gran impacto sobre los costos de la empresa por ello con el diseño del programa se buscó crear dispositivos para evitar la aparición de estos.



► **Situación actual:**

Se detallan los costos en los cuales se incurre por no poseer mecanismos que detecten los errores; el análisis se hace para un día de trabajo.

COSTO DE LOS PRODUCTOS DEFECTUOSOS SITUACIÓN ACTUAL			
PRODUCTOS	CANTIDADES DIARIAS PRODUCIDAS	PORCENTAJE DE PRODUCTOS DEFECTUOSOS	COSTO DE PRODUCTOS DEFECTUOSOS ⁸⁰
A1	6683	7%	\$290,04
A2	1782	5%	\$77,52
A3	446	6%	\$23,55
TOTALES	8911	18%	\$391,11

Tabla Nº 173: Costo por los productos defectuosos.

Fuente: Elaboración propia, a partir del porcentaje de productos defectuosos.

► **Situación con programa:**

En el cuadro siguiente se muestran los costos en los cuales se incurre al implementar un sistema de detección de errores.

COSTO DE LOS PRODUCTOS DEFECTUOSOS SITUACIÓN PROPUESTA			
PRODUCTOS	CANTIDADES DIARIAS PRODUCIDAS	PORCENTAJE DE PRODUCTOS DEFECTUOSOS	COSTO DE PRODUCTOS DEFECTUOSOS ⁸¹
A1	6683	0,1000%	\$3,61
A2	1782	0,1000%	\$1,41
A3	446	0,1000%	\$0,36
TOTALES	8911	0,3000%	\$5,37

Tabla Nº 174: Costo por los productos defectuosos.

Fuente: Elaboración propia, a partir del porcentaje de productos defectuosos.

El porcentaje de productos defectuosos que se espera obtener es de uno por cada mil, no obstante Manufactura Esbelta exige hasta 10PPM (10 de cada millón), sin embargo por ser un sistema nuevo y adecuando a nuestros estándares sea estimado lo anterior.

4.3 DETERMINACIÓN DE ÍNDICES.

Los índices permiten relacionar diferentes variables proporcionando resultados que pueden describir una determinada situación. En nuestro caso se realiza una comparación entre la situación actual y la situación con programa para evidenciar los resultados alcanzados.

⁸⁰ El costo de los productos defectuosos es igual a multiplicar las cantidades diarias producidas por el porcentaje de productos defectuosos por el costo de producción.

⁸¹ Similar al de la situación sin programa, solamente que es costo de producción es el obtenido en la situación con programa.



a. Ciclo del producto

Este ciclo se calcula desde que la materia prima sale de la bodega hasta que el producto terminado se almacena para su envío.

TIEMPO DE PROCESAMIENTO DEL PRODUCTO ACTUAL	TIEMPO DE PROCESAMIENTO DEL PRODUCTO CON EL PROGRAMA
129 SEG/PROD	58 SEG/PROD
MEJORAMIENTO	55.04%

Tabla N° 175: Tiempo de procesamiento del producto.

Fuente: Elaboración propia, a partir de sumar las duraciones de las operaciones.

El tiempo de procesamiento del producto se ha disminuido en un 55.04%, como resultado de las mejoras propuestas lo cual es un logro importante ya que el tiempo de ciclo se acorta con lo cual se evita que exista demasiado producto en proceso.

b. Producto en proceso

El análisis que se realiza es para investigar el porcentaje de disminución de los productos en proceso en la empresa modelo. En manufactura esbelta la disminución de estos es de suma importancia por lo que es necesario obtener resultados significativos. La cantidad de producto en proceso en la situación actual es determinada por la empresa modelo y en la situación propuesta es la sumatoria de los productos que están en cada estación de trabajo, los lotes que poseen Kanban y el 5% de colchón que se estableció en la etapa de diseño. La producción se toma del total de unidades mensuales requeridas de la Tabla N° 163.

PRODUCTO EN PROCESO	S.A.	S.P.
CANTIDAD DE PRODUCTO EN PROCESO	214.929 ⁸²	48.426 ⁸³
PRODUCCIÓN MENSUAL REQUERIDA	187.131	187.131
ÍNDICE	1,15	0,26
VARIACIÓN	77,39%	

Tabla N° 176: Relación de productos en proceso con la cantidad mensual a producir.

Fuente: Elaboración propia, a partir de la cantidad total de productos en proceso entre la producción por mes.

Al analizar los resultados obtenidos podemos decir que en la situación actual existe 1.15 productos en proceso por cada elaborado y en la situación propuesta existe 0.26 productos en proceso por cada elaborado, lo cual representa una disminución del 77.39% de los inventarios de productos en proceso.

⁸² Tomado de Obras en Proceso del Balance General de la Empresa Modelo 2006

⁸³ Sumatoria de los productos que están en cada estación de trabajo, los lotes que poseen Kanban y el 5% de colchón que se estableció en la etapa de diseño



c. Índice del recurso mano de obra.

Este índice nos permite conocer cual es la relación producción del proceso sobre total de recursos empleados por el proceso. Los insumos son proporcionados por las Tablas N° 166: numero de empleados y horas mensuales efectivas y Tabla N° 171: capacidad de producción en cada proceso en situación sin programa. De igual manera para la situación con programa los insumos son tomados de las Tablas N°:168 y N°: 172.

El índice de capacidad de la mano de obra (ICMO), se determina de la siguiente manera:

$$ICMO = \frac{\text{Capacidad de producción del proceso mensual}}{(\# \text{ operarios del proceso})(\text{Horas efectivas})(\text{Dias laborales por mes})}$$

Ecuación N° 35: Índice de capacidad de producción de la mano de obra.
Fuente: Elaboración propia

ÍNDICE DE CAPACIDAD DEL PROCESO DE ACUERDO AL RECURSO MANO DE OBRA POR MES			
PROCESO	ÍNDICE		VARIACIÓN CON LA SITUACIÓN ACTUAL
	SITUACIÓN ACTUAL	SITUACIÓN PROPUESTA	
INYECCIÓN	610.17	610.17	0,00%
TOMBOLEADO	600.00		
LIMADO	420.56		
TROQUELADO	171.55	257.33	33,33%
ENSAMBLE	66.55	102.04	34,78%
PINTURA	233.06	217.52	-7,14%
EMPAQUE	185.33	222.39	16,67%
PROMEDIO			15,53%

Tabla N° 177: Determinación de la productividad de la mano de obra.
Fuente: Elaboración propia, a partir de la producción total por proceso entre el numero de trabajadores por el tiempo efectivo por mes.

Los resultados proporcionados muestran que no existe variación para el proceso de inyección, se procesan 610.17 productos por cada hora hombre empleada, los procesos de tomboleado e inyección en la situación propuesta fueron suprimidos; para el proceso de troquelado se incremento la productividad en un 33.33%, para la línea de ensamble un 34.78%, para pintura existe un decremento en la productividad del 7% debido a que la capacidad de producción se reduce ya que el personal asignado es mucho menor, sin embargo es la capacidad de este proceso suple las necesidades diarias de producción y por ultimo el proceso de empaque incrementa su productividad en un 16.67%.



d. Índice del recurso maquinaria.

La relación de la capacidad de producción del proceso (Tabla N° 171 para situación actual y Tabla N° 172 para situación con programa) sobre el numero de maquinas empleadas por el tiempo efectivo proporcionan el índice de empleo de la maquinaria (Tabla N° 169 para situación actual y Tabla N° 170 para situación con programa).

El índice de capacidad de la maquinaria (ICM), se determina de la siguiente manera:

$$ICM = \frac{Capacidad _ de _ produccion _ del _ proceso _ mensual}{(\# _ maquinas _ del _ proceso)(Horas _ efectivas)(Dias _ laborales)}$$

Ecuación N° 36: Índice de capacidad de producción de la maquinaria.
Fuente: Elaboración propia

INDICE DE CAPACIDAD DEL PROCESO DE ACUERDO AL RECURSO MAQUINARIA POR MES			
PROCESO	ÍNDICE		VARIACIÓN
	SITUACIÓN ACTUAL	SITUACIÓN PROPUESTA	
INYECCIÓN	1220,34	1220,34	0%
TOMBOLEADO	600,00		
LIMADO	420,56		
TROQUELADO	257,33	257,33	0%
ENSAMBLE	102,04	102,04	0%
PINTURA	543,81	543,81	0%
EMPAQUE	277,99	277,99	0%
PROMEDIO			0%

Tabla N° 178: Determinación de la productividad de la maquinaria.

Fuente: Elaboración propia, a partir de la producción total por proceso entre el numero de maquinas por el tiempo efectivo por mes.

Los resultados muestran que no existe variación en cuanto a la relación producción sobre total de recursos empleados aun cuando el número de maquinaria se ha disminuido.

e. Resultados obtenidos de la capacidad de producción y el costo de mano de obra.

El análisis realizado consiste en comparar el estado propuesto contra el actual para conocer el porcentaje disminuido. Los insumos provienen de las Tablas N° 171 y N° 172, para la capacidad de producción y de las Tablas N° 166 y N° 168, para el costo de mano de obra.

La comparación de la capacidad de producción se realiza de la siguiente manera:

$$Variacion = \frac{(Capacidad _ produccion _ actual) - (Capacidad _ propuesta)}{Capacidad _ actual}$$

Ecuación N° 37: Calculo de la variación de la capacidad de producción.
Fuente: Elaboración propia



Para comparar el costo de mano de obra:

$$Variacion = \frac{(Costo_mensual_de_mano_de_obra_actual) - (Costo_propuesto)}{Costo_actual}$$

Ecuación N° 38: Variación del costo de la mano de obra.

Fuente: Elaboración propia

PROCESO	COMPARACIÓN CON LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN ⁸⁴	COMPARACIÓN CON EL COSTO DE LA MANO DE OBRA
INYECCIÓN	33%	33%
TROQUELADO	67%	78%
ENSAMBLE	33%	57%
PINTURA	33%	29%
EMPAQUE	0%	17%

Tabla N° 179: Relación de la capacidad de producción y de la mano de obra.

Fuente: Elaboración propia, relacionando la capacidad de producción de cada proceso y de la mano de obra analizando su reducción.

La capacidad de producción en casi todos los procesos se ha disminuido con el objetivo que los procesos fabrique piezas al mismo ritmo con que demanda el mercado. El costo de mano de obra también se ve disminuido con la implementación del programa.

f. Razón productividad calidad.

En este índice se relaciona los productos buenos sobre el total de productos elaborados por su costo más los productos defectuosos por el costo en que se incurre. Lo que se demuestra en este índice es como al mejorar la calidad se incrementa la productividad. Los insumos para este análisis provienen de las Tablas N° 163 y N° 173 para la situación actual. Para la situación con programa Tablas N° 164 y N° 174. Y esta determinado mediante de la siguiente manera:

$$Prod_Calidad = \frac{Cantidad_de_productos_buenos}{(Prod_buenos)(Costo_proces.) + (Prod_defec.)(Costo_reproces.)}$$

Ecuación N° 39: Índice de productividad calidad.

Fuente: Elaboración propia

PRODUCTOS	RAZÓN PRODUCTIVIDAD CALIDAD ACTUAL	RAZÓN PRODUCTIVIDAD CALIDAD PROPUESTO	MEJORAMIENTO DE LA RPC
A1	1,3575	1,8472	36,08%
A2	1,0158	1,2627	24,31%
A3	0,9800	1,2469	27,23%

Tabla N° 180: Relación de la productividad-calidad.

Fuente: Elaboración propia, a partir del porcentaje de productos defectuosos.

⁸⁴ Lo que se compara es la situación con programa contra la situación sin este.



Como ejemplo la razón de productividad calidad muestra que para el producto A₁, en la situación actual es de 1.3575 piezas por dólar y para la situación propuesta esta se incrementa a 1.8472 piezas por dólar representando un incremento de 36.08%. En general ocurre lo mismo para los demás productos.

La razón productividad calidad (RPC), para toda la planta se muestra en la tabla siguiente.

RPC TOTAL ACTUAL	0.9136
RPC TOTAL PROPUESTO	1.4007
MEJORAMIENTO DE RPC	35%

Tabla N° 181: Relación de la productividad-calidad TOTAL.
Fuente: Elaboración propia, a partir del porcentaje total de productos defectuosos.

g. Productividad total.

La productividad total es la relación entre la producción obtenida con todos los insumos gastados. Para la situación actual la Tabla N° 163, nos proporciona la producción requerida, la Tabla N° 165 el personal empleado con las horas trabajadas y la Tabla N° 169 nos proporciona la información requerida de la maquinaria empleada. Para la situación propuesta la tabla N°: 164, nos proporciona la producción requerida, la tabla N°: 167 el personal empleado con las horas trabajadas y la tabla N°: 170 la información de la maquinaria. Los resultados se pueden ver en la tabla siguiente y resultan de dividir la producción requerida sobre el total de recursos empleados (total de horas-hombre y total de horas maquina).

La productividad se determina de la siguiente manera:

$$Productividad = \frac{Produccion_mensual_obtenida}{[(\#_de_operarios_empleados) + (\#_maquinas)] * (horas_efectivas)} \quad (21)$$

Ecuación N° 40: Razón de productividad.
Fuente: Elaboración propia

PRODUCTIVIDAD	
ACTUAL	8,704
PROPUESTA	20,368

Tabla N°: 182: Productividad total.
Fuente: Elaboración propia, a través de la producción mensual entre el total de recurso empleado.

Los resultados muestran que en la situación actual por cada hora de recursos empleados se obtienen 8.704 productos, mientras que en la situación propuesta se generan 20.368 productos, lo cual resulta en un incremento del 11,664 productos en cada hora recurso empleada.



Efecto LEAN sobre el punto de equilibrio.

El análisis del Nivel Mínimo de ventas o punto de equilibrio es una técnica útil para estudiar el efecto que tiene la aplicación de un programa LEAN sobre los costos fijos, los costos variables y los beneficios de la empresa.

El Punto de Equilibrio de una empresa representa el volumen de producción y ventas que equilibran los costos y gastos necesarios para la producción y distribución de dicho volumen, es decir el Punto de Equilibrio es el punto donde no se obtienen perdidas ni ganancias, de tal forma que éste viene a ser un punto de referencia a partir del cual un incremento en los volúmenes de venta generara utilidades, pero también un decremento en los volúmenes de venta generará perdidas.

Para la determinación del Punto de Equilibrio de la empresa modelo que se propone, se deben conocer sus Costos Fijos y Costos Variables; entendiéndose por Costos Variables aquellos que están directamente relacionados con la manufactura de cada uno de los productos a elaborar y que varían con el volumen de producción, y por Costos Fijos aquellos que permanecen constantes.

Los requerimientos para desarrollar el análisis del punto de equilibrio son: los costos fijos, los costos variables y los ingresos totales. Gráficamente se representa de la manera siguiente:

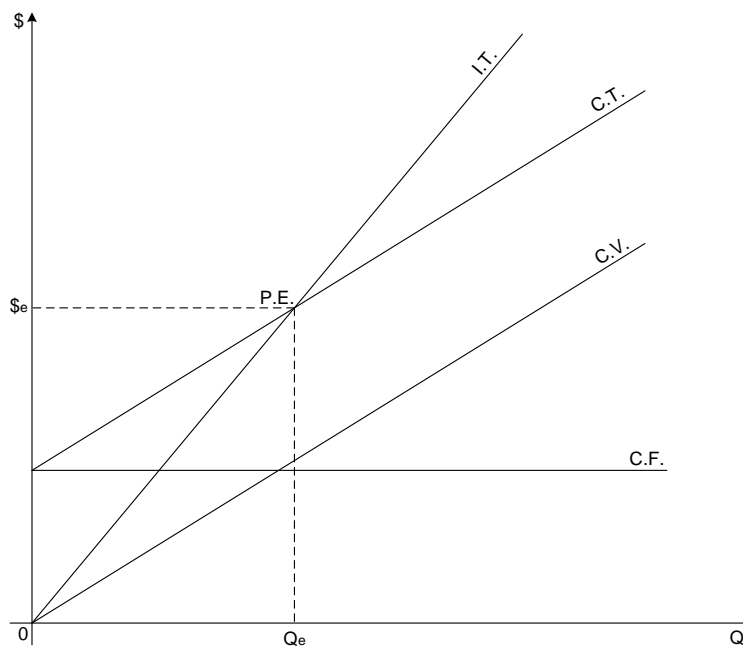


Figura Nº 117: Representación gráfica del punto de equilibrio.
Fuente: Ingeniería Económica. Anthony Tarquin.



Donde:

- I.T.: Ingresos Totales.
- C.V.: Costos Variables.
- C.F.: Costos Fijos
- C.T.: Costos Totales (C.F.+C.V.=C.T.)
- P.E.: Punto de Equilibrio.

El establecimiento de los Ingresos Totales, Costos fijos, Costos Variables se realiza en el Anexo N° 26: “Establecimiento de un sistema de costos”. Al representar los datos del programa, la grafica del punto de equilibrio será la siguiente:

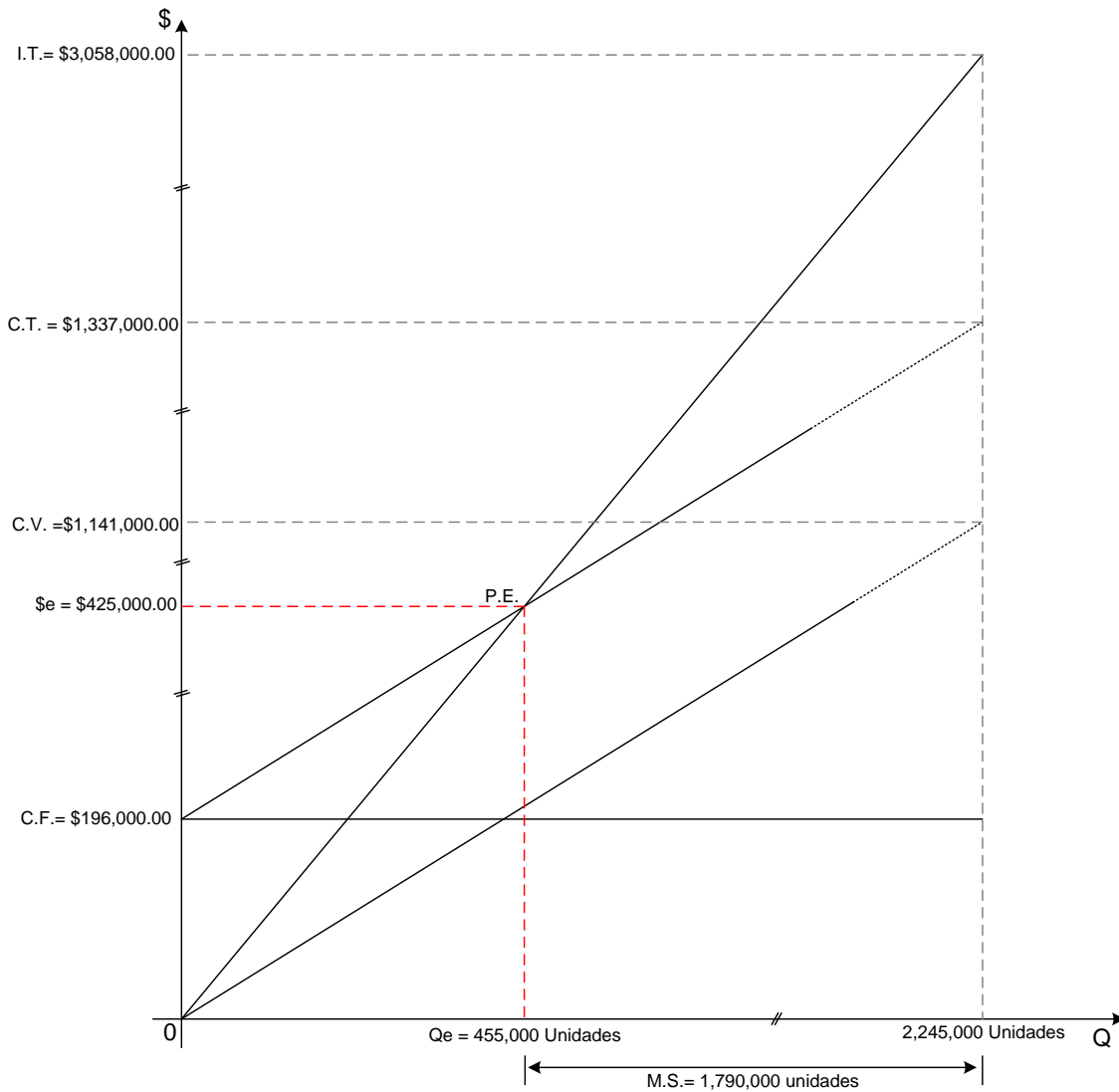


Figura N° 118: Representación grafica del punto de equilibrio para la situación con programa.
Fuente. Elaboración de grupo.



Con el objetivo de evidenciar el “Efecto Lean” sobre el punto de equilibrio, se procede a representar en forma grafica el punto de equilibrio para la situación actual⁸⁵, o también llamada situación sin proyecto:

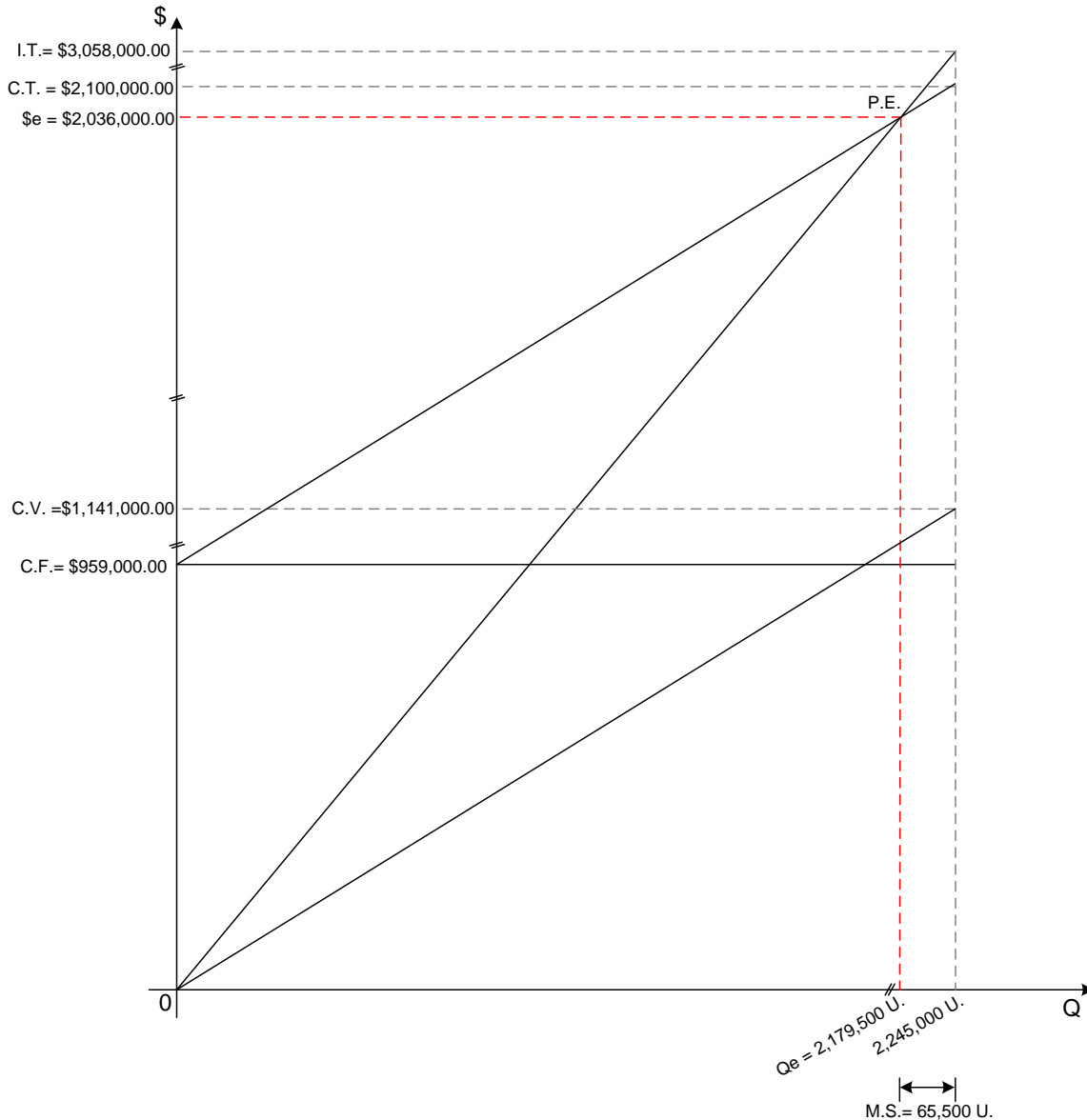


Figura Nº 119: Representación grafica del punto de equilibrio para la situación sin programa o actual.
Fuente: Elaboración de grupo con la colaboración de la empresa modelo.

El efecto LEAN sobre el punto de equilibrio, se aprecia claramente cuando se superpone la grafica de la situación con programa a la situación sin programa, donde pueden resaltarse los siguientes puntos:

⁸⁵ Los datos presentes en esta grafica son representativos aproximados proporcionados por la empresa modelo a través del jefe de mantenimiento de la planta: Ing. Luís Tamayo.

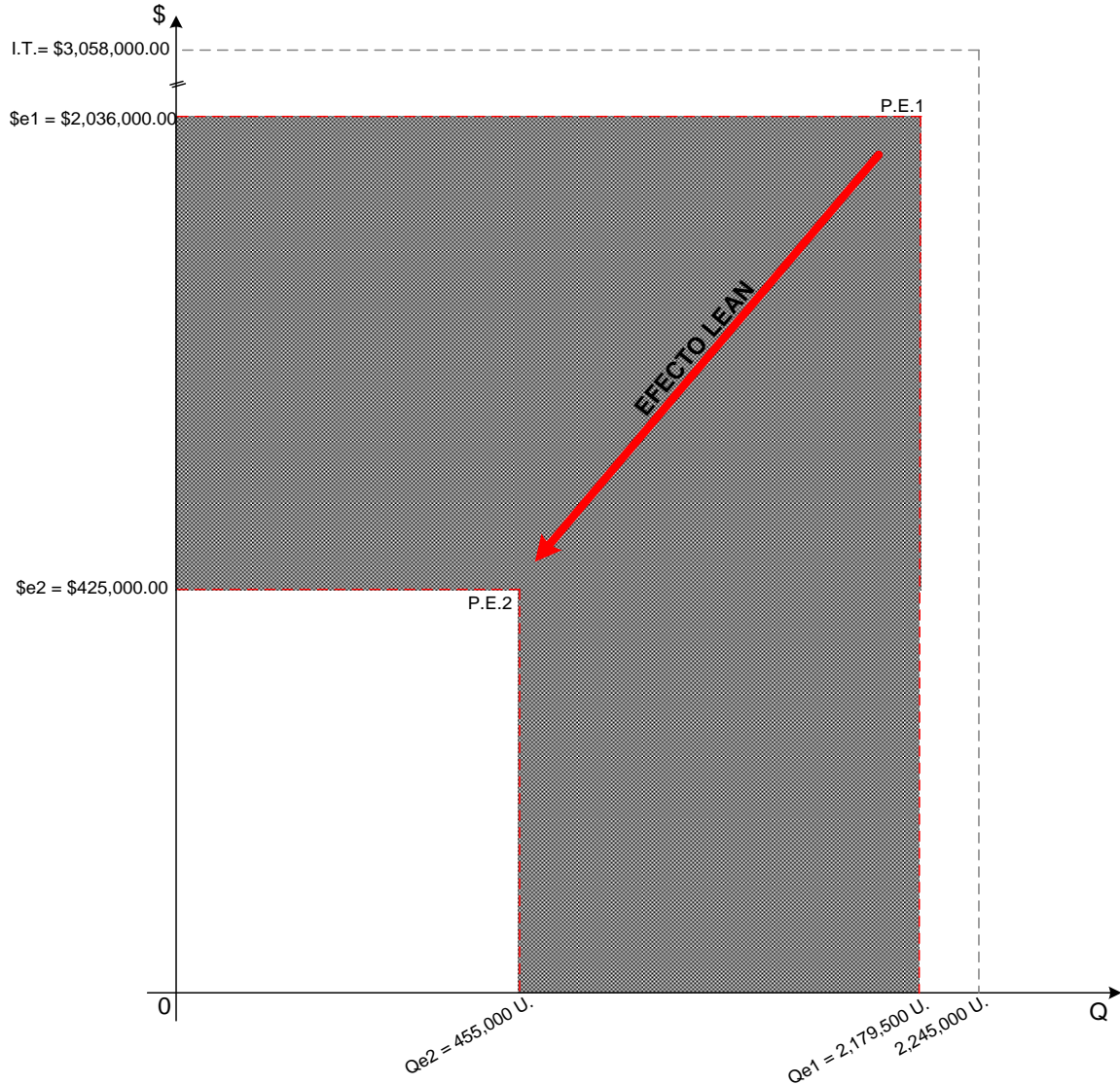


Figura Nº 120: Representación grafica del efecto LEAN sobre el punto de equilibrio.
Fuente: Elaboración de grupo.

Donde:

- P.E.1: Punto de equilibrio en la situación sin programa.
- P.E.2: Punto de equilibrio en la situación con programa.
- Qe1: Equilibrio sin programa en unidades.
- Qe2: Equilibrio con programa en unidades.
- \$e1: Equilibrio sin programa en dólares.
- \$e2: Equilibrio con programa en dólares.

De la grafica anterior es importante resaltar que el punto de equilibrio actual de 2, 179,500 unidades pasa a un punto dos de 455,000 unidades que representa una reducción de aproximadamente 79% del volumen de producción total de la empresa, lo que representa un aumento de margen de seguridad en igual porcentaje.



5. EVALUACIÓN AMBIENTAL.

La evaluación ambiental de los proyectos implica tener en cuenta de forma explícita los daños o efectos que el funcionamiento de un proyecto trae consigo buscando prever, mitigar o controlar esos efectos nocivos que pueden afectar las condiciones de vida de la población presente y futura.

Para las empresas productivas los recursos son tomados del "medio ambiente" para ser transformados y utilizados, y los desechos generados en el proceso productivo vuelven al "medio ambiente"; por lo que el planteamiento económico no debe desconocer el hecho de que los recursos se pueden agotar como consecuencia de su uso indebido o irracional; y también que el medio ambiente se puede contaminar y saturar por carencia de medios adecuados para la eliminación de desechos (sólidos, químicos, bacteriológicos, radioactivos, etc.).

5.1 OBJETIVOS DE LA EVALUACION.

- ✓ Prever los impactos y efectos positivos y/o negativos de generación de productos con el proyecto de manufactura esbelta.
- ✓ Determinar si el proyecto de manufactura esbelta aplicado en la empresa tipo cumple con las leyes del medio ambiente de El Salvador.
- ✓ Identificar acciones de prevención, mitigación o reducción de efectos negativos que genere el funcionamiento de la empresa aplicando la manufactura esbelta.

El estudio ambiental que se realiza para el proyecto de mejora de la aplicación de la manufactura esbelta en la empresa tipo, constituye un análisis que tiene como punto de partida a la empresa ya funcionando; por lo que no es necesario realizar todos los requerimientos de la ley ambiental.

5.2 CLASIFICACIÓN AMBIENTAL DEL PROYECTO.

Para lograr describir a la empresa en la situación actual en la que se encuentra según los requerimientos de la ley ambiental, se presenta la siguiente clasificación:



ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL.		
De primer nivel	De segundo nivel	De tercer nivel
Proyectos que puedan provocar diversos impactos ambientales de gran magnitud a la salud y al medio ambiente, como construcciones habitacionales, industriales o de autopistas entre otros.	Son proyectos que generan un impacto ambiental parcial, limitado o específico a cierto sector como instalaciones públicas o de caminos rurales entre otros.	Se refiere a los proyectos que no ocasionan impactos ambientales importantes como proyectos de salud, educación nutrición entre otros.

Tabla N° 183: Clasificación de los impactos que puede tener los diferentes proyectos.
Fuente: Ministerio del medio ambiente.

Ya que la propuesta no incluye ningún tipo de construcción solamente cambios de mejora en el funcionamiento de la empresa el proyecto se clasifica:

- ✓ Proyecto con un impacto ambiental de segundo nivel.
- ✓ Proyecto regido por “la ley de ordenamiento territorial del área metropolitana de san salvador”, debido a la micro localización de la planta, ya que se encuentra dentro del AMSS y esta área se clasifica como de desarrollo restringido y de reserva ecológica y/o forestal.

La descripción del proyecto de mejora propuesto, integra la aplicación de una serie de técnicas y herramientas que serán agregadas al funcionamiento diario de la empresa, por lo que en el área ambiental es necesario conocer la situación de la empresa para después poder controlar los efectos causados por el funcionamiento.

La Ley del Medio Ambiente responsabiliza al MARN (Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales) de la preparación del Reglamento General de la Ley del Medio Ambiente; y de varios reglamentos especiales para la protección del aire, el agua, el suelo y la capa de ozono ante las actividades industriales, empresariales, agropecuarias y todas las demás que se relacionen con el medio ambiente.

La ley dicta que para calcular los impactos se analicen 5 puntos del medio ambiente:



- a) Aguas Residuales;
- b) Desechos Peligrosos;
- c) Desechos Sólidos;
- d) Protección de la Capa de Ozono; y
- e) Normas Técnicas de Calidad Ambiental.

5.3 Evaluación de la situación ambiental.

Cada uno de los impactos debe de calificarse tomando en cuenta los siguientes criterios:

- ✓ Variación de la calidad ambiental (V): Es una medida de los cambios experimentados por cada componente ambiental debido al impacto generado.
- ✓ Escala del impacto (E): Se considera en este criterio las cercanías a lugares protegidos, recursos naturales y/o culturales sobresalientes o en el caso a poblaciones humanas.
- ✓ Gravedad del impacto (G): Indica la utilización de recursos naturales, la cantidad y calidad de efluentes, emisiones y residuos que genera la empresa y la probabilidad de riesgo para la salud de la población humana.
- ✓ Duración del Impacto (D): Tiempo de duración del impacto, considerando que no se apliquen medidas correctivas del impacto.
- ✓ Dificultad para cambiar el impacto (C): Grado en que los efectos sobre el medio ambiente resulten polémicos o dudosos e involucren riesgos desconocidos. Es el grado de reversibilidad del impacto y tiempo requerido para su mitigación, a través de medidas naturales o inducidas por el hombre.
- ✓ Momento en que se manifiesta (M): Es la probabilidad de ocurrencia de un impacto como consecuencia de una actividad u operación industrial, esto en la búsqueda de su prevención.

La matriz de calificación la forma 5 filas que constituyen las áreas del medio ambiente que se pueden ver afectadas con una determinada actividad; y en las columnas los 6 criterios para medir los impactos, que se mencionaron anteriormente.

La intersección de una columna con una fila da como resultado características propias de un determinado impacto; la calificación mínima es de "0" cuando no existe impacto, hasta "3" con el mayor impacto, luego se calcula el VIA para cada fila con el que se obtiene una medición del impacto.



Los resultados de esta evaluación para le empresa tipo se anotarán en la Matriz de calificación de Impactos que se nuestra a continuación:

Matriz de calificación.

Impacto Ambientales	Criterios						
	V	E	G	D	C	M	VIA
Deterioro de la calidad del aire	0	0	0	0	0	3	0.50
Contaminación del agua	0	0	0	0	0	3	0.50
Contaminación del suelo	0	0	0	0	0	3	0.50
Efectos sobre la salud humana	1	0	0	0	0	3	0.67
Efectos sobre flora, fauna y ecología.	0	0	0	0	0	3	0.50

Tabla Nº 184: Matriz de calificación para los valores de índices ambientales.
Fuente: Ministerio del medio ambiente.

5.4 Valor del Índice Ambiental (VIA).

El cálculo del Valor del Índice Ambiental (VIA), para cada impacto, ser realizará utilizando la siguiente fórmula:

$$VIA = \frac{V + E + G + D + C + M}{6}$$

Ecuación Nº 41: Valor de Índice Ambiental.
Fuente: Ministerio del medio ambiente.

Donde:

V: Variación de la calidad ambiental.

E: Escala del Impacto

G: Gravedad del impacto

D: Duración del impacto

C: Dificultad para cambiar el impacto

M: momento en que se manifiesta

5.5 Evaluación de los Impactos Ambientales.

Para la evaluación de los impactos deberá compararse el VÍA obtenido con las categorías mostradas en el siguiente cuadro.

Categoría	Intervalos del VIA (max-min)	Calificación
1	0.00-0.60	Impacto Insignificante
2	0.61-1.20	Impacto Mínimo
3	1.21-1.80	Mediano Impacto
4	1.81-2.40	Impacto Considerable
5	2.41-3.00	Gran Impacto

Tabla Nº 185. Clasificación de los intervalos de los valores de índices ambientales.



Resultados de la evaluación ambiental para la empresa tipo:

Impactos Ambientales	VÍA	Resultado
Deterioro de la calidad del aire	0.50	Impacto Insignificante
Contaminación del agua	0.50	Impacto Insignificante
Contaminación del suelo	0.50	Impacto Insignificante
Efectos sobre la salud humana	0.67	Impacto Mínimo
Efectos sobre la flora, la fauna, la ecología.	0.50	Impacto Insignificante

Tabla N° 186. Resultados en la evaluación de los valores de índices ambientales.
Fuente: elaboración de grupo.

Los resultados obtenidos son la evaluación de las actividades que se realicen para lograr la producción de la empresa; en el caso de la empresa tipo el único impacto ambiental que tendría consecuencias es “efectos sobre la salud humana”, que ha sido evaluado como “impacto minino”.

Los posibles efectos que puedan darse sobre la salud humana en la empresa tipo deben de relacionarse con las condiciones físicas de la planta, entre esas condiciones está la temperatura que causa frecuentemente fatiga en los operarios debido a la deshidratación, transpiración y estado de incomodidad en general, todo esto ocasiona que el trabajador baje su ritmo de producción habitual, por lo que es muy importante el control de la temperatura.

Para lograr tener datos puntuales de la temperatura en la planta se realizaron mediciones en diferentes horas del día en las zonas de trabajo. Para dicho efecto se ha dividido la planta en tres áreas:

ZONA DE TRABAJO	HORA	TEMPERATURA(°C)
ÁREA 1	10:30	38
	1:00	42
ÁREA 2	10:30	35
	1:00	37
ÁREA 3	10:30	37
	1:00	38

Fuente: Elaboración de grupo.



Después de comprobar las condiciones de temperatura en la planta es necesario analizar acciones que se deben hacer en la planta para poder reducir ese riesgo.

La principal acción correctiva para el problema de altas temperaturas es un sistema de ventilación efectivo que puede incluir: ventiladores dinámicos, tapa aguas bicónico antirevocante, que facilita la evacuación del aire extraído, evitando al mismo tiempo la entrada de aguas pluviales, extractores de aire fabricados en base de acero galvanizado, entre otros.



CAPITULO VI

GUIA DE APLICACION

DEL PROGRAMA

LEAN MANUFACTURING



A. INTRODUCCIÓN.

Para implementar de manera efectiva las herramientas de Manufactura Esbelta es necesario identificar una serie de lineamientos que permitan llevar un orden lógico y efectivo de las actividades a realizar. Además se debe procurar, en la medida de lo posible, juntar todos los aspectos considerados esenciales y no excluir aquellos que pudieran resultar de vital importancia para la obtención de uno o varios productos que satisfagan las exigencias emitidas por los consumidores finales.

Con este apartado se persigue brindar los lineamientos básicos para los líderes de las empresas que junto con sus equipos de trabajo, serán los encargados de hacer efectiva una correcta implementación de las herramientas que conviertan a su empresa en “esbelta” o “en forma”. Estos lineamientos pretenden identificar una serie de pasos que conllevan un orden que facilita la planeación y puesta en marcha de las principales herramientas que componen Lean Manufacturing.

Al finalizar la ejecución de las distintas fases de las cuales está compuesto este apartado, se busca eliminar las actividades que no le agregan valor a los productos aumentando así la productividad de las empresas. Todo esto con el fin de volverse competitivos en el mercado nacional e internacional.

B. OBJETIVO.

Elaborar lineamientos detallados que sirvan como guía para la implementación de las principales herramientas de Lean Manufacturing, de una forma lógica y ordenada; para eliminar las actividades que no le agregan valor a los productos finales, aumentando así la productividad de las empresas.

C. PROCEDIMIENTO PARA LA APLICACIÓN DE LA MANUFACTURA ESBELTA.

Toda empresa que se interese aplicar Manufactura Esbelta debe seguir una secuencia de pasos ordenados y estructurados que estén acordes a las necesidades.

En un principio se debe investigar que trata la Manufactura Esbelta, para obtener una visión clara de los problemas que ataca primordialmente. Una vez se tenga una visión clara de lo que busca la Manufactura Esbelta, se debe buscar en el sistema operativo a fin de encontrar oportunidades de mejora que ayuden a la disminución de desperdicios.

El siguiente paso en el logro de una manufactura racionalizada es aplicar las herramientas que mejor se adecuen a las necesidades. La Figura N° 121, muestra el orden seguido.

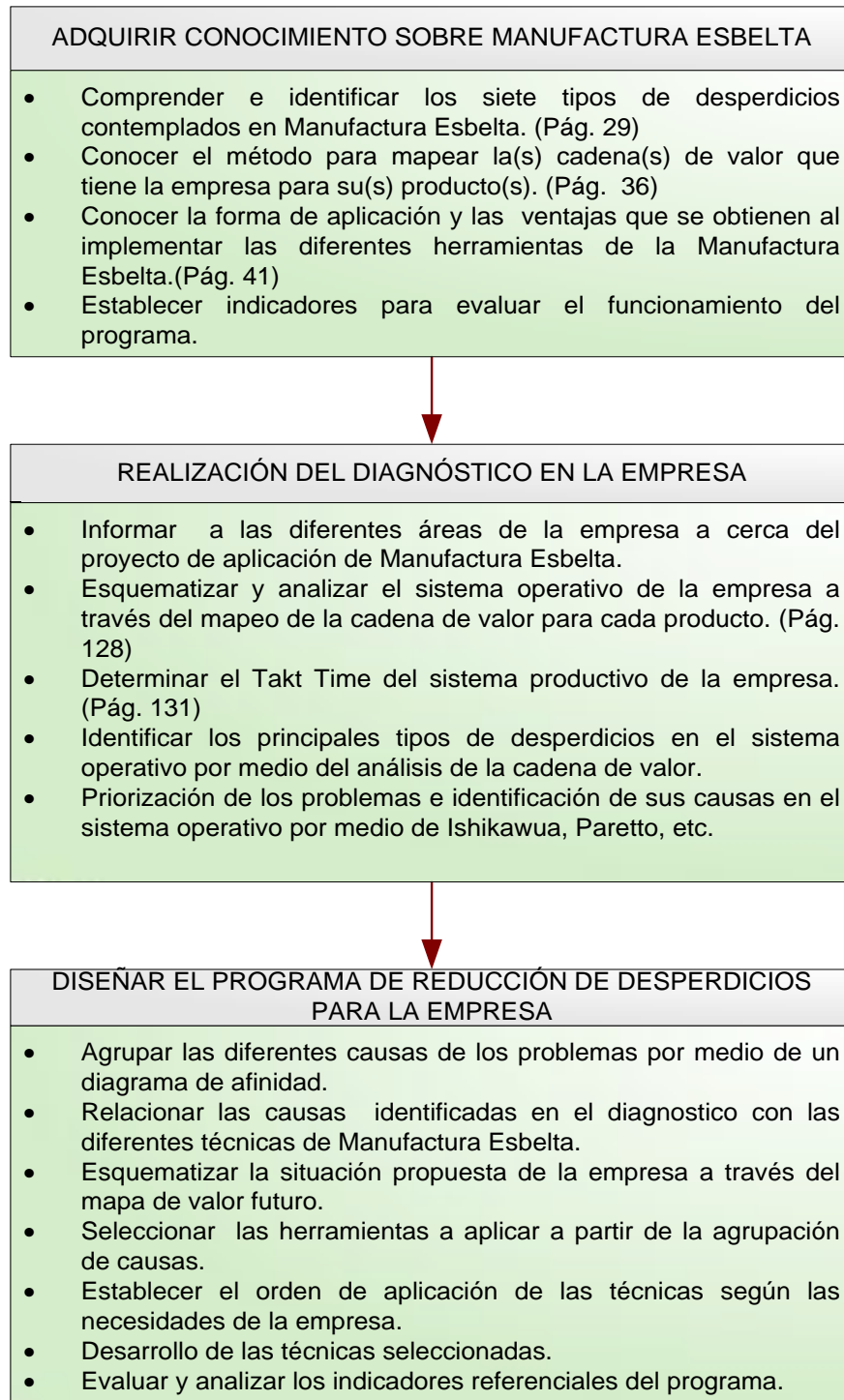


Figura Nº 121: Procedimiento para la aplicación de Manufactura Esbelta

Fuente: Elaboración de Grupo.



El Diagrama de flujo para la Implementación de Lean Manufacturing que se muestra en la Figura N° 121 busca ser una guía para la implementación de las herramientas de Manufactura Esbelta que se consideran las más importantes dentro de esta filosofía. Este esquema muestra una jerarquía de prioridades que inicia con lo más sencillo para luego avanzar hacia lo más complejo.

La responsabilidad de realizar el diagnóstico de la situación actual recae por completo en la empresa, y es a partir de aquí que ésta definirá cuales son sus prioridades, recursos, necesidades, deficiencias, etc. Es decir que este diagrama es una guía de como se puede llevar a cabo la ejecución de las distintas herramientas, pero no es un esquema cerrado, ya que será cada empresa es la que determina las herramientas a aplicar, recursos a designar etc. todo esto de acuerdo al entorno en que se desarrolle y a los resultados obtenidos del diagnóstico. Es responsabilidad de cada empresa decidir y adecuar las acciones a tomar para eliminar los desperdicios y aumentar la productividad.

D. CONSIDERACIONES PARA LA EJECUCIÓN DE UN PROGRAMA LEAN.

La ejecución exitosa de un programa de implementación de Manufactura Esbelta se puede ver entorpecida por una serie de factores que involucran tanto a la Dirección como al resto del personal de la empresa.

A continuación se detallan algunas consideraciones que son importantes tomar en cuenta si se quiere implementar un programa de Manufactura Esbelta.

1. Compromiso de la Dirección.

Ya que la Dirección es la que asigna los recursos económicos y humanos para llevar a cabo el programa; por ello es importante que la Dirección haga un análisis detallado para determinar si es factible la implementación de dicho programa; a partir de los recursos con que cuenta la empresa y de los beneficios que desea obtener.



2. Tiempo de Planeación y Ejecución del Programa.

Dependiendo del tamaño de la empresa, el tiempo de planeación y ejecución puede volverse un inconveniente; ya que la implementación de las herramientas requiere que se le dedique el tiempo suficiente dependiendo de la complejidad de la herramienta que se esté implementando en ese momento.

3. Capacitaciones.

La mayoría de las herramientas de Manufactura Esbelta son complejas y requieren de un amplio conocimiento de las personas que van a estar a cargo de su implementación y de las personas que realizarán sus labores a partir de las normas que dicta cada una de las herramientas. Por lo que requiere de una inversión por parte de la empresa y del tiempo que se disponga para llevar a cabo las capacitaciones de tal manera que no interfiera en las actividades productivas de la empresa.

4. Resistencia al Cambio.

Se puede presentar principalmente por dos motivos:

- Porque no se les comunica a los empleados en que consiste el programa de implementación, cuales son los objetivos que se pretenden alcanzar y cuales son los beneficios que tiene tanto para la empresa como para el empleado mismo, lo que conlleva a un clima de incertidumbre y desconfianza ante el programa.
- Porque los empleados están acostumbrados a realizar sus actividades como habitualmente lo hacen y se rehúsan a cambiar las prácticas por otras que son más productivas.

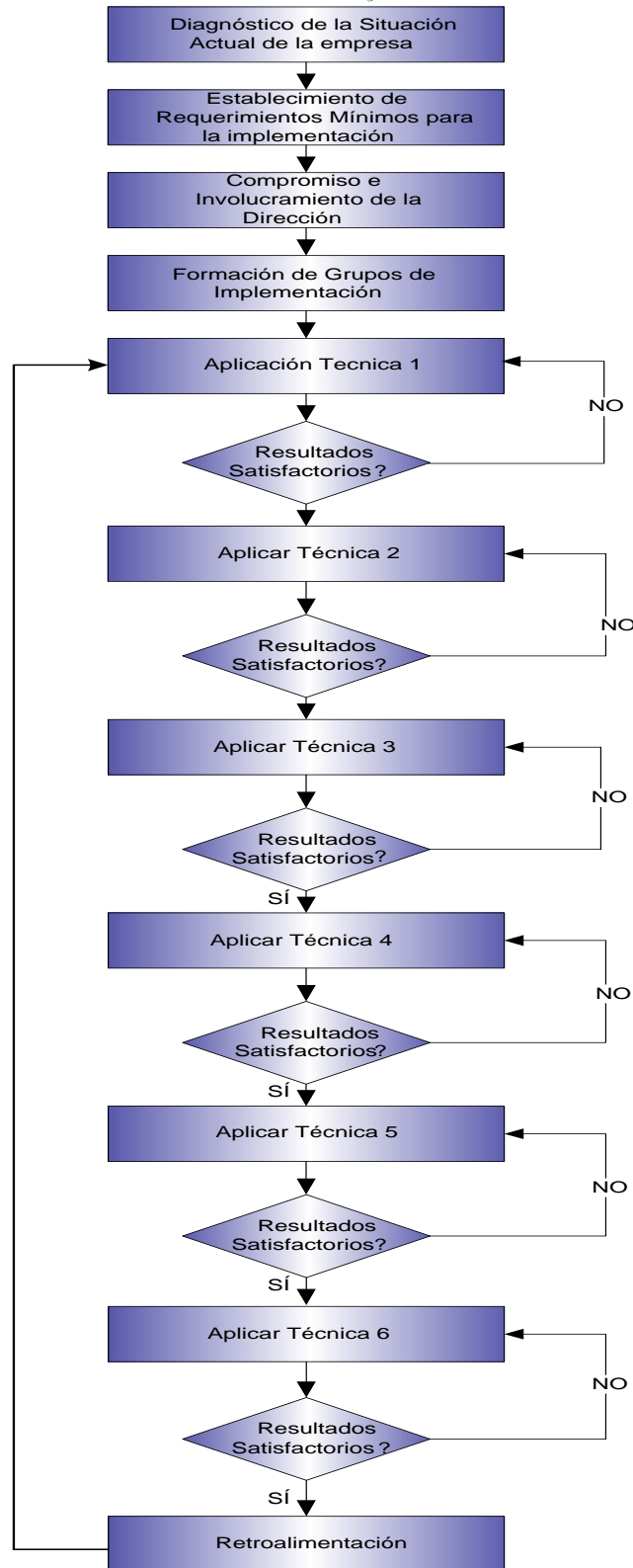


Figura Nº 122. Diagrama de flujo para la Implementación de Manufactura Esbelta.

Fuente: Elaboración de Grupo.



E. DIAGNOSTICO: LINEAMIENTOS PARA EFECTUAR UN ESTUDIO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.

1. OBJETIVOS DEL DIAGNOSTICO.

- Localizar los problemas que tengan efectos significativos y atrasan las operaciones para determinar la causa de estancamiento y promover una acertada discusión con el fin de elaborar un plan de mejora.
- Desarrollar un procedimiento estándar de operación para minimizar las oportunidades que generan desperdicio.

La Figura N° 123 muestra un diagrama de flujo generalizado para efectuar un análisis de la situación actual.

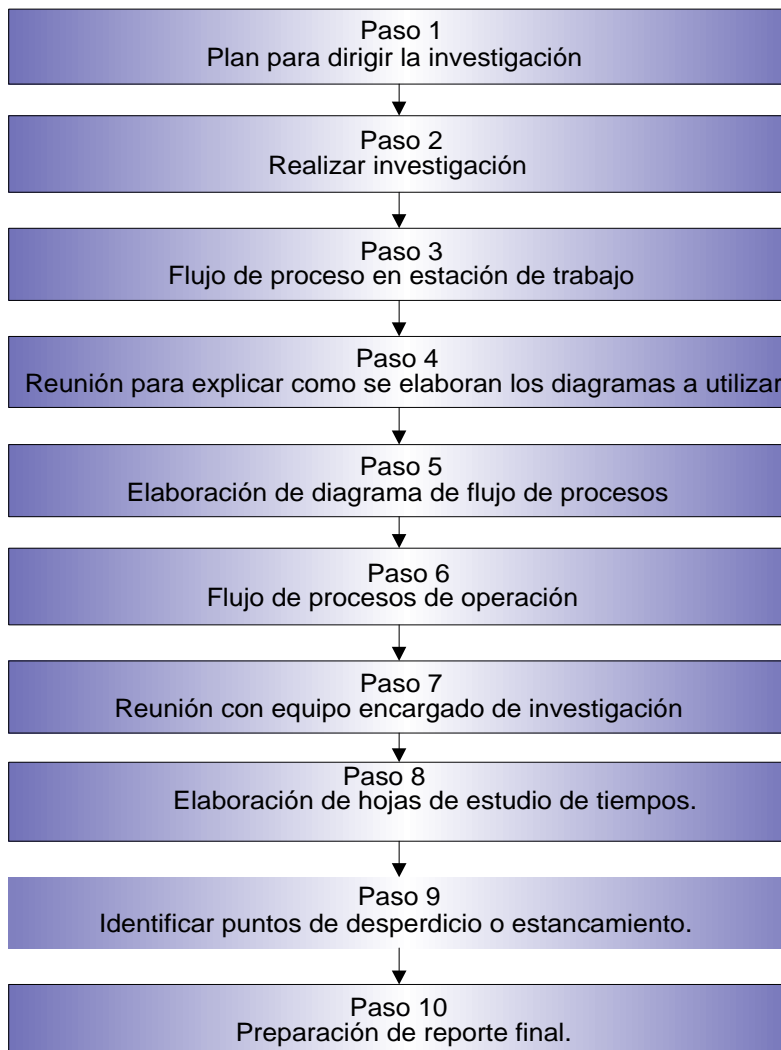


Figura N° 123: Diagrama de flujo generalizado para efectuar un análisis de la situación actual.
Fuente: Elaboración de Grupo.



Este diagrama de flujo puede ser válido para cualquier proceso (de principio a fin): Puede utilizarse para el proceso de programación, recepción y manejo del pedido de materia prima, control del proceso de flujo de ordenes de trabajo (Producción), manejo del producto en áreas específicas de trabajo para agregarle valor, control de calidad y elaboración de la presentación final del producto terminado.

2. DESARROLLO DE LOS PASOS DEL DIAGNOSTICO.

Paso 1. Plan para dirigir la Investigación.

Para realizar el proceso de investigación se deben tomar en cuenta 2 cosas:

1. Enfoque del estudio de investigación (Definición del tema de interés).
2. La preparación antes de dirigir la investigación.

Es necesario enfocar y preparar la investigación para ganar un mejor panorama y también para entender las razones de la información resultante.

Paso 2. Realizar la Investigación.

Para realizar la investigación es necesario:

- a) Tomar video de cada una de los procesos. Recordar que se debe mantener la cámara siempre sobre el operario, donde él vaya la cámara debe ir y siempre seguir la orden de producción.
- b) Obtener una muestra de formas, ordenes o registros que están siendo utilizados durante el proceso.
- c) Observar las operaciones actuales en cada proceso y si es necesario hacer preguntas al operario que la ejecuta.
- d) Tomar nota de las actividades o eventos relevantes observados en forma directa o a través de una grabación.

Paso 3. Flujo de proceso en la estación de trabajo.

En este paso se debe tomar en cuenta que:

- a) Todos los procesos deben ser examinados de inicio a fin.
- b) Se requieren herramientas/equipo para conducir la investigación.
 - Cámara de video y cintas.
 - Grabadora de audio y cintas.
 - Libreta de apuntes.



Para analizar el flujo del proceso se necesita:

- ✓ Identificar la planificación de la producción.
- ✓ Analizar todos los procesos que están entre la llegada de la materia prima y la salida del producto terminado, como indica la Figura N° 124.

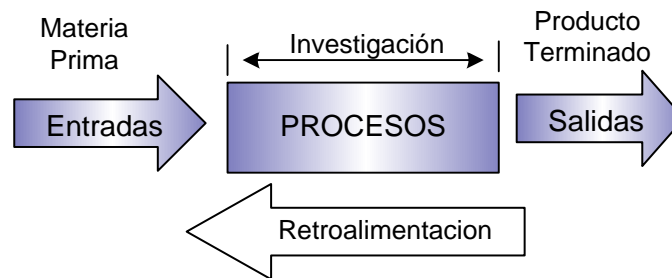


Figura N° 124. Diagrama de caja negra de un proceso
Fuente: elaboración de grupo.

- ✓ Identificar la cantidad de inventario de producto en proceso.
- ✓ Identificar operaciones que probablemente son innecesarias.

Paso 4. Reunión para explicar como se elaboran los diagramas a utilizar.

En esta etapa se realizara una reunión con supervisores, operarios y/o representantes de grupo multidisciplinario para explicarles como se elabora correctamente un diagrama de flujo de procesos ya que este es muy importante para la detección de puntos de estancamiento o desperdicio. A continuación se enumeran cada uno de los pasos a seguir en esta reunión:

- ✓ Citar a los supervisores y operarios a una reunión.
- ✓ Explicar como se realiza un diagrama de flujo de procesos.
- ✓ Especificar grupos de trabajo, conformado por cabezas de grupo, supervisor y operarios.
- ✓ Especificar fecha y horas de reuniones de cada grupo para elaborar diagramas de flujo de diferentes procesos involucrados en la planta.
- ✓ Especificar fecha y horas de entrega de diagrama de flujo a equipo encargado de la investigación.



Paso 5. Elaboración de Diagrama de flujo de procesos.

En esta etapa es necesario que los grupos que se definieron en la etapa anterior se reúnan para describir su proceso a través del diagrama de flujo de procesos en el cual se podrá visualizar en que puntos se está dando un estancamiento del material en proceso.

Paso 6. Flujo de proceso de operación.

El objetivo de este paso es definir los procedimientos de operación más eficientes a través de la maximización de la seguridad y la calidad en cada proceso de operación.

Es importante enfatizar en los procesos que prolongan el tiempo de operación ya que ahí será donde se debe presentar las futuras mejoras.

Paso 7. Reunión con equipo encargado de investigación.

En esta reunión el equipo planeará la distribución y elaboración de hojas de estudio de movimientos y un gráfico de acumulación con la ayuda de algunos elementos anteriormente mencionados. La forma en que se elaboran las hojas de estudios de tiempos y movimientos se define en el paso ocho.

Paso 8. Elaboración de Hojas de estudio de tiempos.

Los pasos a seguir son:

- ✓ Filmar con la cámara de video el procedimiento de operación del proceso que está generando el estancamiento.
- ✓ Escribir las acciones de los operarios/movimientos de la operación en la hoja de estudio de movimientos.
- ✓ Categorizar cada acción como “productiva” y “no productiva”.
- ✓ Calcular el tiempo total para cada categoría de acción y realizar un gráfico de acumulación.



✓ Hoja de estudio de movimientos

La hoja de estudio de movimientos identifica todas las acciones del operario, con el objetivo de ayudar a confirmar si existe alguna acción muda.

Las divisiones que se encuentran dentro de esta hoja son: tiempo, duración, acción, categoría, posición, Observación.

Pasos:

1. Escribir el tiempo. Colocar el contador en “00:00:00” en el punto de inicio para medir el tiempo que dura la acción.
2. Escribir la duración. Se escribe el periodo de tiempo que duro la acción.
3. Escribir la acción. Escribir con detalle la acción y/o el artículo en proceso.
4. Escribir la categoría: Escribir el tipo de categoría y código por el tipo de acción.
5. Escribir la posición: Escribir la localización del área de trabajo.
6. Escribir una observación: Cualquier cosa que haya observado durante el chequeo. No es obligatorio llenar esta casilla. Como se muestra en el ejemplo siguiente:

Tiempo	Duración	Acción	Categoría	Lugar	Observaciones
0:00:02	0:00:02	Se dirige hacia la mesa	4	Producción	
0:00:03	0:00:01	Agarra la pieza a11	1	Producción	
0:00:06	0:00:03			Producción	
0:00:09	0:00:03			Producción	
0:00:11	0:00:02			Producción	
0:00:12	0:00:01			Producción	
0:00:15	0:00:03			Producción	
0:00:16	0:00:01			Producción	

Tabla 188. Ejemplo de Formato para Estudio de Movimientos.
Fuente: elaboración de grupo.

Categoría	No.
Agarrar	1
Colocar	2
Cortar	3
Transporte	4
Espera	5
Almacenamiento	6

Tabla 189. Categorías consideradas en el estudio de movimientos.
Fuente: Estudio del trabajo, Roberto García Criollo



✓ Gráfico de acumulación.

Es un gráfico que acumula el tiempo de cada tipo de muda basado en la hoja de estudio de movimientos.

Pasos para su elaboración:

1. Sumar todos los tiempos de cada categoría de la hoja de estudio de tiempos.
2. Elaborar un gráfico acumulado con estos tiempos.
3. Identificar el periodo total de tiempo de acciones “productivas” y “no productivas”.

En la Figura Nº 125 se ilustra un ejemplo de cómo representar los tiempos de acciones clasificadas como productivas y no productivas.

No.	Categoría	Duración (Seg.)
1	Agarrar	2
2	Colocar	4
3	Cortar	2
4	Transporte	8

Tabla No.190: Duración total de cada categoría.
Fuente: elaboración de grupo.

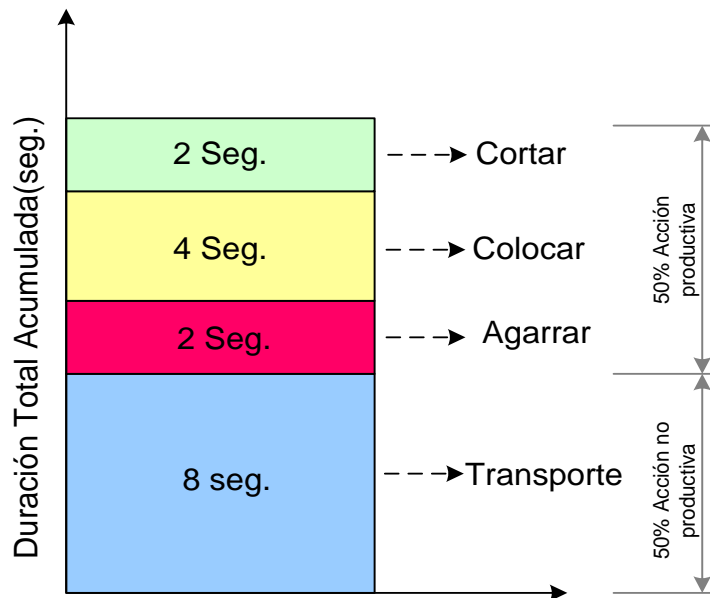


Figura Nº 125. Ejemplo de un Gráfico de Acumulación.
Fuente: Estudio del trabajo, Roberto García Criollo



Paso 9. Identificación de puntos de desperdicio o estancamiento.

Para poder identificar los puntos de estancamiento se deben estudiar cuidadosamente los diagramas de flujo, las hojas de estudio de movimientos y el gráfico de acumulación realizados con anterioridad. Al haber encontrado los puntos de estancamiento podemos empezar a interrogar que es lo que está pasando y cuales serían las causas posibles que hacen que eso este sucediendo, esto último se puede lograr generando una lluvia de ideas.

Paso 10. Preparación del informe final.

Al elaborar el reporte final del estado actual de la empresa es importante tomar en cuenta varios aspectos, como:

1. Que el reporte sea fácil de entender, de modo de que cualquier persona en la organización pueda interpretar lo que en el se declara.
2. Poner énfasis en el propósito del reporte.
3. Mostrar el estado de la situación actual para todos los procesos y/o actividades que realiza la organización.
4. Mostrar un estudio detallado que refleje el trabajo realizado en todas las etapas del análisis de la situación actual.
5. Requerir a los mandos superiores, su apoyo y compromiso con el proyecto.
6. Proponer un cronograma de implementación de las herramientas de Manufactura Esbelta.

Los requisitos mínimos sugeridos que el reporte final puede contener son:

- a) Objetivo(s).
- b) Periodo en el que se realizó.
- c) Áreas de estudio.
- d) Participaciones.
- e) El resumen de actividades: el cual incluye un resumen de cada una de las etapas y el resultado de la misma.
- f) Conclusiones.
- g) Recomendaciones.



F. DISEÑO DETALLADO: LINEAMIENTOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS MÁS IMPORTANTES.

1. Lineamientos de implementación de las 5S.

El objetivo de este apartado es elaborar secuencia detallada que sirva como una guía para la implementación de las 5s dentro de un área específica de la empresa.

Paso 1. Compromiso de la alta dirección.

Objetivo: Concientizar a la Dirección de la importancia de implementar 5S como una de las técnicas básicas de Lean Manufacturing para eliminar desperdicios.

Para crear las condiciones que promueven y favorecen la implantación de las 5S, la dirección tiene que asumir las responsabilidades siguientes:

- Educar al personal sobre los principios y técnicas de las 5 S y mantenimiento autónomo.
- Conformar un equipo promotor o líder para la Implementación en toda la entidad.
- Suministrar los recursos para la implementación de las 5 S.
- Motivar y participar directamente en la promoción de sus actividades.
- Evaluar el progreso y evolución de la implementación en cada área de la empresa.
- Participar activamente en los avances del proyecto de implantación.
- Aplicar las 5 S en su lugar de trabajo o "dar ejemplo"
- Demostrar su compromiso y el de la empresa para la implementación de las 5S

Paso 2. Elegir el área de inicio de la implementación de 5S.

Objetivo: Definir el área de la empresa donde se iniciarán las actividades de implementación de 5S.

2.1. Determinar la situación actual del área de inicio.

- Definir los alcances del programa de 5S en las siguientes categorías:
 - a) Seguridad.
 - b) Calidad del Producto Final.
 - c) Mantenimiento de Equipos.
 - d) Eficiencia en el Trabajo.
 - e) Niveles de Inventarios.



- Utilizar formularios para determinar qué se debe y puede ser analizado. Dichos formularios deben contener como mínimo la siguiente información:
 - a) Condiciones actuales del lugar.
 - b) Condiciones proyectadas al terminar la aplicación del programa.

2.2. Diagnóstico del Área.

Consiste en identificar a los usuarios y responsables del área seleccionada, los objetivos generales y las funciones desempeñadas por área; para poder planear la evaluación respectiva. Para ello es necesario llevar a cabo las siguientes actividades:

- Registrar el nombre del área objetivo.
- Definir los límites del área y marcarlos con una cinta sobre el suelo.
- Identificar y registrar los objetivos generales del área en estudio.
- Identificar y registrar las funciones del área objetivo.
- Identificar a los usuarios y a quienes dependan del área objetivo.
- Planear la evaluación del área por medio de un listado, indique en él los pasos a seguir, quién lo hará y cuándo será efectuado.

Pasos de la Evaluación	Quién la hace	Cuándo la hace
Dibujar un mapa del área		
Dibujar un diagrama señalización		
Completar la lista de diagnóstico		
Tomar Fotografías.		
Crear un tablero de exhibición.		

Tabla 191: Pasos de evaluación de las 5'S.
Fuente: Elaboración de grupo.



2.3. Diseñar el Mapa del área.

Consiste en mostrar la posición real de todos los elementos, grupos de artículos y estaciones de trabajo en el área objetivo; así como también indicar los movimientos de las personas, materiales y productos. A continuación se detallan las actividades a desarrollar:

a) Dibujar el Mapa del Área.

- Dibujar un mapa del área, para indicar la posición actual de todos los elementos, grupos de artículos y estaciones de trabajo en el área.
- Enmarcar la forma del área objetivo. Incluyendo cualquier puerta o pasillo e indicar la clase de movimiento realizado por las puertas.
- Primero dibujar las piezas más grandes de equipo y etiquetarlos; y luego dibujar las piezas de equipo más pequeñas, los bancos de trabajo y los recipientes de inventario.
- Dibujar todos los elementos o grupos de artículos, incluyendo aquellos que estén fuera de lugar o no se requieran en el área.

b) Elaborar un Diagrama de Recorrido.

- Dibujar el diagrama de recorrido sobre el mapa del área.
- Dibujar líneas y flechas que muestren la dirección del movimiento de las personas, materiales o cualquier otro artículo que habitualmente opere en el área objetivo; utilizando diferentes códigos de colores para cada función.
- Etiquetar el movimiento de cada función.

A continuación se presenta una guía para la evaluación del área de trabajo que se ha seleccionado para implementar 5S. Esta consiste en calificar una serie de problemas, de acuerdo al detalle que se haya elaborado por cada una de las categorías de las 5S, con base en una escala entre 0 y 10.

Una vez se tenga calificado cada una de las categorías a evaluar se procede a calcular el promedio. El promedio esté por debajo del 80%, para la Gran Empresa o se esté por debajo del 60%, para la Mediana Empresa; se deberán adoptar medidas inmediatas para iniciar con la aplicación de 5S.

En este caso todas las preguntas tienen un mismo valor, pero podrían ser objeto de ponderación a los efectos de determinar claramente el valor relativo de cada una para el logro de los objetivos.



Diagnóstico para la Evaluación del Área de Trabajo		N° Probl.		Puntos	
		5 o más		0	
		3 – 4		4	
		1 – 2		7	
		Ninguno		10	
Categoría	Detalle	10	7	4	0
Seleccionar	Distinguir entre lo que es necesario y lo que no es necesario				
	Equipo inutilizado, herramientas, muebles, etc. (en el área)				
	Elementos innecesarios sobre las paredes, boletines, circulares.				
	Elementos que obstruyen los pasillos, escaleras, esquinas, etc.				
	Inventario innecesario, elementos, piezas o material en el área				
	Riesgos de peligro en el área (agua, aceite, químicos, máquinas)				
Ordenar	Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar				
	Elementos que no están en su lugar correcto				
	Elementos que están en lugares no asignados				
	Pasillos, bancos de trabajo, equipos localizados incorrectamente				
	Elementos que nos son colocados en su lugar después de su uso				
	Elementos aún útiles que no están en su lugar correcto				
Limpiar	Limpiar, observando la forma de hacerlo y manteniendo el aseo				
	Pisos, paredes, escaleras y superficies sucias, con aceite y grasa				
	Los equipos están sucios, con polvo, aceite o grasa				
	Los utensilios de limpieza no son fáciles de localizar				
	Líneas, etiquetas y avisos están sucios y en mal estado (rotos)				
	Otros problemas de limpieza (de cualquier clase) están presentes				
Estandarizar	Conservar y cumplir las primeras tres S's				
	La información necesaria no está visible				
	Las normas son desconocidas y no están visibles				
	No existe lista de chequeo para la limpieza y el mantenimiento				
	Las cantidades de cada cosa y los límites no son reconocibles				
	¿Cuántos artículos sin estandarizar puede detectar en 30 segundos?				
Disciplina	Apegarse a las reglas				
	¿Cuántos trabajadores no han sido entrenados en el programa?				
	¿Por cuánto tiempo en la semana no se aplicaron las 5 S's?				
	¿Cuántas veces las personas no almacenaron correctamente sus cosas?				
	¿Cuántas veces las ayudas visuales para el trabajo no estuvieron disponibles?				
	¿Cuántas veces, en la última semana no se hizo la inspección del programa?				
Totales					
Promedio (Suma de Totales ÷ 250)					

Tabla N° 192: Formato para Diagnóstico de evaluación del área de trabajo.
Fuente: Elaboración de grupo.



Paso 3: Informar del proceso de implementación al personal involucrado.

Objetivo: Comunicar a todo el personal del área de las actividades de implementación de 5S que se llevarán a cabo, en que consisten y cuales son los objetivos que se persiguen con ello.

Cada uno del personal de la entidad debe conocer exactamente cuales son sus responsabilidades sobre lo que tiene que hacer y cuando, donde y como hacerlo.

Las ayudas que se emplean para la asignación de responsabilidades son:

- Diagrama de distribución del trabajo de limpieza.
- Manual de limpieza.
- Pizarrón de gestión visual donde se registra el avance de cada “S” implantada.
- Programa de trabajo para eliminar las áreas de difícil acceso, fuentes de contaminación y mejora de métodos de limpieza.

Paso 4. Implementación de las 5S.

Objetivo: Implementar cada una de las etapas de 5S respetando el orden de estas.

La implementación se llevará a cabo de acuerdo a cada una de las etapas de las 5S, respetando el orden de cada una de estas.

4.1. Clasificar (Seiri).

El propósito de clasificar es retirar de los puestos de trabajo todos los elementos que no son necesarios para las operaciones de mantenimiento o de oficinas cotidianas. El grafico 5.6 ilustra como los elementos necesarios se deben mantener cerca del puesto de trabajo o del área seleccionada, mientras que los innecesarios se deben retirar del sitio de trabajo o ser eliminados.

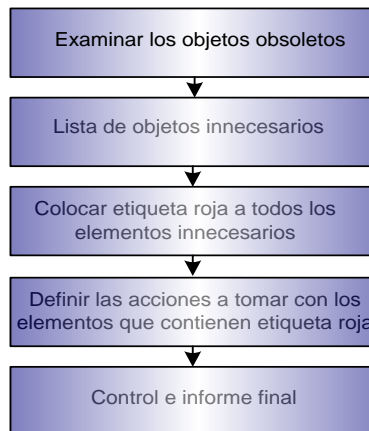


Figura Nº 126. Método propuesto para clasificar



Fuente: elaboración de grupo.

- a) Examinar todos los elementos obsoletos en el área seleccionada, a los cuales se les deberá colocar una etiqueta roja.

Es necesario examinar todos los artículos de cada categoría en toda el área sujeta a estudio.

