

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA



TRABAJO DE GRADO

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICO ECONÓMICO PARA EL USO DE ENERGÍA
SOLAR EN EL EDIFICIO DE USOS MÚLTIPLES DE LA FACULTAD
MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE**

**PARA OPTAR AL GRADO DE
INGENIERO(A) INDUSTRIAL**

PRESENTADO POR

**RAFAEL ADOLFO BAIDES TRUJILLO
SOFIA NATALIA SORIANO MORENO**

DOCENTE ASESOR

INGENIERO EDUARDO MARROQUIN ESCOTO

OCTUBRE, 2020

SANTA ANA, EL SALVADOR, CENTROAMÉRICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

AUTORIDADES



M.Sc. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

RECTOR

DR. RAÚL ERNESTO AZCÚNAGA LÓPEZ

VICERRECTOR ACADÉMICO

ING. JUAN ROSA QUINTANILLA QUINTANILLA

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO

ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

SECRETARIO GENERAL

LICDO. LUIS ANTONIO MEJÍA LIPE

DEFENSOR DE LOS DERECHOS UNIVERSITARIOS

LICDO. RAFAEL HUMBERTO PEÑA MARÍN

FISCAL GENERAL

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
AUTORIDADES



M.Ed. ROBERTO CARLOS SIGÜENZA CAMPOS
DECANO

M.Ed RINA CLARIBEL BOLAÑOS DE ZOMETA
VICEDECANA

LICDO. JAIME ERNESTO SERMEÑO DE LA PEÑA
SECRETARIO

INGENIERO DOUGLAS GARCÍA RODEZNO
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por la vida y por la oportunidad que me dio de poder culminar una etapa de mi carrera profesional, desde inicio a fin me acompañó y nunca me dejó en los momentos más difíciles, le agradezco a mi padre y madre José Rafael Baides y Marcia Carolina Trujillo por enseñarme a nunca rendirme, siempre perseguir mis sueños y por su apoyo incondicional y siempre estar pendiente de mí, a mi hermana Gabriela Carolina Baides por ser mi ejemplo a seguir de superación y de cómo dar lo mejor en cada ocasión, le agradezco a mi demás familia por apoyarme en todo momento y ayudarme a tomar las decisiones correctas para seguir adelante, le agradezco especialmente a María José Bolaños quien me acompañó en toda mi carrera universitaria y ha estado en los momentos importantes alentándome a superarme cada día, a mi compañera Sofía Soriano, quien además de compartir conmigo este estudio tuvimos muchas buenas experiencias en la universidad y fuimos compañeros en muchos trabajos y a quien considero una gran amiga.

Rafael Adolfo Baides Trujillo

Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, que pese a las dificultades me siento bendecida y animada para los grandes retos que me esperan. Le doy gracias a mi madre, Deysi Margarita Moreno, mi fiel confidente y amiga, que siempre ha estado a mi lado sin importar las circunstancias y me brinda su amor y comprensión sin medida. A mi padre, Carlos Alfredo Soriano, a quien guardo un lugar especial en mi corazón, quien me enseñó a creer en mí misma y a levantar la cabeza aun cuando las adversidades se presentan, a quien dedico cada uno de mis logros y a quien busco incansablemente hacer sentir orgulloso. A la familia Mendoza Marroquín por acogerme y acompañarme a lo largo de este camino, en especial a Daniel Mendoza, quien me ha apoyado de manera incondicional, quien siempre estuvo presente y me alentó a seguir adelante. Muchas gracias a mi compañero, Rafael Adolfo, con quien decidí compartir este importante capítulo de mi vida y me alegro de llamar mi amigo.

Sofía Natalia Soriano Moreno

Agradecemos a la Universidad de El Salvador, nuestra alma mater por contribuir a nuestra formación profesional, a la Facultad Multidisciplinaria de Occidente por creer en nuestro proyecto y brindarnos la información para fundamentar nuestra investigación, como a las

personas que colaboraron con nuestra investigación, a nuestro asesor Ing. Eduardo Marroquín Escoto por su paciencia durante todo el proceso de tesis, su disposición para ayudar y designar adecuadamente los recursos utilizados, al Ing. Douglas García Rodezno, Ing. Raúl Zavaleta y al Ing. Salvador Meléndez por ofrecernos de su valioso tiempo.

Grupo de trabajo

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	xii
CAPÍTULO I: GENERALIDADES.....	14
1.1. MARCO TEÓRICO	14
1.1.1. LA ENERGÍA COMO UNA NECESIDAD HUMANA.....	14
1.1.2. LA ENERGÍA ELÉCTRICA	15
1.1.3. FUENTES DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	17
1.1.4. FUENTES DE ENERGÍA ELÉCTRICA ALTERNATIVAS	22
1.1.5. TIPOS DE ENERGÍA SOLAR.....	23
1.1.6. INTALACIONES FOTOVOLTAICAS.....	24
1.1.7. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA ENERGÍA SOLAR.....	31
1.1.8. TIPOS DE PANELES SOLARES	32
1.1.9. TIPOS DE INVERSORES FOTOVOLTAICOS.....	34
1.1.10. ¿QUÉ ES Y PARA QUÉ SIRVE LA HORA SOLAR PICO (HSP)?	35
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	38
1.3. JUSTIFICACIÓN	40
1.4. OBJETIVOS	42
1.5. ALCANCES	43
1.6. LIMITACIONES	44
CAPÍTULO II: DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS	45
2.1. DESCRIPCIÓN BREVE DE LAS DIFERENTES ACTIVIDADES QUE SE REALIZAN DENTRO DEL EDIFICIO	45
2.2. CUANTIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS ELECTRÓNICOS Y SU NECESIDAD ENERGÉTICA	46
CAPITULO III: ESTUDIO TÉCNICO	62

3.1. LOCALIZACIÓN DE APLICACIÓN DEL PROYECTO.....	62
3.2. DESCRIPCIÓN DE PROVEEDORES.....	65
3.3. ANÁLISIS DE LAS INSTALACIONES Y ADECUACION DE LAS NECESIDADES DEL NUEVO SISTEMA ENERGETICO.....	66
3.4. ANALISIS DE LOS REQUERIMIENTOS DE MANTENIMIENTO DEL EQUIPO.....	67
CAPITULO IV: ESTUDIO ECONOMICO.....	69
4.1. INVERSIONES DEL PROYECTO.....	69
4.2. ANÁLISIS DE LA INVERSIÓN.....	74
4.2.1. ALTERNATIVAS (PROVEEDORES).....	79
CAPITULO V: EVALUACIÓN FINANCIERA.....	83
5.1. COSTO ANUAL UNIFORME EQUIVALENTE (CAUE).....	83
5.2. TASA INTERNA DE RETORNO (TIR).....	86
CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	89
5.1. CONCLUSIONES.....	89
5.2. RECOMENDACIONES.....	90
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	91
GLOSARIO.....	93
ANEXOS.....	96
ANEXO 1. CENTRALES HIDROELÉCTRICAS EN EL SALVADOR.....	97
ANEXO 2. RESULTADOS OBTENIDOS EN LA ENCUESTA.....	99
ANEXO 3. CÁLCULO DE LA TASA SOCIAL DE DESCUENTO PARA PROYECTOS DE INVERSIÓN PÚBLICA (DEL CAPÍTULO V).....	101
ANEXO 4. HOJAS DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS CONSULTADOS PARA ESTE PROYECTO.....	104
ANEXO 5. HOJA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL INVERSOR SOLAR CONSULTADOS PARA ESTE PROYECTO.....	111

ANEXO 6. FLUJO DE CAJA AL INVERTIR EN LAS OPCIONES DE PROVEEDORES	114
ANEXO 7. CONSUMO DE ENERGÍA MENSUAL EN KW DE LOS AÑOS 2016 AL 2018 DEL EDIFICIO DE USOS MÚLTIPLES.	117

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. CONSUMO POR LUMINARIA - PRIMERA PLANTA	49
TABLA 2. CONSUMO POR LUMINARIA – SEGUNDA PLANTA	50
TABLA 3. CONSUMO POR LUMINARIA - TERCERA PLANTA.....	51
TABLA 4. CONSUMO TOTAL POR LUMINARIA	52
TABLA 5. CONSUMO POR OFIMÁTICA - PRIMERA PLANTA	53
TABLA 6. CONSUMO POR OFIMÁTICA - SEGUNDA PLANTA.....	54
TABLA 7. CONSUMO POR OFIMÁTICA - TERCERA PLANTA	55
TABLA 8. CONSUMO TOTAL POR OFIMÁTICA.....	56
TABLA 9. TABLA DE RENDIMIENTO DE CONSUMO ELÉCTRICO DE APARATOS CLIMATIZADORES.....	57
TABLA 10. CONSUMO POR CLIMATIZACIÓN DEL EDIFICIO DE USOS MÚLTIPLES	58
TABLA 11. CONSUMO SEMANAL POR LAPTOPS EN EL EDIFICIO DE USOS MÚLTIPLES	60
TABLA 12. CONSUMO SEMANAL POR TELÉFONOS CELULARES EN EL EDIFICIO DE USOS MÚLTIPLES.....	60
TABLA 13. CONSUMO POR REPRODUCTORES DE MUSICA (MP3, IPOD, MP4, ETC.):.....	60
TABLA 14. RESUMEN DEL CONSUMO PROMEDIO TOTAL SEMANAL POR ESTUDIANTES UTILIZANDO LAPTOPS, CELULARES, REPRODUCTORES DE MÚSICA.	61
TABLA 15. CONSUMO ELÉCTRICO TEÓRICO TOTAL DEL EDIFICIO DE USOS MÚLTIPLES.....	61
TABLA 16. LOCALIZACIÓN ÓPTIMA DEL PROYECTO.....	63
TABLA 17. DIMENSIONES DE LOS PANELES SOLARES MÁS UTILIZADOS.	66
TABLA 18. INFORMACIÓN TÉCNICA DE LOS MFS Y COSTOS DE PROVEEDORES.....	71
TABLA 19. PRESUPUESTO TOTAL DE LA INVERSIÓN.....	73
TABLA 20. INVERSIÓN REAL EN PANELES SOLARES CON EL ESPACIO REAL DISPONIBLE, POR ECOBLITZ.	74

TABLA 21. INVERSIÓN REAL DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EUM.	75
TABLA 22. DEPRECIACIÓN ANUAL DE LOS PANELES FOTOVOLTAICOS	77
TABLA 23. DEPRECIACIÓN ANUAL DE LOS INVERSORES	78
TABLA 24. INVERSIÓN REAL EN PANELES SOLARES CON EL ESPACIO REAL DISPONIBLE, POR GREEN POWER	79
TABLA 25. INVERSIÓN REAL CON GREEN POWER DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EUM.	80
TABLA 26. INVERSIÓN REAL EN PANELES SOLARES CON EL ESPACIO REAL DISPONIBLE, POR SUNFIELDS.	81
TABLA 27. INVERSIÓN REAL CON SUNFIELDS EL SALVADOR DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN EL EUM.	82
TABLA 28. COSTOS DE FACTURACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	84
TABLA 29. CÁLCULOS DE CAUE CON LA SITUACIÓN ACTUAL SIN PROYECTO Y AL APLICAR EL PROYECTO	85
TABLA 30. CRITERIOS PARA LA TOMA DE DECISIONES CON VALOR ACTUAL NETO (VAN)	87
TABLA 31. FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO PARA LA APLICACIÓN DE MFV	88
TABLA 32. CENTRALES HIDROELÉCTRICAS EN EL SALVADOR.....	97
TABLA 33. FLUJO DE CAJA, TIR Y VAN AL INVERTIR EN LA TECNOLOGÍA DE GREEN POWER EL SALVADOR	115
TABLA 34. FLUJO DE CAJA, TIR Y VAN AL INVERTIR EN LA TECNOLOGÍA DE SUNFIELDS EL SALVADOR.....	116
TABLA 35. FACTURACIÓN MENSUAL (AÑOS 2016 – 2018) DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LA FMOCC	117

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA I. SISTEMA DE SUMINISTRO ELÉCTRICO	15
FIGURA II. CENTRAL HIDROELÉCTRICA 5 DE NOVIEMBRE	18
FIGURA III. CENTRALES GEOTÉRMICAS DE EL SALVADOR.....	19
FIGURA IV. CENTRAL EÓLICA VENTUS EL SALVADOR, EN CONSTRUCCIÓN EN EL DEPARTAMENTO DE METAPÁN.....	20
FIGURA V. ESQUEMA FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA MAREOMOTRIZ	21
FIGURA VI. INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA	22
FIGURA VII. CONFIGURACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO DOMICILIARIO	24
FIGURA VIII. IRRADIACIÓN SOLAR EN EL SALVADOR.....	26
FIGURA IX. COMPONENTES DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	28
FIGURA X. ELEMENTOS DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO CON CONEXIÓN A RED	30
FIGURA XI. CÉLULAS MONOCRISTALINAS.....	32
FIGURA XII. PANEL SOLAR FORMADO POR CÉLULAS POLICRISTALINAS	33
FIGURA XIII. EJEMPLO DE CÉLULAS AMORFAS	33
FIGURA XIV. EJEMPLO DE DIFERENTES MARCAS DE INVERSORES SOLARES	35
FIGURA XV. MAPA DE HSP EL SALVADOR. FUENTE: SOLAR GLOBAL ATLAS	36
FIGURA XVI. MAPA DE RADIACIÓN SOLAR DE EL SALVADOR, PROMEDIO ANUAL 2005	37
FIGURA XVIII. INFORMACIÓN TÉCNICA DE LOS SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO DE AIRE DEL EDIFICIO DE USOS MÚLTIPLES.....	57
FIGURA XIX. DIMENSIONES DE LA LOCALIZACIÓN DE APLICACIÓN PARA EL PROYECTO	64
FIGURA XX. LISTA DE DIFERENTES MODELOS DE PANELES.....	67
FIGURA XXI. MAPA DE RADIACIÓN SOLAR DE EL SALVADOR.....	70

INTRODUCCIÓN

Un proyecto es una idea estructurada de cómo resolver o satisfacer una necesidad humana y cualquiera que esta fuese, al momento que se pretenda implementar, necesita de inversión, metodología o tecnología por aplicar y conlleva a la búsqueda de propuestas coherentes destinadas a resolver dichas necesidades.

El Salvador experimenta un crecimiento en el área de investigación, aplicación y desarrollo de energías renovables, en especial de la energía fotovoltaica, esto debido a que cada día son más las personas que suman a la causa del medio ambiente y buscan medidas e ideas que provoquen un impacto positivo ambiental. La implementación de este tipo de energía en un determinado establecimiento no sólo ayuda reduciendo los gases del efecto invernadero, sino que es una opción para disminuir los costos que las empresas convencionales generan al suministrar la energía de manera hidroeléctrica.

El Salvador tiene ventajas geográficas y climatológicas para la implementación de sistemas de suministro de energía solar, aunado al apoyo que el gobierno central brinda por medio de políticas gubernamentales que incentivan y ayudan a los interesados en este tipo de alimentación energética.

La Facultad Multidisciplinaria de Occidente de la Universidad de El Salvador alberga a estudiantes de los departamentos de Santa Ana, Sonsonate, Ahuachapán y aledaños, siendo una de las facultades más concurridas debido a la variedad de carreras y opciones formativas que posee. Es claro que a medida que aumente la demanda estudiantil también crecerán los recursos necesarios para sustentarla, a los cuales se le debe prestar especial atención pues estos deben ser controlados, entre uno de los más importantes está la energía eléctrica, no sólo por los altos costos que esta genera, sino también porque la sociedad cada vez exige que se formen personas que estén conectadas con los avances tecnológicos alrededor del mundo y es ahí donde la energía forma un papel importantísimo en el crecimiento de la facultad.

Debido a esto se ha visto la oportunidad de poder implementar un sistema fotovoltaico que ayude a mermar los problemas involucrados con la contratación que el servicio de energía eléctrica convencional produce. Esto se demostrará mediante un estudio de factibilidad, el cual

comprende de seis capítulos, el primero expone de manera general los conceptos acerca de energía solar y su captación mediante paneles solares.

El segundo capítulo describe la investigación de campo necesaria para la recolección de datos relevantes para el trabajo, en este se describe las actividades y procesos que se realizan dentro del edificio en cuestión; el tercer capítulo analiza, procesa e interpreta esta información de tal manera que sea posible determinar si existe posibilidad de equipar e instalar paneles solares. El capítulo 4 trata de todos los costos necesarios que se deben tomar en cuenta para llevar a cabo el proyecto y que serán necesarios para la evaluación financiera en donde se decidirá si el proyecto es factible.

Finalmente se mostrará en el quinto y sexto capítulo la propuesta de estudio de factibilidad para el uso de energía solar en el Edificio de Usos Múltiples de la Facultad Multidisciplinaria de Occidente de la Universidad de El Salvador, ubicada en el techo de este mismo edificio, el cual se compone del resultado de la factibilidad técnica y económica con el objetivo de demostrar que es posible la aplicación de una idea innovadora que ayude de manera económica en ahorros para la facultad de energía eléctrica y a su vez sea una opción viable para el medio ambiente.

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1. MARCO TEÓRICO

1.1.1. LA ENERGÍA COMO UNA NECESIDAD HUMANA

La energía es la capacidad que un cuerpo posee para realizar una acción o un trabajo, o producir un cambio o una transformación, la cual es evidente cuando pasa de un cuerpo a otro. Toda la materia posee energía como resultado de su movimiento o de su posición en relación con las fuerzas que actúan sobre ella. La ley de la conservación de la energía dictamina que ésta no se crea ni se destruye, simplemente se transforma. Todas las formas de energía pueden convertirse en otras por medio de la implementación de diferentes procesos, es decir, que ésta podría tomar apariencia de corriente eléctrica, luz, calor, sonido o movimiento. Los seres humanos también utilizamos y transformamos la energía en nuestro cuerpo para efectuar diferentes trabajos.

La principal propiedad que posee la energía es la de la transferibilidad; por ejemplo, habrá notado que cuando quiere calentar un objeto basta con acercarlo a otro con mayor temperatura, esto sucede porque existe una energía en forma de calor que pasa de un objeto a otro y produce el cambio deseado.

Siendo así, el ser humano ha sido capaz de descubrir que en la naturaleza se encuentran diversos recursos naturales o fenómenos con la capacidad de suministrar energía de diferentes formas, a las cuales se les ha denominado fuentes naturales de energía o recursos energéticos, que pueden o no agotarse al momento de emplearlas, y es necesario resaltar la diferenciación entre ambas como renovables y no renovables.

Entre algunas actividades productivas donde se utiliza la electricidad se puede mencionar:

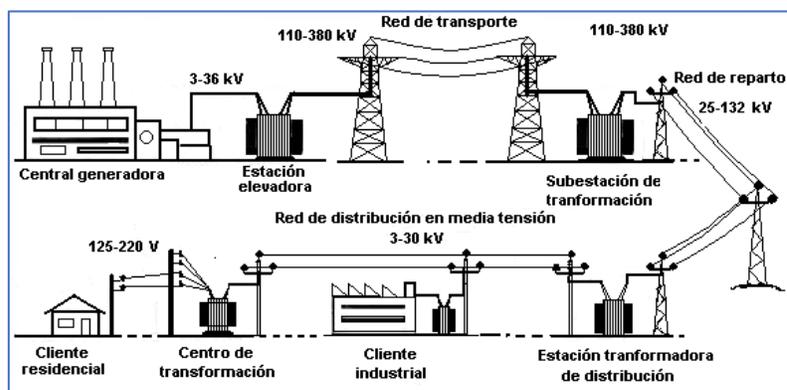
- a) Fábricas: se utiliza para mover motores, para obtener calor y frío, para procesos de tratamiento de superficies mediante electrólisis, entre otras.
- b) Transporte: gran parte del transporte público (y dentro de él los ferrocarriles y los metros) emplea energía eléctrica.

- c) Agricultura: especialmente para los motores de riego, usados para elevar agua desde los acuíferos, y para otros usos mecánicos.
- d) Hogares: se utiliza en los hogares para usos térmicos (calefacción, aire acondicionado, agua caliente y cocina), también para la iluminación y los electrodomésticos.

Gracias a la energía, se puede utilizar una gran cantidad de aparatos y maquinaria que hacen la vida mucho más fácil, pero a medida que la sociedad se desarrolla el consumo de energía también crece y lamentablemente no de una manera eficiente, pues se desperdician enormes cantidades que podrían ser aprovechadas para otros fines, lo cual conllevaría a un ahorro de recursos naturales y una reducción de la contaminación emitida en el proceso de producción de la energía.

1.1.2. LA ENERGÍA ELÉCTRICA

La energía eléctrica o electricidad es la corriente de energía que se origina de la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos determinados, cuando se los pone en contacto mediante un transmisor eléctrico.



Fuente: <https://es.wikipedia.org/>

Figura i Sistema de suministro eléctrico

Dicha corriente consiste en la transmisión de cargas negativas (electrones) a través de un material propicio para ello, como suelen ser los metales, desde el punto de su generación (y/o almacenamiento) hasta el punto de consumo, que usualmente la aprovecha para convertirla en otras formas de energía: lumínica, mecánica o térmica.

En la vida cotidiana, la energía eléctrica que se consume proviene de un tendido o una red eléctrica, a la cual se accede mediante enchufes o tomacorrientes, así como de la instalación de circuitos eléctricos en los hogares, como los que activamos al encender un interruptor de la luz. Esta red es alimentada por las empresas que proveen de dicho servicio, las cuales suelen estar a cargo de la generación y distribución de la electricidad en las ciudades, regiones o países enteros.

La electricidad existe en la naturaleza y forma parte importante de numerosos procesos biológicos, entre los cuales figura el propio cuerpo del hombre. Las neuronas de nuestro cerebro y los impulsos nerviosos de nuestra médula espinal, por ejemplo, son de naturaleza eléctrica, tal y como lo es la pequeña descarga que ciertas anguilas son capaces de transmitir al sentirse amenazadas. Otro perfecto ejemplo de ello son las tormentas eléctricas, en las cuales se producen relámpagos.

El campo de la física encargado del estudio de este tipo de energía es la física eléctrica o electricidad, y data del siglo XVIII, si bien hay antecedentes rastreables desde las épocas antiguas.

Existen diversas formas de generar la energía eléctrica, proceso que normalmente se lleva a cabo en una central eléctrica, o en pequeñas cantidades en dispositivos especializados.

Instalaciones solares. Convierten la energía calórica del sol en energía eléctrica, mediante un sistema de paneles que reciben las radiaciones directamente.

Centrales eléctricas. Producen la electricidad a partir del giro de turbinas empujadas por vapor de agua, calentada mediante diversas combustiones: de carbón, de hidrocarburos, reacciones nucleares, el calor de la tierra.

Recursos renovables. Existen también centrales eléctricas que aprovechan las caídas de agua (hidroeléctricas), o los fuertes vientos (eólicas) para movilizar sus turbinas y generar electricidad.

Una vez producida esta electricidad, se transmite a través del tendido eléctrico a las ciudades e instalaciones que la requieran o es almacenada en diversos tipos de circuitos.

1.1.3. FUENTES DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Las fuentes de energía eléctrica son completamente básicas en la sociedad moderna. Estas fuentes, vienen de recursos naturales que están en todo el entorno y se ha aprendido a aprovecharlos de una manera eficiente.

Dado el aumento constante de la sociedad humana, las necesidades energéticas llevan a que cada vez se exploten más todos los tipos de fuentes de energía eléctrica posibles. Tanto las fuentes de energía eléctrica renovables como las no renovables son necesarios hoy en día en mayor o menor medida para satisfacer las necesidades energéticas.

1.1.3.1. Fuentes de energía renovable

Energía de origen hidroeléctrico.

En las plantas de energía hidroeléctrica la electricidad se produce gracias a la caída de una gran cantidad de agua sobre unas turbinas que giran por la fuerza gravitacional que lleva el agua en la caída. Lo que hace que giren estas turbinas y se acabe generando energía eléctrica que se almacena y se envía a través de la red eléctrica hasta donde se necesite.

El funcionamiento práctico más explicado es que la energía potencial que el agua tiene cuando está en la parte superior de la presa de agua, a medida que cae se va transformando en energía cinética hasta las turbinas mencionadas anteriormente, que son las auténticas fuentes de energía eléctrica alternativa de las centrales hidroeléctricas.

Tiene el inconveniente de que, si hay una gran temporada de sequía, la cantidad de energía que se podrá generar será bastante limitada y depende de la cantidad de agua que esté disponible. Además, que, para la construcción de una central hidroeléctrica capaz de alimentar energéticamente a toda una población, se depende de una gran cantidad de extensión territorial para su instalación, la cual conlleva a la exposición de factores de riesgo en las comunidades a su alrededor.

Actualmente en el país cuenta con 4 centrales principales generadoras de electricidad hidráulicas estatales que suplen el mercado mayorista las cuales son:

- a) El Guajoyo, Metapán, Santa Ana. Con una capacidad en MegaWatts de 19,800

- b) Cerrón grande, Chalatenango/Cuscatlán/Cabañas. Con una capacidad en MegaWatts de 172,800
- c) 5 de noviembre, Cabañas/Cuscatlán. Con una capacidad en MegaWatts de 99,400
- d) 15 de septiembre, San Vicente/Usulután. Con una capacidad en MegaWatts de 180,000

Además, El Salvador cuenta con una central hidroeléctrica en construcción, “3 de Febrero” ubicada en el oriente del país en el norte de San Miguel a 160km de San Salvador, la cual estará costando alrededor de \$700 millones¹. Cuenta con otras más pequeñas distribuidas a lo largo del territorio salvadoreño².



Fuente: <https://www.cel.gob.sv/>

Figura ii Central hidroeléctrica 5 de noviembre

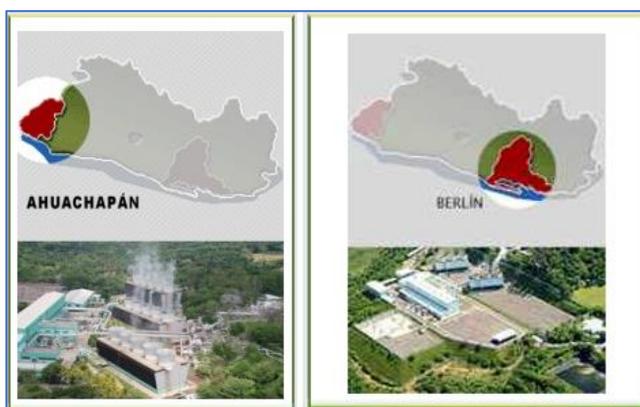
Fuentes de energía eléctrica de origen geotérmico.

La energía geotérmica es aquella que se origina gracias al contacto con el material caliente del interior de la tierra, es decir, son las fuentes de energía natural que aparece gracias a subsuelo terrestre de magma. Lo que sucede es que se calienta el agua de la superficie en la que está en contacto y puede aprovecharse esta energía para transformarla en electricidad que podamos aprovechar. El país que suele mencionarse al hablar de este tipo de energía eléctrica es Islandia, puesto que tiene una gran actividad en el interior de las placas terrestres y eso favorece enormemente el aprovechamiento de este tipo de energía.

¹ <https://diario.elmundo.sv/bukele-renombra-a-el-chaparral-como-central-hidroelectrica-3-de-febrero/>

² Ver en Anexo 1 Centrales Hidroeléctricas de El Salvador.

La geotermia es considerada el “petróleo blanco” del mundo, y para El Salvador no es excepción, ya que es una de las fuentes de energía limpia, renovable, eficiente, estable, y amigable con el medio ambiente³. Se estima que el país genera alrededor de 204 megavatios (MW), los cuales representan un aproximado del 20%⁴ de la energía que se consume. La empresa que se dedica a la producción de energía eléctrica a partir del calor de la tierra, es decir, utilizando los recursos geotérmicos, es LaGeo S.A. de C.V, una subsidiaria de la Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL). Se tienen dos centrales geotérmicas en el país, una ubicada en el departamento de Ahuachapán, la cual tiene una capacidad instalada de 95 MW y la otra ubicada en Berlín, en el departamento de Usulután y provee al país de 105.4 MW.



Fuente: <http://www.lageo.com.sv>

Figura iii. Centrales geotérmicas de El Salvador

Fuentes de energía eólica.