Espacios		Lugares de Almacenamiento	
	Pisos		Anaqueles
	Pasillos		Armarios
	Áreas de operación		Estantes
	Estaciones de trabajo		Cobertizos
	Detrás, encima, debajo de equipos		Otros lugares de almacenaje
	Escaleras	Paredes, tableros, etc.	
	Cuartos pequeños		Elementos colgados en paredes
	Oficinas		Anuncios y boletines informativos
	Zonas de carga / descarga		Avisos
	Dentro de armarios y gabinetes		Otros
Equipos		Materiales y suministros innecesarios	
	Máquinas		Materiales no procesados
	Pequeñas herramientas		Suministros
	Troqueles (matrices)		Partes / piezas
	Guías de montaje		Producto y material en proceso
	Fresas (brocas)		Producto Terminado
	Rodamientos de equipos		Material de envío (que llega o sale)
	Plomería, tubos, etc.	Otro tipo de elementos innecesarios	
	Equipo eléctrico		Ropa de trabajo
	Cables, uniones, conectores, etc.		Equipo de seguridad
Otros equipos			Zapatos
	Gabinetes		Recipientes de basura
	Bancas y tablas		Otros
	Asientos		
	Carretillas		
	Otros		

Tabla N° 193: Ecuación de Inspección de elementos obsoletos

Fuente: Elaboración de grupo.

- Etiquete algún elemento que no pertenezca a ese lugar
- Al finalizar la inspección, marque cada punto como revisado y desalojar los elementos innecesarios



Elementos Innecesarios	No.	Fecha	Etiqu.	Razón para etiquetarlo	Observaciones

Tabla 194: Control de Elementos Innecesarios
Fuente: Elaboración de grupo.

b) Definir las acciones a tomar con los elementos que contienen etiqueta roja.

- Definir un área temporal de almacenamiento para los objetos etiquetados.
- Para cada elemento etiquetado en rojo, determine la categoría a la cual pertenece.
- Determinar la acción que se debe tomar y escribirla en la etiqueta roja.
- Tomar las medidas y acciones que se requieran.

Categoría	Acción	✓
Obsoletos	Venderlo	
	Guardarlo para depreciación	
	Separarlo (temporal o definitivamente)	
	Desecharlo definitivamente	
Defectuosos	Debe reponerse	
	Debe desecharse	
Desechos y chatarra	Sacarlo del área hacia el lugar conveniente	
Desperdicios y basura	Descartarla definitivamente	
	Para reciclar	
Innecesario en esta área	Sacarlo del área hacia el lugar conveniente	
Se usa al menos una vez al día	Dejarlo junto a usted	
	Mantenerlo cerca para su uso	
Se usa al menos cada semana	Almacenarlo en el área	
Se usa al menos cada mes	Almacenarlo para uso de toda la planta	
Se usa muy rara vez	Almacenado en lugar distante	
	Venderlo	
	Separarlo (temporal o definitivamente)	

Tabla Nº 195: Acciones a tomar con los elementos innecesarios
Fuente: Elaboración de grupo.



4.2. Ordenar (Seiton).

Pretende ubicar los elementos necesarios en sitios donde se puedan encontrar fácilmente para su uso y nuevamente retornarlos al correspondiente sitio.

Para desarrollar esta “S”, se hace necesario establecer el método que refleja en la Figura N° 127.

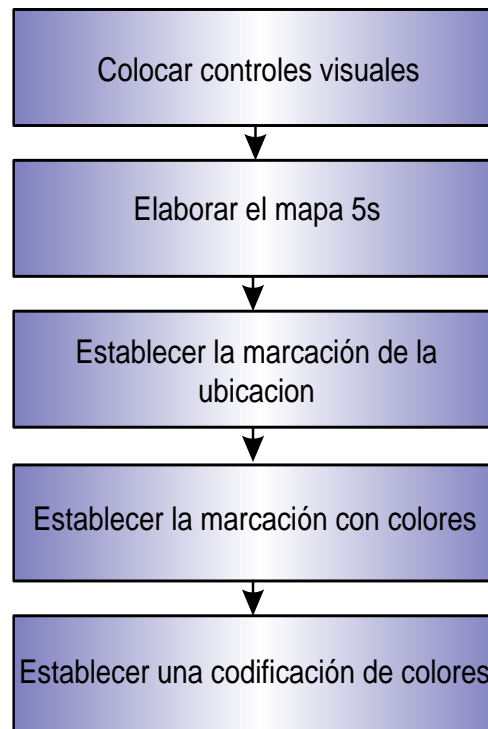


Figura N° 127. Método para implementar la “S” de orden.

Fuente: Elaboración de grupo.

a) Colocar controles visuales

- Examinar todos los artículos de cada categoría en toda el área.
- Definir el sitio donde se encuentran los elementos.
- Determinar el lugar donde se deben ubicar los elementos de aseo, limpieza y residuos clasificados.
- Al finalizar la inspección y corregido su ubicación; marcar cada punto como revisado.



- b) El mapa 5S.
 - Localizar los elementos en el sitio de trabajo de acuerdo con su frecuencia de uso.
 - Los elementos usados con más frecuencia se colocan cerca del lugar de uso.
 - Almacenar las herramientas de acuerdo con su función o producto.
- c) Establecer la marcación de la ubicación.
 - Identificar las localizaciones de forma que se sepa donde están las cosas, y cuantas cosas de cada elemento hay en cada sitio; haciendo uso de indicadores de ubicación, de cantidad, letreros, nombres de las áreas de trabajo, etc.
- d) Establecer la marcación con colores.
 - Identificar la localización de puntos de trabajo, ubicación de elementos, materiales y productos, etc. de tal manera que se señale la división entre áreas de trabajo y movimiento.
- e) Establecer una codificación de colores.
 - Señale claramente las piezas, herramientas, conexiones, tipos de lubricantes y sitios donde se aplican.

4.3. Limpieza (Seiso).

Pretende incentivar la actitud de limpieza del sitio de trabajo y la conservación de la clasificación y el orden de los elementos. El proceso de implementación se debe apoyar en un programa de entrenamiento y suministro de los elementos necesarios para su realización, como también del tiempo requerido para su ejecución.

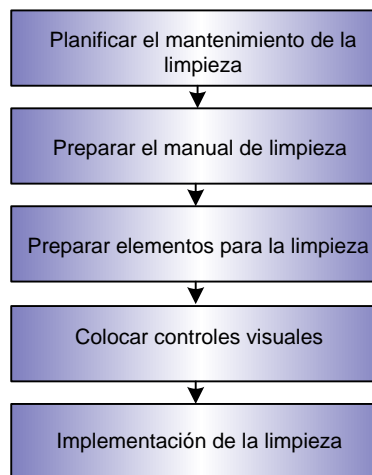


Figura N° 128: Método para implementar la limpieza
Fuente: Elaboración de grupo.



a) Planificar el mantenimiento de la limpieza.

Elaborar una programación de trabajo de limpieza para el área seleccionada en donde se muestre la asignación de responsabilidades por zona a cada trabajador y los materiales y/o herramientas a utilizar.

Labor a Realizar	Ubicación	Responsable	Fecha-hora	Materiales y herramientas necesarios

Tabla 196: Programación de trabajo de limpieza
Fuente: Elaboración de grupo.

b) Preparar un manual de limpieza.

c) Preparar elementos para la limpieza.

d) Implantación de la limpieza.

Llevar a cabo una limpieza general del área seleccionada.

4.4. Estandarizar (Seiketsu).

En esta etapa se tiende a conservar lo que se ha logrado, aplicando estándares a la práctica de las tres primeras "S". Esta cuarta "S" está fuertemente relacionada con la creación de los hábitos para conservar el lugar de trabajo en condiciones perfectas.



Figura Nº 129: Método propuesto para "Estandarizar".
Fuente: elaboración de grupo.



c) Asignar trabajo y responsabilidades.

- Es necesario dar a conocer al personal del área cuales son sus responsabilidades sobre lo que tiene que hacer, cuando, donde y como hacerlo.

d) Elaborar un reglamento para el cumplimiento de las 3 primeras S:

Lineamientos para la 1ª. “S”:

- Establecer qué pertenece al área y en qué cantidad.
- Decidir qué información debe escribirse en las etiquetas rojas.
- Determinar cómo deberá efectuarse el etiquetado en rojo, quién lo hará y cuándo se hará.
- Determinar las pautas de ayuda y los principios fundamentales que todas las personas deben seguir para realizar el etiquetado en rojo.
- Decidir la ubicación de los artículos etiquetados en rojo, incluyendo quién tomará la decisión final, quién efectuará lo decidido, cuándo deberá ponerse en marcha el plan y cómo se hará.
- Establecer las pautas de ayuda para organizar el área de almacenamiento temporal de artículos con Etiqueta Roja, incluyendo quién debe hacerlo y cuáles son sus responsabilidades.

Lineamientos para la 2ª. “S”:

- Decidir cuál debe ser la ubicación de los artículos.
- Determinar las normas para la ubicación de los señalamientos, incluyendo su estilo, diseño y código de color que se usará para los diferentes propósitos.
- Determinar el procedimiento a seguir para cambiar la ubicación de un artículo, incluir la manera de hacer recomendaciones y quién tomará la decisión final.

Lineamientos para la 3ª. “S”:

- Determinar lo que necesita limpieza y mantenimiento con regularidad, quién hará dicha limpieza, cuándo debe ocurrir y el procedimiento básico que se debe seguir para tal mantenimiento y limpieza.
- Establecer las normas a seguir para que la limpieza sea una labor agradable.
- Determinar dónde guardar los artículos limpios y los elementos de limpieza y los criterios que seguirán para determinar su reemplazo.



4.5. Disciplina.

La práctica de la disciplina pretende lograr el hábito de respetar y utilizar correctamente los procedimientos, estándares y controles previamente desarrollados.

En lo que se refiere a la implantación de las 5 S, la disciplina es importante porque sin ella, la implementación de las cuatro primeras S, se deteriora rápidamente.

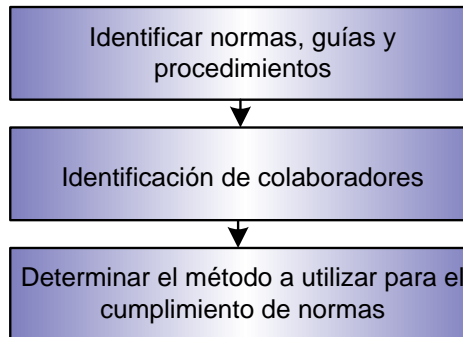


Figura N° 130: Método propuesto para implantar la disciplina.
Fuente: elaboración de grupo.

- a) Identificar las normas, guías y procedimientos que requieran el apoyo de todo el personal.
- b) Identificar a las personas o grupos de personas que tienen la disposición y el deseo de colaborar con el programa y aplicar sus normas, guías y procedimientos.
- c) Determinar el método que se usará para lograr la cooperación en la aplicación de las normas, cuando cada una de las "S's" lo requiera. Considerar los siguientes puntos como parte de un método:
 - Habilidad en los conceptos aprendidos en el programa.
 - Tablero informativo del programa.
 - Fotos del "Antes" y del "Después".
 - Diagramas "Causa" y "Efecto".
 - Grupos de estudio o solución de problemas.
 - Avisos informativos sobre las normas y procedimientos.
 - Las actividades diarias del programa.
 - Las actividades semanales del programa.



Paso 5. Mejora Continua.

Objetivo: Llevar a cabo una retroalimentación de cada una de las etapas de 5S, para identificar mejoras en los procesos.

- Una vez implementadas cada una de las etapas de 5S en el área seleccionada, es necesario evaluar los resultados.
- Identificar las actividades de mejoras en las áreas donde se hayan implementado las 5S.
- Realizar reuniones periódicas con el personal del área donde se recolecten opiniones y sugerencias sobre el avance de la implementación de esta herramienta.

2. Lineamientos para la implementación del S.M.E.D.

Objetivo.

Elaborar lineamientos generales que reduzcan los tiempos de cambio de moldes / herramientas para aumentar la capacidad de producción de las máquinas y la productividad de la empresa. Además se busca la producción en pequeños lotes para reducir inventarios, costos y tiempos de entrega.

Al desarrollar estos lineamientos se persigue acortar los tiempos de preparación de las máquinas, posibilitando hacer lotes más pequeños. Los procedimientos de montaje se simplifican utilizando los elementos más comunes o similares usados habitualmente.

En la Figura N° 131 se muestra el método propuesto para la implementación del SMED:

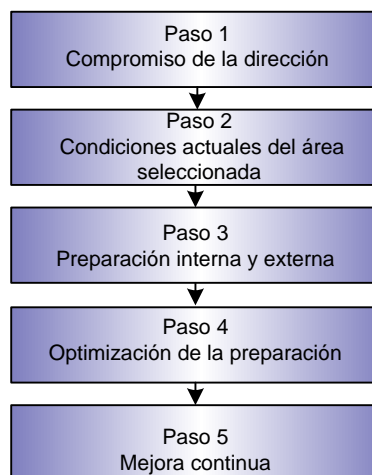


Figura N° 131: Método para la implementación del SMED

Fuente: elaboración de grupo.



Antes de implementar el método propuesto, es necesario:

- Identificar el área en donde se encuentran las máquinas en las cuales se implementará el S.M.E.D.
- Conformar un equipo interdisciplinario del área.
- Involucrar a los empleados encargados de la maquinaria.
- Se deben tener objetivos generales sobre los beneficios esperados del SMED en los siguientes aspectos:
 - a) Seguridad de los operarios.
 - b) Lotes de producción.
 - c) Calidad del producto final.
 - d) Aumento de la productividad.

Paso 1. Compromiso de la Dirección

Objetivo: Concientizar a la Dirección de la importancia de implementar el S.M.E.D. para reducir los tiempos de preparación de las máquinas.

- Informar al personal sobre los principios y técnicas del S.M.E.D.
- Conformar un equipo multidisciplinario.
- Proporcionar los recursos para la implementación del S.M.E.D.
- Evaluar el progreso y evolución de la implementación del programa.
- Participe en las auditorias de progreso.

Paso 2. Condiciones Actuales.

Objetivo: Identificar los aspectos y elementos que conforman el entorno en el cual se encuentra la maquinaria involucrada en la implementación del S.M.E.D.

En este paso es necesario:

- Registrar el nombre del área en donde se iniciará la implementación.
- Anotar el número de maquinas disponibles en el área.
- Identificar al personal encargado de la maquinaria involucrada.
- Asistir a un cambio de herramientas de la forma en que se realiza actualmente.
- Dibujar un Layout del área en donde se muestre la ubicación de la maquinaria.



Paso 3. Preparación interna y externa.

Objetivo: Separar las operaciones que precisan que se detenga la máquina de las que pueden hacerse con la máquina funcionando. Además se busca convertir cuanto sea posible de la preparación interna en preparación externa.

Se deben separar la preparación interna de la preparación externa. Se define como preparación interna a todas aquellas operaciones que precisan el paro de la máquina y externas las pueden realizarse con la máquina trabajando.

- Identificar claramente todos los tipos de preparación que se llevan a cabo en cada máquina.
- Clasificar las herramientas utilizadas para la preparación en orden de prioridad.
- Enumerar las operaciones que precisan que la máquina sea detenida para realizarlas.
- Enumerar las operaciones que pueden realizarse mientras la máquina está funcionando.
- Tomar el tiempo de preparación con un cronómetro y anotarlo para futuras referencias.
- En caso de ser necesario, realizar un estudio de movimientos para comprimir los tiempos de preparación.
- Estandarizar las operaciones de modo que con la menor cantidad de movimientos se puedan hacer rápidamente los cambios.
- Preparar con anterioridad las herramientas a utilizar en el momento de cambio de moldes.

Luego de haber identificado y separado las preparaciones internas de las externas se procede a convertir cuantas sean posibles de la preparación interna en externa.

Este proceso se realiza en dos etapas. Durante la primera fase se deben reevaluar los procedimientos declarados como internos y sin realizar modificaciones se debe observar si existe la posibilidad de realizar alguno con la máquina funcionando.

En la segunda fase, que se realiza conjuntamente con la primera, se trabaja exclusivamente con procesos clasificados como internos y se busca la forma de convertirlos en externos realizando las modificaciones que sean necesarias.



Paso 4. Eliminar el proceso de ajuste.

Objetivo: Reducir el proceso de ajuste para acortar el tiempo total de preparación de la maquinaria.

En este paso es necesario tomar en cuenta:

- Mediante un diagrama de operaciones, especificar los ajustes necesarios para el funcionamiento correcto de la maquinaria.
- Enumerar todos los ajustes necesarios para poner en marcha la máquina.
- Fijar las posiciones necesarias para empezar a fabricar la primera pieza.
- Colocar cerca de la máquina todos los juegos de herramientas necesarios.
- Utilizar carretillas portaherramientas, dispositivos hidráulicos y todo tipo de dispositivo que reduzcan el esfuerzo físico a realizar por parte de los operarios.
- Estandarizar la posición relativa de los moldes, piezas de la máquina que contribuyan a disminuir los tiempos de preparación.

Paso 5. Optimización de la preparación – mejora continua.

Objetivo: Mejorar el tiempo de preparación de la maquinaria aun cuando se realice en un digito de minuto, para poder aproximarse a la eliminación de dicho ajuste.

En la optimización de la preparación, es necesario:

- Organizar las actividades a desarrollar periódicamente.
- Crear una estructura de gestión adecuada para permitir la mejora continua.
- Determine límites máximos a los tiempos de ajuste y preparación.



3. Lineamientos de implementación de un sistema de calidad con cero defectos.

Objetivo.

Elaborar lineamientos generales que sirvan como una guía para la implementación de un sistema Poka Yoke o cero defectos.

Con el propósito de lograr resultados satisfactorios al momento de implantar este sistema es necesario que las personas involucradas tengan una visión clara de los conceptos y/o nuevas políticas a utilizar por lo que es fundamental que cada una de ellas tenga los conocimientos necesarios para poder aplicarlos correctamente.

A continuación se muestra el diagrama donde se muestran las fases que componen la implementación del sistema de calidad con cero defectos:

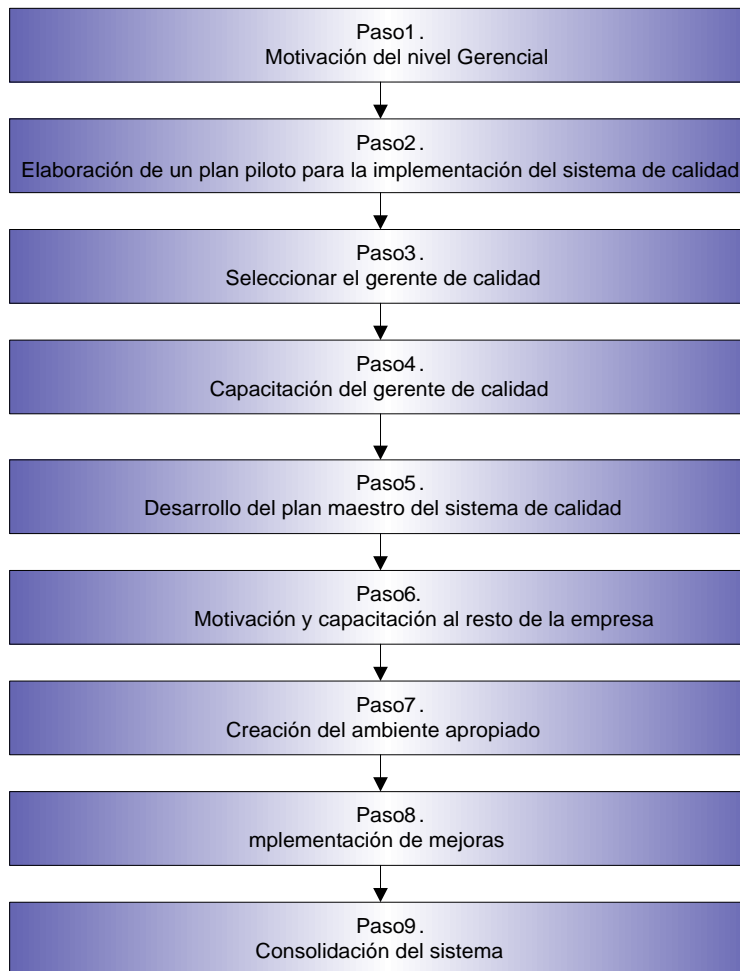


Figura Nº 132: Método propuesto para las fases que componen el sistema de calidad.

Fuente: Elaboración de grupo.



Paso 1. Motivación del nivel gerencial.

Objetivo: Crear conciencia en la gerencia sobre la necesidad y la importancia del desarrollo de un sistema de calidad dentro de la empresa; debido a que ellos deben ser líderes con la capacidad de involucrar y comprometer al personal.

A continuación se presenta la secuencia de actividades que se deben realizar para desarrollar esta fase:

- Convocar a la gerencia.

Para establecer la necesidad de implementar un sistema de calidad dentro de la empresa.

- Motivación del nivel gerencial.

Se pretende desarrollar aspectos que contribuyen a motivar a la gerencia para implementar el sistema.

Paso 2. Elaboración de un plan piloto para la implementación del sistema de calidad

Objetivo: Realizar un programa que permita establecer los requerimientos necesarios para la puesta en marcha del sistema de calidad.

Para la elaboración de este plan piloto es necesario tener presentes diversos aspectos que juegan un papel principal, tales como:

- Trabajo en equipo.
- Nuevos estilos de liderazgo.
- Tener una definición clara de la calidad.
- Visión a futuro.

Paso 3. Seleccionar al gerente de calidad.

Objetivo: Seleccionar a la persona adecuada que se haga cargo de la planeación y desarrollo del sistema.

La persona seleccionada será la encargada de formar los equipos de trabajo pilotos quienes serán los responsables de impulsar y desarrollar el sistema en toda la organización.

Paso 4. Capacitación del gerente de calidad.

Objetivo: Orientar al gerente de calidad sobre los conceptos y filosofías básicas acerca de la calidad, que la empresa desea poner en práctica.



De igual manera se pretende lograr que esta persona sea un líder que promueva la participación del personal en el mejoramiento continuo, el cual otorgue responsabilidad, autoridad, orientación retroalimentación y motivación para controlar y mejorara continuamente su trabajo.

Tanto el gerente de calidad como el personal que lo rodea deben ser capacitados; para que ellos posteriormente sean los encargados de motivar y capacitar al resto de los miembros de la organización.

Paso 5. Desarrollo del plan de sistema de calidad.

Objetivo: Establecer los lineamientos estratégicos en función de la misión y visión de la empresa, de manera que se pueda desarrollar un sistema de calidad efectivo.

Esta fase implica el establecimiento de los objetivos y las metas que se quieren lograr a través del sistema de calidad, estas deben ir acorde a la misión y visión de la empresa.

Paso 6. Motivación del resto de la empresa.

Objetivo: Desarrollar el plan de capacitación de tal manera que contenga todos los elementos necesarios y pueda ser impartido para todos los niveles de la organización.

Es necesario que la empresa estructure adecuadamente su plan de capacitación en calidad, el cual debe estar destinado a todos los niveles de la organización. Los objetivos de esta capacitación deben ser:

- Explicar que es y en que consiste el proceso de calidad.
- Promover la adopción de valores de cultura de calidad.
- Desarrollar en los miembros de la organización habilidades de liderazgo y habilidades para el aseguramiento y mejoramiento de la calidad.

Otro de los propósitos de esta capacitación es establecer la mentalidad de la eliminación total de los defectos, esto con el objetivo de eliminar el desperdicio eliminando actividades que no le agregan valor al producto y la eliminación de todo tipo de despilfarro en general.



Paso 7. Creación del ambiente apropiado.

Objetivo: Implementar en el lugar de trabajo las condiciones que proporcionen a los miembros de la organización, un ambiente favorable y adecuado que les permita llevar a cabo su trabajo de una manera eficiente.

Es necesario crea las condiciones que eviten la desmotivación y que sean las adecuadas para la realización de su trabajo buscando el cero defecto.

En caso de ser necesario se debe mejorar físicamente en el ambiente de trabajo aplicando técnicas como las 5s y se deben eliminar factores que generen desmotivación.

Paso 8. Implementación de mejoras.

Objetivo: Realizar todas aquellas actividades que lleven a la organización a la obtención de productos con las características adecuadas y bajo las especificaciones establecidas.

Para la implementación de las mejoras del sistema de calidad con cero defectos, son necesarias una serie de actividades y procedimientos, encaminados a lograr que las características de los productos sean las idóneas y que cumplan con los estándares de calidad establecidos pro la empresa.

Así mismo se debe de tener en cuenta diferentes aspectos como:

- Establecimiento de los parámetros de calidad en el proceso de producción.
- Definición y creación de elementos/acciones correctivas y/o preventivas que pondrán en práctica cuando un producto no cumpla con las especificaciones.

Paso 9. Consolidación del sistema con cero defectos.

Objetivo: Realizar un análisis y retroalimentación sobre los logros obtenidos dentro de la organización con implementación del sistema de calidad.

En esta fase se tiene el propósito de continuar desarrollando los procesos de mejora y se continuara la capacitación, al mismo tiempo se debe seguir con un análisis de experiencias, logros obtenidos, así como una reestructuración y aprobación del sistema de calidad. Realizando continuamente evaluaciones y acciones correctivas.

Sin embargo para la implementación de este sistema no existe un modelo específico que pueda ser adoptado por todas las empresas. Por lo que cada una de ellas ya sea grande o mediana empresa, debe diseñar una metodología de acuerdo a su propia realidad.



4. Lineamientos de implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM).

a. Objetivo

Dar a conocer lineamientos necesarios para la implementación y puesta en marcha de un sistema de Mantenimiento Productivo Total eficiente, que lleve a las empresas a obtener una mayor productividad, eliminar o reducir los fallos en el equipo, defectos en el proceso, reducciones de velocidad, etc.

b. Requisitos fundamentales para la implementación del T.P.M.:

Los requisitos fundamentales para llegar a implementar un efectivo programa de Mantenimiento Productivo Total son:

- Compromiso total por parte de la alta gerencia.
- Apropiada difusión del plan y de los resultados que se espera obtener.
- Auténtica delegación de responsabilidades y autoridad para implementar los cambios que se requieran, debe existir también un respeto mutuo en todos los niveles de la organización.
- Contar con un panorama a largo plazo, ya que su implementación puede tomar en la mayoría de ocasiones más de un años.
- Disposición al cambio en la mentalidad y actitud de toda la gente involucrada en lo que respecta a sus nuevas responsabilidades.

La implementación del Mantenimiento Productivo Total es un proceso con una duración de 3 a 5 años, al cual se le debe prestar la máxima atención posible; Debido a que este trae consigo un alto esfuerzo tanto de los directivos como de todo el personal; así como una inversión económica.

Este proceso comprende de cuatro fases:

- Fase de preparación.
- Fase de introducción.
- Fase de implantación.
- Fase de consolidación.



En la grafica siguiente se presenta el método propuesto para la implementación de un sistema de Mantenimiento Productivo Total.

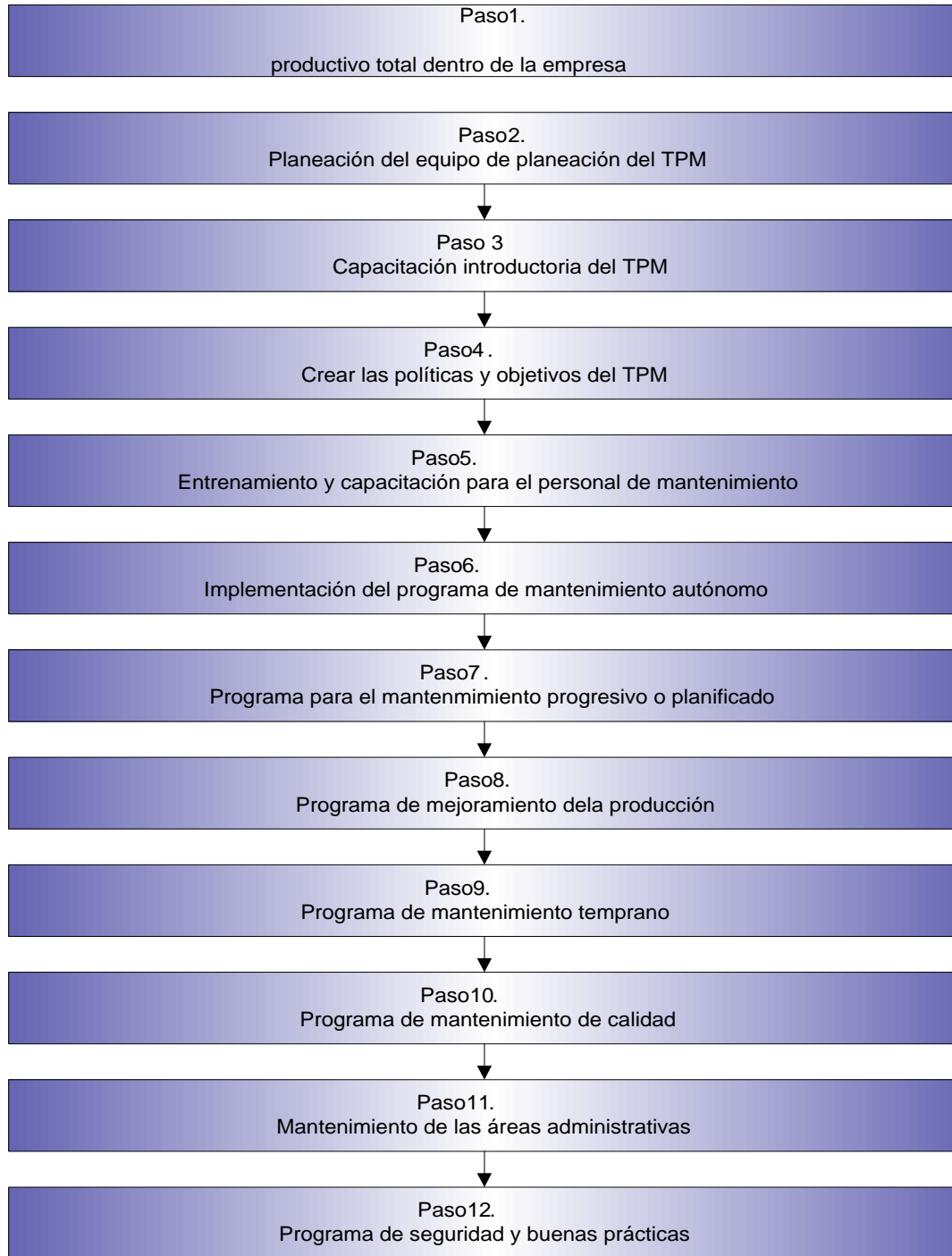


Figura Nº 133: Método para la implementación del Mantenimiento Productivo Total.

Fuente: Elaboración de grupo.



I. Fase de Preparación.

Se debe de preparar un programa que tenga en cuenta muchos detalles, desarrollando los siguientes pasos:

Paso 1: Comunicado por parte de la gerencia de la puesta en marcha de un sistema de Mantenimiento Productivo Total dentro de la empresa.

Objetivo: Dar a conocer a todos los miembros de la organización que se empezará con la implementación de un sistema de mantenimiento productivo total.

Todos los empleados deben estar enterados de la implementación del TPM dentro de la empresa, así también deben conocer las razones que llevaron a la misma a implantar el TPM y estar convencidos que esta es una necesidad.

Por lo tanto resulta bueno hacer una declaración de parte del ejecutivo de más alto rango de dicha decisión.

Paso 2. Creación del equipo de planeación del T.P.M.

Objetivo: Creación del equipo que sea el encargado de la planeación y desarrollo y coordinación del programa de Mantenimiento Productivo Total.

Es muy importante crear un grupo que sea el encargado de la planeación, así como grupos pequeños que involucren toda la organización, por lo tanto se debe establecer una oficina de Implementación del Mantenimiento Productivo Total que sea la encargada de desarrollar y promover las estrategias mas eficaces para el entrenamiento, así como para velar por el cumplimiento de todos los pasos. Las personas involucradas en dicha oficina deben estar totalmente dedicadas a la planeación y desarrollo del T.P.M. Las funciones que deben desarrollar son: preparar el plan de implantación del T.P.M., el cual va desde la implantación hasta la certificación del mismo, coordinar su promoción, crear procedimientos para mantener las diversas actividades de T.P.M. por el camino previsto, coordinar el entrenamiento.



Paso 3. Capacitación introductoria del T.P.M.

Objetivo: Brindar al personal las herramientas necesarias para poder desarrollar eficazmente el Programa de Mantenimiento Productivo Total.

Usualmente se contratan empresas especializadas en este tema; debido a que es un tema muy importante y requiere que las personas encargadas de la capacitación sean de experiencia y cuenten con los elementos necesarios para alcanzar el objetivo.

Se sugiere que la capacitación inicial la debe recibir un grupo de directivos y empleados que posteriormente se encarguen de transmitir la información recibida al resto de personas que pertenecen a la organización; ayudados por las personas encargadas de la capacitación, todo esto con el objetivo de lograr que los empleados tengan un conocimiento básico y comprendan los aspectos fundamentales.

Paso 4. Crear las políticas y objetivos del T.P.M.

Objetivo: Establecer los parámetros para que estos puedan regir un adecuado camino del programa de mantenimiento.

Estos deben ser establecidos de acuerdo a los principios de la organización, deben ir de la mano con la Misión y Visión de la empresa, los objetivos deben ser desafiantes, pero alcanzables a mediano y largo plazo, deben ser concretos teniendo como base cada uno de los pilares del Mantenimiento Productivo Total descritos en el marco teórico.

II. Fase de Introducción.

La fase de introducción es la etapa inicial del proyecto de Mantenimiento Productivo Total. En esta fase se incluye la presentación oficial del programa T.P.M., y es aquí donde se hace el compromiso de implementar el sistema de Mantenimiento Productivo Total y se informan los planes desarrollados y el trabajo realizado en la etapa de preparación.



Paso 5. Entrenamiento y capacitación para el personal de mantenimiento.

Objetivo: Proporcionar a los empleados los elementos necesarios para poder implementar el programa eficientemente.

Este se hace con relación a los temas de operaciones de equipos, aspectos administrativos, comunicación eficaz, solución de problemas, etc.

III. Fase de Implementación.

En esta fase se ponen en práctica todos los programas y tareas que llevan a maximizar la eficiencia de la operación.

Paso 6. Implementación del programa de Mantenimiento Autónomo.

Objetivo: Mantener el equipo en las mejores condiciones para su adecuado funcionamiento.

Esta fase del programa esta enfocada en el mejoramiento del equipo cuya meta es reestablecer el equipo desde el estado de deterioro en que se encuentre, mejorándolo poco a poco.

Para poder llevar a cabo el programa de mantenimiento autónomo se requiere de las siguientes condiciones:

- Compromiso de todos los empleados, en especial de las autoridades de la organización.
- Realizar un programa para frenar el deterioro del equipo, con el objetivo de utilizar los recursos para el bienestar de la empresa.
- Los trabajadores deben tener un claro entendimiento del criterio para lograr juzgar condiciones normales y anormales del equipo.
- Respuesta rápida por parte de los empleados a las anomalías así como una gran habilidad para restaurar las condiciones del equipo.

Paso 7. Programa para el mantenimiento progresivo o planificado.

Objetivo: Alcanzar la meta de cero averías dentro de la planta industrial para ofrecer productos de calidad.



El gráfico siguiente muestra el método para llevar a cabo las actividades de un mantenimiento progresivo.

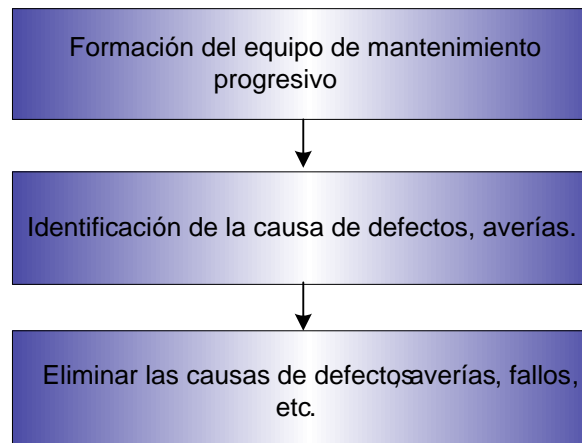


Figura Nº 134: Método para el desarrollo de actividades para el mantenimiento progresivo o planificado.

Fuente: Elaboración de grupo.

Para implementar el programa de mantenimiento progresivo se llevan a cabo los siguientes pasos:

- i. Formación del equipo de mantenimiento progresivo que será el encargado de desarrollar y velar por el cumplimiento del programa de mantenimiento progresivo o planificado para lograr dentro de la empresa cero averías, cero defectos, cero accidentes y cero despilfarros.
- ii. Observación continua del proceso productivo, para poder identificar los factores que causan los defectos, fallos y averías.
- iii. Corrección y eliminación de las causas que producen averías, fallos, contaminación, etc. dentro de la organización. Estas son consideradas como acciones de mantenimiento preventivo.



Paso 8. Programa de mejoramiento de la producción.

Objetivo: Crear un programa que este dirigido eliminar las perdidas que se dan dentro del proceso de producción para aumentar la eficiencia de la planta.

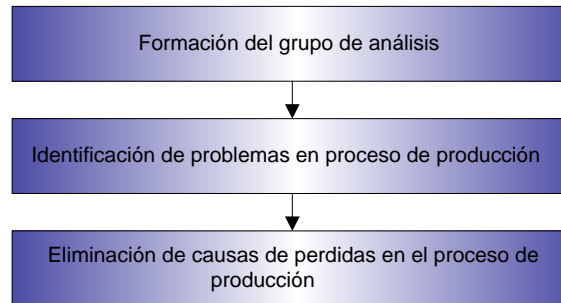


Figura Nº 135: Método para la implementación del programa de mejoramiento de producción.

Fuente: Elaboración de grupo.

A continuación se presenta la secuencia de tareas que deben llevarse a cabo para desarrollar el programa:

1. Formar un grupo que se dedicará al análisis y la solución de los problemas que se han detectados, a través de técnicas o diferentes herramientas como graficas de control o diagramas de pescado.
2. Identificar las perdidas que se dan dentro del proceso de producción como pueden ser:
 - Fallas frecuentes en el equipo.
 - Perdidas en ajustes y paradas menores.
 - Perdidas por reducción de la velocidad de las maquinas, defectos, retrabajos o mal manejo administrativo.
 - Perdidas por distribución de personal, logísticas en compras defectos de calidad.
 - Perdidas por uso inadecuado de la energía y otros servicios.
 - Perdida por uso de herramientas y dispositivos inadecuados.
3. Eliminación de las perdidas que se dan dentro del proceso de producción, ya sea por medio de ajustes o modificaciones que se le realicen a los factores relacionados con los mismos.



Paso 9. Programa de Mantenimiento Temprano.

Objetivo: Mejorar la tecnología de los equipos de producción para reducir las probabilidades de averías, así como facilitar y reducir los costos de mantenimiento.

A continuación se presenta una serie de actividades para llevar a cabo el programa de mantenimiento temprano.

1. Detectar que los errores y problemas de funcionamiento que pueden ser producidos por fallos en el diseño y/o construcción del equipo o de las instalaciones de los mismos.
2. Buscar la solución a los errores detectados para conseguir una operación normal de los equipos con el propósito de que estos mismos sean de fácil operación y mantenimiento, así como una elevación de los niveles de fiabilidad, seguridad y economía; reduciendo al mismo tiempo los niveles y riesgos.

Paso 10. Programa de mantenimiento de calidad.

Objetivo: Establecer las condiciones que debe tener el equipo para poder lograr cero defectos, con el propósito de facilitar la operación de los mismos y lograr una producción donde no se generen defectos de calidad.

Para su desarrollo, se deben llevar a cabo los siguientes pasos:

1. Clasificar los defectos e identificar las circunstancias en que se presentan, así como su frecuencia y efectos para poder tomar acciones correctivas.
2. Realizar un análisis físico para identificar los factores del equipo que generan los defectos de calidad para así posteriormente se realicen acciones de mantenimiento que estén orientadas al cuidado del equipo, con el objetivo de evitar los problemas de calidad.
3. Detectar las variaciones de las características de los equipos para prevenir los defectos y tomar acciones adelantándose a las situaciones de anormalidad potencial.
4. Estandarizar los valores para las características de los factores del equipo, valorando los resultados a través de un proceso de medición.
5. Establecer un sistema de inspección periódico de las características críticas, para llevar así un control de las mismas.



Paso 11. Mantenimiento de las áreas administrativas.

Objetivo: Reducir las pérdidas que se producen en el trabajo manual desarrollado en las oficinas, ayudando a evitar problemas de pérdida de información, coordinación, precisión de la información, etc.

Paso 12. Programa de seguridad y buenas prácticas.

Objetivo: Crear un sistema que prevenga significativamente riesgos que podrían afectar la integridad de las personas y causar efectos negativos al medio ambiente.

Pasos para la implementación del programa de seguridad y buenas prácticas.

1. Definir los procesos seguros y las buenas prácticas de manufactura que deben llevarse a cabo dentro del área de producción.
2. Estandarizar los procesos seguros y las buenas prácticas de manufactura establecidas con anterioridad.

Para llevar a cabo este programa es necesario contar con la asesoría de un grupo de especialistas que guíen al equipo asignado para la implementación del programa.

IV. Fase de Consolidación.

Objetivo: Afinar los detalles que han surgido a lo largo del proceso y establecer los nuevos propósitos, como mejora en el diseño del equipo, incorporación de nuevas tecnologías apropiadas a cada momento.

A continuación se detallan actividades correspondientes para la fase de consolidación del T.P.M.:

1. Hacer una retroalimentación con los miembros de la organización con relación al Mantenimiento Productivo Total; Para conocer los aspectos que se pueden mejorar dentro del proceso.
2. Establecer objetivos consolidados que lleven a la mejora en el diseño de los equipos e incorporación de las tecnologías más adecuadas.
3. Creación de nuevos programas de mantenimiento con un propósito dinámico, debido a los cambios continuos que existen el medio.



5. Lineamientos generales para el alcance del “Just in Time”.

Objetivo

Elaborar lineamientos generales que permitan identificar y eliminar todas aquellas actividades que no agreguen valor para el cliente y que permitan fabricar y suministrar productos que se necesiten, cuando se requieran y en las cantidades solicitadas.

Los presentes lineamientos tiene el fin de ser una guía orientadora, tanto para el personal operativo como para la Alta Dirección, en la implementación de Just in Time.

El Just in Time pretende eliminar todos los tipos de desperdicios que no le agregan valor al producto, de tal manera que toda empresa sea capaz de responder oportunamente a la demanda del mercado y puedan entregar productos que los clientes necesiten, cuando los requieran y en las cantidades solicitadas.

A continuación se muestra el método propuesto para la implementación del Just in Time.

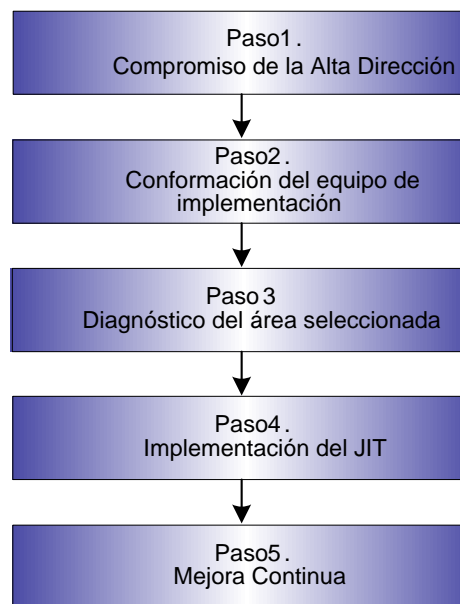


Figura Nº 136: Método para la implementación del Just in Time.

Fuente: Elaboración de grupo.



Paso 1. Compromiso de la Alta Dirección.

Objetivo: Obtener el compromiso e involucramiento de la Dirección en cada una de las actividades de implementación.

- Informar a los Directivos, Gerencia y Personal Operativo en que consiste el JIT, cuales son los objetivos que se persiguen y cuales son los beneficios que se obtendrían.
- Realizar un análisis Beneficio-Costo.
- Establecer y definir un compromiso formal por parte de la Alta Dirección.
- Evaluar el progreso de las actividades de implementación.
- Participar en las actividades de seguimiento.

Paso 2. Conformación del equipo de implementación

Objetivo: Conformar y capacitar al equipo multidisciplinario que llevará a cabo las actividades de diagnóstico de la situación actual y de implementación.

- Creación de un equipo multidisciplinario del J.I.T.
- Capacitar el personal sobre los principios y técnicas del JIT.
- Elaborar un plan de trabajo en donde se indique las actividades a realizar y los responsables de ejecutarlas.

Actividades a realizar	Área	F _{inicio}	F _{fin}	% Cumplimiento	Responsable

Tabla 197: Actividades a realizar y responsables de ejecutarlas.

Fuente: elaboración de grupo.

Paso 3. Diagnóstico del área seleccionada.

Objetivo: Identificar las actividades y procesos que no generan ningún valor agregado al producto, en el área seleccionada.

Para desarrollar el paso tres es necesario:

- Definir el área seleccionada que será sujeta a estudio.
- Identificar las funciones del área seleccionada.



- Elaborar un plan de diagnóstico, en donde se detalle las actividades y/o procesos a evaluar de acuerdo a las categorías de “desperdicio” definidas por el JIT
- Elaborar el mapa del área, para indicar la posición actual de los puestos de trabajo y bodegas
- Elaborar el diagrama de recorrido del área seleccionada.
- Analizar los diferentes proveedores de materia prima, que tipo de materiales proveen, la periodicidad del abastecimiento, ubicación del proveedor y tiempos de respuesta.
- Formular conclusiones para el caso particular del área seleccionada que sirvan de argumentos en la implementación del JIT (paso 4).

Paso 4. Implementación del J.I.T.

Objetivo: Implementar efectivamente el JIT de acuerdo a los resultados obtenidos en el diagnóstico del área seleccionada.

En la implementación del Justo a Tiempo se requiere:

- a) Iniciar mejoras al proceso.
 - Rediseñar el layout del área, de acuerdo a los resultados obtenidos en el diagnóstico.
 - i. Colocar los puestos de trabajo de tal manera que se reduzcan al máximo los desplazamientos.
 - ii. Marcar las áreas destinadas para el almacenamiento de producto terminado y materia prima; y el área de producción.
 - Elaborar un plan de producción especificando el horario de producción.
 - Reducir los tiempos de cambio de herramientas o preparación de las máquinas
 - Implementación del Mantenimiento Productivo Total.
 - Utilización de un sistema poka-yoke.
- b) Mejoras del Control.
 - Sincronizar el flujo de producto entre las operaciones.
 - Balancear de la carga de trabajo – Nivelación de la producción.
 - Usar el sistema Kanban mas apropiado.
 - Utilice Control Estadístico de Procesos.



- c) Mejoras en las relaciones con el proveedor.
 - Seleccionar los proveedores que proporcionan mayor estabilidad para el aprovisionamiento.
 - Informar a los proveedores sobre la implementación del JIT y los objetivos que se persiguen.
 - Obtener el compromiso entre proveedor y firme un acuerdo de servicio

Paso 5. Mejora Continua.

Objetivo: Llevar a cabo una retroalimentación de cada una de las actividades implementadas del JIT para identificar mejoras en los procesos.

- Periódicamente hacer una evaluación de los resultados obtenidos.
- Revisar los indicadores de productividad.
- Hacer un análisis de cada una de las técnicas que se implementó, para verificar si se está cumpliendo con los objetivos planteados en un inicio.
- Volver a analizar todo el proceso e identifique mejoras que se puedan hacer.

G. GUIA PARA ESTABLECER LAS INVERSIONES DEL PROGRAMA.

Las inversiones del proyecto de mejora implican todos los costos en los que se incurre para la aplicación y el desarrollo de las propuestas sugeridas en el programa. El siguiente grafico muestra las inversiones que sobre las cuales se deberá efectuar un desglose:

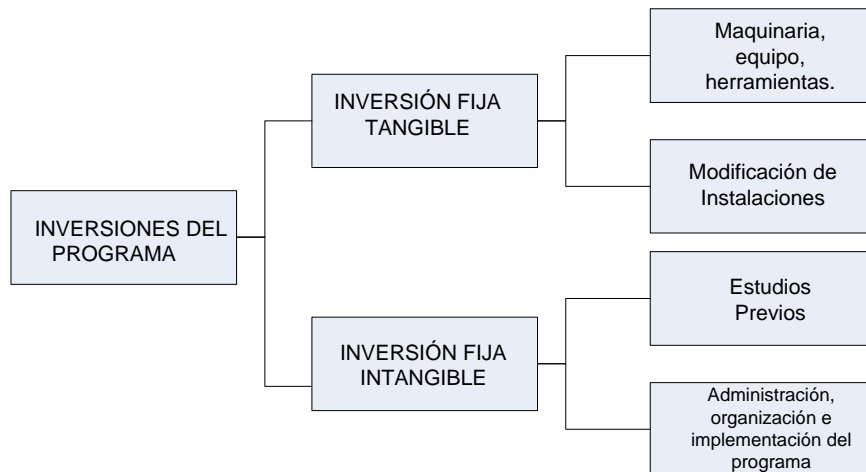


Figura Nº 137: Posibles Inversiones en un programa de mejora.
Fuente: Elaboración de Grupo.



1. INVERSION FIJA TANGIBLE.

Este tipo de inversión hace referencia a todos los recursos tangibles que se necesitan para ejecutar el programa y que comprende toda la adquisición de maquinaria, equipo o herramientas, para lograr reducir los desperdicios. Este tipo de inversión se les puede denominar como el conjunto de bienes que no son motivo de transacción corriente por parte de la empresa; se adquieren de una vez, siendo utilizados continuamente a lo largo de su vida útil. Por otra parte, también comprende modificaciones a las instalaciones de la planta en caso que estas sean necesarias. La inversión fija tangible son rubros materiales que están sujetos a depreciación y obsolescencia.

a. Maquinaria, Equipo, Herramientas:

Los elementos que contiene este rubro, son los que por medio de ellos se realizan tanto operaciones primarias como secundarias en el funcionamiento del sistema productivo de la empresa. En este apartado se deberá incluir el detalle de la maquinaria, el equipo o herramientas necesario para que el proyecto pueda ejecutarse. Para el control el registro y control puntual de esta maquinaria y/o equipo puede emplearse la siguiente tabla:

Cantidad	Nombre de maquina/equipo	Herramienta	Costo unitario (\$)	Costo Total (\$)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
TOTAL				(6)

Tabla N° 198: Declaración de maquinaria/equipo requerido para el desarrollo de un programa.

Fuente: elaboración de grupo.

Donde:

- (1) Deberá escribirse la cantidad de la maquinaria o equipo a declararse en la siguiente casilla.
- (2) Se debe redactar el nombre de la maquinaria o equipo requerido en el programa.
- (3) En esta casilla se escribe el nombre abreviado de la herramienta en la cual se utilizara la maquinaria o equipo.
- (4) Plasmar el costo unitario de la maquina o herramienta sugerida.



- (5) Es el resultado de multiplicar la cantidad (1) de maquinaria o equipo por el costo unitario (4) del mismo.
- (6) Debe representar la sumaria de los costos totales de la(s) maquinas o equipo(s).

b. Modificaciones a las instalaciones:

El costo incluido en este rubro lo constituyen los gastos de construcción, o el costo de la obra civil en modificaciones de la planta. Al igual que los demás, el resultado final de este apartado será considerablemente diferente para cada empresa que tenga interés por aplicar manufactura esbelta.

Para realizar una descripción detallada de los costos en los cuales se habrá de incurrir se sugiere emplear la siguiente tabla:

ÁREA	REQUERIMIENTO	CANTIDAD	COSTOS
(1)	(2)	(3)	(4)
TOTAL			(5)

Tabla N° 199: Descripción de las modificaciones en la planta para la puesta en marcha del programa.
Fuente: elaboración de grupo.

Donde:

- (1) Describir el área de la planta sujeta a modificaciones.
- (2) Plasmar el requerimiento para modificación del área descrita en la casilla anterior: mano de obra, materiales u otro requerimiento.
- (3) Estimar la cantidad del requerimiento de clarado en la casilla (2).
- (4) Calcular el costo total para cubrir el requerimiento y su cantidad demandada el en proyecto.
- (5) Realizar la sumatoria de los costos totales de cada requerimiento.



2. INVERSION FIJA INTANGIBLE.

Son todos los componentes de inversión fija (no materiales) que pueden ser prestaciones o derechos que la empresa tiene y no están sujetos a depreciación u obsolescencia; sin embargo son necesarios para iniciar la implementación del proyecto de mejora. Las inversiones a las cuales se deberá hacer referencia son las siguientes:

e) Investigación y Estudios Previos.

En éste apartado se incluirán los gastos de la realización de los estudios previos al desarrollo del proyecto.

f) Administración y organización de la implantación del programa.

Se debe incluir los salarios del personal y los costos de los insumos empleados en la administración y organización de la implantación del proyecto.

El programa de reducción de desperdicios deberá estar diseñado para que el mismo personal de la empresa donde se aplicará sean quienes exploren en el desarrollo del proyecto, guiados por las personas que dirigen el proyecto.

g) Puesta en Marcha.

Este rubro compone los desembolsos que se requieren para cubrir los gastos necesarios para las pruebas y ajustes del programa para comenzar a operar. Lo que en forma general se requiere para cubrir la puesta en marcha son: mano de obra directa, materiales, materia prima, pruebas y ajustes de la maquinaria y equipo.

h) Imprevistos.

Los imprevistos tienen como finalidad afrontar las variaciones de lo planificado o para posibles contingencias a cubrir durante la etapa de implantación del proyecto en lo que se refiere a las inversiones del proyecto, es decir que sirven para solventar los costos no previstos; generalmente, el calculo de los imprevistos se realiza a partir del monto total necesario para efectuar los cambios que implica el proyecto, dejando fuera a las inversiones ya existentes. La mayoría de los imprevistos se manejan entre un 5 y 10% de la inversión total del proyecto.



H. CONSIDERACIONES SOBRE LA RESISTENCIA AL CAMBIO

El cambio es la transición entre la situación actual y una deseada (situación propuesta); que consiste en moverse desde el equilibrio actual hacia un equilibrio futuro, pasando por un periodo de inestabilidad o desequilibrio en el personal afectado.

La única manera de pasar exitosamente por la transición (o zona de desequilibrio) es comprometiéndose genuinamente para mejorar la situación actual a través de ofrecer garantías sólidas de empleo a cambio de flexibilidad, ya que el programa involucra inevitablemente la eliminación de puestos de trabajo no necesarios, sin embargo este personal sobrante se puede ubicar en otras áreas de la empresa; inclusive se puede crear un departamento de mejora con los operarios de mas experiencia ya que estos poseen el conocimiento practico sobre determinadas operaciones y convertirse en directores de actividades Kaizen.

Si no se tiene en cuenta el personal sobrante se hará imposible la puesta en práctica del programa y la mejora continua de cada actividad.

En toda planta siempre existe personal que simplemente se rehúsan a cambiar sus métodos de trabajo, lo cual representa grandes obstáculos para el logro de los objetivos planteados. Lo mejor para estos es sustituirlos por aquellos que son mas flexibles a los cambios, que se comprometen a trabajar no importando si se alcanza los resultados a la primera vez.

Las ofertas que se pueden hacer al personal sobrante son:

- ▶ Oferta de jubilación
- ▶ Reubicación en grupos Kaizen
- ▶ Contratación parcial

Existen diferentes teorías para vencer la resistencia al cambio, las cuales incluyen estrategias para eliminar el miedo a lo nuevo, que es el principal factor que ocasiona la resistencia. El cambio debe de ser preparado de tal forma que provoque el menor número posible de problemas y temores. Entre las diferentes teorías tenemos:

1. El modelo de cambio de tres pasos de Lewin.

La palabra cambio se refiere a cualquier situación en donde se dejan determinadas estructuras, procedimientos, comportamientos, etc. para adquirir otras, que permitan la adaptación al contexto en el cual se encuentra el sistema u organización y así lograr una estabilidad que facilite la eficacia y efectividad en la ejecución de acciones. En el proceso que involucra el cambio en los sistemas, existen básicamente tres etapas esenciales y secuenciales:



► **Descongelamiento.**

Existe una sensación de desequilibrio, ansiedad, e insatisfacción ante el entorno actual, se toma conciencia de la situación y se duda sobre el modo de actuar. Hay una inquietud por satisfacer nuevas necesidades y lograr la situación deseada, se identifican las estructuras sujetas al cambio que pretenden llegar a un equilibrio.

► **Movimiento.**

Permanece la sensación de desequilibrio, acompañada por inestabilidad, inseguridad e incertidumbre. La necesidad ahora se encamina hacia generar información, buscar alternativas, abandonar viejas estructuras y adoptar nuevos esquemas para lograr la adaptación.

► **Recongelamiento.**

Se visualiza claridad en la situación, existe un equilibrio y una mayor adaptabilidad al entorno, se busca integrar nuevos esquemas, establecer un contacto con la opción elegida y considerar el efecto del cambio en el resto de los subsistemas.

Las organizaciones están integradas por varios individuos, por lo que el efecto multiplicador de la resistencia individual, hace que la habilidad de una organización para cambiar, sea más lenta y más difícil de lograr que la de un individuo. Sin embargo, lo más importante es que la organización tenga dicha habilidad para cambiar, ya que si no lo hace, no sobrevivirá.

Antes de comunicar un cambio dentro de la organización, se deben de analizar cuidadosamente los factores en los que puede afectar al personal interno, tanto en el presente como en el futuro.

2. Análisis de la situación.

Otra teoría para disminuir la resistencia al cambio, consiste en el análisis de la situación y de las razones que provocan tales fuerzas restrictivas. Algunas actitudes a considerar para enfrentar la resistencia son:



- ✓ Escuchar las expresiones de resistencia y manifestar empatía
- ✓ Generar información sobre hechos, necesidades, objetivos y efectos del cambio
- ✓ Reducir incertidumbre e inseguridad
- ✓ Buscar apoyos que fomenten la credibilidad
- ✓ No imponer el cambio
- ✓ Hacer un cambio participativo
- ✓ Plantear problemas, no soluciones unilaterales
- ✓ Realizar cambios continuamente, aún cuando sean pequeños
- ✓ Crear un compromiso común

3. El Modelo de Investigación de la Acción.

Proceso de cambio basado en la captación sistemática de datos y después en la selección de una acción de cambio, basada en lo que los datos analizados indicaron.

El proceso de investigación de acción consiste en cinco pasos: diagnóstico, análisis, retroalimentación, acción y evaluación. Estos pasos se aproximan mucho al método científico.

- ▶ **Diagnóstico:** El agente de cambio, que para este estudio es una filosofía de trabajo, inicia recabando datos que aporten información sobre la empresa, sobre los problemas, desperdicios en la empresa, preocupaciones y cambios necesarios de acuerdo con los miembros de la organización. Este paso es fundamental para saber con precisión lo que requiere la organización.
- ▶ **Análisis:** Se analiza la información recopilada en el diagnóstico y el agente de cambio sintetiza esta información en áreas de oportunidad o preocupación, y acciones posibles.
- ▶ **Retroalimentación:** La investigación de acción involucra a todas las personas que son objeto de cambio y consigue que se comprometan activamente en la identificación de los problemas y en la creación de soluciones. De tal forma que este tercer paso consiste en compartir con la gente la información y datos que se encontraron en los pasos anteriores y obtener de los empleados, con la ayuda del agente de cambio, el desarrollo de proyectos o planes de acción para implantar cualquier cambio que sea necesario.



- ▶ **Acción:** Los empleados con el apoyo y asesoría del agente de cambio desarrollan las acciones específicas necesarias para corregir los problemas que se han identificado.
- ▶ **Evaluación:** Dando un seguimiento al desarrollo de las acciones, el agente de cambio evalúa la eficacia de los planes de acción, comparando los cambios subsecuentes, con los datos de referencia.

4. Apelando a la fuerza de la visión

La resistencia es una reacción natural e inevitable ante la pérdida de control, muy influida por la percepción que cada cual tenga de ese cambio. Puede expresarse en forma abierta o encubierta. Esta última, es más peligrosa que la abierta, pues quita la posibilidad de adoptar mecanismos de recuperación, tal como se prevé que se haga en estos casos. No hay que perder de vista que un resistente encubierto, puede inclusive ser parte del equipo, y desde esa posición privilegiada afectar el éxito del proyecto. Atrasar es una manera de resistir.

Es bueno tener en cuenta que si bien la resistencia es inherente al cambio, las estrategias para enfrentarla y acompañarla, dependerán de las causas que la originan. Por ejemplo:

- ✓ Existe incertidumbre sobre el impacto e implicaciones del cambio.
- ✓ La persona siente que no tendrá cabida después del cambio.
- ✓ Tiene que asumir riesgos para los que no está preparado o le suenan incongruentes.
- ✓ Se siente incapaz de desenvolverse en el nuevo rol.
- ✓ Siente que perderá contacto con la gente con la cual habitualmente se relaciona.
- ✓ Tiene limitación de recursos para llevar a cabo el cambio.
- ✓ Siente que perderá poder o influencia.
- ✓ Siente que tiene que defenderse del cambio.

Adicionalmente, una de las más frecuentes fuentes de resistencia es el hábito. Esto es la inercia que fuerza a que la gente siga haciendo lo que venía haciendo de la forma en que lo venía haciendo. Los ambientes favorables a la resistencia se dan cuando hay:



- ✓ Sentimientos de incompetencia no resueltos.
- ✓ Inconformidad con el curso que toma el proyecto.
- ✓ Falta de confianza en uno mismo o en los líderes del cambio.
- ✓ Estrés excesivo y pobre manejo de la ansiedad.
- ✓ Pérdida de control en el entorno en el que habitualmente se tenía control.
- ✓ Mayor frecuencia de situaciones de conflicto.

La resistencia irracional o política nunca podrá ser eliminada. Aún los procesos de cambio más exitosos encuentran resistentes, especialmente en aquellos gerentes que centralizan y acumulan en ellos gran cantidad de actividades y decisiones. Por supuesto, para ellos, la amenaza consiste en que cualquier cambio puede romper el delicado equilibrio que han logrado, dejando al descubierto situaciones potencialmente peligrosas,

Para el éxito de los procesos de cambio, estos deben ser convertidos en proyectos, que tengan principio y fin, así como que tengan productos identificables y responsables claros. Debe haber un grupo de implantación comprometido (y no infiltrado por los resistentes escondidos), apoyado por consultores gerenciales con experiencia en procesos de cambio.



CAPITULO VII

PROGRAMA

DE

IMPLEMENTACION



ETAPAS DEL PROGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN.

Los más importante hasta el momento es entender, que la cadena de montaje debe ensamblar productos al ritmo con que se vende, y todos los procesos interrelacionados con esta debe producir al mismo ritmo; conocer que involucra lograr esto, ya que el siguiente paso es la implementación, para esto se elabora el siguiente programa.

ETAPA	ACCIONES	HERRAMIENTAS	DURACIÓN
INICIO	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Encontrar el momento para promover el cambio. ✓ Comprender la filosofía de manufactura esbelta. ✓ Encontrar el agente facilitador de cambios. ✓ Comenzar con campañas radicales sobre Kaizen. ✓ Contagiar a la demás organización. 	KAIZEN 5'S	Primeros seis meses.
REORGANIZAR	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Analizar la cadena de valor de la empresa. ✓ Crear líneas de productos. ✓ Formar una sección en cargada de desarrollar el cambio. ✓ Establecer funciones de mejora a la cadena de valor para empleados sobrantes. 	KAIZEN MAPEO DE LA CADENA DE VALOR	Segundo semestre.
CREAR UNA NUEVA FILOSOFÍA	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Aislar a los que se oponen al cambio. ✓ Eliminar la mentalidad de producción de grandes lotes. ✓ Inducir hacia la mejora continua. 	KAIZEN CAMBIO RÁPIDO DE MODELO	Segundo año.
OPTIMIZAR	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Poner en práctica sistemas que estimulen la búsqueda hacia una manufactura esbelta. ✓ Establecer incentivos por resultados. 	MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) POKA YOKE- ADMÓN. VISUAL KAIZEN	Tercer año.
DESARROLLO ESTRATÉGICO	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Iniciar el despliegue de una política. ✓ Introducir la formación sobre Manufactura Esbelta. 	TPM POKA YOKE- ADMÓN. VISUAL KAIZEN	Cuarto año.
FINALIZAR	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Desarrollo de una estrategia global. ✓ Analizar cadena de valor alcanzada. 	NIVELACIÓN DE PRODUCCIÓN TRABAJO ESTÁNDAR SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA PRODUCCIÓN (KANBAN) KAIZEN	Quinto año.

Tabla N° 200: Resumen del programa de implementación.
Fuente: Elaboración de Grupo.



Los siguientes cuadros muestran las fechas de implementación de cada una de las etapas:

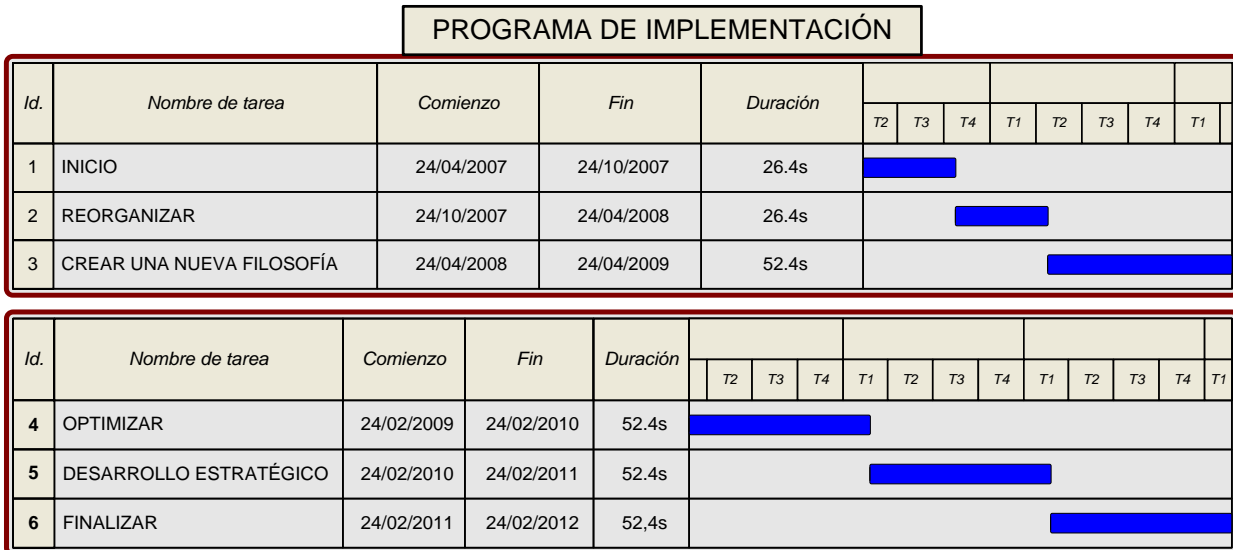


Figura. N° 138: Cronograma de desarrollo de cada una de las etapas.
Fuente: Elaboración de grupo.

En forma generalizada, la descripción de cada una de las etapas se presenta de la manera siguiente:

A. ETAPA 1: INICIO.

Este es el paso más difícil ya que lo que se busca es cambiar la propia inercia de la organización, este cambio se puede lograr a través de una crisis que este ocurriendo en la organización.

La persona que emprenda este cambio de filosofía debe poseer el talento de hacer cambiar las cosas, de aceptar el desafío y poseer la voluntad de aplicar el pensamiento esbelto. Esta debe proponer mejoras drásticas en un corto tiempo iniciando en las áreas más críticas o problemáticas; logrando cambiar de una situación con eficiencia baja a una donde se optimicen todos los recursos. Donde es vital demostrar a todos los de la organización acerca de los beneficios que se obtendrán de la aplicación de prácticas de manufactura esbelta.

Esta etapa deber ser desarrollada por medio de Kaizen y 5'S, según el cuadro siguiente:



ETAPA 1: INICIO DEL PROGRAMA

Id.	Nombre de tarea	Comienzo	Fin	Duración						
					May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct
1	PROMOCIÓN DEL CAMBIO	24/04/2007	24/05/2007	4.6s	■					
2	COMPRESIÓN DE LA FILOSOFÍA	24/05/2007	24/07/2007	8.8s		■	■			
3	ELECCIÓN DEL AGENTE DE CAMBIO	24/07/2007	24/08/2007	4.8s				■		
4	CAMPAÑAS RADICALES DE KAIZEN	24/08/2007	24/09/2007	4.4s					■	
5	INCLUIR A TODA LA ORGANIZACIÓN	24/09/2007	24/10/2007	4.6s						■

Figura. N° 139: Cronograma de desarrollo del inicio del programa.
Fuente: Elaboración de grupo.

B. ETAPA 2: REORGANIZAR.

Una vez se haya alcanzado el liderazgo, el conocimiento, y el sentido de por que los cambios hacia una manufactura esbelta, es el momento de analizar la cadena de valor actividad por actividad y paso a paso para cada tipo de producto con el objetivo de encontrar despilfarros (mudas); esto debe ser desarrollados por una dependencia de la organización, que sea capaz de modificar el flujo de valor y que evalué periódicamente los esfuerzos para asegurarse de no retornar a los viejos procedimientos También es necesario diseñar una estrategia práctica que utilice por completo todos los recursos que se liberen.

El siguiente esquema muestra el prototipo de una organización que canaliza todos sus flujos de valor:

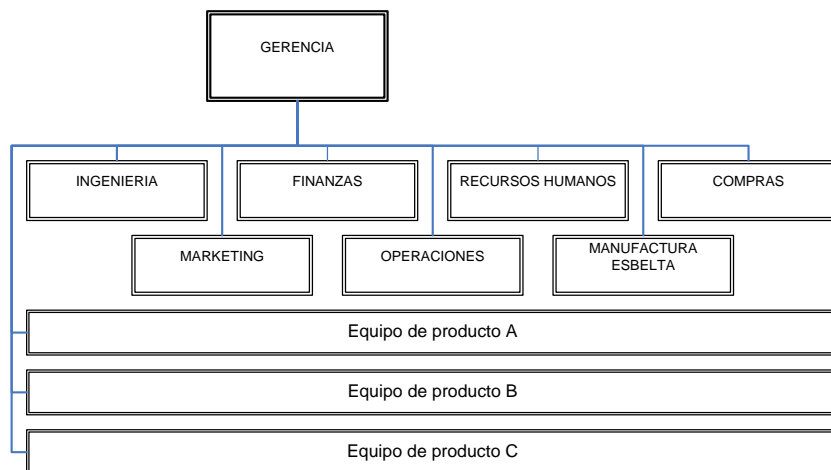


Figura. N° 140: Esquema de una organización esbelta
Fuente: Lean Thinking, James Womack, Daniel Jones, 2005



En el se pone en evidencia la importancia de tener un área encarga de cada producto y un departamento de manufactura esbelta en comunicación directa con la gerencia para así facilitar la comunicación.

Cuando se pasa de una producción de grandes lotes a una basada en las técnicas de manufactura esbelta, se podrá reducir hasta tres cuartas partes del esfuerzo humano con casi ninguna o ninguna inversión de capital. Ya que la conversión de las actividades de lotes a flujo de las actividades de acuerdo a los pedidos, permitirá a la empresa realizar el doble de trabajo, en la mitad de tiempo con el mismo número de personas. Es conveniente ajustar el numero de operarios garantizando que nadie perderá su empleo ya que los operarios restantes pueden ser ubicados en un área que se encargue de realizar mejoras al flujo de valor de esta y cuando la demanda aumente pueden ser ubicados de nuevamente en sus lugares de trabajo. el cuadro siguiente muestra las duraciones de cada una de las actividades.

ETAPA 2: REORGANIZACIÓN						
Id.	Nombre de tarea	Comienzo	Fin	Duración	Gantt	
					T4	T1
1	ANALIZAR LA CADENA DE VALOR	24/10/2007	23/11/2007	4.6s	[Barra Gantt]	
2	CREAR LÍNEAS DE PRODUCTOS	26/11/2007	25/01/2008	9s	[Barra Gantt]	
3	SECCIÓN DE DESARROLLO DEL CAMBIO	24/01/2008	22/02/2008	4.4s	[Barra Gantt]	
4	ESTABLECER FUNCIONES DE MEJORA.	26/02/2008	25/04/2008	8.8s	[Barra Gantt]	

Figura. N° 141: Cronograma de desarrollo de la etapa reorganización.
Fuente: Elaboración de grupo.

C. ETAPA 3: CREAR UNA NUEVA FILOSOFÍA

En toda empresa siempre existen grupos que no aceptan nuevas ideas; es crítico cuando se trata de dirigentes que buscan proteger el concepto de jerarquía y mantener una cadena de mando clara con algo que controlar, esto plantea un verdadero problema.

Se cree que la producción de grandes lotes hace eficiente un proceso, ya que la maquinaria y el personal siempre esta ocupado; en la realidad no ocurre esto. Con la producción de grandes lotes se incrementa la inversión en materia prima, se requiere de áreas para almacenar el producto en proceso, inversión en equipo de manejo de materiales, personal para el manejo de bodegas, etc. Con la producción basada en las



técnicas de manufactura esbelta solo se produce lo que el mercado solicita y en el momento que se requiere; eliminando la inversión innecesaria de recursos para la producción.

La búsqueda para optimizar un sistema operativo nunca debe detenerse, es fundamental conseguir que se entienda desde el principio que ningún nivel de rendimiento es suficientemente bueno y siempre se puede mejorar. Cronograma de implementación

ETAPA 3: CREACIÓN DE UNA NUEVA FILOSOFÍA

Id.	Nombre de tarea	Comienzo	Fin	Duración												
					May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
1	AISLAR LA RESISTENCIA AL CAMBIO	25/04/2008	25/08/2008	17.4s	█											
2	CAMBIAR LA PRODUCCIÓN DE LOTES GRANDES	25/08/2008	23/12/2008	17.4s					█							
3	MEJORA CONTINUA	25/12/2008	24/04/2009	17.4s									█			

Figura. N° 142: Cronograma de desarrollo de creación de una nueva filosofía.
Fuente: Elaboración de grupo.

D. ETAPA 4: OPTIMIZAR.

Cuando ya se haya superado la etapa inicial, creado una nueva organización y haber adoptado una nueva filosofía el numero de propuesta de propuesta de mejora del sistema operativo crecerá y será necesario poner en practica un mecanismo para determinar que es lo mas importante hacer en cada momento y que es lo que puede esperar hasta que se disponga de los recursos necesarios. Este mecanismo debe recompensar a los operarios por las mejoras que estos hagan al sistema operativo, más que por el cumplimiento de las metas de producción

El siguiente cuadro muestra las fechas de implementación de la etapa optimización:

ETAPA 4: OPTIMIZACIÓN

Id.	Nombre de tarea	Comienzo	Fin	Duración												
					May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
1	INTRODUCCIÓN DE LA MANUFACTURA ESBELTA EN LOS COSTOS	24/04/2009	24/08/2009	17.4s	█											
2	INCENTIVOS POR RESULTADOS	24/08/2009	22/12/2009	17.4s					█							
3	DESARROLLO DE CICLO DEMING	24/12/2009	23/04/2010	17.4s									█			

Figura. N° 143: Cronograma de desarrollo de la etapa optimización.
Fuente: Elaboración de grupo.



E. ETAPA 5: DESARROLLO ESTRATÉGICO.

Si se quiere cambiar una organización decadente simplemente se tiene que actuar, arrancar y mostrar unos cuantos resultados que impresionen, es importante poner en marcha una política para llegar a un consenso general en toda la empresa respecto a las tareas a desarrollar en un periodo determinado.

Manufactura esbelta primero debe ser adoptada por la alta gerencia y de ahí a los mandos operativos para que estos vean el grado de compromiso existe por alcanzarla. Los altos dirigentes deben escuchar a los operarios porque son los que mejor saben cómo se lleva a cabo el trabajo en realidad. La mano de obra directa sabe todo sobre los aspectos técnicos de la ejecución de determinadas tareas, pero estos normalmente no saben como visualizar todo el flujo de valor y como influye la demanda. Cronograma de implementación:

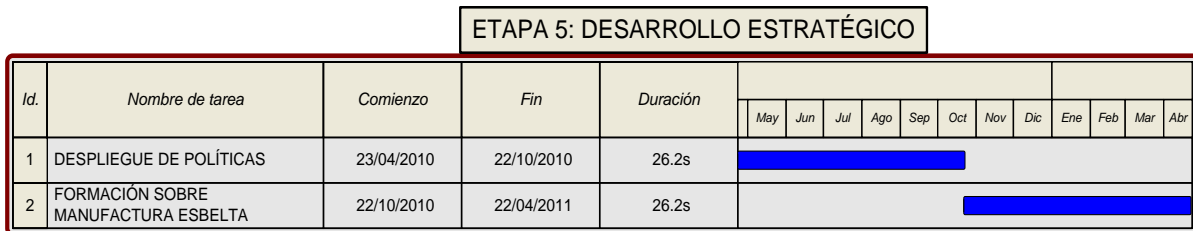


Figura. Nº 144: Cronograma de desarrollo estratégico.
Fuente: Elaboración de grupo.

F. ETAPA 6: FINALIZAR.

Para terminar no se puede concentrar esfuerzos solamente en un área geográfica, ahora en día la liberación de mercados permite que los productos puedan ingresar a muchos países aumentando las posibilidades de incrementar las ventas de la empresa y no depender solamente del mercado local. Manufactura Esbelta permite que la empresa pueda competir en calidad y en precio; con los demás productos.

Una vez alcanzado un estado aceptable se debe volver a analizar. A continuación se presenta el cronograma de implementación:

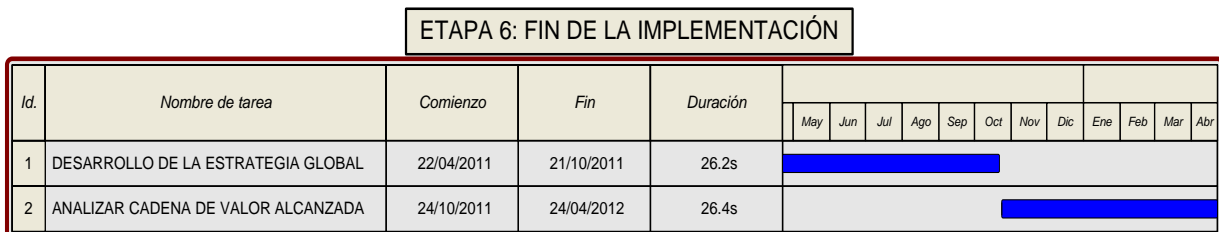


Figura. Nº 145: Cronograma de fin de implementación.
Fuente: Elaboración de grupo.

CONCLUSIONES GENERALES

- ✓ Manufactura esbelta es una alternativa para las empresas que tienen interés en integrarse a un proceso de clase mundial altamente competitivo en tiempos de entrega y precio a través de la aplicación de herramientas que reducen los desperdicios de los recursos en las empresas.
- ✓ Las empresas seleccionadas del cluster son una muestra de las organizaciones salvadoreñas que necesitan una herramienta viable y factible para ingresar a un mundo globalizado y que permita aumentar la cuota de participación en el mercado ya sea interno o externo; esto por las condiciones inadecuadas que posee la empresa actualmente.
- ✓ La relevancia del estudio radica en gran medida en los convenios para el libre comercio con otros países, y es justificable con el incremento de los costos anuales y los altos porcentajes de desperdicios encontrados en el sector.
- ✓ La industria metalmecánica salvadoreña maneja altos volúmenes de inventarios en las empresas, obedeciendo a las siguientes causas: falta de políticas que aporten al control de inventarios, cambios difíciles en los sistemas de producción, una distribución en planta por procesos; y según la manufactura esbelta se presenta como efecto hasta seis tipos de desperdicios: sobreproducción, tiempos de espera, transporte de materiales, inventario, movimiento y en algunos casos defectos, exceptuando únicamente el desperdicio de proceso que en este caso ocurren por una falta de normalización de los procesos en las plantas.
- ✓ Existen en las empresas ideas enfocadas hacia una mejora de los sistemas de producción, sin embargo no se presentan los esfuerzos necesarios para lograr resultados efectivos que encaminen a la industria hacia una mejora continua.
- ✓ Las diferencias reales existentes en los sistemas de producción entre las empresas de la industria metalmecánica, dificultan la generalización de una propuesta de aplicación del programa de reducción de desperdicios

- ✓ Para que una empresa ascienda a una manufactura de clase mundial es necesario el cumplimiento de los siguientes criterios: Administración de compras e inventarios, Coordinación de los despachos o envíos, Mejora Continua en el Sistema Productivo, Utilización del tiempo, Calidad de Vida Laboral, Condiciones físicas de la planta y Conocer al cliente e Innovar el producto.
- ✓ Todas las herramientas de la manufactura esbelta son aplicables en la industria metalmeccánica por la similitud de procesos que existe con la industria donde surgió la filosofía esbelta que es la industria automotriz; y se caracterizan por el trabajo con diferentes tipos de metales.
- ✓ En la empresa modelo se alcanzan mejoras puntuales e importantes como: la reducción de inventarios de Trabajo en Proceso (W.I.P.) en aproximadamente un 63% (Antes, inventarios en puestos: 100%; hoy: 37.5%); el cambio de sistema de producción a 2.5 minutos o 148.4 segundos; nivelación de la producción, estandarización de operaciones y empleo de Kanban de producción, retirada y triangular y otras que ayudan a la aproximación de una manufactura esbelta.
- ✓ Según los indicadores de desempeño referenciados al libro “The Factory Physics” o “La física de la fabrica”, el programa propuesto para la empresa modelo esta situado dentro de un estado mínimo deseado que debe ajustarse a una mejora continua en busca de la perfección.
- ✓ El diseño del programa para la empresa modelo no contempla aplicación de herramientas que pueden ser incluidas en un futuro, obedeciendo a la inclusión de nuevos productos.
- ✓ Manufactura Esbelta ofrece una variedad de herramientas que no representan una solución generalizada para las empresas que pretenden su aplicación, es decir que cada organización deberá ajustar una o varias herramientas a sus necesidades particulares.

- ✓ Resulta complejo alcanzar el estado ideal o deseado de una planta con la primera aplicación de mejoras hacia el sistema de producción Esbelto, por lo cual se hace necesaria la motivación hacia una mejora continua que ofrezca un resultado tangible de los errores cometidos en las propuestas de mejora anteriores.
- ✓ Los lineamientos de implementación de las herramientas de Manufactura Esbelta representan una guía generalizada que esta sujeta a posibles cambios en casos particulares para lograra la aplicación de un programa en las manufactureras Salvadoreñas.
- ✓ El tiempo necesario para la implementación del programa propuesto, dependerá de factores importantes como: el interés de la empresa junto a sus operarios y la flexibilidad de personal para adaptarse al cambio.
- ✓ Empezar un programa directamente vinculado con manufactura esbelta es significativamente rentable para los intereses de cualquier empresa, puesto que las inversiones son relativamente bajas al compararse con los beneficios que brinda el mismo durante su funcionamiento.
- ✓ La estrategia Lean que tiene mayor impacto sobre los ahorros en el programa para la empresa modelo es la combinación de las técnicas: nivelación de la producción, Kanban, trabajo estandarizado y Kaizen, teniendo un beneficio anual aproximado de \$118.264,41; dicha estrategia se enfoca en la reducción en los inventarios de productos en proceso, producto terminado y de personal. La segunda estrategia con mayor impacto son las tecnicas: TPM, Kaizen, Poka yoke y Administración visual con un ahorro anual aproximado de \$85.438,33
- ✓ La inversión inicial del programa es de \$116.818,04 y el promedio de sus beneficios o ahorros ascienden a una razón de \$113.765,84 por año, al mismo tiempo que se reflejan el promedio de los costos de funcionamiento anuales a lo largo de los 5 años es de \$18.749,96; lo cual significa que el programa tendrá un promedio de beneficios netos de \$95.015,88 anuales y que la inversión retornaría en un tiempo aproximado de 13 meses.

- ✓ La implantación del programa podría tener dificultades, debido a la cultura tradicional salvadoreña, es decir que “la forma tradicional de hacer las cosas” será un factor a considerar sobre el rendimiento global del programa. Partiendo de esta reflexión se afirma que el programa sigue siendo aceptado si los beneficios se disminuyen hasta un 25%.
- ✓ El análisis Du Pont refleja que el programa propuesto estaría aumentando el rendimiento sobre la inversión (ROI) en aproximadamente un 11% al compararse con la situación sin programa.
- ✓ El tiempo de procesamiento total de fabricación en la empresa modelo se reduce de 129 seg. a 58 seg/producto; lo que significa una mejora del 122.41%.
- ✓ El efecto Lean sobre el punto de equilibrio de la empresa modelo, reduce en aproximadamente un 79% del volumen de producción, esto obedece a la reducción de los costos del programa.
- ✓ La evaluación ambiental del programa revela que los efectos sobre el deterioro del aire, la contaminación del agua, la contaminación del suelo y la flora y fauna son insignificantes; y los efectos sobre la salud humana tienen un impacto mínimo.

RECOMENDACIONES

- I. Es necesario que las acciones que se están llevando a cabo en las empresas para la mejora continua de los sistemas de producción estén basadas en una organización formal, que permita el logro de resultados efectivos en las empresas.
- II. La formulación de los criterios de diseño de la guía de reducción de desperdicios deben considerar las conclusiones obtenidas en el diagnostico realizado, tanto en la industria como en la empresa modelo.
- III. El programa de reducción de desperdicios para la industria metalmecánica debe contemplar la combinación de las herramientas de manufactura esbelta, que permitan la aplicación y el beneficio en la mayoría de las empresas que han colaborado en la realización del diagnostico.
- IV. Es necesario que el enfoque tradicional de los sistemas de producción de la industria metalmecánica, como lo son: distribución por procesos y sistemas de incentivos basados en la producción estándar, sean sustituidos por mejores prácticas de producción basadas en un pensamiento Lean.

A la empresa modelo:

- En caso de ampliar la gama de productos ofrecidos, deberá realizarse un estudio para determinar la conveniencia de incluirlo al programa sin realizar cambios drásticos o en caso de ser necesario segmentar la planta en familias de productos.
- Asesorar la aplicación del programa propuesto con al menos una persona que posea conocimientos básicos o avanzados y si es posible con experiencias de aplicación en el tema de manufactura esbelta.
- Discutir abiertamente con los empleados sobre las novedades de la implementación con el fin de contrarrestar la resistencia al cambio, así evitar resultados desfavorables que dificulten el avance del programa.

A las empresas en general:

- Poner un mayor énfasis en la capacitación y empoderamiento del personal, el compromiso con la gerencia, mayor liderazgo, así como una reducción de los inventarios y disminución de los tiempos de espera; para poder aumentar su productividad.
- Se recomienda identificar y aplicar las herramientas de Lean Manufacturing que cada empresa necesite, porque su uso puede reducir y/o eliminar los costos innecesarios que se generan dentro de ellas, a través de la reduciendo los desperdicios y la eliminación de aquellas actividades que no le agregan valor al producto.
- Facilitar a los empleados un ambiente de confianza y opinión abierta para la inclusión de sugerencias en las futuras mejoras del programa.
- Lograr que los empleados de la planta se comprometan con la obtención de resultados observables y medibles en tiempo definido por un acuerdo común.
- El diseño detallado deberá contemplar la aplicación de las herramientas de manufactura esbelta que se adecuen a la situación de la empresa y que contribuyan a solucionar los problemas verificados en el diagnostico del estudio.
- Documentar ampliamente cada una de las herramientas de la manufactura esbelta de manera que permitan establece un criterio de aplicación para solventar los problemas identificados en el diagnostico.

BIBLIOGRAFÍA

✓ **Investigación de operaciones. El arte de la toma de decisiones.**

Kamlesh Mathur Daniel Solow

Prentice-hall.1996

✓ **Lean Thinking**

Womack James P.

Gestión 2000

Edición español. 2003

✓ **Evaluación de proyectos.**

Baca Urbina Gabriel.

McGraw-Hill

4º edición 2003.

✓ **Manual de bolsillo de manufactura esbelta.**

Dailey Kenneth W.

DW Publishing and Co.

Edición en Español. 2004

✓ **Just in time Hoy en Toyota.**

Moden Yasuhiro

Ediciones Deusto S.A.

2º edición.

✓ **Cómo Implementar Kaizen en el Sitio de Trabajo. (GEMBA.)**

Imai Masaaki

Mc Graw Hill. 1998

✓ **Manufactura de clase mundial.**

Richard J. Schonberger.

1989.

✓ **Revista Trimestral**

Banco Central de Reserva de El Salvador.
Octubre-Noviembre-Diciembre 2005

✓ **Metodología de la Investigación**

Hernández Sampieri Roberto
Mc Graw Hill.
2° Edición. 1998.

✓ **Tecnologías para cero defectos, inspecciones en la fuente y el sistema poka yoke**

Shigeo Shingo
Madrid 1990.

✓ **Nuevas técnicas de stocks: MRP y JIT.**

Ramón companys Pascual.
MARCOMBO J.A. 1989.
1° Edición.

✓ **Muestreo Diseño y análisis.**

Sharon L. Lohr.
Color S.A. de C.V.
México, diciembre del 2000.

✓ **Estudio del trabajo**

Ingeniería de métodos
Roberto García Criollo
Mcgraw-hill

✓ **Ingeniería industrial Métodos, estándares y diseño del trabajo.**

Benjamín Niebel, Andris Freivalds.
Alfa omega grupo editor, s.a. de c.v.
10ª edición.

✓ **Ingeniería de métodos**

Krick, e. V.

limusa, México 1974

✓ **“La elección para el intervalo de clase”**

Sturges, Herbert A.

Primera Edición.

✓ **“Teoría y Problemas de estadística”**

Murray R. Spiegel.

Primera Edición.

✓ **“La administración en el Mantenimiento”**

Villanueva, Enrique Dounce.

Compañía Editorial Continental S.A., México.

Sexta edición.

✓ **“Sistemas de Mantenimiento: Planeación y Control”**

Duffuaa Raouf, Dixon.

Editorial Limusa, S.A. de C.V.

2006.

✓ **“The Factory Physics”**

Hopp, Wallace.

Segunda edición. 1996

✓ **Ingeniería Económica.**

Anthony Tarquin.

5ª Edición.

Mc Graw Hill

Mexico D.F., 2004

✓ **Finanzas en la Administración.**

J.F. Weston.

7ª Edición. (Volumen 1)

Editorial Interamericana.

México D.F., 1985.

✓ **Ingeniería y Administración de la Productividad**

David J. Sumanth. Ph. D.

1a. Edición.

Mc Graw Hill

Mexico D.F., 1990.

GLOSARIO TECNICO

A

ACTIVIDAD QUE NO AGREGA VALOR - Cualquier actividad que suma costo sin sumar valor al producto o al proceso.

AGENTE DE CAMBIO - Una persona cuya misión es causar el cambio del estado actual, o sea, de lote y fila, para el estado futuro ideal: la manufactura lean. Alguien que lidera el cambio cultural en una organización.

ANÁLISIS DE VALOR - Evaluación del plazo de entrega total y del tiempo que agrega valor para identificar el porcentual de actividades que agregan valor.

ANDON - Una señal visual. En general se trata de una luz ensamblada sobre una máquina o en la línea para alertar de un problema potencial o de la interrupción del trabajo.

AUTONOMATIZACION - Traducción de la palabra "Jidoka". Significa conceder inteligencia humana a una máquina para que pueda automáticamente parar frente a un problema.

C

CADENA DE PRODUCCIÓN: describe la secuencia de estaciones de trabajo por las que pasa una pieza. Empieza en un punto donde se almacena materia prima, componentes o sub-ensamblajes y termina como inventario de bienes terminados.

CADENA DE VALOR- Cadena de valor o value stream es la secuencia del proceso tomando en cuenta aquellos pasos que le agregan valor al producto. Un mapa de esto se hace a base de observación y marcando un diagrama o plano de la planta.

CALIDAD: Existe muy poco acuerdo sobre lo que constituye la calidad. En su sentido más amplio, la calidad es algo que puede mejorarse. Cuando hablamos de "calidad" uno tiende a pensar primero en términos de calidad del producto. Cuando se analiza en el contexto de la estrategia de KAIZEN, nada puede estar más lejos de la verdad. Aquí la preocupación de máxima importancia es la calidad de las personas. Los tres bloques de construcción de un negocio son el hardware, software y "humanware". Sólo después de que el "humanware" está bien implantado deben considerarse, en los aspectos de un negocio, el hardware y software. Infundir la calidad en las personas significa ayudarlas a llegar a ser conscientes del KAIZEN.

CAMBIO DE MATRICES EN UN MINUTO (SMED): - Plazo entre la última pieza buena y la primera pieza buena siguiente en la nueva preparación obtenida en un tiempo abajo de 10 minutos. AKA "Preparación en un sólo dígito."

CINCO S (5S) - Disciplina primaria y condicionante para el Kaizen; los cinco S's son definidos como siendo: Seiri, segregare y desechar; Seiton, ordenar e identificar; Seiso, limpieza e inspección diaria; Seiketsu, revisar siempre, y Shitsuke, motivar para sostener.

CÍRCULOS DE CC (Control de Calidad): Un pequeño grupo que voluntariamente desempeña actividades de control de calidad en el trabajo, ejecutando continuamente su trabajo como parte de un programa de control de calidad, autodesarrollo, educación mutua, control de flujo y mejoramiento del trabajo en toda la compañía.

COSTOS: representan una porción del precio de adquisición de artículos, propiedades o servicios, que ha sido diferida o que todavía no se ha aplicado a la realización de ingresos.

CONTROLES VISUALES - Creación de estándares en el local de trabajo que dejen obvio si algo se encuentra desarreglado.

CC (Control de Calidad): De acuerdo con la definición de "Japanese Industrial Standard (1981)", el control de calidad es un "sistema de medios para producir económicamente bienes o servicios que satisfagan los requisitos del cliente".

Cuando el CC fue introducido por primera vez en el Japón por W. E. Deming en 1950, el énfasis principal estaba en mejorar la calidad del producto, aplicando herramientas estadísticas en el proceso de producción.

En 1954, J. M. Juran produjo el concepto de CC como una herramienta administrativa vital para mejorar el desempeño administrativo. En la actualidad, el CC se usa como herramienta para construir un sistema de interacción continua entre todos los elementos responsables de la conducción de los negocios de una compañía a fin de lograr una calidad mejorada que satisfaga la demanda del cliente.

Así, el término CC, como se usa en Japón, es casi el sinónimo de KAIZEN, y aunque el uso de estadísticas sigue como el soporte principal del CC, ha venido a agregar muchas otras herramientas como las siete nuevas herramientas para el mejoramiento.

CTC (Control Total de la Calidad): Las actividades organizadas del KAIZEN que involucran a todos los miembros de una compañía (gerentes y trabajadores), en un esfuerzo totalmente integrado hacia el mejoramiento del desempeño en todos los niveles. Este desempeño mejorado está dirigido hacia la satisfacción de metas funcionales transversales como calidad, costo, programación, desarrollo del potencial humano y desarrollo de nuevos productos. Se supone que estas actividades conducirán al final, a una mayor satisfacción del cliente.

CUELLO DE BOTELLA - Un área o estación de trabajo en un ambiente de manufactura que limita la capacidad de todo el proceso.

D

DIAGRAMA CAUSA Y EFECTO: También llamado "diagrama de pescado" (por su forma), o el diagrama "Ishikawa" (inventor, Kaoru Ishikawa). El diagrama ilustra las principales causas y las causas subalternas que llevan a un efecto (el síntoma de condición no deseada). Es una de las Siete Herramientas Básicas de Calidad.

DESPERDICIOS: Residuos de lo que no se puede o no es fácil aprovechar o se deja de utilizar por descuido.

E

ESTACIÓN DE TRABAJO (Workstation): es un conjunto de una o mas máquinas o estaciones manuales que desempeñan funciones esencialmente idénticas.

ESTÁNDARES: Conjunto de políticas, reglas, instrucciones y procedimientos establecidos por la administración para todas las operaciones principales, los cuales sirven como guía que capacitan a todos los empleados para desempeñar sus trabajos con éxito.

F

FLUJO DE UNA PIEZA - Una filosofía de manufactura que soporta el movimiento del producto de una estación de trabajo a la siguiente - una pieza por vez - sin permitir que aumente el stock entre las estaciones.

G

GASTOS: son costos que se han aplicado contra el ingreso de un período determinado.

H

HEIJUNKA - Nivelación de la producción; creando y contruyendo una secuencia determinada por un planeamiento por el promedio de la demanda del cliente.

I

INVENTARIO DE MATERIA PRIMA: Los insumos físicos al comienzo de un proceso de producción, son típicamente llamados materia prima. Típicamente, el punto de almacenamiento al principio de los procesos, es denominado inventario de materia prima, aún cuando el material puede haber sido de alguna manera procesado ya, aunque fuera parcialmente.

INVENTARIOS INTERMEDIOS: se utilizan para reunir diferentes partes dentro de la planta, antes de seguir las procesando o ensamblando juntas.

INVENTARIOS DE BIENES TERMINADOS: es donde los artículos finales se almacenan antes de ser entregados al consumidor.

J

JIDOKA - Consulte "autonomación". Es el término japonés que indica transferencia de inteligencia humana a la máquina.

JUSTO A TIEMPO (JIT) - Fabricar lo que se necesita, cuando se necesita en la cantidad que se necesita.

K

KAIKAKU - Mejora radical; generalmente un proceso del negocio que afecta a la futura cadena de valor.

KAIZEN - Una combinación de dos palabras japonesas: "Kai" (cambiar) y "Zen" (bien). Generalmente definida significando "mejora continua".

KANBAN - Señalización visual. En general, consiste de una tarjeta de repetición de pedido o otro método de disparar el sistema de jalar la producción, basado en la utilización actual de materiales. Debiera estar disponible para uso en el punto de fabricación.

L

LEAD TIME (PLAZO DE ENTREGA) - El tiempo necesario para producir un sólo producto, desde el momento en que el cliente hace su pedido hasta el despacho.

LEAN MANUFACTURING (MANUFACTURA LEAN) - Utilización de una cantidad mínima de recursos totales, personal, materiales, dinero, máquinas etc., para producir un producto y entregarlo puntualmente.

M

MANUFACTURA CELULAR - Un alineamiento de máquinas en la secuencia correcta de proceso, donde los operadores permanecen dentro de las celdas y los materiales les son presentados desde afuera.

MANTENIMIENTO: se refiere a las actividades cuyo fin es mantener actuales los estándares tecnológicos, administrativos y de operación.

MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (MPT): El mantenimiento productivo total está dirigido a la maximización de la efectividad del equipo durante toda la vida del mismo. El MPT involucra a todos los empleados de un departamento y de todos los niveles; motiva a las personas para el mantenimiento de la planta a través de grupos pequeños y actividades voluntarias, y comprende elementos básicos como el desarrollo de un sistema de mantenimiento, educación en el mantenimiento básico, habilidades para la solución de problemas y actividades para evitar las interrupciones.

MAPA DE LA CADENA DE VALOR - Un cuadro que permite visualizar como material e información fluyen de los proveedores a través de la manufactura y hasta el cliente. Incluye los cálculos del tiempo de ciclo total y del total de valor agregado. Es llenado para el estado actual y futuro de la cadena de valor, para indicar en que dirección el negocio está yendo.

MEJORA CONTINUA - El compromiso de diariamente mejorar los productos, el ambiente de trabajo y los negocios.

MUDA - Cualquier actividad que suma costo sin sumar valor al producto.

N

NIVELACIÓN DE LA PRODUCCIÓN - Método para programar la producción para que, por un cierto tiempo, se quite de la manufactura la flotación en la demanda del cliente, produciendo cada pieza en cada día.

O

OPERACIONES ESTANDAR - La mejor combinación del operador y de la máquina, utilizando la menor cantidad de mano de obra, espacio, stock y equipo.

ÓRDENES: es una solicitud de un cliente para obtener un número de partes, en una cantidad dada, para ser entregado en una determinada fecha. Una orden de compra enviada por un cliente puede contener varias órdenes.

P

PARTES: es una pieza de materia prima, un componente, un sub-ensamblaje, o un ensamblaje sobre el que se efectúa trabajo en las estaciones de trabajo de una planta. La materia prima se refiere a las partes compradas fuera de la planta. Los componentes son piezas individuales que luego se ensamblan en productos más complejos. Los sub-ensamblajes se pueden describir como unidades que han de ensamblarse en productos más complejos aún.

PÉRDIDAS: reducciones en la participación de la empresa por las que no se ha recibido ningún valor compensatorio, sin incluir los retiros de capital.

POKA YOKE - Palabra japonesa que significa, "a prueba de errores"; un dispositivo Poka Yoke impide que errores humanos afecten una máquina o un proceso; impide que los errores de un operador se conviertan en defectos.

PREPARACIÓN EXTERNA - Elementos de preparación de herramientas que pueden ser ejecutados con seguridad mientras la máquina esté funcionando.

PREPARACIÓN INTERNA - Elementos de preparación de herramientas que deben ocurrir mientras la máquina está parada.

PRODUCCIÓN - Cantidad producida por la que el sistema genera dinero.

R

REDUCCIÓN DE LA PREPARACIÓN - Reducción del tiempo ocioso que va desde el cambio de la última pieza hasta la primera pieza buena de la siguiente operación.

S

SECUENCIA DE TRABAJO - Los pasos correctos que el operador adopta, en el orden en que debieran ser adoptados.

SISTEMA DE PRODUCCIÓN TOYOTA - Basado en algunos de los principios de Henry Ford, el sistema describe la filosofía de una de las más exitosas empresas del mundo. Las bases del STP son: la nivelación de la producción y los soportes de Justo a Tiempo y de Jidoka.

SISTEMA OPERATIVO:

Conjunto de elementos que interrelacionándose logran llegar a los objetivos propuestos, a través de un funcionamiento en particular..

STOCK - En general, se trata de la categoría de más alto costo; el stock consiste de todas las materias primas, piezas compradas, stock de proceso y productos terminados que aún no han sido vendidos a un cliente.

T

TIEMPO AUTOMÁTICO DE LA MAQUINA - El tiempo que una máquina necesita para producir una unidad, excluyendo los tiempos de carga y descarga.

TIEMPO DE CICLO - El tiempo que un operador lleva para completar un ciclo de trabajo. En general, es el tiempo que tarda antes que el ciclo se repita. Consulte, Tiempo de Ciclo del Operador y Tiempo de Ciclo de la Máquina.

TIEMPO DE CICLO DE LA MÁQUINA - El tiempo que una máquina necesita para producir una unidad, incluyendo el tiempo de carga e descarga.

TIEMPO DE CICLO DEL OPERADOR - El tiempo que un operador gasta para completar una secuencia de operaciones predeterminada, incluyendo la carga y descarga, y excluyendo el tiempo de espera.

TIEMPO TAKT - El tiempo neto total y diario de operación dividido por la demanda total diaria del cliente.

TRABAJO ESTÁNDAR -Secuencia predeterminada de tareas que deben ser completadas por el operador en el tiempo takt.

TRABAJO EN PROCESO (Work in process, WIP): El inventario entre el principio y el final de la cadena de producción se llama producto en proceso o “work in process” y comúnmente se designa como WIP. Puesto que las operaciones comienzan y terminan en puntos de almacenamiento de inventarios, el WIP es todo el producto entre estos puntos iniciales y finales de almacenamiento, pero sin incluirlos.

GUIA DE ANEXOS

- Anexo 1: degravación arancelaria
- Anexo 2 y 3: Ventas Totales de la Empresa Modelo, Importaciones y exportaciones de los productos
- Anexo 4: Casos de la aplicación de la Manufactura Esbelta
- Anexo 5: Shingo Prize y Premio Iberoamericano de la calidad.
- Anexo 6: Producción histórica y desempeño de exportaciones.
- Anexo 7: Aportes a la Manufactura Esbelta.
- Anexo 8: Ejemplo de fijadores rápidos
- Anexo 9: Tipos de variables.
- Anexo 10: Grupo 381 de la CIU.
- Anexo 11: Las Técnicas de Recolección de Datos: Ventajas y Desventajas.
- Anexo 12: Instrumento de diagnostico.
- Anexo 13: Resultados del diagnostico en la industria metalmecánica.
- Anexo 14 y 15: Clasificación de las empresas que colaboran y las que niegan su participación
- Anexo 16: Espina de pescado para los 7 tipos de desperdicios.
- Anexo 17: Clasificación del tamaño de las empresas según CONACYT.
- Anexo 18: Evaluación de grupo de empresas a través del proceso de Jerarquía Analítica.
- Anexo 19: Gráficos de consumo de cada pieza.
- Anexo 20: Programa secuencial para los productos de la empresa modelo.
- Anexo 21: MTM para actividades de preparación interna
- Anexo 22: Tablas de distribución normal.
- Anexo 23: Determinación del tiempo predeterminado para operaciones arriba del tiempo Tack Time.
- Anexo 24: Condiciones crediticias de los bancos nacionales.
- Anexo 25: Balance General de la S.A. en la empresa modelo
- Anexo 26: Establecimiento de un sistema de costos.
- Anexo 27: Especificaciones técnicas del equipo propuesto.

ANEXOS

ANEXO 1: DESGRAVACIÓN ARANCELARIA

1. Salvo que se disponga lo contrario en la Lista de una Parte a este Anexo, las siguientes categorías de desgravación arancelaria aplican a la desgravación de aranceles aduaneros de cada parte conforme al Artículo 3.3.2:

(a) los aranceles sobre las mercancías incluidas en las fracciones de la categoría A en la Lista de una Parte serán eliminados íntegramente y dichas mercancías quedarán libres de arancel aduanero:

(i) para mercancías textiles o del vestido:

(A) a partir del 1 de enero del 2004, con respecto a aquellas mercancías para las cuales el Artículo 3.20.1 aplica; o

(B) con respecto a cualquier otra de estas mercancías, en la fecha de entrada en vigor de este Tratado, y

(ii) para todas las demás mercancías, en la fecha de entrada en vigor de este Tratado.

(b) los aranceles sobre las mercancías incluidas en las fracciones de la categoría B en la Lista de una Parte serán eliminados en cinco etapas anuales iguales, comenzando en la fecha de entrada en vigor de este Tratado y tales mercancías quedarán libres de aranceles a partir del 1 de enero del año cinco;

(c) los aranceles sobre las mercancías incluidas en las fracciones de la categoría C en la Lista de una Parte serán eliminados en diez etapas anuales iguales, comenzando en la fecha de entrada en vigor de este Tratado y dichas mercancías quedarán libres de aranceles a partir del 1 de enero del año diez;

(d) los aranceles aduaneros sobre las mercancías incluidas en las fracciones de la categoría D en la Lista de una Parte serán eliminados en 15 etapas anuales iguales, comenzando en la fecha de entrada en vigor de este Tratado y dichas mercancías quedarán libres de aranceles a partir del 1 de enero del año 15;

(e) los aranceles aduaneros sobre las mercancías incluidas en las fracciones de la categoría E en la Lista de una Parte se mantendrán en su tasa base durante los años uno al seis. Los aranceles sobre estas mercancías se reducirán en un 8.25

por ciento del arancel base a partir del 1 de enero del año siete, y a partir de entonces en un 8.25 por ciento adicional del arancel base cada año hasta el año diez. A partir del 1 de enero del año 11, los aranceles se reducirán anualmente en un 13.4 por ciento adicional del arancel base hasta el año 15, y dichas mercancías quedarán libres de aranceles a partir del 1 de enero del año 15;

(f) los aranceles aduaneros sobre las mercancías incluidas en las fracciones de la categoría F en la Lista de una Parte se mantendrán en su tasa base durante los años uno al diez. A partir del 1 de enero del año 11, los aranceles se reducirán en diez etapas anuales iguales, y dichas mercancías quedarán libres de aranceles a partir del 1 de enero del año 20;

(g) las mercancías incluidas en las fracciones de la categoría G en la Lista de una Parte continuarán recibiendo un tratamiento de libre comercio; y

(h) las mercancías incluidas en las fracciones de la categoría H en la Lista de una Parte continuarán recibiendo un tratamiento de nación más favorecida.

2. La tasa base del arancel aduanero y la categoría de desgravación para determinar la tasa de transición en cada etapa de reducción para una fracción están indicadas, para cada fracción, en la Lista de cada Parte.
3. Para los efectos de eliminar los aranceles aduaneros de conformidad con el Artículo 3.3, las tasas de transición se redondearán hacia abajo, al menos, al décimo más cercano de un punto porcentual o, si la tasa arancelaria se expresara en unidades monetarias, al menos al 0.001 más cercano a la unidad monetaria oficial de la Parte.
4. Si este Tratado entra en vigor para una Parte centroamericana o para la República Dominicana según lo dispuesto en el Artículo 22.5.2 (Entrada en Vigor), la Parte aplicará las tasas de aranceles establecidas en su Lista como si el Tratado hubiera entrado en vigor para esa Parte en la fecha de entrada en vigor según lo dispuesto en el Artículo 22.5.1 (Entrada en Vigor).

5. Para efectos de este Anexo y la Lista de una Parte, **año uno** significa el año de entrada en vigor del Tratado según lo dispuesto en el Artículo 22.5.1 (Entrada en Vigor).

6. Sin perjuicio de lo establecido en el párrafo 5, para los propósitos del tratamiento arancelario para las mercancías textiles o del vestido para las que aplica el Artículo 3.20.1, **año uno** significa el año que comienza el 1 de enero del 2004. Cualquier Parte que proporcione notificación por escrito de conformidad con el Artículo 3.20.2 aplicará las tasas arancelarias establecidas en su Lista para mercancías textiles y del vestido, como si el Tratado hubiera entrado en vigor para esa Parte el 1 de enero de 2004.

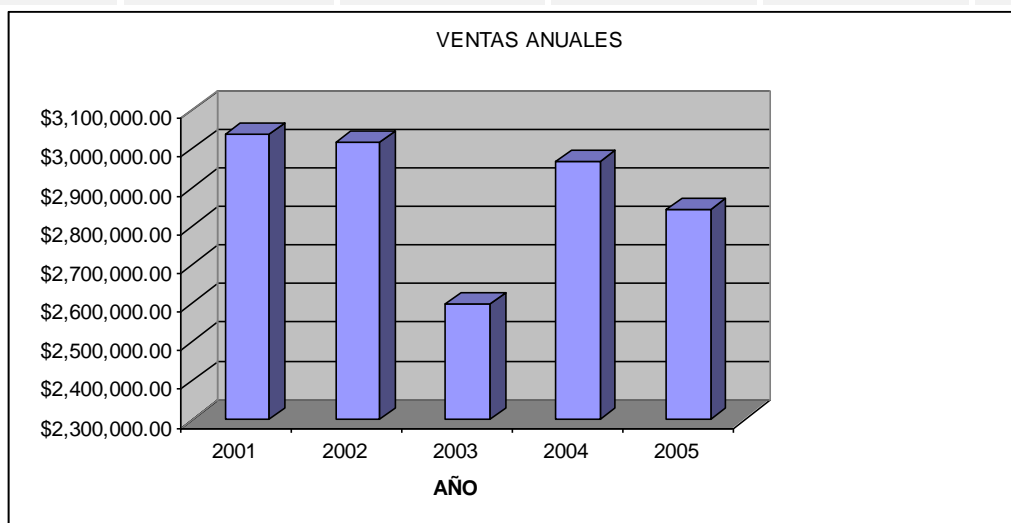
7. Para efectos de este Anexo y la Lista de una Parte, comenzando en el año dos, cada categoría de desgravación arancelaria surtirá efecto el 1 de enero del año relevante.

En la siguiente tabla se muestra el código arancelario de los productos incluidos en el TLC, donde se presenta el producto en estudio de mecanismo para accionar ventanas con el código 83024110 con un arancel base 10 clasificado en la categoría B.

Código SAC	Descripción	Base	Categoría	Salvaguardia
8302	GUARNICIONES, HERRAJES Y ARTICULOS SIMILARES, DE METAL COMUN, PARA MUEBLES, PUERTAS, ESCALERAS, VENTANAS, PERSIANAS, CARROCERIAS, ARTICULOS DE GUARNICIONERIA, BAULES, ARCAS, COFRES Y DEMAS MANUFACTURAS DE ESTA CLASE; COLGADORES, PERCHAS, SOPORTES Y ARTICULOS SIMILARES, DE METAL COMUN; RUEDAS CON MONTURA DE METAL COMUN; CIERRAPUERTAS AUTOMATICOS DE METAL COMUN			
830210	- Bisagras de cualquier clase (incluidos los pernios y demás goznes):			
83021010	-- Para puertas, con chumaceras de plástico o balines de acero autolubricados, incluidas las de resorte	5	A	
83021090	-- Otras	10	A	
83022000	- Ruedas	0	G	
83023000	- Las demás guarniciones, herrajes y artículos similares, para vehículos automóviles	0	G	
83024	- Las demás guarniciones, herrajes y artículos similares:			
830241	-- Para edificios:			
83024110	--- Mecanismos para accionar ventanas (operadores) y clips para ventanas	10	B	
83024120	--- Cerrojos con pestillos, accionados por muelles (resortes) y operados por medio de palanca	0	G	
83024190	--- Otros	10	A	
83024200	-- Los demás, para muebles	5	B	
830249	-- Los demás:			
83024910	--- Para cajas de caudales, puertas y compartimientos blindados	0	G	
83024920	--- Para baúles, maletas y demás artículos de esta clase	0	G	
83024990	--- Otros	5	B	
83025000	- Colgadores, perchas, soportes y artículos similares	10	B	
83026000	- Cierrapuertas automáticos	0	G	
83030000	CAJAS DE CAUDALES (CAJAS FUERTE), PUERTAS BLINDADAS Y COMPARTIMENTOS PARA CAMARAS ACORAZADAS, COFRES Y CAJAS DE SEGURIDAD Y ARTICULOS SIMILARES, DE METAL COMUN	15	C	
83040000	CLASIFICADORES, FICHEROS, CAJAS DE CLASIFICACION, BANDEJAS DE CORRESPONDENCIA, PLUMEROS (VASOS O CAJAS PARA PLUMAS DE ESCRIBIR), PORTASELLOS Y MATERIAL SIMILAR DE OFICINA, DE METAL COMUN, EXCEPTO LOS MUEBLES DE OFICINA DE LA PARTIDA 94.03	15	C	
8305	MECANISMOS PARA ENCUADERNACION DE HOJAS INTERCAMBIABLES O PARA CLASIFICADORES, SUJETADORES, CANTONERAS (ESQUINEROS), CLIPS, INDICES DE SEÑAL Y ARTICULOS SIMILARES DE OFICINA, DE METAL COMUN; GRAPAS EN TIRAS (POR EJEMPLO: DE OFICINA, TAPICERIA O ENVASE), DE METAL COMUN			
83051000	- Mecanismos para encuadernación de hojas intercambiables o para clasificadores	0	G	

ANEXO 2: VENTAS TOTALES DE CAST PRODUCTS.

VENTAS REALIZADAS TOTALES					
PAÍS	2001	2002	2003	2004	2005
EL SALVADOR	\$342,764.83	\$507,600.72	\$502,234.79	\$401,478.00	\$354,006.23
HONDURAS	\$307,700.78	\$232,345.62	\$335,970.00	\$429,980.80	\$453,628.00
NICARAGUA	\$92,678.47	\$50,596.36	\$62,964.90	\$87,050.00	\$82,500.00
PANAMÁ	\$147,154.21	\$211,163.16	\$210,130.07	\$197,469.62	\$219,816.75
PUERTO RICO	\$1,363,793.47	\$996,493.52	\$818,813.40	\$1,225,180.40	\$710,299.92
HAITÍ			\$81,284.00	\$54,916.00	\$49,200.00
USA	\$2,040.00	\$2,654.00	\$24,890.00	\$47,959.50	\$1,800.00
MÉXICO	\$123,774.89	\$106,537.63	\$181,462.44	\$82,994.93	\$142,934.72
REPUBLICA DOMINICANA	\$318,721.26	\$484,669.22	\$128,645.14	\$101,920.00	\$387,550.00
COSTA RICA	\$5,080.92	\$3,996.00	\$3,930.00		\$3,930.02
GUATEMALA	\$333,744.48	\$374,545.63	\$249,961.59	\$337,476.00	\$438,626.95
ISLA FRANCESA	\$876.60	\$42,788.78			
ESPAÑA		\$2,701.95		\$1,597.00	
ECUADOR	\$365.02				
TOTAL	\$3,038,694.93	\$3,016,092.59	\$2,600,286.33	\$2,968,022.25	\$2,844,292.59



Según los datos proporcionados, las ventas anuales de CAST PRODUCTS disminuyen en 0.74% y 13.79% para el 2002 y 2003 respecto al año 2001 y 2002 respectivamente, mientras que el 2004 presenta un crecimiento de 14.14% respecto al 2003 y en el ultimo año (2005), las ventas nuevamente decrecen en un 4.17% respecto al 2004.

ANEXO 3: IMPORTACIONES DE MECANISMOS PARA ACCIONAR VENTANAS.

IMPORTACIONES DE MECANISMOS PARA ACCIONAR VENTANAS. FUENTE MINISTERIO DE ECONOMIA.

ENERO/DICIEMBRE 2000				ENERO/DICIEMBRE 2001				ENERO/DICIEMBRE 2002			
COD	PAIS	CIF US\$	KGS	COD	PAIS	CIF US\$	KGS	COD	PAIS	CIF US\$	KGS
103	CANADA	7,769	3,228	103	CANADA	30,343	7,448	103	CANADA	7,394	177
105	ESTADOS UNIDOS	56,212	7,545	105	ESTADOS UNIDOS	22,508	2,239	105	ESTADOS UNIDOS	4,862	423
107	MEXICO	47,608	9,384	107	MEXICO	5,987	692	108		60	1
211	GUATEMALA	4,817	848	108		1,722	100	211	GUATEMALA	9,146	2,765
275	PUERTO RICO	13,193	2,798	211	GUATEMALA	2,617	1	214	HONDURAS	5,914	600
424	GRECIA	61	4	218	COSTA RICA	6,723	1,320	218	COSTA RICA	5,914	600
442	PORTUGAL	61	4	311	COLOMBIA	157	29	220	PANAMA	115	37
999		2,635	105	730	CHINA CONTINENTAL	12,850	4,369	321	BRASIL	58	23
	TOTALES	132,356	23,916		TOTALES	82,907	16,198	402	ALEMANIA	925	85
								417	ESPAÑA	100	5
								521	TAIWAN	1,100	245
								730	CHINA CONTINENTAL	18,259	8,222
								801	AUSTRALIA	2,655	394
									TOTALES	56,502	13,577
ENERO/DICIEMBRE 2003				ENERO/DICIEMBRE 2004				ENERO/DICIEMBRE 2005			
COD	PAIS	CIF US\$	KGS	COD	PAIS	CIF US\$	KGS	COD	PAIS	CIF US\$	KGS
103	CANADA	7,887	439	103	CANADA	31,314	956	103	CANADA	6,449	254
105	ESTADOS UNIDOS	20,559	2,026	105	ESTADOS UNIDOS	15,096	1,729	105	ESTADOS UNIDOS	24,416	2,367
107	MEXICO	3,827	393	275	PUERTO RICO	57	1	107	MEXICO	4,149	2,078
217	NICARAGUA	4,057	2,400	417	ESPAÑA	8,489	732	211	GUATEMALA	275	55
275	PUERTO RICO	14,910	7,489	521	TAIWAN	71	4	218	COSTA RICA	669	54
417	ESPAÑA	548	82	730	CHINA CONTINENTAL	22,645	11,071	417	ESPAÑA	9,784	801
730	CHINA CONTINENT	24,000	11,780		TOTALES	77,672	14,493	517	COREA DEL NORTE	263	20
801	AUSTRALIA	5,379	380					520		17,132	5,952
	TOTALES	81,167	24,989					801	AUSTRALIA	5,242	442
									TOTALES	68,379	12,023

EXPORTACIONES DE MECANISMOS PARA ACCIONAR VENTANAS.

ENERO/DICIEMBRE 2000		
COD	PAIS	CIF US\$
107	MEXICO	110,125
210	BELICE	8,984
211	GUATEMALA	722,171
214	HONDURAS	242,567
217	NICARAGUA	117,926
218	COSTA RICA	3,343
220	PANAMA	106,614
232	REP. DOMINICANA	88,709
233	HAITI	46,808
275	PUERTO RICO	349,793
TOTALES		1,797,040

ENERO/DICIEMBRE 2001		
COD	PAIS	CIF US\$
105	ESTADOS UNIDOS	72,600
107	MEXICO	122,495
210	BELICE	7,585
211	GUATEMALA	734,376
214	HONDURAS	293,419
217	NICARAGUA	125,602
218	COSTA RICA	990
220	PANAMA	222,383
232	REP. DOMINICANA	261,483
233	HAITI	3,108
275	PUERTO RICO	980,171
TOTALES		2,824,212

ENERO/DICIEMBRE 2002		
COD	PAIS	CIF US\$
105	ESTADOS UNIDOS	2,725
107	MEXICO	73,340
210	BELICE	8,206
211	GUATEMALA	563,864
214	HONDURAS	204,847
217	NICARAGUA	98,949
218	COSTA RICA	10,093
220	PANAMA	207,677
232	REP. DOMINICANA	414,883
233	HAITI	128,525
275	PUERTO RICO	794,772
417	ESPAÑA	2,688
TOTALES		2,510,569

ENERO/DICIEMBRE 2003		
COD	PAIS	CIF US\$
105	ESTADOS UNIDOS	26,405
107	MEXICO	222,273
210	BELICE	6,585
211	GUATEMALA	517,711
214	HONDURAS	351,415
217	NICARAGUA	138,736
218	COSTA RICA	4,992
220	PANAMA	176,155
232	REP. DOMINICANA	151,817
233	HAITI	76,000
249	TRINIDAD Y TOBAG	5,284
275	PUERTO RICO	928,943
527	FILIPINAS	14,000
TOTALES		2,620,316

ENERO/DICIEMBRE 2004		
COD	PAIS	CIF US\$
105	ESTADOS UNIDOS	26,613
107	MEXICO	83,443
210	BELICE	8,462
211	GUATEMALA	733,719
214	HONDURAS	426,584
217	NICARAGUA	124,143
218	COSTA RICA	2,050
220	PANAMA	269,369
232	REP. DOMINICANA	97,491
233	HAITI	24,775
275	PUERTO RICO	906,383
417	ESPAÑA	1,580
TOTALES		2,704,612

ENERO/DICIEMBRE 2005		
COD	PAIS	CIF US\$
105	ESTADOS UNIDOS	31,617
107	MEXICO	141,569
210	BELICE	7,454
211	GUATEMALA	610,017
214	HONDURAS	415,636
217	NICARAGUA	125,498
218	COSTA RICA	3,891
220	PANAMA	246,773
231	CUBA	321,300
232	REP. DOMINICANA	57,951
275	PUERTO RICO	890,777
TOTALES		2,852,483

ANEXO 4: CASOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA MANUFACTURA ESBELTA

Caso Ayase Works:

Mikiro Kikuchi, gerente de Ayase Works, cree que el barrido, limpieza y otras faenas de aseo debían ser el punto de partida para todas las actividades de mejoramiento. Si bien el aseo puede parecer fácil, es el más difícil de manejar. El aseo es una forma de eliminar sustancias innecesarias y es más fácil identificar los puntos de dificultad en las máquinas si se mantienen limpias. Por ejemplo, es más fácil identificar irregularidades en desarrollo tales como grietas cuando las superficies están limpias. De hecho, la limpieza es popularmente percibida como un proceso de revisión de los puntos de dificultad.

Una vez que los trabajadores adquieren el hábito del mantenimiento y limpieza de su lugar de trabajo, han adquirido disciplina. Durante los primeros meses del Mantenimiento Productivo Total (MPT), todos en la compañía, gerente y trabajadores por igual, barren y asean el lugar de trabajo cada tercer viernes por la tarde. Por el momento, la fábrica opera a menos de su capacidad y los empleados tienen bastante tiempo para dedicarse cada tercer viernes por la tarde al aseo. A medida que el taller está más limpio, nítido y seguro, los trabajadores desarrollan un gran respeto por su equipo e incluso se ofrecen voluntariamente a ir durante las vacaciones de verano a hacer la limpieza. Cuando la compañía tuvo más trabajo y la mayor parte de las operaciones de limpieza tuvieron que hacerse después de las horas de trabajo, la administración pagaba este tiempo extra.

En la identificación de las causa de los problemas y de los lugares difíciles de limpiar y tomar las medidas preventivas necesarias, los trabajadores hacían un recorrido buscando los puntos de dificultad y diferenciaban los que podían resolver ellos mismos y los que necesitaban la atención de los expertos. En el pasado, la práctica había sido dejar todos los puntos de dificultad a la cuadrilla de mantenimiento. Ahora los trabajadores estaban entrenados y motivados para hacer las reparaciones más fáciles ellos mismos. También, en esta etapa, los trabajadores identificaron muchos puntos de lubricación que nunca habían sido observados antes.

Los trabajadores revisaron un total de 240,000 tuercas y pernos en la planta, los apretaron y luego los marcaron con una línea de pintura blanca tanto a la tuerca como al perno. En la actualidad, cada trabajador dedica unos pocos minutos a hacer la limpieza antes de terminar. Sólo tiene que mirar la línea en las tuercas para ver si están alineadas (esto es, si el perno está bien apretado).

En tres años, identificaron 9,000 puntos de dificultad en las máquinas y agregaron 130

dispositivos a prueba de impericia en Ayase Works. Aun cuando antes se habían usado interruptores de límite, no había habido estándares para su instalación o uso. En la actualidad, 1,467 interruptores de límite mejorados han sido instalados en toda la compañía. El número de interrupciones de la maquinaria por avería (definidos como cualquier causa que haga que la línea se detenga por tres minutos o más) fue reducido de 1,000 por mes antes del MPT a sólo 200 por mes ahora. De igual manera, las fugas de aceite se redujeron de 16,000 Lt. /mes a 3,000 Lt. /mes.

Lejos de no ser ya necesaria, la cuadrilla de mantenimiento vio su trabajo transformado a hacer el diagnóstico del equipo, a dedicarse a trabajos de mantenimiento más refinados y a entrenar a 108 operadores de las máquinas para hacer estos los trabajos de mantenimiento sencillos.

Los trabajadores se enorgullecen de su entorno de trabajo nítido y limpio. La moral es más elevada y tienen lazos más estrechos con su equipo con el que trabajan. Uno de los inesperados beneficios adicionales del MPT ha sido que los vendedores de Topy se muestran ansiosos de llevar a los clientes a la planta y emplear los recorridos en ella como herramienta de mercadotecnia.

El MPT obviamente ha sido bueno para Topy. Para cuando se le concedió a la compañía el Premio Distinguido de Planta MP tres años después en 1983, había logrado mejoramientos virtualmente en todas las medidas:

Productividad laboral:	Subió 32%
Número de interrupciones del equipo:	Subió 81%
Tiempo de reposición de herramientas:	Subió 50-70%
Tasa de operación del equipo:	Subió 11%
Costo de defectuosos:	Subió 55%
tasa de rotación del inventario:	Subió 50%

Caso del Puerto de acajutla.

Registro BUENAS PRACTICAS

Tipo		Fecha de Recibo (No. de Control)		
INDIVIDUAL EN GRUPO				
Oficina Central o Unidad de Negocio: CEPA ACAJUTLA		Fecha o Periodo de implantación DICIEMBRE 2004		
Area o departamento DEPTO. DE MANTENIMIENTO		Nombre y cargo del responsable de la mejora o innovación (Nombre del Grupo en su caso) CARLOS ALVARENGA CAMPOS, ING. DE ALTO RENDIMIENTO		
TITULO de la Buena Práctica COLECTOR DE PERNOS		LUGAR DE APLICACIÓN (proceso, oficina, almacén, area comun, etc.) TALLER ALTO RENDIMIENTO		
Objetivo de la Mejora o Innovación	<input type="checkbox"/> Método o proceso <input type="checkbox"/> Producto o Servicio <input type="checkbox"/> Calidad <input type="checkbox"/> Reducc. Costos de Operación <input type="checkbox"/> Reducc. Costos de Administración <input type="checkbox"/> Ambiente Laboral <input type="checkbox"/> Tiempo de respuesta <input type="checkbox"/> Nvo. Producto o Servicio <input type="checkbox"/> Mantenimiento <input checked="" type="checkbox"/> 5S <input type="checkbox"/> Higiene <input type="checkbox"/> Security <input type="checkbox"/> Safety <input type="checkbox"/> Información y bases de datos <input type="checkbox"/> Vinculación con actores del entorno <input type="checkbox"/> OTRO		Alcance <input type="checkbox"/> Medida Correctiva <input checked="" type="checkbox"/> Medida Preventiva	
	FORMA ANTERIOR (Concretamente la Situación Anterior, el problema, Area de oportunidad, las Razones de la mejora, etc.) USAR Esquemas, Fotos, Flujos, Dibujos si es necesario.			SITUACION MEJORADA (Concretamente, ¿ QUE y COMO ? es la situación mejorada o innovada.) USAR Esquemas, Fotos, Flujos, Dibujos, si es necesario
				
<p>EL TRABAJO DIARIO DE MANTO. PREVENTIVO COMO EN EL CORRECTIVO DEL TALLER SE USAN DIFERENTES MADIDAS DE PERNOS, EN OCACIONES CUANDO EL TRABAJO DE MANTENIMIENTO ES TERMINADO, LOS PERNOS SOBREPANTES NO VUELVEN A LA BODEGA, POR DIFERENTES RAZONES ENTRE ELLAS MALA COSTUMBRE, QUEDANDOSE TIRADOS EN CUALQUIER LUGAR, EN LOS CASILLEROS, ETC. SE OBSERVO Y SE VIVIO EL PROBLEMA, LLEGANDO A LA CONCLUSION QUE SE NACESITABA UN LUGAR ESPECIFICO, LLAMATIVO Y ACCESIBLE PARA DEVOLVER LOS PERNOS QUE EN OCACIONES SOBREPAN.</p>		<p>AQUÍ SE INICIO LA CONSTRUCCIÓN DEL COLECTOR DE PERNOS Y AL FINAL EL RESULTADO ES ESTE. UN COLECTOR DE PERNOS LLAMATIVO, ACCESIBLE PARA LOS OBREROS COMO PARA EL BODEGUERO. CUENTA CON UN DEPOSITO PARA CADA MEDIDA DE PERNO (LOS MAS FRECUENTES DE USO) Y UN DEPOSITO GENERAL PARA AQUELLAS MEDIDAS FUERA DE LO COMUN DE USO.</p>		
				
		<p>CUANDO ALGUIEN DEPOSITA EL PERNO EN UNO DE LOS DEPOSITOS, ESTE SE DESLIZA A TRAVES DE LA PARED HASTA UNA CAJA COLECTORA.</p>		
				
		<p>CUANDO ESTA ES LLENADA EL BODEGUERO SE ENCARGA DE TRASLADAR LOS EXCESOS HASTA UNA CANASTA GIRATORIA, LA CUAL ES EL COMPLEMENTO DE NUESTRO PROYECTO.</p>		

Principales acciones realizadas para implantar la mejora o innovación vigente (¿Qué se hizo para...?):

- IDENTIFICACION DEL PROBLEMA.LA MAYORÍA DE PERNOS QUE SOBРАН DE UN TRABAJO NO REGRESAN DE NUEVO A LA BODEGA.
- ¿CÓMO HACER PARA QUE LOS PERNOS QUE SOBРАН DE UN TRABAJO REGRESEN A LA BODEGA NUEVAMENTE?
- SE TUVO CHARLA CON EL PERSONAL PARA IDENTIFICAR EL PROBLEMA Y CONCIENTIZARLOS QUE SE DEBEN DEVOLVER LOS PERNOS SOBРАНTES A LA BODEGA, CON EL FIN DE MANTENER ORDEN EN EL TALLER Y FACILITARLES EL TRABAJO (SIN MAYORES RESULTADOS)
- CONCENSO DE UN LUGAR ACCESIBLE Y COMUN PARA RECOLECTAR LOS PERNOS SOBРАНTES
- CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL COLECTOR DE PERNOS
- TERMINADO EL COLECTOR DE PERNOS SE HIZO NUEVAMENTE UNA REUNION INFORMATIVA, QUE TRATO SOBRE EL USO Y VENTAJAS DE LA NUEVA MANERA DE RECOLECTAR LOS PERNOS

Requerimientos técnicos, administrativos, tecnológicos, operativos

- LA ELABORACION DE UN DIBUJO QUE REPRESENTABA COMO FINALIZADA LA OBRA
- LA AUTORIZACION DEL JEFE INMEDIATO PARA LA REALIZACION
- EL PERSONAL IDONEO PARA LA REALIZACION DEL PROYECTO (UN ALBAÑIL, UN MECANICO Y UN PINTOR)
- EL MATERIAL, EL CUAL FUE EXTRAIDO DE LOS SOBРАНTES DE OTROS PROYECTOS DE MANTENIMIENTO
- LOGISTICA PARA LA HECHURA SIN ENTORPECER LAS LABORES DIARIAS DE BODEGA.

Resultado Obtenido (En unidades de medición verificables y cuantificadas)

EL RESULTADO FUE SORPRENDENTE, YA QUE NO SOLO DEVUELVEN LOS PERNOS QUE A VECES LES SOBРАН,SINO QUE DEVOLVIERON TODOS LOS PERNOS QUE TENIAN ALMACENADOS EN SUS CASILLEROS. AHORA PODEMOS MEDIR EL RESULTADO OBTENIDO DE DOS MANERAS:

- LA PRIMERA POR EL NUMERO DE PERNOS QUE SE RECOGEN SEMANALMENTE DE LAS DIFERENTES MEDIDAS
- Y LA SEGUNDA POR EL ORDEN VISIBLE EN EL TALLER SIN OBSERVAR NINGUN PERNO TIRADO COMO ANTES.

Comentarios adicionales.

ANEXO 5: PREMIO SHINGO Y PREMIO IBEROAMERICANO DE LA CALIDAD.

SHINGO PRIZE

El Shingo Prize hace énfasis en el valor de utilizar prácticas de manufactura esbelta y de clase mundial para alcanzar el estatus de clase mundial.

La misión del Shingo Prize es:

- ▶ Facilitar una mayor conciencia sobre la excelencia en prácticas y técnicas de manufactura de clase mundial que mantienen y mejoran la posición competitiva de una empresa en el mercado global.
- ▶ Promover el entendimiento y el compartir las metodologías medulares exitosas de manufactura y de mejora de negocio.
- ▶ Fomentar la investigación en todos los aspectos de la manufactura por parte tanto de académicos como de gente de negocios

El premio toma su nombre del ingeniero industrial japonés Shigeo Shingo quien se distinguió como uno de los principales expertos en el mundo en la mejora de procesos de manufactura. El Dr. Shingo ha sido descrito como un “genio de la ingeniería” que ayudó a crear y escribir acerca de varios aspectos de las prácticas revolucionarias de manufactura que en conjunto compone el renombrado Sistema de Producción Toyota.

El Modelo del Shingo Prize fue desarrollado como un modelo para manufactura de clase mundial que incorpora muchas de las prácticas del Dr. Shingo así como prácticas ejemplares de otras fuentes. Sin embargo, el modelo Shingo Prize no sólo es un modelo para producción, es un modelo global de sistemas que incorpora todos los aspectos de las operaciones y procesos de negocio. El modelo fue desarrollado para promover prácticas de negocio esbeltas/de clase mundial que den como resultado un desempeño de clase mundial y la habilidad de competir globalmente.

El modelo del Shingo Prize incluye 11 elementos clave de la manufactura de clase mundial. Estos elementos están agrupados en cinco categorías, lo cual significa que es necesario integrarlos en un sistema completo para alcanzar resultados de clase mundial. Los criterios del Shingo Prize no establecen una norma para el uso de métodos, técnicas, prácticas o procesos específicos. En lugar de esto, para cada elemento los criterios enlistan prácticas y técnicas que podrían incorporarse para alcanzar resultados de clase mundial en cuanto a calidad, costo, entrega y negocios. Estas prácticas y técnicas podrían

no aplicar a toda organización. Por ejemplo, las prácticas de clase mundial para “cambios rápidos” deberían incorporarse y desplegarse de manera estratégica para alcanzar capacidades *lean*, de justo a tiempo sólo si se requiere de cambios de molde en el piso de producción de una compañía. En resumen, no existe “un solo” mejor método, sistema, proceso o ruta para lograr el estatus de excelencia para el mundo.

Los niveles de reconocimiento son:

Shingo Prize Platino:	Es el nivel más alto alcanzable con excelentes tendencias de mejoramiento y enfoque estratégico tenaz en los procesos y aspectos de creación de valor.
Shingo Prize Oro:	Fuertes tendencias de mejora con procesos sistemáticos para identificar y eliminar el desperdicio en todas las funciones de negocio.
Shingo Prize Plata:	Generalmente buenas tendencias de mejora en la mayor parte de la empresa con muchos ejemplos de proyectos de mejora enfocados más allá de las actividades diarias.
Shingo Prize Bronce:	Es el primer nivel de reconocimiento del Shingo Prize. Buen nivel de ejecución en la mayor parte de las áreas con atención al establecimiento de metas, frecuente uso de los recursos humanos y técnicos para identificar y eliminar el desperdicio.

PREMIO IBEROAMERICANO DE LA CALIDAD

El Premio Iberoamericano de Calidad es uno de los Programas de Cooperación de la Cumbre Iberoamericana de Jefes de Estado y de Gobierno y viene otorgándose desde el año 2000 por sus Mandatarios.

Este premio es gestionado por la Fundación Iberoamericana de la Calidad FUNDIBEQ y otorgado a aquellas organizaciones que han destacado por sus resultados exitosos, fruto de una excelente calidad de su gestión, de acuerdo al Modelo Iberoamericano de Excelencia en la Gestión.

La finalidad de este Premio es contribuir cada año a elevar el nivel de competitividad de las organizaciones iberoamericanas y mejorar la imagen de sus productos y servicios, dentro y fuera de sus respectivos países.

Se pueden presentar al Premio Iberoamericano de la Calidad aquellas organizaciones que cumplan, al menos, uno de estos cuatro requisitos:

1. Haber ganado el Premio Nacional a la Calidad o el Premio a la Calidad que otorga la Organización Nacional Asociada a FUNDIBEQ
2. Ser autorizadas por las Organizaciones Nacionales Asociadas (ONAs) a FUNDIBEQ
3. Concurrir en categorías no contempladas por su ONAs
4. No existencia de Premio Nacional a la Calidad en su país.

Condiciones para las organizaciones participantes:

- ▶ La presentación al Premio Iberoamericano de la Calidad implica una Autoevaluación por parte de la organización frente a un Modelo de Excelencia, así como la involucración del personal de la organización, fomentando el trabajo en equipo al preparar la documentación necesaria para presentación al Premio.
- ▶ Las organizaciones candidatas son evaluadas de forma objetiva y profesional por equipos de Evaluadores internacionales (cada equipo está conformado por evaluadores de al menos 6 países iberoamericanos) con amplia y reconocida experiencia, dirigidos por prestigiosos Coordinadores internacionales.
- ▶ Las evaluaciones realizadas por los equipos de evaluación son estudiadas por un Jurado Internacional en el que participan representantes de las Organizaciones Nacionales de Calidad asociadas a FUNDIBEQ.
- ▶ Las organizaciones candidatas que no logren el Premio, pueden resultar merecedoras, por decisión del Jurado internacional, de un diploma de Plata o Bronce, que evidencia los logros obtenidos.
- ▶ Todas las organizaciones candidatas reciben, finalizado el proceso de premiación, un Informe de Retorno con indicación de los principales Puntos Fuertes y Áreas de Mejora en cada uno de los Criterios y Subcriterios del Modelo Iberoamericano de Excelencia en la Gestión, así como una Matriz de posicionamiento frente al Modelo de Gestión de referencia. Estos Informes

resultan de gran utilidad a la organización evaluada para su planificación estratégica futura.

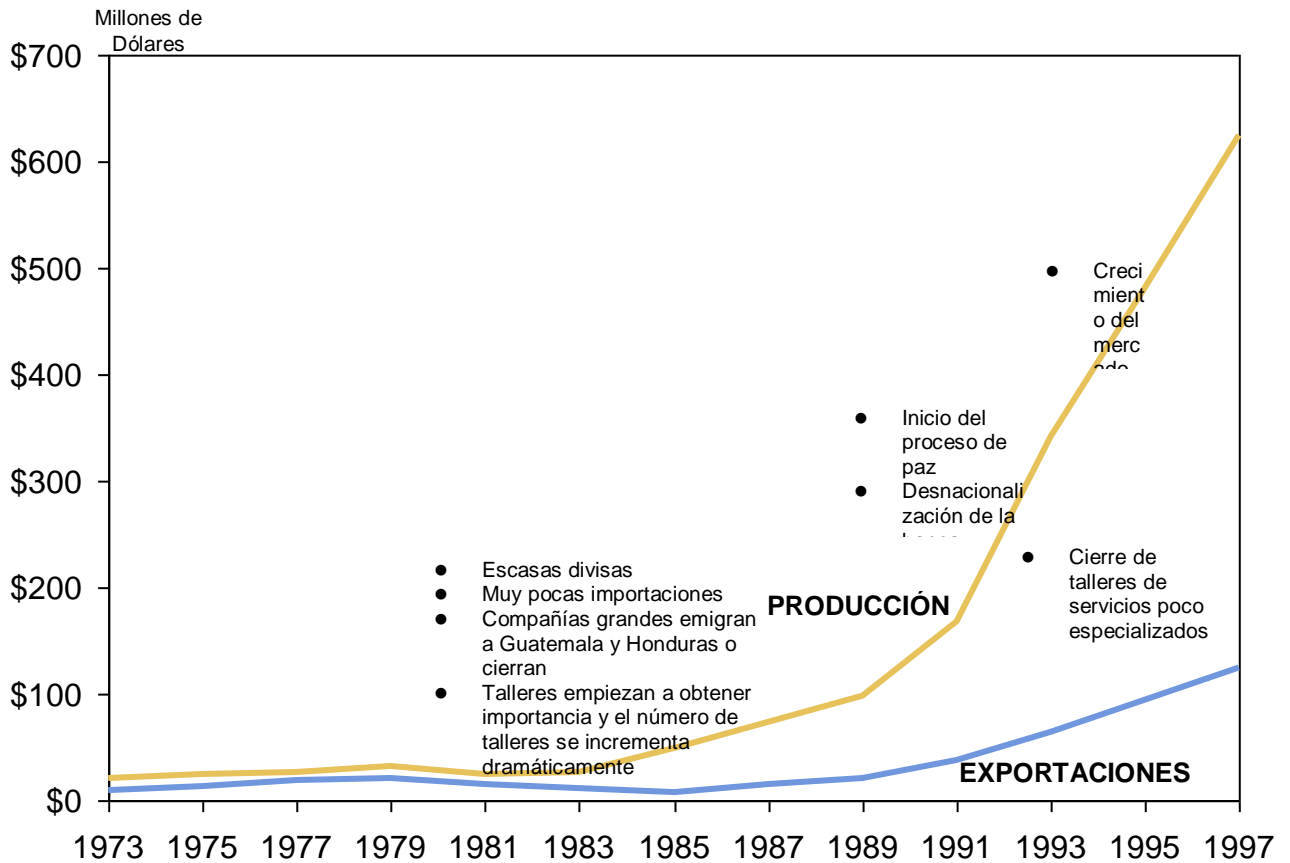
Beneficios para las organizaciones ganadoras:

- ▶ Las organizaciones ganadoras reciben el merecido galardón en una ceremonia de premiación realizada en el marco de las Cumbres Iberoamericanas de Jefes de Estado y de Gobierno, con la asistencia de Altos Mandatarios internacionales. La gran repercusión de este Premio y del evento de premiación inciden en la publicación de las organizaciones ganadoras en importantes medios de prensa reconocidos internacionalmente.
- ▶ Las organizaciones ganadoras obtienen, además, un reconocimiento nacional e internacional derivado de la amplia difusión realizada a través de la Fundación Iberoamericana para la Gestión de la Calidad en Boletines electrónicos, agencias de prensa y foros internacionales.
- ▶ Este reconocimiento se ve claramente reforzado al ser incluida su experiencia en el cuerpo documental de las Mejores Prácticas Iberoamericanas de Gestión para su difusión.
- ▶ Las organizaciones ganadoras podrán compartir, en su propio país y en el resto de Iberoamérica, sus experiencias en materia de Gestión de la Calidad Total participando como ponentes en eventos y foros internacionales, oportunidades que permiten a las organizaciones promocionarse más allá de sus fronteras.
- ▶ La obtención del Premio Iberoamericano de la Calidad permite a las organizaciones ganadoras la oportunidad de utilizar el logotipo del Premio, acreditativo de los logros obtenidos, en todas sus publicaciones, productos, comunicaciones y soportes, evidenciando un reconocimiento a la gestión a nivel internacional. Es un símbolo de garantía respaldado por los 21 Mandatarios Iberoamericanos.
- ▶ Al conjunto de beneficios que aporta el Premio cabe sumar las facilidades que tendrán las organizaciones para aumentar y retener sus clientes a partir del momento de obtención del Premio.

ANEXO 6

“PRODUCCIÓN HISTÓRICA Y DESEMPEÑO DE EXPORTACIONES DE LA INDUSTRIA METALMECÁNICA”

Fuente: Ministerio de Economía



La guerra ha influenciado en gran parte el desarrollo de la industria de Metalmecánica en El Salvador. Las restricciones de importaciones y la falta de capital de inversión durante los 80, afectó la producción en grandes empresas y favoreció la producción en pequeños talleres que hacían “de todo.” La apertura y desnacionalización de la banca en los 90 incitan la producción y las exportaciones.

Nota: Los datos de producción incluyen industrias metálicas básicas, productos metálicos, maquinaria, y material de transporte. Los datos de exportación incluyen manufactura de aluminio, herramientas agrícolas, refrigeradores, bombillos y otros. Entre los años 1973 y 1985 las exportaciones incluyen bebidas y tabaco, combustibles y lubricantes, maquinaria y material de transporte y transacciones y mercaderías diversas

Fuente: Ministério de Economía - Data Monitor Company. 1998.

ANEXO 7

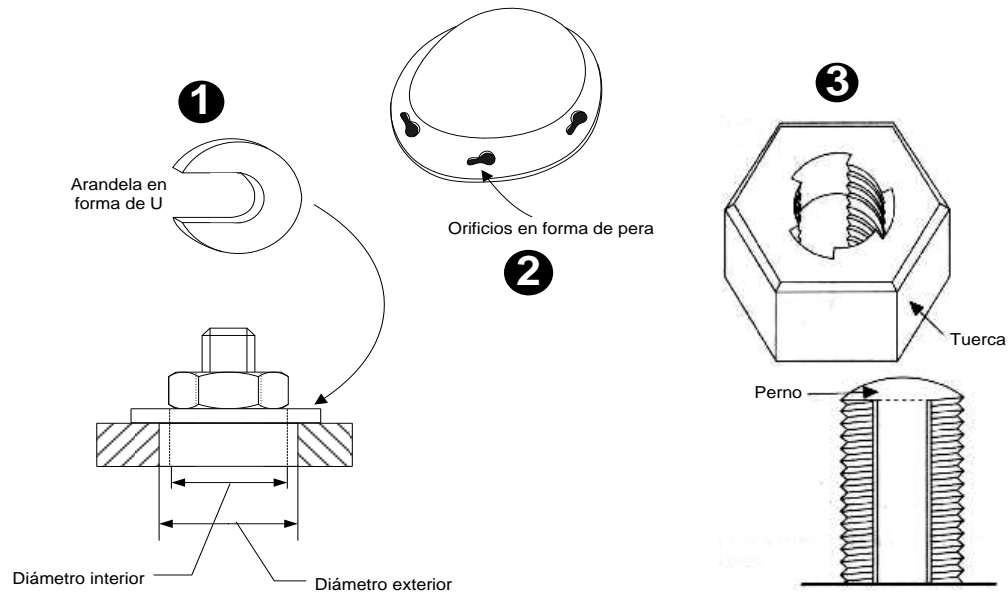
“APORTES DE LOS CRESDORES DE LA MANUFACTURA ESBELTA”

Los grandes aportes de los personajes relacionados con la manufactura esbelta se pueden resumir en el cuadro siguiente:

• AUTOR	• APORTE
• William Deming	• Catorce puntos para la dirección: que deben ser contemplados para la dirección de la organización.
• Taiichi Ohno	• Just in time: “sistema de gestión de producción que permite entregar al cliente el producto con la calidad exigida, en la cantidad precisa y en el momento exacto”
• Shigeo Shingo	• “ sistemas poka-yoke ” comprenden dos fases: el aspecto de detección y el aspecto de regulación. La detección se puede realizar de diferentes maneras: contacto material, interruptores de fin de carrera, células fotoeléctricas, interruptores sensibles a la presión , termostatos, etc. La regulación se puede producir mediante una alarma (una luz intermitente, el zumbido de una sirena), o asumiendo el control (prevención, para automática de una máquina), o ambas cosas a la vez.