Los molinos de viento son la versión antigua de cómo aprovechar la energía eólica en energía que puede servir a los seres humanos de alguna manera. Antiguamente las comunidades desarrollaron un método para moler trigo a través del movimiento de grandes rocas para trituirarlo; la versión moderna de estos molinos de viento son las torretas eólicas, las fuentes de energía eléctrica renovable más reconocidas junto con las placas solares. La desventaja de las eólicas es que, si falta el viento, dejará de generarse electricidad y por ello se necesitarán fuentes alternativas de energía que puedan utilizarse cuando desaparezca el viento. Al igual que en el

³ <https://www.elsalvador.com/eldiariodehoy/la-geotermia-aporta-mas-del-20-de-la-electricidad-que-consume-el-pais/678604/2020/>

⁴ <http://www.lageo.com.sv/?lang=es>

caso de la central hidráulica, la generación de la energía eólica es causada por la transformación de la energía cinética en energía eléctrica de turbinas de viento.

El Salvador espera que para el año 2020 se comiencen funciones en el primer parque eólico, el cual está ubicado en Metapán dentro del departamento de Santa Ana⁵. La iniciativa está a cargo de la empresa VENTUS, la cual es propiedad de Tracia Network Corporation, se trata de una inversión millonaria que generará energía para 80.000 familias ya que tendrá una capacidad instalada de 50 megavatios (MW)⁶.



Fuente: <https://www.google.com.sv/maps/>

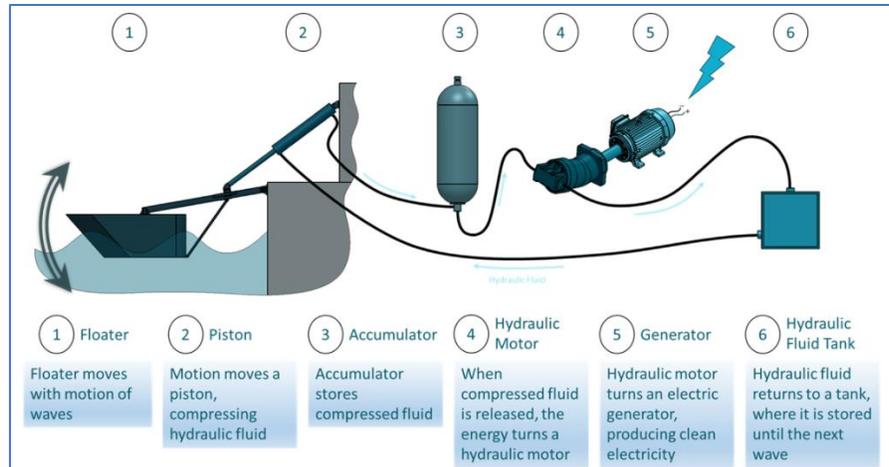
Figura iv. Central eólica VENTUS El Salvador, en construcción en el departamento de Metapán

Fuentes de energía mareomotriz.

El movimiento de las mareas y las corrientes marinas son capaces de generar energía eléctrica de una forma limpia. Si se habla concretamente de la energía producida por las olas, estaríamos produciendo energía undimotriz. Otro tipo de energía que aprovecha la energía térmica del mar basado en la diferencia de temperaturas entre la superficie y las aguas profundas se conoce como maremotérmica.

⁵ <https://www.evwind.com/2020/07/23/el-salvador-avanza-en-proyectos-de-energia-eolica/>

⁶ <https://www.economista.net/actualidad/El-Salvador-recibe-componentes-para-planta-eolica-20200407-0015.html>



Fuente: <https://www.ecowavepower.com/>

Figura v Esquema funcionamiento de un sistema de generación de energía mareomotriz

Hasta la fecha El Salvador no ha explotado este tipo de generación de energía, ya que no existen proyectos ni centrales dedicados al desarrollo y explotación de la misma; LA GEO realizó un estudio entre el año 2012 y 2014 para determinar el potencial de la producción energética en base a esta fuente en el país, el cual arrojó que el país posee un gran potencial de producción energética por fuente mareomotriz⁷.

1.1.3.2. Fuentes de energía eléctrica no renovable

Energía de origen térmico.

La energía de las centrales térmicas se consigue gracias a la quema de basura o combustibles fósiles como es el caso del carbón o el petróleo, sin embargo, resulta ser una manera muy contaminante de utilizar. Genera bastante polución en el entorno y cada vez están peor vistas, aunque tienen a su favor su coste.

Fuentes de energía eléctrica de origen nuclear.

Esta manera de crear electricidad para nuestras casas se obtiene dividiendo el núcleo del átomo de uranio enriquecido, lo que genera una cantidad de energía inmensa, pero al mismo tiempo genera residuos radiactivos que tienen que ser cuidadosamente gestionados. Una fuga

⁷ <https://historico.elsalvador.com/historico/137036/el-mar-podria-darnos-mas-electricidad-de-bajo-costo.html>

en este tipo de centrales causará grandes daños medioambientales y están muy vigiladas de manera que sean lo más seguras posibles.

1.1.4. FUENTES DE ENERGÍA ELÉCTRICA ALTERNATIVAS

ENERGÍA SOLAR

En este caso, a pesar de lo ecológica que resulta todavía está poco aprovechada en el mundo, dado el coste que supone la instalación de este tipo de fuentes de energía eléctrica. Hoy en día hace falta que pasen muchos años para amortizar el coste que tienen este tipo de plantas, aunque cada vez la eficacia de estas es superior.

El término energía solar se refiere, básicamente, al aprovechamiento de la energía que proviene del Sol y se trata de un tipo de energía renovable. La energía contenida en el Sol es tan abundante que se considera inagotable, pues lleva más de cinco mil millones de años emitiendo radiación solar y se calcula que aún no ha llegado ni a la mitad de su existencia.



Fuente: <https://greendok.com>

Figura vi Instalación solar fotovoltaica

La energía solar, además de ser inagotable es abundante: la cantidad de energía que el Sol vierte diariamente sobre la Tierra es diez mil veces mayor que la que se consume al día en todo el planeta. La radiación recibida se distribuye de una forma más o menos uniforme sobre toda la superficie terrestre, lo que dificulta su aprovechamiento. Además de ser una fuente de energía renovable, es una energía limpia y supone una alternativa a otros tipos de energía no renovables como la energía fósil o la energía nuclear.

Este tipo de energía está contenida en la radiación solar, que es transformada en forma de energía térmica o eléctrica por medio de dispositivos que permiten su consumo donde sea necesario.

1.1.5. TIPOS DE ENERGÍA SOLAR

En la actualidad existen tres tipos de energía solar, y se diferencia dependiendo del mecanismo escogido para el aprovechamiento de esta energía, las cuales son: la energía solar pasiva, la energía solar térmica y la energía solar fotovoltaica.

Energía solar pasiva.

La energía solar pasiva es el método más antiguo de aprovechamiento de la radiación solar. Se trata del método que ya utilizaban las culturas antiguas tal y como se explica en historia de la energía solar. Este sistema consiste en aprovechar la radiación solar sin la utilización de ningún dispositivo o aparato intermedio, mediante la adecuada ubicación, diseño y orientación de los edificios, empleando correctamente las propiedades de los materiales y los elementos arquitectónicos de los mismos: aislamientos, tipo de cubiertas, protecciones, etc. Aplicando criterios de arquitectura bioclimática se puede reducir significativamente la necesidad de climatizar los edificios y de iluminarlos.

Energía solar térmica.

Otra forma de aprovechamiento muy habitual y económico se trata de la energía solar térmica. Su funcionamiento se basa en el aprovechamiento de la radiación solar para calentar agua mediante colectores solares. Los colectores solares aumentan la temperatura del fluido aumentando su energía interna. De esta forma es fácil transportar la energía térmica generada y utilizarla donde se necesite: se podrá utilizar para obtener agua caliente sanitaria o para la calefacción de una vivienda.

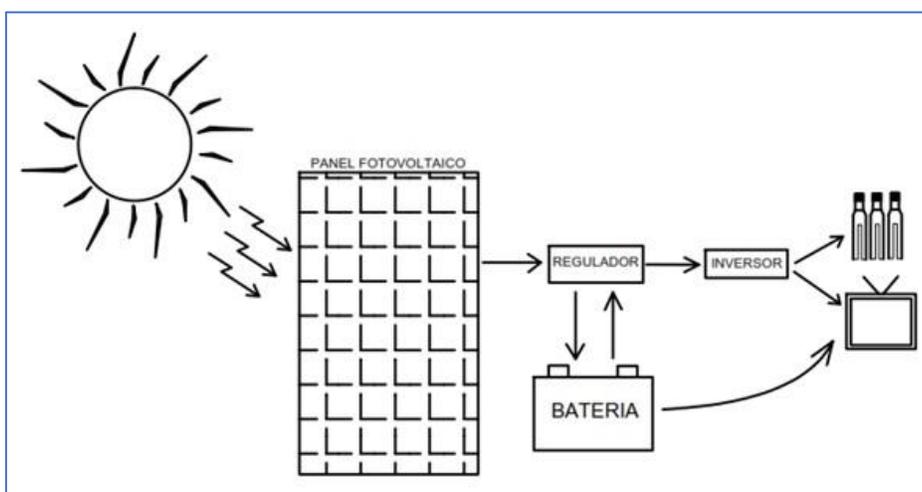
Energía solar fotovoltaica.

La energía solar fotovoltaica aprovecha el efecto fotovoltaico para generar una corriente eléctrica. La corriente que generan los paneles solares es corriente continua, que tratada correctamente (convirtiéndola en corriente alterna), se puede utilizar para suministrar electricidad en instalaciones autónomas o se puede utilizar para suministrarla (venderla) directamente a la red eléctrica.

1.1.6. INTALACIONES FOTOVOLTAICAS

Funcionamiento de un sistema fotovoltaico

El elemento encargado de captar la radiación solar y transformarla en energía útil es el panel solar, en sus células se genera corriente continua gracias a la incidencia de la luz. Todos los módulos juntos interconectados constituyen el generador solar. La corriente continua así producida por el generador se recoge y se dirige hacia el regulador y luego se va al inversor. En sistemas conectados a red, el inversor transforma la corriente continua así generada en corriente alterna y la suministra a la red eléctrica. En los sistemas autónomos, por el contrario, o bien se auto consume según la necesidad, o se almacena temporalmente en baterías.



Fuente: <http://alternativarenovable.blogspot.com/>

Figura vii Configuración de un sistema fotovoltaico domiciliario

Una característica importante a tener en cuenta de los paneles fotovoltaicos es que el voltaje de salida no depende de su tamaño, ya que frente a cambios en los niveles de radiación incidente tiende a mantener una tensión constante de salida (voltaje). En cambio, la corriente,

es casi directamente proporcional a la radiación solar y al tamaño del panel. Una forma práctica de aumentar la potencia de salida del panel consiste en instalar más células fotovoltaicas.

Existen tres tipos de radiación Solar:

1. Radiación directa: Proporciona mayor energía ya que no posee cambios al ingresar a la superficie terrestre.

2. Radiación difusa: Presenta obstáculos debido a la nubosidad, polución o partículas contenidas en la atmósfera, lo que ocasiona su desviación.

3. Radiación reflejada: Es la energía que proviene del Sol, que al chocar con la superficie terrestre rebota o se refleja.

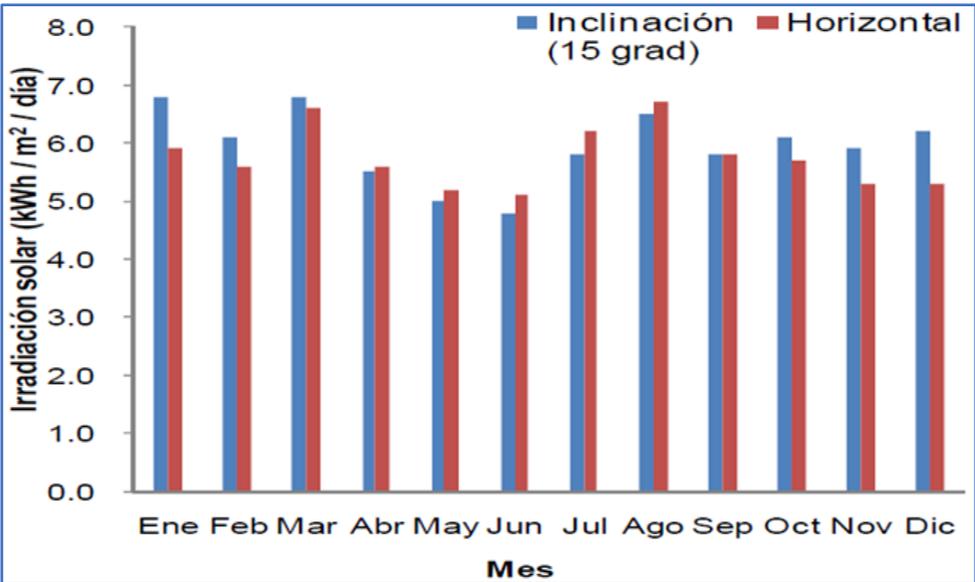
La cantidad de radiación solar que llega a la Tierra depende de situaciones tales como la distancia de la Tierra al Sol, ángulo de radiaciones para entrar a la atmósfera y/o la rotación y traslación de la Tierra.

En el año 2014, estudiantes de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de El Salvador realizaron una actualización al mapa de Radiación Solar del país, de lo cual se observaron poca variación con respecto a ésta a lo largo de los diferentes meses del año, de lo que podría considerarse que el flujo de energía captado a través de los paneles solares variaría de la misma manera que, para el caso particular de esta investigación, provee de ventajas técnicas al proyecto (*Fuente: (Carlos Cortez, 2014)*).

Para poder aprovechar esta energía, se utilizan instalaciones con diferentes dispositivos tecnológicos que permitan captar la radiación solar para su posterior transformación y uso. La principal ventaja que posee es su bajo índice de contaminación, su remuneración a largo plazo y su naturaleza inagotable.

En El Salvador existe una problemática relacionada con el alza de los precios de la energía eléctrica, las tarifas al consumidor final ajustadas trimestralmente por la Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones SIGET en la mayoría de casos incrementan, provocando que el gremio empresarial resulte afectado y para no reducir sus márgenes de ganancia, optan por la idea de incrementar los precios a los productos o servicios que ofrecen.

Un panel fotovoltaico que capta la energía solar tiene el doble de eficiencia en El Salvador que, en países como Alemania, en base a estudios realizados por la Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL), según el Consejo Nacional de Energía (CNE), una investigación de la cooperación alemana ha determinado que El Salvador tiene los niveles de radiación solar más altos de la región centroamericana, lo que hace más factible y rentable desarrollar proyectos de energía solar en el país. Asimismo, investigaciones realizadas por la CEL plantean que incluso en la temporada lluviosa el rendimiento de los paneles solares es considerable.



Fuente: CEL (Comisión ejecutiva hidroeléctrica del río Lempa)

Figura viii Irradiación Solar en El Salvador

La producción de energía en El Salvador incrementó en los últimos cinco años principalmente por el despegue de proyectos solares. Según datos de la Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones (SIGET), la estructura de producción del sector se acentuó entre 2014 y 2017 se incrementó 339,47 Megavatios (MW) en las diferentes tecnologías. Solo en la generación fotovoltaica, el incremento de la capacidad instalada fue de 1,9 % entre 2014 y 2017, indican las cifras de esta institución.

Entre los proyectos más importantes están la planta solar de la empresa francesa Neoen, que instaló 320.000 paneles en el municipio de El Rosario de La Paz. Solo esta planta genera 101 Megavatios (MW) para inyectar a la red nacional.

También está la planta solar sobre techo que instaló la empresa Indufoam Energy Supply y que generará 5,214.4 megavatios al año. La empresa se abastece de la energía que produce y el resto lo inyecta a la red eléctrica nacional. Además, está en funcionamiento la Central Fotovoltaica Barrio Nuevo, que genera 1,2 MW en Tecoluca, entre grandes y pequeñas, que están agregando capacidad de generación.

La capacidad para generar energía en El Salvador aumentó 157.9 megavatios (MW) al cierre de 2017, equivalente a un crecimiento del 9.3 % respecto a 2016, informó la Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones (SIGET).

En el caso de la Universidad de El Salvador, cuenta con este tipo de sistemas fotovoltaicos en dos de sus facultades: la Facultad de Odontología y Facultad de ingeniería y arquitectura, en la sede Central.

Clasificación de las instalaciones fotovoltaicas

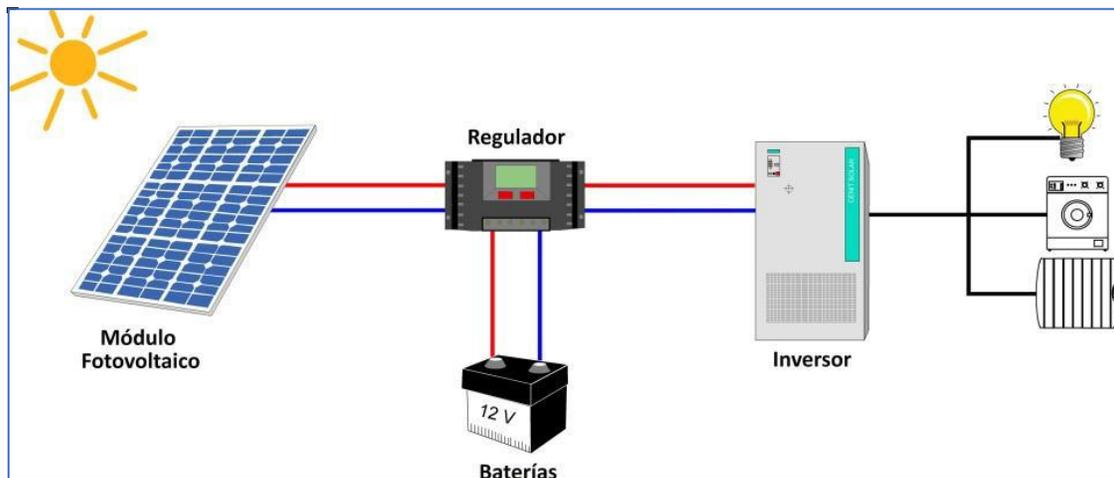
Las instalaciones fotovoltaicas se dividen de acuerdo a su objetivo, principalmente en: Instalaciones aisladas de la red eléctrica, que son las que cumplen la función de satisfacer total o parcialmente los requerimientos de energía eléctrica de viviendas o localidades que no cuentan con servicio eléctrico de alguna compañía y las instalaciones conectadas a la red eléctrica que sirven para reducir el consumo de energía eléctrica convencional, optando por satisfacer la demanda por medio del sistema fotovoltaico y si es posible, entregar a la red eléctrica parte de la energía generada y que no es ocupada en el lugar de la instalación.

Instalaciones aisladas de la red eléctrica.

Son las que tienen la capacidad de generar la totalidad de energía que se utilice, por ejemplo: viviendas rurales cuyo consumo sea bajo, iluminación de áreas aisladas, antenas de comunicación, balizas de señalización, entre otros. Estos sistemas van acompañados de inversores de corriente, para pasar de corriente continua a corriente alterna, reguladores de voltaje y bancos de baterías que permiten almacenar la energía que no se está utilizando. Los sistemas aislados de la red eléctrica poseen los siguientes elementos (Ver Figura ix):

- i) Módulos fotovoltaicos: Por medio de este, se capta la energía solar y se transforman en energía eléctrica.

- ii) Regulador de carga: Este dispositivo permite proteger a los acumuladores de un exceso de carga y de descarga.
- iii) Sistema de acumulación: Almacena la energía para que pueda ser utilizada en los días nublados.
- iv) Inversor: Transforma la corriente continua (cc) en corriente alterna (ac).
- v) Elementos de protección del circuito: Protegen la de elementos en caso de sobrecargas en el sistema.



Fuente: cenitsolar.com

Figura ix. Componentes de los sistemas fotovoltaicos

Mantenimiento

El generador fotovoltaico se estima que tiene una vida útil superior a 30 años, siendo la parte más fiable de la instalación. La experiencia indica que los paneles nunca dejan de producir electricidad, aunque su rendimiento pueda disminuir ligeramente con el tiempo. Por otro lado, las baterías con un correcto mantenimiento tienen una vida aproximada de diez años.

Las operaciones de mantenimiento son:

- a) Los paneles que forman el generador apenas requieren mantenimiento, basta limpiarlos con algún producto no abrasivo cuando se detecte suciedad solidificada.
- b) El regulador de carga no requiere mantenimiento, pero sí necesita ser revisado para comprobar su buen funcionamiento.

- c) En las baterías se debe controlar que el nivel de agua del electrolito esté dentro de unos límites aceptables. Para reponerlo se utiliza agua desmineralizada o destilada. Se debe revisar su nivel mensualmente en cada uno de los elementos y mantener los bornes de conexión libres de sulfato. La medida de la densidad del electrolito puede avisar de posibles averías. Actualmente existen baterías sin mantenimiento o de electrolito gelificado que no necesitan reposición de agua.
- d) El inversor no necesita ningún mantenimiento especial, únicamente debe comprobarse su buen funcionamiento.

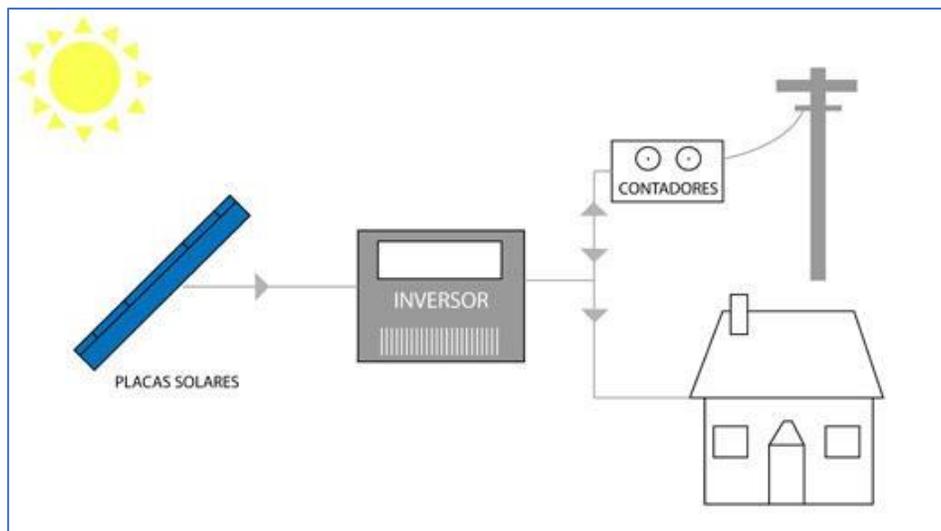
Instalaciones conectadas a la red eléctrica.

Son las que se encuentran permanentemente conectadas a la red eléctrica, de manera que, en periodos de radiación solar, sea el sistema fotovoltaico quien entregue energía, mientras que en periodos de radiación fotovoltaico-limitada o nula, sea la red eléctrica quien entregue la electricidad necesaria para satisfacer la demanda. Cuando la energía generada por el sistema sea superior a la demanda local, la red eléctrica aceptará todo excedente de energía que no sea utilizado. Para poner en funcionamiento una instalación fotovoltaica de este tipo, es necesario contar con un punto de acceso a la red eléctrica, que permitirá entregar la energía generada, este punto de acceso es asignado por la compañía eléctrica del sector donde se realice la instalación. Sin embargo, estas instalaciones en estricto rigor están permanentemente conectadas a la red eléctrica, por lo cual no necesitan de sistemas de conversión y almacenamiento como en el caso de las aisladas, también sería posible utilizarlas como los sistemas aislados, esto en el caso de que sea una instalación pequeña que cubra parcialmente la demanda local y que desee cubrir la energía faltante con la red eléctrica. Para esto, además es necesario utilizar un conmutador que permita realizar el cambio entre la energía entregada por el sistema fotovoltaico a la energía de la red.

Los componentes de este tipo de instalaciones son los siguientes:

- a) **Sistemas con conexión a red:** Estos sistemas están conectados a la red pública de distribución de la energía eléctrica. No cuentan con baterías ya que la energía del Sol se canaliza y se distribuye a toda la red eléctrica inmediatamente. Este sistema posee los siguientes componentes:

- i) Módulos fotovoltaicos: Por medio de este, se capta la energía solar y se transforman en energía eléctrica.
 - ii) Inversor para la conexión a la red: Transforma la corriente continua en corriente alterna.
 - iii) Elementos de protección del circuito: Protegen la de elementos en caso de sobrecargas en el sistema.
 - iv) Contador de energía: Mide la energía producida por el sistema fotovoltaico durante el tiempo de funcionamiento.
- b) Sistemas híbridos: Se les considera a aquellos que incorporan diferentes fuentes de generación de la energía eléctrica en uno solo; de esta manera se aprovecha al máximo la generación de energía y evita que existan variables que puedan afectar el aprovechamiento de dicha energía.



Fuente: researchgate.net

Figura x. Elementos de un sistema fotovoltaico con conexión a red

Mantenimiento

El mantenimiento se reduce a la limpieza de los paneles, cuando se detecte suciedad solidificada, y la comprobación visual del funcionamiento del inversor. La vida media de la instalación se estima superior a treinta años.

1.1.7. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA ENERGÍA SOLAR

La energía solar fotovoltaica se considera en la actualidad una de las fuentes más limpias disponibles en el planeta que reemplazará a los combustibles fósiles en un futuro. Este tipo de energía tiene más ventajas que desventajas porque es una fuente limpia de electricidad para el futuro, dentro de las cuales se pueden mencionar:

Ventajas

- a) Los sistemas tienen una vida útil larga (más de 30 años).
- b) Fuera de los gastos de inversión y mantenimiento, el cliente se olvida de estar pagando la factura eléctrica convencional cada mes o puede lograr ahorros que oscilan entre 30 y 70 por ciento de lo que cuesta la energía convencional.
- c) Inagotable en escala humana, por eso se dice que es renovable.
- d) Es resistente a condiciones climáticas extremas: (granizo, viento, temperatura y humedad).
- e) Permite aumentar la potencia instalada mediante la incorporación de nuevos módulos fotovoltaicos.
- f) Al ser una fuente de energía prácticamente ilimitada y accesible para todos, el recurso natural lo vuelve altamente aprovechable y atractivo para la explotación.

Desventajas

- a) La cantidad de energía producida depende de la capacidad de cada panel generador de la misma, del número de ellos, del ángulo de inclinación y la dirección de propagación de los rayos incidentes.
- b) Intermitente: debido a la rotación de la tierra, la luz solar no puede ser aprovechada las 24 horas del día, la cantidad de energía almacenada o producida depende de la hora, estación, latitud, altura del lugar y limpieza de la superficie. La disponibilidad de energía es variable y depende de las condiciones atmosféricas.

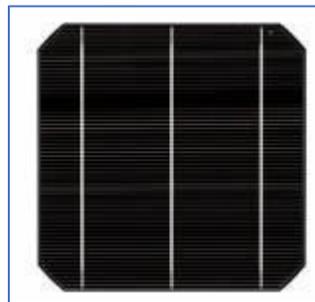
- c) Irregular: ya que se necesita para su máximo aprovechamiento, que la luz solar no se vea obstaculizada debido a condiciones climáticas y atmosféricas por lo cual impiden que los paneles reciban toda la radiación solar.

1.1.8. TIPOS DE PANELES SOLARES

De forma general se distinguen tres tipos de paneles solares en función de cómo son sus celdas: monocristalinas, policristalinas y amorfas. En todos los procedimientos de fabricación uno de los primeros pasos es el de la obtención del silicio metalúrgico, con purezas cercanas al 98%, a partir de trozos de piedras de cuarzo procedentes de los distintos yacimientos, en estos procesos no suelen utilizarse arenas se someten a procesos de reducción con carbono y posteriormente a purificación del material mediante destilaciones químicas hasta llegar a purezas adecuadas para la fabricación de elementos fotovoltaicos.

Células monocristalinas

Los paneles fabricados con estas células tienen un mayor rendimiento y son más estables a lo largo del tiempo, por lo que su precio suele ser más elevado. Se fabrican mediante un complejo proceso de cristalización controlado a altas temperaturas, cercanas a los 1500°C, a partir de un solo germen que consigue un lingote cilíndrico formando una estructura cristalina única. Esta barra de cristalina se trocea en finas láminas u obleas de espesores que rondan los 0,3 milímetro (mm).



Fuente: autosolar.es

Figura xi Células monocristalinas

Células policristalinas

Las células policristalinas se fabrican a partir del silicio metalúrgico mediante procesos de solidificación menos exhaustivos. El crecimiento de los cristales de silicio no se controla por lo que se forman distintas estructuras cristalinas. Esto permite la fabricación de lingotes de forma rectangular que facilita la posterior conformación de las celdas fotovoltaicas (Ver Figura xii). Los paneles con células policristalinas tienen rendimientos un poco inferiores a costes más reducidos.