ANEXO 8 “EJEMPLOS DE FIJADORES RÁPIDOS”

EJEMPLOS DE FIJADORES RÁPIDOS



Ejemplos de fijadores rápidos:

1. Cierta empresa llevaba a cabo una operación de bobinado. La bobina devanada solía sacarse después de que se retirara la tuerca y la arandela. Para reducir el tiempo empleado en retirar una bobina, se fijó el diámetro exterior de la tuerca en un tamaño menor que el diámetro interior de la bobina y se utilizó una arandela en forma de U. La bobina entonces podía separarse con gran rapidez con sólo una vuelta de tuerca, retirando la arandela en forma de U. y retirando la bobina sin quitar la tuerca.
2. Había doce pernos en el borde que rodeaba el horno. Pero el orificio para el perno de la tapa fue modificado para darle forma de pera, y se utilizó la arandela en forma de U. Por tanto cuando se soltaba la tuerca con una sola vuelta, se retiraba la arandela en forma de U y la tapa debía girarse hacia la izquierda de manera que pudiera abrirse a través de la parte más grande de los orificios en forma de pera sin separar las tuercas de los pernos.
3. Tres partes del exterior del perno deben estar acanaladas y en correspondencia con estas porciones, el interior de la tuerca también ha de estar acanalado en tres sitios. Después, cuando se hace bajar la tuerca haciendo coincidir las partes roseadas de la tuerca con las partes acanaladas del perno, la tuerca puede sujetar la máquina con sólo un giro.

ANEXO 9

“TIPOS DE VARIABLES”

Las variables pueden adquirir diferentes valores o clasificarse en diferentes categorías. Entre éstas tenemos las siguientes clasificaciones:

VARIABLES CUALITATIVAS – son aquellas que se expresan en forma verbal como categorías o atributos. Por ejemplo, el sexo, color, afiliación política, nacionalidad, motivación, área académica o profesión de una persona.

VARIABLES CUANTITATIVAS – son las que varían en términos de cantidad y se registran o expresan en forma numérica. Por ejemplo, edad, promedio académico, puntuaciones de exámenes, frecuencia de delitos, temperatura, ingresos anuales o salarios por hora. Hay algunas características que pueden clasificarse o expresarse como variable cuantitativa y transformarla a cualitativa o viceversa. Por ejemplo, nivel de aprovechamiento académico estudiantes de 4:00 puntos, o estudiantes de 3:00 puntos y así sucesivamente. El investigador puede expresar mediante una escala numérica el aprovechamiento académico al clasificar a los estudiantes, como también puede clasificarlos como variable cualitativa en las categorías de excelentes, buenos, regulares y deficientes.

VARIABLES DISCRETAS – son aquellas que sólo adquieren un valor absoluto o específico que nunca cambian. Pueden ser cualitativas. Ejemplo: el sexo, nacionalidad, grupo étnico, entre otras.

VARIABLES CONTINUAS – que siempre son cuantitativas, son las que pueden asumir cualquier valor. Por ejemplo, la edad, altura, peso, índice académico. En el campo de la investigación, que se suele examinar las relaciones entre dos o más variables al investigar un asunto o problema, se clasifican las variables como:

VARIABLES INDEPENDIENTES – son las características controladas por el investigador y que se supone tendrán efectos sobre otras variables.

VARIABLES DEPENDIENTES – son las características o aspectos que se alteran por consecuencia del control que ejerce el investigador sobre otras variables. Estos dos últimos tipos de variables suelen darse más en estudios o investigaciones experimentales, pero también podemos considerarlas en estudios descriptivos.

VARIABLE CONSTANTE – se refiere a una característica que no varía en un grupo o población en particular dentro del tiempo que se lleva a cabo la investigación. Por ejemplo, el número total de sujetos en un estudio. Si la muestra es de 150 personas se mantiene igual desde que comienza el estudio hasta que finalice el mismo.

ANEXO 10
“GRUPO 381 DE LA CIU”

DIRECTORIO EMPRESAS				
No.	CIU	NOMBRE DE EMPRESA	DIRECCIÓN	TELÉFONO
1	381004	BILBO , S.A. DE C.V.	65 AV. SUR # 167	2279-4480
2	381101	BOIRA DE CENTROAMERICA , S.A. DE C.V.	KM. 14 CCARRET.PANAMERICANA	2228-2060
3	381101	HERRAMIENTAS CENTROAMERICANAS , S.A. DE C.V.	BLVD.DEL EJERC.NAC. KM.5½ Y C. CLAPER	2277-7299
4	381102	IMACASA	FN.C. LIBERTAD PTE.	2484-0000
5	381102	MATCO S.A.	21 AV. SUR ENTRE 12 Y 14 C. PTE.	2271-4033
6	381200	D' METAL	C. SAN CARLOS # 517 COL. LAYCO	2235-6666
7	381200	DIMELCA S.A. DE C.V.,	COL. MONTEBELLO BLVD.CONSTITUCION #30	2284-9816
8	381200	INDUSTRIAS METALICAS M.R.R., S.A DE C.V.	PJE. EL ESTOTE N° 4 BARRIO SANTA TERESA	2452-1339
9	381200	INDUSTRIAS METALICAS ROXANA	33 C.PTE. # 224	2226-7487
10	381200	INEXPO, S.A. DE C.V.	C.GERARDO BARRIOS #1613 EDIF.AISA	2271-5230
11	381200	MUEBLITUBOS, S.A. DE C.V.	KM. 67 CARRET. A CHALCHUAPA COL. SAN IGNACIO	-----
12	381200	PROCESOS METALICOS	ALAMEDA JUAN PABLO II # 512	2281-0612
13	381200	SUMUEBLE	CARRET. A COMALAPA KM. 16½	2220-9810
14	381201	RYDEME, S.A. DE C.V.	COL. STA. GERTRUDIS BLOCK D #8	2274-8005
15	381202	CROMADORA SALVADOREÑA	C. FRANCISCO MENENDEZ #729, B° STA. ANITA	2222-0019
16	381202	FOOD SERVICE EQUIPMENT, S.A. DE C.V.	6A. AV. NTE. #1420 / 25 Y 27 C. OTE.	2222-1469
17	381202	GASES Y METALES	F. AUTOPISTA NTE. #4	2226-1792
18	381202	GUIMART, S.A. DE C.V.	AV. LOS HELECHOS # 393, COL. VISTA HERMOSA	2242-5373
19	381202	M M ATESA, S.A. DE C.V.	CALLE FCO. MENENDEZ #1207, COL.STA.CRISTINA	2222-1631
20	381202	MASTER DE CENTROAMERICA , S.A. DE C.V.	20 AV. NTE. # 2044	2276-5436
21	381202	MUEBLES METALICOS MAGAÑA, S.A. DE C.V.	KM. 7½ #22 CARRET. PANAMERICANA	2227-3333
22	381202	OFFIMET, S.A. DE C.V.	C. 5 DE NOV. #528 COL. GUATEMALA	2226-3103
23	381202	PROMETI, S.A. DE C.V.	AV. BARBERENA #1254, B° SAN JACINTO	2270-6283
24	381202	PROYEC. ELECTRONICOS E INDUSTRIALES, S.A DE C.V	CALLE SAN ANTONIO ABAD N° 2123	2239-9999
25	381202	PORTONES Y CORTINAS	101 AV. NTE #408-A COL ESCALON	-----
26	381203	ADAPTO, S.A. DE C.V.	33 AVG. SUR #922 COL. CUCUMACAYAN	2221-5100
27	381203	GRUPO EQUISA	29AV. NTE. #1137	2225-2518
28	381204	TALLER MECANICO INDUSTRIAL CABRERA	C. A CEMENTERAS A 500 MTS. DE COL. CESSA	2402-1035
29	381300	ESTRUCTURAS METALICAS ALVARADO	AV. CERVANTES # 105 BARRIO CENCEPCION	2222-6282
30	381300	G & V DE EL SALVADOR, S.A. DE C.V.	C.VERAPAZ #11-B URB.ARCOS DE STA.ELENA	2289-6039
31	381300	HEROMETAL, S.A. DE C.V.	12 C. PTE.	2221-2146
32	381300	INDUSTRIAS METALICAS " HERMANOS OCHOA "	CALLE PRINCIPAL # 30, COL. 14 DE JULIO	2667-6328
33	381300	INDUSTRIAS SAN PEDRO	32 AV. SUR /45 Y 47 C. PTE. L-2 LOT. STA MARIA	2440-3818
34	381300	ACEROPANEL S.A. de C.V.	C. CIRCUNVALACIÓN COL. STA. LUCIA	2254-0802
35	381300	M.J. INTER , S.A. DE C.V.	CARRET. TRONCAL DEL NORTE KM.12 PJE. M.J.	2216-0052
36	381300	POLICON, S.A. DE C.V.	C. CIRCUNVALACION COL. STA. LUCIA	2294-4384
37	381300	MONOLIT	KM. 26 CARRET. A SONSONATE	2338-4105
38	381300	PRODUCTOS METALICOS SAN ANTONIO	C. ANTI. EL MATAZANO COL. SAN CAYETANO N° 20	2294-3217
39	381300	TALLERES DE CENTROAMERICA, S.A. DE C.V.	C. BENJAMIN OROZCO #1805 COL. AMERICA, SN. JACINTO	2270-7320
40	381300	TALLERES FARCO	6A. C. PTE. #1316	2221-5160
41	381300	TORNOLARA	8A. AV. NTE. # 625	2222-1739
42	381301	COMSA	BLVD.VENEZUELA # 3057	2298-6432
43	381302	INDUSTRIAS METALICAS LA CASITA	COL.LAS DELICIAS # 9B CTGO. AL ISSS LOURDES	2318-1985
44	381303	ESTRUCTURAS METALICAS	CASERIO.LOS LOPEZ , CTON. EL TRIUNFO	2654-0416
45	381303	ESTRUCTURAS METALICAS SANCHEZ	3A. AV. SUR #603	2661-3235
46	381303	FAVISA DE C.V.	41A.C. PTE. PJE.COLOMBIA COL.VAIRO	2226-1111

No.	CIU	NOMBRE DE EMPRESA	DIRECCION	TELEFONO
47	381303	METALICA SALVADOREÑA, S.A. DE C.V.	KM141/2 AUTO. A COMALAPA,CTON.ELCIPREZ	2220-9622
48	381303	PROSECA , S.A. DE C.V.	PROLONGACION ALAMEDA JUAN PABLO II # 281	2260-0578
49	381303	PUERTAS Y CARRETILLAS DE EL SALV., S.A. DE C.V.	BLVD.DEL EJERC.51/2Y C. CLAPER	2277-7299
50	381303	VENTANAS MODERNAS, S.A.	KM.24.5 CARRET. A SANTA ANA	2338-5923
51	381304	INDUMETASI	1A. AV. NTE. #1813 COL. LAYCO	2226-0257
52	381304	CORTIMETAL S.A. DE C.V.	CARRETERA TRONCAL DEL NORTE KM. 12 ½	2216-0227
53	381305	GRUPO MILPAS ALTAS	BLVD. DEL HIPÓDROMO EDIF. GRAN PLAZA 3 NIVEL L-302	2279-1318
54	381305	INDUSTRIAS MIGUEL ANGEL S.A. DE C.V.	1 A AVENIDA NTE N#530	2222-2382
55	381901	INDUSTRIA DE MADERAS Y METALES, S.A. DE C.V.	COL. CUCUMACAYAN #1613	2222-0362
56	381903	INDUMEC DOS MIL	KM. 10 ½ CARRET. PANAMERICANA, CONT. A GASOLINERA	2295-0354
57	381905	AVE FENIX, S.A. DE C.V.	CARRET. PANAMERICANA KM. 7½	2277-2544
58	381905	ELECTRODEPOSITOS DE CENTROAMERICA	C.ANTIGUA A SOYAPANGO KM.5 PJE.PACAS FTE.BODEGAS	2227-0758
59	381907	ALCAM, S.A. DE C.V.	2A. AV. NTE. Y 39 C. OTE. COL. LA RABIDA #225	2226-1856
60	381907	ALSASA	BLVD. DEL EJERCITO NACIONAL KM. 3½	2293-1200
61	381907	ALUMICENTRO DE EL SALVADOR, S.A. DE C.V.	F. 25 AV. NTE. Y BLVD. DE LOS HEROES EDIF. ALUMICE	2226-9800
62	381907	ALUMINIO DE CENTROAMERICA , S.A. DE C.V.	KM.7½ DEL BLVD. DEL EJERCITO NACIONAL	2251-6600
63	381907	ALUMINIOS CONTINENTAL	4A. C. OTE. #935 B° SAN ESTEBAN	2262-1848
64	381907	ALUMINIOS INTERNACIONALES, S.A. DE C.V.	KM. 3½ CARRET. A LOS PLANES COL. CALIFORNIA #14	2270-1406
65	381907	CAST PRODUCTS, S.A. DE C.V.	KM. 2½ CARRET. A TONACATEPEQUE	2275-2000
66	381907	CONSTRUHOGAR, S.A. DE C.V.	4A.AV.NTE. #502 BARRIO LA CRUZ	2661-7110
67	381907	INCO, S.A. DE C.V.	F. 1A. AV. NTE.	2277-1000
68	381907	INDUSPANO, S.A. DE C.V.	C. GERARDO BARRIOS Y 29 AV. SUR # 804 COL. CUCUMA	2221-5102
69	381907	INVERSIONES ROSENDO S.A. DE C.V.	COL. EL MILAGRO 1A. C. OTE. Y 4A. AV. NTE. # 9-A	2220-1589
70	381907	T & J S.A. DE C.V.	C.A. SAN ANTONIO ABAD Y AV. Y COND. PROF LISBOA 25	2274-8405
71	381907	METALUM, S.A. DE C.V.	COL. MANZANO C. VILANOVA #919 SAN JACINTO	2280-1730
72	381907	SERVICIOS DE CONSTRUCCION ALUVI, S.A. DE C.V.	PJE.EL ROSEDAL # 7 CALLE FLOR BLANCA	2223-0610
73	381907	SOLAIRE, S.A. DE C.V.	21. AV. SUR Y 4A. C. PTE.	2275-2100
74	381909	METALES TROQUELADOS, S.A. DE C.V.	C. CTON. MATAZANO KM. 7½ BLVD. DEL EJERCITO NAC.	2297-4101

Fuente: Ministerio de Economía
Dirección General de Estadística y Censos (DIGESTYC).

ANEXO 11

“LAS TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS: VENTAJAS Y DESVENTAJAS”

1. LA OBSERVACIÓN

En la aplicación de esta técnica, el investigador registra lo observado, mas no interroga a los individuos involucrados en el hecho o fenómeno; es decir, no hace preguntas, orales o escrita, que le permitan obtener los datos necesarios para el estudio.

La observación tiene la ventaja de facilitar la obtención de datos lo más próximos a como éstos ocurren en la realidad; pero, tiene la desventaja de que los datos obtenidos se refieren sólo a un aspecto del fenómeno observado. Esta técnica es fundamentalmente para recolectar datos referentes al comportamiento de un fenómeno en un “tiempo presente”; y no permite recoger información sobre los antecedentes del comportamiento observado.

Tipos de observación:

a. Observación no estructurada o participante.

El investigador no tiene un esquema o plan premeditado referente a que variables debe observar con mayor énfasis; y recoge todo tipo de información sin discriminar si tiene o no un carácter relevante para el análisis del problema de investigación. Se utiliza como una técnica de recolección de datos para estudios exploratorios que permiten definir con más precisión el problema, las hipótesis y variables a investigar.

b. Observación estructurada.

El investigador tiene un plan referente a qué variables debe observar y por tanto qué tipos de datos deben ser recolectados. Permite poner a prueba más adecuadamente hipótesis referente al problema motivo de investigación.

2. LA ENTREVISTA

La entrevista, conjuntamente con el cuestionario son técnicas de la encuesta. Este es un método de investigación que sigue los mismos pasos de la investigación científica; sólo que en su fase de recolección de datos, éstos se obtiene mediante un conjunto de preguntas, orales o escritos, que se les hace a las personas involucradas en el problema motivo de estudio.

Tipos de entrevistas:

a. La entrevista dirigida o estructurada:

Que sigue un esquema de preguntas con el objeto de obtener determinada información.

b. La entrevista no dirigida o no estructurada:

Donde el informante tiene total libertad para narrar sus experiencias, dar sus opiniones, etc. En este tipo de entrevistas el investigador, utilizando muy pocas preguntas en su oportunidad debida, evita que el entrevistado trate temas no relacionados con el problema motivo de estudio.

3. EL CUESTIONARIO

El cuestionario es una técnica de recolección de datos y está conformado por un conjunto de preguntas escritas que el investigador administra o aplica a las personas o unidades de análisis, a fin de obtener la información empírica necesaria para determinar los valores o respuestas de las variables motivo de estudio.

Tipos principales:

a. El cuestionario estructurado o con preguntas cerradas:

Donde el informante, para cada pregunta, tiene como únicas alternativas de respuesta las que aparecen en el cuestionario.

b. El cuestionario no estructurado o con preguntas abiertas:

Donde el informante, para cada pregunta tiene total libertad re expresar su propia respuesta.

c. El cuestionario combinado:

Que incluye tanto preguntas abiertas como preguntas cerradas. El tercer tipo de cuestionario es el que se usa con más frecuencia.

Las Técnicas de Recolección de Datos: Ventajas y Desventajas.

TÉCNICA	• VENTAJAS	• DESVENTAJAS
OBSERVACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> ▶ El investigador registra lo observado. ▶ Facilitar la obtención de datos lo más próximos a como éstos ocurren en la realidad. ▶ Da más detalles e información adicional de la conducta de la gente y su medio. ▶ Permite la recolección de la información sobre hechos no mencionados en el cuestionario. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ No interroga a los individuos involucrados en el hecho o fenómeno. ▶ Esta técnica es fundamentalmente para recolectar datos referentes al comportamiento de un fenómeno en un “tiempo presente”. ▶ La presencia del observador puede influir en la situación observada. ▶ Pueden presentarse problemas éticos relacionados con la confidencialidad y la privacidad.
ENTREVISTA	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Es más flexible que el cuestionario para obtener información; tanto en la búsqueda de datos detallados como en la adaptación de las preguntas. ▶ La posibilidad de no obtener información en la entrevista por lo general es menor, con relación al cuestionario. ▶ Permite obtener mucha mayor información que el cuestionario. ▶ Se adecua con mucha más facilidad que el cuestionario a cualquier nivel cultural del informante. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Es más costosa que el cuestionario; sobre todo para muestras grandes, y con mayor razón si los individuos están dispersos geográficamente. ▶ Se necesita de entrevistadores altamente especializados en el tema de investigación. ▶ La entrevista generalmente requiere de mayor tiempo que el cuestionario. ▶ El entrevistador, por la flexibilidad de la técnica, puede influenciar en las respuestas del informante. ▶ La abundante información que se obtiene mediante la entrevista hace más costosa su sistematización y procesamiento estadístico.
CUESTIONARIO	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Es menos costoso que la entrevista; por cuanto en muchos casos no es imprescindible la presencia de una persona en la aplicación del cuestionario. ▶ La aplicación del cuestionario no necesita de un personal especializado en el tema de la investigación. ▶ Es más uniforme en los datos que se recolecta, pues las preguntas son las mismas para todos los informantes. ▶ El cuestionario, a diferencia de la entrevista, es más funcional en su aplicación a muestras grandes, incluso por más dispersos que los informantes estén geográficamente. <ul style="list-style-type: none"> • Si el cuestionario es enviado por correo, el informante puede sentirse más seguro del anonimato de sus respuestas y dar una mayor información confiable. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Es demasiado rígido y en consecuencia permite la recolección únicamente del dato al que se refiere la pregunta. ▶ Esto puede dar lugar a una pérdida de información importante para el análisis del problema motivo de investigación. ▶ Es demasiado formal y puede ocasionar resistencia en el informante a contestar determinadas preguntas. <ul style="list-style-type: none"> •

ANEXO 12

“INSTRUMENTO DE DIAGNOSTICO”

Nombre de la Empresa: _____ No. De Operarios: ____
Entrevistado: _____ Cargo: _____
Fecha: _____

1.1 Administración de compras e inventarios.

1. ¿Cuáles son las materias primas imprescindibles y su procedencia?

Materia Prima o Materiales	Procedencia
_____	_____
_____	_____
_____	_____

2. ¿Cuál es el medio de transporte y el tiempo de llegada de la materia prima imprescindible?

Medio de transporte	Tiempo de llegada	Material(es)
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

3. ¿Cómo se justifican la(s) reserva(s) de materias primas en la empresa?

4. ¿Cuál es el porcentaje de Materia Prima del total de Inventarios de la empresa?

Menos del 20% Entre 21 y 40% Entre 41 y 60% Más del 61%

5. ¿Cuánto tiempo se almacenan los principales materiales en Inventario de Materia Prima?

Menos de 1 sem. De 1 a 3 sem. De 4 a 6 sem. Mas de 6 sem.

6. ¿Cuál es el porcentaje de materiales en proceso del total de inventarios de la empresa?

Menos del 20% Entre 21 y 40% Entre 41 y 60% Más del 61%

7. ¿Cuánto tiempo permanecen los principales materiales en Inventario de Producto en Proceso?

Menos de 1 día De 2 a 3 días De 4 a 5 días. Mas de 6 d.

8. ¿Qué define el nivel de reaprovisionamiento en el inventario de Materia Prima?.

Pronostico Un pedido Un M.R.P. Otro: _____

9. ¿Cuál de las siguientes modalidades se emplea para abastecer los inventarios de materia prima?

- a. Cantidad constante con tiempo variable
- b. Cantidad variable con tiempo constante
- c. Cantidad y tiempo variable (Según lo que se produzca)

10. ¿Posee la empresa políticas para controlar los inventarios de la planta?

Si

No

11. ¿La empresa posee restricciones de abastecimiento?

Si

No

En caso de si, ¿Que tipo de restricciones?:

Restricción Tiempo: _____

Restricción Cantidad: _____

1.2 Coordinación de los despachos o envíos.

12. ¿Cuál es el tiempo promedio de procesamiento y entrega de una orden de fabricación?

Menos de 1 sem. De 2 a 3 sem. De 4 a 5 sem. Mas de 6 sem.

13. ¿Cuál es el tiempo promedio de retraso que se aceptaría en el procesamiento de una orden de fabricación?

0 días De 1 a 2 días De 3 a 4 días. Mas de 5 d.

14. ¿Tiene capacidad la empresa para atender pedidos urgentes?

Si

No

15. ¿Qué medidas toma su empresa en el caso que la demanda aumente?

Subcontratar Incrementar turnos de trabajo No satisfacer la deman.

Otra(s) medidas: _____

16. ¿Es frecuente que se detenga la producción por la falta de materia prima o insumos?

Si

A veces

No

17. ¿La empresa admite que eventualmente algunos puestos de trabajo estén inactivos?

Si

A veces

No

1.3 Mejora Continua en el Sistema Productivo.

18. ¿Cuál es la base de la producción en la planta?

Por lotes

Por orden de fabricación

Continua

19. ¿Existe un registro formal del mantenimiento que se le da a la maquinaria en la planta, incluyendo Tiempo Medio de Falla (TMF) y/o Tiempo de Reparación (TR)?

Si

No

20. ¿Se han diseñado y utilizado dispositivos para facilitar el montaje y desmontaje de moldes y/o utillaje en la maquinaria?

Si

No

21. ¿Se invierten recursos para capacitar al personal operativo, con el propósito de orientarlos a una manufactura autónoma y de calidad?
 Si No
22. ¿Existen grupos de mejora dentro de la planta?
 Si No
 En caso de sí, ¿De que forma están organizados?
 Formalmente Informalmente
23. ¿ Se emplean en el proceso productivo instrucciones visuales como etiquetas de instrucciones operativas y/o señales luminosas de reabastecimiento o de problemas en las estaciones de trabajo?
 Si No
24. ¿Qué medidas toma la empresa en el caso de producir artículos defectuosos?
 Seguir produciendo Parar la producción
 En caso de seguir produciendo, ¿Qué se hace?:
 Corregir defectos en el momento Reutilizar el material
 Investigar el origen de los defectos
- Otr@s: _____

1.4 Utilización del tiempo.

25. ¿Cuán frecuentes son los cambios en la manufactura de un producto a otro?
 Diario Semanal Mensual Trimestral
26. ¿Como se determinan los requerimientos de la Mano de obra Directa (M.O.D.)?
 Por variantes en la demanda
 Con un balance de línea
 Por sugerencias de operarios y/o administrativos
27. ¿Que porcentaje de operarios de la planta son multidiestros?
 Menos del 20% Entre 21 y 40% Entre 41 y 60% Más del 61%

1.5 Calidad de Vida Laboral.

28. ¿Existe incentivos para los operarios de la empresa?
 Si No
 En caso de si, ¿De que tipo?: Morales Económicos
29. ¿Cuáles de las siguientes actividades se practican en el área de producción?
 Clasificar los artículos innecesarios de los necesarios
 Limpieza de artículos necesarios
 Organizar las herramientas en lugares accesibles
 Almacenar los productos en sus respectivos lugares

30. ¿ En que forma se mueven los productos a fabricar durante el proceso productivo?
 Flujo de productos unitarios (producto por producto)
 Bloques o lotes de productos
31. ¿Que porcentaje de puestos de trabajo permanecen ordenados en la planta?.
 0-20% 21-40% 41-60% 61-80% Mas de 81%
32. ¿Que porcentaje de puestos de trabajo permanecen limpios?.
 0-20% 21-40% 41-60% 61-80% Mas de 81%

1.6 Condiciones físicas de la planta.

33. ¿Cuál es la organización actual de la planta?
 Por departamentos (por proceso) Por el flujo del proceso (por producto)
34. ¿Cuál es el patrón de flujo de los materiales que se utiliza en planta?
 En "U" En "L" En "I" En "Zigzag" Otro: _____
35. ¿Existe maquinaria que requiere de ajustes importantes y/o difíciles?
 Si No
36. ¿Qué nivel de iluminación considera que existe en los puestos de trabajo?
 Excelente Muy Buena Buena Regular Mala
37. ¿Qué nivel ventilación considera que existe en los puestos de trabajo?
 Excelente Muy Buena Buena Regular Mala

1.7 Conocer al cliente e Innovar el producto o servicio.

38. ¿Se han realizado cambios en los principales productos para ajustarlos a las necesidades del cliente y generar Valor Agregado?
 Si No
39. ¿Existe un área encargada del desarrollo de nuevos productos?
 Si No
- En caso de si: ¿Cuanto tiempo se tardan en lanzar un nuevo producto?
 Menos de 1 año De 2 a 3 años De 4 a 5 años. Mas de 6 años
40. ¿Es importante la voz del cliente para evaluar la eficiencia del sistema operativo de la empresa?
 Si No

DATOS DE CONTROL

REALIZADA POR: _____
 FECHA: _____ - _____ - _____ HORA: _____ ENCUESTA No.: _____
 LUGAR: _____

ANEXO 13

“RESULTADOS DEL DIAGNOSTICO A LA INDUSTRIA METALMECÁNICA”

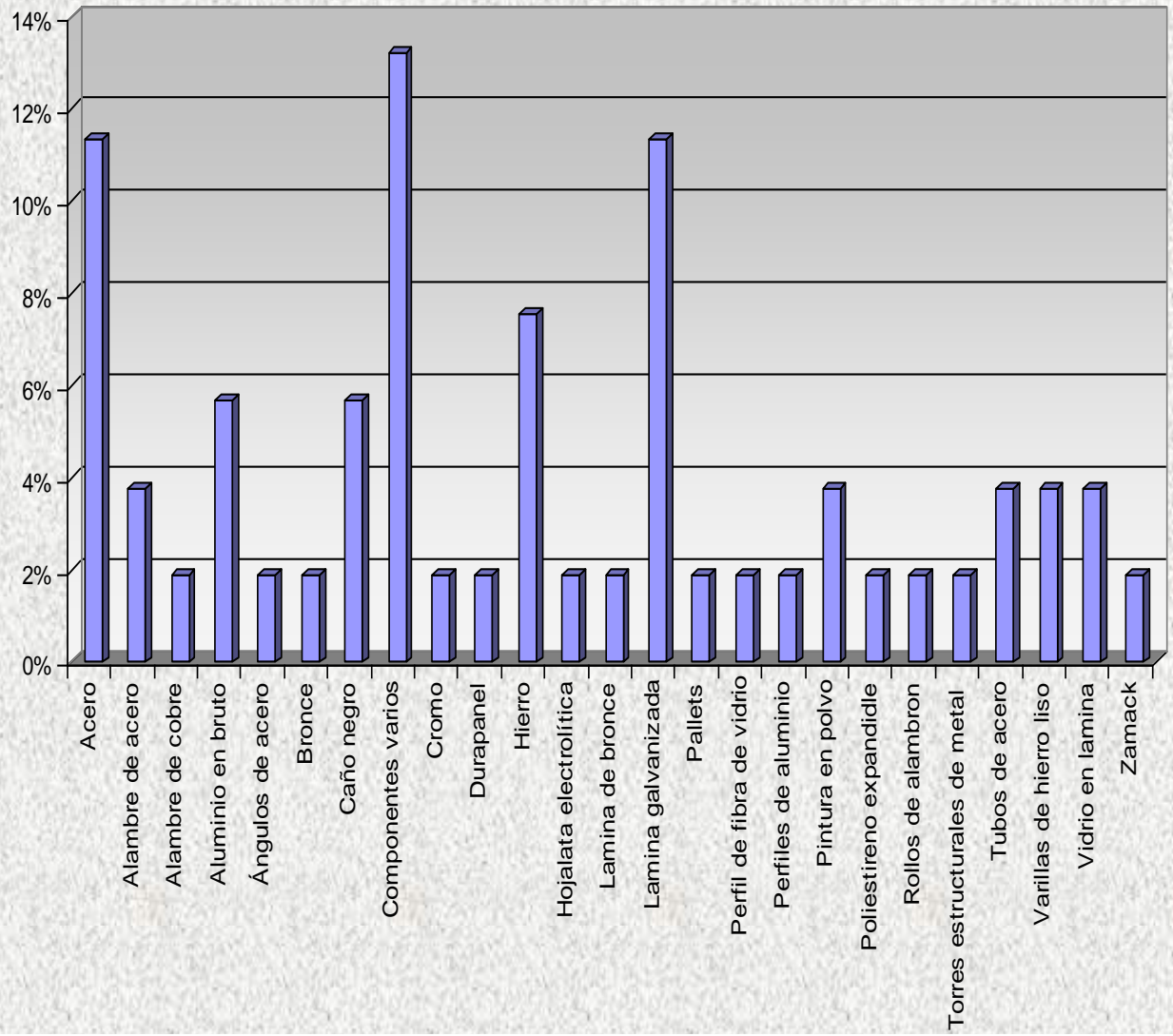
1.1 Administración de compras e inventarios.

1. ¿Cuáles son las materias primas imprescindibles y su procedencia?

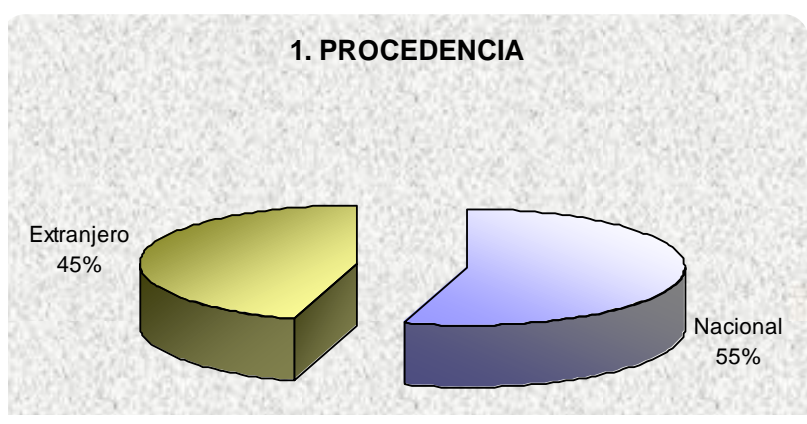
Objetivo: conocer las principales materias primas y su lugar de procedencia en la industria metalmeccánica, para poder argumentar la existencia de inventarios de materia prima en las empresas.

Materia Prima o Materiales	Frecuencia	Porcentaje
Acero	6	11%
Alambre de acero	2	4%
Alambre de cobre	1	2%
Aluminio en bruto	3	6%
Ángulos de acero	1	2%
Bronce	1	2%
Caño negro	3	6%
Componentes varios	7	13%
Cromo	1	2%
Durapanel	1	2%
Hierro	4	8%
Hojalata electrolítica	1	2%
Lamina de bronce	1	2%
Lamina galvanizada	6	11%
Pallets	1	2%
Perfil de fibra de vidrio	1	2%
Perfiles de aluminio	1	2%
Pintura en polvo	2	4%
Poliestireno expandible	1	2%
Rollos de alambros	1	2%
Torres estructurales de metal	1	2%
Tubos de acero	2	4%
Varillas de hierro liso	2	4%
Vidrio en lamina	2	4%
Zamack	1	2%
TOTAL	53	100%
Procedencia		
Nacional	29	55%
Extranjero	24	45%
TOTAL	53	100%

1.MATERIA PRIMA O MATERIALES UTILIZADOS EN LA INDUSTRIA



1. PROCEDENCIA

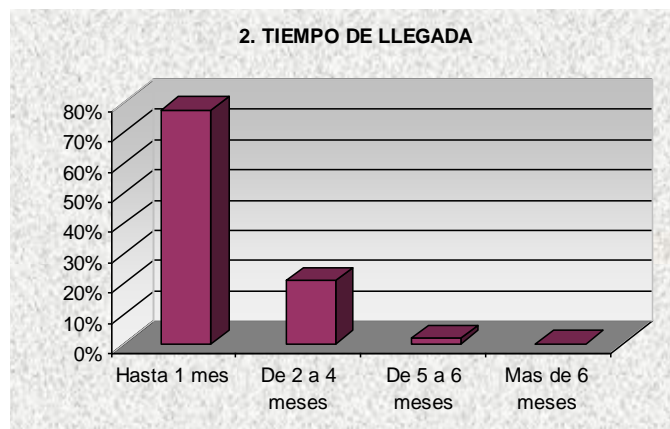
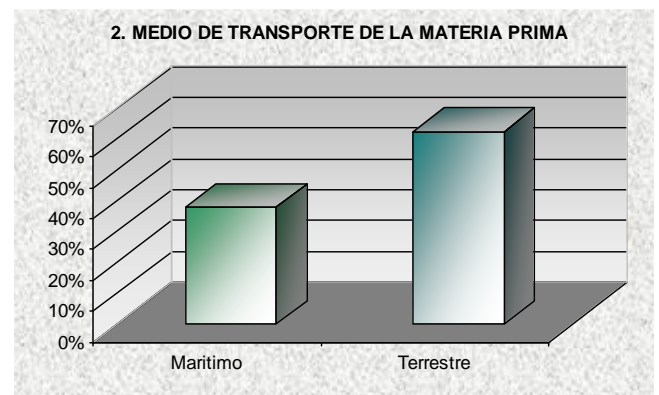


Análisis: las principales materias primas son el acero y la lamina galvanizada en un 11% y el hierro en un 8%. En un 55% la adquisición de las principales materias primas se realiza en el mercado nacional, aunque el país no produce muchas de las materias primas la compra se hace por medio de distribuidores regionales y no directamente con el productor; y un 45% de las empresas realiza el trato directamente con el productor.

2. ¿Cuál es el medio de transporte y el tiempo de llegada de la materia prima imprescindible?

Objetivo: Investigar la forma en que se trasladan los insumos hasta las empresas y el tiempo requerido hacerlo, para comprender el sistema de reabastecimiento utilizado por las empresas.

Medio de transporte	Frecuencia	Porcentaje
Marítimo	20	38%
Terrestre	33	62%
TOTAL	53	100%
Tiempo de llegada		
Hasta 1 mes	41	77%
De 2 a 4 meses	11	21%
De 5 a 6 meses	1	2%
Mas de 6 meses	0	0%
TOTAL	53	100%

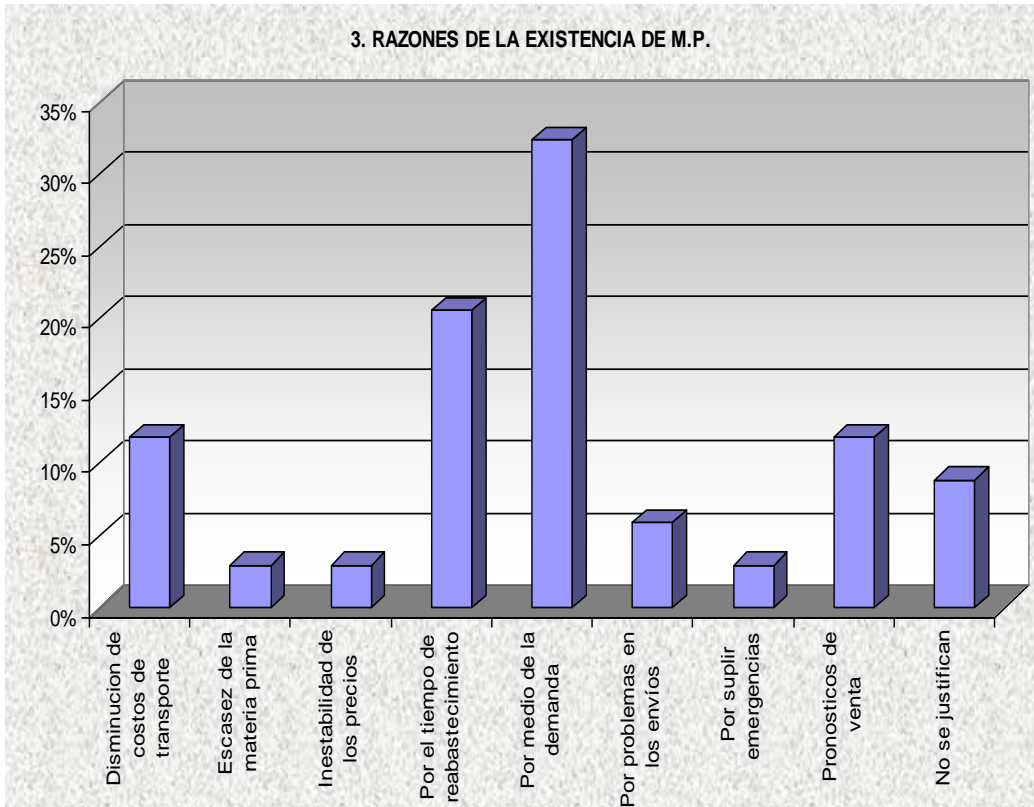


Análisis: La mayor parte de los materiales son adquiridos en el mercado nacional, siendo el medio de transporte terrestre el más utilizado en un 68% al que corresponde un tiempo de llegada menor de un mes que representa el 77% de las empresas encuestadas.

3. ¿Cómo se justifican la(s) reserva(s) de materias primas en la empresa?

Objetivo: Identificar las razones por las cuales las empresas poseen inventario de materia prima para conocer las principales dificultades que atraviesan las empresas en el proceso de reabastecimiento.

Razón	Frecuencia	Porcentaje
Disminución de costos de transporte	4	12%
Escasez de la materia prima	1	3%
Inestabilidad de los precios	1	3%
Por el tiempo de reabastecimiento	7	21%
Por medio de la demanda	11	32%
Por problemas en los envíos	2	6%
Por suplir emergencias	1	3%
Pronósticos de venta	4	12%
No se justifican	3	9%
TOTAL	34	100%

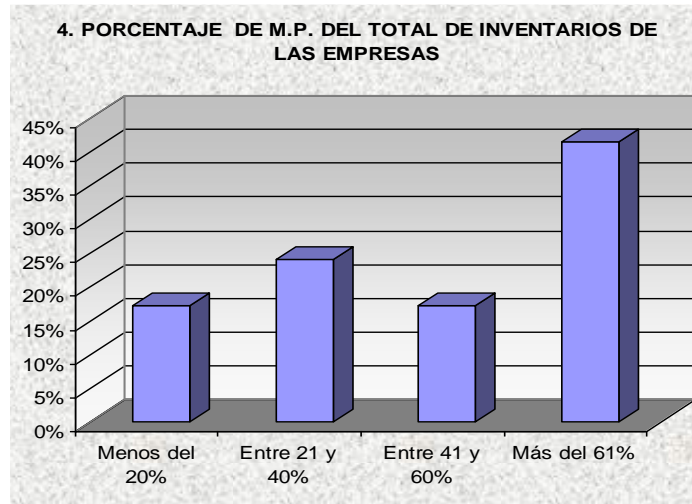


Análisis: La principal razón por la que se justifican los inventarios de materia prima en las empresas son las exigencias que presenta la demanda que corresponde un 32% de la muestra y el 21% que lo representa el tiempo que se tardan en el reabastecimiento de los insumos; la disminución de los costos de transporte y los pronósticos de ventas son la tercera razón mas importante con un 12% de la muestra.

4. ¿Cuál es el porcentaje de Materia Prima del total de Inventarios de la empresa?

Objetivo: Especificar la proporción que representa la materia prima del total de inventarios en cada empresa, para establecer una comparación entre los resultados obtenidos en el diagnostico y los principios de manufactura esbelta.

Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Menos del 20%	5	17%
Entre 21 y 40%	7	24%
Entre 41 y 60%	5	17%
Más del 61%	12	41%
TOTAL	29	100%

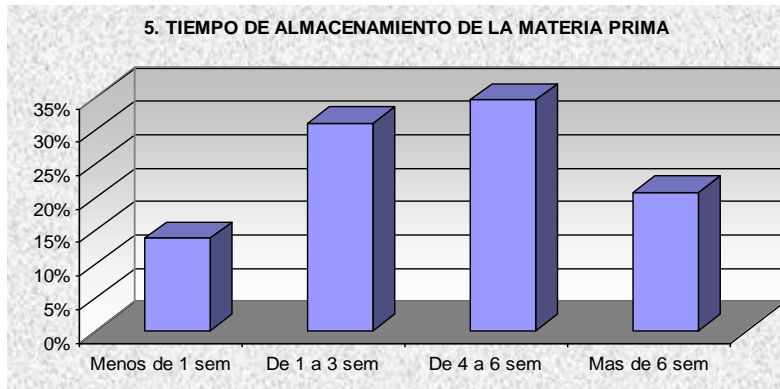


Análisis: Los resultados obtenidos muestran que un 41% de empresas poseen inventario de materia prima que representa más del 61% del total de los inventarios que posee la empresa; la existencia de inventarios de materia prima entre el 21 y 40% del total inventarios es utilizado por el 24% de las empresas encuestadas.

5. ¿Cuanto tiempo se almacenan los principales materiales en Inventario de Materia Prima?

Objetivo: Especificar el tiempo que permanecen los materiales en el inventario de materia prima, para poder recomendar un mejor uso de los insumos tanto en tiempo como en cantidad mientras permanecen en la planta.

Tiempo	Frecuencia	Porcentaje
Menos de 1 sem	4	14%
De 1 a 3 sem	9	31%
De 4 a 6 sem	10	34%
Mas de 6 sem	6	21%
TOTAL	29	100%

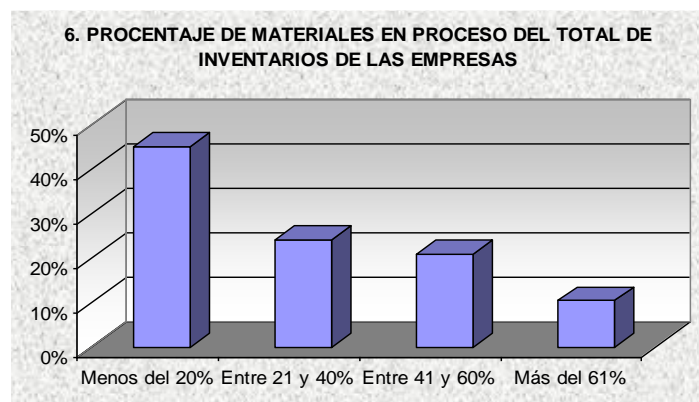


Análisis: el tiempo de almacenaje de la materia prima en 34% de las empresas encuestadas es de 4 a 6 semanas y en 31% de las empresas es de 1 a 3 semanas de permanencia en el inventario; mientras que para un 21% de las empresas representa mas de 6 semanas de almacenaje.

6. ¿Cuál es el porcentaje de materiales en proceso del total de inventarios de la empresa?

Objetivo: Conocer el tiempo de estancia de los materiales en el inventario de producto en proceso, para poder eliminar la existencia de almacenajes temporales durante el proceso.

Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Menos del 20%	13	45%
Entre 21 y 40%	7	24%
Entre 41 y 60%	6	21%
Más del 61%	3	10%
TOTAL	29	100%

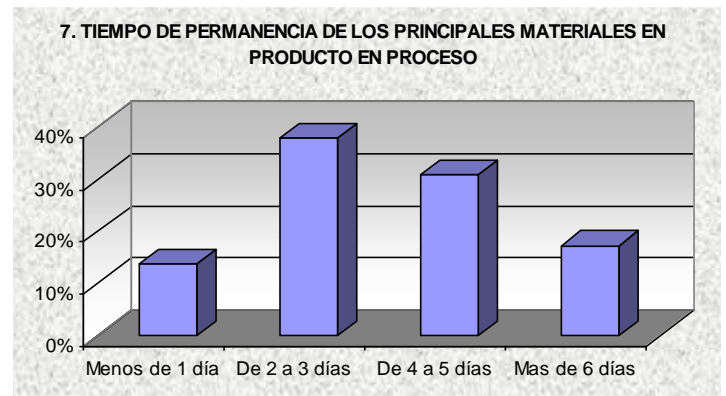


Análisis: El 45% de las empresas poseen menos del 20% en producto en proceso del total de inventarios y el 24% de las encuestas reflejan los I.P.P entre el 21 y el 40%, resultados que muestran junto al tiempo de estancia en el proceso, la rotación para los productos que han ingresados a las estaciones de trabajo.

7. ¿Cuanto tiempo permanecen los principales materiales en Inventario de Producto en Proceso?

Objetivo: Calcular el tiempo de permanencia de los materiales en el proceso de producción en cada empresa, para poder redactar una propuesta relacionada con almacenamientos temporales innecesario existentes durante el proceso.

Tiempo	Frecuencia	Porcentaje
Menos de 1 día	4	14%
De 2 a 3 días	11	38%
De 4 a 5 días	9	31%
Mas de 6 días	5	17%
TOTAL	29	100%

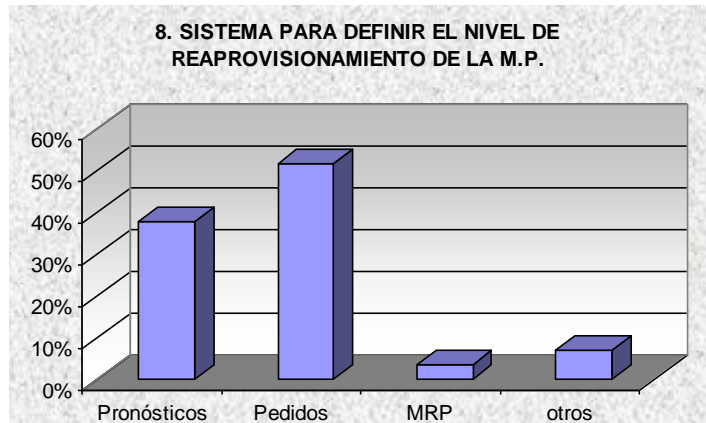


Análisis: El 38% de las empresas necesitan de 2 a 3 días para poder obtener el producto terminado y el 31% utilizan de 4 a 5 días llevar las materias primas hasta el producto final; representando estos periodos, el tiempo aproximado de producción.

8. ¿Que define el nivel de reaprovisionamiento en el inventario de Materia Prima?

Objetivo: Conocer las forma que utilizan las empresas para definir el reabastecimiento de las materias primas, para poder recomendar la forma adecuada de realizarlo según las necesidades de las empresas.

	Frecuencia	Porcentaje
Pronósticos	11	38%
Pedidos	15	52%
MRP	1	3%
otros	2	7%
TOTAL	29	100%

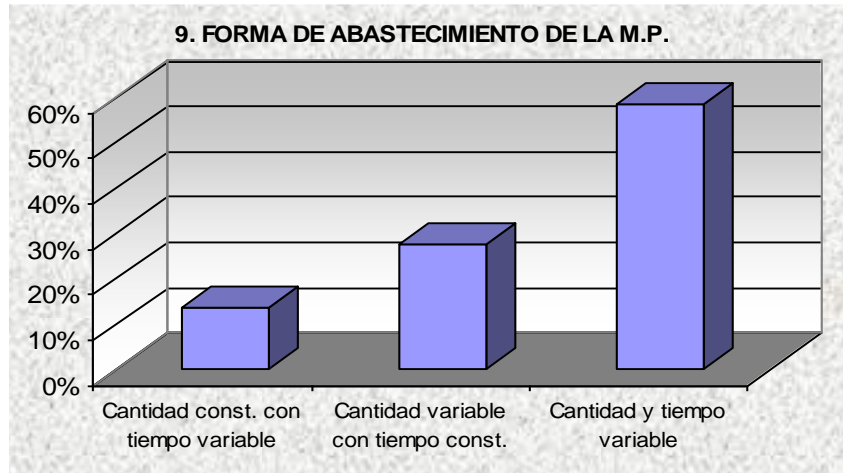


Análisis: el 52% de los datos obtenidos reflejan que las empresas utilizan las exigencias de la demanda o los pedidos para definir sus necesidades de materia prima y el 38% de las empresas utilizan pronósticos para calcular los requerimientos de materia prima.

9. ¿Cuál de las siguientes modalidades se emplea para abastecer los inventarios de materia prima?

Objetivo: indagar sobre los métodos que utilizan las empresas del sector para el abastecimiento de materia prima para poder mejorar la relación que han establecido entre la cantidad de materiales medida y el tiempo en el que se hace.

Modalidad	Frecuencia	Porcentaje
Cantidad const. con tiempo variable	4	14%
Cantidad variable con tiempo const.	8	28%
Cantidad y tiempo variable	17	59%
TOTAL	29	100%

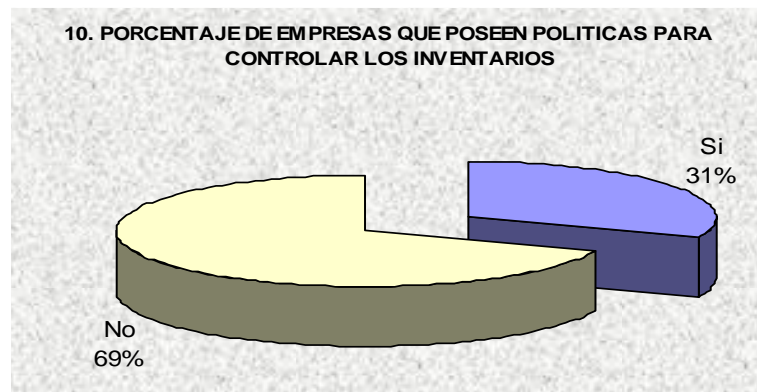


Análisis: El 59% de las empresas realizan los pedidos según la demanda del mercado, es decir con tiempo y cantidad variable, mientras que el 28% hacen un pedido cada periodo preestablecido y estableciendo una cantidad variable.

10. ¿Posee la empresa políticas para controlar los inventarios de la planta?

Objetivo: Conocer la existencia de lineamientos de las empresas que se utilizan en el control de los inventarios, para determinar el interés de las mismas en el manejo y control de los inventarios.

R	Frecuencia	Porcentaje
Si	9	31%
No	20	69%
TOTAL	29	100%

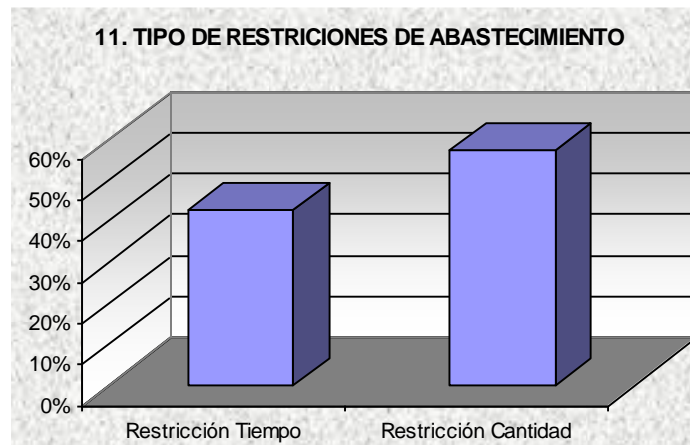
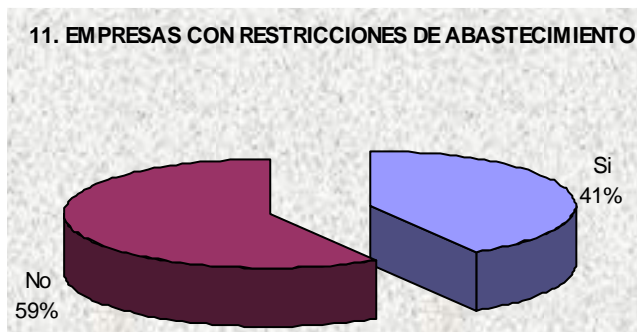


Análisis: Los datos obtenidos reflejan que el 69% de las empresas no poseen políticas para el control de inventarios, ya que no se lleva un control adecuado de los mismos.

11. ¿La empresa posee restricciones de abastecimiento?

Objetivo: investigar la existencia de restricciones en el proceso de abastecimiento de las empresas, para conocer la naturaleza de las restricciones existentes en la industria.

	Frecuencia	Porcentaje		
Si	12	41%	Frecuencia	Porcentaje
Restricción Tiempo			5	42%
Restricción Cantidad			7	58%
No	17	59%		
TOTAL	29	100%	12	100%



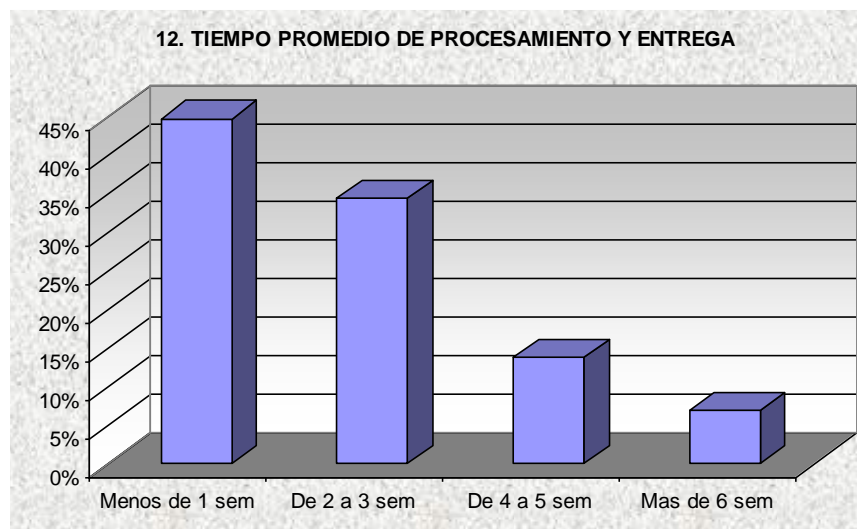
Análisis: El 59% de las empresas encuestadas no poseen restricciones de parte de sus proveedores, lo que es favorable para la disminución de los inventarios de M.P. en las plantas de las empresas. Mientras tanto las que poseen restricciones representan el 41% de las cuales más de la mitad son restricciones en cantidad de material.

1.2 Coordinación de los despachos o envíos.

12. ¿Cuál es el tiempo promedio de procesamiento y entrega de una orden de fabricación?

Objetivo: Investigar el tiempo utilizado por las empresas desde el pedido hasta la entrega del producto final, para estimar la velocidad de respuesta hacia el mercado.

Tiempo	Frecuencia	Porcentaje
Menos de 1 sem	13	45%
De 2 a 3 sem	10	34%
De 4 a 5 sem	4	14%
Mas de 6 sem	2	7%
TOTAL	29	100%

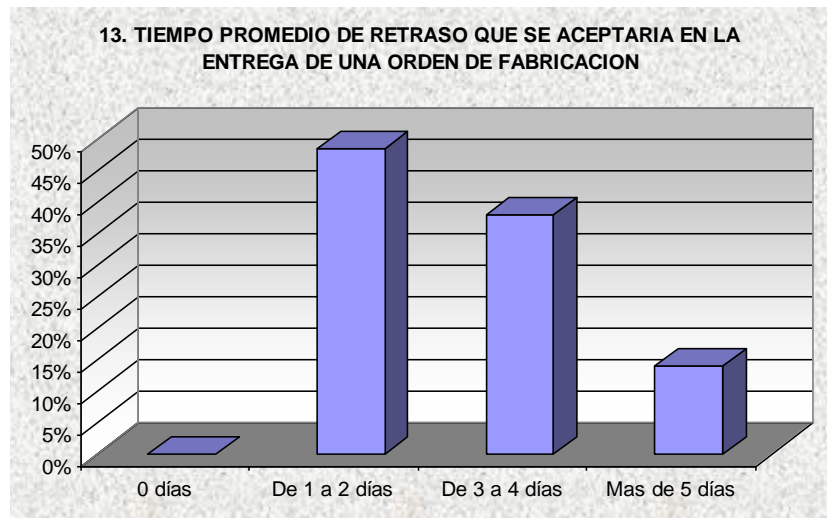


Análisis: El 45% de las empresas realizan su proceso de producción en menos de 1 semana, mientras que el 55% lo hacen en mas de 2 semanas, con lo que se puede asegurar que la industria tiene un lento tiempo de respuesta.

13. ¿Cuál es el tiempo promedio de retraso que se aceptaría en el procesamiento de una orden de fabricación?

Objetivo: Investigar el tiempo que se permite en las empresas atrasar una orden de producción, para reflejar la puntualidad en las entregas de los productos.

Tiempo	Frecuencia	Porcentaje
0 días	0	0%
De 1 a 2 días	14	48%
De 3 a 4 días	11	38%
Mas de 5 días	4	14%
TOTAL	29	100%

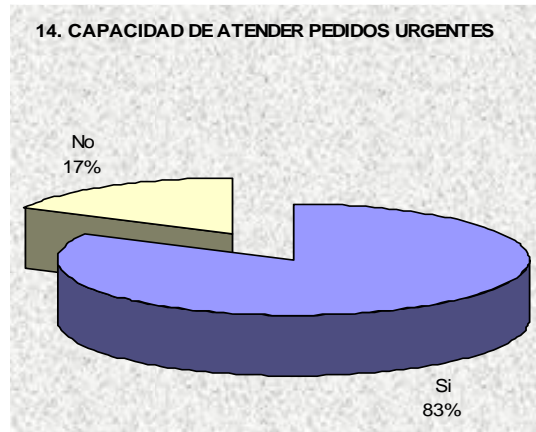


Análisis: El 48% de las empresas admiten un retraso de 1 a 2 días en la entrega de una orden de producción, mientras que el 38% permiten de 3 a 4 días, lo que refleja la falta de estrategias de entrega de justo a tiempo.

14. ¿Tiene capacidad la empresa para atender pedidos urgentes?

Objetivo: Conocer la capacidad de atención a pedidos que no están programados en las órdenes de producción para conocer la flexibilidad que estas tienen para cambios de fabricar productos diferentes.

R	Frecuencia	Porcentaje
Si	24	83%
No	5	17%
TOTAL	29	100%

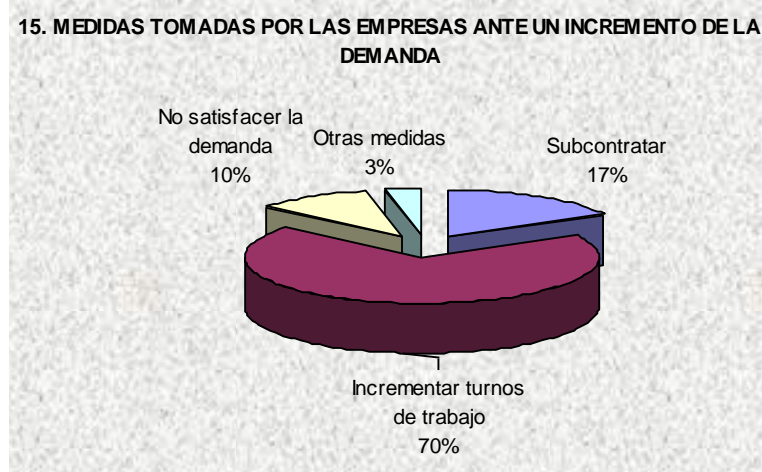


Análisis: los resultados obtenidos muestran que el 83% de las empresas aceptan y procesan pedidos que no están en la programación, lo que refleja que no se conoce las implicaciones que esta política trae consigo.

15. ¿Qué medidas toma su empresa en el caso que la demanda aumente?

Objetivo: Investigar las medidas que las empresas toman cuando la demanda de un tipo de producto aumenta con respecto a sus estadísticas y proyecciones, para conocer la flexibilidad de producción en las empresas encuestadas.

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje
Subcontratar	5	17%
Incrementar turnos de trabajo	20	69%
No satisfacer la demanda	3	10%
Otras medidas	1	3%
TOTAL	29	100%

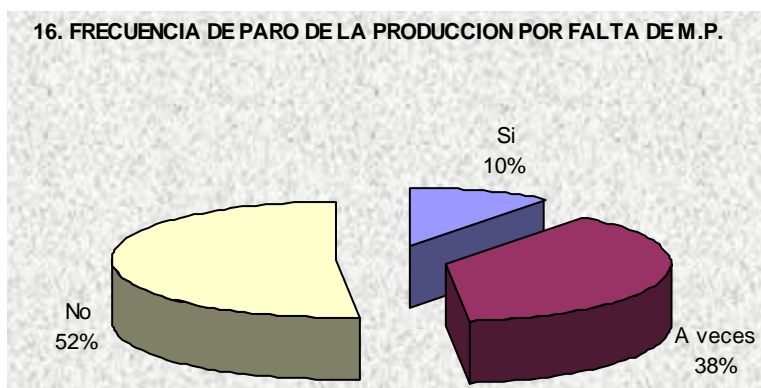


Análisis: el 69% de las empresas incrementan los turnos de trabajo como medida para satisfacer un aumento en la demanda de los productos, mientras que el 17% de las empresas se inclinan por subcontratar. Hay que tener en cuenta que el incremento de los turnos de trabajo es una medida muy costosa.

16. ¿Es frecuente que se detenga la producción por la falta de materia prima o insumos?

Objetivo: investigar la frecuencia con la que la producción es detenida a causa de falta de M.P. o insumos para evidenciar los problemas de reabastecimiento o una inadecuada programación en la entrega de materiales a cada puesto de trabajo.

Resp.	Frecuencia	Porcentaje
Si	3	10%
A veces	11	38%
No	15	52%
TOTAL	29	100%

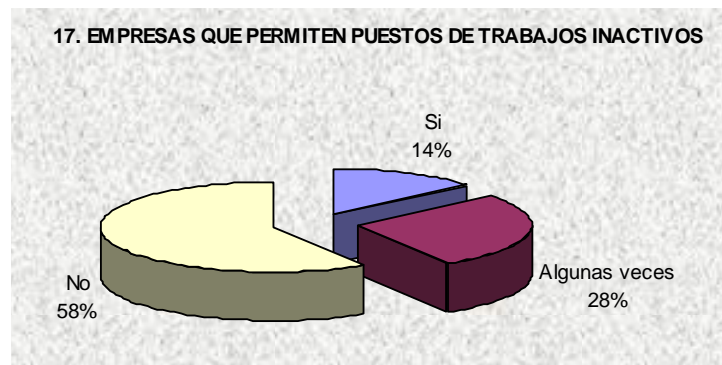


Análisis: en el 52% de las empresas encuestadas se encontró que no existe una frecuencia de paros por falta de M.P. o insumos, el 38% posee alguna frecuencia de paro, y en el 10% restante si es frecuente que se detenga la producción. Esto demuestra que en el sector el 48% de las empresas esta propensa a que se detenga la producción.

17. ¿La empresa admite que eventualmente algunos puestos de trabajo estén inactivos?

Objetivo: identificar el porcentaje de empresas que permiten que los trabajadores no estén desempeñando actividades productivas cuando la demanda de los productos permita que la planta no funcione a plena capacidad, para conocer los niveles de sobreproducción que pudiera existir.

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje
Si	4	14%
Algunas veces	8	28%
No	17	59%
TOTAL	29	100%



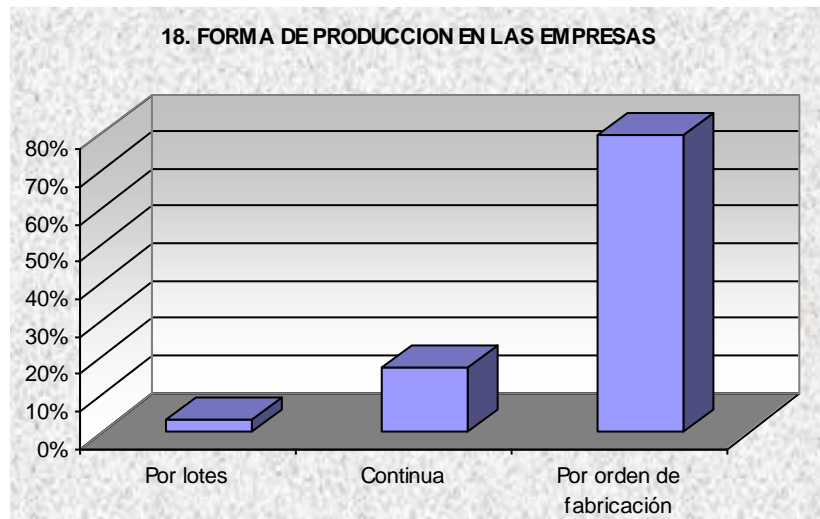
Análisis: el 58% de las empresas encuestadas no permite que existan puestos de trabajo inactivos, el 28% algunas veces permite puestos inactivos y solo el 14% permitiría que existan puestos de trabajo inactivos. Por lo que en la industria existe la estrategia que siempre los trabajadores estén ocupados en actividades productivas aunque estas no sean necesarias para satisfacer la demanda existente.

1.3 Mejora Continua en el Sistema Productivo.

18. ¿Cuál es la base de la producción en la planta?

Objetivo: investigar cual es la principal forma de producción de las empresas dentro del sector para poder conocer los métodos productivos que utilizan y así poder sugerir las técnicas de la Manufactura Esbelta a emplear.

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje
Por lotes	1	3%
Continua	5	17%
Por orden de fabricación	23	79%
TOTAL	29	100%



Análisis: el 79% de las empresas encuestadas produce por medio de órdenes de fabricación, el 17% lo hace a través de producción continua y solo el 3% trabaja por medio de la fabricación de lotes.

19. ¿Existe un registro formal del mantenimiento que se le da a la maquinaria en la planta, incluyendo Tiempo Medio de Falla (TMF) y/o Tiempo de Reparación (TR)?

Objetivo: establecer el porcentaje de empresas que llevan registro del mantenimiento que se le da a la maquinaria para conocer el avance que tiene el sector en cuanto al registro de fallas por medio de TMF o el TR.

Resp.	Frecuencia	Porcentaje
Si	7	24%
No	22	76%
TOTAL	29	100%

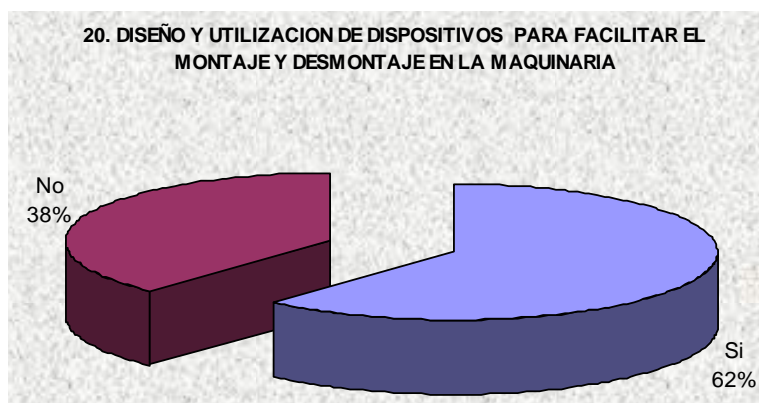


Análisis: de las 29 empresas que colaboraron con el estudio el 76% no posee registro del mantenimiento que se le da a la maquinaria, el 24% restante posee algún tipo de registro por medio del TMF o TR.

20. ¿Se han diseñado y utilizado dispositivos para facilitar el montaje y desmontaje de moldes y/o utillaje en la maquinaria?

Objetivo: investigar el desarrollo y uso de dispositivos que faciliten el montaje y desmontaje de moldes y/o utillaje en la maquinaria para conocer el grado de avance que existe en cuanto a la mejor utilización del tiempo utilizado para estas actividades.

Resp.	Frecuencia	Porcentaje
Si	18	62%
No	11	38%
TOTAL	29	100%



Análisis: el 62% ha diseñado y utilizado dispositivos para facilitar el montaje y desmontaje de los moldes y/o utillaje en la maquinaria, el restante 38% no utiliza estos dispositivos.

21. ¿Se invierten recursos para capacitar al personal operativo, con el propósito de orientarlos a una manufactura autónoma y de calidad?

Objetivo: Investigar la inversión de recursos por parte de las empresas para la capacitación del personal con el fin de lograr la autonomía de los procesos,

	Frecuencia	Porcentaje
Si	8	28%
No	21	72%
TOTAL	29	100%

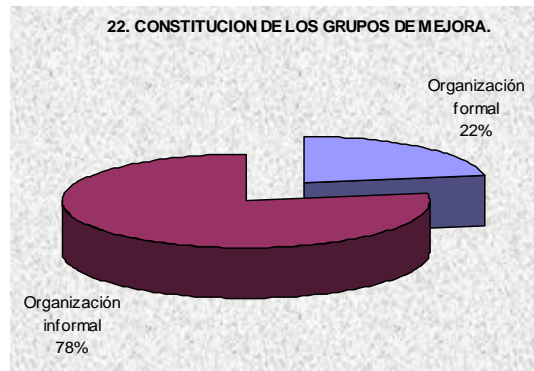
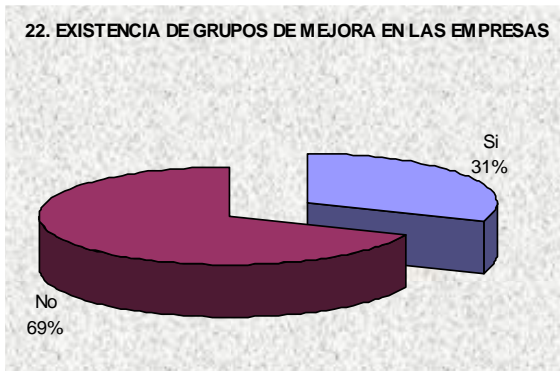


Análisis: Los resultados obtenidos reflejan que el 72% de las empresas encuestadas no están realizando ningún tipo de inversiones en la preparación de los trabajadores, lo que indica la falta de interés de parte de la dirección por innovar y mejorar el proceso mediante la capacitación.

22. ¿Existen grupos de mejora dentro de la planta?

Objetivo: Conocer la existencia de grupos de mejora en las empresas y la forma de organizarse de las mismas con el fin de incentivar las actividades de mejora que debe realizar una agrupación multidisciplinar.

	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Si	9	31%		
Organización formal			2	22%
Organización informal			7	78%
No	20	69%		
TOTAL	29	100%	9	100%

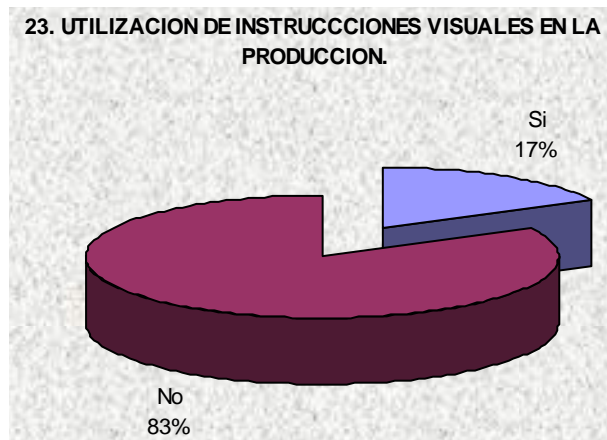


Análisis: La tabulación de los resultados arroja que en el 69% de las empresas encuestadas no existen grupos de mejora y que del 31% de las empresas donde sí existen, el 78% están organizados informalmente, lo que indica que no poseen políticas ni normas establecidas para su funcionamiento.

23. ¿Se emplean en el proceso productivo instrucciones visuales como etiquetas de instrucciones operativas y/o señales luminosas de reabastecimiento o de problemas en las estaciones de trabajo?

Objetivo: Investigar la existencia de instrucciones visuales durante el proceso productivo, que se recomiendan en la técnica de administración visual con el fin de dar respuestas rápidas a anomalías y un aumento en la vigilancia de desperdicios.

	Frecuencia	Porcentaje
Si	5	17%
No	24	83%
TOTAL	29	100%

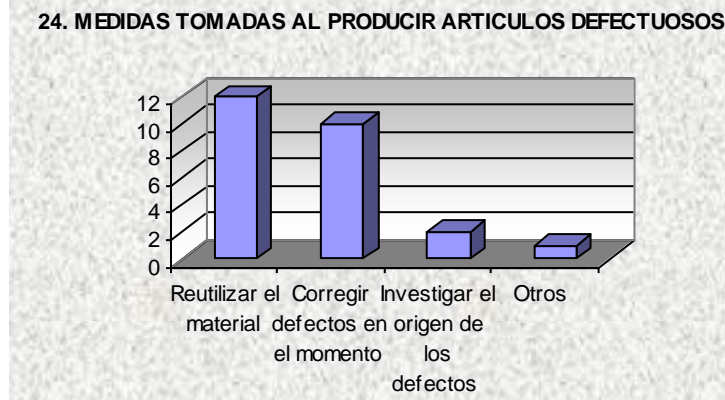
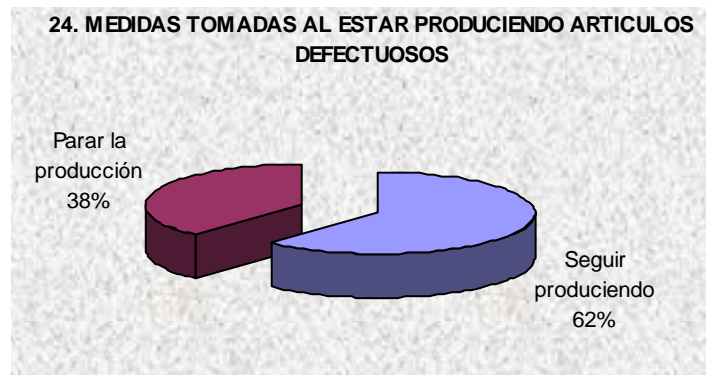


Análisis: Los resultados del estudio realizado muestran que el 83% de las empresas encuestadas no utilizan instrucciones visuales durante el proceso productivo, lo que demuestra que no se muestran actividades fundamentales de forma coherente, oportuna y regular.

24. ¿Qué medidas toma su empresa en el caso de que se produzcan artículos defectuosos?

Objetivo: investigar las acciones tomadas por la dirección en el momento en que se esta produciendo artículos defectuosos, con el fin de conocer la reacción y poder puntualizar acciones recomendadas por técnicas específicas como el Poka-Yoke.

	Frecuencia	Porcentaje		
Seguir produciendo	18	62%	Frecuencia	Porcentaje
Reutilizar el material			12	48%
Corregir defectos en el momento			10	40%
Investigar el origen de los defectos			2	8%
Otros			1	4%
Parar la producción	11	38%		
TOTAL	29	100%	25	100%



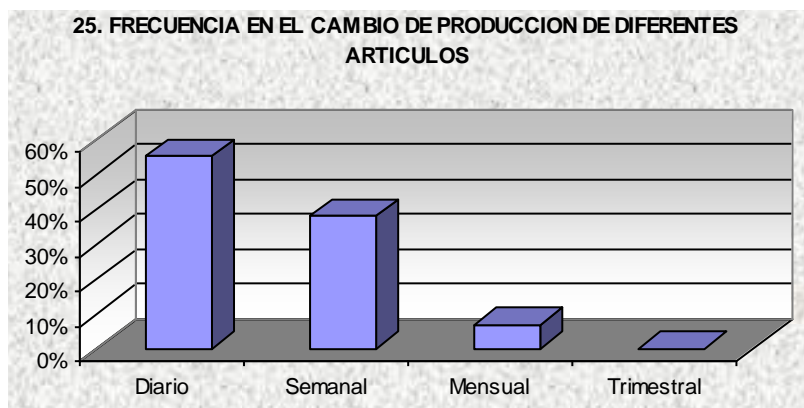
Análisis: los resultados obtenidos demuestran que el 62% de las empresas siguen produciendo aunque se conozca que los artículos poseen algún tipo de defecto, y en el 48% de estos casos la acción tomada es la reutilización del material y el 40% realizan acciones para corregir los defectos en el momento.

1.4 Utilización del tiempo.

25. ¿Cuán frecuentes los cambios en la producción de un producto a otro?

Objetivo: investigar la cantidad de veces que se cambia de producir un producto a producir otro producto, con el fin de organizar los procedimientos de cambio a punto que son necesarios realizar para los cambios de producción.

	Frecuencia	Porcentaje
Diario	16	55%
Semanal	11	38%
Mensual	2	7%
Trimestral	0	0%
TOTAL	29	100%

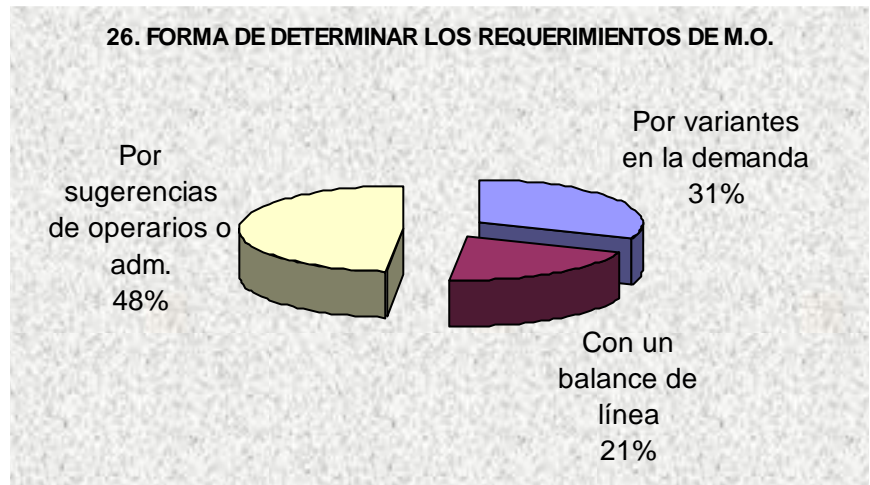


Análisis: El 55% de las empresas encuestadas realizan cambios de producción de diferentes artículos diariamente y el 38% lo realizan semanalmente, justificando con esto la necesidad de la aplicación de los tiempos de Puesta a Punto de la maquinaria y procesos.

26. ¿Como se determinan los requerimientos de la Mano de obra Directa (M.O.D.)?

Objetivo: Indagar la forma que se utiliza en las empresas para el cálculo de la Mano de Obra Directa, para poder determinar la cantidad optima de operarios requeridos en la planta.

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje
Por variantes en la demanda	9	31%
Con un balance de línea	6	21%
Por sugerencias de operarios o adm.	14	48%
TOTAL	29	100%

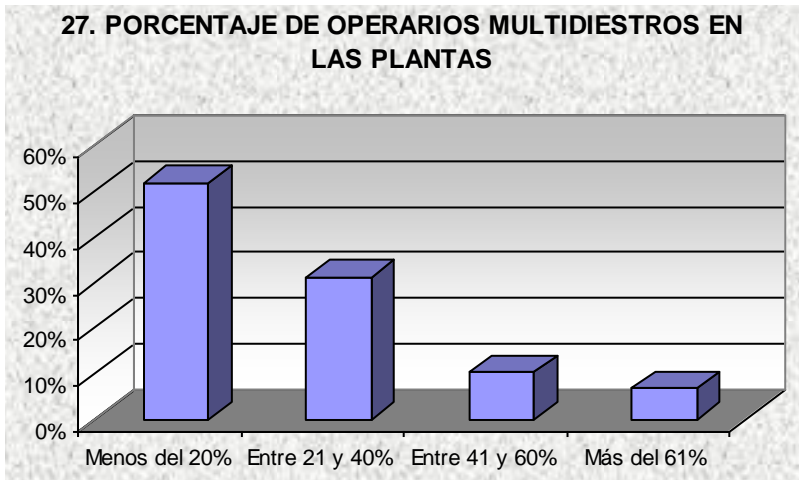


Análisis: De los resultados obtenidos del estudio se refleja que el 48% de las empresas calcula las necesidades de mano de obra directa por sugerencias de los operarios y de administradores y el 31% lo calcula por medio de las variantes de la demanda, que es la forma que sugiere la manufactura esbelta.

27. ¿Que porcentaje de operarios de la planta son multidiestros?

Objetivo: Conocer la cantidad de operarios que laboran en las plantas de las empresas del sector que pueden realizar mas de una operación específicas del proceso de producción de la empresa, para determinar las diferentes funciones que puede realizar estos operarios.

	Frecuencia	Porcentaje
Menos del 20%	15	52%
Entre 21 y 40%	9	31%
Entre 41 y 60%	3	10%
Más del 61%	2	7%
TOTAL	29	100%



Análisis: El 52% de las empresas encuestadas poseen en sus plantas menos del 20% de operarios que realizan más de una operación y el 31% tienen entre el 21 y el 41% de operarios que son multidiestros, lo que refleja la falta de capacitaciones para facultar los operarios de la planta.

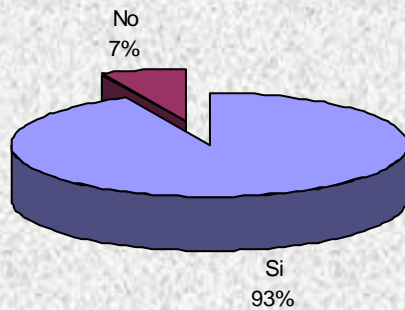
1.5 Calidad de Vida Laboral.

28. ¿Existe incentivos para los operarios de la empresa?

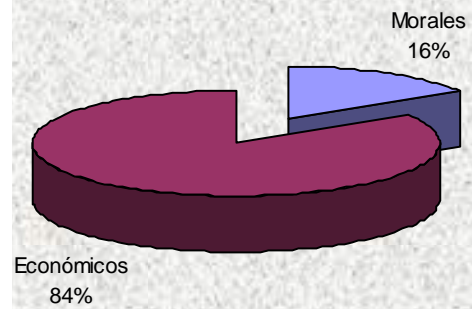
Objetivo: Conocer la existencia de incentivos para los operarios de la planta en las empresas que se han encuestadas, con el fin de conocer los métodos utilizados para poder mantener y mejorar los niveles de producción fijados.

	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Si	27	93%		
Morales			5	16%
Económicos			26	84%
No	2	7%		
TOTAL	29	100%	31	100%

28. EXISTENCIA DE INCENTIVOS PARA LOS OPERARIOS EN LAS EMPRESAS



28. TIPO DE INCENTIVOS PARA LOS OPERARIOS



Análisis: Los resultados reflejan que el 93% de las empresas utilizan incentivos para los trabajadores, de los cuales el 84% son incentivos económicos, demostrando que la gran parte de las empresas utilizan el método tradicional para mejorar las metas propuestas de producción.

29. ¿Cuáles de las siguientes actividades se practican en el área de producción?

Objetivo: Determinar la aplicación de las actividades que conllevan las cinco “s”, con el fin de establecer el nivel de orden y limpieza que las empresas poseen en estos momentos.

	Frecuencia	Porcentaje
Clasificar los artículos necesarios	19	38%
Limpieza de artículos necesarios	12	24%
Organizar las herramientas	11	22%
Almacenar los artículos	8	16%
TOTAL	50	100%

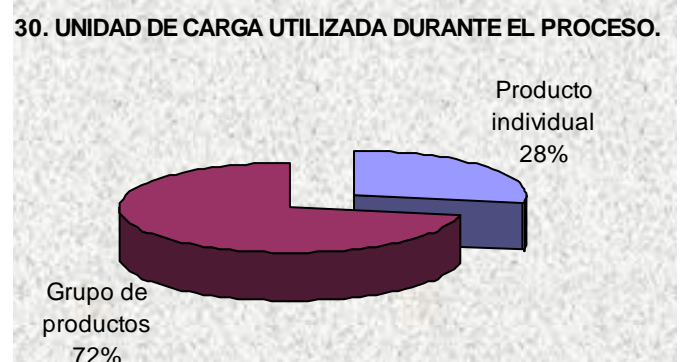


Análisis: Los resultados obtenidos expulsan que la actividad de clasificar los artículos entre los necesarios y los no necesarios, que corresponde a la aplicación de la primera “S” esta siendo aplicado en un 38% en las empresas del sector, y la limpieza de los artículos se realiza en un 24%.

30. ¿En que forma se mueven los productos que se fabrican durante el proceso productivo?

Objetivo: Conocer la forma en que se mueven los artículos durante el proceso con el fin de investigar los métodos que se utilizan en los transportes que se realizan durante el proceso.

	Frecuencia	Porcentaje
Producto individual	8	28%
Grupo de productos	21	72%
TOTAL	29	100%

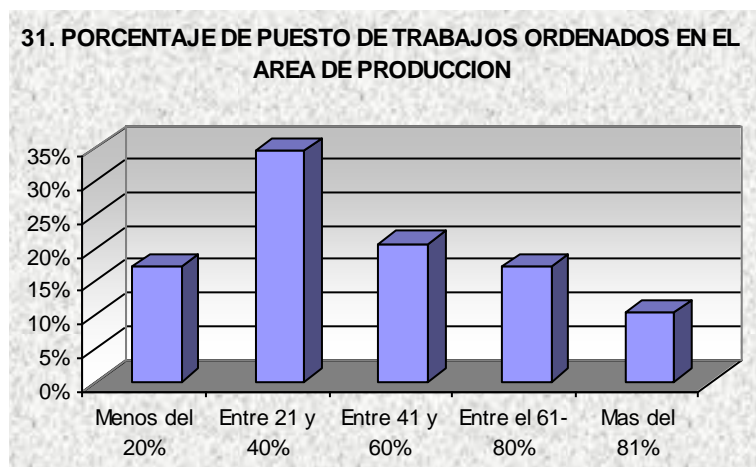


Análisis: en el 72% de las empresas encuestadas los productos se trasladan en grupos, lo cual origina que en cada estación de trabajo se almacenen los productos que se acaban de procesar ocasionando productos en proceso dentro de la planta.

31. ¿Que porcentaje de puestos de trabajo permanecen ordenados?

Objetivo: indagar el porcentaje de empresas que tienen los puestos de trabajo ordenados para establecer el grado de avance que existe en el sector en cuanto a la aplicación de la técnica de 5'S y a la economía de movimientos.

	Frecuencia	Porcentaje
Menos del 20%	5	17%
Entre 21 y 40%	10	34%
Entre 41 y 60%	6	21%
Entre el 61-80%	5	17%
Mas del 81%	3	10%
TOTAL	29	100%

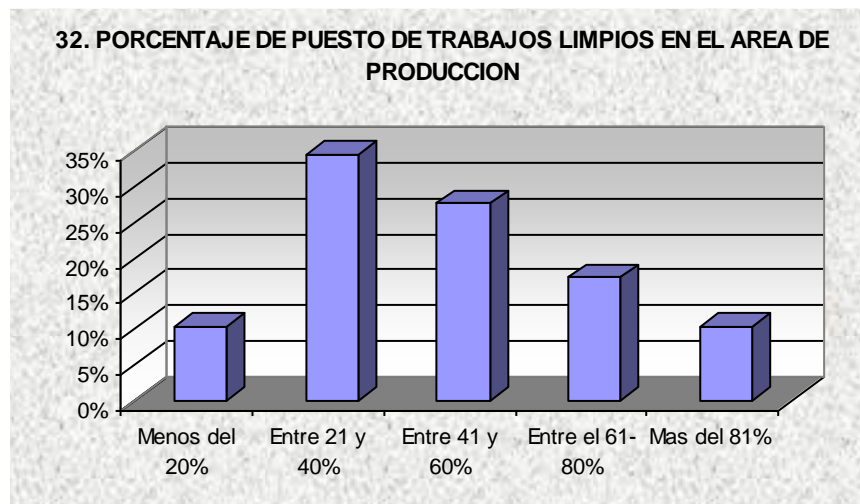


Análisis: en 52% de las empresas encuestadas poseen el 60% de los puestos de trabajo desordenados, lo cual muestra que en el sector no existe una estrategia que permita tener todos los puestos de trabajo ordenados y así facilitar las labores productivas.

32. ¿Que porcentaje de puestos de trabajo permanecen limpios?

Objetivo: establecer el porcentaje de puestos de trabajo que permanecen limpios para establecer el grado de avance que existe en el sector en cuanto a la aplicación de las técnicas de 5'S.

	Frecuencia	Porcentaje
Menos del 20%	3	10%
Entre 21 y 40%	10	34%
Entre 41 y 60%	8	28%
Entre el 61-80%	5	17%
Mas del 81%	3	10%
TOTAL	29	100%



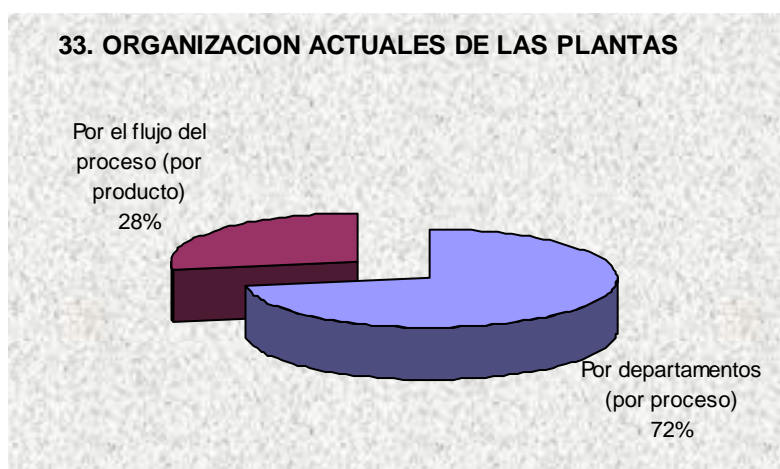
Análisis: las empresas que tienen entre el 21% y el 60% representan el 62% del total de empresas encuestadas lo que muestra que en el sector los puestos de trabajo permanezcan sucios ya que solo el 27% de la empresas tienen mas del 61% de los puestos de trabajo limpios.

1.6 Condiciones físicas de la planta.

33. ¿Cuál es la organización actual de la planta?

Objetivo: determinar que tipo de organización productiva prevalece dentro del sector para poder proponer los cambios que sugiere la manufactura esbelta.

	Frecuencia	Porcentaje
Por departamentos (por proceso)	21	72%
Por el flujo del proceso (por producto)	8	28%
TOTAL	29	100%

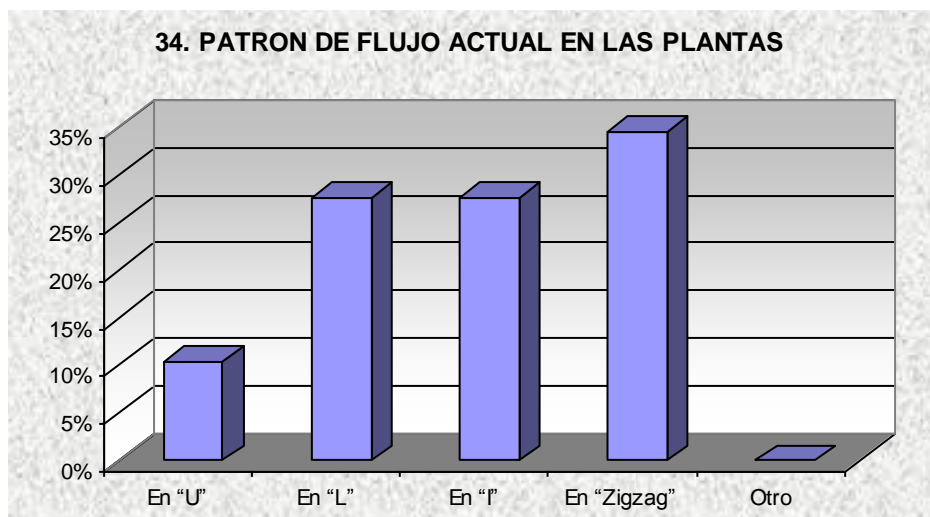


Análisis: en 72% de las empresas que colaboraron con el estudio posee una organización por departamentos, mientras que el restante 28% posee una organización por flujo del proceso.

34. ¿Cuál es el patrón de flujo de los materiales que se utiliza en planta?

Objetivo: investigar el patrón de flujo que utilizan las empresas del sector para poder conocer la forma en que se mueven los materiales dentro del proceso productivo y la distribución de la maquinaria.

	Frecuencia	Porcentaje
En "U"	3	10%
En "L"	8	28%
En "I"	8	28%
En "Zigzag"	10	34%
Otro	0	0%
TOTAL	29	100%

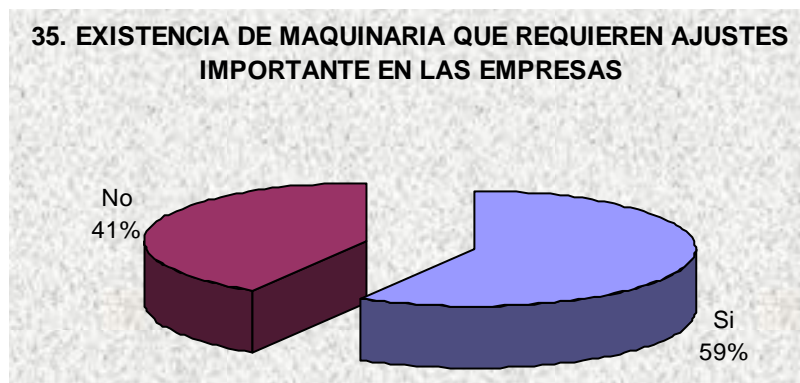


Análisis: el patrón de flujo en forma de "U" es utilizado por el 10% de las empresas encuestadas, el 28% utiliza un flujo en forma de "L", de la misma forma es usado el flujo en "I", en patrón de flujo que es más utilizado en la industria es en "Zigzag" con un 34%.

35. ¿Existe maquinaria que requiere de ajustes importantes y/o difíciles?

Objetivo: investigar la cantidad de maquinaria en cada empresa que requiere de ajustes especiales para recomendar la metodología de reducción de tiempos de preparación según sea la necesidad de las empresas.

	Frecuencia	Porcentaje
Si	17	59%
No	12	41%
TOTAL	29	100%

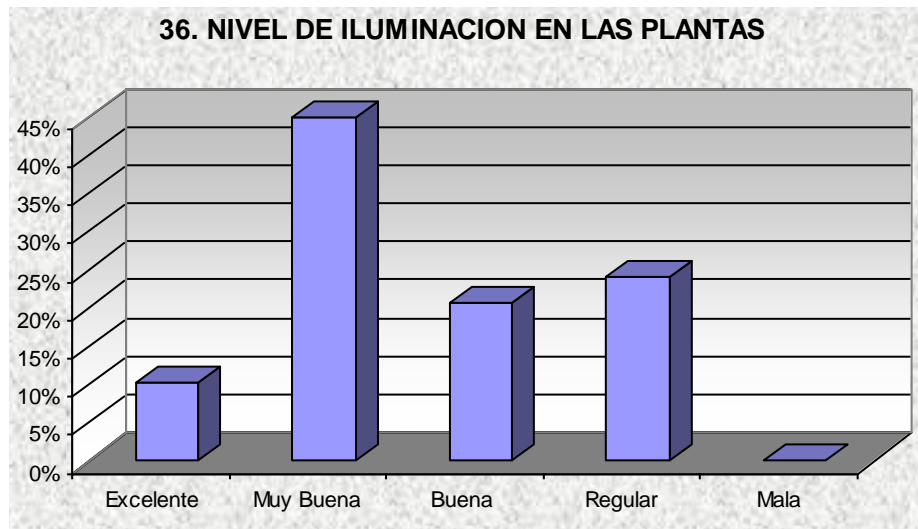


Análisis: el 59% de las empresas poseen maquinaria que requieren de ajustes importantes durante la puesta a punto.

36. ¿Qué nivel de iluminación considera que existe en los puestos de trabajo?

Objetivo: conocer las condiciones de iluminación que actualmente poseen las empresas para investigar las condiciones en que se desempeñan las actividades productivas y así poder mejorarlas.

	Frecuencia	Porcentaje
Excelente	3	10%
Muy Buena	13	45%
Buena	6	21%
Regular	7	24%
Mala	0	0%
TOTAL	29	100%

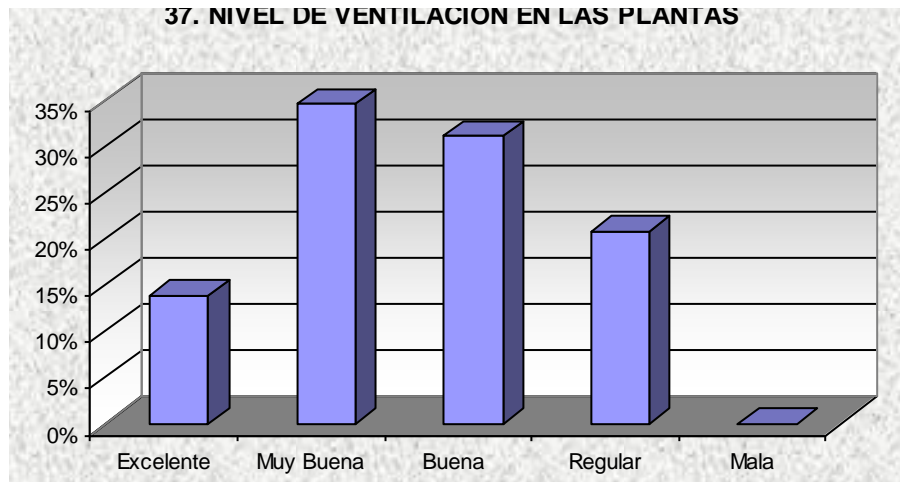


Análisis: las condiciones de iluminación en las plantas se clasifican como muy buenas en el 45% de los casos, solo el 10% de las empresas encuestadas muestran unas condiciones excelentes de iluminación.

37. ¿Qué nivel ventilación considera que existe en los puestos de trabajo?

Objetivo: investigar las condiciones de ventilación que actualmente existe en las empresas para poder establecer las condiciones en que se desempeñan las actividades productivas y así poder mejorarlas.

	Frecuencia	Porcentaje
Excelente	4	14%
Muy Buena	10	34%
Buena	9	31%
Regular	6	21%
Mala	0	0%
TOTAL	29	100%



Análisis: las condiciones de ventilación de las empresas reflejan que están en una clasificación de muy buenas en el 34% de los casos, solo el 14% de los casos presentan condiciones excelentes.

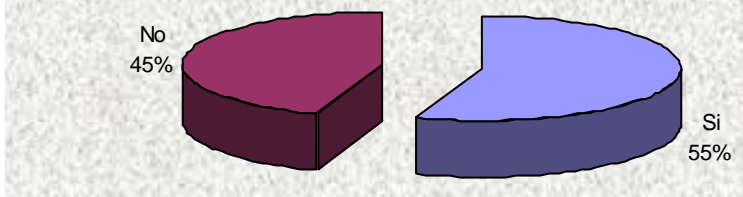
1.7 Conocer al cliente e innovar el producto.

38. ¿Se han realizado cambios en los principales productos para ajustarlos a las necesidades del cliente y generar valor agregado?

Objetivo: conocer si se han realizado cambios en los principales productos de las empresas para saber si las empresas están supliendo las necesidades que demanda el mercado.

	Frecuencia	Porcentaje
Si	16	55%
No	13	45%
TOTAL	29	100%

38. EXISTENCIA DE CAMBIOS EN LOS PRODUCTOS POR NECESIDADES DE LA DEMANDA Y PARA GENERACION DE VALOR.



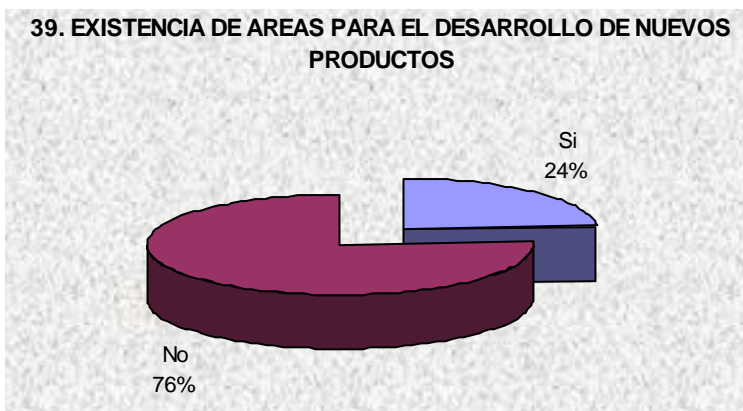
Análisis: los resultados demuestran que el 55% de las empresas están realizando cambios en sus productos para suplir y estar acorde a las necesidades de su mercado cautivo y potencial.

39. ¿Existe un área encargada del desarrollo de nuevos productos?

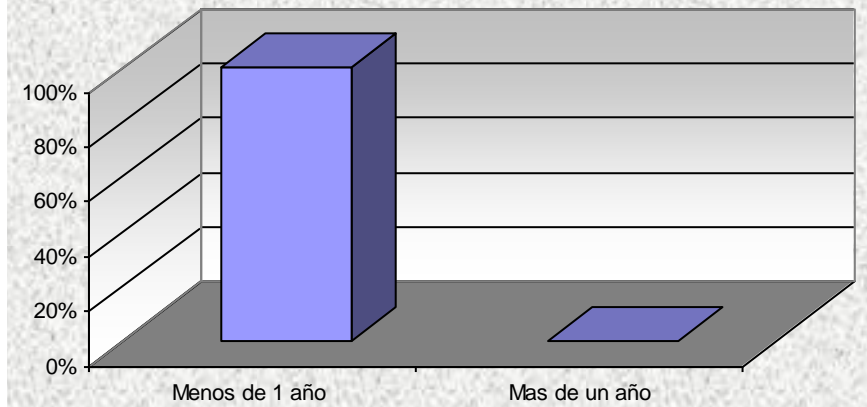
Objetivo: indagar sobre la existencia de grupos que se dediquen a crear e innovar productos que la empresa pueda lanzar al mercado para conocer el grado de interés de las empresas por estar al ritmo de los gustos cambiantes del mercado.

	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Si	7	24%		
Menos de 1 año			7	100%
Mas de un año			0	0%
No	22	76%		
TOTAL	29	100%	7	100%

39. EXISTENCIA DE AREAS PARA EL DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS



39. TIEMPO DE DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS



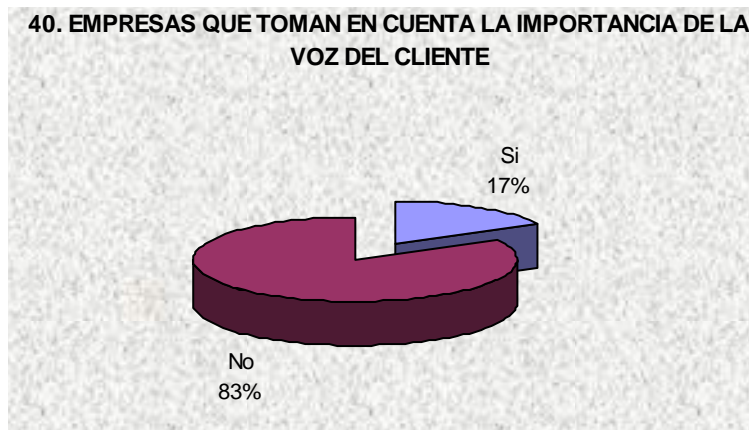
Análisis: en el 76% de las empresas no existe un área encargada de la innovación de los productos de las empresas; el 24% restante posee algún tipo de área encargada de innovar los productos de la empresa, el 100% de estas empresas tienen un tiempo de desarrollo menor a un año.

40. ¿Es importante la voz del cliente para evaluar la eficiencia del sistema operativo?

Objetivo: Establecer el porcentaje de empresas que toman en cuenta al cliente en la evaluación de su sistema productivo para determinar la concordancia que existe entre las necesidades del mercado y lo que el sector esta proponiendo para suplirlas.

	Frecuencia	Porcentaje
Si	5	17%
No	24	83%
TOTAL	29	100%

40. EMPRESAS QUE TOMAN EN CUENTA LA IMPORTANCIA DE LA VOZ DEL CLIENTE



Análisis: Los resultados reflejan que el 83% de las empresas no toman en cuenta la voz del cliente como sugerencias para evaluar y mejorar el sistema productivo de la empresa.

ANEXO 14
“LISTADO DE LAS EMPRESAS QUE COLABORAN CON EL ESTUDIO”

1. MONOLIT
2. PUERTAS Y CARRETILLAS DE EL SALVADOR
3. HERRAMIENTAS CENTROAMERICANAS (HECASA)
4. CAST PRODUCTS
5. ALUMINIOS DE CENTROAMÉRICA (ALDECA).
6. METALES TROQUELADOS S.A. de C.V. (METALTRO).
7. INCO, S.A. de C.V.
8. MUEBLES METALICOS MAGAÑA S.A. de C.V.
9. ACERO PANEL
10. POLICON
11. COMSA
12. INDUMEX 2000
13. CROMADORA “EL AVE FÉNIX”
14. CORTIMETAL
15. ADAPTO.
16. ESTRUCTURAS METÁLICAS “ALVARADO”
17. INDUSTRIAS MIGUEL ANGEL S.A. de C.V.
18. GRUPO EQUISA, S.A. de C.V.
19. TALLERES FARCO S.A. de C.V.
20. ATESA S.A. de C.V.
21. METALES Y MADERAS S.A. de C.V
22. PRODUCTOS METÁLICOS “SAN ANTONIO”
23. SOLAIRE S.A. de C.V.
24. M.J. INTER
25. IMACASA
26. INDUSTRIAS PANORAMICAS S.A. de C.V. (INDUSPANO).
27. CROMADORA SALVADOREÑA.
28. D’ METAL S.A. de C.V.
29. INDUSTRIAS METÁLICAS “LA CASITA”

ANEXO 15

“EMPRESAS QUE NIEGAN SU PARTICIPACIÓN EN EL ESTUDIO”

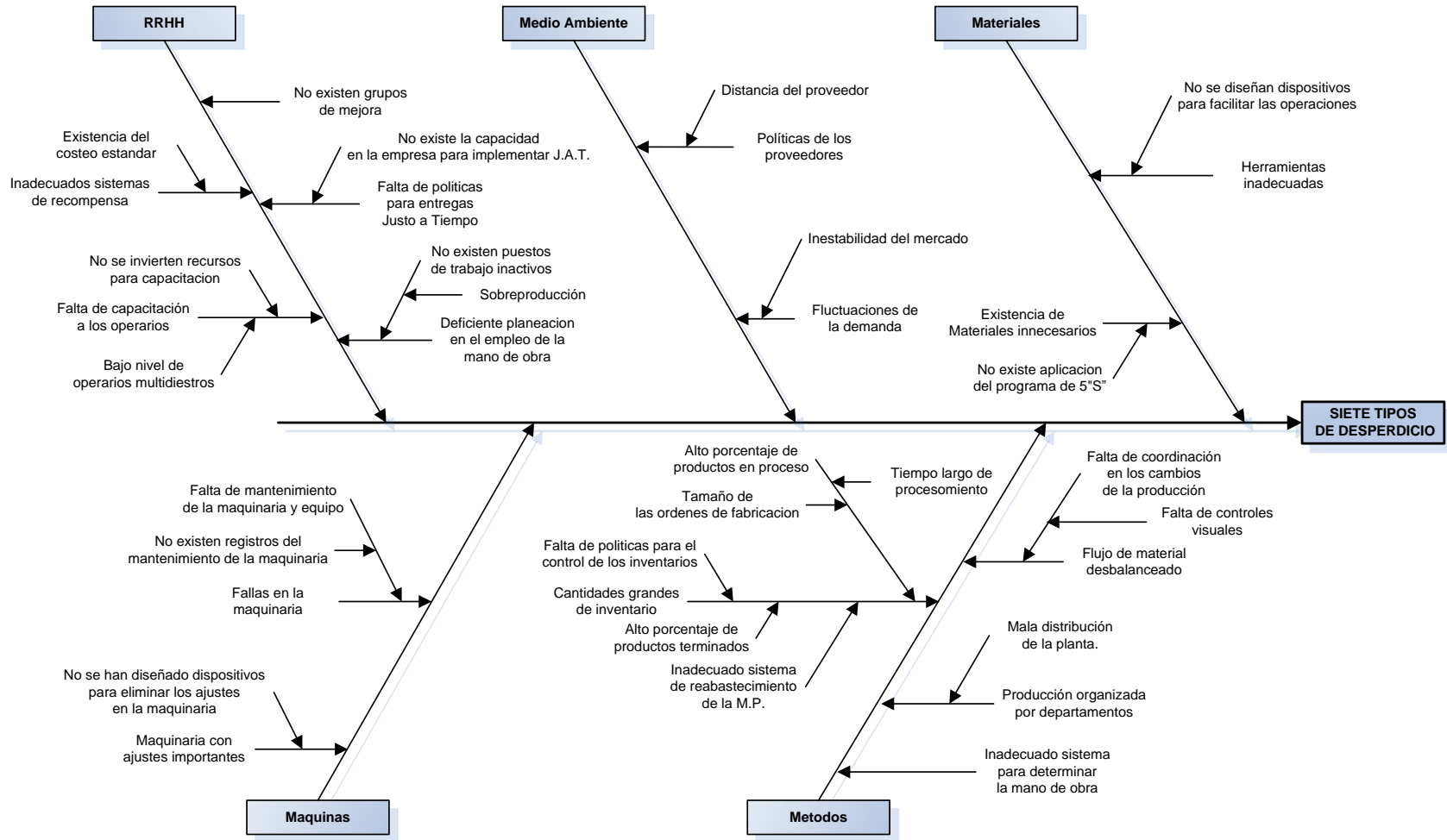
1. BILBO S.A. de C.V.
2. MATCO S.A. de C.V.
3. DIMELCA S.A. de C.V.
4. INDUSTRIAS METALICAS M.R.R. S.A. de C.V.
5. INDUSTRIAS METALICAS ROXANA.
6. INEXPO S.A. de C.V.
7. MUEBLITUBOS S.A. de C.V.
8. SUMUEBLE
9. RYDEME S.A. de C.V.
10. MASTER DE CENTROAMERICA S.A. de C.V.
11. OFFIMET.
12. PROMETI S.A. de C.V.
13. G. & V. DE ELSALVADOR S.A. DE C.V.
14. HEROMETAL S.A. de C.V.
15. INDUSTRIAS METÁLICAS “HERMANOS OCHOA”
16. INDUSTRIAS SAN PEDRO.
17. PORTONES Y CORTINAS S.A. de C.V.
18. TALLERES DE CENTROAMÉRICA.
19. TORNOLARA.
20. PROSECA S.A. de C.V.
21. GRUPO MILPAS ALTAS
22. ELECTRODEPOSITOS DE CENTROAMÉRICA.
23. ALCAM S.A. de C.V.
24. ALSASA
25. ALUMICENTRO DE EL SALVADOR S.A. de C.V.
26. ALUMINIOS CONTINENTAL
27. ALUMINIOS INTERNACIONALES S.A. de C.V.
28. T & J S.A. de C.V.

EMPRESAS QUE NO REGRESAN EL INSTRUMENTO DE DIAGNOSTICO.

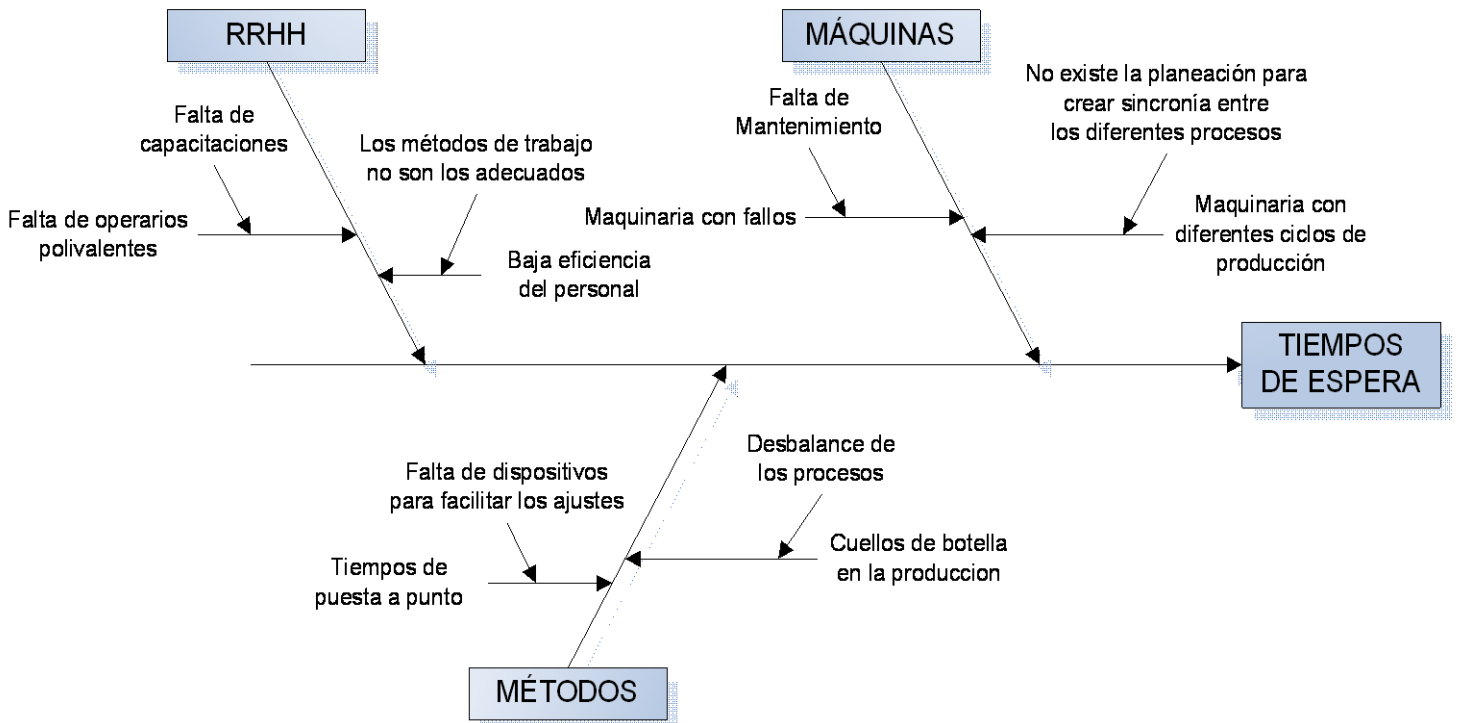
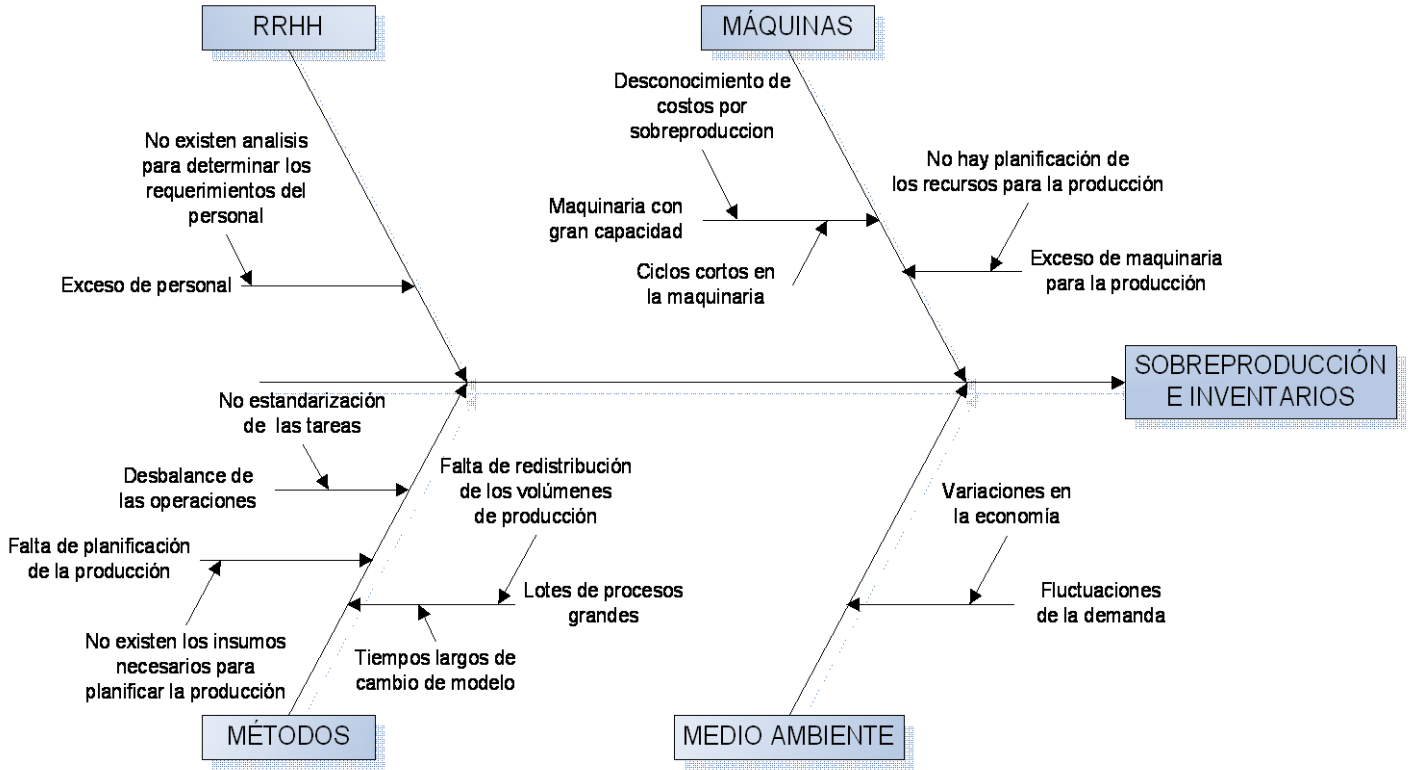
1. BOIRA S.A. de C.V.
2. FAVISA
3. METALICA SALVADOREÑA S.A. de C.V.
4. INDUMETASI
5. INVERSIONES ROSENDO S.A. de C.V.
6. METALUM S.A. de C.V.

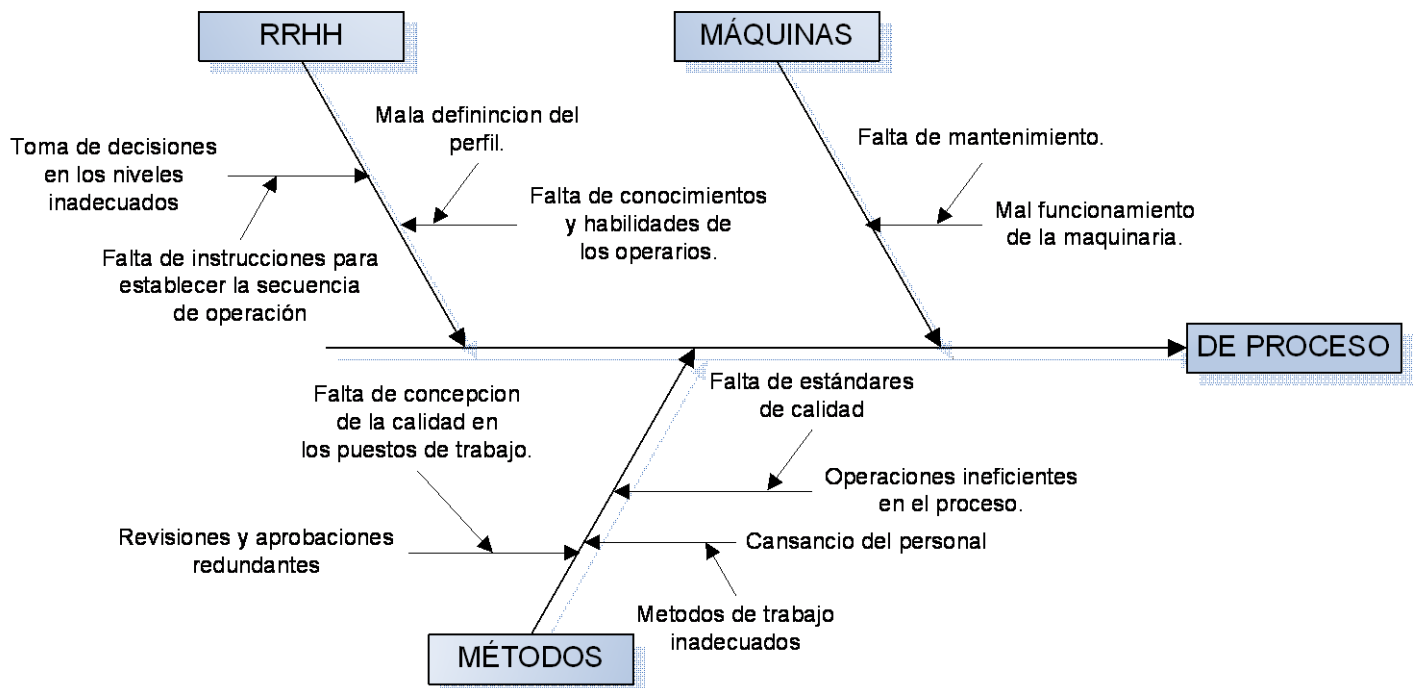
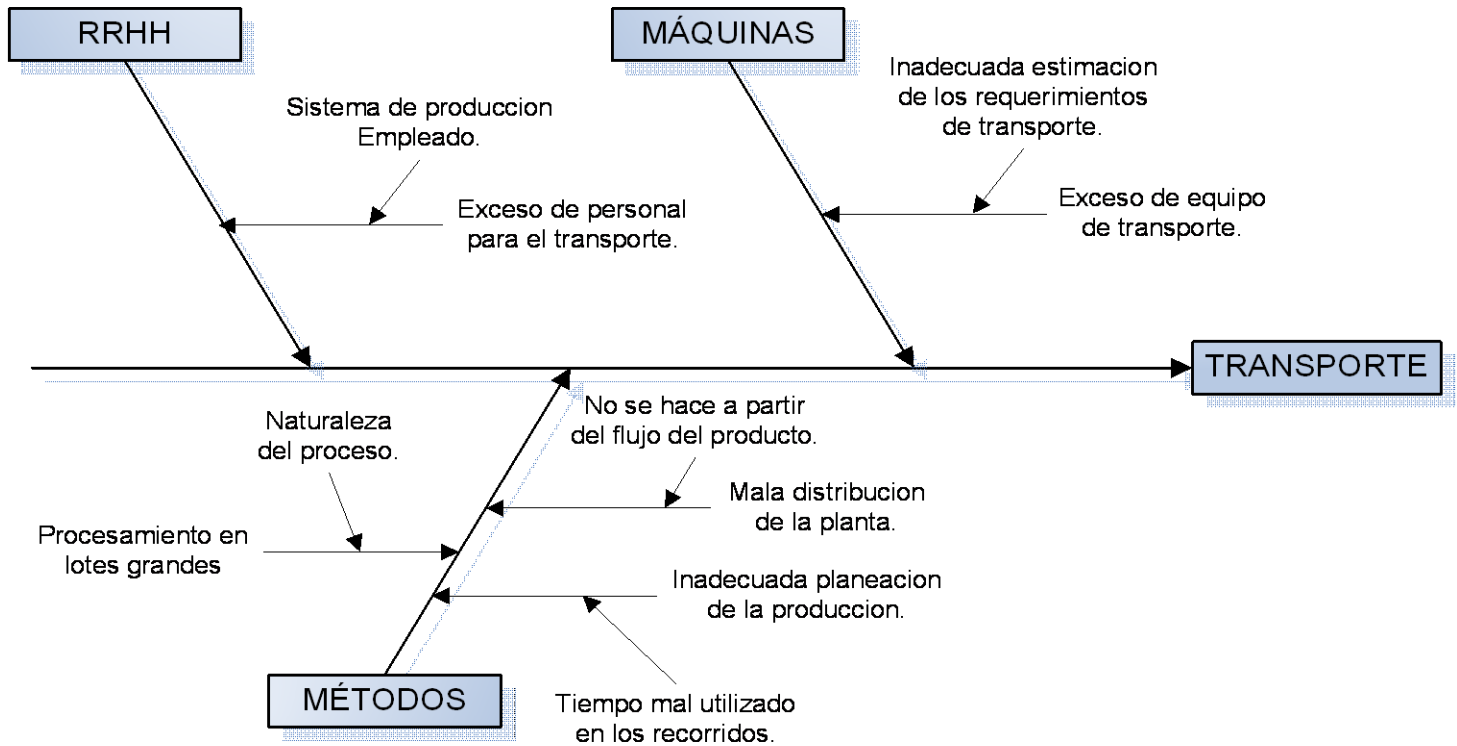
ANEXO 16

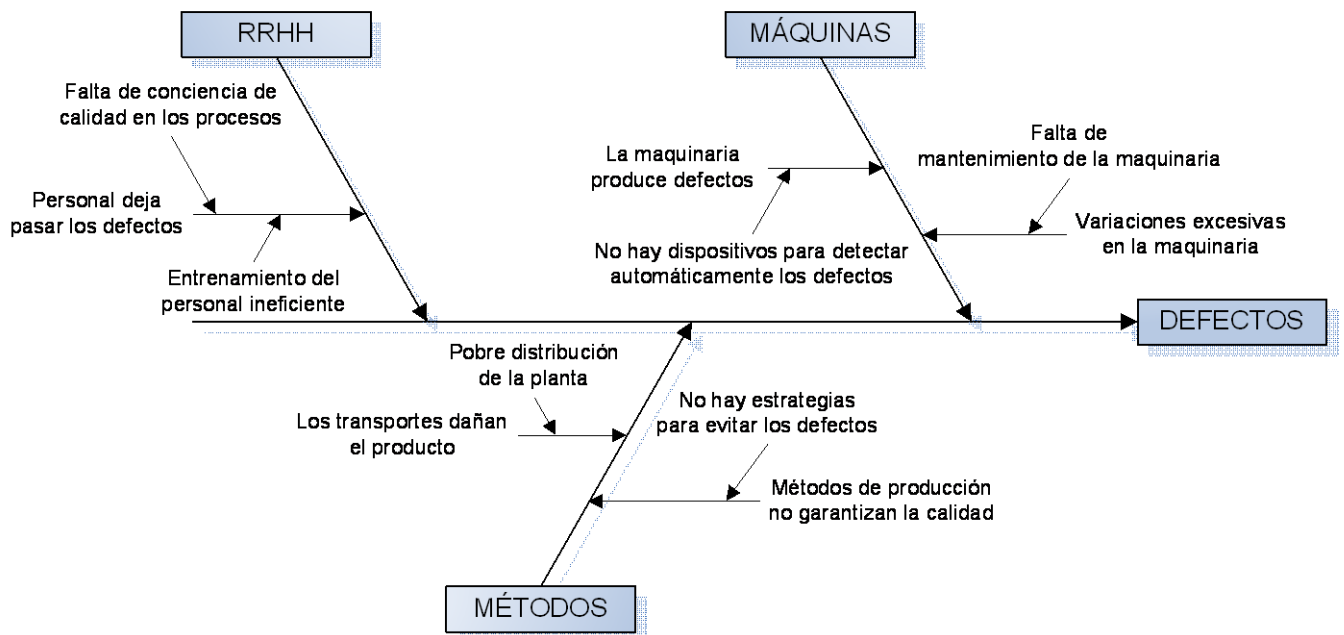
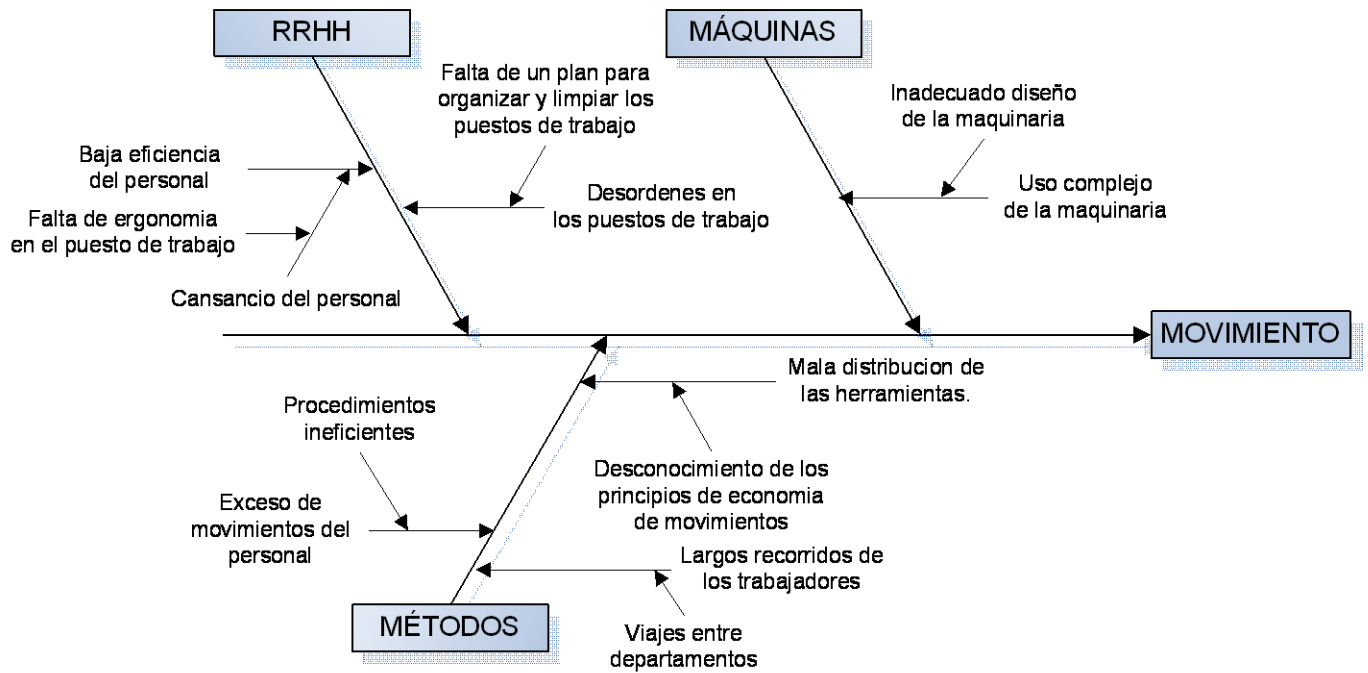
“ESPINA DE PESCADO PARA LOS 7 TIPOS DE DESPERDICIO”



ESPIÑA DE PESCADO PARA CADA TIPO DE DESPERDICIO.







ANEXO 17

“CLASIFICACIÓN DEL TAMAÑO DE LAS EMPRESAS SEGÚN CONACYT”

#	EMPRESA	# DE EMPLEADOS	TAMAÑO
1	HERRAMIENTAS CENTROAMERICANAS , S.A. DE C.V.	82	GRANDE
2	IMACASA	345	GRANDE
3	D' METAL	38	MEDIANA
4	CROMADORA SALVADOREÑA	25	MEDIANA
5	M M ATESA, S.A. DE C.V.	17	PEQUEÑA
6	MUEBLES METALICOS MAGAÑA, S.A. DE C.V.	19	PEQUEÑA
7	ADAPTO, S.A. DE C.V.	60	GRANDE
8	GRUPO EQUISA	47	MEDIANA
9	ESTRUCTURAS METALICAS ALVARADO	7	PEQUEÑA
10	ACEROPANEL S.A. de C.V.	10	PEQUEÑA
11	M.J. INTER , S.A. DE C.V.	31	MEDIANA
12	POLICON, S.A. DE C.V.	15	PEQUEÑA
13	MONOLIT	153	GRANDE
14	PRODUCTOS METALICOS SAN ANTONIO	5	PEQUEÑA
15	TALLERES FARCO	15	PEQUEÑA
16	COMSA	12	PEQUEÑA
17	INDUSTRIAS METALICAS LA CASITA	21	MEDIANA
18	PUERTAS Y CARRETILLAS DE EL SALV., S.A. DE C.V.	84	GRANDE
19	CORTIMETAL S.A. DE C.V.	18	PEQUEÑA
20	INDUSTRIAS MIGUEL ANGEL S.A. DE C.V.	12	PEQUEÑA
21	INDUSTRIA DE MADERAS Y METALES, S.A. DE C.V.	91	GRANDE
22	INDUMEC DOS MIL	11	PEQUEÑA
23	AVE FENIX, S.A. DE C.V.	32	MEDIANA
24	ALUMINIO DE CENTROAMERICA , S.A. DE C.V.	239	GRANDE
25	CAST PRODUCTS, S.A. DE C.V.	80	GRANDE
26	INCO, S.A. DE C.V.	183	GRANDE
27	INDUSPANO, S.A. DE C.V.	27	MEDIANA
28	SOLAIRE, S.A. DE C.V.	103	GRANDE
29	METALES TROQUELADOS, S.A. DE C.V.	84	GRANDE

ANEXO 18

“EVALUACIÓN DE GRUPO DE EMPRESAS A TRAVÉS DEL PROCESO DE JERARQUÍA ANALÍTICA”

Desarrollo de la evaluación:

Posibles soluciones:

- **Preselección de empresas tipo**
- EMP1 S.A. de C.V.
- EMP2 S.A. de C.V.
- EMP3 S.A. de C.V.
- EMP4 S.A. de C.V.
- EMP5 S.A. de C.V.
- EMP6 S.A. de C.V.

Criterios a evaluar:

- I. Identificación de la posibilidad de usar todas las herramientas de Manufactura Esbelta.
- II. Interés por competir con manufactura de clase mundial.
- III. Representatividad de la empresa en la rama industrial en la que se desenvuelve.
- IV. Colaboración en el desarrollo del trabajo de investigación.
- V. Disposición de cambio por parte de la empresa.

Comparaciones para cada uno de los criterios:

CRITERIO DE APLICACIÓN:

Comparación para identificar la posibilidad de emplear todas las herramientas de Manufactura Esbelta						
	EMP1	EMP2	EMP3	EMP4	EMP5	EMP6
EMP1	1.0000	0.2000	0.3333	5.0000	5.0000	3.0000
EMP2	5.0000	1.0000	3.0000	7.0000	9.0000	5.0000
EMP3	3.0000	0.3333	1.0000	5.0000	7.0000	3.0000
EMP4	0.2000	0.1429	0.2000	1.0000	3.0000	0.3333
SOCAIRE	0.2000	0.1111	0.1429	0.3333	1.0000	0.3333
METALERO	0.3333	0.2000	0.3333	3.0000	3.0000	1.0000
SUMA	9.7333	1.9873	5.0095	21.3333	28.0000	12.6666

Matriz normalizada:

	EMP1	EMP2	EMP3	EMP4	EMP5	EMP6	PROMEDIO
EMP1	0.1027	0.1006	0.0665	0.2344	0.1786	0.2368	0.1533
EMP2	0.5137	0.5032	0.5989	0.3281	0.3214	0.3947	0.4433
EMP3	0.3082	0.1677	0.1996	0.2344	0.2500	0.2368	0.2328
EMP4	0.0205	0.0719	0.0399	0.0469	0.1071	0.0263	0.0521
EMP5	0.0205	0.0559	0.0285	0.0156	0.0357	0.0263	0.0304
EMP6	0.0342	0.1006	0.0665	0.1406	0.1071	0.0789	0.0880

Determinación de la congruencia:

$$Cong_1 = \frac{(0.153)(1) + (0.443)(0.2) + (0.232)(0.333) + (0.052)(5) + (0.030)(5) + (0.088)(3)}{0.153} = 6.5003$$

	CONGRUENCIA
EMP1	6.5003
EMP2	6.7375
EMP3	6.7791
EMP4	6.0121
EMP5	6.2528
EMP6	6.2830

Índice de congruencia:

$$IC = \frac{\left(\frac{6.5003 + 6.7375 + 6.7791 + 6.0121 + 6.2528 + 6.2830}{6} \right) - 6}{6 - 1} = 0.0855$$

Finalmente se establece el valor de la razón de congruencia, IA es igual a 1.24 por el número de soluciones posibles (6).

$$RC = \frac{IC}{IA} = \frac{0.0855}{1.2400} = 0.0689$$

Si la Razón de Congruencia es menor a 0.10 la evaluación se considera aceptable; para aquellos casos en que la razón de congruencia sea mayor a 0.10, las opiniones y juicios deberán ser consideradas nuevamente.

CRITERIO DE INTERÉS:

Comparación para evaluar el interés por competir con manufactura de clase mundial						
	EMP1	EMP2	EMP3	EMP4	EMP5	EMP6
EMP1	1	3	3	5	7	0.3333
EMP2	0.3333	1	0.3333	3	3	0.2
EMP3	0.3333	3	1	3	5	0.3333
EMP4	0.2	0.3333	0.3333	1	3	0.1429
EMP5	0.1429	0.3333	0.2	0.3333	1	0.1429
EMP6	3	5	3	7	7	1
SUMA	5.0095	12.6666	7.8666	19.3333	26	2.1524

Matriz normalizada:

	EMP1	EMP2	EMP3	EMP4	EMP5	EMP6	PROMEDIO
EMP1	0.1996	0.2368	0.3814	0.2586	0.2692	0.1549	0.2501
EMP2	0.0665	0.0789	0.0424	0.1552	0.1154	0.0929	0.0919
EMP3	0.0665	0.2368	0.1271	0.1552	0.1923	0.1549	0.1555
EMP4	0.0399	0.0263	0.0424	0.0517	0.1154	0.0664	0.0570
EMP5	0.0285	0.0263	0.0254	0.0172	0.0385	0.0664	0.0337
EMP6	0.5989	0.3947	0.3814	0.3621	0.2692	0.4646	0.4118

Determinación de la congruencia:

	CONGRUENCIA
EMP1	6.6001
EMP2	6.3300
EMP3	6.3769
EMP4	6.1298
EMP5	6.1981
EMP6	6.6126

Razón de congruencia:

IC	IA	RAZÓN C
0.0749	1.2400	0.0604

CRITERIO DE REPRESENTATIVIDAD:

Comparación para medir la representatividad de la empresa en el sector						
	EMP1	EMP2	EMP3	EMP4	EMP5	EMP6
EMP1	1	3	3	7	5	3
EMP2	0.3333	1	0.3333	3	3	3
EMP3	0.3333	3	1	5	5	3
EMP4	0.1429	0.3333	0.2	1	0.3333	0.3333
EMP5	0.2	0.3333	0.2	3	1	0.3333
EMP6	0.3333	0.3333	0.3333	3	3	1
SUMA	2.3428	7.9999	5.0666	22	17.3333	10.6666

Matriz normalizada:

	EMP1	EMP2	EMP3	EMP4	EMP5	EMP6	PROMEDIO
EMP1	0.4268	0.3750	0.5921	0.3182	0.2885	0.2813	0.3803
EMP2	0.1423	0.1250	0.0658	0.1364	0.1731	0.2813	0.1540
EMP3	0.1423	0.3750	0.1974	0.2273	0.2885	0.2813	0.2519
EMP4	0.0610	0.0417	0.0395	0.0455	0.0192	0.0312	0.0397
EMP5	0.0854	0.0417	0.0395	0.1364	0.0577	0.0312	0.0653
EMP6	0.1423	0.0417	0.0658	0.1364	0.1731	0.0938	0.1088

Determinación de la congruencia:

	CONGRUENCIA
EMP1	6.6491
EMP2	6.5348
EMP3	6.7156
EMP4	6.3956
EMP5	6.1004
EMP6	6.3023

Razón de congruencia:

IC	IA	RAZÓN C
0.0899	1.2400	0.0725

CRITERIO DE COLABORACIÓN:

Comparación para medir la colaboración en el desarrollo del trabajo de investigación						
	EMP1	EMP2	EMP3	EMP4	EMP5	EMP6
EMP1	1	0.1429	0.333	0.333	0.333	0.2
EMP2	7	1	5	3	5	3
EMP3	3	0.2	1	0.333	0.333	0.2
EMP4	3	0.333	3	1	3	0.333
EMP5	3	0.2	3	0.333	1	0.333
EMP6	5	0.333	5	3	3	1
SUMA	22	2.2089	17.333	7.999	12.666	5.066

Matriz normalizada:

	EMP1	EMP2	EMP3	EMP4	EMP5	EMP6	PROMEDIO
EMP1	0.0455	0.0647	0.0192	0.0416	0.0263	0.0395	0.0395
EMP2	0.3182	0.4527	0.2885	0.3750	0.3948	0.5922	0.4036
EMP3	0.1364	0.0905	0.0577	0.0416	0.0263	0.0395	0.0653
EMP4	0.1364	0.1508	0.1731	0.1250	0.2369	0.0657	0.1480
EMP5	0.1364	0.0905	0.1731	0.0416	0.0790	0.0657	0.0977
EMP6	0.2273	0.1508	0.2885	0.3750	0.2369	0.1974	0.2460

Determinación de la congruencia:

	CONGRUENCIA
EMP1	6.3328
EMP2	6.6330
EMP3	6.0525
EMP4	6.5676
EMP5	6.3857
EMP6	6.6732

Razón de congruencia:

IC	IA	RAZÓN C
0.0882	1.2400	0.0711

CRITERIO DE DISPOSICIÓN:

Comparación para establecer la disposición de cambio por parte de la empresa						
	EMP1	EMP2	EMP3	EMP4	EMP5	EMP6
EMP1	1	0.1429	0.1429	0.3333	0.3333	0.2
EMP2	7	1	0.3333	3	5	3
EMP3	7	3	1	5	7	3
EMP4	3	0.3333	0.2	1	3	0.3333
EMP5	3	0.2	0.1429	0.3333	1	0.2
EMP6	5	0.3333	0.3333	3	5	1
SUMA	26	5.0095	2.1524	12.6666	21.3333	7.7333

Matriz normalizada:

	EMP1	EMP2	EMP3	EMP4	EMP5	EMP6	PROMEDIO
EMP1	0.0385	0.0285	0.0664	0.0263	0.0156	0.0259	0.0335
EMP2	0.2692	0.1996	0.1549	0.2368	0.2344	0.3879	0.2471
EMP3	0.2692	0.5989	0.4646	0.3947	0.3281	0.3879	0.4072
EMP4	0.1154	0.0665	0.0929	0.0789	0.1406	0.0431	0.0896
EMP5	0.1154	0.0399	0.0664	0.0263	0.0469	0.0259	0.0535
EMP6	0.1923	0.0665	0.1549	0.2368	0.2344	0.1293	0.1690

Determinación de la congruencia:

	CONGRUENCIA
EMP1	6.2192
EMP2	6.7198
EMP3	6.6609
EMP4	6.3706
EMP5	6.0858
EMP6	6.4533

Razón de congruencia:

IC	IA	RAZÓN C
0.0836	1.2400	0.0675

Comparación entre criterios:

Comparación:

	APLICACIÓN	INTERÉS	REPRESENTATIVIDAD	COLABORACIÓN	DISPOSICIÓN
APLICACIÓN	1.0000	3.0000	5.0000	3.0000	7.0000
INTERÉS	0.3333	1.0000	3.0000	0.3333	5.0000
REPRESENTATIVIDAD	0.2000	0.3333	1.0000	0.2000	3.0000
COLABORACIÓN	0.3333	3.0000	5.0000	1.0000	7.0000
DISPOSICIÓN	0.1429	0.2000	0.3333	0.1429	1.0000
SUMA	2.0095	7.5333	14.3333	4.6762	23.0000

Matriz normalizada:

	APLICACIÓN	INTERÉS	REPRESENTATIVIDAD	COLABORACIÓN	DISPOSICIÓN	PROMEDIO
APLICACIÓN	0.4976	0.3982	0.3488	0.6415	0.3043	0.4381
INTERÉS	0.1659	0.1327	0.2093	0.0713	0.2174	0.1593
REPRESENTATIVIDAD	0.0995	0.0442	0.0698	0.0428	0.1304	0.0773
COLABORACIÓN	0.1659	0.3982	0.3488	0.2138	0.3043	0.2862
DISPOSICIÓN	0.0711	0.0265	0.0233	0.0306	0.0435	0.0390

Determinación de la congruencia:

CRITERIOS	CONGRUENCIA
APLICACIÓN	5.5565
INTERÉS	5.1956
REPRESENTATIVIDAD	5.0717
COLABORACIÓN	5.4847
DISPOSICIÓN	5.1331

Razón de congruencia:

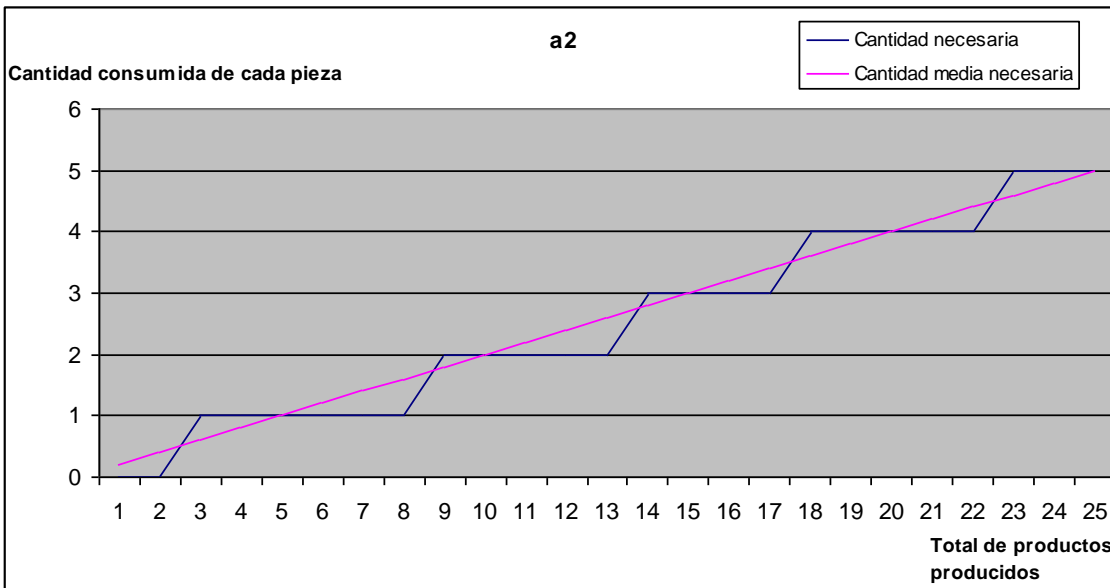
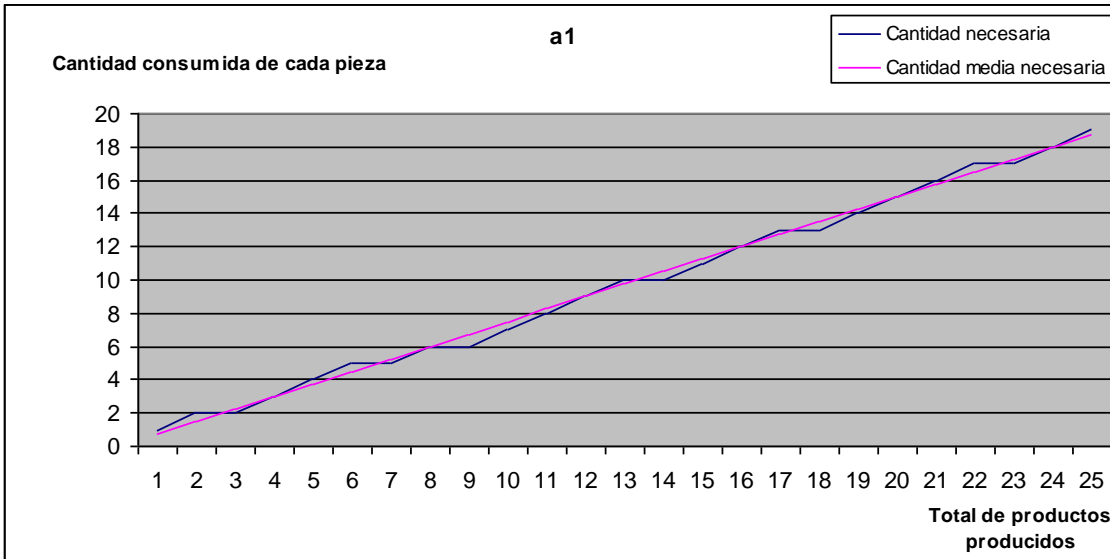
IC	IA	RAZÓN C
0.0721	1.1200	0.0644

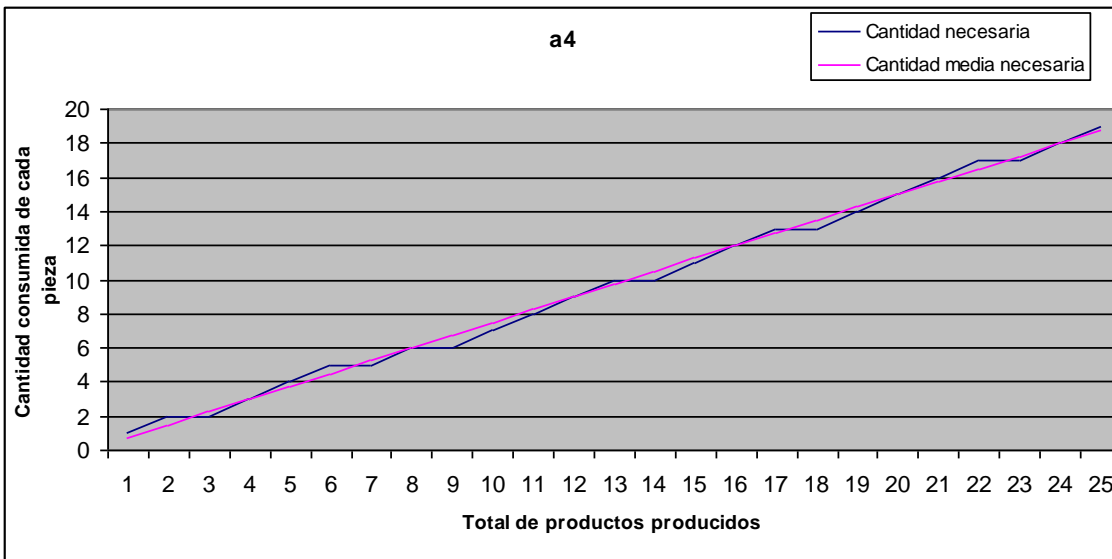
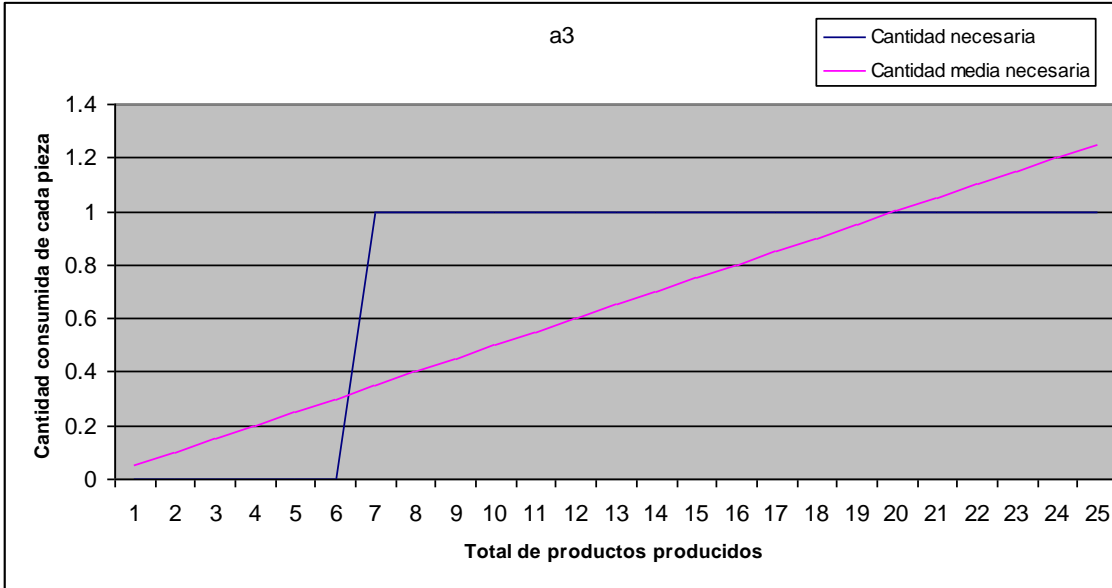
Para finalizar se hace una última comparación de los criterios entre las posibles soluciones y decidir con base a las ponderaciones la mejor solución.