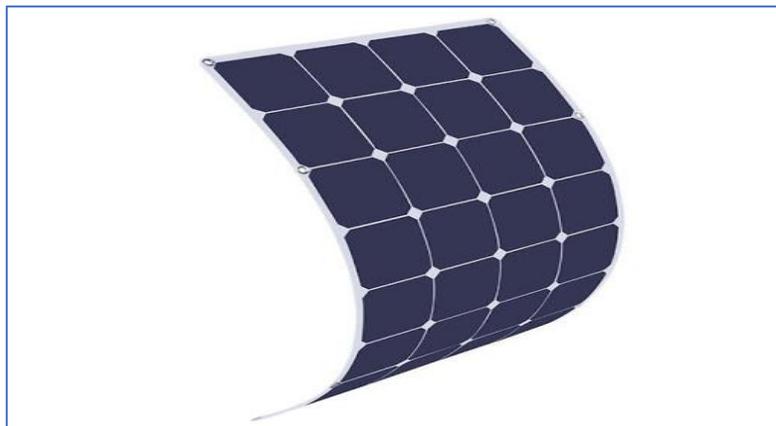


Fuente: blogs.upm.es

Figura xii Panel solar formado por células policristalinas

Células amorfas

El tercer método de fabricación consiste en depositar de forma controlada delgadas capas de material fotovoltaico sobre distintos materiales que actúan como soporte. El silicio, telururo de cadmio, el cobre, galio o el selenio se fijan a plásticos, vidrios o tejidos permitiendo la fabricación de células flexibles o integradas en distintos materiales de construcción. Se reduce hasta cincuenta veces el espesor de las celdas lo que permite, además, ahorros considerables de materias primas.



Fuente: dsisolar.com

Figura xiii Ejemplo de células amorfas

1.1.9. TIPOS DE INVERSORES FOTOVOLTAICOS

Con el fin de aprovechar la luz proveniente del sol y generar energía limpia que abastezca a un lugar determinado, los paneles fotovoltaicos por sí solos no serán suficientes, dado que un kit solar necesitará, al menos, otra pieza clave: el inversor. Para que cualquier dispositivo electrónico funcione es imprescindible que la energía que generan las placas solares pase de corriente continua a corriente alterna, y para que esa conversión sea posible, cualquier instalación solar por grande o pequeña que sea necesitará de un inversor, el cual puede ser de distintos tipos en función de diferentes variables, entre ellas, una fundamental es si la instalación solar es con conexión a la red eléctrica o fuera de la red.

Existen diferentes tipos de inversores:

Inversores de Onda sinusoidal

Para el correcto funcionamiento de la instalación eléctrica en un hogar, debe elegir siempre un inversor de onda sinusoidal pura, que es la que se adaptará siempre a los aparatos electrónicos domésticos que utilicen corriente alterna.

Onda senoidal modificada

Para la mayoría de los equipos, y especialmente aparatos que dispongan de motores eléctricos (bombas de agua o equipos industriales como tornos, taladros, ...), los inversores de onda sinodal modificada se adaptarán mejor a sus especificaciones.

Inversores de conexión a red y de batería

Dentro de la familia de inversores podemos diferenciar entre los inversores de conexión a red, que consigue sincronizar los niveles de la energía producida por el campo fotovoltaico con la red pública, o los inversores de batería, que junto con la inyección de energía a las baterías también regulan el paso dicha energía almacenada al sistema eléctrico de los hogares/negocios/sistemas fotovoltaicos.

Inversores monofásicos y trifásicos

Dentro de los inversores de conexión a red, disponemos de dos posibilidades de conexión en las instalaciones. Así encontramos las instalaciones monofásicas, en las que la corriente fluye

por un solo conductor y se suele utilizar en instalaciones domésticas, para cargas de iluminación y pequeñas fuentes de alimentación. Por otra parte, las instalaciones trifásicas disponen de tres conexiones, más finas y baratas, que emiten potencia constante, y no de pulsos, que eleva el rendimiento de los equipos.



Fuente: <https://solar.eyr.mx/>

Figura xiv Ejemplo de diferentes marcas de inversores solares

1.1.10. ¿QUÉ ES Y PARA QUÉ SIRVE LA HORA SOLAR PICO (HSP)?

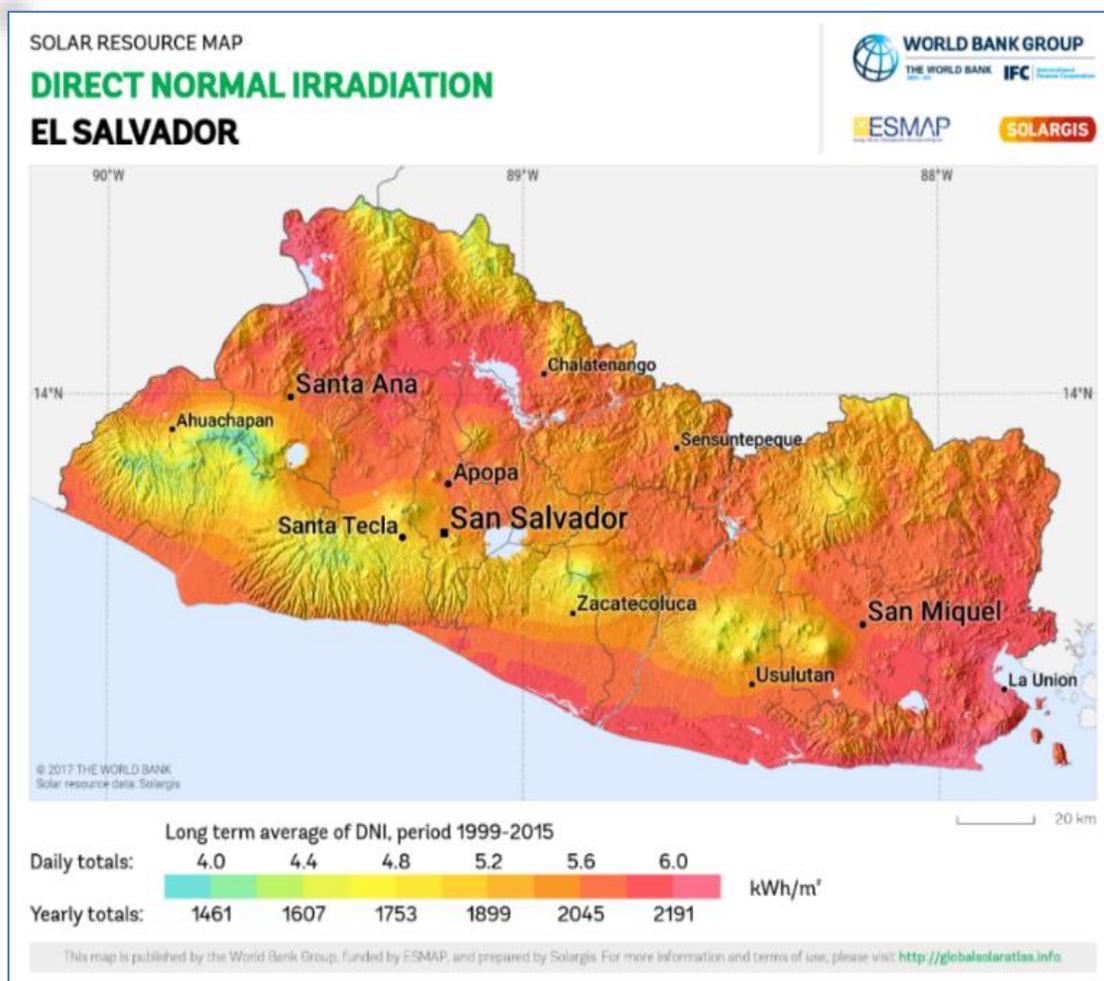
La Hora Solar Pico, es frecuentemente utilizada para realizar cálculos fotovoltaicos. De forma sencilla decimos que la Hora Solar Pico (HSP) es la cantidad de energía solar que recibe un metro cuadrado de superficie. En resumen, si en este lugar existen 5 HSP, tenemos 5 horas de sol que está transmitiendo 1000Wh/m^2 .

Con lo cual esa superficie habrá recibido ese día 5000Wh/m^2 , que es lo mismo que recibir 5kWh/m^2 . La Hora Solar Pico (HSP) es la energía que recibimos en horas por metro cuadrado, y esta energía no es la misma dependiendo de la localización (cuanto más cerca del ecuador mayor será) y por su época del año. No hay el mismo sol en un día de invierno que de verano.

Entonces, suponiendo que, en verano, durante el mes de julio, se tenga una hora solar pico de 7, quiere decir que el sol ese mes, aproximadamente, generará 7000Wh/m^2 al día. Es posible que de sol se tendrán 10 horas en verano, pero por la mañana generará poco y al medio día mucho. En total tenemos 7kWh/m^2 .

La HSP va directamente relacionado con la capacidad que tiene un panel solar durante el día. Generalmente, cuando se adquiere un panel de este tipo, se brinda la potencia en

Wattio/pico (Wp), y con esta información se puede saber cuánta energía se puede obtener en un día cualquiera (Ver Figura xv).



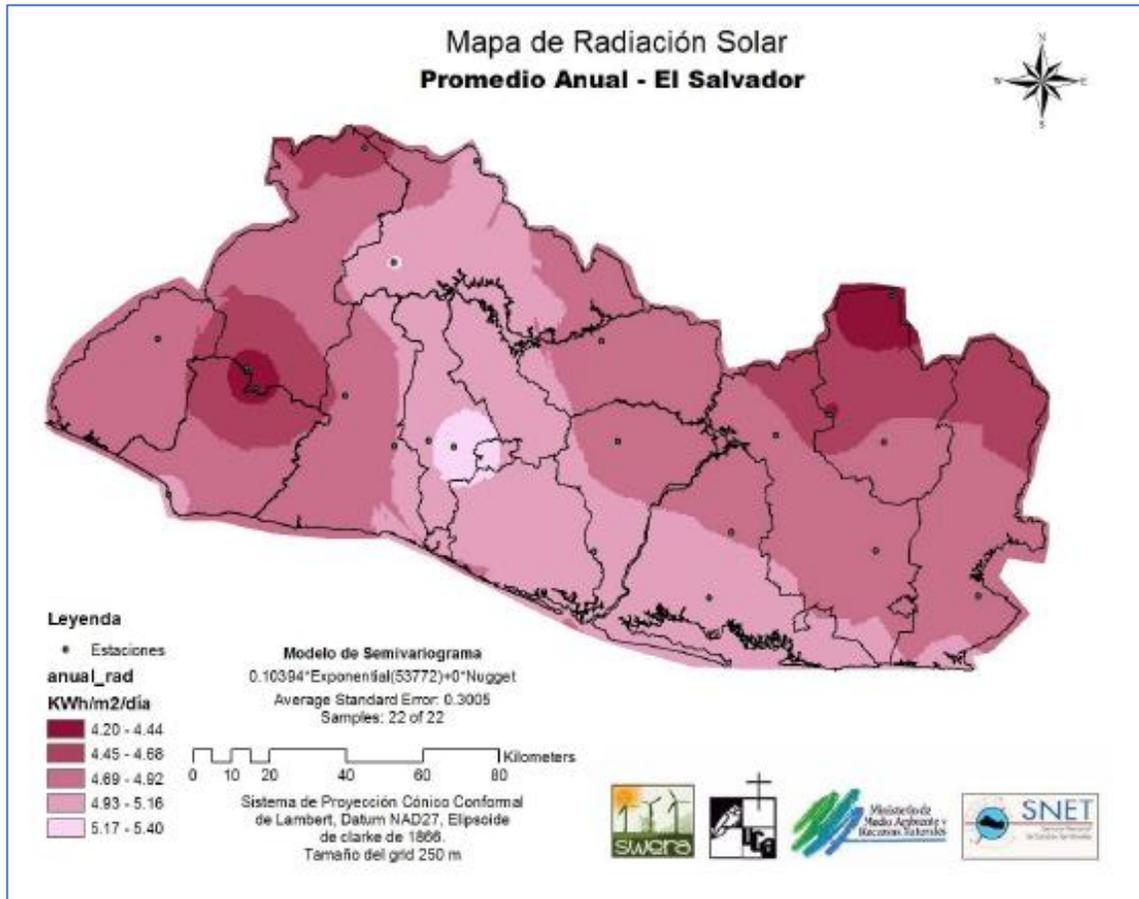
Fuente: solargis.com

Figura xv. Mapa de HSP El Salvador. Fuente: Solar Global Atlas

El Salvador cuenta con pocas investigaciones acerca del potencial solar energético que el país posee. En 2005 se publica uno de los primeros documentos de carácter formal acerca de la capacidad energética solar en el país a través del portal de internet del Consejo Nacional de Energía (CNE)⁸, quienes en conjunto con el Ministerio de Medio Ambiente y con el apoyo directo de la Universidad José Simeón Cañas compartieron los resultados del proyecto de

⁸ <https://www.cne.gob.sv/tema/energias-renovables-2/energia-solar/>

Evaluación del Potencial de Energía Eólica y Solar (siglas en inglés SWERA⁹, Ver Figura xvi) y nos demuestran que los valores de HSP en El Salvador, en promedio, son aceptables en la mayoría de la extensión territorial.



Fuente: *cne.gob.sv*

Figura xvi. Mapa de Radiación Solar de El Salvador, Promedio Anual 2005

⁹ Ministerio de Medio Ambiente de El Salvador, U. (2005). Evaluación del Potencial de Energía Eólica y Solar (SWERA). San Salvador, El Salvador: CNE El Salvador.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La energía solar es una de las más abundantes e inagotables que existen, lastimosamente también se trata de la menos explotada en el país. En los últimos años muchos países han comenzado a invertir en energía solar, debido a que esta se considera renovable y es una manera en la que las empresas pueden abastecerse a ellas mismas de energía eléctrica. El desinterés en el uso de este tipo de energías y las actividades humanas, han construido el camino hacia lo que se conoce como Cambio Climático, el cual ha generado un gran impacto para todos los países.

Según datos de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y La Comisión Nacional de Energía (CNE), la capacidad instalada de El Salvador a diciembre de 2015 totalizó 1,659.6 MW (Riesgos, 2015).

La Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria de Occidente consume una gran cantidad de energía eléctrica anualmente (Ver Anexo 7 para referencia del consumo mensual del Edificio de Usos Múltiples) utilizada para el beneficio de docentes y estudiantes para una mejor educación; entre los dispositivos que son alimentados con energía eléctrica se encuentran aires acondicionados, ventiladores, computadoras, luminaria, equipos para conexión a internet, y múltiples tomas de corriente que son utilizados por estudiantes y demás usuarios para conexión de equipos electrónicos portátiles, teléfonos celulares, proyectores y más.

Siendo uno de los objetivos de la Ingeniería Industrial el formar profesionales con capacidad de adoptar una visión de productividad y cultura de búsqueda de la mejora continua e implementar sus conocimientos en beneficio de la sociedad,

Se contempló la existencia de la oportunidad de mejora para la Facultad Multidisciplinaria de Occidente de la Universidad de El Salvador en materia de ahorro energético al sustituir el actual sistema de alimentación energética tradicional por medio de compañías hidroeléctricas de una fuente renovable propia de producción de energía.

Con base en lo anterior, se desarrollará un estudio que determine la factibilidad técnica y económica de implementar un proyecto de sustitución de sistemas convencionales de alimentación energética por un sistema de alimentación por medio del aprovechamiento de la energía solar en el Edificio de Usos Múltiples de la facultad, se contemplará la cantidad y costo de paneles solares necesarios para la recolección de energía solar, costos de mantenimientos

para los primeros años, indicaciones generales, beneficios y determinación de la inversión necesaria con el tiempo de recuperación de la misma en término de ahorros en facturas eléctricas. Entonces, *¿Será factible técnica y económicamente el uso de energía solar renovable en el edificio de usos múltiples?*

1.3. JUSTIFICACIÓN

El Salvador es un país rico en recursos naturales, de los cuales de manera directa o no hacemos uso para nuestras actividades diarias, sin embargo, está claro que existen muchas más oportunidades que se pueden aprovechar, ya que el país puede abastecerse de tecnología necesaria o avanzada para utilizar de mejor manera estos recursos.

Durante muchos años el uso de energías convencionales ha traído consigo el desarrollo de la sociedad, pero estas energías se agotan e impactan desfavorablemente al ambiente ya que emiten Gases de Efecto Invernadero – GEI, que se acumulan en una capa por debajo de la atmósfera, lo que impide la salida de la radiación infrarroja proveniente del sol, provocando aumentos en la temperatura y por consiguiente cambios en el clima.

Al igual que para la sociedad en general, resulta difícil imaginar el curso de la facultad si se pretendiera dispensar de la energía eléctrica, esta es usada con fines educativos y académicos, donde los estudiantes, docentes y personal administrativo pueden realizar sus trabajos, actividades, consultar notas, buscar información, etc.

Cada día, cientos de estudiantes buscan manera para lograr un aprendizaje interactivo por medio del uso de la tecnología, que intrínsecamente reclama el consumo de energía eléctrica, observable, por ejemplo, en el centro de cómputo disponible para la comunidad estudiantil que se encuentra dentro de las instalaciones de este edificio. En el edificio se contempla uno de los flujos más grandes de estudiantes, influenciado por la instalación de la biblioteca de la facultad dentro de este; los estudiantes optan por ubicarse en sus pasillos para concretar trabajos y tareas y es donde alimentan sus equipos electrónicos, por lo cual se ve involucrada la necesidad de luminaria y sistemas de enfriamiento de aire en algunos de sus salones o cuartos.

El propósito de este trabajo es generar una propuesta de ahorro en facturas de energía eléctrica por medio de la inversión en paneles solares, propuesta que aprovecha los beneficios de una de las energías renovables más abundantes del mundo, la energía solar, esto con el fin de lograr que el edificio pueda abastecerse de energía eléctrica por si solo y así exista un ahorro considerable en el costo de energía eléctrica anual a la Universidad de El Salvador.

La energía eléctrica se utiliza mucho por estudiantes y personal administrativo, más que una necesidad, se ve una oportunidad de mejora en el uso eficiente de energía eléctrica por

medio de la energía solar, y este estudio pretende también servir de base para que la Facultad Multidisciplinaria de Occidente realice más proyectos de diferentes fuentes de energías.

1.4. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Determinar la factibilidad técnica y económica para el uso de energía solar en la red eléctrica del edificio de usos múltiples de la Facultad Multidisciplinaria de Occidente.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Identificar los aparatos y dispositivos que se utilizan dentro de las instalaciones del edificio de Usos Múltiples de la Facultad Multidisciplinaria de Occidente.
- b) Determinar el consumo energético que se genera el edificio.
- c) Cuantificar los costos de los elementos necesarios de la instalación de energía solar fotovoltaica para la implementación del proyecto.
- d) Calcular la necesidad energética y determinar la factibilidad técnica del proyecto.
- e) Determinar la factibilidad financiera del proyecto por medio de un estudio de Costos Anuales Equivalentes.

1.5. ALCANCES

- i. El análisis de la información se basará en la recolección de datos a partir de cálculos simples matemáticos y se comparará esa información en cuanto al costo actual de los kilovatios por hora con la empresa que actualmente suministra energía eléctrica contra el ahorro al invertir en paneles solares y la inversión misma.
- ii. El estudio de factibilidad comienza en el estudio técnico en donde se considerarán todos los aspectos físicos del edificio e instalación hasta la propuesta y evaluación financiera donde se verá si es o no factible invertir en el proyecto.
- iii. El Proyecto determinará la factibilidad técnica y económica para el uso de paneles solares como un medio de ahorro de energía en el Edificio de Usos Múltiples de la Facultad Multidisciplinaria de Occidente.

1.6. LIMITACIONES

- i. No se pretenden demostrar métodos novedosos para el cálculo del consumo energético dentro de las instalaciones del edificio especificado en la investigación, sino en la recolección de datos y concluir a partir de su análisis, siendo ésta una investigación enfocada en un estudio de factibilidad técnico económico y no como un análisis enfocado en determinar a exactitud el consumo eléctrico.

CAPÍTULO II: DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS

Objetivo General

Realizar un diagnóstico, por medio de un estudio de campo y análisis teórico, de la cantidad de energía eléctrica consumida en El Edificio de Usos Múltiples de la Facultad Multidisciplinaria de El Salvador.

Objetivos Específicos

- a) Determinar de manera teórica el consumo eléctrico de todo el personal docente dentro del Edificio, utilizando un método de campo para contabilizar todos los aparatos eléctricos utilizados.
- b) Realizar una encuesta como técnica de recolección de información para el consumo eléctrico que representan los estudiantes que frecuentan el edificio, personal administrativo y de limpieza dentro del mismo.

2.1. DESCRIPCIÓN BREVE DE LAS DIFERENTES ACTIVIDADES QUE SE REALIZAN DENTRO DEL EDIFICIO

La Facultad Multidisciplinaria de Occidente de la Universidad de El Salvador es la primera y, por tanto, la más antigua de las facultades descentralizadas de la UES. Tiene su sede en la ciudad de Santa Ana y éste el principal centro de estudios superiores de la zona occidental de El Salvador.

Una de las estructuras más importantes de la facultad sería el Edificio de Usos Múltiples, pues en este se reúnen estudiantes sin distinción de carreras al ser la estructura que contiene más departamentos entre toda la facultad, entre éstos se encuentra el Departamento de Ingeniería y Arquitectura y el Departamento de Idiomas en la segunda planta, y en la tercera planta se cuenta con el Departamento de Ciencias Sociales, Filosofía y Letras y el Departamento de Matemáticas. En éstos se encuentran los cubículos de los docentes y se mantiene la sana comunicación entre éstos y los estudiantes. Cada departamento provee a cada docente con un cubículo, donde disponen de un computador y ofimática en general; también cada departamento cuenta con una

oficina para el jefe de carrera y un puesto de secretaría del departamento. Estos espacios están climatizados y comprenden el ala Este de la segunda y tercera planta del edificio.

En la primera planta se encuentra uno de los salones más importantes del alma mater, pues es donde se ubica la Biblioteca y Hemeroteca y Tesario de la Facultad, junto con su Oficina Administrativa. En este piso también se ubica un pequeño Centro de Cómputo habilitado para cualquier estudiante que necesite de estos equipos para la realización de sus actividades educativas. Se cuenta, además, con un cuarto de reproducciones de uso administrativo, pues quienes hacen uso de este recurso son los docente y empleados de la facultad.

Se cuenta con baños separados para damas y caballeros en cada una de las plantas del edificio.

En la segunda planta se ubican dos laboratorios para prácticas de estudiantes del Departamento de Idiomas y dos centros de informática, los cuales están equipados con un total de 50 computadoras destinadas para las clases prácticas de las diferentes carreras que lo requieran, estos centros están climatizados y cuentan además con un cañón para facilitar el aprendizaje.

Entre los cuartos más grandes del edificio se encuentran las salas de defensa de tesis, una ubicada en la segunda, esta planta también cuenta con baños separados para damas y caballeros. junto con un tercer salón en el tercer piso destinado a conferencias y ensayos importantes.

En la tercera planta se cuenta con el decanato y vicedecanato de la facultad, el cual es un lugar muy concurrido tanto por docentes como alumnos; junto con un tercer salón destinado reuniones, conferencias y ensayos importantes, estas salas se encuentra climatizadas y cada puesto de trabajo cuenta con equipos de ofimática dado que la naturaleza de los procesos es también administrativa. Por último, la tercera planta cuenta con una sala de defensa y capacitaciones junto con la extensión del Departamento de Ciencias Sociales, Filosofía y Letras

2.2. CUANTIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS ELECTRÓNICOS Y SU NECESIDAD ENERGÉTICA

La segunda parte del capítulo dos tiene como objetivo principal determinar el consumo eléctrico del edificio de usos múltiples a partir de un método teórico, para esto se estarán contabilizando luminaria, aires acondicionados y equipos de ofimática. Dado que el edificio está abierto para cualquier usuario de la facultad también será necesario implementar un método que ayude a determinar el consumo que éstos generan. Por conveniencia, todos los datos se generalizarán al total de kilovatios por hora que se consumen por semana.

2.2.1. Métodos para determinar el consumo eléctrico

Existen diferentes maneras de conocer el consumo eléctrico de un edificio a continuación se presentan diferentes métodos:

1. Utilización de un contador aislado: Esta es la manera más normal de saber el consumo de una vivienda, un departamento, un edificio, etc. Debido a que el contador en cada momento detecta cual es el consumo real en ese preciso momento.

Para utilizar este método sabiendo que el contador proporciona la información de un momento exacto, se debe tomar mediciones del contador mínimo 3 veces al día, por un periodo determinado. Estas mediciones serán útiles para conocer un aproximado al consumo eléctrico de ese lugar.

Este método, aunque es el más común de todos y los resultados son muy aproximados a los valores reales no es adecuado para identificar el consumo eléctrico de una casa, si estas casas comparten el servicio de electricidad junto con otra casa, departamento o edificio por que el total de corriente eléctrica que aparezca en el contador no solo será lo que se consume en la determinada casa, sino que intervendrán otros consumos eléctricos que también se incluyan en el servicio de energía eléctrica.

2. Promedio eléctrico por promedio de horas: Este método consiste en contar la cantidad de aparatos eléctricos de un determinado lugar y sencillamente multiplicar el consumo de un aparato por la cantidad de aparatos del mismo tipo por un promedio general de horas para obtener el consumo eléctrico. Este método es el más rápido de utilizar debido a que no lleva mucha complejidad ni tiempo, se utiliza generalmente para realizar aproximaciones a grandes rasgos. Los datos que se obtienen en este método no son muy confiables.

3. Consumo eléctrico por aparato eléctrico: Es un método de aproximaciones, requiere mucho tiempo y mucha observación. Este trata de contabilizar cada aparato de una casa, departamento o edificio, y registrar el consumo de potencia más las horas de consumo promedio aproximado, este procedimiento es mucho más exacto que el método anterior que solo realiza un promedio, aquí se toma en cuenta cada aparato eléctrico con sus características individuales.

Este método es aceptado para realizar trabajos e investigaciones que deseen conocer el consumo eléctrico de un determinado lugar.

4. Proyecciones: Al utilizar proyecciones se puede acercarse al consumo eléctrico de un determinado lugar, para esto se deben tener en cuenta el cambio de precios por kW (Datos que se obtienen por la SIGET) y se debe conocer un historial de consumo eléctrico, información que se puede sacar por medio de facturas eléctricas o directamente con el proveedor de energía eléctrica de ese lugar.

El método que se utilizará para este estudio será el de Consumo eléctrico por aparato eléctrico, ya que al aplicarlo proporcionará un resultado bastante acertado en comparación con la realidad del consumo energético del Edificio en cuestión, pues versus el método de utilizar un contador aislado, que requiere de inversión en tecnología, el procedimiento elegido pasa a ser el más práctico para la investigación.

Consumo energético por luminaria

El procedimiento nos demanda, en primer lugar, la determinación del número de luminarias que se utilizan dentro del edificio, tomando en cuenta la cantidad de candelas que estas contienen, su potencia y el tiempo promedio de uso, para tal propósito fue necesario realizar una visita a cada salón y departamento del edificio y realizar una pequeña entrevista con los implicados y/o encargados de cada sala visitada, el resultado nos muestra el consumo promedio semanal de las luminarias.

La tabla 1 muestra la cantidad de energía eléctrica semanal que consume la luminaria, se detallan, desde la primera columna, el área donde se encuentra la lámpara, el detalle del tipo de luminaria a la que se refiere, su potencia en Watts, la cantidad de lámparas en el área, la cantidad de horas que se utilizan las luminarias en el día (separadas entre la mañana, de 6m a

12md; tarde, de 12md a 6pm y noche, de 6 pm a 8:30pm), a continuación el total de horas al día según la información recopilada, en seguida se calculó el consumo total en kW diario, y por último se especifican los días de uso, por semana, para obtener el dato del consumo semanal (en kW/h) por área.

A continuación, se muestran las tablas con el detalle de luminarias por planta.