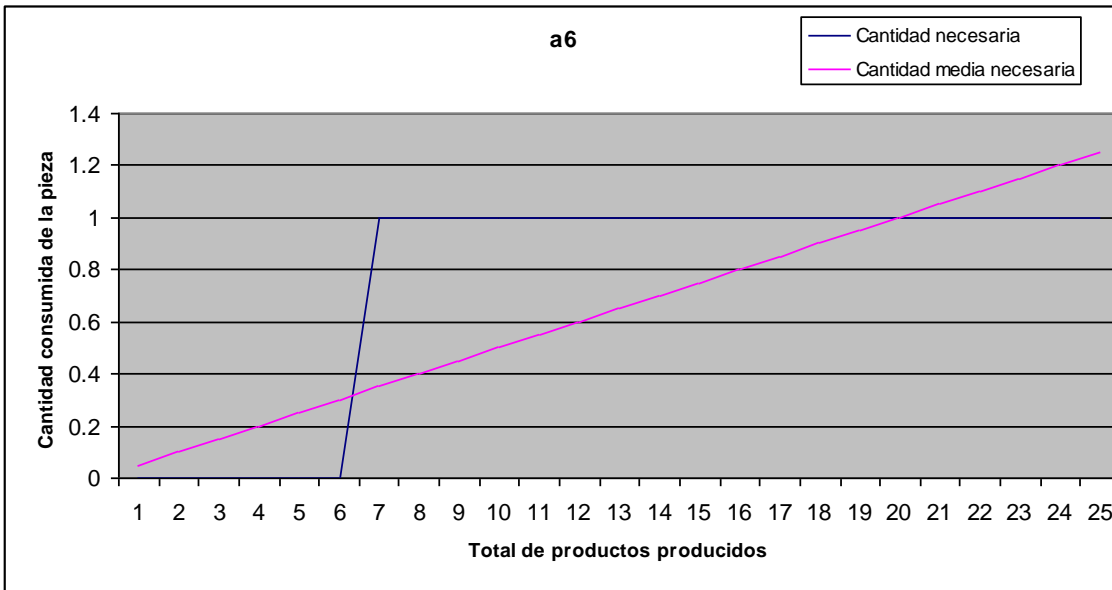
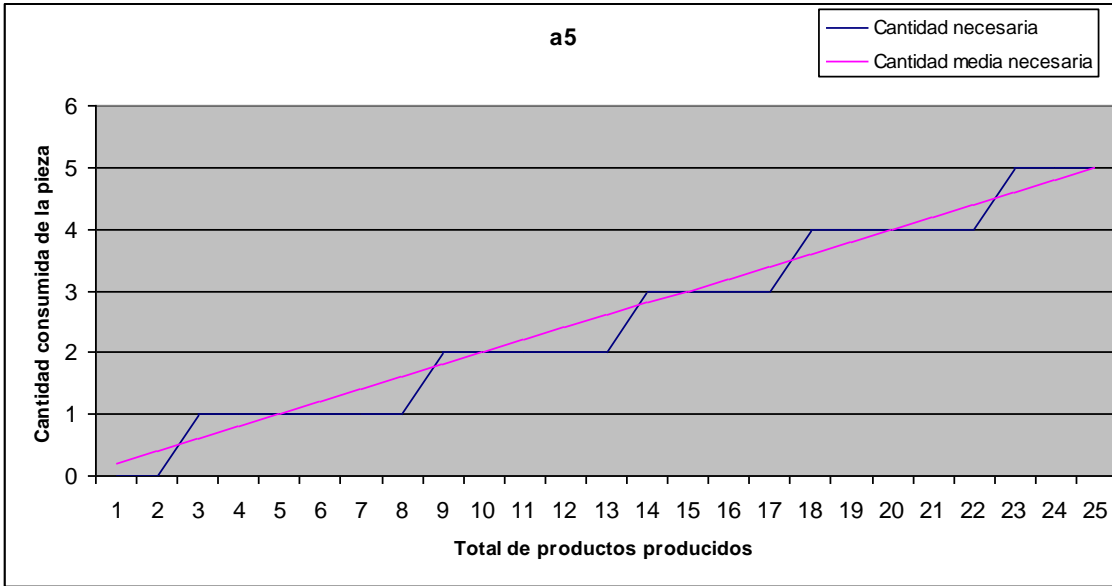
COLABORACIÓN	PONDERACIONES	EMP1	EMP2	EMP3	EMP4	EMP5	EMP6
APLICACIÓN	0.4381	0.1533	0.4433	0.2328	0.0521	0.0304	0.0880
INTERÉS	0.1593	0.2501	0.0919	0.1555	0.0570	0.0337	0.4118
REPRESENTATIVIDAD	0.0773	0.3803	0.1540	0.2519	0.0397	0.0653	0.1088
COLABORACIÓN	0.2862	0.0395	0.4036	0.0653	0.1480	0.0977	0.2460
DISPOSICIÓN	0.0390	0.0335	0.2471	0.4072	0.0896	0.0535	0.1690
PUNTAJE FINAL		0.1490	0.3459	0.1808	0.0808	0.0538	0.1896

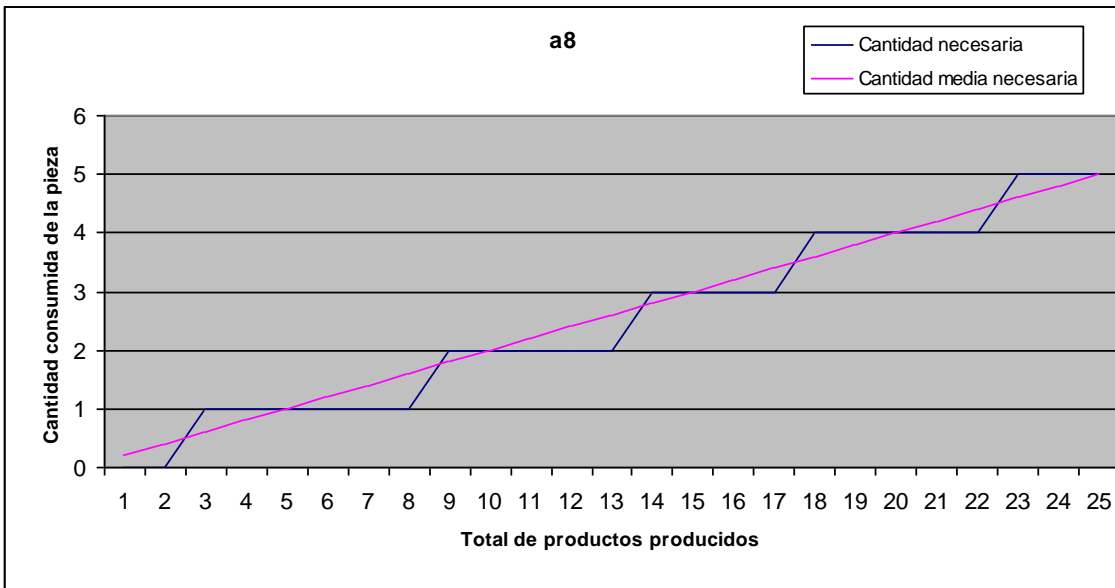
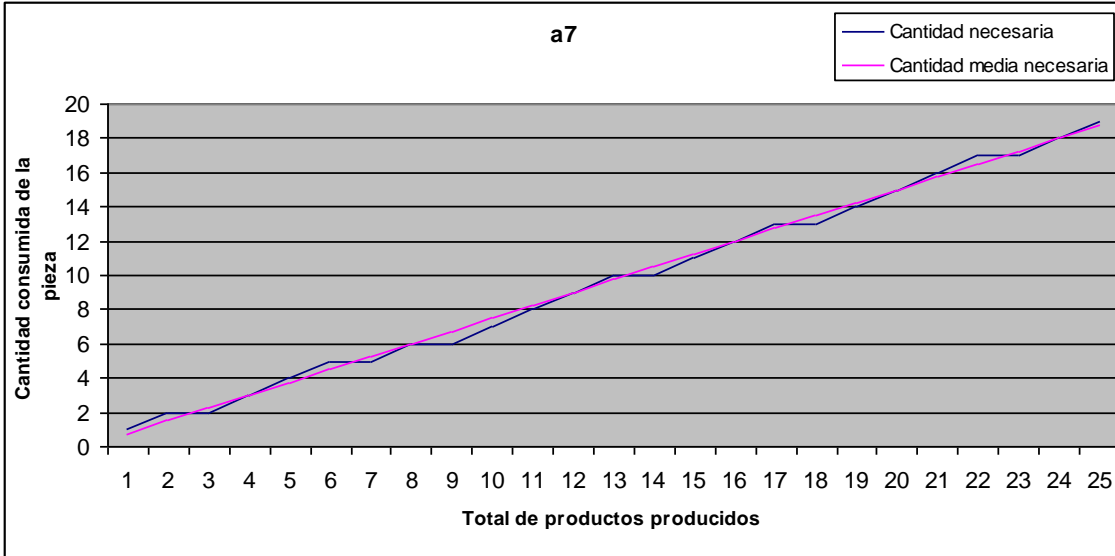
ANEXO 19

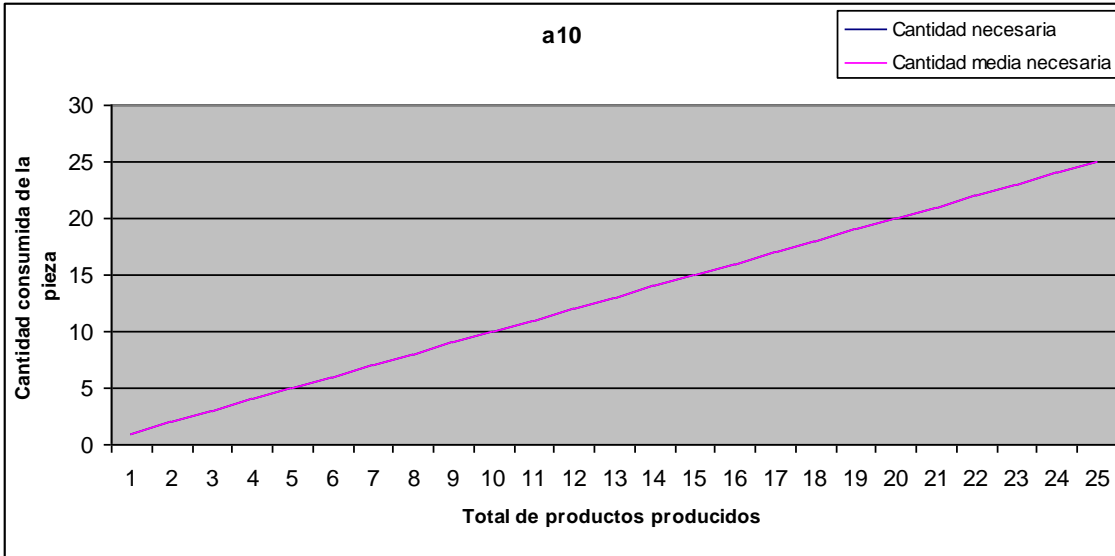
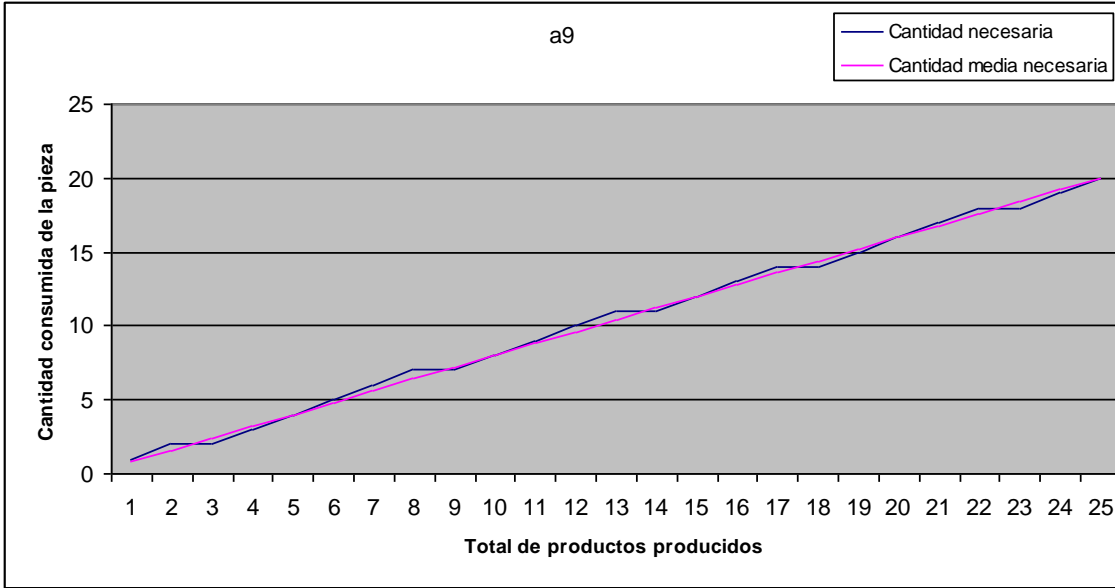
“GRÁFICOS DE CONSUMO DE CADA PIEZA”

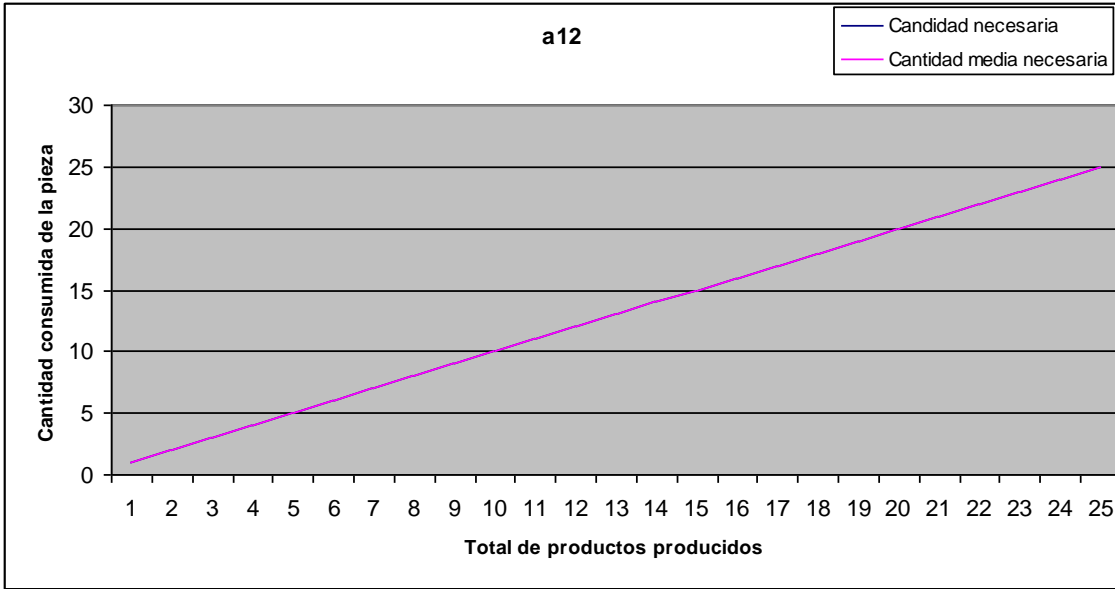
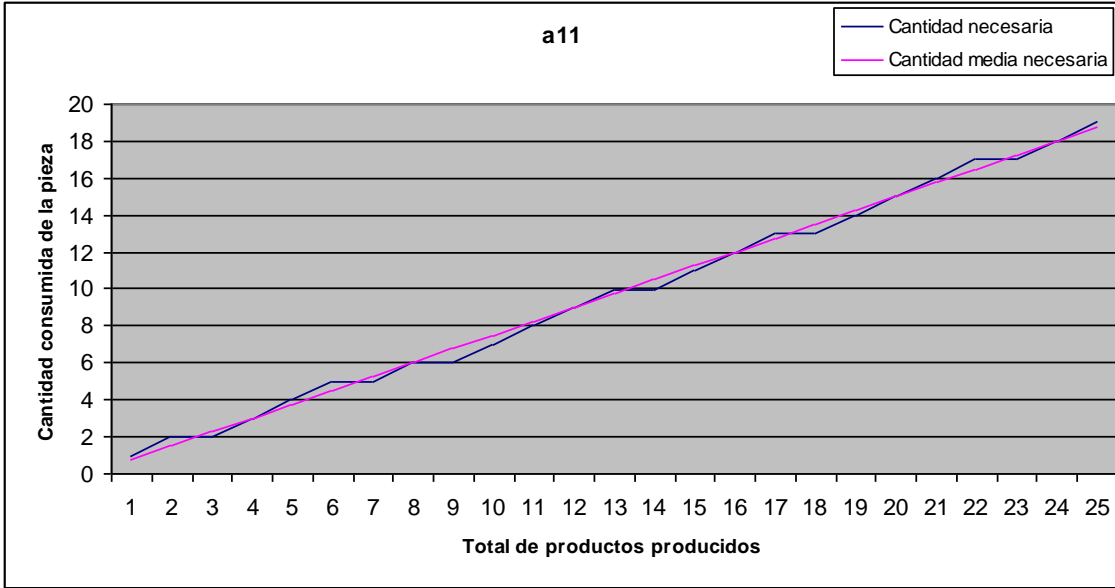


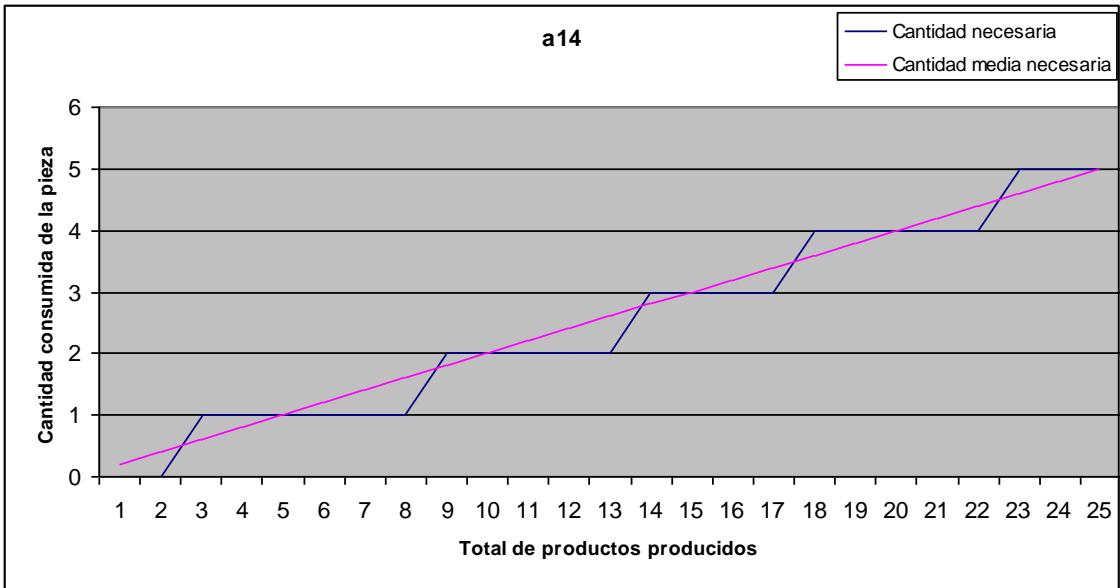
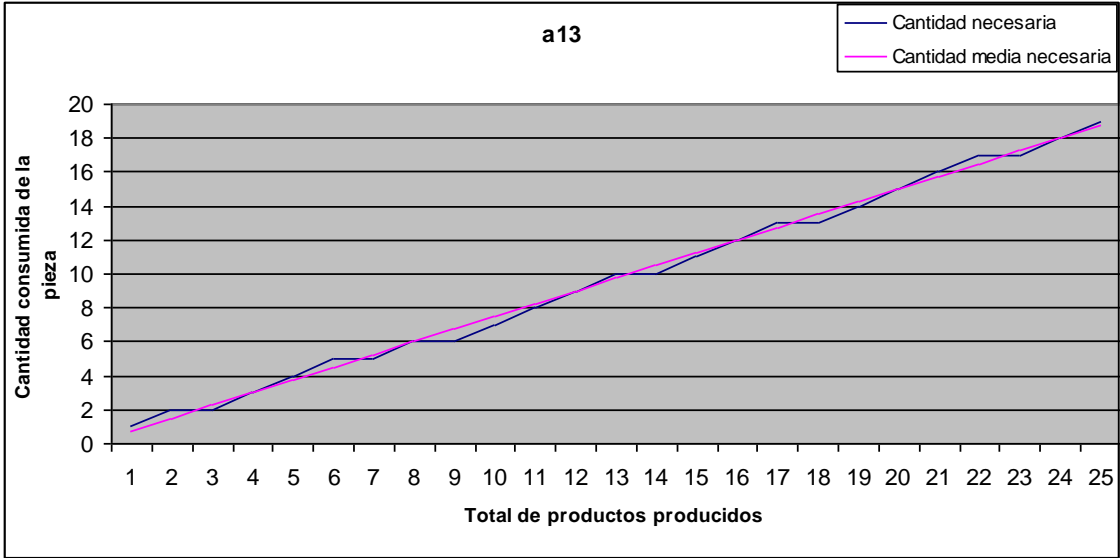


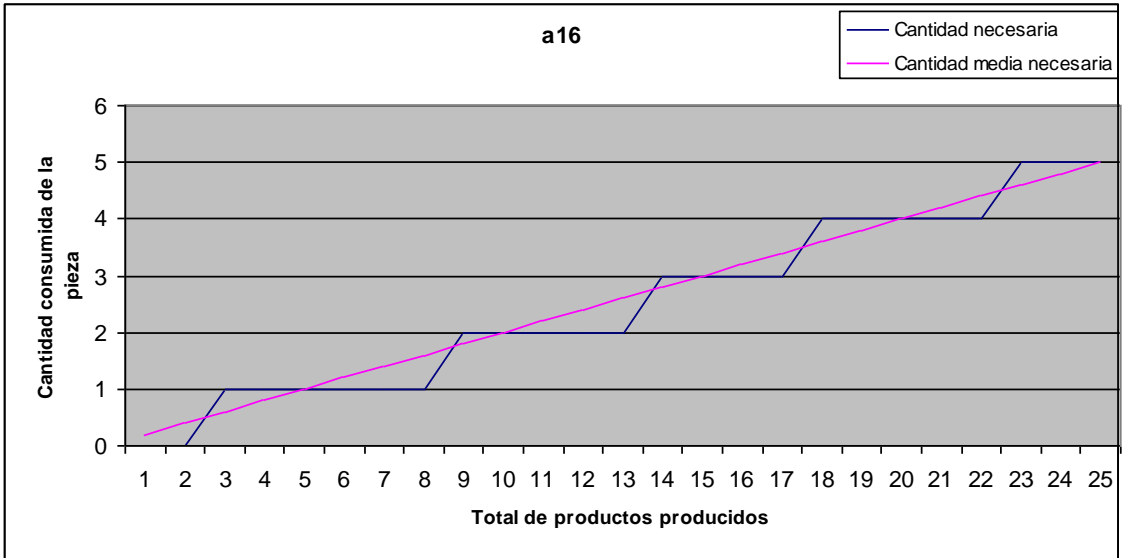
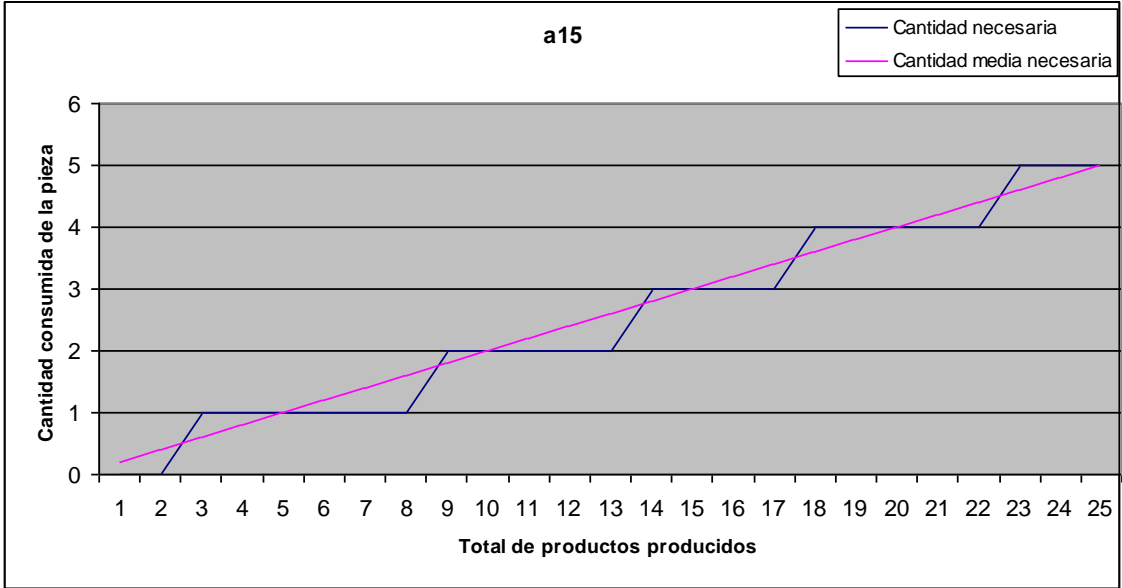


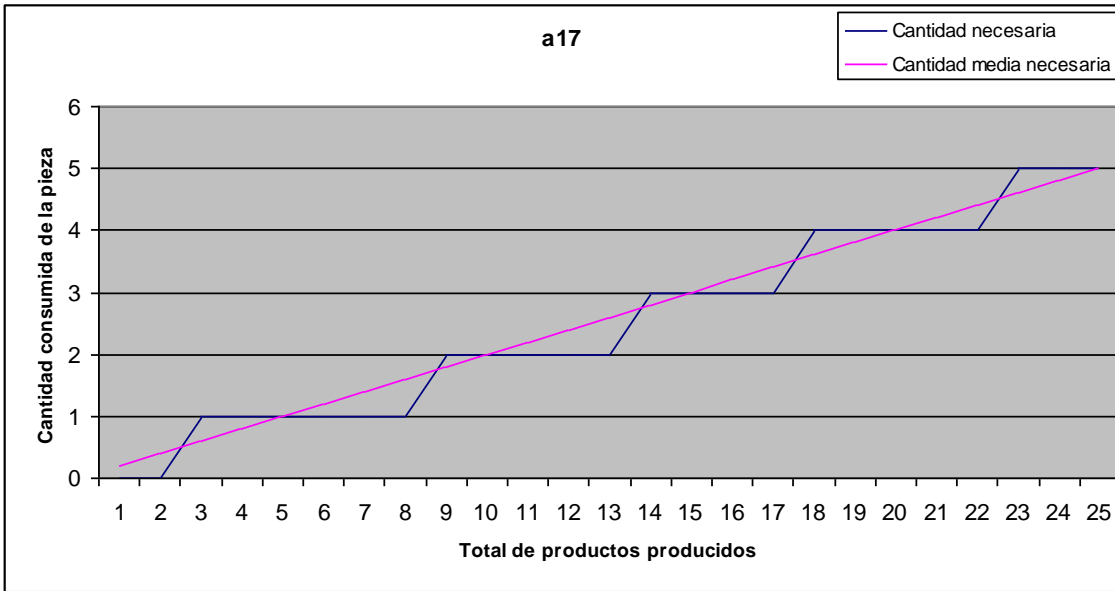












ANEXO 21

“MTM PARA ACTIVIDADES DE PREPARACIÓN INTERNA”

Actividad 1: Aflojar 6 tuercas que sujetan el molde.

Operarios en la actividad: 2

Mano Izquierda	Símbolo	TMU	Símbolo	Mano Derecha
Enfocar la 1ª. tuerca objetivo	EF	7.3		
		15.8	M16B	Mover la llave hacia la tuerca
		21.8	P2S	Colocar llave 17 en la tuerca
		32.4	AP1	Girar la llave 90°
Enfocar la 2ª. tuerca objetivo	EF	7.3	D1	Desprender la llave de la tuerca
		10.6	M8B	Mover la llave hacia la tuerca
		21.8	P2S	Colocar llave 17 en la tuerca
		32.4	AP1	Girar la llave 90°
Enfocar la 3ª. tuerca objetivo	EF	7.3	D1	Desprender la llave de la tuerca
		10.6	M8B	Mover la llave hacia la tuerca
		21.8	P2S	Colocar llave 17 en la tuerca
		32.4	AP1	Girar la llave 90°
		4.0	D1	Desprender la llave de la tuerca
Girar el cuerpo 90°.	TBC2	37.2		
Enfocar la 4ª. tuerca objetivo	EF	7.3		
		10.6	M8B	Mover la llave hacia la tuerca
		21.8	P2S	Colocar llave 17 en la tuerca
		32.4	AP1	Girar la llave 90°
Enfocar la 5ª. tuerca objetivo	EF	7.3	D1	Desprender la llave de la tuerca
		10.6	M8B	Mover la llave hacia la tuerca
		21.8	P2S	Colocar llave 17 en la tuerca
		32.4	AP1	Girar la llave 90°
Enfocar la 6ª. tuerca objetivo	EF	7.3	D1	Desprender la llave de la tuerca
		10.6	M8B	Mover la llave hacia la tuerca
		21.8	P2S	Colocar llave 17 en la tuerca
		32.4	AP1	Girar la llave 90°
		15.8	M16B	Mover la llave hacia la mesa giratoria.
		2.0	RL1	Soltar la llave
		496.8 TMU		
		18.9 Seg.		

Actividad 2: Quitar y colocar en la mesa giratoria, 6 tuercas que sujetan el molde.
Operarios en la actividad: 2

Mano Izquierda	Símbolo	TMU	Símbolo	Mano Derecha
Enfocar la 1ª. tuerca objetivo	EF	9.7	M16A	Alcanzar la tuerca objetivo
		2.0	G1A	Asir la tuerca.
		3.6	M2A	Sacar la tuerca.
Mover hacia la mano derecha	M12A	12.9	M12A	Mover la tuerca hacia la otra mano
Asir la tuerca	G1A	4.0	RL1	Soltar tuerca
Enfocar la 2ª. tuerca objetivo	EF	9.7	M16A	Alcanzar la tuerca objetivo
		2.0	G1A	Asir la tuerca.
		3.6	M2A	Sacar la tuerca.
Mover hacia la mano derecha	M12A	12.9	M12A	Mover la tuerca hacia la otra mano
Asir la tuerca	G1A	4.0	RL1	Soltar tuerca
Enfocar la 3ª. tuerca objetivo	EF	9.7	M16A	Alcanzar la tuerca objetivo
		2.0	G1A	Asir la tuerca.
		3.6	M2A	Sacar la tuerca.
Mover hacia la mano derecha	M12A	12.9	M12A	Mover la tuerca hacia la otra mano
Asir la tuerca	G1A	4.0	RL1	Soltar tuerca
Girar el cuerpo 90°.	TBC2	37.2		
Enfocar la 4ª. tuerca objetivo	EF	9.7	M16A	Alcanzar la tuerca objetivo
		2.0	G1A	Asir la tuerca.
		3.6	M2A	Sacar la tuerca.
Mover hacia la mano derecha	M12A	12.9	M12A	Mover la tuerca hacia la otra mano
Asir la tuerca	G1A	4.0	RL1	Soltar tuerca
Enfocar la 5ª. tuerca objetivo	EF	9.7	M16A	Alcanzar la tuerca objetivo
		2.0	G1A	Asir la tuerca.
		3.6	M2A	Sacar la tuerca.
Mover hacia la mano derecha	M12A	12.9	M12A	Mover la tuerca hacia la otra mano
Asir la tuerca	G1A	4.0	RL1	Soltar tuerca
Enfocar la 6ª. tuerca objetivo	EF	9.7	M16A	Alcanzar la tuerca objetivo
		2.0	G1A	Asir la tuerca.
		3.6	M2A	Sacar la tuerca.
Mover hacia la mano derecha	M12A	12.9	M12A	Mover la tuerca hacia la otra mano
Asir la tuerca	G1A	4.0	RL1	Soltar tuerca
Mover las tuercas a la mesa giratoria	M20A	15.6		
Soltar las tuercas	RL1	2.0		
		248 TMU		
		8.9 Seg.		

Actividad 3: Quitar y colocar en la mesa giratoria, 6 arandelas que sujetan el molde.
Operarios en la actividad: 2

Mano Izquierda	Símbolo	TMU	Símbolo	Mano Derecha
Enfocar la 1ª. arandela objetivo	EF	9.7	M16A	Alcanzar la arandela objetivo
		3.5	G1A	Asir la arandela.
		3.6	M2A	Sacar arandela.
Mover hacia la mano derecha	M12A	13.4	M12A	Mover la arandela hacia la otra mano
Asir la arandela	G1A	4.0	RL1	Soltar arandela
Enfocar la 2ª. arandela objetivo	EF	9.7	M16A	Alcanzar la arandela objetivo
		3.5	G1A	Asir la arandela.
		3.6	M2A	Sacar arandela.
Mover hacia la mano derecha	M12A	13.4	M12A	Mover la arandela hacia la otra mano
Asir la arandela	G1A	4.0	RL1	Soltar arandela
Enfocar la 3ª. arandela objetivo	EF	9.7	M16A	Alcanzar la arandela objetivo
		3.5	G1A	Asir la arandela.
		3.6	M2A	Sacar arandela.
Mover hacia la mano derecha	M12A	13.4	M12A	Mover la arandela hacia la otra mano
Asir la arandela	G1A	4.0	RL1	Soltar arandela
Girar el cuerpo 90°.	TBC2	37.2		
Enfocar la 4ª. arandela objetivo	EF	9.7	M16A	Alcanzar la arandela objetivo
		3.5	G1A	Asir la arandela.
		3.6	M2A	Sacar arandela.
Mover hacia la mano derecha	M12A	13.4	M12A	Mover la arandela hacia la otra mano
Asir la arandela	G1A	4.0	RL1	Soltar arandela
Enfocar la 5ª. arandela objetivo	EF	9.7	M16A	Alcanzar la arandela objetivo
		3.5	G1A	Asir la arandela.
		3.6	M2A	Sacar arandela.
Mover hacia la mano derecha	M12A	13.4	M12A	Mover la arandela hacia la otra mano
Asir la arandela	G1A	4.0	RL1	Soltar arandela
Enfocar la 6ª. arandela objetivo	EF	9.7	M16A	Alcanzar la arandela objetivo
		3.5	G1A	Asir la arandela.
		3.6	M2A	Sacar arandela.
Mover hacia la mano derecha	M12A	13.4	M12A	Mover la arandela hacia la otra mano
Asir la arandela	G1A	4.0	RL1	Soltar arandela
Mover las arandelas a la mesa giratoria.	M20A	15.6		
Soltar las arandelas	RL1	2.0		
		260 TMU		
		9.4 Seg.		

Actividad 4: Ubicar la mesa giratoria en posición de descarga de inyectora
Operarios en la actividad: 1

Mano Izquierda	Símbolo	TMU	Símbolo	Mano Derecha
Enfocar la mesa giratoria	EF	24.3	R30B	Alcanzar la mesa.
		3.5	G1A	Tomar la mesa giratoria
Tomar la mesa giratoria	G1A	30.7	M30C	Mover la mesa hacia la inyectora
Colocar en posición la mesa	P3S	48.6	P3S	Colocar en posición la mesa
Soltar la mesa	RL1	2.0	RL1	Soltar la mesa
		109.1 TMU		
		3.9 Seg.		

Actividad 5: Desalojar y colocar el molde en la mesa giratoria.
Operarios en la actividad: 2

Mano Izquierda	Símbolo	TMU	Símbolo	Mano Derecha
Enfocar el molde	EF	13.1	R20A	Alcanzar el molde.
Tomar el molde	G1A	2.0	G1A	Tomar el molde
Preparar el cuerpo para empuje	AB	31.9		
Sacar el molde de la inyectora	M30C	30.7	M30C	Sacar el molde de la inyectora
Colocar el molde en la mesa	P1S	11.2	P1S	Colocar el molde en la mesa
Soltar el molde	RL1	2.0	RL1	Soltar el molde
		90.9 TMU		
		3.3 Seg.		

Actividad 6: Girar la mesa y colocarla en posición de carga para molde siguiente.
Operarios en la actividad: 1

Mano Izquierda	Símbolo	TMU	Símbolo	Mano Derecha
Enfocar el molde entrante	EF	13.1	R20A	Alcanzar el molde entrante
Tomar el molde	G1A	2.0	G1A	Tomar el molde
Mover el molde sobre la mesa	M30C	30.7	M30C	Mover el molde sobre la mesa
Colocar el molde en posición.	P3S	48.6	P3S	Colocar el molde en posición.
		94.4 TMU		
		3.4 Seg.		

Actividad 7: Colocar el molde entrante en la maquina inyectora.
Operarios en la actividad: 1

Mano Izquierda	Símbolo	TMU	Símbolo	Mano Derecha
Preparar el cuerpo para empuje	AB	31.9		
Mover el molde hacia la inyectora	M20C	22.1	M20C	Mover el molde hacia la inyectora
Colocar el molde en posición	P3S	48.6	P3S	Colocar el molde en posición
Soltar el molde	RL1	2.0	RL1	Soltar el molde
Enfocar la mesa giratoria	EF	13.1	R20A	Alcanzar la mesa giratoria
Tomar la mesa	G1A	2.0	G1A	Tomar la mesa
Mover la mesa con tres pasos	W3	45	W3	Mover la mesa con tres pasos
Soltar la mesa giratoria	RL1	2.0	RL	Soltar la mesa giratoria
Caminar hacia la máquina	W3	45	W3	Caminar hacia la maquina
		211.7 TMU		
		7.6 Seg.		

Actividad 8: Tomar 6 arandelas de la mesa giratoria.

Operarios en la actividad: 2

Mano Izquierda	Símbolo	TMU	Símbolo	Mano Derecha
Enfocar las arandelas en la mesa	EF	13.1	R20A	Alcanzar las arandelas
		21	G1A	Tomar 6 las arandelas
Moverla hacia mano derecha	M10B	21.8	M26B	Mover las 6 arandelas hacia mano izq
Tomar las arandelas	G1A	2.0	RL1	Soltar las arandelas
		57.9 TMU		
		2.1 Seg.		

Actividad 9: Colocar 6 arandelas en la base de los pernos.

Operarios en la actividad: 2

Mano Izquierda	Símbolo	TMU	Símbolo	Mano Derecha
Sostiene arandelas		3.5	G1A	Tomar 1ª. arandela
		30.7	M30C	Mover arandela hacia base de perno
		26.6	P2NS	Coloca la arandela en base de perno
		2.0	RL1	Suelta arandela
		27.1	M30A	Mover hacia mano izquierda
		3.5	G1A	Tomar 2ª. arandela
		30.7	M30C	Mover arandela hacia base de perno
		26.6	P2NS	Coloca la arandela en base de perno
		2.0	RL1	Suelta arandela
		27.1	M30A	Mover hacia mano izquierda
		3.5	G1A	Tomar 3ª. arandela
		30.7	M30C	Mover arandela hacia base de perno
		26.6	P2NS	Coloca la arandela en base de perno
		2.0	RL1	Suelta arandela
		27.1	M30A	Mover hacia mano izquierda
Girar el cuerpo 90°.	TBC2	37.2		
Sostiene arandelas		3.5	G1A	Tomar 4ª. arandela
		30.7	M30C	Mover arandela hacia base de perno
		26.6	P2NS	Coloca la arandela en base de perno
		2.0	RL1	Suelta arandela
		27.1	M30A	Mover hacia mano izquierda
		3.5	G1A	Tomar 5ª. arandela
		30.7	M30C	Mover arandela hacia base de perno
		26.6	P2NS	Coloca la arandela en base de perno
		2.0	RL1	Suelta arandela
		27.1	M30A	Mover hacia mano izquierda
		3.5	G1A	Tomar 6ª. arandela
		30.7	M30C	Mover arandela hacia base de perno
		26.6	P2NS	Coloca la arandela en base de perno
		2.0	RL1	Suelta arandela
		549.5 TMU		
		19.9 Seg.		

Actividad 10: Tomar 6 tuercas de la mesa giratoria.

Operarios en la actividad: 2

Mano Izquierda	Símbolo	TMU	Símbolo	Mano Derecha
Enfocar las tuercas en la mesa	EF	13.1	R20A	Alcanzar las tuercas
		21	G1A	Tomar 6 las tuercas
Moverla hacia mano derecha	M10B	21.8	M26B	Mover las 6 tuercas hacia mano izq
Tomar las tuercas	G1A	2.0	RL1	Soltar las tuercas
		57.9 TMU		
		2.08 Seg.		

Actividad 11: Colocar 6 tuercas sobre las arandelas.

Operarios en la actividad: 2

Mano Izquierda	Símbolo	TMU	Símbolo	Mano Derecha
Sostiene tuercas		3.5	G1A	Tomar 1ª. tuerca
		30.7	M30C	Mover tuerca hacia el perno
		46.5	P3SS	Coloca tuerca en el extremo de perno
		5.2	M2C	Mover tuerca a base del perno
		43.0	P3S	Coloca tuerca en la base del perno
		2.0	RL1	Suelta la tuerca
		27.1	M30A	Mover a mano izquierda
Sostiene tuercas		3.5	G1A	Tomar 2ª. tuerca
		30.7	M30C	Mover tuerca hacia el perno
		46.5	P3SS	Coloca tuerca en el extremo de perno
		5.2	M2C	Mover tuerca a base del perno
		43.0	P3S	Coloca tuerca en la base del perno
		2.0	RL1	Suelta la tuerca
		27.1	M30A	Mover a mano izquierda
Sostiene tuercas		3.5	G1A	Tomar 3ª. tuerca
		30.7	M30C	Mover tuerca hacia el perno
		46.5	P3SS	Coloca tuerca en el extremo de perno
		5.2	M2C	Mover tuerca a base del perno
		43.0	P3S	Coloca tuerca en la base del perno
		2.0	RL1	Suelta la tuerca
		27.1	M30A	Mover a mano izquierda
Girar el cuerpo 90°.	TBC2	37.2		
Sostiene tuercas		3.5	G1A	Tomar 4ª. tuerca
		30.7	M30C	Mover tuerca hacia el perno
		46.5	P3SS	Coloca tuerca en el extremo de perno
		5.2	M2C	Mover tuerca a base del perno
		43.0	P3S	Coloca tuerca en la base del perno
		2.0	RL1	Suelta la tuerca
		27.1	M30A	Mover a mano izquierda
Sostiene tuercas		3.5	G1A	Tomar 5ª. tuerca
		30.7	M30C	Mover tuerca hacia el perno
		46.5	P3SS	Coloca tuerca en el extremo de perno
		5.2	M2C	Mover tuerca a base del perno
		43.0	P3S	Coloca tuerca en la base del perno
		2.0	RL1	Suelta la tuerca
		27.1	M30A	Mover a mano izquierda
Sostiene tuercas		3.5	G1A	Tomar 6ª. tuerca
		30.7	M30C	Mover tuerca hacia el perno
		46.5	P3SS	Coloca tuerca en el extremo de perno
		5.2	M2C	Mover tuerca a base del perno

		43.0	P3S	Coloca tuerca en la base del perno
		2.0	RL1	Suelta la tuerca
		958.1 TMU		
		34.5 Seg.		

Actividad 12: Buscar y tomar la llave 17 de la mesa giratoria.
Operarios en la actividad: 2

Mano Izquierda	Símbolo	TMU	Símbolo	Mano Derecha
Enfocar la llave en la mesa girat.	EF	24.3	R30B	Alcanzar la llave
		3.5	G1A	Tomar la llave
		30.7	M30C	Mover la llave hacia la tuerca
		58.5 TMU		
		2.1 Seg.		

Actividad 13: Asegurar 6 tuercas utilizando una llave 17.
Operarios en la actividad: 2

Mano Izquierda	Símbolo	TMU	Símbolo	Mano Derecha
Mover hacia la llave	M30A	43	P3S	Colocar la llave en la 1ª. tuerca
Tomar la llave	G1A	5.6	G2	Reasir la llave
Girar 180° y aplicar presión	AP1	45.4	AP1	Girar 180° y aplicar presión
Soltar la llave	RL1	7.5	D2	Desenganchar la llave
		8.9	M6B	Mover la llave
Mover hacia la llave	M30A	43	P3S	Colocar la llave en la 2ª. tuerca
Tomar la llave	G1A	5.6	G2	Reasir la llave
Girar 180° y aplicar presión	AP1	45.4	AP1	Girar 180° y aplicar presión
Soltar la llave	RL1	7.5	D2	Desenganchar la llave
		8.9	M6B	Mover la llave
Mover hacia la llave	M30A	43	P3S	Colocar la llave en la 3ª. tuerca
Tomar la llave	G1A	5.6	G2	Reasir la llave
Girar 180° y aplicar presión	AP1	45.4	AP1	Girar 180° y aplicar presión
Soltar la llave	RL1	7.5	D2	Desenganchar la llave
		8.9	M6B	Mover la llave
Girar el cuerpo 90°.	TBC2	37.2		
Mover hacia la llave	M30A	43	P3S	Colocar la llave en la 4ª. tuerca
Tomar la llave	G1A	5.6	G2	Reasir la llave
Girar 180° y aplicar presión	AP1	45.4	AP1	Girar 180° y aplicar presión
Soltar la llave	RL1	7.5	D2	Desenganchar la llave
		8.9	M6B	Mover la llave
Mover hacia la llave	M30A	43	P3S	Colocar la llave en la 5ª. tuerca
Tomar la llave	G1A	5.6	G2	Reasir la llave
Girar 180° y aplicar presión	AP1	45.4	AP1	Girar 180° y aplicar presión
Soltar la llave	RL1	7.5	D2	Desenganchar la llave
		8.9	M6B	Mover la llave
Mover hacia la llave	M30A	43	P3S	Colocar la llave en la 3ª. tuerca
Tomar la llave	G1A	5.6	G2	Reasir la llave
Girar 180° y aplicar presión	AP1	45.4	AP1	Girar 180° y aplicar presión
Soltar la llave	RL1	7.5	D2	Desenganchar la llave
		8.9	M6B	Mover la llave
		699.6 TMU		
		25.2 Seg.		

Actividad 14: Poner la llave 17 en la mesa giratoria.

Operarios en la actividad: 2

Mano Izquierda	Símbolo	TMU	Símbolo	Mano Derecha
Girar el cuerpo 90°.	TBC2	37.2	M30B	Mover la llave hacia la mesa
		5.6	P1S	Localizar la posición final de la llave
		2.0	RL1	Soltar la llave
		44.8 TMU		
		1.6 Seg.		

Actividad 15: Retirar la mesa giratoria de la maquina inyectora.

Operarios en la actividad: 1

Mano Izquierda	Símbolo	TMU	Símbolo	Mano Derecha
Enfocar la mesa	EF	24.3	R30B	Alcanzar la mesa
Tomar la mesa	G1A	2.0	G1A	Tomar la mesa
Mover la mesa	M30B	40.3	M30B	Mover la mesa
Soltar la mesa	RL1	2.0	RL1	Soltar la mesa
Girar el cuerpo 90°	TBC2	37.2		
		105.8 TMU		
		3.8 Seg.		

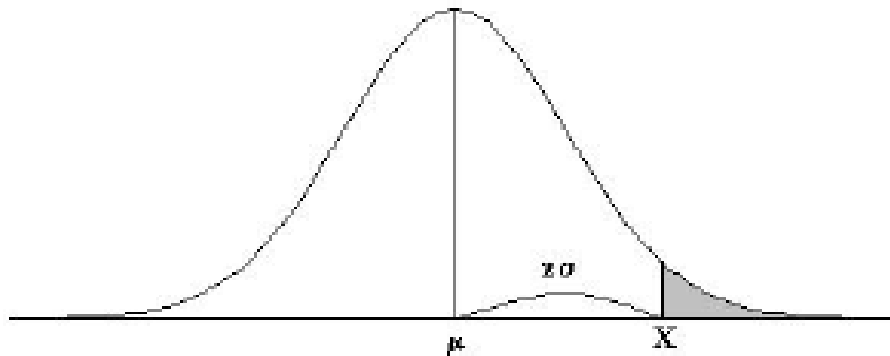
Actividad 16: Encender la maquina inyectora.

Operarios en la actividad: 1.

Mano Izquierda	Símbolo	TMU	Símbolo	Mano Derecha
Enfocar el botón de arranque	EF	24.3	R30B	Alcanzar el botón de arranque
		5.6	P1S	Posicionar el "Índice" en el botón
		16.2	AP1	Presionar el botón.
		0	RL2	Soltar el botón.
		46.1 TMU		
		1.7 Seg.		

ANEXO 22
“TABLAS DE DISTRIBUCIÓN NORMAL”

Áreas bajo la curva normal



Ejemplo:

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

$$P [Z > 1] = 0.1587$$

$$P [Z > 1.96] = 0.0250$$

Desv. normal x	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.4960	0.4920	0.4880	0.4840	0.4801	0.4761	0.4721	0.4681	0.4641
0.1	0.4602	0.4562	0.4522	0.4483	0.4443	0.4404	0.4364	0.4325	0.4286	0.4247
0.2	0.4207	0.4168	0.4129	0.4090	0.4052	0.4013	0.3974	0.3936	0.3897	0.3859
0.3	0.3821	0.3783	0.3745	0.3707	0.3669	0.3632	0.3594	0.3557	0.3520	0.3483
0.4	0.3446	0.3409	0.3372	0.3336	0.3300	0.3264	0.3228	0.3192	0.3156	0.3121
0.5	0.3085	0.3050	0.3015	0.2981	0.2946	0.2912	0.2877	0.2843	0.2810	0.2776
0.6	0.2743	0.2709	0.2676	0.2643	0.2611	0.2578	0.2546	0.2514	0.2483	0.2451
0.7	0.2420	0.2389	0.2358	0.2327	0.2296	0.2266	0.2236	0.2206	0.2177	0.2148
0.8	0.2119	0.2090	0.2061	0.2033	0.2005	0.1977	0.1949	0.1922	0.1894	0.1867
0.9	0.1841	0.1814	0.1788	0.1762	0.1736	0.1711	0.1685	0.1660	0.1635	0.1611
1.0	0.1587	0.1562	0.1539	0.1515	0.1492	0.1469	0.1446	0.1423	0.1401	0.1379
1.1	0.1357	0.1335	0.1314	0.1292	0.1271	0.1251	0.1230	0.1210	0.1190	0.1170
1.2	0.1151	0.1131	0.1112	0.1093	0.1075	0.1056	0.1038	0.1020	0.1003	0.0985
1.3	0.0968	0.0951	0.0934	0.0918	0.0901	0.0885	0.0869	0.0853	0.0838	0.0823
1.4	0.0808	0.0793	0.0778	0.0764	0.0749	0.0735	0.0721	0.0708	0.0694	0.0681
1.5	0.0668	0.0655	0.0643	0.0630	0.0618	0.0606	0.0594	0.0582	0.0571	0.0559
1.6	0.0548	0.0537	0.0526	0.0516	0.0505	0.0495	0.0485	0.0475	0.0465	0.0455
1.7	0.0446	0.0436	0.0427	0.0418	0.0409	0.0401	0.0392	0.0384	0.0375	0.0367
1.8	0.0359	0.0351	0.0344	0.0336	0.0329	0.0322	0.0314	0.0307	0.0301	0.0294
1.9	0.0287	0.0281	0.0274	0.0268	0.0262	0.0256	0.0250	0.0244	0.0239	0.0233
2.0	0.0228	0.0222	0.0217	0.0212	0.0207	0.0202	0.0197	0.0192	0.0188	0.0183
2.1	0.0179	0.0174	0.0170	0.0166	0.0162	0.0158	0.0154	0.0150	0.0146	0.0143
2.2	0.0139	0.0136	0.0132	0.0129	0.0125	0.0122	0.0119	0.0116	0.0113	0.0110
2.3	0.0107	0.0104	0.0102	0.0099	0.0096	0.0094	0.0091	0.0089	0.0087	0.0084
2.4	0.0082	0.0080	0.0078	0.0075	0.0073	0.0071	0.0069	0.0068	0.0066	0.0064
2.5	0.0062	0.0060	0.0059	0.0057	0.0055	0.0054	0.0052	0.0051	0.0049	0.0048
2.6	0.0047	0.0045	0.0044	0.0043	0.0041	0.0040	0.0039	0.0038	0.0037	0.0036
2.7	0.0035	0.0034	0.0033	0.0032	0.0031	0.0030	0.0029	0.0028	0.0027	0.0026
2.8	0.0026	0.0025	0.0024	0.0023	0.0023	0.0022	0.0021	0.0021	0.0020	0.0019
2.9	0.0019	0.0018	0.0018	0.0017	0.0016	0.0016	0.0015	0.0015	0.0014	0.0014
3.0	0.0013	0.0013	0.0013	0.0012	0.0012	0.0011	0.0011	0.0011	0.0010	0.0010

ANEXO 23

“DETERMINACIÓN DEL TIEMPO PREDETERMINADO PARA OPERACIONES ARRIBA DEL TIEMPO TACK”

ANÁLISIS MTM

FECHA: 20/11/2006

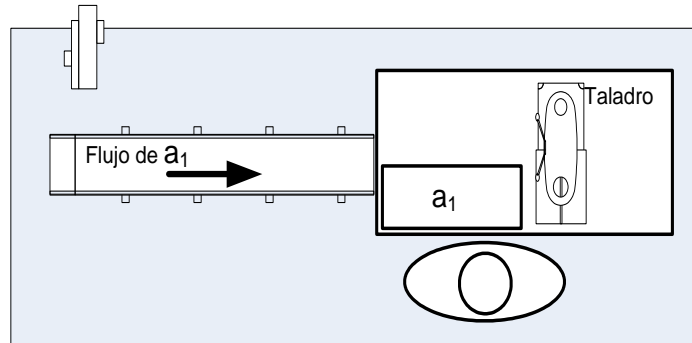
OPERACIÓN: Rimado de cavidad para introducir a_{10}

PIEZA: a_1

DIBUJO N°: _____

DIBUJADO POR: MC01072, RC00051, RR00116

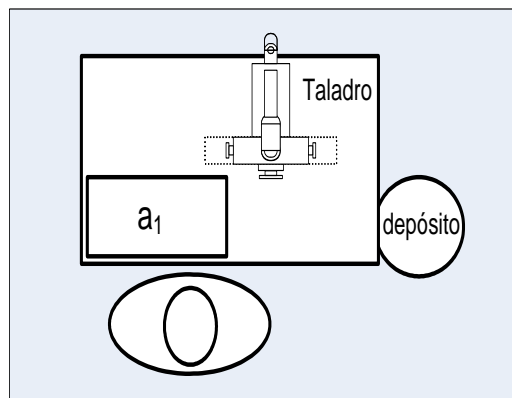
DEPARTAMENTO: LÍNEA DE ENSAMBLE



DMI	SIMBOLO	TMU	SIMBOLO	DMD
Alcanza a_1	R2A	5,3	R3A	Alcanza palanca
Toma a_1	G1A	2	G1A	Toma palanca
Mueve a_1	M3B	7,3	M3C	Mueve palanca
Coloca en posición	PS1E	7,8	R5B	Alcanza a_1
Suelta a_1	RL1	2	G1A	Toma a_1
		7	M6A	Mueve a_1
		2	RL1	Suelta a_1
	TOTAL	33,4		

OPERACIÓN: Perforar agujero lateralPIEZA: a₁

DIBUJO N°: _____

DIBUJADO POR: MC01072, RC00051, RR00116DEPARTAMENTO: LÍNEA DE ENSAMBLE

DMI	CODIGO	TMU	CODIGO	DMD
Alcanza a ₁	R4B	6.4		
Toma a ₁	G1A	2	R14A	Alcanza perilla
Mueve a ₁	M3A	4.9	G1A	Toma perilla
Coloca en posición	P1S	5.6	M3C	Mueve perilla
Suelta	RL1	2		
	TOTAL	20.9		

ANÁLISIS MTM

FECHA: 20/11/2006

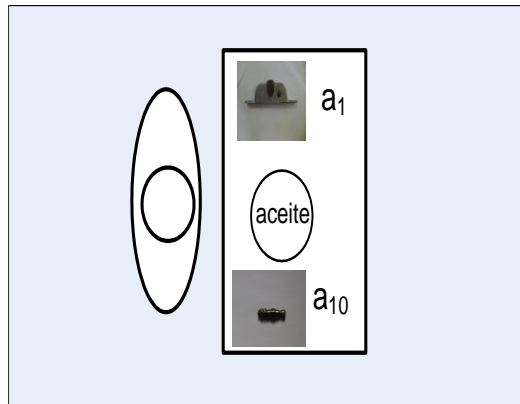
OPERACIÓN: Engrasar e introducir a₁₀

PIEZA: a₁₀

DIBUJO Nº: _____

DIBUJADO POR: MC01072, RC00051, RR00116

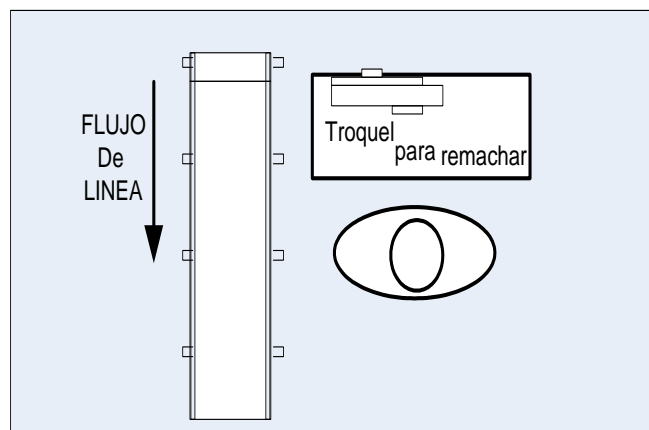
DEPARTAMENTO: LÍNEA DE ENSAMBLE



DMI	CODIGO	TMU	CODIGO	DMD
Alcanza a ₁	R10B	11.5	R5B	Alcanza a ₁₀
Toma a ₁	G1A	2	G1A	Toma a ₁₀
Mueve a ₁	M10A	11.3	M9A	Mueve a ₁₀
Sostiene a ₁		22.7		Aceita y ensambla
Soltar	RL1	7.8	M5B	mover conjunto
		2	RL1	soltar conjunto
	TOTAL	57.3		

OPERACIÓN: Remachar a₁₀PIEZA: a₁₀ y a₁₃

DIBUJO N°: _____

DIBUJADO POR: MC01072, RC00051, RR00116DEPARTAMENTO: LÍNEA DE ENSAMBLE

DMI	CODIGO	TMU	CODIGO	DMD
Alcanza ensamble	R7B	9.3		
Toma ensamble	G1A	2		
Mueve ensamble	M4A	6.1		
Coloca en posición	P1NS	11.3		Activar troquel
Mueve a ₁₃	M2A	2	RL1	Suelta
Suelta ensamble	RL1	2		
	TOTAL	32.7		

ANÁLISIS MTM

FECHA: 20/11/2006

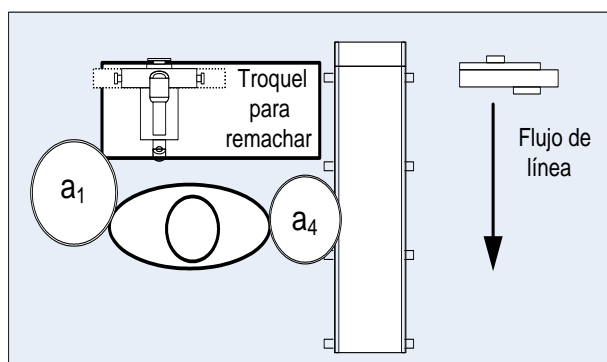
OPERACIÓN: Unir a₄ con a₁₂ en troquel

PIEZA: a₁₂ y a₄

DIBUJO N°: _____

DIBUJADO POR: MC01072, RC00051, RR00116

DEPARTAMENTO: LÍNEA DE ENSAMBLE



DMI	CODIGO	TMU	CODIGO	DMD
Alcanza a ₁	R4B	6.4	R4B	Alcanza a ₄
Toma a ₁	G1A	2	G1A	Toma a ₄
Mueve ensamble	M3A	8.1	M6A	Mueve a ₄
Coloca en posición	P1SE	5.6	P1SE	Coloca en posición
Gira a ₄ 90°	TS	5.4	R2B	Alcanza a ₁₂
Gira a ₄ 90°	TS	5.4	G1A	Toma a ₁₂
Gira a ₄ 90°	TS	5.4	M3A	Mueve a ₁₂
Gira a ₄ 90°	TS	5.6	P1SE	Coloca en posición
Suelta ensamble	RL1	2	RL1	Suelta
	TOTAL	45.9		

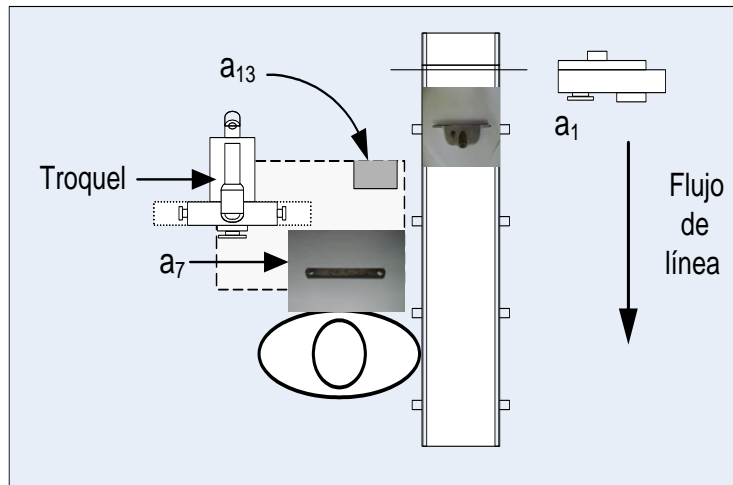
OPERACIÓN: Unir a₇ con a₁₃ en troquel de remachado

PIEZA: a₇ y a₁₃

DIBUJO N°: _____

DIBUJADO POR: MC01072, RC00051, RR00116

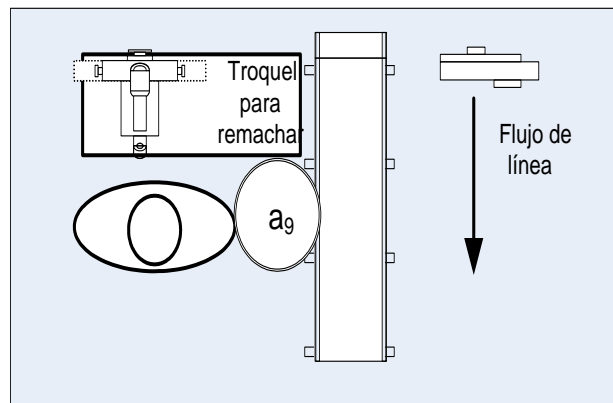
DEPARTAMENTO: LÍNEA DE ENSAMBLE



DMI	CODIGO	TMU	CODIGO	DMD
Alcanza ensamble	R4B	6.4	R4B	Alcanza a ₁₃
Toma ensamble	G1A	2	G1A	Toma a ₁₃
Mueve ensamble	M2A	4.9	M3A	Mueve a ₁₃
Suelta ensamble		5.6	P1SE	Coloca en posición
		4.0	R2B	Alcanza a ₇
		2	G1A	Toma a ₇
		5.3	M3A	Mueve a ₇
Acciona troquel		5.6	P1SE	Coloca en posición a ₇
Suelta ensamble	RL1	2		Suelta
	TOTAL	37.8		

OPERACIÓN: Unir a₉ con ensamblePIEZA: a₉

DIBUJO N°: _____

DIBUJADO POR: MC01072, RC00051, RR00116DEPARTAMENTO: LÍNEA DE ENSAMBLE

DMI	CODIGO	TMU	CODIGO	DMD
Alcanza ensamble	R9B	8.6	R6B	Alcanza a ₉
Toma ensamble	G1A	2	G1A	Toma a ₉
Sostiene ensamble		5.6	P1SE	Coloca en posición
Mueve a troquel	M4A	6.1	RL1	Suelta a ₉
Sostiene ensamble		27.78		Remacha con troquel
Mueve a la banda	M12A	9.6		
Suelta ensamble	RL1	2.0		
	TOTAL	40.8		

ANEXO 24

“CONDICIONES CREDITICIAS DE LOS BANCOS NACIONALES”



Programas de Financiamiento

- ▶ **Créditos de Inversión (Programa BMI):** Proveer los recursos financieros necesarios para la ejecución de proyectos productivos, los cuales incluyen los gastos de formación de capital y los gastos corrientes o capital de trabajo.
- ▶ **Pre y Exportación (Programa BMI):** apoyar el fortalecimiento de las empresas salvadoreñas que exporten bienes o servicios producidos en el país.
- ▶ **Estudiantes Salvadoreños (Programa BMI):** propiciar el desarrollo educativo del país mediante la concesión de préstamos para beneficiar a estudiantes de nacionalidad salvadoreña que deseen realizar estudios a nivel medio, técnico, superior y de postgrado en instituciones de enseñanzas nacionales o extranjeras.

Tipificación de Usuarios

Mediana empresa:

Personas naturales o jurídicas dedicadas a actividades tales como: Comercio, industria, servicio, transporte, etc.; con reconocida capacidad moral y empresarial y capacidad de pago determinada por sus estados financieros.

Identificación del sector:

Ventas anuales: desde \$685,714.29 hasta \$4, 571,428.57

Numero de empleados: de 50 a 199 empleados

Montos de crédito: desde \$150,000.00 hasta \$1, 500,000.00

Sectores Productivos: Industria, Comercio, Servicio

Montos Financiabiles

Mínimo: \$150,000

Máximo: \$1, 500,000

Destinos Financiabiles

- ▶ Capital de trabajo
- ▶ Adquisición de maquinaria y equipo
- ▶ Compra de inmuebles
- ▶ Remodelación de inmueble o local comercial
- ▶ Traslado y consolidación de deudas de su negocio
- ▶ Pago a proveedores
- ▶ Financiar cuentas por cobrar
- ▶ Exportaciones
- ▶ Otros

Plazos de acuerdo al destino, capacidad de pago y tipo de garantía.