Tabla 1. Consumo por Luminaria - Primera Planta

Lugar	Luminaria	Consumo en KW por candela	Cantidad	Horas			Total de horas	Total en Kw al día	Días a la semana	Total Kw Semanal
				Mañana	Tarde	Noche				
Pasillo	Lámpara de 3 candelas	0.032	14	0	2	2.5	4.5	6.048	5	30.24
Centro de Computo**	Lámpara de 3 candelas	0.032	3	4	0	0	4	1.152	3	3.456
Procesos Técnicos	Lámpara de 3 candelas	0.032	6	4	4	0	8	4.608	5	23.04
Jefatura de Biblioteca	Lámpara de 3 candelas	0.032	4	4	5	0	9	3.456	5	17.28
Secretaría Biblioteca	Lámpara de 3 candelas	0.032	3	4	5	0	9	2.592	5	12.96
Fotocopiadora	Lámpara de 3 candelas	0.032	2	2	2	0	4	0.768	5	3.84
Biblioteca Información	Lámpara de 3 candelas	0.032	19	4	4	0	8	14.592	5	72.96
Biblioteca Área de Lectura	Lámpara de 3 candelas	0.032	30	4	4	0	8	23.04	5	115.2
Hemeroteca Información**	Lámpara de 3 candelas	0.032	9	4	6	0	10	8.64	5	43.2
Hemeroteca Área de estudio	Lámpara de 3 candelas	0.032	17	4	6	0	10	16.32	5	81.6
Baños Hombres	Lámpara de 3 candelas	0.032	3	-	-	-	1.5	0.432	5	2.16
Baños Mujeres	Lámpara de 3 candelas	0.032	3	-	-	-	3	0.864	5	4.32
Gradas	Lámpara de 3 candelas	0.032	2	0	0	2.5	2.5	0.48	5	2.4
Total consumo luminaria primera planta Edificio de Usos Múltiples								82.99		412.66

Fuente Propia.

Tabla 2. Consumo por Luminaria – Segunda Planta

Lugar	Luminaria	Consumo en KW por	Cantidad	Horas			Total de horas	Total en Kw al día	Días a la semana	Total kw Semanal
				Mañana	Tarde	Noche				
Pasillo	Lámpara de 3 candelas	0.032	16	0	2	2.5	4.5	6.912	5	34.56
Laboratorio 1	Lámpara de 3 candelas	0.032	12	4	3	0	7	8.064	5	40.32
Laboratorio 2	Lámpara de 3 candelas	0.032	9	3	3	0	6	5.184	5	25.92
Centro de Computo 1	Lámpara de 3 candelas	0.032	12	4	4	0	8	9.216	5	46.08
Centro de Computo 2	Lámpara de 3 candelas	0.032	12	4	4	0	8	9.216	5	46.08
Sala de defensa	Lámpara de 3 candelas	0.032	12	4	4	0	8	9.216	5.5	50.688
Depto. de Idiomas Jefatura	Lámpara de 3 candelas	0.032	2	1	2	0	3	0.576	5	2.88
Depto. de Idiomas Secretaria	Lámpara de 3 candelas	0.032	2	4	4	0	8	1.536	5	7.68
Depto. De Idiomas Sala de reuniones	Lámpara de 3 candelas	0.032	4	2	2	0	4	1.536	5	7.68
Depto. De idiomas prom.	Lámpara de 3 candelas	0.032	15	2	2	0	4	5.76	5	28.8
Cubiculos										
Depto. de Ingenieria y Arquitectura	Lámpara de 3 candelas	0.032	2	-	-	-	2	0.384	5	1.92
Jefatura										
Depto. de Ingenieria y Arquitectura	Lámpara de 3 candelas	0.032	2	4	4	0	8	1.536	5	7.68
Secretaria										
Depto. De ingenieria y Arquitectura	Lámpara de 3 candelas	0.032	26	3	3	0	6	14.976	5	74.88
prom. De cubiculos										
Baños Hombres	Lámpara de 3 candelas	0.032	3	-	-	-	1.5	0.432	5	2.16
Baños Mujeres	Lámpara de 3 candelas	0.032	3	-	-	-	3	0.864	5	4.32
Gradas	Lámpara de 3 candelas	0.032	2			2.5	2.5	0.48	5	2.4
Total consumo luminaria segunda planta Edificio de Usos Múltiples								75.89		384.05

Fuente Propia.

Tabla 3 Consumo por Luminaria - Tercera Planta

Lugar	Luminaria	Consumo en KW por	Cantidad	Horas			Total de horas	Total en Kw al día	Dias a la semana	Total kw Semanal
				Mañana	Tarde	Noche				
Pasillo	Lámpara de 3 candelas	0.032	15	0	2	2.5	4.5	6.48	5	32.4
Depato. de Matemática Jefatura	Lámpara de 3 candelas	0.032	2	4	4	0	8	1.536	5	7.68
Depato. de Matemática Secretaria	Lámpara de 3 candelas	0.032	4	4	4	0	8	3.072	5	15.36
Depato. de Matemática prom. Cubiculos	Lámpara de 3 candelas	0.032	11	3	4	0	7	7.392	5	36.96
Centro de computo	Lámpara de 3 candelas	0.032	4	0	3.5	0	3.5	1.344	5	6.72
Deppto. CCSS Jefatura	Lámpara de 3 candelas	0.032	1	2	3	0	5	0.48	5	2.4
Deppto. CCSS Secretaria	Lámpara de 3 candelas	0.032	2	4	6	0	10	1.92	5	9.6
Deppto. CCSS prom. Cubiculos	Lámpara de 3 candelas	0.032	25	3	2	0	5	12	5	60
Anexo depto. CCSS	Lámpara de 3 candelas	0.032	2	4	4	0	8	1.536	5	7.68
Decanato	Lámpara de 3 candelas	0.032	3	-	-	-	2.5	0.72	5	3.6
Vicedecanato	Lámpara de 3 candelas	0.032	3	-	-	-	2.5	0.72	5	3.6
Secretaria General	Lámpara de 3 candelas	0.032	4	4	4	0	8	3.072	5	15.36
Secretaria Sala	Lámpara de 3 candelas	0.032	4	3	3	0	6	2.304	5	11.52
Secretaria sala de juntas	Lámpara de 3 candelas	0.032	11	-	-	-	4	4.224	5	21.12
Sala de defensa	Lámpara de 3 candelas	0.032	12	3	3	0	6	6.912	5	34.56
Baños de Hombres	Lámpara de 3 candelas	0.032	3	-	-	-	1.5	0.432	5	2.16
Baños de Mujeres	Lámpara de 3 candelas	0.032	3	-	-	-	3	0.864	5	4.32
Lamparas de noche	Foco luz blanca	0.04	3				3	0.36	5	1.8
Total consumo luminaria tercera planta Edificio de Usos Multiples								55.37		276.84

Fuente Propia

Tabla 4 Consumo Total por Luminaria

Planta	Consumo en kw al dia	Consumo en kw semanal
Primera	82.99	412.66
Segunda	75.89	384.05
Tercera	55.37	276.84
Total	214.25	1073.55

Consumo energético por ofimática

Para determinar el consumo energético por ofimática se utilizará el mismo método empleado para encontrar el consumo energético por luminarias, pero se contabilizará cada aparato electrónico que se alimente del edificio; se tomó el dato de la potencia eléctrica de cada aparato a partir de su especificación técnica y por medio de una pequeña entrevista con cada persona implicada en el uso de los mismos, se determinaron las horas diarias y días de uso a la semana, dado que es el intervalo de tiempo determinado para la investigación. Es necesario aclarar que se ha agregado a estas tablas una columna con un valor de rendimiento para cada aparato, pues muchos de éstos no se utilizan al 100%.

La Tabla 5 consta de 10 columnas en las que se determina el consumo total de kW por cada planta del Edificio de Usos Múltiples. La columna 1 son los lugares específicos dentro del edificio, la columna 2 el equipo ofimático que tiene cada sala dentro del edificio, la columna 3 es la carga eléctrica obtenida por la información técnica de cada aparato, ya sea en Watts o en Amperios, la cuarta columna es el consumo en kW de cada equipo, la quinta columna es la cantidad de ese determinado equipo que se encuentra en el lugar detallado en la columna 1, la columna 6 tiene un porcentaje estimado de que rendimiento tiene cada equipo eléctrico, este porcentaje de rendimiento se considera dependiendo del uso que se le dé al aparato eléctrico y a la vida útil que ya haya tenido, la columna 7 las horas de uso promedio al día, la columna 8 es el consumo en kW al día, la penúltima columna son los días a la semana que se utilizan los aparatos eléctricos y la columna 10 es el consumo en kW semanal de los equipos ofimáticos.

Tabla 5 Consumo por Ofimática - Primera Planta

Lugar	Equipo	Carga electrica		Consumo en Kw	Cantidad	Rendimiento %	Horas de uso aproximado	Consumo en kw al día	Días a la semana	Consumo en kw a la semana
		en Watts	en Amperios							
Centro de Computo**	Monitor LCD		1.5	0.17	2	85	4	1.12	3	3.37
	Monitor LCD		1.6	0.18	2	85	4	1.20	3	3.59
	CPU		4	0.44	2	85	4	2.99	3	8.98
	CPU		5.6	0.62	2	85	4	4.19	3	12.57
	UPS		1.06	0.12	4	85	4	1.59	3	4.76
	Cafetera	625		0.63	1	20	1	0.13	3	0.38
	Impresora		2	0.22	1	35	4	0.31	3	0.92
Procesos Técnicos	Monitor CRT		1.2	0.13	1	75	8	0.79	5	3.96
	CPU		5.6	0.62	1	75	8	3.70	5	18.48
	UPS		1.06	0.12	1	75	8	0.70	5	3.50
	Bocinas		0.5	0.06	1	75	8	0.33	5	1.65
Jefatura de Biblioteca	Monitor LCD		1.6	0.18	2	80	8.5	2.39	5	11.97
	CPU		5.6	0.62	2	80	8.5	8.38	5	41.89
	UPS		1.06	0.12	2	80	8.5	1.59	5	7.93
	Bocinas		0.5	0.06	2	80	8.5	0.75	5	3.74
	Impresora		7.5	0.83	1	35	8.5	2.45	5	12.27
	Teléfono fijo		0.7	0.08	1	100	24	1.85	5	9.24
Secretaría Biblioteca	Monitor LCD		1.5	0.17	1	80	8.5	1.12	5	5.61
	CPU		4	0.44	1	80	8.5	2.99	5	14.96
	UPS		1.06	0.12	1	80	8.5	0.79	5	3.96
	Bocinas		0.5	0.06	1	80	8.5	0.37	5	1.87
	Impresora		2	0.22	1	35	8.5	0.65	5	3.27
	Oasis		4.7	0.52	1	100	8.5	4.39	5	21.97
	Conmutador		7	0.77	1	100	8.5	6.55	5	32.73
	Cafetera	900		0.90	1	20	2	0.36	5	1.80
	Bateria		5.2	0.57	1	100	8.5	4.86	5	24.31
	Teléfono fijo		0.7	0.08	1	100	24	1.85	5	9.24
Fotocopiadora	Impresora		12	1.32	1	35	8	3.70	5	18.48
	Impresora		10.9	1.20	1	35	8	3.36	5	16.79
	Impresora		9.5	1.05	1	35	8	2.93	5	14.63
	Teléfono fijo		0.7	0.08	1	100	24	1.85	5	9.24
	Bateria		5	0.55	3	100	8	13.20	5	66.00
	Cafetera	900		0.90	1	20	1.5	0.27	5	1.35
	Engrapadora		0.3	0.03	1	100	8	0.26	5	1.32
	Ventilador portatil	50		0.05	1	100	6	0.30	5	1.50
	Grabadora	120		0.12	1	30	8	0.29	5	1.44
Biblioteca Información	Monitor LCD		1.5	0.17	2	80	8	2.11	5	10.56
	Monitor CRT		1.2	0.13	1	75	8	0.79	5	3.96
	CPU		4	0.44	1	75	8	2.64	5	13.20
	CPU		5.6	0.62	2	80	8	7.88	5	39.42
	UPS		1.06	0.12	3	80	8	2.24	5	11.19
	Bocinas		0.5	0.06	3	80	8	1.06	5	5.28
	Scanner		0.2	0.02	2	100	8	0.35	5	1.76
Biblioteca Área de Lectura	Monitor LCD		1.6	0.18	2	80	8	2.25	5	11.26
	Monitor CRT		1.2	0.13	1	75	8	0.79	5	3.96
	CPU		4	0.44	1	75	8	2.64	5	13.20
	CPU		5.6	0.62	2	80	8	7.88	5	39.42
	UPS		1.06	0.12	3	80	8	2.24	5	11.19
	Ventilador de techo	80		0.08	6	100	8	3.84	5	19.20
Hemerotec a Informació n**	Monitor CRT		1.2	0.13	1	75	8	0.79	5	3.96
	CPU		4	0.44	1	75	8	2.64	5	13.20
	UPS		1.6	0.18	1	75	8	1.06	5	5.28
	Ventilador portatil	50		0.05	1	100	3.2	0.16	5	0.80
Hemerotec a Área de estudio	Monitor CRT		1.5	0.17	1	75	9	1.11	5	5.57
	CPU		4	0.44	1	75	9	2.97	5	14.85
	UPS		1.06	0.12	1	75	9	0.79	5	3.94
	Ventilador de techo	80		0.08	1	100	9	0.72	5	3.60
Consumo total por ofimatica primera planta Usos Multiples								131.50		634.46

Fuente Propia.

Tabla 6 Consumo por Ofimática - Segunda Planta

Lugar	Equipo	Carga electrica		Consumo en Kw	Cantidad	Rendimiento	Horas de uso aproximado	Consumo en kw al dia	Dias a la semana	Consumo en kw a la semana
		en Watts	en Amperios							
Laboratorio 1	Monitor LCD		1.6	0.18	18	85	7	18.85	5	94.25
	CPU		5.6	0.62	18	85	7	65.97	5	329.87
	UPS		1.06	0.12	18	85	7	12.49	5	62.44
	Proyector	421		0.42	1	100	3.5	1.47	5	7.37
Laboratorio 2	Pantalla	80		0.08	1	100	2	0.16	5	0.80
	Bocinas		0.5	0.06	1	100	2	0.11	5	0.55
Centro de Computo 1	Monitor LCD		1.5	0.17	30	85	9	37.87	5	189.34
	CPU		4	0.44	30	85	9	100.98	5	504.90
	UPS		1.06	0.12	30	85	9	26.76	5	133.80
	Proyector	421		0.42	1	100	6	2.53	5	12.63
Centro de Computo 2	Monitor LCD		1.5	0.17	29	85	8	32.54	5	162.69
	CPU		4	0.44	29	85	8	86.77	5	433.84
	UPS		1.06	0.12	29	85	8	22.99	5	114.97
	Proyector	421		0.42	1	100	6	2.53	5	12.63
Sala de defensa	Laptop	60		0.06	1	80	8	0.38	5	1.92
	Proyector	421		0.42	1	100	4	1.68	5	8.42
Depto. De Idiomas Jefatura	Monitor LCD		1.6	0.18	1	80	7	0.99	5	4.93
	CPU		5.6	0.62	1	80	7	3.45	5	17.25
	UPS		1.06	0.12	1	80	7	0.65	5	3.26
	Impresora		2	0.22	1	35	1	0.08	5	0.39
	Telefono		0.7	0.08	1	100	24	1.85	5	9.24
	Bocinas		0.5	0.06	1	80	7	0.31	5	1.54
	Cafetera	900		0.90	1	20	2	0.36	5	1.80
Depto. De Idiomas Secretaria	Monitor LCD		1.6	0.18	1	80	7.5	1.06	5	5.28
	CPU		5.6	0.62	1	80	7.5	3.70	5	18.48
	UPS		1.06	0.12	1	80	7.5	0.70	5	3.50
	Bocinas		0.5	0.06	1	80	7.5	0.33	5	1.65
	Engrapadora		0.3	0.03	1	100	4	0.13	5	0.66
	Telefono		0.7	0.08	1	100	24	1.85	5	9.24
	Impresora		2	0.22	1	35	7.5	0.58	5	2.89
Sala de reuniones	Cafetera	900		0.90	1	20	4	0.72	5	3.60
	Oasis		4.7	0.52	1	100	8	4.14	5	20.68
Depto. De Idiomas Prom. Cubiculos	Monitor CRT		1.2	0.13	3	75	3	0.89	5	4.46
	Monitor LCD		1.6	0.18	4	80	3	1.69	5	8.45
	CPU		4	0.44	3	75	3	2.97	5	14.85
	CPU		5.6	0.62	4	80	3	5.91	5	29.57
	UPS		1.06	0.12	7	80	3	1.96	5	9.79
	Laptop	60		0.06	5	80	3	0.72	5	3.60
	Bocinas		0.5	0.06	7	80	3	0.92	5	4.62
Ventilador	50		0.05	3	100	2	0.30	5	1.50	
Depto de Ingenieria Jefatura	Monitor LCD		1.5	0.17	1	80	2	0.26	5	1.32
	CPU		4	0.44	1	80	2	0.70	5	3.52
	UPS		1.06	0.12	1	80	2	0.19	5	0.93
	Telefono		0.7	0.08	1	100	24	1.85	5	9.24
	Impresora		2	0.22	1	35	1	0.08	5	0.39
Depto de Ingenieria Secretaria	Monitor LCD		1.6	0.18	1	80	8	1.13	5	5.63
	CPU		5.6	0.62	1	80	8	3.94	5	19.71
	UPS		1.06	0.12	1	80	8	0.75	5	3.73
	Bocinas		0.5	0.06	1	80	8	0.35	5	1.76
	Telefono		0.7	0.08	1	100	24	1.85	5	9.24
Depto de Ingenieria Prom. Cubiculos	Monitor LCD		1.6	0.18	23	80	5	16.19	5	80.96
	Monitor LCD		1.5	0.17	5	80	5	3.30	5	16.50
	CPU		4	0.44	5	80	5	8.80	5	44.00
	CPU		5.6	0.62	23	80	5	56.67	5	283.36
	UPS		1.06	0.12	28	80	5	13.06	5	65.30
	Bocinas		0.5	0.06	14	80	5	3.08	5	15.40
	Impresora		2	0.22	3	35	1	0.23	5	1.16
	Laptop	60		0.06	7	80	4	1.34	5	6.72
	Telefono		0.7	0.08	2	100	24	3.70	5	18.48
Consumo total por ofimatica segunda planta Usos Multiples								567.79		2448.56

Fuente Propia.

Tabla 7 Consumo por Ofimática - Tercera Planta

Lugar	Equipo	Carga electrica		Consumo en Kw	Cantidad	Rendimiento	Horas de uso aproximado	Consumo en kw al dia	Dias a la semana	Consumo en kw a la semana
		en Watts	en Amperios							
Depto. De Matematicas Jefatura	Monitor LCD		1.6	0.18	1	80	5	0.70	5	3.5
	CPU		5.6	0.62	1	80	5	2.46	5	12.3
	UPS		1.06	0.12	1	80	5	0.47	5	2.3
	Bocinas		0.5	0.06	1	80	5	0.22	5	1.1
	Impresora		2	0.22	1	35	2	0.15	5	0.8
Depto. De Matematicas Secretaria	Monitor LCD		1.5	0.17	1	80	8	1.06	5	5.3
	CPU		4	0.44	1	80	8	2.82	5	14.1
	UPS		1.06	0.12	1	80	8	0.75	5	3.7
	Telefono		0.7	0.08	1	100	8	0.62	5	3.1
	Bocinas		0.5	0.06	1	80	8	0.35	5	1.8
	Impresora		2	0.22	1	35	8	0.62	5	3.1
Depto. De Matematicas Prom. Cubiculos	Monitor LCD		1.6	0.18	11	80	4.5	6.97	5	34.8
	CPU		5.6	0.62	11	80	4.5	24.39	5	122.0
	UPS		1.06	0.12	11	80	4.5	4.62	5	23.1
	Bocinas		0.5	0.06	11	80	4.5	2.18	5	10.9
	Impresora		2	0.22	2	35	1	0.15	5	0.8
Centro de Computo	Monitor LCD		1.5	0.17	13	85	3.5	6.38	5	31.9
	CPU		4	0.44	13	85	3.5	17.02	5	85.1
	UPS		1.06	0.12	13	85	3.5	4.51	5	22.5
Depto. De CCSS Jefatura	Monitor LCD		1.6	0.18	1	80	5	0.70	5	3.5
	CPU		5.6	0.62	1	80	5	2.46	5	12.3
	UPS		1.06	0.12	1	80	5	0.47	5	2.3
	Bocinas		0.5	0.06	1	80	5	0.22	5	1.1
	Impresora		2	0.22	1	35	1	0.08	5	0.4
	Ventilador	80		0.08	1	100	5	0.40	5	2.0
	Telefono		0.7	0.08	1	100	24	1.85	5	9.2
Depto. De CCSS Secretaria	Monitor LCD		1.6	0.18	1	80	10	1.41	5	7.0
	CPU		5.6	0.62	1	80	10	4.93	5	24.6
	UPS		1.06	0.12	1	80	10	0.93	5	4.7
	Impresora		2	0.22	1	35	10	0.77	5	3.9
	Telefono		0.7	0.08	1	100	24	1.85	5	9.2
	Bocinas		0.5	0.06	1	80	10	0.44	5	2.2
	Engrapadora		0.3	0.03	1	100	10	0.33	5	1.7
Depto. CCSS Prom. Cubiculos	Monitor LCD		1.6	0.18	22	80	4.5	13.94	5	69.7
	CPU		5.6	0.62	22	80	4.5	48.79	5	243.9
	UPS		1.06	0.12	22	80	4.5	9.23	5	46.2
	Bocinas		0.5	0.06	22	80	4.5	4.36	5	21.8
	Ventilador	50		0.05	4	100	4	0.80	5	4.0
	Laptop	60		0.06	5	80	4	0.96	5	4.8
Anexo Depto. De CCSS	Monitor LCD		1.5	0.17	1	80	1.5	0.20	5	1.0
	CPU		4	0.44	1	80	1.5	0.53	5	2.6
	UPS		1.06	0.12	1	80	1.5	0.14	5	0.7
	Laptop	60		0.06	3	80	5	0.72	5	3.6
	Bocinas		0.5	0.06	1	80	1.5	0.07	5	0.3
	Telefono		0.7	0.08	1	100	24	1.85	5	9.2
	Televisor	200		0.20	1	20	1	0.04	5	0.2
	Grabadora	120		0.12	1	20	2	0.05	5	0.2
	Ventilador	50		0.05	2	100	3	0.30	5	1.5
Decanato	Monitor LCD		1.6	0.18	1	80	2	0.28	5	1.4
	CPU		5.6	0.62	1	80	2	0.99	5	4.9
	UPS		1.06	0.12	1	80	2	0.19	5	0.9
	Impresora		8.7	0.96	1	35	0.25	0.08	5	0.4

Parte 1 de 2

Vicedecanato	Monitor LCD		1.6	0.18	1	80	2	0.28	5	1.4
	CPU		5.6	0.62	1	80	2	0.99	5	4.9
	UPS		1.06	0.12	1	80	2	0.19	5	0.9
	Impresora		8.7	0.96	1	35	0.25	0.08	5	0.4
Secretaría General	Monitor LCD		1.6	0.18	1	80	8	1.13	5	5.6
	CPU		5.6	0.62	1	80	8	3.94	5	19.7
	UPS		1.06	0.12	1	80	8	0.75	5	3.7
	Impresora		8.7	0.96	1	35	8	2.68	5	13.4
	Telefono		0.7	0.08	1	100	24	1.85	5	9.2
	Fax		5.3	0.58	1	70	8	3.26	5	16.3
	Oasis		4.7	0.52	1	100	8	4.14	5	20.7
Secretaría Sala	Monitor LCD		1.6	0.18	1	80	5	0.70	5	3.5
	CPU		5.6	0.62	1	80	5	2.46	5	12.3
	UPS		1.06	0.12	1	80	5	0.47	5	2.3
	Telefono		0.7	0.08	1	100	24	1.85	5	9.2
	Impresora		2	0.22	1	35	2	0.15	5	0.8
Sala de Defensa	Equipo de Sonido	300		0.30	1	20	4	0.24	5	1.2
	Televisor	195		0.20	1	20	0.5	0.02	5	0.1
	Bocinas	5600		5.60	1	20	4	4.48	5	22.4
Consumo total por ofimática primera planta Usos Múltiples								178.22		883.43

Parte 2 de 2. Fuente Propia.

Tabla 8 Consumo Total por Ofimática

Planta	Consumo al día en Kw	Cosumo semanal en Kw
Primera	131.5	634.46
Segunda	567.79	2448.56
Tercera	178.22	883.43
Total	877.51	3966.45

Consumo energético por climatización

Existen un total de 26 aparatos de enfriamiento de aire y se encuentran ubicados en los 4 departamentos, los centros de cómputo, laboratorios, biblioteca y oficinas en general.

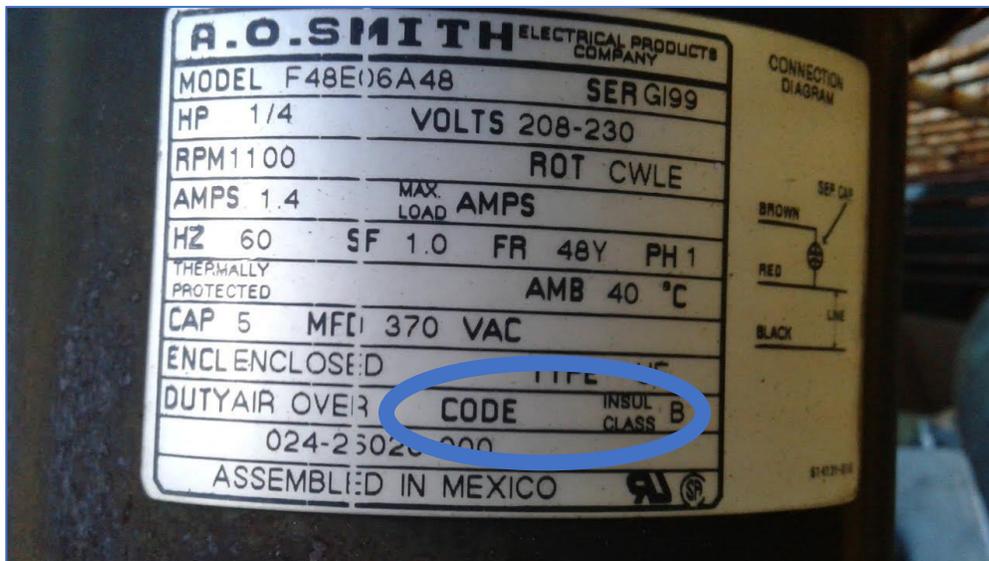
La tabla 10 consta de 9 columnas en total, en donde la primera es el detalle de la alimentación de cada uno de los aires acondicionados; la columna número 2 es la cantidad de climatizadores que se encuentran en cada sala/departamento de la columna 1; la tercera es el amperaje de cada aparato climatizador, la cuarta es el consumo en kW, esta columna se obtiene multiplicando la columna 2 por la división de la columna 3 entre 220 voltios; la columna 5 es el rendimiento de cada aire, este se obtuvo con base en especificaciones técnicas y tablas de rendimiento de consumo eléctrico que se muestran a continuación:

Tabla 9 Tabla de rendimiento de consumo eléctrico de aparatos climatizadores

Clase energética	Consumo energético	Calificación
A	< 55 %	Bajo consumo de energía
B	55 - 75 %	
C	75 - 90 %	
D	95 - 100 %	Consumo de energía medio
E	100 - 110 %	
F	110 - 125%	Alto consumo de energía
G	> 125 %	

Fuente: decoración.tendencias.com

Los aparatos climatizadores se clasifican alfabéticamente en dependencia de su consumo energético, y a estos se les adjudica de un porcentaje de rendimiento según la letra asignada. Por ejemplo, la Figura xviii muestra la información técnica de la mayoría de los aires acondicionados que se utilizan para climatizar el Edificio de Usos Múltiples, se observa que el motor de este aparato está clasificado como tipo B, por lo que se tomará para los cálculos energéticos un rendimiento entre 55% y 75%, por esa razón se tomó el promedio de ambos y se colocó el valor de 65%.



Fuente: www.northamericahvac.com

Figura xvii Información técnica de los sistemas de enfriamiento de aire del Edificio de Usos Múltiples

La columna 6 son las horas promedio de consumo que se utilizan, la columna numero 7 son los kW por hora en un día promedio, esta columna se obtiene multiplicando los valores obtenidos en las columnas 4,5 y 6; la columna 8 son los días a la semana que se utilizan los aires acondicionados y la última columna son los kW a la semana. La información descrita se encuentra en la tabla 10.

Tabla 10 Consumo por climatización del Edificio de Usos Múltiples

Alimentación	Cantidad	(Amp)	Consumo en Kw	Rendimiento %	Horas de uso/ día	Consumo en kw/día	Días/ semana	KW/ semana
Centro de Computo	1	24	5.28	65	4	13.73	3	41.2
Jefatura de Biblioteca	1	24	5.28	65	8	27.46	5	137.3
Secretaría Biblioteca	1	24	5.28	65	8	27.46	5	137.3
Laboratorio 1	2	24	10.56	65	7	48.05	5	480.5
Laboratorio 2	1	31.9	7.02	65	6	27.37	5	136.9
Centro de Computo 1	1	24	5.28	65	8	27.46	5	137.3
Centro de Computo 2	1	31.9	7.02	65	8	36.49	5.5	200.7
Sala de Defensa	1	24	5.28	65	8	27.46	5	137.3
DPTO Ingeniería y Arq - Jefatura	1	24	5.28	65	8	27.46	5	137.3
DPTO Ingeniería y Arq	1	21.3	4.69	65	6	18.28	5	91.4
DPTO Idiomas	1	24	5.28	65	4	13.73	5	68.6
Sala de Conferencia	2	31.9	14.04	65	6	54.74	5	547.4
Decanato	1	31.9	7.02	65	6	27.37	5	136.9
Vicedecanato	1	31.9	7.02	65	6	27.37	5	136.9
Secretaría - Sala	1	31.9	7.02	65	8	36.49	5	182.5
DPTO CCSS - Jefatura	1	31.9	7.02	65	8	36.49	5	182.5
DPTO CCSS	1	31.9	7.02	65	5	22.81	5	114.0
DPTO Matemáticas	1	21.3	4.69	65	6	18.28	5	91.4
DPTO Matemáticas - Jefatura	1	21.3	4.69	65	8	24.37	5	121.8
DPTO Matemáticas - CC	2	21.3	9.37	65	3.5	21.32	5	213.2
Total						550.44		3391.0

Fuente propia

Consumo energético por uso de aparatos eléctricos dentro del edificio

Con el fin de no manipular deliberadamente las variables ni plantear algún tipo de situación que pudiese alterar el resultado se optó por incorporar una pequeña investigación de campo, la cual, por medio de un método de recolección de datos, pretende determinar la porción del consumo total que se genera a partir del uso de aparatos electrónicos dentro del edificio, el cual alberga a estudiantes de las diferentes carreras que posee la facultad.

Entonces, se diseñó un cuestionario que consta de cuatro preguntas que tiene como objetivo principal obtener un dato promedio del número de estudiantes que llegan a utilizar los tomacorrientes del edificio, en cualquiera de sus tres plantas, para la utilización de aparatos electrónicos.

Determinación de universo y muestra para el estudio de campo

El universo está conformado por toda la población de la facultad multidisciplinaria de occidente, tanto las personas laborando dentro de esta como los alumnos inscritos.

Para el cálculo de la muestra se utilizó esta población, de tipo finita. El tipo de muestreo que se utilizó es el probabilístico aleatorio simple ya que todos tuvieron la misma oportunidad de ser elegidos y de esta forma se obtuvo la representatividad de la muestra.

La fórmula que se utilizó para determinar la muestra es la siguiente:

$$n = \frac{z^2 \times p \times q \times N}{E^2(N - 1) + z^2 \times P \times q}$$

Dónde:

n= Tamaño de la muestra

Z= nivel de confianza

P= probabilidad de éxito

Q= probabilidad de fracaso

N= número de la población

E= nivel de error permisible

Se ha determinado que el universo para esta encuesta sería la población de estudiantes inscritos en el segundo semestre del año 2019, debido a que en este año se realizó la recolección de información, y según la información brindada por la oficina de Académica, se inscribieron un total de 9500 personas al ciclo mencionado; el nivel de confianza utilizado es del 95% con un margen de error del 5%, como resultado se determinó que la muestra de encuestados sería de 370.

Al realizar el análisis de los datos obtenidos por medio de las diferentes técnicas y sus respectivos instrumentos se logró determinar la tendencia sobre la opinión a los aspectos abordados, así como su adecuada interpretación que permitió conocer la opinión, conocimiento, sentir y correcta lectura por lo manifestado en los entrevistados y encuestados.

Tomando como base los datos arrojados por la encuesta, se calcularía el consumo por aparatos electrónicos. De la primera respuesta de la encuesta se utilizará el porcentaje de personas que sí suelen conectar aparatos en el edificio de Usos Múltiples, este porcentaje es 84.8% de la población, a continuación, se muestran las tablas con los datos del consumo semanal

Tabla 11 Consumo semanal por laptops en el Edificio de Usos Múltiples

Hora	Porcentaje	Respuestas/ Muestra	Usando la población	Consumo laptop/tablet en W	Consumo Semanal en KW
0	17.95%	56	1446	60	0.00
1	30.76%	97	2478	60	148.70
2	12.82%	40	1033	60	123.91
3	7.69%	24	620	60	111.52
5	7.69%	24	620	60	185.87
6	5.13%	16	413	60	148.70
8	2.56%	8	207	60	99.13
10	10.25%	32	826	60	495.65
12	5.13%	16	413	60	297.39
	100.0%	314			1610.87

Tabla 12 Consumo semanal por teléfonos celulares en el Edificio de Usos Múltiples

Horas	Porcentaje	Respuestas	Usando la población	Consumo celular	Consumo semanal en kw
0	12.82%	40	1033	15	0.00
1	30.76%	97	2478	15	37.17
2	12.82%	40	1033	15	30.98
3	7.69%	24	620	15	27.88
5	10.25%	32	826	15	61.96
6	7.69%	24	620	15	55.76
8	5.13%	16	413	15	49.57
10	2.56%	8	207	15	30.98
14	2.56%	8	207	15	43.37
15	2.56%	8	207	15	46.47
20	5.13%	16	413	15	123.91
	100.0%	314			508.04

Tabla 13 Consumo por reproductores de música (mp3, iPod, mp4, etc.):

Horas	Porcentaje	Respuestas	Usando la poblacion	Consumo mp3/ipod/otros	Consumo semanal en kw
0	89.73%	282	7228	15	0.00
3	2.56%	8	207	15	9.29
7	7.69%	24	620	15	65.05
	100.0%	314			74.35

Tabla 14 Resumen del consumo promedio total semanal por estudiantes utilizando laptops, celulares, reproductores de música.

Encuesta	Consumo semanal en kw
Consumo Laptops	1610.87
Consumo Celulares	508.04
Consumo reproductores	74.35
Total	2193.26

A continuación, se presenta el consumo total de todo el edificio de Usos Múltiples, este dato esta expresado semanalmente, además tratándose de consumo eléctrico se utilizará un porcentaje de error de más 8.5% semanal para el dato final que utilizamos para el próximo capítulo.

Este porcentaje de error se determina con criterio propio junto con el consejo de expertos del tema, además de utilizar como referencia la tesis “Evaluación para los diferentes métodos para el cálculo de las pérdidas técnicas en media tensión para redes de distribución”.

Tabla 15 Consumo eléctrico teórico total del Edificio de Usos Múltiples

Especificación	Consumo Semanal en Kw
Luminaria	1073.55
Ofimatica	3966.45
Aires Acondicionados	3391
Encuesta de consumo	2193.26
Total	10624.26

El valor que se tomará para los próximos capítulos será de tomado del total calculado teóricamente 10624.26 kW agregando un 8.5% de margen o tolerancia, siendo el dato total final igual a **11527.32 kW/semana o (1642 kW/día)**.

CAPITULO III: ESTUDIO TÉCNICO

Objetivo General

Determinar la factibilidad económica de la implementación de paneles solares dentro del Edificio de Usos Múltiples.

Objetivos Específicos

- a) Determinar la necesidad de espacio y tecnología para la determinación de la factibilidad técnica del proyecto.
- b) Determinar la localización óptima para la aplicación del proyecto.
- c) Detallar las diferentes opciones de tecnología disponible para la adquisición de los paneles solares y sus componentes.
- d) Explicar los requerimientos que el mantenimiento de la tecnología demanda.

3.1. LOCALIZACIÓN DE APLICACIÓN DEL PROYECTO.

Es de mucha importancia conocer el punto exacto en donde se localizará el proyecto debido que está determinada ubicación se debe de elegir analizando todos los factores que podrían o no beneficiar a la instalación.

Normalmente los proyectos de paneles solares se realizan en la superficie del techo del edificio que se desee alimentar, pero debido a que es un estudio de factibilidad técnico, se realizará un método de localización para evaluar posibles lugares y justificar cuáles serán las mejores dimensiones disponibles.

Uno de los métodos más utilizados es el Método de Ponderaciones, el cual consiste en evaluar distintos factores de distintas ubicaciones con el objetivo de identificar la mejor opción.

El procedimiento de este método es ponderar cada criterio según sea necesario, esta suma de todos los criterios será igual a 100%; luego la ponderación asignada se multiplicará por el valor asignado dependiendo de la ubicación y se considerara la mejor opción aquella que la suma de ese producto sea mayor.

Para este estudio se han considerado 3 posibles ubicaciones para la instalación de paneles solares, las ubicaciones son las siguientes dentro de la Facultad Multidisciplinaria de Occidente:

1. Edificio de Usos Múltiples.
2. Cancha de Futbol principal
3. Edificio de Salud, Kiosco nuevo, Edificio “N”, Cafetín Universitario.

Luego de seleccionar las posibles localizaciones se deben definir los criterios a evaluar que mejor correspondan a las necesidades del proyecto. A continuación, se muestran los criterios:

- a) Dimensiones disponibles
- b) Permisos y aceptación social
- c) Aprovechamiento al máximo de las HSP
- d) Tala de Árboles

En Tabla 16 se muestran las 3 opciones tomadas en cuenta junto con los factores a evaluar, cada factor tiene una ponderación y se calificará dando valores de 1 a 5 en donde 5 es lo más factible y 1 es lo menos factible:

Tabla 16 Localización óptima del proyecto

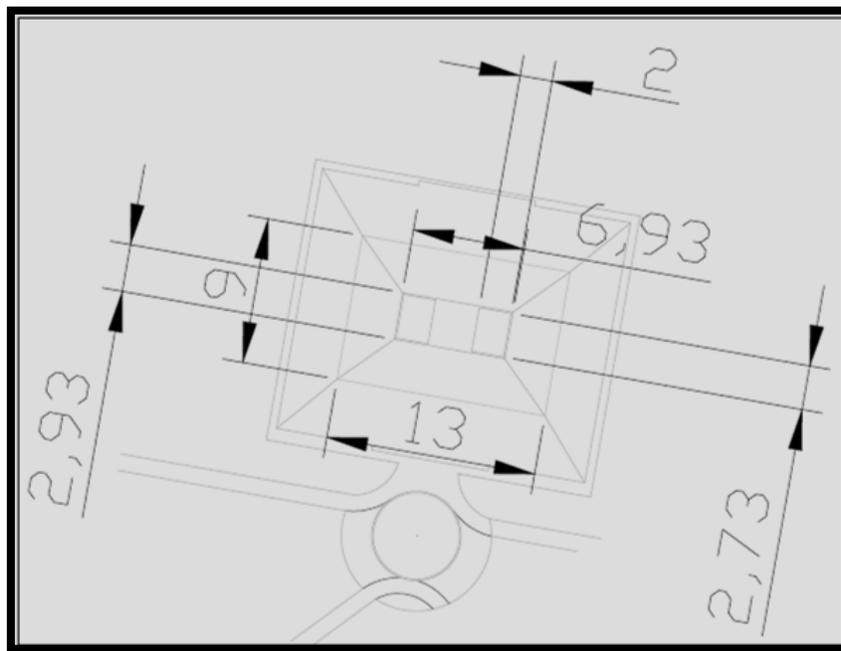
Factor	Ponderación	Edificio Usos Múltiples		Cancha de Futbol		Salud, Kiosco, Cafetín,” Edificio N”	
Dimensiones disponibles	25%	1.5	0.375	4	1	3.5	0.875
Permisos y aceptación social	15%	5	0.75	1	0.15	5	0.75
Aprovechamiento de HSP	30%	5	1.5	5	1.5	4	1.2
Corta de Árboles	15%	5	0.75	4.5	0.675	3	0.45
Necesidad de Extensiones	15%	5	0.75	4	0.6	1.5	0.225
Total	100%		4.125		3.925		3.5

Fuente Propia

Los resultados muestran que la mejor ubicación para la instalación de paneles solares es el Edificio de Usos Múltiples con un total de 4.125 es el puntaje mayor, las otras dos opciones actualmente no son favorables para este proyecto.

El edificio de Usos Múltiples cuenta con dimensiones de 196.9 metros cuadrados disponibles, no conlleva a ningún tipo de problema con el ambiente, por lo que no necesita permisos extra más que los de instalación, la ubicación en la que se encuentra es óptima para aprovechar al máximo las Horas Solares Pico (HSP) y debido a que el proyecto es sobre el techo del edificio no es necesario cortar ningún árbol que tenga cercanía al edificio.

A continuación, se muestran las dimensiones del techo del edificio:



Escala en metros(m).

Figura xviii Dimensiones de la localización de aplicación para el proyecto

El área total del techo del edificio es 244.9 m², el área utilizada es de 48 m² (esta incluye el espacio del tragaluz, el espacio de los aires acondicionados en el techo y el espacio entre las filas de paneles solares) el área total disponible para la aplicación del proyecto es de 196.9 m².

3.2. DESCRIPCIÓN DE PROVEEDORES.

Para este estudio se tienen 3 propuestas de proveedores:

1. GREEN POWER
2. SUNFIELDS
3. ECOBLITZ EL SALVADOR

A continuación, se muestra una pequeña descripción de cada una de las empresas a estudiar:

GREEN POWER

Green Power es una empresa dedicada al suministro de soluciones de energía renovable, para los sectores corporativo y residencial en el mercado salvadoreño, contribuyendo con la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, e impactando significativamente en la reducción de los costos operativos de nuestros clientes, reflejándose en la factura de consumo eléctrico. Las soluciones que ofrecen comprenden el estudio, ingeniería, procura, instalación, puesta en marcha y el mantenimiento preventivo en caso de ser requerido. Así como también, la gestión con la empresa distribuidora para la solicitud de conexión y cambio de medidor.

SUNDFIELD

SundFields nació en 2007, como empresa de distribución de material fotovoltaico, placas solares y demás equipos de energía solar, con un objetivo muy definido.

Ayudar a todos los clientes a formar parte de la transición energética que vive el mundo de una forma que destaque sobre el resto.

Por esto se diferencia SundField, por trabajar con productos de máxima calidad, con tecnologías de vanguardia y comprometidos con este cambio de modelo energético global.

ECOBLITZ EL SALVADOR

ECOBLITZ S. A. de C. V. es una empresa salvadoreña fundada en el año 2009, siendo una de las empresas pioneras en el sector de Eficiencia Energética y Energía Renovable en Centroamérica, además de contar con amplia experiencia en Eficiencia en Aire Comprimido,

Estudios, Capacitaciones, y como Consultores de instituciones financieras como BANDESAL y BCIE.

ECOBLITZ, con sus servicios y productos, brinda soluciones energéticas eficientes, económicas y ecológicas a nivel regional.

3.3. ANÁLISIS DE LAS INSTALACIONES Y ADECUACION DE LAS NECESIDADES DEL NUEVO SISTEMA ENERGETICO.

Ya se ha realizado el análisis de la localización óptima para el proyecto, siendo ésta el techo del edificio, donde se cuenta con un total de 196.9 metros cuadrados. El consumo energético del edificio semanalmente es de 11527.32 kW; y mensualmente es de 46,109.28 kW aproximadamente.

La cantidad de paneles solares necesarios para el estudio puede variar dependiendo del modelo, la capacidad y las dimensiones que tenga el panel. A continuación, se muestra la cantidad de paneles con más uso en el mercado, siendo estos también los que se consideraran para el estudio económico:

Tabla 17 Dimensiones de los paneles solares más utilizados.

#	Capacidad	Dimensiones	Proveedor
1	370W	(1.64x1.0x0.4)m	Ecoblitz
2	375W	(2.0x0.992x0.35)m	Green power
3	325W	(1.956x0.992x0.4)m	Sundfields

Fuente: ENF Solar.

Cabe aclarar que los diferentes proveedores que se encuentran en estudio utilizan más de un tipo de panel solar, y se realizaran los cálculos correspondientes en el proyecto con las cotizaciones que las empresas han proporcionado.

También se muestra una lista de diferentes modelos de paneles solares a tomar en cuenta:

Top Solar Panel Manufacturers in 2019		
2018 RANK	COMPANY	HEADQUARTERS
1	JinkoSolar	China
2	JA Solar	China
3	Trina Solar	China
4	LONGi Solar	China
5	Canadian Solar	Canada
6	Hanwha Q-CELLS	South Korea
7	Risen Energy	China
8	GCL-SI	Hong Kong
9	Talesun	China
10	First Solar	USA

**Source: pv-tech.org*

Figura xix Lista de diferentes modelos de paneles

3.4. ANALISIS DE LOS REQUERIMIENTOS DE MANTENIMIENTO DEL EQUIPO.

Los paneles solares cuentan con una gran resistencia y durabilidad, sin embargo, su producción se puede ver mermada si no realizamos un mantenimiento adecuado de los mismos.

El panel solar tiene una producción máxima que se alcanza únicamente en condiciones ideales, ya que en la realidad existen pérdidas ocasionadas por multitud de factores como: la mala orientación e inclinación de los módulos, sombras sobre los mismos, o polvo y suciedad acumulado, pudiendo este último ser solucionado por medio de una supervisión y mantenimiento periódico de los paneles solares.

La pérdida ocasionada por la ausencia de limpieza de los módulos podría llegar hasta un 8% en lugares donde se produzca mucho polvo, como puede ser una industria o cerca de una zona transitada por vehículos. Estas pérdidas pueden reducirse manteniendo una buena limpieza de los módulos con frecuencia, manteniendo unas pérdidas por debajo del 1%.

El panel está compuesto por células de silicio, que reaccionan ante el impacto de los fotones produciendo energía eléctrica, por lo que mantener limpia su superficie es esencial para que las células sean capaces de recibir la máxima radiación posible.

Para mantener limpio el panel solar basta con utilizar agua con una pequeña cantidad de jabón para que sea posteriormente más sencillo aclararlo. No se recomienda utilizar detergentes o materiales de limpieza ásperos, ya que se puede dañar la superficie del panel permanentemente.

La mejor manera de limpiar el panel es utilizando una esponja suave y una pequeña cantidad de lavavajillas, mojando previamente la suciedad para que sea después más fácil retirarla. Por último, se limpia el panel con abundantemente con agua sin dejar restos de jabón.

Como norma general se recomienda realizar esta limpieza unas 3 o 4 veces año, o con mayor frecuencia si se trata de una zona con mucho nivel de polvo y suciedad.

CAPITULO IV: ESTUDIO ECONOMICO

Objetivo General

Determinar la inversión necesaria para la implementación de paneles solares en el Edificio de Usos Múltiples.

Objetivos Específicos

- a) Cuantificar los costos de los elementos necesarios de la instalación de energía solar fotovoltaica para la implementación del proyecto.

4.1. INVERSIONES DEL PROYECTO

Para la inversión del proyecto se deben tomar en cuenta todos los recursos para llevar a cabo su ejecución y el equipamiento necesario para el funcionamiento del sistema a implementar.

Para determinar la cantidad de módulos fotovoltaicos necesarios para la implementación del proyecto se hará uso de la siguiente fórmula:

$$\text{Paneles necesarios}^{10} = \frac{KWh \text{ diarios}}{W_{\text{panel}} \times HSP \times FS}$$

Donde:

KWh diarios: Se refiere al consumo eléctrico diario dentro del edificio

Wpanel: Potencia nominal del panel

HSP: Hora Sola Pico para el área de aplicación del proyecto

FS: Factor de seguridad

Para calcular la cantidad de módulos fotovoltaicos necesarios se debe determinar el valor de cada una de las variables mencionadas, comenzando principalmente por el dato de KWh

¹⁰ Carlos Cortez, E. M. (2014). Actualización del Mapa de Radiación Solar de. San Salvador: Ciudad Universitaria El Salvador. Pag 118.

diarios, el cual es tomado del Capítulo III del presente documento, donde se determinó que la necesidad energética del edificio es igual a 1,642 kwh/día.

El valor de HSP a utilizar será 5 para el departamento de Santa Ana, pues se tomaron en cuenta los datos otorgados en la investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional “Actualización del Mapa de Radiación Solar¹¹”, donde es posible observar que para la ubicación del Edificio de Usos Múltiples el valor podría variar de entre 4.65 a 5.79 HSP, pero para no caer en cálculos con decimales se ha tomado el número entero más cercano al promedio, que es cinco.



Fuente: (Carlos Cortez, 2014)

Figura xx. Mapa de Radiación Solar de El Salvador

El valor para el factor de seguridad requerido en la fórmula ya mencionada se toma de la ficha técnica del módulo¹², donde el proveedor especifica el desempeño garantizado para los primeros años de la vida útil del sistema fotovoltaico¹³.

Para poder determinar la cantidad de paneles solares a utilizar, es necesario saber quién proveerá la tecnología requerida, por lo que a continuación se presenta un resumen de las fichas

¹¹ Ibidem Página 173.

¹² Proporcionada por el proveedor, ver en Anexo 4 “Hojas De Especificaciones Técnicas De Los Módulos Fotovoltaicos Consultados Para Este Proyecto”.

¹³ Ver en Tabla 18 “Funcionamiento del módulo”.

técnicas otorgadas por tres diferentes proveedores locales (Ver Tabla 18), en las cuales se observa el valor de la Potencia nominal del panel solar que cada proveedor ofrece y se calcula de esa manera la necesidad de paneles solares de acuerdo con este dato.

Para la presentación de este documento, se estudia a uno de los proveedores como opción principal para la evaluación económica financiera, y la revisión de los proveedores restantes se presentarán como alternativas que pueden o no ser consideradas por el ente que decida llevar a cabo el proyecto.

Tabla 18 Información técnica de los MFS y costos de proveedores

Proveedor	Ecoblitz El Salvador	Green Power	Sunfields
Tecnología	LG	Canadian Solar	Jinko Solar
Modelo	LG300N1C-G4 NeON 2	KuMax CS3u-375	JKM325PP-72(Plus)
Tipo	Monocristalino	Monocristalino	Policristalino
Potencia máxima (Pmax) (W)	370.00	375.00	325.00
Corriente de pico máxima (Imp) (A)	9.80	9.43	8.66
Voltaje en circuito abierto (Voc) (V)	40.90	47.60	46.70
Corriente de cortocircuito (Isc) (A)	10.45	9.93	9.10
Temperatura de funcionamiento (°C)	-40 a +90	-40 a +85	-40 a +85
Tolerancia de potencia de salida (%)	0 ~ +3	0 ~ +5	0 ~ +3
Voltaje de sistema máximo (Vdc)	1000.00	1500.00	1000.00
Coeficiente de temperatura Pmax (% / °C)	-0.38	-0.37	-0.40
Coeficiente de temperatura de VOC (% / °C)	-0.28	-0.29	-0.30
Coeficiente de temperatura Isc (% / °C)	0.03	0.05	0.06
Dimensiones (mm)	1640 x 1000 x 40	2000 x 992 x 35	1956 x 992 x 40
Área necesaria (m ²)	1.89	2.28	2.23
Peso (kg)	18.00	22.50	26.50
Funcionamiento del módulo	0.980	0.931	0.975
Marco de referencia	Aluminio adonizado	Aluminio adonizado	Aluminio adonizado
Espesor del marco (mm)	40 mm	35 mm	40 mm
Fabricación	Corea	Canadá	China
Precio por panel	\$ 349.75	\$ 323.43	\$ 321.90
Cantidad de paneles nec para cubrir demanda	906	941	1,036
Área necesaria (m ²)	1,708.11	2,146.16	2,312.56
Inversión en paneles necesaria	\$ 316,762.00	\$ 304,230.32	\$ 333,607.76

Fuente: Elaborado por el grupo de trabajo, la cantidad de paneles necesarios para cubrir la demanda energética se ha obtenido a partir de la fórmula “Paneles necesarios” presentada en este capítulo.

Para la inversión se toman los datos del proveedor Ecoblitz, dado que la información del panel modelo LG300N1C-G4 NeON 2 de 370 W muestra versatilidad en cuanto al número de paneles que deben utilizarse y a la necesidad en cuanto al área necesaria para la adecuación de estos. Dentro de la inversión también es necesario incluir la obtención de un inversor fotovoltaico, el cual es un equipo que se encarga de transformar la energía producida en una instalación fotovoltaica (que se transmite en forma de corriente continua) a corriente alterna,

dado que con este tipo de corriente funcionan la mayoría de los aparatos eléctricos, para modificar la naturaleza de esta y hacerla apta para su consumo.

Existen varios tipos de inversores, pero a la hora del diseño de una instalación, lo importante es que tenga una buena eficiencia y se adapte a la potencia necesaria y al rango de tensiones. Para este proyecto estaremos utilizando el modelo de Inversor Sunny Boy 5.0-us/6.0-us¹⁴, el cual es un inversor del tipo monofásico y tiene una capacidad nominal de 9 kW. Entonces, para calcular el total de inversores a instalar se construyó la siguiente fórmula:

$$\text{Inversores necesarios} = \frac{\text{KWh diarios}}{\text{Winversor} \times \text{HSP}}$$

Donde:

KWh diarios: Se refiere al consumo eléctrico diario dentro del edificio

Winversor: Potencia nominal del inversor

HSP: Hora Sola Pico para el área de aplicación del proyecto

El consumo diario dentro del edificio es de 1,642 kWh/día, que el número de horas sol pico es de 5 y que la potencia de cada inversor es de 9 Kw, entonces se procede a establecer el número de inversores a instalar.

$$\text{Inversores necesarios} = \frac{1,642 \text{ kW/día}}{9 \text{ kW} \times 5 \text{ hsp}} = 36.49 = 37 \text{ inversores}$$

4.1.1. Inversión en Activos Fijos.

Ya que se conoce la tecnología necesaria para la implementación total del proyecto, se procede con la determinación de la inversión inicial:

¹⁴ Ver Hoja Técnica en Anexo 5 “Hoja de especificaciones técnicas del Inversor”

Tabla 19 Presupuesto total de la inversión

Descripción de la tecnología	Cantidad	Precio unitario	Total	Imagen Ilustrativa
Módulo fotovoltaico monocristalino. Modelo: LG300N1C-G4 NeON 2	906	\$349.75	\$ 316,762.00	
Inversor Sunny Boy 5.0-us/6.0-us	37	\$3,245.00	\$ 120,065.00	
Estructura de soporte MFV, con (perno hexagonal rosca ordinaria, arandelas, tuerca y electrodos 68,81)	906	\$ 43.00	\$ 38,944.29	
Sub total			\$475,771.29	
Sub total + IVA			\$537,621.56	
Mano de obra por MFV	906	\$115.30	\$104,461.80	
Costo total de la inversión			\$642,083.36	
Imprevisto (10% de la inversion)			\$64,208.34	
Presupuesto Total del Proyecto¹⁵			\$706,291.69	

Fuente: Elaborado por el grupo de trabajo. Para el costo de los paneles solares se tomó el dato del proveedor Ecoblitz, para las estructuras e inversores se consultó con el proveedor Enertiva y los costos de mano de obra son calculados al consultar con la firma de ingenieros eléctricos Electrobodegas.

¹⁵ Notas aclaratorias:

* Los datos presentados para la implementación del proyecto se basan en investigaciones, precios de mercado y proyectos similares, al ser un presupuesto de inversión inicial puede variar dependiendo del tiempo de aplicación, las cotizaciones pueden variar. Adicional, según se consultó con varios ingenieros civiles aseguran el edificio soportaría el peso de los módulos pues estarían distribuidos en todo el techo, sin embargo, debido a la antigüedad de este, se recomienda se realicen estudios para asegurar si serían necesario reforzar las estructuras de los techos para asegurar la instalación de los módulos fotovoltaicos.

* El capital de trabajo no se consideró debido a que en este caso la FMOcc ya está en funcionamiento y se pronostica el proyecto no necesitara de insumos extra una vez en marcha.

4.2. ANÁLISIS DE LA INVERSIÓN

Ya se conoce la inversión necesaria para llevar a cabo el proyecto, pero esta información se debe confrontar también con la realidad que esta conlleva, y es que al comparar la necesidad de espacio para la aplicación total del proyecto y el espacio real disponible se concluye que no se cuenta con el área en metros cuadrados necesaria para su implementación. Por lo tanto, se debe recalcular la inversión para mostrar los datos reales de la inversión en activos fijos:

Tabla 20 Inversión real en paneles solares con el espacio real disponible, tabla de dimensiones de los módulos fotovoltaicos de la tecnología ofrecida por Ecoblitz El Salvador.