Tasas de Interés:

Operaciones Activas

Vigentes a partir del 01 de Mayo de 2007

Tasa de Referencia (TRA) de Integración Monetaria en US\$ Dólares TRA=12.5%¹
Préstamos y Créditos (Productivos, Construcción y Microempresa)

1. PARA ACTIVIDADES PRODUCTIVAS Y OTROS

A. TASAS DE INTERÉS HASTA UN AÑO PLAZO						
	Productivos		Construcción		Microempresa	
	Tasa Nominal	Tasa Efectiva	Tasa Nominal	Tasa Efectiva	Tasa Nominal	Tasa Efectiva
a) Recursos propios	Hasta TRA +5.50	18.33%	Hasta TRA +2.0	14.77%	Hasta TRA +7.5	20.83%
b) Recursos ajenos	Hasta 7% s/costo de los recursos	-	-	-	-	-
c) Recursos ajenos a BMI	Hasta 10% s/costo de los recursos	-	-	-	-	-
B. TASAS DE INTERÉS MÁS DE UN AÑO PLAZO						
	Productivos		Construcción		Microempresa	
	Tasa Nominal	Tasa Efectiva	Tasa Nominal	Tasa Efectiva	Tasa Nominal	Tasa Efectiva
a) Recursos propios	Hasta TRA +5.50	18.52%	Hasta TRA +3.5	16.46%	Hasta TRA +7.5	21.05%
b) Recursos ajenos	Hasta 7% s/costo de los recursos	-	-	-	-	-
c) Recursos ajenos a BMI	Hasta 10% s/costo de los recursos	-	-	-	Hasta 10% s/costo de los recursos	-
C. OTRAS TASAS DE INTERÉS						
	Productivos		Construcción		Microempresa	
a) Sobregiro	20.00%		-		-	
b) Aval sobre Fondos en Curso de Cobro	20.00%		-		-	
c) Préstamos Automáticos	Hasta 4% sobre tasa del depósito		-		-	
d) Refinanciamiento de Cartas de Crédito	Hasta TRA +12		-		-	
D. TASAS DE INTERÉS PROGRAMAS ESPECIALES						
	Productivos		Construcción		Microempresa	
a) Programa especial de créditos FICAPE	TIBP + 1		-		-	
b) Programa de vivienda	-		-		-	
c) Sobregiros Cuenta Óptima	-		-		-	
E. SERVICIOS						
	Productivos		Construcción		Microempresa	

¹ En concordancia con el artículo 14 de la Ley de Integración Monetaria, las operaciones activas de crédito en colonos y dólares contratadas hasta el 31-12-2000 continuarán relacionadas a las tasas de referencias vigentes a esa fecha.

1) Seguros (de acuerdo con tarifas de Aseguradora)			
1.1) Seguros de deuda	-	-	-
1.2) Seguros de Daños y Contenido	8 puntos por millar	8 puntos por millar	8 puntos por millar
2) Créditos BMI (de acuerdo con las tarifas del BMI)			
2.1) Utilización de recursos en forma extemporánea	1% anual mínimo \$11.43	-	-
2.2) Reprogramación desembolsos en forma extemporánea	1% anual mínimo \$11.43	-	-
2.3) Por desembolsos anticipados (sujetos a disponibilidad)	0.25% anual mínimo \$11.43	-	-
F. COMISIONES POR CRÉDITOS²			
	Productivos	Construcción	Microempresa
1) Descuento de Letras	0.25% del valor de cada letra, mínimo \$2.86	-	-
3) Apertura, prórrogas, modificaciones y renovación anual de líneas rotativas	0.5% por año sobre monto	-	-
4) Contratación u otorgamiento			
4.1) Hasta un año plazo	Hasta 1.0% del monto	0.25 sobre monto del crédito	Hasta 1.5% sobre monto
4.2) De 1 a 3 años	1.25% del monto	0.25 sobre monto del crédito	1.75% sobre monto
4.3) De 3 a 8 años	Hasta el 1.5% del monto	0.25 sobre monto del crédito	2.0% sobre monto
4.4) Más de 8 años	Hasta el 2.0% del monto	0.25 sobre monto del crédito	2.5% sobre monto
5) Administración / manejo del crédito	0.25% anual sobre el monto, cobrado mensualmente	2.5% del valor del proyecto	Microempresa: 0.25% del monto mensual, max. mensual \$11.43. Microfinanzas: Hasta 0.20% del monto mensual, min. semana: \$0.57, catorcena \$1.14, mensual \$2.29

² Las comisiones no incluyen IVA.

6) Supervisión de la inversión en proyectos de construcción	Hasta 2.5% del monto del crédito (cobrados en forma parcial por c/ desembolso)	Hasta 2.5% del monto del crédito (cobrados en forma parcial por c/ desembolso)	Hasta 2.5% del monto del crédito (cobrados en forma parcial por c/ desembolso)
7) Plan de Protección Cuenta Óptima	-	-	-
8) Retiro de Adelanto de Salario y Pensión	-	-	-
9) Otorgamiento de avales y fianzas	Hasta 5% por año o fracción, mínimo \$50.00	Hasta 5% por año o fracción, mínimo \$50.00	Hasta 5% por año o fracción, mínimo \$50.00
10) Comisión por estructuración de créditos (Fondos Externos)	Hasta 2%	-	-

Estas tasas de Crédito y Comisiones son las máximas a establecer y no incluyen IVA. El Banco podrá otorgar créditos a tasas inferiores a las publicadas con el fin de favorecer a sus clientes.



PROGRAMA DE CRÉDITO A LA INDUSTRIA MANUFACTURERA

LÍNEA DE CRÉDITO: Industria Manufacturera

OBJETIVO: Fomentar el desarrollo de proyectos de inversión que persigan incrementar la capacidad productiva, mejorar la comercialización, distribución y mercadeo en el país de los productos de las empresas clasificadas en la Gran División 3 - Industria Manufacturera, de la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU).

DESTINOS PLAZOS Y PERIODOS DE GRACIA

Podrá financiarse la compra del terreno o la adquisición de instalaciones y edificaciones para uso productivo a tasa de mercado, según se detalla en los destinos generales.

TASA DE INTERÉS: VIGENTES A PARTIR DE MAYO 2007

A	CRÉDITOS	Empresariales	
		Tasa Nominal	Tasa Efectiva
	Hasta un año plazo		
	a. Recursos propios	Hasta TR	15.38%
	b. Recursos BMI	Hasta BMI + 8	14.36%
	c. Otros recursos (1)	Hasta TR	15.38%
B	Mas de un año plazo		
	a. Recursos propios	Hasta TR +1	16.41%
	b. Recursos BMI	Hasta BMI + 8	

	c. Otros recursos (1)	Hasta TR	15.38%
C	Programas Especiales		
	a. FICAFE b. FEDA c. FINSAGRO d. CONTRA e. FITEX	TIBP 180 días +1 Hasta Tasa BMI +1 Hasta tasa BMI Hasta TR -3 Hasta BMI +5	12.31%
D	Sobregiros	Hasta TR +8	23.59%
E	Créditos garantizados con deposito a plazo	Tasa de deposito a plazo +6	
F	Intereses moratorios	5.0% anual s/saldo de capital en mora	

(1): Créditos financiados con recursos del BCIE y Bancos corresponsales

Fuente: Banco Multisectorial de Inversiones

PROGRAMA PARA LA RECONVERSIÓN PRODUCTIVA DEL BMI

Es un programa especial para empresarios de los sectores industria, transporte y minería, que deseen hacer inversiones para que sus procesos productivos sean más eficientes y amigables con el medio ambiente.

Esta línea de crédito permite reconvertir los procesos de la empresa y aprovechar mejor los recursos, al utilizar de forma más eficiente materias primas, reducir desperdicios y sustancias que impactan en el medio ambiente.

Son elegibles a aplicar al programa para la reconversión productiva las empresas como se detallan a continuación:

Tamaño de la empresa	Numero de empleados	Ventas anuales en USD
Micro empresa	10≤	≤ \$68,571
Pequeña Empresa	11- 49	≤ \$685,714
Mediana Empresa	50-199	\$4,571,428≤
Gran empresa	200 o mas	>\$4,571,428

Fuente: Banco Multisectorial de Inversiones

Tasa de referencia BMI	3.36%
Tasa de referencia anual	3.25 %

Fuente: Banco Multisectorial de Inversiones

Tasas de interés vigentes para líneas especiales.

Otras líneas especiales	Tasas de interés para:	
	Intermediarios financieros	Usuarios créditos

1. Fondo de Crédito para el Medio Ambiente (FOCAM)	2.00%	6.00%
2. Línea especial para estudiantes salvadoreños	2.00%	6.00%
3. FEDA II	Compensación anual del 3% sobre el saldo vigente	4.65%
4. FINSAGRO	Compensación anual del 3% sobre el saldo vigente	4.65%
5. Línea de corto plazo para productos de exportación	Costo de recursos BMI, más un punto porcentual para los créditos nuevos.	A criterio de la Institución Financiera.

Fuente: Banco Multisectorial de Inversiones

DESTINOS, PLAZOS Y PERIODOS DE GRACIA COMUNES PARA TODOS LOS PROGRAMAS:

Con esta línea se obtendrán los recursos financieros necesarios para llevar a cabo el proyecto: desde la necesidad de capital de trabajo hasta la adquisición de terrenos para uso productivo.

DESTINO	PLAZO (AÑOS)	PERÍODO DE GRACIA
Capital de trabajo	4	1
Adquisición de maquinaria, equipo, gastos de internación e instalación u otros activos mobiliarios	12	4
Adquisición o desarrollo de construcciones, instalaciones	20	5
Adquisición de terrenos asociados a proyectos productivos	20	5

Fuente: Banco Multisectorial de Inversiones

A este crédito pueden acceder personas naturales y jurídicas, y se podrá financiar hasta el 100% del monto otorgado por la institución financiera. Los plazos y períodos de gracia por destino son límites máximos, estos pueden ser establecidos de acuerdo a las necesidades de cada proyecto. El período de gracia está incluido en el plazo.

ANEXO 25

“BALANCE GENERAL DE LA S.A. EN LA EMPRESA MODELO”

ACTIVO				PASIVO			
CIRCULANTE			\$2,366,822.96	CIRCULANTE			
Efectivo		\$152,594.16		Cuentas por pagar a corto plazo			\$1,685,709.26
Caja	\$800.00			Prestamos locales		\$917,245.21	
Bancos	\$151,794.16			Proveedores locales		\$128,100.39	
Cuentas por cobrar		\$1,646,073.98		Proveedores del exterior		\$164,456.69	
Cuentas por cobrar clientes	\$947,611.47			Gastos acumulados por pagar		\$77,386.82	
Cuentas por cobrar compañías afiliadas	\$35,727.65			Intereses por pagar		\$798.11	
IVA por cobrar	\$622,014.24			Impuestos por pagar		\$538.04	
Otras cuentas por cobrar	\$108,324.26			Anticipos de clientes		\$20.04	
Estimación cuentas incobrables	-\$67,604.04			Cuentas por pagar compañías afiliadas		\$397,163.96	
Inventarios		\$680,759.62					
Estimación para obsolescencia de inventario		-\$136,265.24					
Gastos pagados por anticipados		\$23,660.44					
FIJO			\$255,476.67	PATRIMONIO			\$937,619.14
Bienes muebles		\$1,413,975.09		Capital social		\$1,494,857.14	
Maquinaria y equipo de Producción	\$1,374,623.38			Capital social mínimo	\$11,428.57		
Equipo y mobiliario de oficina	\$18,889.97			Capital social variables	\$1,483,428.57		
Obras en proceso	\$20,452.74			Reserva legal		\$27,321.82	
Depreciación acumulada		-\$1,158,498.42		Perdida acumulada		-\$384,373.61	
Maquinaria y equipo	-\$1,141,970.34			Utilidad del ejercicio		-\$200,186.21	
Equipo y mobiliario de oficina	-\$16,528.08						
Otros activos			\$1,028.77				
TOTAL DE ACTIVOS			\$2,623,328.40	TOTAL PASIVO Y PATR.			\$2,623,328.40

Balance General de la empresa modelo para el último año de operaciones.

ANEXO 26

“ESTABLECIMIENTO DE UN SISTEMA DE COSTOS”

Para poder establecer el cálculo de los costos, es necesario asignar precios a los recursos demandados, los cuales están físicamente cuantificados en el “Diseño Detallado”; esto con el objetivo de conocer cuanto cuesta fabricar cada uno de los productos a elaborar en la empresa modelo (A1, A2 y A3), ya que a partir de este costo se fija el precio definitivo de venta del producto. Es necesario llevar un control de todos los costos en que se incurre para la elaboración de un producto, esta información deberá ordenarse y clasificarse de tal manera que permita visualizar todos sus componentes y calcular los montos totales. Por lo tanto, para la empresa modelo, se establecerá la estructura de costos a utilizar, entendiendo por estructura de costos al conjunto de procedimientos, registros y cuentas especialmente diseñadas con el objeto de determinar el costo unitario de cada uno de los productos, además permite tener control de las operaciones que se realizan y proporciona a la Gerencia de la misma los elementos necesarios para ejercer una adecuada toma de decisiones.

1. Sistema de Acumulación de Costos.

Los costos se acumulan bajo un sistema periódico o perpetuo de acumulación de costos:

a. Sistema Periódico de Acumulación de costos:

Provee información limitada del costo del producto durante un período y requiere ajustes trimestrales o al final del año para determinar el costo de los productos terminados. Los costos de las materias primas, del trabajo en proceso y de los productos terminados sólo pueden determinarse después de realizar los inventarios físicos.

b. Sistema Perpetuo de Acumulación de costos:

La acumulación de datos de costos del producto mediante las tres cuentas de inventario, proveen información continua de las materias primas, del trabajo en proceso, de los artículos terminados, del costo de los artículos fabricados y del costo de los artículos vendidos.

Existen dos tipos básicos de sistemas perpetuos de acumulación de costos, clasificados de acuerdo con el tipo de proceso de producción:

i. Sistema de acumulación de costos por órdenes de trabajo:

Un sistema de costeo por órdenes de trabajo es el más apropiado cuando los productos manufacturados difieren en cuanto a los requerimientos de materiales, y de conversión. En este sistema cada producto se fabrica de acuerdo con las especificaciones del cliente. El costo incurrido en la elaboración de una orden de trabajo específica debe asignarse, por tanto, a los artículos producidos. En un sistema de costeo por órdenes de trabajo, los tres elementos básicos del costo: materiales directos, mano de obra directa, y costos indirectos de fabricación, se acumulan de acuerdo con los números asignados a las órdenes de trabajo. El costo unitario de cada orden de trabajo se obtiene dividiendo el costo total de la orden por el número de unidades totales del trabajo.

ii. Sistema de acumulación de costos por procesos:

Este sistema de costos se utiliza cuando los productos se elaboran masivamente o en proceso continuo. El costeo por procesos es un sistema de acumulación de costos de producción por departamento o centro de costos. Un departamento es una división funcional principal en una empresa donde se realizan procesos de manufactura relacionados. Dicho sistema determina como serán asignados los costos de manufactura incurridos durante cada período.

El costeo por procesos se ocupa de asignar los costos a las unidades que pasan y se incurren en un departamento. Los costos unitarios para cada departamento se basan en la relación entre los costos incurridos durante determinado período y las unidades terminadas durante el mismo.

Algunas de las características de un sistema de costos por procesos son:

- ✓ Los costos se acumulan por departamento o centro de costos.
- ✓ Las unidades terminadas y sus correspondientes costos se transfieren al siguiente departamento o al inventario de artículos terminados. En el momento en que las unidades salen del último departamento de procesamiento, se acumulan los costos totales del período y pueden emplearse para determinar el costo unitario de los artículos terminados.
- ✓ Los costos totales y los costos unitarios para cada departamento se agregan, analizan y calculan de manera periódica mediante el uso de los informes del costo de operación por departamentos.

Como conclusión a la información presentada sobre los sistemas de acumulación por órdenes de trabajo y por proceso, se presenta el siguiente cuadro comparativo:

Sistema de Acumulación de Costos por Ordenes de Trabajo	Sistema de acumulación de costos por Procesos.
Producción Lotificada	Producción Continua
Producción Variada	Producción Uniforme
Condiciones de Producción rígidas.	Condiciones de Producción Flexibles.
Costos específicos	Costos Promediados
Control mas Analítico	Control más Global.
Tendencia hacia costos Individualizados	Tendencia hacia costos mas generalizados
Sistemas mas costosos	Sistemas mas económicos
Costos un poco fluctuantes	Costos un tanto estandarizados.

Resumen comparativo de los Sistemas de Costos.

Existe otra variación en el costeo del producto la cual se basa en los elementos que se incluyen, así los sistemas se pueden clasificar en: Costeo Directo y Costeo por Absorción.

✓ **Costeo Directo.**

En este sistema de costos, solo los costos indirectos de fabricación que varían con el volumen, se cargan a los productos, es decir, únicamente los costos de los Materiales Directos, la mano de obra directa, y los costos indirectos de fabricación variables, se incluyen en el inventario como costo de producción, y los costos de fabricación fijos se excluyen de este porque no se consideran costos del producto sino que se clasifican como un costo del periodo y se cargan contra el ingreso en el periodo en el cual se causen.

Este sistema tiene como limitante la falta de aceptación para los informes externos por el Instituto Americano de Contadores Públicos Titulados, por el Servicio del Ingreso Interno y por la Comisión de Valores y Bolsa de los EE.UU, así mismo en nuestro país generalmente no es aceptado para propósitos tributarios por parte del Ministerio de Hacienda y su utilización requiere un tratamiento y aprobación especial.

✓ **Costeo por Absorción.**

En este tipo de costeo, todos los costos indirectos de fabricación tanto fijos como variables, se tratan como costos del producto. En el costeo por absorción, el costeo de los artículos manufacturados está compuesto de materiales directos, mano de obra directa y costos Indirectos de fabricación variables y fijos.

Por tanto el costo de los artículos manufacturados incluye costos de depreciación de la fábrica, arriendo, seguros, impuestos a la propiedad, y los demás costos indirectos de

fabricación fijos además de los materiales directos, la mano de obra directa y los costos indirectos de fabricación variables.

En conclusión, el principal punto de diferencia entre los dos métodos de costeo está en el tratamiento de los costos indirectos de fabricación fijos.

2. Estructura de costos a utilizar para la empresa modelo.

De acuerdo a los aspectos mencionados anteriormente, el sistema de costos a utilizar será: **Costeo por absorción**, esto en base a las ventajas que presenta este sistema de costos: Considera todos los costos de manufactura (fijos y variables) lo que proporciona un mejor panorama de las ganancias que se quieran obtener, además, es preciso tener en cuenta que para los informes financieros externos debe utilizarse el costeo por absorción.

De acuerdo a las características de producción, el *sistema de costos por procesos*, es el que se adecua a la empresa modelo, ya que, este se adopta cuando los productos terminados se manufacturan mediante una producción masiva de unidades similares en un proceso continuo, llegando a determinar el costo unitario de cada producto en forma promediada. Por lo tanto, de acuerdo a los aspectos anteriores, **la estructura de costos a utilizar es el sistema de costeo absorbente por proceso**, ya que es el que mejor se adapta al proceso de producción propuesto para la empresa modelo, y los productos a elaborar se someten al mismo proceso de producción.

APLICACIÓN DEL SISTEMA DE COSTOS A LA EMPRESA MODELO.

Según la estructura de costos a utilizar en la empresa modelo, explicada anteriormente en el apartado de “Selección del Sistema de Costos”, se ha considerado elaborar una estructuración de sistema de costos para cada producto, ya que elaborar un solo sistema de costos no permitiría realizar un análisis de costos por cada uno de los productos porque no reflejaría que proporción de cada rubro es cargado a cada producto, además no se considera recomendable el cargar costos totales de cada rubro a un producto que no se elabore en una cantidad similar a los demás. El calcular un solo sistema de costos afectaría la determinación del costo unitario y por ende la fijación del precio de venta de cada producto.

El hecho de elaborar un sistema de costos para cada producto proporcionaría una mejor visión para establecer las utilidades y la rentabilidad que se obtendrán por cada uno, además cabe mencionar que a cada producto le corresponde diferente cantidad de materia prima, que a su vez poseen diferentes precios y por ello no se puede suponer que a cada unidad producida le corresponde la misma cantidad de materiales, mano de obra, cargos indirectos puesto que se producen cantidades diferentes de cada producto.

Por lo tanto, el total de cada uno de los rubros del sistema de costos a aplicar se distribuirá entre el porcentaje de Mano de Obra, Materia Prima, Materiales Directos e Indirectos que se utilice en la elaboración de cada una de las líneas de producto o en función del porcentaje que el volumen de producción que cada uno represente.

1. COSTOS DE PRODUCCIÓN.

Se entiende por costos de producción a los desembolsos o cargos en que se incurre para la elaboración de los productos de la empresa modelo, estos se han dividido en dos rubros: costos directos y costos indirectos de producción.

Dentro de los costos directos de producción se incluyen los costos de mano de obra y los de la materia prima; dentro de los costos indirectos de producción se incluyen los costos de la mano de obra indirecta, materiales indirectos, otros utensilios para la planta, mantenimiento general así como de la maquinaria y el equipo, depreciación de la maquinaria y equipo, consumo de energía eléctrica y agua. El detalle de los rubros que se incluyen en este costo se muestra a continuación:

a. Costos Directos de Producción.

Se entiende por costos directos de producción a los que están relacionados directamente con la elaboración de los productos a partir del zamak y que son vinculados de fácil manera con el proceso, dentro de estos se incluyen: mano de obra directa y materias primas, cada uno de los cuales se desarrolla a continuación:

i. Costos de Mano de Obra Directa:

Los salarios están propuestos considerando las funciones del puesto y su similitud en relación con a los salarios de la empresa modelo. A continuación se ejemplifica el cálculo salarial para un operario:

$$\text{Sueldo Anual} = \$171.42 (\text{salario mensual}) * 12 \text{ meses} = \$ 2,057.04$$

$$\text{ISS} = \$ 2,057.04 * 0.07 = \$143.99$$

$$\text{AFP} = \$ 2,057.04 * 0.0675 = \$138.85$$

$$\text{Vacaciones} = \$171.42 / 2 = \$ 85.71 + 0.30 (\$85.71) = \$111.42$$

$$\text{Aguinaldo} = \$ 171.42 / 21 = \$ 8.16 (\text{salario por día}); \$8.16 * 10 = \$81.63$$

Salario anual por empleado = Sueldo Anual+ISSS+AFP+Vacaciones+Aguinaldo.

$$\text{Salario Anual por empleado} = \$ 2,057.04 + \$143.99 + \$ 138.85 + \$111.42 + \$81.63 = \$2,532.93$$

Los costos de mano de obra directa se resumen en el siguiente cuadro:

Área	Num. Emple.	Sueldo/ mes	Sueldo/ año ³	ISSS ⁴	AFP ⁵	Vacación ⁶	Aguin. ⁷	Total Anual
Inyección	4	\$171.42	\$2,057.04	\$143.99	\$138.85	\$111.42	\$81.63	10,131.72
Troquelado	5	\$171.42	\$2,057.04	\$143.99	\$138.85	\$111.42	\$81.63	12,664.65
Ensamble	12	\$171.42	\$2,057.04	\$143.99	\$138.85	\$111.42	\$81.63	30,395.16
Pintura	4	\$171.42	\$2,057.04	\$143.99	\$138.85	\$111.42	\$81.63	10,131.72
Empaque	3	\$171.42	\$2,057.04	\$143.99	\$138.85	\$111.42	\$81.63	7,598.79
Total en Mano de Obra Directa (\$)								70,922.04

Costos de Mano de Obra Directa en la empresa modelo.

Los costos de mano de obra por producto se calculan multiplicando el monto total de \$70,922.04 por el porcentaje de utilización de mano de Obra para la elaboración de cada línea de producto, estos porcentajes se muestran a continuación:

³ \$ 171.42 X 12 meses

⁴ ISSS=7% del salario del mes X 12 meses

⁵ AFP = 6.75 % del salario del mes X 12 meses

⁶ Vacaciones= 15 días de salario + 30% de esos 15 días

⁷ Aguinaldo = 10 días laborables del salario mensual.

Producto	Producción anual	Tiempo empleado	Utilización de M.O.D.
A1	1,684,116 U.	32,311.68 H.H.	72.91%
A2	449,064 U.	9,967.92 H.H.	22.49 %
A3	117,432 U.	2,038.08 H.H.	4.60 %
Total	2,250,612 U.	44,317.68 H.H.	100 %

Determinación del porcentaje de utilización de M.O.D. por producto

A continuación se presenta a manera de ejemplo el cálculo de Mano de obra directa para el producto A1 = \$70,922.04 X 0.7291 = \$51,709.26

El costo de la mano de obra directa de los demás productos se calcula de manera similar.

A continuación se muestran los resultados obtenidos:

Producto	A1	A2	A3
Porcentaje	72.91 %	22.49%	4.60 %
Total	\$51,709.26	\$ 15,950.37	\$ 3,262.41

Costo Anual de Mano de Obra Directa. por producto.

ii. Costo de Materia Prima.

Este rubro incluye todo lo inherente o intrínscico al producto terminado: Zamak y Acero al Carbono AISI 1020.

El cálculo se determina de la manera siguiente:

Requerimiento anual de Zamak: 33,308.94 Kg./mes * 12 meses = 399,707.28 Kg.

Requerimiento anual de Acero al Carbono: 30,249.22 mt./mes * 12 meses = 362,990.64 mt.

A continuación se muestran el costo anual de la materia prima:

Materia Prima	Unidad	Requerimiento Anual	Precio Unitario (\$)	TOTAL (\$)
Zamak	Kg.	399,707.28	1.9600	\$783,426.27
Acero al Carbono	Mt.	362,990.64	0.3917	\$142,183.43
Total (\$)				\$925,609.70

Costo Anual de Materia Prima en la empresa modelo.

El requerimiento de materia prima para cada producto se muestra en el siguiente cuadro:

Productos	Zamak (Kg.)	Acero al Carbono (mt)
A1	269,458.56	328,402.62
A2	112,266.00	25,596.65
A3	17,982.72	8,991.36
Total	399,707.28 Kg.	362,990.63 mt.

Requerimiento Anual de Materia Prima para A1, A2 y A3.

El cálculo del costo de materia prima para cada producto ha sido determinado de la siguiente manera: Ej. Zamak = Requerimiento en kilogramos por producto (A1) X Costo unitario = 269,458.56 Kg.x \$ 1.9600/ kg = \$528,138.78

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos:

Productos	A1	A2	A3	Costo U.
Zamak (Kg)	\$528,138.78	\$220,041.36	\$35,246.13	\$ 1.9600
Acero al Carbono(mt)	\$128,635.31	\$10,026.21	\$3,521.92	\$ 0.3917
Costo Total (\$)	\$656,774.08	\$230,067.57	\$38,768.05	

Determinación del costo en Materia Prima anual para los productos A1, A2 y A3.

b. Costos Indirectos de Producción

Incluye Mano de obra indirecta, materiales indirectos, otros utensilios necesarios para la planta, mantenimiento general de la planta, Mantenimiento de maquinaria y equipo, cargos por depreciación de maquinaria y equipo, consumo de energía eléctrica y agua.

i. Mano de Obra Indirecta.

En este rubro se encuentran considerados los salarios del personal que trabaja en producción pero que no esta relacionado directamente con el proceso de producción de los tres productos.

Como ejemplo, se presenta el cálculo del salario del Jefe de producción:

Sueldo anual = \$502.84 (Salario mensual) * 12 meses = \$6,034.08

ISSS = \$6,034.08 * 0.07 = \$422.39

AFP = \$6,034.08 * 0.0675 = \$407.30

Vacaciones = \$ 502.84/2 = \$ 251.42 + 0.30 (\$ 251.42) = \$326.85

Aguinaldo = \$502.84 / 21 = \$23.94 (salario diario) * 10 = \$239.45

Total Anual = \$6,034.08+ \$422.39 + \$407.30 + \$326.85 + \$239.45 = \$7,430.07

A continuación se muestran todos los resultados obtenidos:

Puesto	N. de Emple.	Sueldo/ mes	Sueldo/ Anual	ISSS	AFP	Vacaci.	Agui.	Total Anual / empleado	Total Anual
Jefe de Producción	1	\$502.84	\$6,034.08	\$422.39	\$407.30	\$326.85	\$239.45	\$7,430.07	\$7,430.07
Jefe Control de Calidad	1	\$502.84	\$6,034.08	\$422.39	\$407.30	\$326.85	\$239.45	\$7,430.07	\$7,430.07
Supervisor	3	\$285.72	\$3,428.64	\$240.00	\$231.43	\$185.72	\$136.06	\$4,221.85	\$12,665.55
Total (\$)									\$27,525.69

Costo Anual de Mano de Obra Indirecta en la empresa Modelo.

El costo por producto de mano de obra indirecta se determina multiplicando el total \$27,525.69 por el porcentaje que representa el volumen de producción de cada línea de producto. El volumen de producción que representa cada producto se muestra en el cuadro siguiente:

Producto	Producción Anual	Volumen de Producción
A1	1,684,116 U.	74.83%
A2	449,064 U.	19.95%
A3	117,432 U.	5.22 %
Total	2,250,612 U.	100 %

Volumen de Producción anual por producto.

A continuación se presenta a manera de ejemplo el cálculo del costo de mano de obra indirecta para el producto A1:

A1 = \$27,525.69 X 0.7483 = \$20,597.47, el cálculo para los demás productos fue establecido de igual manera, los resultados se muestran en el siguiente cuadro:

Producto	A1	A2	A3
Porcentaje	74.83 %	19.95 %	5.22 %
Total	\$20,597.47	\$ 5,491.38	\$1,436.84

Distribución Monetaria de los Costos de Mano de Obra Indirecta Anuales para cada producto.

ii. Materiales Indirectos.

En este rubro se consideran aquellos materiales auxiliares para la fabricación de los productos, aquellos que van con el producto pero que no forman parte del producto mismo: pines, tornillo, remaches y cajas. A continuación se muestra el detalle de los materiales que forman este rubro:

Material	Unidad	Cantidad Anual	Costo Unitario (\$)	Costo Anual Total (\$)
Pieza 10 (Tornillo)	Unidad	2,245,572	0.0500	\$112,278.60
Pieza 11 (Pin)	Unidad	1,684,116	0.0100	\$16,841.16
Pieza 12 (Pin)	Unidad	2,245,572	0.0100	\$22,455.72
Pieza 13 (Remache)	Unidad	1,684,116	0.0100	\$16,841.16
Pieza 14 (Remache)	Unidad	449,064	0.0100	\$4,490.64
Pieza 16 (Tornillo)	Unidad	449,064	0.0200	\$8,981.28
Pieza 17 (Remache)	Unidad	449,064	0.0500	\$22,453.20
Bolsa plástica 6 x 10	Unidad	2,245,572	0.0025	\$5,613.93
Cajas de Cartón 25x25x20	Unidad	22,456	0.2500	\$5,614.00
Costo Anual (\$)				\$215,569.62

Costo Anual de Materiales Indirectos.

Fuente: Elaboración de grupo. Consultas con Diversos Proveedores (Vidri, Cajas y Bolsas, D' Empaque)

La cantidad de materiales indirectos requeridos por cada producto y el monto al que asciende se muestra en los cuadros a continuación:

Material	A1	A2	A3	TOTAL
Pieza 10 (Tornillo)	1,684,116	449,064	112,392	2,245,572
Pieza 11 (Pin)	1,684,116	0	0	1,684,116
Pieza 12 (Pin)	1,684,116	449,064	112,392	2,245,572
Pieza 13 (Remache)	1,684,116	0	0	1,684,116
Pieza 14 (Remache)	0	449,064	0	449,064
Pieza 16 (Tornillo)	0	449,064	0	449,064
Pieza 17 (Remache)	0	449,064	0	449,064
Bolsa plástica 6 x 10	1,684,116	449,064	112,392	2,245,572
Cajas de Cartón 25x25x20	16,841	4,491	1,124	22,456

Cantidad de Materiales Indirectos Anuales por Producto.

En la siguiente tabla se presentan los costos anuales en Materiales Indirectos por cada producto fabricado en la empresa modelo.

Material	A1	A2	A3	TOTAL
Pieza 10 (Tornillo)	\$84,205.80	\$22,453.20	\$5,619.60	\$112,278.60
Pieza 11 (Pin)	\$16,841.16	\$0.00	\$0.00	\$16,841.16
Pieza 12 (Pin)	\$16,841.16	\$4,490.64	\$1,123.92	\$22,455.72
Pieza 13 (Remache)	\$16,841.16	\$0.00	\$0.00	\$16,841.16
Pieza 14 (Remache)	\$0.00	\$4,490.64	\$0.00	\$4,490.64
Pieza 16 (Tornillo)	\$0.00	\$8,981.28	\$0.00	\$8,981.28
Pieza 17 (Remache)	\$0.00	\$22,453.20	\$0.00	\$22,453.20
Bolsa plástica 6 x 10	\$4,210.29	\$1,122.66	\$280.98	\$5,613.93
Cajas de Cartón 25x25x20	\$4,210.29	\$1,122.66	\$280.98	\$5,613.93
Total (\$)	\$143,149.86	\$65,114.28	\$7,305.48	\$215,569.62

Costos de Materiales Indirectos Anuales por producto.

iii. Otros Utensilios para la planta.

En este rubro se han considerado insumos auxiliares para la elaboración de los productos, entre los que encontramos: porta adhesivo, raquets, varillas y espátulas, así como utensilios necesarios para garantizar la seguridad del personal que elabora los productos: guantes, gafas, gabachas de nylon y extintores.

Descripción	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total (\$)
Porta Adhesivo	3	\$3.50	\$10.50
Raquets	25	\$8.25	\$206.25
Varilla (0.50 mt)	3	\$0.75	\$2.25
Espátula (0.50 mt)	3	\$15.47	\$46.41
Guantes (pares)	20	\$4.28	\$85.60
Gafas	30	\$6.25	\$187.50
Gabachas de Nylon	30	\$3.79	\$113.70
Mascarillas (50 Un.)	2	\$4.00	\$8.00
Extintor	3	\$70.00	\$210.00
Total			\$870.21

Costo Anual de Otros Utensilios en la planta.

El Costo total Anual de otros insumos de la planta se distribuye proporcionalmente entre los productos que hacen uso de cada uno de los utensilios considerados como se muestra a continuación:

Descripción	A1	A2	A3
Porta Adhesivo	*	*	*
Raquets	*	*	*
Varilla (0.50 mt)	*	*	*
Espátula (0.50 mt)	*	*	*
Guantes (pares)	*	*	*
Gafas	*	*	*
Gabachas de Nylon	*	*	*
Mascarillas (50 Un.)	*	*	*
Extintor	*	*	*

*Utensilio empleado para manufacturar producto.

Utilización de utensilios por producto.

Por lo tanto el costo de otros utensilios para la planta para cada uno de los productos a elaborar da como resultado las cantidades que se muestran en el cuadro a continuación:

Descripción	A1	A2	A3
Porta Adhesivo	\$3.50	\$3.50	\$3.50
Raquets	\$68.75	\$68.75	\$68.75
Varilla (0.50 mt)	\$0.75	\$0.75	\$0.75
Espátula (0.50 mt)	\$15.47	\$15.47	\$15.47
Guantes (pares)	\$28.53	\$28.53	\$28.53
Gafas	\$62.50	\$62.50	\$62.50
Gabachas de Nylon	\$37.90	\$37.90	\$37.90
Mascarillas (50 Un.)	\$2.67	\$2.67	\$2.67
Extintor	\$70.00	\$70.00	\$70.00
Total (\$)	\$290.07	\$290.07	\$290.07

Distribución de costos en utensilios para cada producto.

iv. Mantenimiento de Maquinaria y Equipo.

Se refiere al mantenimiento que se le brinda anualmente a la maquinaria y equipo, como prevención a las posibles fallas que puedan darse en ellas o para mantenerlos funcionando de manera optima a lo largo de su vida útil. A continuación se presenta el costo Total Anual asignado para el mantenimiento de la maquinaria y equipo de la empresa modelo, el cual ha sido calculado en base al 5% del costo de cada una de la maquinaria y equipo considerados, también se muestra un asterisco para representar la utilización de los mismos en la elaboración de cada uno de los productos.

Cant.	Maquinaria / Equipo	Costo (\$)	A1	A2	A3	Mantto. Anual (\$)
1	INYECTORA # 1	\$7,800.00	*			\$390.00
1	INYECTORA # 2	\$4,060.00		*	*	\$203.00
1	Soplador enfriador	\$226.00	*	*	*	\$11.30
1	Bomba tanque enfria.	\$340.00	*	*	*	\$17.00
1	Bomba de alimen.	\$315.00	*			\$15.75
1	Bomba de alimen.	\$260.00		*	*	\$13.00
1	Bomba de retorno	\$790.00	*	*	*	\$39.50
1	Prensa troqueladora	\$1,430.00	*			\$71.50
1	Prensa troqueladora	\$2,990.00		*		\$149.50
1	Prensa troqueladora	\$980.00			*	\$49.00
1	Desenrolladora	\$2,200.00	*	*	*	\$110.00
1	Taladro pedestal	\$840.00	*	*	*	\$42.00
1	Cortadora	\$3,610.00	*	*	*	\$180.50
1	Taladro de banco	\$780.00	*			\$39.00
1	Taladro de banco	\$520.00		*	*	\$26.00
1	Banda transportadora	\$1,630.00	*	*	*	\$81.50
6	Prensa troqueladora	\$5,640.00	*	*	*	\$282.00
1	Pulidora doble	\$460.00	*			\$23.00
4	Pulidora	\$1,160.00	*	*	*	\$58.00
1	Pulidora de corte	\$315.00	*	*	*	\$15.75
2	Torno	\$4,400.00	*	*	*	\$220.00
1	Bomba taladrina torno	\$150.00	*	*	*	\$7.50
2	Fresadora	\$4,600.00	*	*	*	\$230.00
1	Mortajadora	\$1,700.00	*	*	*	\$85.00
1	Taladro de banco	\$780.00	*	*	*	\$39.00
1	Rectificadora	\$2,400.00	*	*	*	\$120.00
1	Motor de mov. Vertical	\$1,150.00	*	*	*	\$57.50
1	Motor de B. Hidraulica	\$1,000.00	*	*	*	\$50.00
1	Motor de B. Taladrina	\$800.00	*	*	*	\$40.00
1	Rectificadora	\$2,200.00	*	*	*	\$110.00
1	Rectificadora	\$2,300.00	*	*	*	\$115.00
1	Horno	\$3,600.00	*	*	*	\$180.00
1	taladro de mano	\$120.00	*	*	*	\$6.00
1	Soldador	\$1,700.00	*	*	*	\$85.00
1	Pulidora de mano	\$360.00	*	*	*	\$18.00
2	Compresor tornillo	\$1,740.00	*	*	*	\$87.00
1	Compresor tornillo	\$620.00	*	*	*	\$31.00
1	Compresor tornillo	\$620.00	*	*	*	\$31.00
4	Equipo de limpieza	\$1,520.00	*	*	*	\$76.00
30	Depósitos metálicos	\$2,100.00	*	*	*	\$105.00
1	Horno de precalentamiento	\$4,800.00	*	*	*	\$240.00
1	Mesa giratoria	\$1,820.00	*	*	*	\$91.00
25	Elementos de fijación	\$125.00	*	*	*	\$6.25
10	Moldes/plantillas de Sujec.	\$12,000.0	*	*	*	\$600.00
1	Mesas de almacenamiento	\$1,600.00	*	*	*	\$80.00
Total (\$)						\$4,527.55

Costos Anuales de Mantenimiento de Maquinaria y Equipo en la empresa modelo.

El costo total Anual de mantenimiento de Maquinaria y Equipo se ha distribuido proporcionalmente entre los productos que utilizan cada uno de los insumos considerados.

Cant.	Maquinaria / Equipo	Mantto. Anual	A1	A2	A3
1	INYECTORA # 1	\$390.00	\$390.00	\$0.00	\$0.00
1	INYECTORA # 2	\$203.00	\$0.00	\$101.50	\$101.50
1	Soplador enfriador	\$11.30	\$3.77	\$3.77	\$3.77
1	Bomba tanque enfria.	\$17.00	\$5.67	\$5.67	\$5.67
1	Bomba de alimen.	\$15.75	\$15.75	\$0.00	\$0.00
1	Bomba de alimen.	\$13.00	\$0.00	\$6.50	\$6.50
1	Bomba de retorno	\$39.50	\$13.17	\$13.17	\$13.17
1	Prensa troqueladora	\$71.50	\$71.50	\$0.00	\$0.00
1	Prensa troqueladora	\$149.50	\$0.00	\$149.50	\$0.00
1	Prensa troqueladora	\$49.00	\$0.00	\$0.00	\$49.00
1	Desenrolladora	\$110.00	\$36.67	\$36.67	\$36.67
1	Taladro pedestal	\$42.00	\$14.00	\$14.00	\$14.00
1	Cortadora	\$180.50	\$60.17	\$20.06	\$20.06
1	Taladro de banco	\$39.00	\$39.00	\$0.00	\$0.00
1	Taladro de banco	\$26.00	\$0.00	\$13.00	\$13.00
1	Banda transportadora	\$81.50	\$27.17	\$27.17	\$27.17
6	Prensa troqueladora	\$282.00	\$94.00	\$94.00	\$94.00
1	Pulidora doble	\$23.00	\$23.00	\$0.00	\$0.00
4	Pulidora	\$58.00	\$19.33	\$19.33	\$19.33
1	Pulidora de corte	\$15.75	\$5.25	\$5.25	\$5.25
2	Torno	\$220.00	\$73.33	\$24.44	\$73.33
1	Bomba taladrina torno	\$7.50	\$2.50	\$2.50	\$2.50
2	Fresadora	\$230.00	\$76.67	\$76.67	\$76.67
1	Mortajadora	\$85.00	\$28.33	\$28.33	\$28.33
1	Taladro de banco	\$39.00	\$13.00	\$13.00	\$13.00
1	Rectificadora	\$120.00	\$40.00	\$40.00	\$40.00
1	Motor de mov. Vertical	\$57.50	\$19.17	\$19.17	\$19.17
1	Motor de B. Hidraulica	\$50.00	\$16.67	\$16.67	\$16.67
1	Motor de B. Taladrina	\$40.00	\$13.33	\$13.33	\$13.33
1	Rectificadora	\$110.00	\$36.67	\$36.67	\$36.67
1	Rectificadora	\$115.00	\$38.33	\$38.33	\$38.33
1	Horno	\$180.00	\$60.00	\$60.00	\$60.00
1	taladro de mano	\$6.00	\$2.00	\$2.00	\$2.00
1	Soldador	\$85.00	\$28.33	\$28.33	\$28.33
1	Pulidora de mano	\$18.00	\$6.00	\$6.00	\$6.00
2	Compresor tornillo	\$87.00	\$29.00	\$29.00	\$29.00
1	Compresor tornillo	\$31.00	\$10.33	\$10.33	\$10.33
1	Compresor tornillo	\$31.00	\$10.33	\$10.33	\$10.33
4	Equipo de limpieza	\$76.00	\$25.33	\$25.33	\$25.33
30	Depósitos metálicos	\$105.00	\$35.00	\$35.00	\$35.00
1	Horno de precalentamiento	\$240.00	\$80.00	\$80.00	\$80.00
1	Mesa giratoria	\$91.00	\$30.33	\$30.33	\$30.33
25	Elementos de fijación	\$6.25	\$2.08	\$2.08	\$2.08
10	Moldes/plantillas de Sujec.	\$600.00	\$200.00	\$200.00	\$200.00
1	Mesas de almacenamiento	\$80.00	\$26.67	\$26.67	\$26.67
Total (\$)			\$1,721.85	\$1,364.10	\$1,312.49

Distribución de costos anuales de Mantenimiento de Maquinaria y Equipo.

v. *Mantenimiento General de la Planta.*

Representa los gastos en que se incurre para realizar la limpieza general de la planta: limpieza de instalaciones y Limpieza general de la maquinaria/equipo que se utiliza para la elaboración de los 3 productos. En este rubro no se incluye el costo de Mano de obra pues la Limpieza es parte de las actividades de los operarios la cual será realizada al final de cada jornada y de manera profunda al final de la semana.

Articulo	Cantidad / año	Costo Unitario (\$)	Total (\$)
Basureros planta	6	6.86	41.16
Escobas	12	1.31	15.72
Jabón desinfectante	48	0.60	28.80
Limpiador desinfectante (galón)	40	1.72	68.80
Pala para basura	4	1.15	4.60
Bolsas 25x35 para basurero (12 uni.)	22	0.69	15.18
Cepillos para limpiar maquina/equipo	24	0.57	13.68
Detergente limpiador (lbs.)	100	0.52	52.00
Franela (0.3*0.3 mt)	200	0.38	76.00
Spray desengrasante	48	3.51	168.48
Total (\$)			\$484.42

Costos Anuales de Mantenimiento general de la planta

El costo total Anual de mantenimiento se ha distribuido equitativamente entre los 3 productos a elaborar, dando como resultado los costos que se muestran a continuación:

Producto	A1	A2	A3
Porcentaje	33.33%	33.33%	33.33%
Total (\$)	161.46	161.46	161.46

Costo Anual de Mantenimiento General por cada producto.

vi. *Depreciación de Maquinaria y Equipo.*

Esta se refiere a la pérdida de valor que tienen los bienes debido al uso de los mismos, el tiempo de vida, la obsolescencia y su agotamiento. Dado que en nuestro país el uso de la tecnología se mantiene durante varios años sin ser desplazada por otras de más actualidad (debido a las limitantes de recursos económicos), el valor de salvamento que se tomará es de un 15%⁸ para toda la maquinaria.

⁸ Estimaciones de la contraparte y el grupo de trabajo.

Para propósitos de depreciación, la vida útil de cada una de la maquinaria y Equipo considerados se ha determinado en base a la ley tributaria⁹, en donde se establece los tiempos mínimos de depreciación de la siguiente manera:

- ✓ Bienes Inmuebles: 20 años (vida útil)
- ✓ Bienes muebles: 5 años (vida útil)
- ✓ Equipo: 2 años (vida útil)

El método ha utilizar será el de línea recta, su cálculo se realiza con la siguiente formula:

$$\text{Carga anual por depreciación} = (P - S) / N$$

Donde:

P: Valor Actual.

S: Valor de salvamento.

N: Vida Útil.

El calculo de toda la maquinaria y Equipo en la planta se encuentra detallada en el siguiente cuadro:

⁹ Ley tributaria: Artículo 30, inciso 3.

Cant.	Maquinaria / Equipo	Valor Total "P" (\$)	Vida Útil "N" (Años)	Valor de Salvamento "S" (\$)	Cargo por Depreciación Anual (\$)
1	Inyectora # 1	7,800.00	5	1,170.00	1,326.00
1	Inyectora # 2	4,060.00	5	609.00	690.20
1	Soplador enfriador	226.00	2	33.90	96.05
1	Bomba tanque enfriamiento	340.00	2	51.00	144.50
1	Bomba de alimentación	315.00	2	47.25	133.88
1	Bomba de alimentación	260.00	2	39.00	110.50
1	Bomba de retorno	790.00	2	118.50	335.75
1	Prensa troqueladora	1,430.00	5	214.50	243.10
1	Prensa troqueladora	2,990.00	5	448.50	508.30
1	Prensa troqueladora	980.00	5	147.00	166.60
1	Desenrolladora	2,200.00	2	330.00	935.00
1	Taladro pedestal	840.00	5	126.00	142.80
1	Cortadora	3,610.00	5	541.50	613.70
1	Taladro de banco	780.00	5	117.00	132.60
1	Taladro de banco	520.00	5	78.00	88.40
1	Banda transportadora	1,630.00	2	244.50	692.75
6	Prensa troqueladora	5,640.00	5	846.00	958.80
1	Pulidora doble	460.00	5	69.00	78.20
4	Pulidora	1,160.00	5	174.00	197.20
1	Pulidora de corte	315.00	5	47.25	53.55
2	Torno	4,400.00	5	660.00	748.00
1	Bomba taladrina torno	150.00	2	22.50	63.75
2	Fresadora	4,600.00	5	690.00	782.00
1	Mortajadora	1,700.00	2	255.00	722.50
1	Taladro de banco	780.00	5	117.00	132.60
1	Rectificadora	2,400.00	2	360.00	1,020.00
1	Motor de mov. Vertical	1,150.00	2	172.50	488.75
1	Motor de B. Hidraulica	1,000.00	2	150.00	425.00
1	Motor de B. Taladrina	800.00	2	120.00	340.00
1	Rectificadora	2,200.00	2	330.00	935.00
1	Rectificadora	2,300.00	2	345.00	977.50
1	Horno de pintura	3,600.00	5	540.00	612.00
1	Taladro de mano	120.00	5	18.00	20.40
1	Soldador	1,700.00	5	255.00	289.00
1	Pulidora de mano	360.00	5	54.00	61.20
2	Compresor tornillo	1,740.00	2	261.00	739.50
1	Compresor tornillo	620.00	2	93.00	263.50
1	Compresor tornillo	620.00	2	93.00	263.50
4	Equipo de limpieza	1,520.00	2	228.00	646.00
30	Depósitos metálicos	2,100.00	2	315.00	892.50
1	Horno de Pre calentamiento	4,800.00	5	720.00	816.00
1	Mesa giratoria	1,820.00	2	273.00	773.50
25	Elementos de fijación	125.00	2	18.75	53.13
10	Moldes de sujeción	12,000.00	2	1,800.00	5,100.00
1	Mesa de Almacenamiento	1,600.00	2	240.00	680.00
Total (\$)					25,493.20

Cargo por Depreciación Anual de Maquinaria y Equipo en la empresa modelo.

El costo por Depreciación Anual de Maquinaria y Equipo se ha distribuido proporcionalmente entre los productos que utilizan cada uno de los insumos considerados, dando como resultado los costos que se muestran a continuación:

Maquinaria / Equipo	Cargo por Depreciación Anual (\$)	Productos		
		A1 (\$)	A2 (\$)	A3 (\$)
Inyectora # 1	1,326.00	442.00	442.00	442.00
Inyectora # 2	690.20	230.07	230.07	230.07
Soplador enfriador	96.05	32.02	32.02	32.02
Bomba tanque enfriamiento	144.50	48.17	48.17	48.17
Bomba de alimentación	133.88	44.63	44.63	44.63
Bomba de alimentación	110.50	36.83	36.83	36.83
Bomba de retorno	335.75	111.92	111.92	111.92
Prensa troqueladora	243.10	0.00	243.10	0.00
Prensa troqueladora	508.30	508.30	0.00	0.00
Prensa troqueladora	166.60	0.00	0.00	166.60
Desenrolladora	935.00	311.67	311.67	311.67
Taladro pedestal	142.80	47.60	47.60	47.60
Cortadora	613.70	204.57	204.57	204.57
Taladro de banco	132.60	66.30	66.30	0.00
Taladro de banco	88.40	0.00	0.00	88.40
Banda transportadora	692.75	230.92	230.92	230.92
Prensa troqueladora	958.80	319.60	319.60	319.60
Pulidora doble	78.20	26.07	26.07	26.07
Pulidora	197.20	65.73	65.73	65.73
Pulidora de corte	53.55	17.85	17.85	17.85
Torno	748.00	249.33	249.33	249.33
Bomba taladrina torno	63.75	21.25	21.25	21.25
Fresadora	782.00	260.67	260.67	260.67
Mortajadora	722.50	240.83	240.83	240.83
Taladro de banco	132.60	44.20	44.20	44.20
Rectificadora	1,020.00	340.00	340.00	340.00
Motor de mov. Vertical	488.75	162.92	162.92	162.92
Motor de B. Hidraulica	425.00	141.67	141.67	141.67
Motor de B. Taladrina	340.00	113.33	113.33	113.33
Rectificadora	935.00	311.67	311.67	311.67
Rectificadora	977.50	325.83	325.83	325.83
Horno de pintura	612.00	204.00	204.00	204.00
Taladro de mano	20.40	6.80	6.80	6.80
Soldador	289.00	96.33	96.33	96.33
Pulidora de mano	61.20	20.40	20.40	20.40
Compresor tornillo	739.50	739.50	739.50	739.50
Compresor tornillo	263.50	0.00	263.50	0.00
Compresor tornillo	263.50	0.00	0.00	263.50
Equipo de limpieza	646.00	215.33	215.33	215.33
Depósitos metálicos	892.50	297.50	297.50	297.50
Horno de Precalentamiento	816.00	272.00	272.00	272.00
Mesa giratoria	773.50	257.83	257.83	257.83
Elementos de fijación	53.13	17.71	17.71	17.71
Moldes de sujeción	5,100.00	1,700.00	1,700.00	1,700.00
Mesa de Almacenamiento	680.00	226.67	226.67	226.67
Total (\$)	25,493.20	9,010.00	8,268.80	8,214.40

Distribución por producto de la depreciación Anual de Maquinaria y Equipo.

vii. Consumo de Energía Eléctrica.

Representa la estimación de los costos de energía eléctrica según los precios máximos para el suministro eléctrico brindado por CAESS (institución que presta el servicio a la empresa modelo), según la Súper Intendencia de Electricidad y Comunicaciones (SIGET), en concepto de Kwh consumidos por la maquinaria, equipo y luminarias utilizadas en el proceso de producción.

Maquinaria / Equipo	Consumo / mes (Kwh)	Costo (\$ / Kwh)	Costo Mensual (\$)	Costo Anual (\$)
Inyectora # 1	82.33	0.09	7.41	88.92
Inyectora # 2	82.33	0.09	7.41	88.92
Soplador enfriador	30.56	0.09	2.75	33.00
Bomba tanque enfriamiento	30.56	0.09	2.75	33.00
Bomba de alimentación	65.00	0.09	5.85	70.20
Prensa troqueladora	71.78	0.09	6.46	77.52
Taladro pedestal	36.44	0.09	3.28	39.36
Taladro de banco	38.33	0.09	3.45	41.40
Banda transportadora	57.89	0.09	5.21	62.52
Pulidora doble	38.00	0.09	3.42	41.04
Pulidora	35.67	0.09	3.21	38.52
Torno	59.56	0.09	5.36	64.32
Bomba taladrina torno	53.89	0.09	4.85	58.20
Fresadora	47.22	0.09	4.25	51.00
Rectificadora	69.22	0.09	6.23	74.76
Motor de mov. Vertical	59.56	0.09	5.36	64.32
Motor de B. Hidraulica	59.56	0.09	5.36	64.32
Motor de B. Taladrina	59.56	0.09	5.36	64.32
Horno de pintura	149.00	0.09	13.41	160.92
Taladro de mano	25.11	0.09	2.26	27.12
Soldador	93.56	0.09	8.42	101.04
Pulidora de mano	69.44	0.09	6.25	75.00
Compresor tornillo	59.56	0.09	5.36	64.32
Horno de Pre calentamiento	260.11	0.09	23.41	280.92
TOTAL (\$)			147.08	1,764.96

Consumo Anual de Energía Eléctrica en maquinaria y equipo.

El consumo de energía eléctrica se ha distribuido entre cada uno de los 3 productos que utiliza la maquinaria y equipo descrita en el cuadro siguiente:

Maquinaria/ Equipo	Costo Anual (\$)	A1 (\$)	A2 (\$)	A3 (\$)
Inyectora # 1	88.92	29.64	29.64	29.64
Inyectora # 2	88.92	29.64	29.64	29.64
Soplador enfriador	33.00	11.00	11.00	11.00
Bomba tanque enfriamiento	33.00	11.00	11.00	11.00
Bomba de alimentación	70.20	23.40	23.40	23.40
Prensa troqueladora	77.52	25.84	25.84	25.84
Taladro pedestal	39.36	13.12	13.12	13.12
Taladro de banco	41.40	13.80	13.80	13.80
Banda transportadora	62.52	20.84	20.84	20.84
Pulidora doble	41.04	13.68	13.68	13.68
Pulidora	38.52	12.84	12.84	12.84
Torno	64.32	21.44	21.44	21.44
Bomba taladrina torno	58.20	19.40	19.40	19.40
Fresadora	51.00	17.00	17.00	17.00
Rectificadora	74.76	24.92	24.92	24.92
Motor de mov. Vertical	64.32	21.44	21.44	21.44
Motor de B. Hidraulica	64.32	21.44	21.44	21.44
Motor de B. Taladrina	64.32	21.44	21.44	21.44
Horno de pintura	160.92	53.64	53.64	53.64
Taladro de mano	27.12	9.04	9.04	9.04
Soldador	101.04	33.68	33.68	33.68
Pulidora de mano	75.00	25.00	25.00	25.00
Compresor tornillo	64.32	21.44	21.44	21.44
Horno de Pre calentamiento	280.92	93.64	93.64	93.64
TOTAL (\$)	1,764.96	588.32	588.32	588.32

Distribución del Costo Anual de Consumo de Energía Eléctrica en maquinaria y equipo.

viii. Consumo de Agua.

Este rubro representa la estimación de m³ de agua que se consumirán al año en concepto de Servicios Sanitarios, Lavado de Manos y Limpieza de Maquinaria, Equipo e Instalaciones.

Descripción	Glns./ Día	m³ / Día¹⁰	m³ / mes	m³ / año
Servicios sanitarios	90	0.3402	7.14	85.73
Lavado de manos	18	0.0680	1.43	17.14
Limpieza de maquinaria, equipos e instalaciones.	20	0.0756	1.59	19.05
Total	128	0.4838	10.16	121.92

Estimación del consumo de agua anual para la empresa modelo.

¹⁰ El factor de conversión de Galones a m³ es de 0.00378.

El cálculo de consumo anual de agua se obtiene multiplicando la cantidad de m³ de agua que se consumen al año por su costo unitario que es de \$0.35¹¹, el resultado se muestran en el siguiente cuadro:

Concepto	Consumo / año (m ³)	Costo (\$/m ³)	Costo Anual (\$)
Consumo de Agua	121.92	0.35	42.67
Total (\$)			42.67

Determinación del costo anual por consumo de agua en la planta modelo.

El cálculo de consumo de agua por producto se ejemplifica a continuación:

Producto A1 = \$42.67 X 74.83% (porcentaje de producción) = \$31.93

El costo para los demás productos ha sido calculado de igual manera, los resultados se muestran en el siguiente cuadro:

Producto	A1	A2	A3
Vol. de Producción	74.83%	19.95%	5.22 %
Distribución	\$31.93	\$8.51	\$2.23

Distribución del costo anual de agua en la planta modelo.

En el cuadro siguiente, se presenta el resumen de los costos anuales del área de producción para cada uno de los 3 productos a elaborar por la empresa modelo:

Productos	A1	A2	A3
Costos Directos (\$)			
Mano de Obra Directa	\$51,709.26	\$15,950.37	\$3,262.41
Materia Prima	\$656,774.08	\$230,067.57	\$38,768.05
Sub – Total (1)	\$708,483.34	\$246,017.94	\$42,030.46
Costos Indirectos (\$)			
Mano de Obra Indirecta	\$20,597.47	\$ 5,491.38	\$1,436.84
Materiales Indirectos	\$143,149.86	\$65,114.28	\$7,305.48
Otros utensilios en planta	\$290.07	\$290.07	\$290.07
Mantenimiento de Maq. y equipo	\$1,721.85	\$1,364.10	\$1,312.49
Mantenimiento general	\$161.46	\$161.46	\$161.46
Depreciación de Maq. Y Equipo	\$9,010.00	\$8,268.80	\$8,214.40
Consumo de Energía eléctrica	\$588.32	\$588.32	\$588.32
Consumo de Agua	\$31.93	\$8.51	\$2.23
Sub-Total (2)	\$175,550.96	\$81,286.92	\$19,311.29
Total (1+2)	\$884,034.30	\$327,304.86	\$61,341.75

Resumen de Costos Anuales de Producción para cada producto.

¹¹ Fuente: Alcaldía de Soyapango.

2. COSTOS DE ADMINISTRACION.

Dentro de este rubro se consideran los costos en que se incurre al realizar todas las actividades administrativas de la planta (Gerencia General. Área de Servicios Varios, Área administrativa y contable), ente ellos se encuentran la mano de obra, consumo de agua, energía eléctrica y teléfono, depreciación de mobiliario y equipo de oficina, costos de papelería, depreciación de obra civil y amortización de la inversión fija intangible y del terreno. Todos los costos Administrativos se distribuyen equitativamente entre los 3 productos a elaborar ya que son independientes del proceso y volumen de producción del modelo. El detalle de cada rubro se detallado a continuación:

a. Costo Anual de Mano de Obra Administrativa.

Este rubro incluye los costos en que se incurre por Mano de Obra Administrativa: Gerente General, Encargado de Compras y ventas, Servicios varios, secretaria y asistente contable.

A manera de ejemplo se muestran los cálculos para el Gerente General:

Sueldo anual = \$627.84 (Salario mensual) X 12 meses = \$7,534.08

ISSS = \$7,534.08 X 0.07 = \$527.39

AFP = \$7,534.08 X 0.0675 = \$508.55

Vacaciones = $\$627.84/2 = \$313.92 + 0.30(\$313.92) = \408.10

Aguinaldo = $\$627.84/21 = \29.90 (salario diario); $\$29.89 \times 10 = \298.97

Total anual por empleado = \$7,534.08+\$527.39+\$508.55+\$408.10+\$299 = \$9,277.08

El costo anual de los demás puestos administrativos se calculo de igual manera, los resultados se muestran en el cuadro a continuación:

Nombre del Puesto	Sueldo Mensual (\$)	Sueldo anual (\$)	ISSS (\$)	AFP (\$)	Vacac.	Aguin.	Tota (\$)
(1)Gerente General	627.84	7,534.08	527.39	508.55	408.10	298.97	9,277.08
(1)Encargado compras y ventas	251.42	3,017.04	211.19	203.65	163.42	119.72	3,715.03
(1)Encargado servicios varios.	171.42	2,057.04	143.99	138.85	111.42	81.63	2,532.93
(1)Secretaria	171.42	2,057.04	143.99	138.85	111.42	81.63	2,532.93
(1)Asistente contable	285.72	3,428.64	240.00	231.43	185.72	136.06	4,221.85
Total (\$)							22,279.84

Costo Anual de Mano de Obra Administrativa.

El cálculo de mano de obra administrativa se cargará por igual a cada producto ya que es independiente del proceso de producción del modelo, el resultado se muestra a continuación:

Producto	A1	A2	A3
Porcentaje	33.33%	33.33%	33.33 %
Total (\$)	7,425.87	7,425.87	7,425.87

Costo Anual de Mano de Obra Administrativa por producto.

b. Consumo de agua.

Se carga en concepto de uso de servicios sanitarios y lavado de Manos para el área administrativa.

El cálculo de consumo de agua se especifica a continuación

Descripción	Gls./Día.	m³/día	m³/mes	m³/año
Servicios Sanitarios	24	0.09072	1.90	22.86
Lavado de manos	8	0.03024	0.63	7.62
Total	32	0.12096	2.54	30.48

Consumo Anual de Agua en área Administrativa.

El costo de consumo anual de agua se obtiene multiplicando la cantidad de m³ que se consumen al año por el costo unitario que es de \$0.35, el resultado se muestran en el siguiente cuadro:

Concepto	m³/año	Costo Unitario	Costo Anual
Consumo de Agua	30.84	\$0.35	\$10.79
Total			\$10.79

Costo Anual de Agua en Área Administrativa.

El costo anual de consumo de agua se ha distribuido equitativamente entre los productos a elaborar por el modelo, los resultados se muestra a continuación:

Producto	A1	A2	A3
Porcentaje	33.33%	33.33%	33.33%
Total (\$)	3.60	3.60	3.60

Distribución del costo Anual de Agua por producto en área administrativa.

c. Consumo de Energía Eléctrica.

Representa la estimación del costo Anual de consumo de energía eléctrica según los precios máximos para el suministro eléctrico brindado por CAESS, en concepto de Kwh consumidos por equipo y luminarias utilizadas en el área administrativa de la empresa modelo, además se carga la cuota por uso de red y cargo de comercialización.

Equipo	Kwh / mes	\$ / Kwh	Costo mensual (\$)	Costo Anual (\$)
(3) Ventiladores	80.64	0.09	7.26	87.09
(1) Computadora	235.20	0.09	21.17	254.02
(1) Impresor	10.50	0.09	0.95	11.34
(2) Oasis	21.00	0.09	1.89	22.68
(8) Lámparas	53.76	0.09	4.84	58.06
Cargo por Uso de red			16.31	195.72
Cargo de Comercialización			0.70	8.40
Total (\$)				637.31

Consumo Anual de energía eléctrica en área administrativa.

El costo anual de consumo de energía eléctrica se ha distribuido uniformemente entre los 3 productos a elaborar, ya que el trabajo de oficina es independiente del volumen de producción de cada producto. El resultado se muestra en el siguiente cuadro:

Producto	A1	A2	A3
Porcentaje	33.33%	33.33%	33.33%
Total (\$)	212.44	212.44	212.44

Distribución del consumo anual de energía eléctrica en administración.

d. Consumo de Teléfono.

En este rubro se carga el costo de consumo anual de Teléfono por impulsos anuales, así mismo se agrega la cuota fija que ha sido establecida para la industria la cual es de \$16.01/mes.

Concepto	Impulsos/mes	Costo/impulso	Costo mensual	Costo Anual
Servicio Telefónico	2,888 ¹²	\$ 0.039	\$112.63	\$1,351.58
Cuota fija			\$ 16.01	\$ 192.12
Total				\$ 1, 543.70

Consumo anual de servicio telefónico en área administrativa.

¹² 25 llamadas diarias, duración media de 5 minutos y holgura de 10% para llamadas imprevistas.

El monto total de consumo de teléfono se ha distribuido uniformemente entre los 3 productos a elaborar, ya que el trabajo de oficina es independiente del volumen de producción de cada producto. El resultado se muestra en el siguiente cuadro:

Producto	A1	A2	A3
Porcentaje	33.33%	33.33%	33.33%
Total (\$)	514.52	514.52	514.52

Distribución del consumo anual del servicio telefónico.

e. Depreciación de Mobiliario y Equipo de Oficina.

Para estimar la depreciación del mobiliario y equipo de oficina se ha utilizado el método de línea recta. Además se ha establecido que el porcentaje del valor de salvamento será del 25% del valor inicial del mobiliario y equipo y se ha calculado en base a una vida útil de 2 y 3 años dependiendo del bien.

Descripción	Cantidad	Valor	Vida Útil (años)	Valor de Recuperac.(\$)	Depreciación Anual (\$)
Archivero	1	\$115.00	3	28.75	28.75
Escritorio Secretarial	4	\$424.00	3	106.00	106.00
Silla Ergo.-secretarial	4	\$140.00	3	35.00	35.00
Sillas Plásticas	4	\$20.00	2	5.00	7.50
Ventilador	4	\$54.84	2	13.71	20.57
Computadora	2	\$940.00	3	235.00	235.00
Impresor	2	\$96.20	2	24.05	36.08
Calculadora	4	\$24.00	3	6.00	6.00
Oasis	1	\$149.00	3	37.25	37.25
Teléfono	2	\$50.00	3	12.50	12.50
Total (\$)					524.64

Depreciación anual de Mobiliario y Equipo de Oficina.

El Costo Anual por depreciación del Mobiliario y equipo de oficina se ha distribuido de manera equitativa entre los 3 productos ya que este costo es independiente del volumen de producción de cada producto. En el siguiente cuadro se muestran los resultados:

Producto	A1	A2	A3
Porcentaje	33.33%	33.33%	33.33%
Total (\$)	\$174.86	\$174.86	\$174.86

Distribución de la depreciación anual de Mobiliario y equipo de oficina.

f. Costos de Papelería.

En este rubro se considera el papel bond, engrapadora, grapas, lápices, lapiceros y borradores que se utilizan para la realización de las actividades del área administrativa. A continuación se presentan los artículos que se incluyen y sus respectivos costos:

Artículo	Cantidad Anual	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$)
Resma papel bond	24	3.00	72.00
Engrapadora	2	2.74	5.48
Grapas (5,000 U.)	2	0.85	1.70
Lapicero (12 U.)	5	1.37	6.85
Lápiz (12 U.)	5	1.37	6.85
Borrador (12 U.)	1	2.74	2.74
Total (\$)			95.62

Costos anuales de papelería en la empresa modelo.

El costo Anual de papelería se ha distribuido de manera equitativa entre los 3 productos ya que este costo es independiente del volumen de producción de cada producto. A continuación se muestran los resultados obtenidos:

Producto	A1	A2	A3
Porcentaje	33.33%	33.33%	33.33%
Total (\$)	\$31.81	\$31.81	\$31.81

Distribución de los costos anuales de papelería en la empresa modelo.

g. Depreciación de la obra Civil.

Para este cálculo se ha tomado una vida útil de 20 años y un porcentaje de valor de salvamento del 50%, el resultado se muestra a continuación:

Descripción	Valor (\$)	Vida Útil (años)	Valor de Recuperac. (\$)	Depreciación Anual (\$)
Construcción	85,316.35	20 ¹³	42,658.18	2,132.91
Total (\$)				2,132.91

Depreciación anual de la Obra Civil en la empresa modelo.

El costo Anual de Depreciación de Obra Civil se ha distribuido de manera equitativa entre los 3 productos a fabricar, puesto que este costo es independiente del volumen de producción de cada producto. A continuación se muestran los resultados:

¹³ Según Art. 30 de la recopilación de leyes tributarias.

Producto	A1	A2	A3
Porcentaje	33.33%	33.33%	33.33%
Total (\$)	710.97	710.97	710.97

Distribución de la depreciación anual de la obra civil en la empresa modelo.

h. Amortización de la inversión fija Intangible.

Dentro del rubro de Inversión fija Intangible se encuentra los Costos de Investigación y estudios previos, además costos de Administración de la implantación del modelo propuesto y puesta en marcha necesarios para una buena implantación y buen funcionamiento del programa. El cálculo de amortización de la inversión fija intangible se hará para un periodo de 5 años porque es el periodo de análisis para la empresa modelo.

Rubro	Monto (\$)
Investigación y estudios previos	10,869.00
Administración de la implantación	8,253.67
Puesta en marcha (prueba piloto)	20,447.45
Total (\$)	39,570.12

Resumen de la Inversión fija intangible.

El cargo anual de Amortización de inversión fija Intangible para cada producto, se muestra a continuación:

Descripción	Valor (\$)	Vida Útil (Años)	Amortización Anual (\$)
Inversión Fija Intangible	39,570.12	5	7,914.02
Total (\$)			7,914.02

Determinación del cargo por amortización anual a la empresa modelo.

El cargo Anual de Amortización de la inversión fija Intangible se ha distribuido de manera equitativa entre los 3 productos, puesto que este costo es independiente del volumen de producción de cada producto. A continuación se muestran los resultados:

Producto	A1	A2	A3
Porcentaje	33.33%	33.33%	33.33%
Total (\$)	2,638.01	2,638.01	2,638.01

Distribución del cargo anual por amortización de Inv. Fija Intangible.

i. Amortización del Terreno.

Si bien el terreno no reduce su valor, es necesario recuperar la inversión del mismo lo que se realiza a través de la amortización del bien, la cual se hará para un periodo de 20 años por ser el tiempo para el cual se ha realizado el cálculo de depreciación de la Obra Civil, a continuación se muestra el costo total del terreno:

Dimensión (m ²)	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$)
4,200	\$89.00 ¹⁴	373,800.00
Total (\$)		373,800.00

Inversión en terreno para la empresa modelo.

El cargo anual de Amortización del terreno se muestra a continuación:

Descripción	Valor (\$)	Vida Útil (años)	Amortización Anual (\$)
Terreno	373,800.00	20	18,690.00
Total (\$)			18,690.00

Cargo por amortización Anual del Terreno en empresa modelo.

El cargo Anual de Amortización del terreno se ha distribuido de manera equitativa entre los 3 productos, puesto que este costo es independiente del volumen de producción de cada producto. A continuación se muestran los resultados:

Producto	A1	A2	A3
Porcentaje	33.33%	33.33%	33.33%
Total (\$)	6,230.00	6,230.00	6,230.00

Distribución del cargo anual de amortización del terreno.

A continuación se muestra el resumen de los costos de administración en los que se incurre con el funcionamiento de la empresa modelo:

¹⁴ Fuente: Cotización en zona de la Empresa Modelo

Rubro	A1 (\$)	A2 (\$)	A3 (\$)
Mano de Obra	7,425.87	7,425.87	7,425.87
Consumo de Agua	3.60	3.60	3.60
Consumo de Energía Eléctrica	212.44	212.44	212.44
Consumo de teléfono	514.52	514.52	514.52
Depreciación de Mobiliario y equipo	174.86	174.86	174.86
Papelería	31.81	31.81	31.81
Depreciación de obra civil	710.97	710.97	710.97
Amortización de Inversión fija Intangible	2,638.01	2,638.01	2,638.01
Amortización de terreno	6,230.00	6,230.00	6,230.00
Total (\$)	17,942.08	17,942.08	17,942.08

Resumen de costos anuales de administración por producto.

3. COSTOS DE COMERCIALIZACIÓN.

Se consideran los costos que se relacionan con todas las actividades referentes a comercialización, es decir, hacer llegar los productos desde la planta hasta su distribuidor o cliente, esta actividad será realizada únicamente por una persona bajo el puesto de encargado de ventas. Todos los costos que este rubro representa serán distribuidos de manera equitativa entre los 3 productos a elaborar por la empresa modelo. En los costos de comercialización se incluyen los siguientes rubros: mano de obra, consumo de combustible, mantenimiento de vehículo y depreciación del mismo. El desarrollo de cada uno de los rubros antes mencionados se muestra a continuación:

a. Mano de Obra.

Incluye el salario de la persona encargada de compras y ventas, el cual asciende a un costo anual de \$3,715.03 y representa \$1,238.34 por cada producto.

A continuación se detalla el costo de mano de obra de comercialización:

Nombre del Puesto	Sueldo Mensual (\$)	Sueldo anual (\$)	ISSS (\$)	AFP (\$)	Vacac.	Aguin.	Tota (\$)
(1)Encargado compras y ventas	251.42	3,017.04	211.19	203.65	163.42	119.72	3,715.03
Total (\$)							3,715.03

Costo Anual de Mano de Obra en comercialización de los productos.

El costo de Mano de Obra por comercialización se ha distribuido de manera equitativa entre los 3 productos ya que este costo es independiente del volumen de producción de cada producto. A continuación se muestran los resultados:

Producto	A1	A2	A3
Porcentaje	33.33%	33.33%	33.33%
Total (\$)	1,238.34	1,238.34	1,238.34

Distribución de costos anuales en M.O. para comercialización.

b. Consumo de Combustible.

En este rubro se considera el cálculo promedio de galones de combustible anuales a consumir para la entrega de los productos así como su costo, el monto anual asciende a \$2,094.00 y representa un costo de \$698.00 para cada uno de los productos a elaborar por el modelo.

Se tomara como referencia el consumo de 50 galones mensuales de combustible para realizar las entregas de los productos a los clientes, y para realizar el cálculo se tomara el precio por galón de gasolina de \$3.49, que es el precio promedio para las ultimas semanas en el mercado nacional.