Proveedor	Ecoblitz El Salvador
Tecnología	LG
Modelo	LG300N1C-G4 NeON 2
Tipo	Monocrystalino
Potencia máxima (Pmax) (W)	370.00
Dimensiones (mm)	1640 x 1000 x 40
Área necesaria (m ²)	1.89
Peso (kg)	18.00
Fabricación	Corea
Precio por panel	\$ 349.75
Área disponible (m ²)	196.90
Cantidad de paneles en área disponible	104
Peso total distribuido en área disponible (kg)	1,879
Potencia que generarán los paneles (kw/día)	193.14
Inversión en paneles real	\$ 36,514.20

Fuente: Elaborado por el grupo de trabajo.

En el capítulo III del presente documento se determinó que el espacio disponible en el techo del edificio era de 196 m², de la ficha técnica del módulo fotovoltaico obtenemos las dimensiones de la tecnología a utilizar y se calcula que para cada panel solar ocupará 1.89 m², por lo que:

$$\text{Páneles en el área diponible}^{16} = \frac{\text{Área disponible en techo}}{\text{Área necesaria por panel}} = \frac{196\text{m}^2}{1.89\text{m}^2} = 104 \text{ MFV}^{17}$$

¹⁶ Fuente: Creada por el grupo de trabajo

¹⁷ MFV: Módulos Fotovoltaicos

Al obtener la cantidad de paneles que el área disponible para el proyecto permite instalar, entonces se obtiene también la capacidad que la instalación fotovoltaica tendrá de la siguiente manera:

$$\text{Potencia generada}^{18} = \text{MFV} \times \text{KWpanel} \times \text{HSP} = 193\text{kW/día}$$

Así como también es necesario recalculer la necesidad de inversores real, con la potencia total que los paneles producirían:

$$\text{Inversores necesarios}^{19} = \frac{\text{KWh diarios}}{\text{Winversor} \times \text{HSP}} = \frac{193 \text{ KWh diarios}}{9 \text{ KW inversor} \times 5 \text{ HSP}} = 4 \text{ inversores}$$

Por lo tanto, la inversión necesaria real para el proyecto deseado se muestra a continuación:

Tabla 21 Inversión real de la instalación fotovoltaica en el EUM.

Descripción de la tecnología	Cantidad	Precio unitario	Total	Imagen Ilustrativa
Módulo fotovoltaico monocristalino. Modelo: LG300N1C-G4 NeON 2	104	\$349.75	\$ 36,374.00	
Inversor Sunny Boy 5.0-us/6.0-us	4	\$3,245.00	\$ 12,980.00	
Estructura de soporte MFV, con (perno hexagonal rosca ordinaria, arandelas, tuerca y electrodos 68,81)	104	\$ 43.00	\$ 4,472.00	
Sub total			\$53,826.00	

¹⁸ Fuente: Creada por el grupo de trabajo. Donde MFV se refiere a la cantidad de paneles a utilizar, los cuales generan 370 W por unidades y HSP corresponde al valor de 5.

¹⁹ Fórmula recalculada para la capacidad real de la instalación.

Continuación Tabla 21

Sub total + IVA			\$60,823.38
Mano de obra por MFV	104	\$115.30	\$11,991.20
Costo total de la inversión			\$72,814.58
Imprevistos (10% de la inversión)			\$7,281.46
Presupuesto Real del Proyecto			\$80,096.04

Fuente: Elaborado por el grupo de trabajo. Para el costo de los paneles solares se tomó el dato del proveedor Ecoblitz, para las estructuras e inversores se consultó con el proveedor Enertiva y los costos de mano de obra son calculados al consultar con la firma de ingenieros eléctricos Electrobodegas.

Por lo tanto, la inversión necesaria para este proyecto sería igual a **\$80,096.04**.

Acerca de la inversión

Es necesario mencionar que la Universidad de El Salvador rige su funcionamiento en base al presupuesto nacional que se le es otorgado cada año por el gobierno de El Salvador. La Facultad Multidisciplinaria de Occidente recibe por parte de las autoridades centrales de la Universidad una asignación presupuestaria, la cual es en gran parte la fuente de ingresos en esta, debido a su naturaleza de institución pública; para el año 2019 estaría recibiendo un aproximado de \$5,790,890.00, por lo tanto al implementar el proyecto de energía fotovoltaica, la Facultad por medio de la Universidad haría uso de recursos propios ya sea por medio de “transferencia o refuerzo presupuestario”²⁰ solicitado directamente en el presupuesto general de la institución, por ende no es factible solicitar un financiamiento bancario ya que se cuenta con disponibilidad de recursos provenientes del Estado.

Técnica de depreciación utilizada: Línea recta

Se aplica este método debido a que los beneficios económicos se consumen casi de forma constante, esta es calculada para un período de 25 años, porque el fabricante ofrece rendimiento económico para dicho período tanto de los módulos como del cableado.

²⁰ Art 44 y 45, Ley Orgánica de Administración Financiera del Estado, decreto legislativo n° 516, 23 de noviembre de 1995, D.O. N° 7, tomo N° 330 de fecha 11 de enero de 1996.

Una vez terminada la vida útil del equipo no se espera un mercado activo para el mismo, razón por la cual el valor residual es cero. Estos no se esperan vender como residuos debido a que los costos de preparación se valoran sean más altos que lo recuperable por la venta.

Se utilizará la siguiente fórmula:

$$\text{Depreciación} = \frac{\text{Inversión Inicial} - \text{Valor Residual}}{\text{Vida útil}}$$

Depreciación de los módulos fotovoltaicos

$$\text{Depreciación paneles fotovoltaicos} = \frac{\$36,374.00 - 0.00}{25 \text{ años}} = \$1,454.96$$

Tabla 22 Depreciación anual de los paneles fotovoltaicos

Años	Depreciación Anual	Depreciación Acumulada	Valor
			\$ 36,374.00
2021	\$ 1,454.96	\$ 1,454.96	\$ 34,919.04
2022	\$ 1,454.96	\$ 2,909.92	\$ 33,464.08
2023	\$ 1,454.96	\$ 4,364.88	\$ 32,009.12
2024	\$ 1,454.96	\$ 5,819.84	\$ 30,554.16
2025	\$ 1,454.96	\$ 7,274.80	\$ 29,099.20
2026	\$ 1,454.96	\$ 8,729.76	\$ 27,644.24
2027	\$ 1,454.96	\$ 10,184.72	\$ 26,189.28
2028	\$ 1,454.96	\$ 11,639.68	\$ 24,734.32
2029	\$ 1,454.96	\$ 13,094.64	\$ 23,279.36
2030	\$ 1,454.96	\$ 14,549.60	\$ 21,824.40
2031	\$ 1,454.96	\$ 16,004.56	\$ 20,369.44
2032	\$ 1,454.96	\$ 17,459.52	\$ 18,914.48
2033	\$ 1,454.96	\$ 18,914.48	\$ 17,459.52
2034	\$ 1,454.96	\$ 20,369.44	\$ 16,004.56
2035	\$ 1,454.96	\$ 21,824.40	\$ 14,549.60
2036	\$ 1,454.96	\$ 23,279.36	\$ 13,094.64
2037	\$ 1,454.96	\$ 24,734.32	\$ 11,639.68
2038	\$ 1,454.96	\$ 26,189.28	\$ 10,184.72
2039	\$ 1,454.96	\$ 27,644.24	\$ 8,729.76
2040	\$ 1,454.96	\$ 29,099.20	\$ 7,274.80
2041	\$ 1,454.96	\$ 30,554.16	\$ 5,819.84
2042	\$ 1,454.96	\$ 32,009.12	\$ 4,364.88
2043	\$ 1,454.96	\$ 33,464.08	\$ 2,909.92
2044	\$ 1,454.96	\$ 34,919.04	\$ 1,454.96
2045	\$ 1,454.96	\$ 36,374.00	\$ -

Depreciación del inversor²¹

$$\text{Depreciación inversor} = \frac{\$12,980.00 - 0.00}{12 \text{ años}} = \$1,081.67$$

Tabla 23 Depreciación anual de los inversores

PERÍODO 2021 - 2032				
Años	Depreciación Anual	Depreciación Acumulada	Valor	
			\$	12,980.00
2021	\$ 1,081.67	\$ 1,081.67	\$	11,898.33
2022	\$ 1,081.67	\$ 2,163.33	\$	10,816.67
2023	\$ 1,081.67	\$ 3,245.00	\$	9,735.00
2024	\$ 1,081.67	\$ 4,326.67	\$	8,653.33
2025	\$ 1,081.67	\$ 5,408.33	\$	7,571.67
2026	\$ 1,081.67	\$ 6,490.00	\$	6,490.00
2027	\$ 1,081.67	\$ 7,571.67	\$	5,408.33
2028	\$ 1,081.67	\$ 8,653.33	\$	4,326.67
2029	\$ 1,081.67	\$ 9,735.00	\$	3,245.00
2030	\$ 1,081.67	\$ 10,816.67	\$	2,163.33
2031	\$ 1,081.67	\$ 11,898.33	\$	1,081.67
2032	\$ 1,081.67	\$ 12,980.00	\$	-

PERÍODO 2033 - 2044				
			\$	12,980.00
2033	\$ 1,081.67	\$ 1,081.67	\$	11,898.33
2034	\$ 1,081.67	\$ 2,163.33	\$	10,816.67
2035	\$ 1,081.67	\$ 3,245.00	\$	9,735.00
2036	\$ 1,081.67	\$ 4,326.67	\$	8,653.33
2037	\$ 1,081.67	\$ 5,408.33	\$	7,571.67
2038	\$ 1,081.67	\$ 6,490.00	\$	6,490.00
2039	\$ 1,081.67	\$ 7,571.67	\$	5,408.33
2040	\$ 1,081.67	\$ 8,653.33	\$	4,326.67
2041	\$ 1,081.67	\$ 9,735.00	\$	3,245.00
2042	\$ 1,081.67	\$ 10,816.67	\$	2,163.33
2043	\$ 1,081.67	\$ 11,898.33	\$	1,081.67
2044	\$ 1,081.67	\$ 12,980.00	\$	-

Fuente: Propia

²¹ Nota Aclaratoria: Debido a que los inversores tienen una vida útil de 12 años será necesario proyectar una segunda compra de inversores en el año 2033, sin embargo según la consultoría tomada de la empresa ElectroBodegas es posible invertir en mantenimientos preventivos y cambio de piezas dañadas para prolongar la vida útil del aparato.

4.2.1. Alternativas (Proveedores)

Debido a que la elección de un proveedor para el proyecto requiere de la evaluación y consideración de diferentes aspectos en cuanto a calidad y en este caso también los costos del proyecto, será necesario evaluar otras alternativas de proveedores, por lo que a continuación se presentan la evaluación de costos, en base al área disponible, de invertir en los módulos fotovoltaicos ofrecidos por Green Power El Salvador y Sunfields El Salvador.

Tabla 24 Inversión real en paneles solares con el espacio real disponible, tabla de dimensiones de los módulos fotovoltaicos de la tecnología ofrecida por Green Power El Salvador.

Proveedor	Green Power
Tecnología	Canadian Solar
Modelo	KuMax CS3u-375
Tipo	Monocrystalino
Potencia máxima (Pmax) (W)	375.00
Dimensiones (mm)	2000 x 992 x 35
Área necesaria (m ²)	2.28
Funcionamiento del módulo	0.931
Fabricación	Canadá
Precio por panel	\$ 323.43
Área disponible (m ²)	196.90
Cantidad de paneles en área disponible	86
Potencia que generarán los paneles (kw/día)	161.81
Inversión en paneles real	\$ 27,911.71

Fuente: Elaborado por el grupo de trabajo.

Se utiliza la misma fórmula de Paneles en el Área Disponible²² para las nuevas tecnologías por evaluar, para el caso de Canadian Solar, la necesidad de área por panel es igual a 2.28m², por lo que:

$$\text{Paneles Canadian Solar} = \frac{\text{Área disponible en techo}}{\text{Área necesaria por panel}} = \frac{196\text{m}^2}{2.28\text{m}^2} = 86 \text{ MFV}$$

De igual manera, se calcula la necesidad de inversores real, con la potencia total que los paneles producirían, observada en la Tabla 24:

$$\text{Inversores necesarios}^{23} = \frac{\text{KWh diarios}}{\text{Winversor} \times \text{HSP}} = \frac{161 \text{ KWh diarios}}{9 \text{ KW inversor} \times 5 \text{HSP}} = 4 \text{ inversores}$$

²² Ver Página 73.

²³ Fórmula recalculada para la capacidad real de la instalación con paneles Canadian Solar.

Por lo tanto, la inversión necesaria real para el proyecto deseado en este trabajo se muestra a continuación:

Tabla 25 Inversión real con Green Power de la instalación fotovoltaica en el EUM.

Descripción de la tecnología	Cantidad	Precio unitario	Total	Imagen Ilustrativa
Módulo fotovoltaico monocristalino. Modelo: KuMax CS3u-375	86	\$323.43	\$ 27,814.98	
Inversor Sunny Boy 5.0-us/6.0-us	4	\$3,245.00	\$ 12,980.00	
Estructura de soporte MFV, con (perno hexagonal rosca ordinaria, arandelas, tuerca y electrodos 68,81)	86	\$ 43.00	\$ 3,698.00	
Sub total			\$44,492.98	
Sub total + IVA			\$50,277.07	
Mano de obra por MFV	86	\$115.30	\$9,915.80	
Costo total de la inversión			\$60,192.87	
Imprevistos (10% de la inversion)			\$6,019.29	
Presupuesto Real del Proyecto con Green Power			\$66,212.16	

Fuente: Elaborado por el grupo de trabajo. Para el costo de los paneles solares se tomó el dato del proveedor Green Power El Salvador, para las estructuras e inversores se consultó con el proveedor Enertiva y los costos de mano de obra son calculados al consultar con la firma de ingenieros eléctricos Electroboegas.

Por lo tanto, la inversión necesaria si para el proyecto se decidiera usar la tecnología de Green Power sería igual a **\$66,212.16**.

A continuación, se muestra también el análisis de la inversión si se decidiera escoger como proveedor a Sunfields El Salvador:

Tabla 26 Inversión real en paneles solares con el espacio real disponible, tabla de dimensiones de los módulos fotovoltaicos de la tecnología ofrecida por Sunfields El Salvador.

Proveedor	Sunfields
Tecnología	Jinko Solar
Modelo	JKM325PP-72(Plus)
Tipo	Policristalino
Potencia máxima (Pmax) (W)	325.00
Dimensiones (mm)	1956 x 992 x 40
Área necesaria (m ²)	2.23
Funcionamiento del módulo	0.975
Fabricación	China
Precio por panel	\$ 321.90
Área disponible (m ²)	196.90
Cantidad de paneles en área disponible	88
Potencia que generarán los paneles (kw/día)	143.39
Inversión en paneles real	\$ 28,404.58

Fuente: Elaborado por el grupo de trabajo.

Se utiliza la misma fórmula de Paneles en el Área Disponible²⁴ para las nuevas tecnologías por evaluar, para el caso de Canadian Solar, la necesidad de área por panel es igual a 2.28m², por lo que:

$$\text{Paneles Jinko Solar} = \frac{\text{Área disponible en techo}}{\text{Área necesaria por panel}} = \frac{196\text{m}^2}{2.23\text{m}^2} = 88 \text{ MFV}$$

De igual manera, se calcula la necesidad de inversores real, con la potencia total que los paneles producirían, observada en la Tabla 26:

$$\text{Inversores necesarios}^{25} = \frac{\text{KWh diarios}}{\text{Winversor} \times \text{HSP}} = \frac{143.39 \text{ KWh diarios}}{9 \text{ KW inversor} \times 5 \text{ HSP}} = 3 \text{ inversores}$$

Por lo tanto, la inversión necesaria real para el proyecto deseado en este trabajo se muestra a continuación:

²⁴ Ver Página 73.

²⁵ Fórmula recalculada para la capacidad real de la instalación con paneles Jinko Solar.

Tabla 27 Inversión real con Sunfields El Salvador de la instalación fotovoltaica en el EUM.

Descripción de la tecnología	Cantidad	Precio unitario	Total	Imagen Ilustrativa
Módulo fotovoltaico monocristalino. Modelo: KuMax CS3u-375	88	\$321.90	\$ 28,327.20	
Inversor Sunny Boy 5.0-us/6.0-us	3	\$3,245.00	\$ 9,735.00	
Estructura de soporte MFV, con (perno hexagonal rosca ordinaria, arandelas, tuerca y electrodos 68,81)	88	\$ 43.00	\$ 3,784.00	
Sub total			\$41,846.20	
Sub total + IVA			\$47,286.21	
Mano de obra por MFV	88	\$115.30	\$10,146.40	
Costo total de la inversión			\$57,432.61	
Imprevistos (10% de la inversion)			\$5,743.26	
Presupuesto Real del Proyecto			\$63,175.87	

Fuente: Elaborado por el grupo de trabajo. Para el costo de los paneles solares se tomó el dato del proveedor Sunfields El Salvador, para las estructuras e inversores se consultó con el proveedor Enertiva y los costos de mano de obra son calculados al consultar con la firma de ingenieros eléctricos Electrobodegas.

Por lo tanto, la inversión necesaria si para el proyecto se decidiera usar la tecnología de Sunfields El Salvador sería igual a **\$63,175.87**.

CAPITULO V: EVALUACIÓN FINANCIERA

Objetivo General

Determinar la factibilidad económica en la implementación de paneles solares dentro del Edificio de Usos Múltiples.

Objetivos Específicos

- a) Realizar un análisis de flujo de caja por medio del cruce entre ahorro e inversión para determinar la factibilidad económica del proyecto.

Debido a la naturaleza del proyecto y que la Universidad de El Salvador es una institución pública que debe hacer solicitud de financiamiento al gobierno central según lo manifestado anteriormente; este financiamiento sería otorgado del Presupuesto General de la Nación en forma de transferencia, refuerzo presupuestario o financiamiento por parte de cooperación internacional porque dicho proyecto sería de interés social y no tendría un retorno de inversión o lucratividad económica en el tiempo más que la reducción de costos, beneficio social directo a la población de la Facultad y al medioambiente²⁶; lo anteriormente expuesto hace que adquirir o solicitar financiamiento a las instituciones bancarias para la ejecución del proyecto sea innecesario.

5.1. COSTO ANUAL UNIFORME EQUIVALENTE (CAUE)

El método del valor anual de los costos (VAC) es también conocido con el nombre de costo anual uniforme equivalente (CAUE) y se utiliza comúnmente para comparar alternativas. Este método de evaluación de alternativas se efectúa de la siguiente manera: todos los ingresos y desembolsos (irregulares y uniformes) son convertidos a una cantidad anual uniforme equivalente que es la misma en cada periodo. La ventaja principal de este método sobre los demás radica en que este no requiere hacer las comparaciones sobre el mínimo común múltiplo de los años cuando las alternativas tienen vidas diferentes es decir el valor anual de la alternativa

²⁶ Se puede gestionar de manera alterna un estudio de la cuantificación de la reducción de emisión de gases de efecto invernadero como el CO₂ (dióxido de carbono) el cual es uno de los causantes directos del cambio climático, esto debido a que la generación de energía por fuentes convencionales hace emisiones de CO₂ y en el caso del país dichas emisiones por generación de energía eléctrica rondan los 6.268,5 kt CO₂ al año 2014 (kilo toneladas de dióxido de carbono), lo anterior contribuiría de forma representativa a la mitigación de los efectos del cambio climático

se calcula para un ciclo de vida solamente. El método del CAUE consiste en convertir todos los ingresos y egresos, en una serie uniforme de pagos. Obviamente, si el CAUE es positivo, es porque los ingresos son mayores que los egresos y por lo tanto, el proyecto puede realizarse; pero, si el CAUE es negativo, es porque los ingresos son menores que los egresos y en consecuencia el proyecto debe ser rechazado.

Tabla 28 Costos de Facturación de Energía Eléctrica

FACTURACIÓN SIN MFV (205.25 kW/h)		FACTURACIÓN CON MFV (181.11 kW/h)			
AÑO	Cargo MES / TOTAL	AÑO	Cargo MES	Mantenimiento MFV	TOTAL
2020	\$ 249,352.57	2020	\$ 247,997.05	\$ 200.00	\$ 248,197.05
2021	\$ 256,833.15	2021	\$ 255,436.96	\$ 200.00	\$ 255,636.96
2022	\$ 264,538.15	2022	\$ 263,100.07	\$ 200.00	\$ 263,300.07
2023	\$ 272,474.29	2023	\$ 270,993.07	\$ 200.00	\$ 271,193.07
2024	\$ 280,648.52	2024	\$ 279,122.87	\$ 200.00	\$ 279,322.87
2025	\$ 289,067.98	2025	\$ 287,496.55	\$ 200.00	\$ 287,696.55
2026	\$ 297,740.01	2026	\$ 296,121.45	\$ 200.00	\$ 296,321.45
2027	\$ 306,672.22	2027	\$ 305,005.09	\$ 200.00	\$ 305,205.09
2028	\$ 315,872.38	2028	\$ 314,155.25	\$ 200.00	\$ 314,355.25
2029	\$ 325,348.55	2029	\$ 323,579.90	\$ 200.00	\$ 323,779.90
2030	\$ 335,109.01	2030	\$ 333,287.30	\$ 200.00	\$ 333,487.30
2031	\$ 345,162.28	2031	\$ 343,285.92	\$ 200.00	\$ 343,485.92
2032	\$ 355,517.15	2032	\$ 353,584.50	\$ 3,645.00	\$ 357,229.50
2033	\$ 366,182.66	2033	\$ 364,192.03	\$ 200.00	\$ 364,392.03
2034	\$ 377,168.14	2034	\$ 375,117.79	\$ 200.00	\$ 375,317.79
2035	\$ 388,483.19	2035	\$ 386,371.33	\$ 200.00	\$ 386,571.33
2036	\$ 400,137.68	2036	\$ 397,962.47	\$ 200.00	\$ 398,162.47
2037	\$ 412,141.81	2037	\$ 409,901.34	\$ 200.00	\$ 410,101.34
2038	\$ 424,506.07	2038	\$ 422,198.38	\$ 200.00	\$ 422,398.38
2039	\$ 437,241.25	2039	\$ 434,864.33	\$ 200.00	\$ 435,064.33
2040	\$ 450,358.49	2040	\$ 447,910.26	\$ 200.00	\$ 448,110.26
2041	\$ 463,869.24	2041	\$ 461,347.57	\$ 200.00	\$ 461,547.57
2042	\$ 477,785.32	2042	\$ 475,188.00	\$ 200.00	\$ 475,388.00
2043	\$ 492,118.88	2043	\$ 489,443.64	\$ 200.00	\$ 489,643.64
2044	\$ 506,882.44	2044	\$ 504,126.95	\$ 200.00	\$ 504,326.95
	\$ 9,091,211.44		\$ 9,041,790.08	\$ 8,445.00	\$ 9,050,235.08

Fuente: Elaborado por el grupo de trabajo

Tabla 29 Cálculos de CAUE con la situación actual sin proyecto y al aplicar el proyecto

ANÁLISIS SIN PROYECTO				ANÁLISIS CON PROYECTO			
PERÍODOS	ERROGACIONES	FACTOR DESC	COSTO ANUAL	PERÍODOS	ERROGACIONES	FACTOR DESC	COSTO ANUAL
0	-\$ 249,352.57	1.0000000000	-\$ 249,352.57	0	-\$ 248,197.05	1.0000000000	-\$ 248,197.05
1	-\$ 256,833.15	0.9591406100	-\$ 246,339.11	1	-\$ 255,636.96	0.9591406100	-\$ 245,191.79
2	-\$ 264,538.15	0.9199507098	-\$ 243,362.06	2	-\$ 263,300.07	0.9199507098	-\$ 242,223.09
3	-\$ 272,474.29	0.8823620850	-\$ 240,420.98	3	-\$ 271,193.07	0.8823620850	-\$ 239,290.49
4	-\$ 280,648.52	0.8463093084	-\$ 237,515.45	4	-\$ 279,322.87	0.8463093084	-\$ 236,393.54
5	-\$ 289,067.98	0.8117296263	-\$ 234,645.04	5	-\$ 287,696.55	0.8117296263	-\$ 233,531.82
6	-\$ 297,740.01	0.7785628490	-\$ 231,809.31	6	-\$ 296,321.45	0.7785628490	-\$ 230,704.87
7	-\$ 306,672.22	0.7467512459	-\$ 229,007.86	7	-\$ 305,205.09	0.7467512459	-\$ 227,912.28
8	-\$ 315,872.38	0.7162394455	-\$ 226,240.26	8	-\$ 314,355.25	0.7162394455	-\$ 225,153.63
9	-\$ 325,348.55	0.6869743387	-\$ 223,506.11	9	-\$ 323,779.90	0.6869743387	-\$ 222,428.49
10	-\$ 335,109.01	0.6589049863	-\$ 220,805.00	10	-\$ 333,487.30	0.6589049863	-\$ 219,736.45
11	-\$ 345,162.28	0.6319825305	-\$ 218,136.53	11	-\$ 343,485.92	0.6319825305	-\$ 217,077.10
12	-\$ 355,517.15	0.6061601098	-\$ 215,500.31	12	-\$ 357,229.50	0.6061601098	-\$ 216,538.27
13	-\$ 366,182.66	0.5813927775	-\$ 212,895.96	13	-\$ 364,392.03	0.5813927775	-\$ 211,854.90
14	-\$ 377,168.14	0.5576374232	-\$ 210,323.07	14	-\$ 375,317.79	0.5576374232	-\$ 209,291.25
15	-\$ 388,483.19	0.5348526983	-\$ 207,781.28	15	-\$ 386,571.33	0.5348526983	-\$ 206,758.72
16	-\$ 400,137.68	0.5129989433	-\$ 205,270.21	16	-\$ 398,162.47	0.5129989433	-\$ 204,256.92
17	-\$ 412,141.81	0.4920381194	-\$ 202,789.48	17	-\$ 410,101.34	0.4920381194	-\$ 201,785.49
18	-\$ 424,506.07	0.4719337420	-\$ 200,338.74	18	-\$ 422,398.38	0.4719337420	-\$ 199,344.05
19	-\$ 437,241.25	0.4526508172	-\$ 197,917.61	19	-\$ 435,064.33	0.4526508172	-\$ 196,932.23
20	-\$ 450,358.49	0.4341557809	-\$ 195,525.74	20	-\$ 448,110.26	0.4341557809	-\$ 194,549.66
21	-\$ 463,869.24	0.4164164406	-\$ 193,162.78	21	-\$ 461,547.57	0.4164164406	-\$ 192,196.00
22	-\$ 477,785.32	0.3994019188	-\$ 190,828.37	22	-\$ 475,388.00	0.3994019188	-\$ 189,870.88
23	-\$ 492,118.88	0.3830826001	-\$ 188,522.18	23	-\$ 489,643.64	0.3830826001	-\$ 187,573.96
VALOR ACTUAL DE LOS COSTOS			-\$ 5,221,996.01	VALOR ACTUAL DE LOS COSTOS			-\$ 5,198,792.91

DATOS SIN PROYECTO			DATOS CON PROYECTO		
VAC		-\$ 5,221,996.01	VAC		-\$ 5,198,792.91
i		4.26%	i		4.26%
n		24.0000	n		24.0000
CAE		-\$ 232,129.07	CAE		-\$ 231,097.65

Fuente: Elaborado por el grupo de trabajo

Al comparar ambos resultados podemos observar que, según el análisis de Costos Anuales, se observa viabilidad en la aplicación del proyecto con paneles solares, pues sus costos, comparados hasta el día de hoy, resultan ser menores a los costos de no aplicar el proyecto y seguir con el suministro actual de energía. Calculando la diferencia entre los resultados obtenidos de cada CAE tenemos:

$$\text{Ahorro anual al aplicar el proyecto} = \text{CAE energía} - \text{CAE MFV}$$

$$\text{Ahorro anual al aplicar el proyecto} = \$232,129.07 - \$231,097.65$$

$$\text{Ahorro anual al aplicar el proyecto} = \$1,031.43$$

Por lo tanto, debe entenderse que cada año, se estarían ahorrando **\$1,031.43** en cuanto a facturas de energía eléctrica.

5.2. TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

La tasa interna de retorno o tasa interna de rentabilidad (TIR) de una inversión, está definida como la tasa de interés con la cual el valor actual neto o valor presente neto (VAN o VPN) es igual a cero. El VAN o VPN es calculado a partir del flujo de caja anual, trasladando todas las cantidades futuras al presente. Es un indicador de la rentabilidad de un proyecto, a mayor TIR, mayor rentabilidad. Se utiliza para decidir sobre la aceptación o rechazo de un proyecto de inversión. Para ello, la TIR se compara con una tasa mínima atractiva de retorno (TMAR). La TIR es una herramienta de toma de decisiones de inversión utilizada para conocer la factibilidad de diferentes opciones de inversión. El criterio general para saber si es conveniente realizar un proyecto es el siguiente:

- Si TIR es mayor o igual que TMAR se aceptará el proyecto. La razón es que el proyecto da una rentabilidad mayor que la rentabilidad mínima requerida (el coste de oportunidad).
- Si TIR es menor que TMAR se rechazará el proyecto. La razón es que el proyecto da una rentabilidad menor que la rentabilidad mínima requerida.

El criterio general sólo es cierto si el proyecto es del tipo "prestar", es decir, si los primeros flujos de caja son negativos y los siguientes positivos. Si el proyecto es del tipo "pedir prestado" la decisión de aceptar o rechazar un proyecto se toma justo al revés.

- Si TIR es mayor que TMAR se rechazará el proyecto. La rentabilidad que nos está requiriendo este préstamo es mayor que nuestro coste de oportunidad.
- Si TIR es menor o igual que TMAR se aceptará el proyecto.

Valor Actual Neto (VAN)

Valor actual neto es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión. La metodología consiste en descontar al momento actual todos los flujos de caja futuros del proyecto. A este valor se le resta la inversión inicial, de tal modo que el valor obtenido es el valor actual neto del proyecto.

Tabla 30 Criterios para la toma de decisiones con Valor Actual Neto (VAN)

Valor	Significado	Decisión a tomar
VAN > 0	La inversión produciría ganancias por encima de la rentabilidad	El proyecto puede ser viable
VAN < 0	La inversión produciría ganancias por debajo de la rentabilidad	El proyecto no es viable
VAN = 0	La inversión no produciría ni ganancias ni pérdidas	La decisión debería basarse en otros criterios

A partir de la tabla 31²⁷ se pueden encontrar tanto los valores de TIR como de VAN, los cuales se calculan con la ayuda de la hoja de cálculos EXCEL, los datos se muestran a continuación:

TIR	-10.41%
VAN	-\$ 72,648.23

El dato obtenido de la TIR es igual a -10.41%, lo que significa que está por debajo de la TMAR (Tasa de descuento del proyecto) que es igual a 4.26%, por lo que el proyecto automáticamente debe ser rechazado, pues no se ha logrado llegar a un punto que genere un impacto económico importante y positivo.

Por otro lado, tenemos el dato del VAN que muestra un valor negativo, (-\$72,648.23), lo cual significa que el proyecto no será viable, esto se analiza también a partir del flujo de caja presentado en la Tabla 31, pues se observa que no es posible calcular el tiempo en que se recupera la inversión, pues todos los flujos son negativos, lo cual significa que el tiempo de vida útil de los paneles llegará a su fin y no estaremos ni cerca de recuperar la inversión inicial, esto a pesar de obtener un ahorro de poco más de mil dólares anuales en facturas eléctricas.

²⁷ Cálculo de la tasa social de descuento en Anexo 3

Tabla 31 Flujo de caja del proyecto para la aplicación de MFV

Años		Período	Proyecto MFV	Período de Recuperación sin actualización		Flujos descontados		Período de Recuperación con flujos descontados
				Factor de descuento	Flujos	Factor de descuento	Flujos	
Tasa de descuento		4.26%						
Inversión Inicial		0	-\$ 80,096.04	-\$ 80,096.04	-\$	80,096.04	-\$	80,096.04
2021		1	\$ 1,031.43	\$ 81,127.47	0.909090909	937.6636364	-\$	79,158.37
2022		2	\$ 1,031.43	\$ 82,158.90	0.826446281	852.4214876	-\$	78,305.95
2023		3	\$ 1,031.43	\$ 83,190.33	0.751314801	774.9286251	-\$	77,531.02
2024		4	\$ 1,031.43	\$ 84,221.76	0.683013455	704.4805683	-\$	76,826.54
2025		5	\$ 1,031.43	\$ 85,253.19	0.620921323	640.4368802	-\$	76,186.11
2026		6	\$ 1,031.43	\$ 86,284.62	0.56447393	582.2153457	-\$	75,603.89
2027		7	\$ 1,031.43	\$ 87,316.05	0.513158118	529.2866779	-\$	75,074.60
2028		8	\$ 1,031.43	\$ 88,347.48	0.46650738	481.1697072	-\$	74,593.44
2029		9	\$ 1,031.43	\$ 89,378.91	0.424097618	437.4270065	-\$	74,156.01
2030		10	\$ 1,031.43	\$ 90,410.34	0.385543289	397.660915	-\$	73,758.35
2031		11	\$ 1,031.43	\$ 91,441.77	0.350493899	361.5099227	-\$	73,396.84
2032		12	-\$ 11,948.57	\$ 79,493.20	0.318630818	-3807.18263	-\$	77,204.02
2033		13	\$ 1,031.43	\$ 80,524.63	0.28966438	298.7685312	-\$	76,905.25
2034		14	\$ 1,031.43	\$ 81,556.06	0.263331254	271.6077556	-\$	76,633.64
2035		15	\$ 1,031.43	\$ 82,587.49	0.239392049	246.9161415	-\$	76,386.73
2036		16	\$ 1,031.43	\$ 83,618.92	0.217629136	224.4692195	-\$	76,162.26
2037		17	\$ 1,031.43	\$ 84,650.35	0.197844669	204.0629268	-\$	75,958.20
2038		18	\$ 1,031.43	\$ 85,681.78	0.17985879	185.5117517	-\$	75,772.68
2039		19	\$ 1,031.43	\$ 86,713.21	0.163507991	168.647047	-\$	75,604.04
2040		20	\$ 1,031.43	\$ 87,744.64	0.148643628	153.3154973	-\$	75,450.72
2041		21	\$ 1,031.43	\$ 88,776.07	0.135130571	139.3777248	-\$	75,311.34
2042		22	\$ 1,031.43	\$ 89,807.50	0.122845974	126.7070225	-\$	75,184.64
2043		23	\$ 1,031.43	\$ 90,838.93	0.111678158	115.1882023	-\$	75,069.45
2044		24	\$ 1,031.43	\$ 91,870.36	0.101525598	104.7165475	-\$	74,964.73

Fuente Propia

CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- En el Capítulo 2, al aplicar el método de Consumo eléctrico por aparato eléctrico se determinó que el consumo diario en kW del Edificio de Usos Múltiples es 1,642kw/día.
- En el Capítulo 3, Estudio Técnico, se determinó qué si existe el equipo necesario para llevar a cabo el proyecto, paneles solares, equipo de mantenimiento, espacio disponible para la instalación, en conclusión, si existe factibilidad técnica para el proyecto que se lleva a cabo, sin embargo debido a que el consumo eléctrico que se determinó en el capítulo 2 es realmente alto y se necesita una mayor disponibilidad de espacio, no es posible llevar a cabo el proyecto en la localización determinada.
- En el Capítulo 4, se determinó la cantidad de paneles solares e inversores eran necesarios para abastecer al edificio de Usos Múltiples con las dimensiones que este posee, arrojando un valor de \$80,096.04 para el espacio disponible.
- En el Capítulo 5, Evaluación financiera, se concluyó el valor de la TIR y el valor de la VAN: La TIR es igual a -10.41%, lo que significa que está por debajo de la TMAR, que es igual a 4.26%, por lo que el proyecto automáticamente debe ser rechazado. El valor de La VAN -\$72,648.23 es un valor negativo lo que nos dice que el proyecto no es viable económicamente.

5.2. RECOMENDACIONES

- El proyecto que se realizó es un estudio de factibilidad técnico económico para el uso de energía solar en el Edificio de Usos Múltiples, el consumo eléctrico que consume este es un valor muy elevado debido a la gran cantidad de computadoras y aires acondicionados que contiene, un proyecto futuro podría ser un estudio de eficiencia energética en todo el edificio para saber que tanto este consumo podría disminuir, pudiendo tomar esta tesis de grado como base inicial.
- En un estudio futuro se podría analizar si la cantidad de paneles solares que se pueden instalar en el edificio podrían ser suficientes para solventar el consumo de energía eléctrica solamente por luminaria, ya que el consumo de luminaria es el consumo menor que contiene el edificio.
- Se determinó la factibilidad del proyecto utilizando la tecnología de Ecoblitz El Salvador, sin embargo, en el Anexo 6 se puede observar el flujo de caja del proyecto si se hubiese optado por los otros proveedores presentados en la investigación, por lo que se recomienda buscar otro proveedor que pueda cumplir con las expectativas del proyecto y que no represente pérdidas monetarias al implementarlo.
- Se recomienda realizar un estudio de capacidad y resistencia de la infraestructura (columnas y paredes del edificio) y en la estructura del techo por el sobrepeso en la carga de los paneles solares.
- Se recomienda en estudios de factibilidad futuros una factibilidad parcial en donde se obtenga energía eléctrica por medio de paneles solares y el suministro de energía convencional, con el fin de suplir el consumo de la climatización o de la luminaria, por ejemplo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DOCUMENTOS

Asamblea Legislativa, R. d. (Diciembre de 2007). LEY DE INCENTIVOS FISCALES PARA EL FOMENTO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD. *Decreto No 462*. San Salvador, El Salvador: Tomo No 377.

Carlos Cortez, E. M. (2014). *Actualización del Mapa de Radiación Solar de*. San Salvador: Ciudad Universitaria El Salvador.

Cronenberg, J. (Diciembre de 2015). Integración de Sistemas Fotovoltaicos en oficinas de bajas latitudes.

INDUSTRIAL, O. D. (s.f.). ONUDI – Manual de Producción más Limpia.

Méndez, C., Urquilla, E., & Padilla, L. (2014). *Actualización del Mapa de Radiación Solar de El Salvador*. San Salvador: Ciudad Uniersitaria, Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

Ministerio de Medio Ambiente de El Salvador, U. (2005). *Evaluación del Potencial de Energía Eólica y Solar (SWERA)*. San Salvador, El Salvador: CNE El Salvador.

Riesgos, Z. C. (2015). *Informe del Sector Eléctrico de El Salvador*. San Salvador El Salvador: Zummaratings El Salvador.

Salvador, C. N. (2019). *Energía Hidráulica*. Obtenido de <https://www.cne.gob.sv/tema/energias-renovables-2/energia-hidraulica/>

OIT (Oficina Internacional del Trabajo): *Introducción al Estudio del Trabajo*, Marzo 1997

AES CLESA GRUPO (Noviembre 2012), *Manual de Eficiencia Energética Residencial y Comercial por el Departamento de Ciencias Energéticas y Fluídicas (DCEF) de la Universidad Centroamericana “José Simeón Cañas” (UCA), para la empresa AES - El Salvador*. Antiguo Cuscatlán, El Salvador.

AES CLESA GRUPO (Actualización Diciembre 2018), *CONTRATO DE SUMINISTRO*, El Salvador.

ACOSTA Torres, Leonel (Diciembre 2009) *METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DEL CONSUMO TEÓRICO DE ENERGÍA EN EDIFICIOS UNIVERSITARIOS*, Universidad Politécnica de Catalunya.

BIBLIOGRAFÍA DIGITAL

<https://www.elsalvador.com/noticias/nacional/510872/salvadorenos-paga-la-energia-mas-cara-de-centroamerica/>

<http://www.aes-elsalvador.com/servicio-al-cliente/tarifas-vigentes/>

<http://www.aes-elsalvador.com/site/assets/files/1168/tarifas-clesa.jpg>

<https://www.cne.gob.sv/tema/energias-renovables-2/energia-solar/>

<https://www.cne.gob.sv/tema/energias-renovables-2/energia-hidraulica/>

<https://www.elsalvador.com/eldiariodehoy/la-geotermia-aporta-mas-del-20-de-la-electricidad-que-consume-el-pais/678604/2020/>

<http://www.lageo.com.sv/?lang=es>

GLOSARIO

Caja de Conexiones: Elemento donde las series de módulos fotovoltaicos son conectados eléctricamente y donde puede colocarse el dispositivo de protección, si es necesario.

Contador: El contador principal mide la energía producida (kWh) y enviada a la red, para que pueda ser facturada a la compañía a los precios autorizados. El contador secundario mide los pequeños consumos de los equipos fotovoltaicos (kWh) para descontarlos de la energía producida.

Eficiencia: En lo que respecta a células solares, es el porcentaje de energía solar que es transformada en energía eléctrica por la célula. En función de la tecnología y la producción técnica, ésta varía entre un 5% y un 30%.

Energía Renovable: Energía que utiliza los recursos inagotables de la naturaleza, como la biomasa, las radiaciones solares o el viento.

Energía Solar: Es la que llega a la Tierra en forma de radiación electromagnética (luz, calor y rayos ultravioleta principalmente) procedente del Sol, donde ha sido generada por un proceso de fusión nuclear.

Energía Eólica: Es la energía que se obtiene del viento o, dicho de otro modo, es el aprovechamiento de la energía cinética de las masas de aire que puede convertirse en energía mecánica y a partir de ella en electricidad u otras formas útiles de energía para las actividades humanas.

Estructura de soporte: Conjunto de elementos sobre los que se fijan mecánicamente los paneles fotovoltaicos para construir una planta fotovoltaica y, cuyas funciones son cargar el peso de los paneles y proporcionar una adecuada orientación e inclinación.

Fuente de corriente: sistema de funcionamiento del inversor, mediante el cual se produce una inyección de corriente alterna a la red de distribución de la compañía eléctrica.

HSP: Hora Solar Pico.

Inversor: Equipo electrónico que convierte la corriente continua generada por los paneles fotovoltaicos en corriente alterna. Es necesario para conectar una planta fotovoltaica a la red eléctrica de distribución general.

Irradiancia: es la magnitud utilizada para describir la potencia incidente por unidad de superficie de todo tipo de radiación electromagnética. En unidades del sistema internacional se mide en W/m^2 .

Irradiación: Es la energía incidente por unidad de superficie en un determinado período de tiempo y se mide en J/m^2 o kWh/m^2 . (Aunque la irradiancia y la Irradiación son magnitudes físicas distintas, coinciden numéricamente cuando la unidad de tiempo es la hora. La irradiación puede medirse por ejemplo en J/m^2 año).

Kilovatio (kW): Unidad de potencia equivalente a 1000 vatios.

Mantenimiento preventivo: Conjunto de acciones destinadas a prevenir la aparición de fallos que afecten a la producción de energía de la planta fotovoltaica.

Mantenimiento correctivo: Conjunto de acciones ejecutadas para subsanar una disfunción o fallo que afecte a la producción de energía de la planta.

Módulo fotovoltaico (MFV): Conjunto de células fotovoltaicas, generalmente construidas a base de silicio, unidas eléctricamente y encapsuladas en una sola unidad capaz de ser manipulada y conectada a un sistema de generación de energía eléctrica.

Nominal Operating Cell Temperature (NOCT): Temperatura a la que trabaja una célula en un módulo bajo las Condiciones de Operación Estándar, que son: 20° Centígrados de temperatura ambiente, irradiación de $0.8 kW/m^2$ y velocidad media del viento de $1 m/s$, con el viento orientado en paralelo al plano de la estructura y todos los lados de la estructura totalmente expuestos al viento.

Panel fotovoltaico: Ver módulo fotovoltaico.

Potencia de la instalación fotovoltaica o potencia nominal: suma de la potencia nominal de los inversores (la especificada por el fabricante) que intervienen en las tres fases de la instalación en condiciones nominales de funcionamiento.

Punto de máxima potencia de un Panel: Potencia que suministra un panel fotovoltaico cuando el producto de la tensión por la intensidad es máximo.

Radiación: es el conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el Sol. La radiación solar se distribuye desde el infrarrojo hasta el ultravioleta. No toda la radiación alcanza la superficie de la Tierra, porque las ondas ultravioletas más cortas son absorbidas por los gases de la atmósfera. La magnitud que mide la radiación solar que llega a la Tierra es la irradiancia, que mide la energía que, por unidad de tiempo y área, alcanza a la Tierra. Su unidad es el W/m^2 (vatio por metro cuadrado).

Radiación Solar: Cantidad de energía procedente del sol que se recibe en una superficie y tiempo determinados.

Sistema Aislado o Remoto: Sistema fotovoltaico autónomo, no conectado a red. Estos sistemas requieren baterías u otras formas de acumulación. Suelen utilizarse en lugares remotos o de difícil acceso.

Sistema Conectado a Red: Sistema fotovoltaico que actúa como una central generadora de electricidad, suministrando energía a la red.

Sistema Híbrido: Sistema fotovoltaico que incluye otras fuentes que generan electricidad, tales como generadores eólicos o grupos electrógenos.

UPS: es una fuente de suministro eléctrico que posee una batería con el fin de seguir dando energía a un dispositivo en el caso de interrupción eléctrica.

Vatio (W): Unidad de potencia eléctrica que equivalente a un julio por segundo.

Vatio Pico: Unidad de potencia que hace referencia al producto de la tensión por la intensidad (potencia pico) del panel fotovoltaico en unas condiciones estándares de medida (STC).

Voltaje: Anglicismo del término Tensión.

Voltio (V): Unidad de potencial eléctrico y fuerza electromotriz, equivalente a la diferencia de potencial que hay entre dos puntos de un conductor cuando al transportar entre ellos un coulomb.

ANEXOS

ANEXO 1. CENTRALES HIDROELÉCTRICAS EN EL SALVADOR

En El Salvador se distinguen 4 represas para generación de electricidad utilizando el cauce del Río Lempa, ya que es el más grande y el más atractivo para la explotación de los recursos hidráulicos en el país; la primera central hidroeléctrica fue construida entre los años 1951 a 1954 y fue llamada “Central Hidroeléctrica 5 de noviembre” en conmemoración del primer grito de independencia. Estas centrales están administradas por la Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL). Para finales del año 2012 ya se contabilizaban un total de 20 centrales hidroeléctricas con una capacidad instalada total de 487 MW, de las cuales 17 son centrales hidroeléctricas menores de 20 MW con una capacidad instalada total de 35 MW.

Tabla 32. Centrales hidroeléctricas en El Salvador

CAPACIDAD INSTALADA DE PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS					
No.	Central Generadora	Departamento Localización	Capacidad Instalada (MW)	Cantidad Unidades	Estatil/Privada
Participantes del Mercado Mayorista					
1	Guajoyo	Metapán, Santa Ana	19.800	(1×19.8)	Estatil -CEL
2	Cerrón Grande	Chalat./ Cuscatlán/ Cabañas	172.800	(2×86.4)	
3	5 de Noviembre	Cabañas/ Cuscatlán	99.400	(3×20)+(1×18)+(1×21.4)	
4	15 de Septiembre	San Vicente/ Usulután	180.000	(2×90)	
Pequeñas Centrales Hidroeléctricas					
5	Cucumacayán	Sonsonate	2.300	(1×1.4)+(1×0.9)	Estatil – CECSA
6	Río Sucio	Santa Ana	2.500	(1×2.5)	
7	Milingo	San Salvador	0.800	(2×0.4)	
8	Bululú	Sonsonate	0.700	(1×0.7)	
9	Atehuasías	Ahuachapán	0.600	(1×0.6)	
10	Cutumay Camones	Santa Ana	0.400	(1×0.4)	
11	Sonsonate	Sonsonate	0.200	(1×0.2)	
12	San Luis I	Santa Ana	0.600	(1×0.6)	
13	San Luis II	Santa Ana	0.740	(1×0.74)	
14	Nahuizalco	Sonsonate	2.800	(3×1.0)	
15	La Calera	Sonsonate	1.500	(1×1.5.0)	Privada – De Matheu y Cia.
16	Papaloate	Sonsonate	2.000	(1×2.0)	Privada – Papaloate
17	La Chacra	Morazán	0.017	(1×0.017)	Privada (autoconsumo)

18	Carolina	Morazán	0.050	(1×0.050)	Privada (autoconsumo)
19	El Junquillo	Morazán	0.010	(1×014)	Privada (autoconsumo)
20	Miracapa	Morazán	0.030	(1×034)	Privada (autoconsumo)

Fuente: Portal del Consejo Nacional de Energía (Salvador, 2019)

ANEXO 2. RESULTADOS OBTENIDOS EN LA ENCUESTA (DEL CAPÍTULO II)

1. ¿Conectas a los tomacorrientes del Edificio de Usos Múltiples algún aparato electrónico?

314 personas contestaron que Si, equivalente a un 84.8%, mientras que 56 Personas contestaron que No, que es un 15.2%.

2. ¿Cuántas horas a la semana conectas a la tomacorriente tu computador personal o Tablet?

Hora	Porcentaje	Respuestas
0	17.95%	56
1	30.76%	97
2	12.82%	40
3	7.69%	24
5	7.69%	24
6	5.13%	16
8	2.56%	8
10	10.25%	32
12	5.13%	16
	100.0%	314

3. ¿Cuántas horas a la semana conectas a la tomacorriente tu teléfono celular?

Horas	Porcentaje	Respuestas
0	12.82%	40
1	30.76%	97
2	12.82%	40
3	7.69%	24
5	10.25%	32
6	7.69%	24
8	5.13%	16
10	2.56%	8
14	2.56%	8
15	2.56%	8
20	5.13%	16
	100.0%	314

4. ¿Cuántas horas a la semana conectas a la tomacorriente tu reproductor de música?

Horas	Porcentaje	Respuestas
0	89.73%	282
3	2.56%	8
7	7.69%	24
	100.0%	314

ANEXO 3. CÁLCULO DE LA TASA SOCIAL DE DESCUENTO PARA PROYECTOS DE INVERSIÓN PÚBLICA (DEL CAPÍTULO V)

Estimación de la tasa social de descuento para proyectos ambientales

Para la estimación de la tasa social de descuento se utilizarán tanto la fórmula de Ramsey como la de Feldstein, las cuales serán designadas con los sub índices R y F, respectivamente. Dichas fórmulas, como se ha visto, son las siguientes:

$$TSD_R = \rho + \theta g \quad (6)$$

$$TSD_F = \rho + \theta g + (1-\alpha)n \quad (7)$$

Como es bien conocido, el principal problema con estas fórmulas es la determinación de los valores de ρ y θ , es decir, la tasa de preferencia por el tiempo pura y la elasticidad de la utilidad marginal del consumo.

En el caso de la tasa de preferencia por el tiempo (ρ), los estudios realizados en los países industrializados han escogido un valor entre 0.5% y 1,5%. En el caso del Reino Unido, el estudio de Pearce y Ulph (1995) empleó valores comprendidos entre 0 y 0,5%, mientras que en el de Estados Unidos, el estudio de Azar (2009) utilizó un valor de 0,5% y en el de Francia, el Comisariato del Plan (2005) utilizó 1%. Zhuang et al. (2007) en un estudio para cuatro países asiáticos (Indonesia, Japón, Malasia y Singapur) emplearon un valor de 1,5% y un estudio reciente de la Comisión Europea (2008) utiliza valores comprendidos entre 0,9% y 1%.

Para el caso de América Latina, un estudio realizado por López (2008) utiliza una tasa de 1% para los nueve países analizados, incluyendo el Perú.

Existen varias teorías para explicar la tasa de preferencia por el tiempo. La más popular está basada en la tasa de mortalidad. La idea es que cuanto mayor es la probabilidad de morir de una persona, más alto es el valor que le da al consumo presente. Sin embargo, esta tasa está afectada por los problemas de la mortalidad infantil y la edad promedio de la población. Así, por ejemplo, la mayoría de países industrializados tiene una tasa de mortalidad mayor de 1%, mientras que los países latinoamericanos suelen tener tasas entre 0,6% y 0,7%, excepto Argentina y Uruguay que tienen tasas de 0.8%. Esta menor tasa de mortalidad en América Latina se debe a que su población es más joven en promedio que la de los países industrializados.

Para fines del presente estudio utilizaremos un valor de ρ de 1%, dado que no existe evidencia de la necesidad de elegir un valor mayor o menor.

Existe mayor discrepancia respecto al valor que debe tomar la elasticidad de la utilidad marginal del consumo, θ . Esta elasticidad también mide la tasa de aversión al riesgo.

En el caso de Estados Unidos, Azar (2009) utilizó una elasticidad unitaria, mientras que en el del Reino Unido Pearce y Ulph (1995) utilizaron un valor de 1,5 y en el de Francia el Comisariato del Plan (2005) utilizó un valor de 2. Zhuang et al. (2007) en su estudio para cuatro países asiáticos utilizaron un valor de 1,3 y el estudio de la Comisión Europea empleó valores comprendidos entre 1,20 y 1,79 para los países con mayor grado de desarrollo y entre 1,12 y 1,68 para los de menor desarrollo.

En el caso de América Latina, el estudio de López estimó valores comprendidos entre 1,1 para Honduras y 1,9 para Perú, mientras que Argentina y Chile tenían un valor de 1,3, Bolivia 1,5 y Colombia 1,8. Esta elasticidad fue calculada como el cociente entre la tasa de tributación marginal efectiva y la tasa media de tributación. Este cociente mide la progresividad de la estructura impositiva de un país la cual refleja la importancia que se le da a la redistribución del ingreso. Una sociedad con carácter más redistributivo sería más adversa al riesgo que otra sociedad donde la estructura impositiva es igualitaria.

Desde esta perspectiva, se ha considerado apropiado tomar un valor de θ igual a 2. En el caso de la tasa de crecimiento del consumo per cápita, sabemos que su valor promedio en la última década ha sido de 4%.

Para probar la consistencia de estos parámetros hemos considerado la ecuación de la tasa de ahorro de equilibrio sostenido que se obtiene con el modelo de Ramsey-Cass-Koopmans, que es la siguiente²:

$$s^* = \frac{\beta(n+g+\delta)}{(\rho+\delta+\theta g)} \quad (8)$$

De acuerdo con el método de Gollier (2002a y 2002b) que es aplicado por la autoridad de planificación francesa, se construyen escenarios posibles para la evolución futura de la tasa de crecimiento del consumo per cápita. Podemos plantear 3 escenarios probables para la economía peruana: (i) escenario optimista, donde dicha variable sigue creciendo a la tasa de 4%, (ii) escenario moderado, donde dicha tasa es de 2% y (iii) escenario pesimista, donde la tasa es de 0,5%. De acuerdo con los parámetros planteados más arriba, las tasas sociales de descuento de Ramsey sería de 9%, 5% y 2% en los escenarios (i), (ii) y (iii) respectivamente. Las tasas de descuento de Feldstein serían 9,64%, 5,64% y 2,64%, respectivamente.

Si le asignamos una probabilidad de 1/3 a cada escenario y calculamos la TSD equivalente, de acuerdo con el procedimiento descrito en el cuadro N° 1, obtenemos las tasas que se muestran en el cuadro N° 2. De acuerdo con las recomendaciones de la autoridad francesa, la TSD de largo plazo se aplica solo a proyectos cuya maduración es de por lo menos 30 años.

Cuadro N° 2: Valores estimados de la tasa social de descuento según los métodos de Ramsey y Feldstein ($p_1=1/3$, $p_2=1/3$, $p_3=1/3$)

Horizonte temporal	Ramsey	Feldstein
30 años	4.26%	4.90%
50 años	3.76%	4.41%
75 años	3.34%	3.99%
100 años	3.07%	3.72%
125 años	2.88%	3.52%
150 años	2.74%	3.39%
175 años	2.64%	3.28%
200 años	2.56%	3.20%

Tal como se puede apreciar en el cuadro N° 2, las tasas sociales de descuento van descendiendo desde 4,26% hasta 2,56% cuando se aplica el método de Ramsey, y de 4,90% a 3,20% cuando se aplica el método de Feldstein. Para un mayor detalle sobre los cálculos se puede consultar los anexos N°s 3 y 4.

Para evaluar la sensibilidad de las estimaciones a los supuestos sobre los escenarios, podemos aplicar el método de Gollier a una segunda y tercera combinación de escenarios. En la segunda combinación de escenarios los supuestos son similares a los que se utilizó en Francia: la probabilidad de que el consumo per capital crezca a 4% es de 2/3 y la probabilidad de que crezca a 0,5% es de 1/3. En la tercera combinación la probabilidad de crecimiento de 2% es 1/2 mientras que las tasas de 4% y 0,5% tienen probabilidades de 1/4 cada una. Las estimaciones se muestran en el cuadro N° 3. Tal como se puede apreciar, en el cuadro N° 3, las variaciones son comparativamente pequeñas.