Ej. 50 galones/mes X \$3.49 = \$174.50; \$174.50 X 12 meses = \$2,094.00 anuales

Concepto	Galones/ mes	\$ / Galón	\$ / Mes	\$ / Año
Consumo de Combustible	50	3.49	174.50	2,094.00
Total (\$)				2,094.00

Consumo anual de combustible para comercialización.

Los costos por consumo de combustible se han distribuido de manera equitativa entre los 3 productos, debido a que este costo es independiente del volumen de producción de cada producto. A continuación se muestran los resultados:

Producto	A1	A2	A3
Porcentaje	33.33%	33.33%	33.33%
Total (\$)	698.00	698.00	698.00

Distribución de costos anuales por combustible en comercialización.

c. Mantenimiento de Vehículo.

Se refiere al mantenimiento que se le brinda anualmente al vehículo en el que se realiza la comercialización de los productos (pickup), como prevención a las posibles fallas que puede presentar o para mantenerlo funcionando de manera óptima a lo largo de su vida útil. A continuación se presenta el costo Total Anual asignado para el mantenimiento del mismo, el cual ha sido calculado en base al 5% de su costo.

Equipo	Costo (\$)	Costo de Mantto. anual (\$)
Pickup "Kia" 2 Ton.	7,500.00	375.00

Costos anuales de mantenimiento de vehículo.

El costo total Anual de mantenimiento del Equipo del área de comercialización se ha distribuido equitativamente entre los 3 productos a elaborar por la empresa modelo, dando como resultado el costo que se muestran a continuación:

Producto	A1	A2	A3
Porcentaje	33.33%	33.33%	33.33%
Total (\$)	125.00	125.00	125.00

Distribución de Costos anuales de mantenimiento de vehículo.

d. Depreciación de Vehículo.

Este rubro se refiere a la pérdida de valor que tiene el vehículo debido al uso del mismo, su tiempo de vida, el valor de salvamento que se tomará es de un 15%¹⁵. La vida útil del vehículo se ha determinado de acuerdo a ley tributaria, Artículo 30, inciso 3.

El método que se utilizará será el de línea recta, su cálculo se realiza con la siguiente fórmula:

$$\text{Cargo anual por depreciación: } (P - S) / N$$

Donde:

P= Valor Actual

S= Valor de Salvamento

N= Vida Útil

¹⁵ Fuente: Otras empresas que utilizan vehículos similares.

Descripción	Valor (\$)	Vida Útil (años)	Valor de Salvamento (\$)	Depreciación Anual (\$)
Pickup	7,500	5	1,125.00	1,275.00

Depreciación Anual de Vehículo.

El costo Anual de Depreciación del vehículo se ha distribuido equitativamente entre los 3 productos a elaborar por la empresa modelo propuesto dando como resultado los costos que se muestran a continuación:

Producto	A1	A2	A3
Porcentaje	33.33%	33.33%	33.33%
Total (\$)	425.00	425.00	425.00

Distribución por producto de la depreciación anual de vehículo.

A continuación se muestra el resumen de los costos de comercialización de los productos fabricados por la empresa modelo

Rubro	A1	A2	A3
Mano de Obra	1,238.34	1,238.34	1,238.34
Consumo de Combustible	698.00	698.00	698.00
Mantenimiento de vehículo	125.00	125.00	125.00
Depreciación de vehículo	425.00	425.00	425.00
Total (\$)	2,486.34	2,486.34	2,486.34

Resumen de costos anuales de comercialización de los productos.

4. COSTOS FINANCIEROS.

Se refieren a los costos que se deben pagar en relación con capitales obtenidos a través de préstamos. Se ha determinado para este caso una cuota anual, que se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$C = P \{ i (1 + i) ^ n / (1 + i) ^ n - 1 \}$$

Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

C: Valor de la cuota anual = \$21,259.12

P: Monto del préstamo = \$50,129.59

i: Tasa de interés = 10.36%

n : Plazo (tiempo en años que dura el crédito) = 5 años

Para el financiamiento de la empresa modelo se han consultado diversas instituciones financieras de la banca Nacional que trabajan con fondos provenientes del BMI, determinándose como mejor opción la tasa de interés ofrecida por el Banco Agrícola Comercial, la cual es de 10.36% anual para un periodo de 5 años. El cálculo de amortización de la deuda se presenta a continuación:

Años Plazo	Interés (\$)	Cuota Anual (\$)	Pago a capital (\$)	Saldo de la deuda (\$)
0	0	0	0	\$50,129.59
1	\$5,193.43	\$13,345.90	\$8,152.47	\$41,977.12
2	\$4,348.83	\$13,345.90	\$8,997.07	\$32,980.05
3	\$3,416.73	\$13,345.90	\$9,929.16	\$23,050.88
4	\$2,388.07	\$13,345.90	\$10,957.83	\$12,093.06
5	\$1,252.84	\$13,345.90	\$12,093.06	(\$0.00)
Total	\$16,599.90	\$66,729.49	\$50,129.59	

Amortización de la deuda para la empresa modelo.

Los costos por amortización de la deuda ascienden en el primer año a un monto de \$5,193.43 (este monto varia de un año a otro como se puede observar en el cuadro anterior, en la columna de "Interés"), se reparten de manera equitativa entre los 3 productos a elaborar en la empresa modelo, lo que corresponde a \$5,533.30 por producto.

Producto	A1	A2	A3
Porcentaje	33.33%	33.33%	33.33%
Amortización de la deuda (\$)	\$5,533.30	\$5,533.30	\$5,533.30

Distribución de la amortización de la deuda para los tres productos.

5. COSTO UNITARIO.

La acumulación de los Costos durante todo el proceso productivo es la recolección organizada y la clasificación de datos de costos mediante procesos contables. La clasificación de Costos es la agrupación de todos los costos de Manufactura en varias categorías. Costos que se incluyen en el costo total:

- ✓ **Costos de Producción:** que como ya se menciono anteriormente están compuesto por: Costos Directos (Materia Prima y Mano de Obra directa) y costos indirectos de fabricación (Mano de Obra y materiales Indirectos, otros utensilios para la planta, mantenimiento general así como de la maquinaria y el equipo, depreciación de Maquinaria y Equipo, consumo de Energía Eléctrica y Agua).
- ✓ **Costos de Administración:** se consideran los costos en que se incurre al realizar todas las actividades administrativas de la planta, ente ellos se encuentran la mano de obra, consumo de agua, energía eléctrica y teléfono, depreciación de mobiliario y equipo de oficina, costos de papelería, depreciación de obra civil, amortización de la inversión fija intangible y amortización del terreno.
- ✓ **Costos de Comercialización:** Son costos que se relacionan con todas las actividades referentes a comercialización, es decir, hacer llegar los productos desde la planta hasta su distribuidor o cliente.
- ✓ **Costos Financieros:** Se refieren a los costos que se deben pagar en relación con capitales obtenidos a través de préstamos.

A continuación se presenta el costo total y unitario de cada una de estas áreas para cada uno de los productos a elaborar en la empresa modelo:

Tipo de Costo	A1	A2	A3	TOTAL
Costos de Producción	\$884,034.30	\$327,304.86	\$61,341.75	\$1,272,680.91
Costos de Administración	\$17,942.08	\$17,942.08	\$17,942.08	\$53,826.24
Costos de Comercialización	\$2,486.34	\$2,486.34	\$2,486.34	\$7,459.02
Costos Financieros.	\$5,533.30	\$5,533.30	\$5,533.30	\$5,533.30
Total (\$)	\$912,479.40	\$355,749.96	\$89,786.85	\$1,358,016.21

Resumen de Costos Totales Anuales en la empresa modelo.

A continuación se presenta el costo unitario en que cada producto incurre en cada una de las áreas involucradas en su elaboración:

a. Producto A1:

Los costos unitarios para este producto se calculan dividiendo el monto total de cada área entre el número de unidades a producir en el primer año el cual es 1, 684,116 Unidades, así mismo el costo unitario total se calcula dividiendo el costo total de las áreas de la empresa modelo entre el número de unidades anuales a elaborar:

Producción año 1: 1, 684,116 Unidades.		
Tipo de Costo	Monto (\$)	Costo Unitario (\$)
Costos de Producción	\$884,034.30	\$0.5249
Costos de Administración	\$17,942.08	\$0.0107
Costos de Comercialización	\$2,486.34	\$0.0015
Costos Financieros.	\$5,533.30	\$0.0048
Total (\$)	\$912,479.40	\$0.54

Determinación del costo Unitario para el producto A1.

b. Producto A2:

Los costos unitarios para este producto se calculan dividiendo el monto total de cada área entre el número de unidades a producir en el primer año el cual es 449, 064 Unidades, así mismo el costo unitario total se calcula dividiendo el costo total de las áreas de la empresa modelo entre el número de unidades anuales a elaborar:

Producción año 1: 449, 064 Unidades.		
Tipo de Costo	Monto (\$)	Costo Unitario (\$)
Costos de Producción	\$327,304.86	\$0.7289
Costos de Administración	\$17,942.08	\$0.0400
Costos de Comercialización	\$2,486.34	\$0.0055
Costos Financieros.	\$5,533.30	\$0.0179
Total (\$)	\$355,749.96	\$0.79

Determinación del costo Unitario para el producto A2.

b. Producto A3:

Los costos unitarios para este producto se calculan dividiendo el monto total de cada área entre el número de unidades a producir en el primer año el cual es 112,392 Unidades, así mismo el costo unitario total se calcula dividiendo el costo total de las áreas de la empresa modelo entre el numero de unidades anuales a elaborar:

Producción año 1: 112,392 Unidades.		
Tipo de Costo	Monto (\$)	Costo Unitario (\$)
Costos de Producción	\$61,341.75	\$0.5458
Costos de Administración	\$17,942.08	\$0.1596
Costos de Comercialización	\$2,486.34	\$0.0221
Costos Financieros.	\$5,533.30	\$0.0713
Total (\$)	\$89,786.85	\$0.80

Determinación del costo Unitario para el producto A3.

El costo unitario total de cada producto se calcula dividiendo el costo de absorción de cada producto entre el número de unidades a producir del mismo, como se muestra en la siguiente formula:

$$\text{Costo _Unitario} = \frac{C._\text{Pr oduccion} + C._\text{Ad ministracion} + C._\text{Comercializacion} + C._\text{Financieros}}{\text{Unidades _ por _ producto}}$$

A continuación se muestra el resumen de los cálculos para la determinación del costo unitario total de cada uno de los productos:

Descripción	A1	A2	A3
Costo de Absorción	\$912,479.40	\$355,749.96	\$89,786.85
Unidades a producir	1, 684,116	449, 064	112,392
Costo Unitario (\$)	0.54	0.79	0.80

Costo Unitario total de cada uno de los productos a fabricar.

D. FIJACION DEL PRECIO DE VENTA.

Para determinar el precio de venta de cada uno de los productos es necesario tomar en cuenta dos aspectos:

1. REFERENCIA DEL MERCADO COMPETIDOR.

Se toman en cuenta los precios de la competencia, es decir, de otros productos que sean similares en cuanto a calidad y funcionamiento. Los precios de la competencia fueron investigados utilizando información de la contraparte obteniendo los siguientes resultados:

Origen del producto	Similar al producto	Precio* (\$)
Brasil	A2	\$1.15
E.E.U.U.	A1	\$0.95
Mexico	A3	\$1.15

*Precios al consumidor final.

Referencia de precios del mercado consumidor.

2. COSTO UNITARIO DEL PRODUCTO.

Se refiere a establecer el precio de venta de cada tipo de producto tomando en cuenta los costos en los que se incurre para la fabricación de los mismos, es decir, el precio de venta de cada uno de los productos tendrá como plataforma de partida la cobertura de todos los costos incurridos en el. Los costos unitarios de los productos a elaborar en la empresa modelo se muestran a continuación:

Producto	A1	A2	A3
Costo Unitario (\$)	0.54	0.79	0.80

Costo Unitario Total de cada producto de la empresa modelo.

El precio de venta de cada producto se fijara tomando en cuenta los aspectos mencionados anteriormente, es decir, el mercado competidor y los costos unitarios, que permita sugerir un precio de venta al consumidor que sea similar al de la competencia y permita un margen de utilidad a la empresa modelo. Para el cálculo del precio de venta se utiliza la siguiente formula:

$$\text{Precio de venta} = \text{Costo unitario} + (\text{Costo Unitario} \times \% \text{ de utilidad})$$

El precio de venta de cada uno de los productos que cumple con todos los aspectos antes mencionados se muestra a continuación:

Producto	Costo Unitario (\$)	% de Utilidad	Precio de Venta (\$)
A1	0.54	35 %	0.73
A2	0.79	35%	1.07
A3	0.80	35%	1.08

Determinación del precio de venta a Canales de distribución para cada producto.

Una vez determinado el precio de venta de los productos a los canales de Distribución, se sugiere un Precio de Venta al consumidor final, cabe mencionar que es un precio sugerido que permite a los Distribuidores obtener el 15% de utilidad sin embargo estos tienen independencia en cuanto a la fijación de su precio de venta pero se recomienda que mantengan siempre el precio de los productos similares a los precios de la competencia con el fin de cumplir los niveles de venta esperados, el precio de venta sugerido para el consumidor final se muestra en el cuadro a continuación:

Producto	Precio de competencia	Precio a Consumidor Final	Utilidad del distribuidor (%)
A1	\$0.95	\$0.84	15
A2	\$1.15	\$1.23	15
A3	\$1.15	\$1.24	15

Precio de venta sugerido al consumidor final y utilidad del distribuidor.

E. PUNTO DE EQUILIBRIO.

El análisis del Nivel Mínimo de ventas o punto de equilibrio es una técnica útil para estudiar las relaciones entre los costos fijos, los costos variables y los beneficios de una empresa.

El Punto de Equilibrio de una empresa representa el volumen de producción y ventas que equilibran los costos y gastos necesarios para la producción y distribución de dicho volumen, es decir el Punto de Equilibrio es el punto donde no se obtienen pérdidas ni ganancias, de tal forma que éste viene a ser un punto de referencia a partir del cual un incremento en los volúmenes de venta generara utilidades, pero también un decremento en los volúmenes de venta generará pérdidas. La formula para obtener el Nivel mínimo de Unidades a Vender o Punto de Equilibrio en unidades y en dólares se muestran a continuación:

$$\begin{aligned} \text{Punto de Equilibrio} &= \frac{\text{Costos Fijos Totales}}{\text{Precio de Venta Unitario} - \text{Costo Variable Unitario}} \\ &= \frac{\text{Costos Fijos Totales}}{\text{Margen de Contribucion Unitario}} \end{aligned}$$

Punto de equilibrio representado en unidades.

$$\begin{aligned} \text{Punto de Equilibrio} &= \frac{\text{Costos Fijos Totales}}{1 - \text{Costos Variable como un porcentaje de ventas en dolares}} \\ &= \frac{\text{Costos Fijos Totales}}{\text{Coeficiente del Margen de Contribucion}} \end{aligned}$$

Punto de equilibrio representado en dólares.

Para la determinación del Punto de Equilibrio de la empresa modelo que se propone se deben conocer sus Costos Fijos y Costos Variables; entendiéndose por Costos Variables aquellos que están directamente relacionados con la manufactura de cada uno de los productos a elaborar y que varían con el nivel de producción, y por Costos Fijos aquellos que permanecen constantes.

1. ESTABLECIMIENTO DE COSTOS FIJOS Y VARIABLES.

a. Costos Fijos por Producto.

Para obtener el nivel mínimo de ventas se obtendrán en primera instancia los costos fijos Totales de cada uno de los productos: A1, A2 y A3, para ello será necesario determinar los Costos Fijos de Producción, Los costos Fijos Administrativos, los costos Fijos de comercialización y los costos Financieros, los cuales se muestran a continuación:

- ✓ *Los costos fijos de producción por línea de productos son:* mano de obra directa, mano de obra indirecta, Otros utensilios para la planta, mantenimiento de Maquinaria y Equipo, Mantenimiento General, depreciación, Consumo de Energía Eléctrica y Consumo de Agua.

- ✓ *Los Costos de administración fijos son:* mano de obra, consumo de agua, consumo de energía eléctrica, consumo de teléfono, depreciación de mobiliario y equipo de oficina, papelería, depreciación de obra civil, Amortización de Inversión Fija Intangible y amortización del terreno.

- ✓ *Los rubros incluidos en los costos fijos de comercialización son:* Mano de obra, consumo de combustible, Mantenimiento y Depreciación del Vehículo.

- ✓ *El Costo de Financiamiento* que corresponde a cada línea de producto es igual para los 3 tipos de productos ya que el total de Intereses sobre el préstamo para el primer año se distribuyó equitativamente entre las 3 líneas de productos.

A continuación se muestra un cuadro resumen de los costos fijos de la empresa modelo:

Rubro	A1	A2	A3
COSTOS DE PRODUCCION			
Mano de Obra Directa	51,709.26	15,950.37	3,262.41
Mano de Obra Indirecta	20,597.47	5,491.38	1,436.84
Otros utensilios en la planta	290.07	290.07	290.07
Mantenimiento de Maquinaria y Equipo	1,721.85	1,364.10	1,312.49
Mantenimiento General	161.46	161.46	161.46
Depreciación de Maquinaria y equipo	1,721.85	1,364.10	1,312.49
Consumo de Energía Eléctrica	588.32	588.32	588.32
Consumo de Agua	31.93	8.51	2.23
Sub-Total	76,822.21	25,218.31	8,366.31
COSTOS DE ADMINISTRACION			
Mano de Obra	7,425.87	7,425.87	7,425.87
Consumo de Agua	3.60	3.60	3.60
Consumo de Energía Eléctrica	212.44	212.44	212.44
Consumo de Teléfono	514.52	514.52	514.52
Depreciación Mobiliario y Equipo	174.86	174.86	174.86
Papelería	31.81	31.81	31.81
Depreciación de Obra Civil	710.97	710.97	710.97
Amortización Inversión Fija Intangible	2,638.01	2,638.01	2,638.01
Amortización de Terreno	6,230.00	6,230.00	6,230.00
Sub-Total	17,942.08	17,942.08	17,942.08
COSTOS DE COMERCIALIZACION			
Mano de Obra	1,238.34	1,238.34	1,238.34
Consumo de combustible	698.00	698.00	698.00
Mantenimiento de Vehiculo	125.00	125.00	125.00
Depreciación de Vehiculo	425.00	425.00	425.00
Sub-Total	2,486.34	2,486.34	2,486.34
COSTOS FINANCIEROS			
Amortización de la Deuda	\$8,814.18	\$8,814.18	\$8,814.18
Sub-Total	\$5,533.30	\$5,533.30	\$5,533.30
TOTAL COSTOS FIJOS	105,267.31	53,663.41	36,811.41

Resumen de Costos Fijos en la Empresa Modelo.

b. Costos Variables por Producto.

Los Costos Variables Totales por producto son aquellos costos que varían en su total en proporción directa a los cambios en el volumen de producción. Los Costos Variables de la empresa modelo propuesto son los siguientes: Materia Prima y Materiales Indirectos, cuyos montos se muestran a continuación:

RUBRO	A1	A2	A3
Materia Prima	\$656,774.08	\$230,067.57	\$38,768.05
Materiales Indirectos	\$143,149.86	\$65,114.28	\$7,305.48
Total (\$)	\$799,923.94	\$295,181.85	\$46,073.53

Resumen de Costos Variables Anuales por Producto.

Una vez determinado el monto total de costos variables para cada uno de las líneas de producto a elaborar, se calcula el Costo Variable Unitario (C.V.U.) que a diferencia de los Costos Variables totales este permanece constante. La formula a utilizar es la siguiente:

El Costo Variable Unitario es igual a:

$$C.V.U. = \frac{\text{Costos _ Variables _ Totales / año}}{\text{Unidades _ a _ fabricar _ de _ cada _ producto / año}}$$

Costos Variable Unitario (C.V.U.)

El Costo Variable Unitario se obtiene de dividir los Costos Totales Anuales de cada producto entre el Total de Unidades anuales a producir del mismo, el resultado se muestra a continuación:

Descripción	A1	A2	A3
Costos Variables Anuales	\$799,923.94	\$295,181.85	\$46,073.53
Producción Anual	1, 684,116	449, 064	112,392
Costo Variable Unitario (C.V.U.)	\$0.4750	\$0.6573	\$0.4099

Determinación del C.V.U. para los productos de la empresa modelo.

2. MARGEN DE CONTRIBUCION UNITARIO.

El Margen de Contribución Unitario (M.C.U.) se obtiene de la diferencia del Precio de Venta y el Costo Variable Unitario (C.V.U.) de cada producto a elaborar por la empresa modelo, es utilizado para obtener el Punto de Equilibrio (P.E.) de cada uno de los productos a elaborar.

Descripción	A1	A2	A3
Precio de Venta	\$0.8400	\$1.2300	\$1.2400
Costo Variable Unitario	\$0.4750	\$0.6573	\$0.4099
Margen de Contribución Unitario	\$0.3650	\$0.5727	\$0.8301

Margen de Contribución Unitario para productos de la empresa modelo.

El Punto de Equilibrio en Unidades se obtiene dividiendo el Total de Costos Fijos de cada producto entre el Margen de contribución Unitario del mismo, los resultados se muestran en el siguiente cuadro:

Descripción	A1	A2	A3
Costos Fijos Totales por producto	\$105,267.31	53,663.41	36,811.41
Margen de Contribución Unitario	\$0.36	\$0.57	\$0.83
Punto de Equilibrio (Unidades)	288,404	93,707	44,348

Punto de Equilibrio en unidades para los productos de la empresa modelo.

3. MARGEN DE CONTRIBUCION TOTAL.

El margen de contribución total de la empresa modelo propuesta es el resultado de la multiplicación del porcentaje de ventas anual que representa cada producto por el Margen de Contribución Unitario, los resultados se muestran a continuación:

Descripción	A1	A2	A3	Total
Margen de Contribución Unitario	\$0.36	\$0.57	\$0.83	\$1.76
Porcentaje de Ventas Anuales	75%	20%	5%	100%
Margen de Contribución Total	\$0.27	\$0.11	\$0.04	\$0.43

Margen de Contribución Total en la empresa modelo.

Una vez calculado el margen de contribución total se calcula el punto de Equilibrio total de la empresa modelo que es igual al cociente de Costos Fijos Totales de la empresa entre el margen de contribución total, los resultados se muestran en el cuadro siguiente:

Descripción	A1	A2	A3	Total
Costos Fijos Totales	\$105,267.31	\$53,663.41	\$36,811.41	\$195,742.13
Margen de Contribución Total	\$0.27	\$0.11	\$0.04	\$0.43
Punto de Equilibrio Total en Unidades				455,214.26

Punto de Equilibrio Total de la empresa modelo.

4. COEFICIENTE DEL MARGEN DE CONTRIBUCION POR PRODUCTO.

El coeficiente del margen de contribución de cada producto se obtiene con la formula que se muestra a continuación:

$$\text{Coeficiente del Margen de Contribución} = 1 - \frac{\text{Costo Variable Unitario}}{\text{Precio de Venta}}$$

Coeficiente del Margen de Contribución.

Los resultados del coeficiente del margen de contribución por producto se muestran en el cuadro a continuación:

Descripción	A1	A2	A3
Costo Variable Unitario (C.V.U.)	\$0.4750	\$0.6573	\$0.4099
Precio de Venta	\$0.8400	\$1.2300	\$1.2400
Coeficiente del Margen de Contribución por Producto	0.57	0.53	0.33

Coeficiente del Margen de Contribución por Producto.

Una vez obtenido el coeficiente del margen de contribución de cada producto se obtiene el Punto de Equilibrio en Dólares de cada producto el cual es el resultado de dividir el costo fijo de cada producto entre su coeficiente de contribución, los resultados se muestran en el cuadro a continuación:

Descripción	A1	A2	A3
Costos Fijos Totales por Producto	\$105,267.31	\$53,663.41	\$36,811.41
Coefficiente de Margen de Contribución por Producto.	0.57	0.53	0.33
Punto de Equilibrio en Dólares	\$184,679.49	\$100,415.78	\$111,349.44

Punto de Equilibrio en Dólares por Producto en la empresa modelo.

5. COEFICIENTE DEL MARGEN DE CONTRIBUCION PARA LA EMPRESA MODELO.

El coeficiente del margen de contribución de la empresa modelo propuesto se obtiene con la formula que se muestra a continuación:

$$\text{Coeficiente del Margen de Contribución} = 1 - \frac{\sum \text{Costo Variable Unitario Ponderado}}{\sum \text{Precio de Venta Ponderado}}$$

Coeficiente del margen de Contribución para la empresa modelo.

Donde:

$$\sum \text{Costo Variable Unitario Ponderado} =$$

$$\sum (\text{Costo Variable Unitario de cada producto} * \% \text{ Volumen de ventas})$$

$$\sum \text{Precio de Venta Ponderado} =$$

$$\sum (\text{Precio de Venta de Cada producto} * \% \text{ Volumen de ventas})$$

El resultado del coeficiente del margen de contribución de la empresa modelo se resume en el cuadro siguiente:

Descripción	A1	A2	A3	∑ Sumatoria
Costo Variable Unitario	\$0.4750	\$0.6573	\$0.4099	---
Precio de Venta	\$0.8400	\$1.2300	\$1.2400	---
Porcentaje de Venta Anual	75%	20%	5%	100%
Costo Variable Unitario Pond.	\$0.36	\$0.13	\$0.02	\$0.51
Precio de Venta Ponderado	\$0.63	\$0.25	\$0.06	\$0.94
Coeficiente del margen de Contribución de la empresa modelo				0.46

Coeficiente del Margen de Contribución de la empresa modelo.

Una vez obtenido el coeficiente del margen de contribución de la empresa modelo se obtiene el Punto de Equilibrio en Dólares, el cual es el resultado de dividir los costos fijos totales entre el coeficiente del margen de contribución obtenido, el resultado se muestra en el siguiente cuadro:

Descripción	A1	A2	A3	Total
Costos Fijos Totales	\$105,267.31	\$53,663.41	\$36,811.41	\$195,742.13
Coeficiente del margen de Contribución de la empresa modelo				0.46
Punto de Equilibrio en Dólares				\$425,526.37

Punto de equilibrio de la empresa modelo en Dólares.

A continuación se muestran los resultados obtenidos en el Punto de Equilibrio:

✓ **Punto de equilibrio de Cada Producto.**

Descripción	A1	A2	A3
Punto de Equilibrio en Unidades	288,404	93,707	44,348
Punto de Equilibrio en Dólares	\$184,679.49	\$100,415.78	\$111,349.44

Resumen de Punto de Equilibrio de cada producto.

✓ **Punto de Equilibrio de la empresa modelo.**

Descripción	Total
Punto de Equilibrio de la empresa modelo en Unidades	455,214
Punto de Equilibrio de la empresa modelo en Dólares	\$425,526.37

Resumen del Punto de Equilibrio de la empresa modelo.

6. MARGEN DE SEGURIDAD:

El margen de seguridad es el porcentaje máximo en que las ventas esperadas o proyectadas pueden disminuir y aun generar una utilidad, se determina con la siguiente formula:

$$\text{Margen de Seguridad} = \frac{\text{Ventas Esperadas} - \text{Ventas en Punto de Equilibrio}}{\text{Ventas Esperadas}}$$

Margen de Seguridad.

Los resultados obtenidos para cada producto se muestran a continuación:

Descripción	A1	A2	A3	Total
Ventas Esperadas (2007)	1, 684,116	449, 064	112,392	2,245,572
Ventas en Punto de Equilibrio (Unidades)	288,404	93,707	44,348	426,459
Margen de Seguridad por Producto	83 %	79 %	61%	81 %

Margen de Seguridad por Producto.

El numero de unidades que las ventas esperadas de cada producto pueden disminuir y aun cubrir los costos, se muestran en el siguiente cuadro:

Descripción	A1	A2	A3	Total
Margen de Seguridad por Producto (unidades)	1,395,712	355,357	68,044	1,819,113

Margen de Seguridad por Producto en Unidades.

7. ANALISIS DE LA SITUACION DE EQUILIBRIO.

El análisis del punto de equilibrio muestra que el número mínimo de unidades que la empresa modelo se ha propuesto debe vender es 455,214 unidades, lo que equivale a un monto de **\$425,526.37** el cual permite recuperar los costos fijos totales sin incurrir en perdidas.

El resultado del margen de seguridad con respecto a las ventas de los 3 tipos de productos que se espera realizar en el primer año de operación revela que las ventas totales esperadas de 2, 245, 572 unidades, pueden disminuir en 1, 818, 913.32 unidades (81%) sin incurrir en perdidas.

F. ESTIMACION DE INGRESOS POR VENTAS Y COSTOS FUTUROS.

La estimación de ingresos por ventas y costos futuros de la empresa modelo se ha proyectado para el periodo de análisis del modelo, es decir 5 años, y se desarrollan a continuación:

1. ESTIMACION DE INGRESOS POR VENTAS FUTURAS.

Para calcular las ventas futuras de la empresa modelo que se propone, se ha tomado en cuenta la proyección de las ventas futuras de cada producto para los 5 primeros años y el precio de venta de cada uno.

Basándonos en la información de cómo han venido evolucionando las ventas durante los últimos años, podemos llegar a estimar el volumen de ventas de los periodos próximos.

Considerando dicha evolución en el largo plazo, ésta está representada por una recta, razón por la cual deberemos trabajar con la ecuación de la recta para encontrar: ordenada al origen y pendiente:

$$\text{Ecuación de la recta: } y = mx + b$$

Ecuación de la recta.

Donde:

y: ventas de los periodos anteriores o futuros.

m: pendiente de la recta.

x: periodos en años.

b: Ventas en el año "Cero", intercepto en el eje "Y".

Para desarrollar la formula anterior se consideran los datos históricos de la empresa modelo, presentados en la siguiente tabla:

Periodo	Año	Ventas (Unidades)		
		A1	A2	A3
-5	2002	1,493,369	1,407,765	35,236
-4	2003	1,508,347	1,415,235	50,985
-3	2004	1,524,926	1,425,798	64,987
-2	2005	1,542,141	1,433,695	77,326
-1	2006	1,563,275	1,438,298	92,452

Historial de ventas en unidades para los últimos 5 años en la empresa modelo.

Tomando en cuenta los datos anteriores, se procede a determinar la pendiente media de las ventas de cada producto, y puede resumirse de la manera siguiente:

Periodo	Año	Pendiente ("m")		
		A1	A2	A3
-5	2002	**	**	**
-4	2003	14,978	7,470	15,749
-3	2004	16,579	10,563	14,002
-2	2005	17,215	7,897	14,002
-1	2006	21,134	4,603	15,126
Pendiente media		17,477	7,633	14,720

Calculo de la pendiente media por producto.

Por tanto, las formulas que describirían el pronóstico de ventas para cada producto son las siguientes:

$$Y = 17,477 x + 1,684,116$$

Ecuación para proyección de ventas de A1.

$$Y = 7,633 x + 1,449,064$$

Ecuación para proyección de ventas de A2.

$$Y = 14,720 x + 112,392$$

Ecuación para proyección de ventas de A3.

Donde¹⁶:

Y: Ventas esperadas en unidades.

x: Año de estudio (0,1,2...)

Partiendo de la información anterior, se procede a pronosticar las ventas para los primeros cinco años:

Periodo	Año	Ventas (Unidades)		
		A1	A2	A3
1	2007	1,684,116	1,449,064	112,392
2	2008	1,701,593	1,456,697	127,112
3	2009	1,719,069	1,464,331	141,832
4	2010	1,736,546	1,471,964	156,551
5	2011	1,754,022	1,479,597	171,271

Proyección de las ventas por producto para los próximos cinco años.

¹⁶ El intercepto "b", representa las ventas esperadas para el año 2007 o el año "cero", cuyos valores son establecidos en el diseño detallado.

Los ingresos por ventas se determinaron multiplicando el precio de venta de cada producto por el número de unidades a vender del mismo.

Año	Descripción	A1	A2	A3
Año 1	Precio de Venta (\$)	\$0.84	\$1.23	\$1.24
	Unidades a vender	1,684,116	1,449,064	112,392
	Ingreso por ventas (\$)	\$1,414,657.44	\$1,782,348.72	\$139,366.08
Año 2	Precio de Venta (\$)	\$0.84	\$1.23	\$1.24
	Unidades a vender	1,701,593	1,456,697	127,112
	Ingreso por ventas (\$)	\$1,429,338.12	\$1,791,737.31	\$157,618.88
Año 3	Precio de Venta (\$)	\$0.84	\$1.23	\$1.24
	Unidades a vender	1,719,069	1,464,331	141,832
	Ingreso por ventas (\$)	\$1,444,017.96	\$1,801,127.13	\$175,871.68
Año 4	Precio de Venta (\$)	\$0.84	\$1.23	\$1.24
	Unidades a vender	1,736,546	1,471,964	156,551
	Ingreso por ventas (\$)	\$1,458,698.64	\$1,810,515.72	\$194,123.24
Año 5	Precio de Venta (\$)	\$0.84	\$1.23	\$1.24
	Unidades a vender	1,754,022	1,479,597	171,271
	Ingreso por ventas (\$)	\$1,473,378.48	\$1,819,904.31	\$212,376.04

Estimación de los ingresos por ventas futuras en la empresa modelo.

2. ESTIMACION DE COSTOS FUTUTOS.

Para la estimación de los costos futuros de cada uno de los productos a elaborar en la empresa modelo, se ha tomado en cuenta la formula siguiente:

$$\text{Costo Total} = \text{Costo Variable} + \text{Costo Fijo}$$

Costo total de los productos.

Donde:

Costo Variable = Costo variable de cada producto * Volumen de producción

Costo Fijo = Permanece constante, no varia con el volumen de producción.

Tomando en cuenta la formula anterior se realizara el cálculo de los costos futuros para cada producto, los cuales se verán afectados únicamente en sus costos variables: Materia Prima y Materiales Indirectos los cuales variaran proporcionalmente con el volumen de producción anual que se ha proyectado, el cual se muestra en el cuadro a continuación:

Descripción	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
A1	1,684,116	1,701,593	1,719,069	1,736,546	1,754,022
A2	1,449,064	1,456,697	1,464,331	1,471,964	1,479,597
A3	112,392	127,112	141,832	156,551	171,271

Proyección del volumen de Producción.

A continuación se presentan los costos futuros para cada uno de los productos a elaborar en la empresa modelo, es importante mencionar que los costos de amortización disminuyen conforme disminuye la deuda total, por los pagos en el transcurso del año:

✓ **COSTOS FUTUROS PARA EL PRODUCTO A1:**

COSTOS DE PRODUCCION					
Descripción	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Mano de Obra Directa	\$51,709.26	\$51,709.26	\$51,709.26	\$51,709.26	\$51,709.26
Materia Prima	\$656,774.08	\$663,589.79	\$670,405.10	\$677,220.81	\$684,036.13
Mano de Obra Indirecta	\$20,597.47	\$20,597.47	\$20,597.47	\$20,597.47	\$20,597.47
Materiales Indirectos	\$143,149.86	\$144,635.41	\$146,120.87	\$147,606.41	\$149,091.87
Otros utensilios en planta	\$290.07	\$290.07	\$290.07	\$290.07	\$290.07
Mantto. de Maq. y equipo	\$1,721.85	\$1,721.85	\$1,721.85	\$1,721.85	\$1,721.85
Mantenimiento general	\$161.46	\$161.46	\$161.46	\$161.46	\$161.46
Deprec. de Maq. Y Equipo	\$9,010.00	\$9,010.00	\$9,010.00	\$9,010.00	\$9,010.00
Consumo de Energía Elect.	\$588.32	\$588.32	\$588.32	\$588.32	\$588.32
Consumo de Agua	\$31.93	\$31.93	\$31.93	\$31.93	\$31.93
TOTAL COSTOS DE PRODUC.	\$884,034.30	\$892,335.55	\$900,636.33	\$908,937.58	\$917,238.36
COSTOS DE ADMINISTRACION					
Mano de Obra	\$7,425.87	\$7,425.87	\$7,425.87	\$7,425.87	\$7,425.87
Consumo de Agua	\$3.60	\$3.60	\$3.60	\$3.60	\$3.60
Consumo de Energía Eléct.	\$212.44	\$212.44	\$212.44	\$212.44	\$212.44
Consumo de teléfono	\$514.52	\$514.52	\$514.52	\$514.52	\$514.52
Depr. de Mobiliario y equipo	\$174.86	\$174.86	\$174.86	\$174.86	\$174.86
Papelería	\$31.81	\$31.81	\$31.81	\$31.81	\$31.81
Depreciación de obra civil	\$710.97	\$710.97	\$710.97	\$710.97	\$710.97
Amort. Inversión fija Intang.	\$2,638.01	\$2,638.01	\$2,638.01	\$2,638.01	\$2,638.01
Amortización de terreno	\$6,230.00	\$6,230.00	\$6,230.00	\$6,230.00	\$6,230.00
TOTAL COSTOS ADMINISTR.	\$17,942.08	\$17,942.08	\$17,942.08	\$17,942.08	\$17,942.08
COSTOS DE COMERCIALIZACION					
Mano de Obra	\$1,238.34	\$1,238.34	\$1,238.34	\$1,238.34	\$1,238.34
Consumo de Combustible	\$698.00	\$698.00	\$698.00	\$698.00	\$698.00
Mantenimiento de vehiculo	\$125.00	\$125.00	\$125.00	\$125.00	\$125.00
Depreciación de vehiculo	\$425.00	\$425.00	\$425.00	\$425.00	\$425.00
TOTAL COSTOS COMERC.	\$2,486.34	\$2,486.34	\$2,486.34	\$2,486.34	\$2,486.34
COSTOS FINANCIEROS					
Amortización de la deuda	\$1,731.43	\$1,449.61	\$1,138.91	\$796.06	\$417.61
TOTAL COSTOS FINANCIER.	\$1,731.43	\$1,449.61	\$1,138.91	\$796.06	\$417.61
COSTOS TOTALES	\$906,970.81	\$914,864.17	\$922,714.81	\$930,519.28	\$938,271.82

Calculo de los costos futuros para el producto A1.

✓ **COSTOS FUTUROS PARA EL PRODUCTO A2:**

COSTOS DE PRODUCCION					
Descripción	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Mano de Obra Directa	\$15,950.37	\$15,950.37	\$15,950.37	\$15,950.37	\$15,950.37
Materia Prima	\$230,067.57	\$231,279.46	\$232,491.51	\$233,703.40	\$234,915.29
Mano de Obra Indirecta	\$5,491.38	\$5,491.38	\$5,491.38	\$5,491.38	\$5,491.38
Materiales Indirectos	\$65,114.28	\$65,457.27	\$65,800.31	\$66,143.30	\$66,486.29
Otros utensilios en planta	\$290.07	\$290.07	\$290.07	\$290.07	\$290.07
Mantto. de Maq. y equipo	\$1,364.10	\$1,364.10	\$1,364.10	\$1,364.10	\$1,364.10
Mantenimiento general	\$161.46	\$161.46	\$161.46	\$161.46	\$161.46
Deprec. de Maq. Y Equipo	\$8,268.80	\$8,268.80	\$8,268.80	\$8,268.80	\$8,268.80
Consumo de Energía Elect.	\$588.32	\$588.32	\$588.32	\$588.32	\$588.32
Consumo de Agua	\$8.51	\$8.51	\$8.51	\$8.51	\$8.51
TOTAL COSTOS PRODUC.	\$327,304.86	\$328,859.74	\$330,414.83	\$331,969.71	\$333,524.59
COSTOS DE ADMINISTRACION					
Mano de Obra	\$7,425.87	\$7,425.87	\$7,425.87	\$7,425.87	\$7,425.87
Consumo de Agua	\$3.60	\$3.60	\$3.60	\$3.60	\$3.60
Consumo de Energía Eléct.	\$212.44	\$212.44	\$212.44	\$212.44	\$212.44
Consumo de teléfono	\$514.52	\$514.52	\$514.52	\$514.52	\$514.52
Depr. de Mobiliario y equipo	\$174.86	\$174.86	\$174.86	\$174.86	\$174.86
Papelería	\$31.81	\$31.81	\$31.81	\$31.81	\$31.81
Depreciación de obra civil	\$710.97	\$710.97	\$710.97	\$710.97	\$710.97
Amort. Inversión fija Intang.	\$2,638.01	\$2,638.01	\$2,638.01	\$2,638.01	\$2,638.01
Amortización de terreno	\$6,230.00	\$6,230.00	\$6,230.00	\$6,230.00	\$6,230.00
TOTAL COSTOS ADMINISTR.	\$17,942.08	\$17,942.08	\$17,942.08	\$17,942.08	\$17,942.08
COSTOS DE COMERCIALIZACION					
Mano de Obra	\$1,238.34	\$1,238.34	\$1,238.34	\$1,238.34	\$1,238.34
Consumo de Combustible	\$698.00	\$698.00	\$698.00	\$698.00	\$698.00
Mantenimiento de vehiculo	\$125.00	\$125.00	\$125.00	\$125.00	\$125.00
Depreciación de vehiculo	\$425.00	\$425.00	\$425.00	\$425.00	\$425.00
TOTAL COSTOS COMERC.	\$2,486.34	\$2,486.34	\$2,486.34	\$2,486.34	\$2,486.34
COSTOS FINANCIEROS					
Amortización de la deuda	\$1,731.43	\$1,449.61	\$1,138.91	\$796.06	\$417.61
TOTAL COSTOS FINANCIER.	\$1,731.43	\$1,449.61	\$1,138.91	\$796.06	\$417.61
COSTOS TOTALES	\$350,241.37	\$351,388.36	\$352,493.31	\$353,551.41	\$354,558.05

Calculo de los costos futuros para el producto A2.

✓ **COSTOS FUTUROS PARA EL PRODUCTO A3:**

COSTOS DE PRODUCCION					
Descripción	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Mano de Obra Directa	\$3,262.41	\$3,262.41	\$3,262.41	\$3,262.41	\$3,262.41
Materia Prima	\$38,768.05	\$43,845.51	\$48,922.97	\$54,000.08	\$59,077.54
Mano de Obra Indirecta	\$1,436.84	\$1,436.84	\$1,436.84	\$1,436.84	\$1,436.84
Materiales Indirectos	\$7,305.48	\$8,262.28	\$9,219.08	\$10,175.82	\$11,132.62
Otros utensilios en planta	\$290.07	\$290.07	\$290.07	\$290.07	\$290.07
Mantto. de Maq. y equipo	\$1,312.49	\$1,312.49	\$1,312.49	\$1,312.49	\$1,312.49
Mantenimiento general	\$161.46	\$161.46	\$161.46	\$161.46	\$161.46
Deprec. de Maq. Y Equipo	\$8,214.40	\$8,214.40	\$8,214.40	\$8,214.40	\$8,214.40
Consumo de Energía Elect.	\$588.32	\$588.32	\$588.32	\$588.32	\$588.32
Consumo de Agua	\$2.23	\$2.23	\$2.23	\$2.23	\$2.23
TOTAL COSTOS PRODUC.	\$61,341.75	\$67,376.01	\$73,410.27	\$79,444.12	\$85,478.37
COSTOS DE ADMINISTRACION					
Mano de Obra	\$7,425.87	\$7,425.87	\$7,425.87	\$7,425.87	\$7,425.87
Consumo de Agua	\$3.60	\$3.60	\$3.60	\$3.60	\$3.60
Consumo de Energía Eléct.	\$212.44	\$212.44	\$212.44	\$212.44	\$212.44
Consumo de teléfono	\$514.52	\$514.52	\$514.52	\$514.52	\$514.52
Depr.. de Mobiliario y equipo	\$174.86	\$174.86	\$174.86	\$174.86	\$174.86
Papelería	\$31.81	\$31.81	\$31.81	\$31.81	\$31.81
Depreciación de obra civil	\$710.97	\$710.97	\$710.97	\$710.97	\$710.97
Amort. Inversión fija Intang.	\$2,638.01	\$2,638.01	\$2,638.01	\$2,638.01	\$2,638.01
Amortización de terreno	\$6,230.00	\$6,230.00	\$6,230.00	\$6,230.00	\$6,230.00
TOTAL COSTOS ADMINISTR.	\$17,942.08	\$17,942.08	\$17,942.08	\$17,942.08	\$17,942.08
COSTOS DE COMERCIALIZACION					
Mano de Obra	\$1,238.34	\$1,238.34	\$1,238.34	\$1,238.34	\$1,238.34
Consumo de Combustible	\$698.00	\$698.00	\$698.00	\$698.00	\$698.00
Mantenimiento de vehiculo	\$125.00	\$125.00	\$125.00	\$125.00	\$125.00
Depreciación de vehiculo	\$425.00	\$425.00	\$425.00	\$425.00	\$425.00
TOTAL COSTOS COMERC.	\$2,486.34	\$2,486.34	\$2,486.34	\$2,486.34	\$2,486.34
COSTOS FINANCIEROS					
Amortización de la deuda	\$1,731.43	\$1,449.61	\$1,138.91	\$796.06	\$417.61
TOTAL COSTOS FINANCIER.	\$1,731.43	\$1,449.61	\$1,138.91	\$796.06	\$417.61
COSTOS TOTALES	\$84,278.26	\$89,904.63	\$95,488.75	\$101,025.82	\$106,511.83

Calculo de los costos futuros para el producto A3.

G. ESTADOS FINANCIEROS PROFORMA.

Los estados financieros pro forma (estados financieros futuros) son documentos primordialmente numéricos que proporcionan informes periódicos a fechas determinadas, sobre el estado o desarrollo de la administración de una empresa, pueden ser proyectados para el número de años deseados, sin embargo el riesgo del error al proyectar se aumenta conforme aumenta el tiempo de proyección. Para la empresa modelo se han proyectado los primeros 5 años.

Los Componentes que integran los estados financieros pro forma y que se emplearan en el análisis financiero de la empresa modelo son los siguientes:

1. *Estado de Resultados Pro forma.*
2. *Estado de flujos de Caja.*
3. *Balance General pro forma.*

1. ESTADO DE RESULTADOS PROFORMA.

El estado de resultados o llamado también Estado de pérdidas y ganancias tiene como objetivo calcular la utilidad neta de la empresa modelo, que es de manera global, el beneficio de la producción de cada uno de los productos, estos se calculan restando a los ingresos los costos en que se incurren para cada tipo de producto y los impuestos que sobre éste deben pagarse.

El ingreso a considerar en la empresa modelo es el obtenido por ventas el cual se obtiene de multiplicar el precio de venta de cada producto por el número de unidades que se venderán anualmente (en los primeros 5 años).

A continuación se presentan los estados de resultados para cada uno de los tres productos:

a. Estado de Resultados para el producto A1.

DESCRIPCION	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ventas Totales	\$1,414,657.44	\$1,429,338.12	\$1,444,017.96	\$1,458,698.64	\$1,473,378.48
Menos:					
Costos de Producción	\$884,034.30	\$892,335.55	\$900,636.33	\$908,937.58	\$917,238.36
Utilidad Bruta	\$530,623.14	\$537,002.57	\$543,381.63	\$549,761.06	\$556,140.12
Costos Administrativos	\$17,942.08	\$17,942.08	\$17,942.08	\$17,942.08	\$17,942.08
Costos de Comercialización	\$2,486.34	\$2,486.34	\$2,486.34	\$2,486.34	\$2,486.34
Utilidad Neta en operaciones	\$510,194.72	\$516,574.15	\$522,953.21	\$529,332.64	\$535,711.70
Costos Financieros	\$1,731.43	\$1,449.61	\$1,138.91	\$796.06	\$417.61
Utilidad Antes de Impuestos	\$507,686.63	\$514,473.95	\$521,303.15	\$528,179.36	\$535,106.66
Impuestos sobre la renta ¹⁷ (25%)	\$126,921.66	\$128,618.49	\$130,325.79	\$132,044.84	\$133,776.67
Utilidad Neta del Periodo	\$380,764.97	\$385,855.46	\$390,977.36	\$396,134.52	\$401,330.00
Mas:					
Depreciación de maquinaria y Equipo	\$9,010.00	\$9,010.00	\$9,010.00	\$9,010.00	\$9,010.00
Depreciación de mobiliario y equipo de Oficina	\$174.86	\$174.86	\$174.86	\$174.86	\$174.86
Depreciación de Obra Civil	\$710.97	\$710.97	\$710.97	\$710.97	\$710.97
Depreciación de Vehículo	\$125.00	\$125.00	\$125.00	\$125.00	\$125.00
Amortización de Inversión Fija Intangible	\$2,638.01	\$2,638.01	\$2,638.01	\$2,638.01	\$2,638.01
Amortización de Terreno	\$6,230.00	\$6,230.00	\$6,230.00	\$6,230.00	\$6,230.00
Menos:					
Pago a Capital	\$3,937.12	\$4,345.00	\$4,795.15	\$5,291.92	\$5,840.17
Flujo Neto de Efectivo	\$395,716.69	\$400,399.30	\$405,071.05	\$409,731.44	\$414,378.67

Estado de Resultados para el producto A1.

¹⁷ El 25% de impuesto sobre la renta, es determinado en base a la ley de impuesto sobre la renta. Art. 13 y 14, para empresas con personería jurídica.

b. Estado de Resultados para el producto A2.

DESCRIPCION	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ventas Totales	\$1,782,348.72	\$1,791,737.31	\$1,801,127.13	\$1,810,515.72	\$1,819,904.31
Menos:					
Costos de Producción	\$327,304.86	\$328,859.74	\$330,414.83	\$331,969.71	\$333,524.59
Utilidad Bruta	\$1,455,043.86	\$1,462,877.57	\$1,470,712.30	\$1,478,546.01	\$1,486,379.72
Costos Administrativos	\$17,942.08	\$17,942.08	\$17,942.08	\$17,942.08	\$17,942.08
Costos de Comercialización	\$2,486.34	\$2,486.34	\$2,486.34	\$2,486.34	\$2,486.34
Utilidad Neta en operaciones	\$1,434,615.44	\$1,442,449.15	\$1,450,283.88	\$1,458,117.59	\$1,465,951.30
Costos Financieros	\$1,731.43	\$1,449.61	\$1,138.91	\$796.06	\$417.61
Utilidad Antes de Impuestos	\$1,432,107.35	\$1,440,348.95	\$1,448,633.82	\$1,456,964.31	\$1,465,346.26
Impuestos sobre la renta (25%)	\$358,026.84	\$360,087.24	\$362,158.46	\$364,241.08	\$366,336.57
Utilidad Neta del Periodo	\$1,074,080.51	\$1,080,261.71	\$1,086,475.37	\$1,092,723.23	\$1,099,009.70
Mas:					
Depreciación de maquinaria y Equipo	\$8,268.80	\$8,268.80	\$8,268.80	\$8,268.80	\$8,268.80
Depreciación de mobiliario y equipo de Oficina	\$174.86	\$174.86	\$174.86	\$174.86	\$174.86
Depreciación de Obra Civil	\$710.97	\$710.97	\$710.97	\$710.97	\$710.97
Depreciación de Vehículo	\$425.00	\$425.00	\$425.00	\$425.00	\$425.00
Amortización de Inversión Fija Intangible	\$2,638.01	\$2,638.01	\$2,638.01	\$2,638.01	\$2,638.01
Amortización de Terreno	\$6,230.00	\$6,230.00	\$6,230.00	\$6,230.00	\$6,230.00
Menos:					
Pago a Capital	\$3,937.12	\$4,345.00	\$4,795.15	\$5,291.92	\$5,840.17
Flujo Neto de Efectivo	\$1,088,591.03	\$1,094,364.35	\$1,100,127.86	\$1,105,878.95	\$1,111,617.17

Estado de Resultados para el producto A2.

c. Estado de Resultados para el producto A3.

DESCRIPCION	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ventas Totales	\$139,366.08	\$157,618.88	\$175,871.68	\$194,123.24	\$212,376.04
Menos:					
Costos de Producción	\$61,341.75	\$67,376.01	\$73,410.27	\$79,444.12	\$85,478.37
Utilidad Bruta	\$78,024.33	\$90,242.87	\$102,461.41	\$114,679.12	\$126,897.67
Costos Administrativos	\$17,942.08	\$17,942.08	\$17,942.08	\$17,942.08	\$17,942.08
Costos de Comercialización	\$2,486.34	\$2,486.34	\$2,486.34	\$2,486.34	\$2,486.34
Utilidad Neta en operaciones	\$57,595.91	\$69,814.45	\$82,032.99	\$94,250.70	\$106,469.25
Costos Financieros	\$1,731.43	\$1,449.61	\$1,138.91	\$796.06	\$417.61
Utilidad Antes de Impuestos	\$55,087.82	\$67,714.25	\$80,382.93	\$93,097.42	\$105,864.21
Impuestos sobre la renta (25%)	\$13,771.96	\$16,928.56	\$20,095.73	\$23,274.36	\$26,466.05
Utilidad Neta del Periodo	\$41,315.86	\$50,785.69	\$60,287.20	\$69,823.07	\$79,398.16
Mas:					
Depreciación de maquinaria y Equipo	\$8,214.40	\$8,214.40	\$8,214.40	\$8,214.40	\$8,214.40
Depreciación de mobiliario y equipo de Oficina	\$174.86	\$174.86	\$174.86	\$174.86	\$174.86
Depreciación de Obra Civil	\$710.97	\$710.97	\$710.97	\$710.97	\$710.97
Depreciación de Vehículo	\$425.00	\$425.00	\$425.00	\$425.00	\$425.00
Amortización de Inversión Fija Intangible	\$2,638.01	\$2,638.01	\$2,638.01	\$2,638.01	\$2,638.01
Amortización de Terreno	\$6,230.00	\$6,230.00	\$6,230.00	\$6,230.00	\$6,230.00
Menos:					
Pago a Capital	\$3,937.12	\$4,345.00	\$4,795.15	\$5,291.92	\$5,840.17
Flujo Neto de Efectivo	\$55,771.99	\$64,833.93	\$73,885.29	\$82,924.39	\$91,951.23

Estado de Resultados para el producto A3.

d. Estado de Resultados de la empresa modelo.

DESCRIPCION	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ventas Totales	\$3,336,372.24	\$3,378,694.31	\$3,421,016.77	\$3,463,337.60	\$3,505,658.83
Menos:					
Costos de Producción	\$1,272,680.91	\$1,288,571.30	\$1,304,461.43	\$1,320,351.41	\$1,336,241.32
Utilidad Bruta	\$2,063,691.33	\$2,090,123.01	\$2,116,555.34	\$2,142,986.19	\$2,169,417.51
Costos Administrativos	\$53,826.24	\$53,826.24	\$53,826.24	\$53,826.24	\$53,826.24
Costos de Comercialización	\$7,459.02	\$7,459.02	\$7,459.02	\$7,459.02	\$7,459.02
Utilidad Neta en operaciones	\$2,002,406.07	\$2,028,837.75	\$2,055,270.08	\$2,081,700.93	\$2,108,132.25
Costos Financieros	\$5,193.43	\$4,348.83	\$3,416.73	\$2,388.07	\$1,252.84
Utilidad Antes de Impuestos	\$1,994,881.80	\$2,022,537.15	\$2,050,319.90	\$2,078,241.09	\$2,106,317.13
Impuestos sobre la renta (25%)	\$498,720.45	\$505,634.29	\$512,579.98	\$519,560.27	\$526,579.28
Utilidad Neta del Periodo	\$1,496,161.35	\$1,516,902.86	\$1,537,739.93	\$1,558,680.82	\$1,579,737.85
Mas:					
Depreciación de maquinaria y Equipo	\$25,493.20	\$25,493.20	\$25,493.20	\$25,493.20	\$25,493.20
Depreciación de mobiliario y equipo de Oficina	\$524.58	\$524.58	\$524.58	\$524.58	\$524.58
Depreciación de Obra Civil	\$2,132.91	\$2,132.91	\$2,132.91	\$2,132.91	\$2,132.91
Depreciación de Vehículo	\$975.00	\$975.00	\$975.00	\$975.00	\$975.00
Amortización de Inversión Fija Intangible	\$7,914.03	\$7,914.03	\$7,914.03	\$7,914.03	\$7,914.03
Amortización de Terreno	\$18,690.00	\$18,690.00	\$18,690.00	\$18,690.00	\$18,690.00
Menos:					
Pago a Capital	\$11,811.36	\$13,035.00	\$14,385.45	\$15,875.76	\$17,520.51
Flujo Neto de Efectivo	\$1,540,079.71	\$1,559,597.58	\$1,579,084.20	\$1,598,534.78	\$1,617,947.06

Estado de Resultados para la empresa modelo.

2. ESTADO DE FLUJOS DE CAJA.

El Estado de Flujos de Caja muestra el movimiento de ingresos, egresos y la disponibilidad de fondos a una fecha determinada. Las variables de flujo, suponen la existencia de una corriente económica y se caracterizan por una dimensión temporal; se expresan de manera necesaria en cantidades medidas durante un periodo. A continuación se presenta el Flujo de Caja proyectado para la empresa modelo:

DESCRIPCION	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ventas en efectivo	\$3,058,341.22	\$3,097,136.45	\$3,135,932.04	\$3,174,726.13	\$3,213,520.59
Ventas al Crédito		\$278,031.02	\$281,557.86	\$285,084.73	\$288,611.47
Ingresos por ventas	\$3,058,341.22	\$3,375,167.47	\$3,417,489.90	\$3,459,810.86	\$3,502,132.06
Menos:					
Costos de Producción	\$1,272,680.91	\$1,288,571.30	\$1,304,461.43	\$1,320,351.41	\$1,336,241.32
Utilidad Bruta	\$1,785,660.31	\$2,086,596.17	\$2,113,028.47	\$2,139,459.45	\$2,165,890.74
Costos Administrativos	\$53,826.24	\$53,826.24	\$53,826.24	\$53,826.24	\$53,826.24
Costos de Comercialización	\$7,459.02	\$7,459.02	\$7,459.02	\$7,459.02	\$7,459.02
Utilidad Neta en operaciones	\$1,724,375.05	\$2,025,310.91	\$2,051,743.21	\$2,078,174.19	\$2,104,605.48
Costos Financieros	\$5,193.43	\$4,348.83	\$3,416.73	\$2,388.07	\$1,252.84
Utilidad Antes de Impuestos	\$1,716,850.78	\$2,019,010.31	\$2,046,793.03	\$2,074,714.35	\$2,102,790.36
Impuestos sobre la renta (25%)	\$429,212.70	\$504,752.58	\$511,698.26	\$518,678.59	\$525,697.59
Utilidad Neta del Periodo	\$1,287,638.09	\$1,514,257.73	\$1,535,094.77	\$1,556,035.77	\$1,577,092.77
Mas:					
Depreciación de maq. y Equipo	\$25,493.20	\$25,493.20	\$25,493.20	\$25,493.20	\$25,493.20
Deprec. de mob. y equi. de Ofic.	\$524.58	\$524.58	\$524.58	\$524.58	\$524.58
Depreciación de Obra Civil	\$2,132.91	\$2,132.91	\$2,132.91	\$2,132.91	\$2,132.91
Depreciación de Vehículo	\$975.00	\$975.00	\$975.00	\$975.00	\$975.00
Amort. de Inv. Fija Intangible	\$7,914.03	\$7,914.03	\$7,914.03	\$7,914.03	\$7,914.03
Amortización de Terreno	\$18,690.00	\$18,690.00	\$18,690.00	\$18,690.00	\$18,690.00
Menos:					
Pago a Capital	\$11,811.36	\$13,035.00	\$14,385.45	\$15,875.76	\$17,520.51
Flujo Neto de Efectivo	\$1,331,556.45	\$1,556,952.45	\$1,576,439.04	\$1,595,889.73	\$1,615,301.98
Saldo Inicial	\$235,023.86	\$1,566,580.31	\$3,123,532.76	\$4,699,971.80	\$6,295,861.53
Saldo Final	\$1,566,580.31	\$3,123,532.76	\$4,699,971.80	\$6,295,861.53	\$7,911,163.51

Estado de Flujos de Caja para la empresa modelo.

3. BALANCE GENERAL.

El Balance General es un documento contable que refleja la situación patrimonial de una empresa en un momento del tiempo. Consta de dos partes, activo y pasivo más capital. El activo muestra los elementos patrimoniales de la empresa, mientras que el pasivo y capital detalla su origen financiero.

Se elaboro únicamente la proyección del Balance General para la empresa modelo, debido a que las cuentas del balance no se pueden dividir entre los productos a elaborar (A1, A2 y A3), A continuación se presenta el Balance Inicia de la empresa modelo:

ACTIVOS		PASIVOS	
Activo Circulante		Pasivo Circulante	
Caja y banco	\$235,023.86	Cuentas por Pagar	\$188,325.24
Inventario de M.P.	\$190,784.13		
Total de Activo Circulante	\$425,807.99	Total de Pasivo Circulante	\$188,325.24
Activo Fijo		Pasivo Fijo	
Mobil. y equipo de oficina	\$2,013.04	Préstamo	\$50,129.59
Maquinaria y equipo	\$90,551.00		
Terreno	\$373,800.00	Total de Pasivo Fijo	\$72,628.07
Obra Civil	\$85,316.35		
Inversión Fija Intangible	\$39,570.12	Patrimonio	
Total de Activo Fijos	\$591,250.51	Capital Social	\$757,114.78
TOTAL DE ACTIVOS	\$1,017,058.50	Total Pasivo + Capital	\$1,017,058.50

Balance Inicial al 1 de enero del año 1.

A continuación se presentan los balances Generales Pro Forma para los primeros 5 años de vida del proyecto:

ACTIVOS		PASIVOS	
Activo Circulante		Pasivo Circulante	
Caja y banco	\$1,566,580.31	Cuentas por Pagar	\$188,325.24
Cuentas por Cobrar	\$278,031.02		
Inventario de M.P.	\$190,784.13		
Inventario de P.T.	\$5,389.40		
Total de Activo Circulante	\$2,040,784.86	Total de Pasivo Circulante	\$188,325.24
Activo Fijo		Pasivo Fijo	
Mobil. Y equipo de oficina	\$2,013.04	Préstamo	\$41,977.12
Maquinaria y equipo	\$90,551.00		
Terreno	\$373,800.00	Total de Pasivo Fijo	\$41,977.12
Obra Civil	\$85,316.35		
Inversión Fija Intangible	\$39,570.12	Patrimonio	
Depreciaciones y Amortiz.	(\$34,934.96)		
Total de Activo Fijos	\$556,315.55	Capital Social	\$2,347,958.45
TOTAL DE ACTIVOS	\$2,597,100.41	Total Pasivo + Capital	\$2,597,100.41

Balance General al 31 de diciembre del año 1.

ACTIVOS		PASIVOS	
Activo Circulante		Pasivo Circulante	
Caja y banco	\$3,123,532.76	Cuentas por Pagar	\$188,325.24
Cuentas por Cobrar	\$281,557.86		
Inventario de M.P.	\$190,784.13		
Inventario de P.T.	\$5,389.40		
Total de Activo Circulante	\$3,601,264.15	Total de Pasivo Circulante	\$188,325.24
Activo Fijo		Pasivo Fijo	
Mobil. Y equipo de oficina	\$2,013.04	Préstamo	\$32,980.05
Maquinaria y equipo	\$90,551.00		
Terreno	\$373,800.00	Total de Pasivo Fijo	\$32,980.05
Obra Civil	\$85,316.35		
Inversión Fija Intangible	\$39,570.12	Patrimonio	
Depreciaciones y Amortiz.	(\$69,869.92)		
Total de Activo Fijos	\$521,380.59	Capital Social	\$3,886,537.79
TOTAL DE ACTIVOS	\$4,122,644.74	Total Pasivo + Capital	\$4,122,644.74

Balance General al 31 de diciembre del año 2.

ACTIVOS		PASIVOS	
Activo Circulante		Pasivo Circulante	
Caja y banco	\$4,699,971.80	Cuentas por Pagar	\$188,325.24
Cuentas por Cobrar	\$285,084.73		
Inventario de M.P.	\$190,784.13		
Inventario de P.T.	\$5,389.40		
Total de Activo Circulante	\$5,181,230.06	Total de Pasivo Circulante	\$188,325.24
Activo Fijo		Pasivo Fijo	
Mobil. Y equipo de oficina	\$2,013.04	Préstamo	\$23,050.88
Maquinaria y equipo	\$90,551.00		
Terreno	\$373,800.00	Total de Pasivo Fijo	\$23,050.88
Obra Civil	\$85,316.35		
Inversión Fija Intangible	\$39,570.12	Patrimonio	
Depreciaciones y Amortiz.	(\$104,804.88)		
Total de Activo Fijos	\$486,445.63	Capital Social	\$5,445,954.18
TOTAL DE ACTIVOS	\$5,667,675.69	Total Pasivo + Capital	\$5,667,675.69

Balance General al 31 de diciembre del año 3.

ACTIVOS		PASIVOS	
Activo Circulante		Pasivo Circulante	
Caja y banco	\$6,295,861.53	Cuentas por Pagar	\$188,325.24
Cuentas por Cobrar	\$288,611.47		
Inventario de M.P.	\$190,784.13		
Inventario de P.T.	\$5,389.40		
Total de Activo Circulante	\$6,780,646.53	Total de Pasivo Circulante	\$188,325.24
Activo Fijo		Pasivo Fijo	
Mobil. Y equipo de oficina	\$2,013.04	Préstamo	\$12,093.06
Maquinaria y equipo	\$90,551.00		
Terreno	\$373,800.00	Total de Pasivo Fijo	\$12,093.06
Obra Civil	\$85,316.35		
Inversión Fija Intangible	\$39,570.12	Patrimonio	
Depreciaciones y Amortiz.	(\$139,739.84)		
Total de Activo Fijos	\$451,510.67	Capital Social	\$7,026,311.46
TOTAL DE ACTIVOS	\$7,232,157.20	Total Pasivo + Capital	\$7,232,157.20

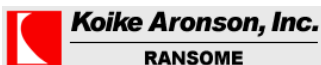
Balance General al 31 de diciembre del año 4.

ACTIVOS		PASIVOS	
Activo Circulante		Pasivo Circulante	
Caja y banco	\$7,911,163.51	Cuentas por Pagar	\$188,325.24
Cuentas por Cobrar	\$292,138.23		
Inventario de M.P.	\$190,784.13		
Inventario de P.T.	\$5,389.40		
Total de Activo Circulante	\$8,399,475.27	Total de Pasivo Circulante	\$188,325.24
Activo Fijo		Pasivo Fijo	
Mobil. Y equipo de oficina	\$2,013.04	Préstamo	\$0.00
Maquinaria y equipo	\$90,551.00		
Terreno	\$373,800.00	Total de Pasivo Fijo	\$0.00
Obra Civil	\$85,316.35		
Inversión Fija Intangible	\$39,570.12	Patrimonio	
Depreciaciones y Amortiza.	(\$174,674.80)		
Total de Activo Fijos	\$416,575.71	Capital Social	\$8,627,725.74
TOTAL DE ACTIVOS	\$8,816,050.98	Total Pasivo + Capital	\$8,816,050.98

Balance General al 31 de diciembre del año 5.

ANEXO 27: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL EQUIPO PROPUESTO.

1. MESA GIRATORIA.



multy 293 mesa giratoria Multymaq

Actualizado hace 2 semanas - 221 visitas y 2 contactos de compra



Lotes:

1 unidad / lote
1 lote disponible

I.V.A. no incluido
Portes no incluidos
Año de fabricación: 2002
Estado: De ocasión: óptima

Información detallada del producto:

total acero inox, diametro 150cm. homologada CE
altura total 820 mm
con variador de velocidad

MESA GIRATORIA.

CAPACIDADES:

250 Lbs.	500 Lbs.
1,000 Lbs.	2,500 Lbs.
6,000 Lbs.	10,000 Lbs.
20,000 Lbs.	40,000 Lbs.
80,000 Lbs.	120,000 Lbs.



TURN TABLE LITERATURE

Simple, Strong & Safe

Koike Aronson / Ransome manufactures a complete line of gear driven welding turntables which maximize both safety and production with load capacities ranging from 250 to 120,000 pounds.

Koike Aronson / Ransome Floor turntables are a simplistic and rugged solution to obtain 360° of constant or variable speed powered horizontal rotation for weldments or assemblies.

Many variations in speeds, controls, table size, heights as well as robotic applications are available. Special

- Large bull gear engineered turntables are always available.
MACHINE FEATURES design for dependable rotation
- Capacity ranges from 1,000 to 120,000 Lb
- Backlash maintained to within .002 In/In Radius
 - ✓ Gantry
 - ✓ Cantilever
 - ✓ Universal Balance Positioner
 - ✓ Bench / Special Utility Positioner
 - ✓ Headstock / Tailstock
 - ✓ Tilt / Turn Positioner
 - ✓ Floor Turntable
 - ✓ Turning Roll
 - ✓ Plate Seamer
 - ✓ Welding Manipulator
 - ✓ VUP Vertical Up Welder
 - ✓ AGW Automatic Girth Welder
 - ✓ Robotic Positioning Equipment
 - ✓ Positioning Solution Options
 - ✓ Portable Cutting Machines
 - ✓ Portable Welding Carriages
 - ✓ Gas Regulators

2. HORNOS.

- ThermoConcept
- ThermoChamber
- ThermoRetort 650
- ThermoTilt
- ThermoLab
- ThermoConvect
- ThermoRetort 1200

ThermoConcept 	Instalación de tratamiento térmico en atmósfera controlada
ThermoChamber 	ThermoChamber Série 2000 1200°C Hornos de cámara Hornos mufla en atmosfera controlada
ThermoConvect 	ThermoConvect Série 2000 350°C/550°C Estufas con ventilacion forzada de aire
ThermoRetort 650	ThermRetort 221 650°C Hornos de pote, Hornos pozo todas las dimensiones

	
<p>ThermoRetort 1200</p> 	<p>ThermRetort 221 650°C</p> <p>Hornos pozo todas las dimensiones</p>
<p>ThermoTilt</p> 	<p>ThermoTilt 151 1050°C</p> <p>Tilting hornos en atmósfera controlada</p>

Borel Hornos Industriales

Desde 1927

[Borel Industrial furnaces](#) and ovens for the heat treatment of metals

[Borel Fours Industriels](#) pour le traitement thermique des métaux

[Borel Industrieofen](#) für die Wärmebehandlung von metallen

[Borel Fornos Industriais](#) de tratamento térmico de metais

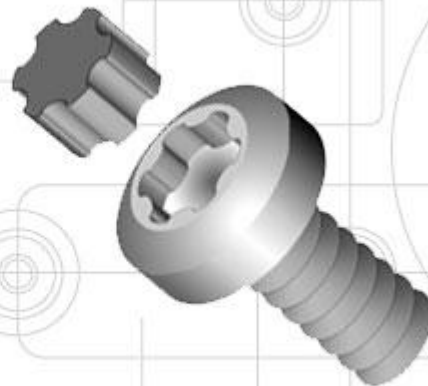
[Borel Hornos Industriales](#) de tratamiento termicos

[Borel Forni industriali](#) per trattamenti termici



The Right Fit

Click here to view our family of brands and selected products >



Welcome to Acument Global Technologies!

Acument™ Global Technologies provides fastening solutions to leading companies around the world. Because we grew up with the markets we serve, we can work alongside our customers at every stage they need us. From designing new assembly processes to creating custom fasteners at the 11th hour, we do more than deliver the right fastening solution: **we deliver peace of mind.**



Aerospace Automotive Construction Electronics Installation Systems



NEWS

February 1, 2007

Acument™ Global Technologies Appoints Janice E. Stipp as Vice President and Chief Financial Officer effective February 19, 2007.

[View All News](#)

FEATURED PRODUCT

The New Range of Genesis® Handtools

Hydro-pneumatic Avdel® brand Genesis® nG handtools tools from Avdel® are applicable in assembly operations that use breakstem rivets and related fasteners in construction, automotive, aerospace and general industrial uses. New features include a soft rubber grip and a redesigned spring that reduces installation rates to 1.2 seconds per rivet. A safety feature prevents stem ejection when removing the stem collector bottle. An integrated cycle counter tracks placements and alerts operators to maintenance schedules. A new bearing guidance of the hydraulic piston extends service intervals and reduces oil consumption.

[View All Products](#)

Moldes



**Don't forget our
Pre-Fab
Insulator Sheets**

**We Stock
Standard Mold Bases**

**with these
Free Features**

- ◀ **Guided Ejection**
- ◀ **#3 Steel A & B Plates**
- ◀ **Pry Slots**
- ◀ **Vented Leader Pins**
- ◀ **Hoist Ring Holes**
- ◀ **1-3/8 Top Clamp Plate**
- ◀ **with Sprue Screw**
- ◀ **Available without Guided Ejection**
- ◀ **Blank Mold plates available**

◀ Denotes Included Features at No Extra Charge

CONMUTADOR

Commutatori a pacco FR10 Packet switches FR10

CARATTERISTICHE ELETTRICHE NOMINALI.

RATED ELECTRICAL CHARACTERISTICS.



- ✓ Corrente convenzionale termica (**I_{th}**): **20 A**
- ✓ Conventional free air thermal current
- ✓ Tensione di isolamento nominale (**U_i**): **690 V**
- ✓ Rated insulation voltage
- ✓ Tensione di tenuta ad impulso nominale (**U_{imp}**): **4 kV**
- ✓ Rated impulse withstand voltage
- ✓ Categoria di utilizzazione
- ✓ Utilization category DC13 AC14 AC15 DC14 DC14
- ✓ Tensione nominale d'impiego
- ✓ Rated operational voltage (**U_e**) **400V 400V 250V 110V 250V**
- ✓ Corrente nominale d'impiego
- ✓ Rated operational current (**I_e**) **16A 10A 6A 6A 2,5A**
- ✓ Dati relativi al dispositivo di protezione contro il corto circuito associabile
- ✓ Relevant information about the associated Short Circuit Protective Device
- ✓ Corrente di picco ammissibile : _ **1550A**
- ✓ Peak withstand current
- ✓ Integrale di Joule (**I²t**) : _ **38 kA² s**
- ✓ Joule Integral

tel. +39 2 55189993

fax.+39 2 54118436

ANEXO 28

DISTRIBUCIÓN EN PLANTA PROPUESTA.