En síntesis, la tasa social de descuento para los proyectos cuyo tiempo de maduración es menor de 30 años sería 9% o 9,64%, de acuerdo con el método elegido, mientras para tiempos de maduración mayores se utilizarían las tasas que se muestran en el cuadro N° 2 que corresponden al conjunto de escenarios básico. La primera combinación de escenarios sería la más realista, es decir, aquella donde las tres tasas de crecimiento tienen una probabilidad de ocurrencia de 1/3.

Para una primera aplicación de la TSD para proyectos ambientales se podría aplicar un horizonte de tiempo de 100 años, el cual sería un plazo razonable para tener efectos intergeneracionales importantes en términos de reducción del calentamiento global. Esto implicaría una TSD de 3,12% o de 3,77%, dependiendo de si se utiliza el método de Ramsey o el de Feldstein. Este último método parecería ser el más apropiado, dado que está basado en supuestos más realistas en lo que respecta a la suma de las utilidades individuales.

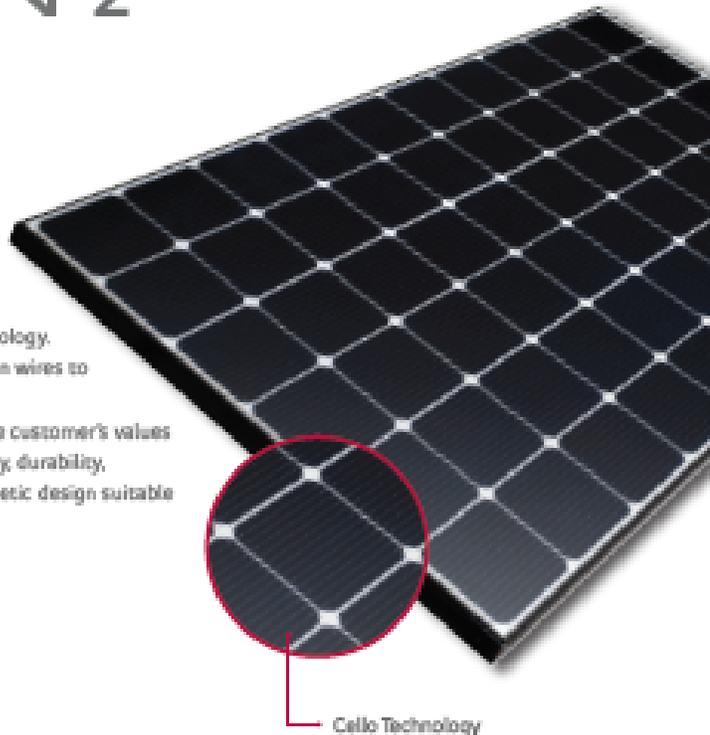
**ANEXO 4. HOJAS DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS MÓDULOS
FOTOVOLTAICOS CONSULTADOS PARA ESTE PROYECTO**

LG NeON™ 2

LG300N1C-G4

60 cell

LG's new module, NeON™ 2, adopts Cello technology. Cello technology replaces 3 busbars with 12 thin wires to enhance power output and reliability. NeON™ 2 demonstrates LG's efforts to increase customer's values beyond efficiency. It features enhanced warranty, durability, performance under real environment, and aesthetic design suitable for roofs.



Key Features



Enhanced Performance Warranty

LG NeON™ 2 has an enhanced performance warranty. The annual degradation has fallen from -0.7%/yr to -0.6%/yr. Even after 25 years, the cell guarantees 2.4% more output than the previous NeON™ modules.



High Power Output

Compared with previous models, the LG NeON™ 2 has been designed to significantly enhance its output efficiency making it efficient even in limited space.



Aesthetic Roof

LG NeON™ 2 has been designed with aesthetics in mind; thinner wires that appear all black at a distance. The product can increase the value of a property with its modern design.



Outstanding Durability

With its newly reinforced frame design, LG has extended the warranty of the NeON™ 2 for an additional 2 years. Additionally, LG NeON™ 2 can endure a front load up to 6000 Pa, and a rear load up to 5400 Pa.



Better Performance on a Sunny Day

LG NeON™ 2 now performs better on a sunny days thanks to its improved temperature coefficient.



Double-Sided Cell Structure

The rear of the cell used in LG NeON™ 2 will contribute to generation, just like the front; the light beam reflected from the rear of the module is reabsorbed to generate a great amount of additional power.

About LG Electronics

LG Electronics is a global leader, committed to expanding its operations with the solar market. The company first embarked on a solar energy research program in 1985, supported by LG Group's vast experience in the semi-conductor, LCD, chemistry, and materials industries. In 2010, LG Solar successfully released its first Mono® series to the market, which is now available in 23 countries. The NeON™ (previous Mono® NeON) and The NeON™ 2 won the "Innovator Award" in 2013 and 2015, which demonstrates LG Solar's lead, innovation and commitment to the industry.



Mechanical Properties

Cells	6 x 10
Cell Vendor	LG
Cell Type	Monocrystalline / N-type
Cell Dimensions	156.75 x 156.75 mm / 6 x 6 inch
n of Barbs	12 (Multi-Wire Busbar)
Dimensions (L x W x H)	1540 x 1000 x 40 mm
	64.57 x 39.37 x 1.57 inch
Front Load	6000 Pa / 125 psf
Rear Load	5400 Pa / 112 psf
Weight	17.0 ± 0.5 kg / 37.46 ± 1.1 lbs
Connector Type	MCA, MCA Compatible, IP67
Junction Box	IP67 with 3 Bypass Diodes
Length of Cables	2 x 1000 mm / 2 x 39.37 inch
Glass	High Transmission Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium

Certifications and Warranty

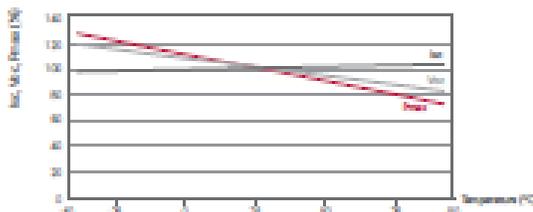
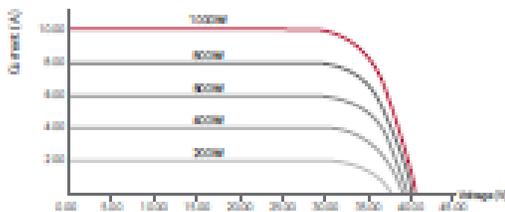
Certifications	IEC 61215, IEC 61730-1/-2, UL 1703,
	ISO 9001, IEC 62716 (Acoustic Test),
	IEC 61701 (Salt Mist Corrosion Test).
Module Fire Performance	Type 3 (UL 1703)
Product Warranty	12 Years
Output Warranty of Power	Linear Warranty*

* 1) 1st year 0%, 2) After 2nd year 0.8% annual degradation, 3) 80.8% for 25 years.

Temperature Coefficients

NOCT	46 ± 0 °C
Temp	-0.29 %/°C
Voc	-0.29 %/°C
Isc	0.03 %/°C

Characteristic Curves



Electrical Properties (STC*)

	300 W
MPP Voltage (Vmp)	32.3
MPP Current (Imp)	9.64
Open Circuit Voltage (Voc)	39.8
Short Circuit Current (Isc)	9.90
Module Efficiency (%)	18.3
Operating Temperature (°C)	-40 ~ +60
Maximum System Voltage (V)	1000
Maximum Series Fuse Rating (A)	20
Power Tolerance (%)	0 ~ +3

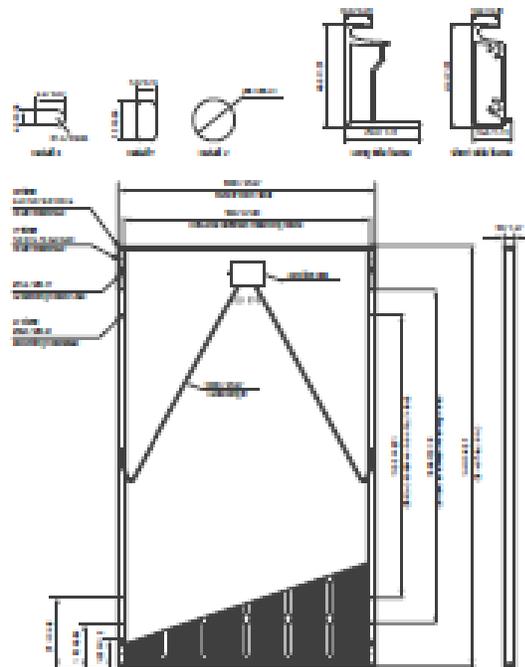
* STC (Standard Test Conditions) Irradiance 1000 W/m², Module Temperature 25 °C, AM 1.5
 * The complete power output is measured and determined by LG Electronics at its site and absolute efficiency
 * The typical change in module efficiency at 300 W/m² in relation to 1000 W/m² is -0.2%

Electrical Properties (NOCT*)

	300 W
Maximum Power (Pmp)	220
MPP Voltage (Vmp)	29.5
MPP Current (Imp)	7.45
Open Circuit Voltage (Voc)	36.9
Short Circuit Current (Isc)	7.89

* NOCT (Nominal Operating Cell Temperature) Irradiance 800 W/m², ambient temperature 20 °C, wind speed 1 m/s

Dimensions (mm / in)



* The distance between the center of the mounting/grounding holes.

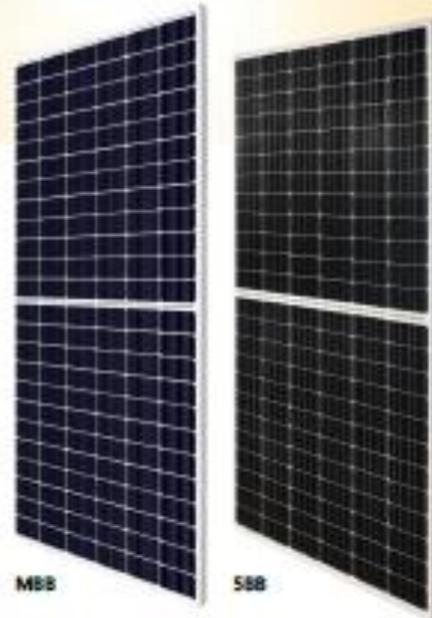


LG Electronics Inc.
 Solar Business Division
 Seoul Square 616, Hangeong-daem, Anyang-gu, Seoul 100-714, Korea
www.lg-solar.com

Product specifications are subject to change without notice.
 US-42-40-C-0-P-070-006-01

Copyright © 2015 LG Electronics. All rights reserved.
 01/09/2015





KuMax

HIGH EFFICIENCY MONO PERC MODULE
CS3U-375 | 380 | 385 | 390 | 395MS
(1000 V / 1500 V)

MORE POWER



Low power loss in cell connection



Low NIMOT: 41 ± 3 °C
Low temperature coefficient (Pmax): -0.37 % / °C



Better shading tolerance



High PTC rating of up to 93.13 %

MORE RELIABLE



Lower hot spot temperature



Minimizes micro-cracks



Heavy snow load up to 5400 Pa,
wind load up to 3600 Pa*



linear power output warranty



product warranty on materials
and workmanship

MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATES

ISO 9001:2015 / Quality management system
ISO 14001:2015 / Standards for environmental management system
OHSAS 18001:2007 / International standards for occupational health & safety

PRODUCT CERTIFICATES*

IEC 61215 / IEC 61730: VDE / CE / MCS / CEC AU
UL 1703 / IEC 61215 performance: CRC listed (US) / FSEC (US Florida)
UL 1703: CSA / IEC61701 ED2: VDE / IEC62716: VDE / IEC60068-2-68: SGS
Take-a-way

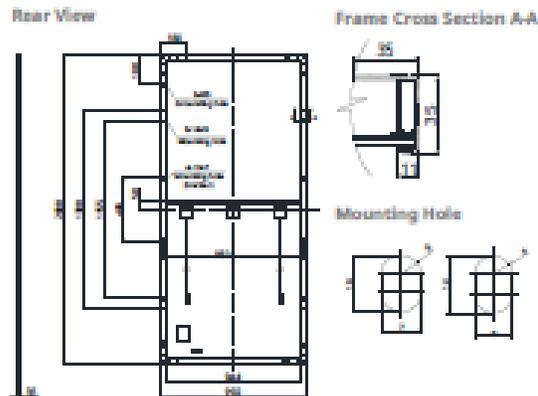


*We can provide this product with special IEC61215 specifically certified with salt mist, ammonia and sand blowing tests. Please talk to our local technical sales representatives to get your customized solutions.

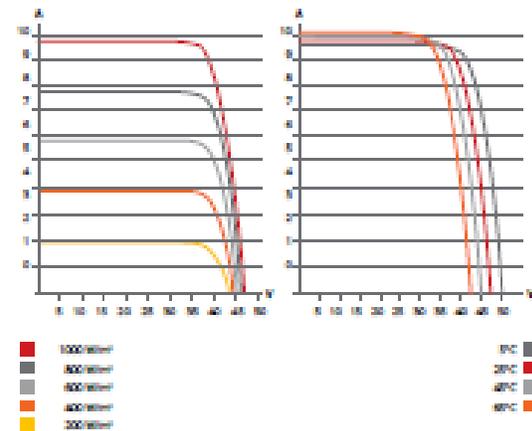
CANADIAN SOLAR INC. is committed to providing high quality solar products, solar system solutions and services to customers around the world. No. 1 module supplier for quality and performance/price ratio in IHS Module Customer Insight Survey. As a leading PV project developer and manufacturer of solar modules with over 30 GW deployed around the world since 2001.

* For detailed information, please refer to the Installation Manual.

ENGINEERING DRAWING (mm)



CS3U-375MS / I-V CURVES



ELECTRICAL DATA | STC*

CS3U	375MS	380MS	385MS	390MS	395MS
Nominal Max. Power (Pmax)	375 W	380 W	385 W	390 W	395 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	39.8 V	40.0 V	40.2 V	40.4 V	40.6 V
Opt. Operating Current (Imp)	9.43 A	9.50 A	9.58 A	9.66 A	9.73 A
Open Circuit Voltage (Voc)	47.6 V	47.8 V	48.0 V	48.2 V	48.4 V
Short Circuit Current (Isc)	9.93 A	10.01 A	10.09 A	10.17 A	10.25 A
Module Efficiency	18.90%	19.15%	19.41%	19.66%	19.91%
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C				
Max. System Voltage	1500V (IEC/UL) or 1000V (IEC/UL)				
Module Fire Performance	TYPE 1 (UL 1703) or CLASS C (IEC 61730)				
Max. Series Fuse Rating	30 A				
Application Classification	Class A				
Power Tolerance	0 ~ +5 W				

* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.

ELECTRICAL DATA | NMOI**

CS3U	375MS	380MS	385MS	390MS	395MS
Nominal Max. Power (Pmax)	280 W	284 W	287 W	291 W	295 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	36.9 V	37.1 V	37.3 V	37.5 V	37.7 V
Opt. Operating Current (Imp)	7.58 A	7.64 A	7.70 A	7.76 A	7.82 A
Open Circuit Voltage (Voc)	44.8 V	45.0 V	45.1 V	45.3 V	45.5 V
Short Circuit Current (Isc)	8.01 A	8.07 A	8.14 A	8.20 A	8.26 A

** Under Nominal Module Operating Temperature (NMOI), irradiance of 800 W/m², spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s.

MECHANICAL DATA

Specification	Data
Cell Type	Mono-crystalline
Cell Arrangement	144 [2 X (12 X 6)]
Dimensions	2000 X 992 X 35 mm (78.7 X 39.1 X 1.38 in)
Weight	22.5 kg (49.6 lbs)
Front Cover	3.2 mm tempered glass
Frame	Anodized aluminium alloy, crossbar enhanced
J-Box	IP68, 3 bypass diodes
Cable	4 mm ² (IEC), 12 AWG (UL)
Cable Length (Including Connector)	Portrait: 400 mm (15.7 in) (+) / 280 mm (11.0 in) (-); landscape: 1250 mm (49.2 in); leap-frog connection: 1670 mm (65.7 in)*
Connector	T4 series
Per Pallet	30 pieces
Per Container (40' HQ)	660 pieces

* For detailed information, please contact your local Canadian solar sales and technical representative.

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Specification	Data
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.37 % / °C
Temperature Coefficient (Voc)	-0.29 % / °C
Temperature Coefficient (Isc)	0.05 % / °C
Nominal Module Operating Temperature	41 ± 3°C

PARTNER SECTION



* The specifications and key features contained in this datasheet may deviate slightly from our actual products due to the on-going innovation and product enhancement. Canadian Solar Inc. reserves the right to make necessary adjustments to the information described herein at any time without further notice. Please be kindly advised that PV modules should be handled and installed by qualified people who have professional skills and please carefully read the safety and installation instructions before using our PV modules.

CANADIAN SOLAR INC.

545 Speedvale Avenue West, Guelph, Ontario N1K 1E5, Canada, www.canadiansolar.com, support@canadiansolar.com

Dec. 2018. All rights reserved. PV Module Product Datasheet V0.560_EH

JKM325PP-72(Plus)

310-325 Watt

POLY CRYSTALLINE MODULE

Positive power tolerance of 0/+3%

ISO9001:2008-ISO14001:2004-OHSAS18001 certified factory.
IEC61215-IEC61730 certified products.



Plus
(4BB)





KEY FEATURES

- 

4 Busbar Solar Cell:
4 busbar solar cell adopts new technology to improve the efficiency of modules, offer a better aesthetic appearance, making it perfect for rooftop installation.
- 

Extreme High efficiency module:
Through the internal nano-level reflection technology to improve the power output, Polycrystalline 72-cell module achieves a power output up to 325Wp.
- 

Anti-PID Guarantee:
Through the unique high reliability encapsulating technology to make sure the module possess anti-PID characteristics under high temperature and humidity for a long time. Have passed anti-PID test 60°C/80% RH condition for 1000h.
- 

Low-light Performance:
Advanced glass and surface texturing allow for excellent performance in low-light environments.
- 

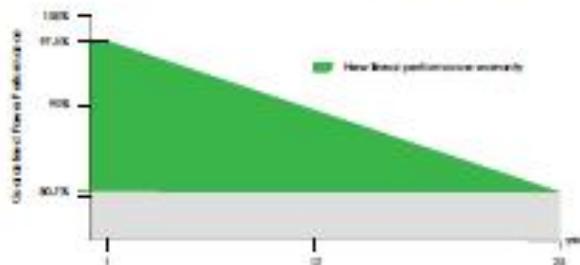
Severe Weather Resilience:
Certified to withstand wind load (2400 Pascal) and snow load (5400 Pascal).
- 

Durability against extreme environmental conditions:
High salt mist and ammonia resistance certified by TÜV NORD.
- 

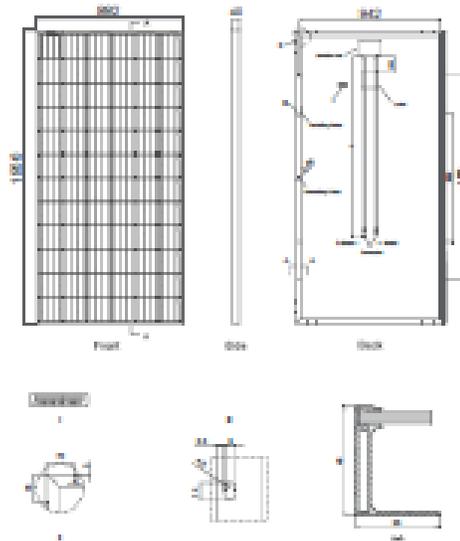
Temperature Coefficient:
Improved temperature coefficient decreases power loss during high temperatures.

LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

10 Year Product Warranty + 25 Year Linear Power Warranty



Engineering Drawings

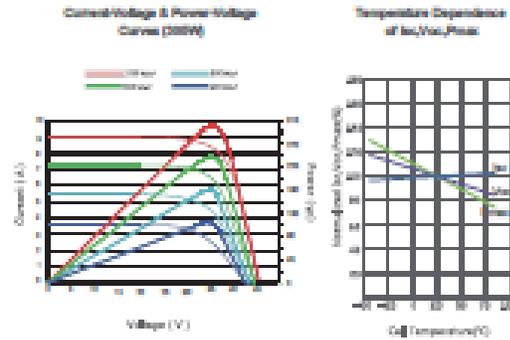


Packaging Configuration

(Two boxes = One pallet)

25pcs/box, 50pcs/pallet, 600 pcs/40HQ Container

Electrical Performance & Temperature Dependence



Mechanical Characteristics

Cell Type	Poly-crystalline	156x156mm (6 inch)
Number of cells	72 (6x12)	
Dimensions	1956x960x40mm (77.81x38.05x1.57 inch)	
Weight	26.5 kg (58.4 lbs)	
Front Glass	4.0mm, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass	
Frame	Anodized Aluminium Alloy	
Junction Box	IP67 Rated	
Output Cables	TUV1 >4.0mm ² Length: 900mm or Customized Length	

SPECIFICATIONS

Module Type	JKM10PP(Plus)		JKM15PP(Plus)		JKM20PP(Plus)		JKM25PP(Plus)	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	310Wp	331Wp	315Wp	335Wp	320Wp	338Wp	325Wp	340Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	37.2V	39.6V	37.2V	39.2V	37.4V	39.7V	37.8V	39.0V
Maximum Power Current (Imp)	8.38A	8.61A	8.48A	8.64A	8.58A	8.65A	8.65A	8.91A
Open-circuit Voltage (Voc)	45.8V	49.7V	46.2V	49.2V	46.4V	49.7V	46.7V	49.0V
Short-circuit Current (Isc)	8.96A	7.36A	9.01A	7.36A	9.05A	7.30A	9.10A	7.34A
Module Efficiency STC (%)	15.68%		16.22%		16.48%		16.72%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C							
Maximum system voltage	1000VDC (IEC)							
Maximum series fuse rating	15A							
Power tolerance	0~+3%							
Temperature coefficients of Pmax	-0.46%/°C							
Temperature coefficients of Voc	-0.30%/°C							
Temperature coefficients of Isc	0.06%/°C							
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45°C							

STC: ☀ Irradiance 1000W/m² 🌡 Cell Temperature 25°C ☁ AM=1.5

NOCT: ☀ Irradiance 800W/m² 🌡 Ambient Temperature 20°C ☁ AM=1.5 🌪 Wind Speed 1m/s

* Power measurement tolerance: ± 3%

The company reserves the final right for explanation on any of the information presented hereby. EN-MKT-325PP(Plus)_rev2015

**ANEXO 5. HOJA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL INVERSOR SOLAR
CONSULTADOS PARA ESTE PROYECTO**

SUNNY BOY 3.0 / 3.6 / 4.0 / 5.0 / 6.0 with SMA SMART CONNECTED



SB3.0-10V-11 / SB3.6-10V-11 / SB4.0-10V-11 / SB5.0-10V-11 / SB6.0-10V-11

**Intelligent service with
SMA Smart Connected**

Compact <ul style="list-style-type: none">• One-person installation due to low weight of 17.5 kg• Compact design means minimum space requirements	Easy to use <ul style="list-style-type: none">• 100% plug and play installation• Free online monitoring via Sunny Portal• Automated service thanks to SMA Smart Connected	High yields <ul style="list-style-type: none">• Use of surplus energy through dynamic active power limitation• Shade management with OptiTrac Global Peak or integrated TS4-R communication	Combinable <ul style="list-style-type: none">• Intelligent energy management and storage solutions can be added anytime• Can be combined with TS4-R components for module optimization
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

SUNNY BOY 3.0 / 3.6 / 4.0 / 5.0 / 6.0

Higher yields for private homes – intelligent solar power generation

The new Sunny Boy 3.0-6.0 ensures maximum energy yields for private homes. This inverter combines the integrated Service SMA Smart Connected service and intelligent technology for all ambient requirements. Thanks to its extremely light design, the device can be installed quickly and easily. The Sunny Boy can be commissioned quickly via smartphone or tablet thanks to its integrated web interface. For specific requirements on the roof, such as shading, the TS4-R module optimizers can be added into the system, with all communication and monitoring facilitated through the inverter. Current communication standards make the inverter future-proof, meaning intelligent energy management solutions as well as SMA storage solutions can be flexibly added anytime.

Technical data	Sunny Boy 3.0	Sunny Boy 3.6	Sunny Boy 4.0	Sunny Boy 5.0	Sunny Boy 6.0
Input [DC]					
Max. generator power	5500 Wp	5500 Wp	7500 Wp	7500 Wp	9000 Wp
Max. input voltage	600 V				
MPP voltage range	110 V to 500 V	130 V to 500 V	140 V to 500 V	175 V to 500 V	210 V to 500 V
Rated input voltage	365 V				
Min. input voltage / initial input voltage	100 V / 125 V				
Max. input current input A / input B	15 A / 15 A				
Max. input current per string input A / input B	15 A / 15 A				
Number of independent MPP inputs / strings per MPP input	2 / A2; B2				
Output [AC]					
Rated power (at 230 V, 50 Hz)	3000 W	3680 W	4000 W	5000 W ¹⁾	6000 W
Max. apparent power AC	3000 VA	3680 VA	4000 VA	5000 VA ²⁾	6000 W
Nominal AC voltage / range	230 V; 230 V; 240 V / 180 V to 280 V				
AC power frequency / range	50 Hz; 60 Hz / -5 Hz to +5 Hz				
Rated power frequency / rated grid voltage	50 Hz / 230 V				
Max. output current	16 A	16 A	22 A ³⁾	22 A ³⁾	26.1 A
Power factor at rated power	1				
Adjustable displacement power factor	0.8 overrated to 0.8 under-rated				
Feeds phases / connection phases	1 / 1				
Efficiency					
Max. efficiency / European Efficiency	97.0% / 96.4%	97.0% / 96.5%	97.0% / 96.5%	97.0% / 96.5%	97.0% / 96.6%
Protective devices					
Input-side disconnection point	●				
Ground fault monitoring / grid monitoring	● / ●				
DC reverse polarity protection / AC short-circuit current capability / physically isolated	● / ● / -				
All-pole sensitive residual-current monitoring unit	●				
Protection class (as per IEC 62103) / overvoltage category (according to IEC 60664-1)	I / II				
General data					
Dimensions W / H / D	435 mm / 470 mm / 178 mm (17.1 inches / 18.5 inches / 6.9 inches)				
Weight	17.5 kg (38.5 lb)				
Operating temperature range	-25°C to +60°C (-13°F to +140°F)				
Noise emission, typical	25 dB(A)				
Self-consumption (at night)	1.0 W				
Topology	Transformerless				
Cooling method	Convection				
Degree of protection (as per IEC 60529)	IP65				
Climate category (as per IEC 60721-3-4)	4E4H				
Max. permissible value for relative humidity (non-condensing)	100%				
Equipment					
DC connection / AC connection	SUNCONN / AC connector				
Display via smartphone, tablet, laptop	●				
Interfaces WLAN / Ethernet / RS485	● / ● / ●				
Communication protocols	Modbus (SMA, Sunspec), Webconnect, SMA Data, TS48				
Shade management OptiTrack/Global Peak / TS4-R	● / ○				
Warranty: 5 / 10 / 15 years	● / ○ / ○				
Certificates and approvals (now available upon request)	AS 4777.2, C10/11, CE, CEM 021, EN 50438, G59/34, G83/3-1, DIN EN 62109 / IEC 62109, NEN-EN50438, IECEN50438, NT_Jay20.57, ÖVE/ÖNORM E 8001-4712 & TCR D4, RFD, IPC, 801499, TR3.2.1, LTE C15-712, VDE-AR-N 4105, VDE 0126-1-1, VDE 0014				
Certificates and approvals (planned)	DWA, IEC 61737, IEC 62116, MDA, HBR16149, PEA, 504772, TR3.2.2				
Country availability of SMA Smart Connected	AU, AT, BE, CH, DE, ES, FR, IT, IL, NL, UK				
<p>● Standard features ○ Optional features – Not available Data at nominal conditions Status: December 2018</p> <p>1) 4400 W / 4400 VA according to VDE-AR-N 4105 2) AS 4777.21.7 A</p>					
Type designation	SB3.0-16W-41	SB3.6-16W-41	SB4.0-16W-41	SB5.0-16W-41	SB6.0-16W-41

**ANEXO 6. FLUJO DE CAJA AL INVERTIR EN LAS OPCIONES DE
PROVEEDORES: GREEN POWER EL SALVADOR Y SUNFIELDS EL SALVADOR**

Tabla 33 Flujo de caja, TIR y VAN al invertir en la tecnología de Green Power El Salvador

Tasa de descuento		4.26%		TIR		-9.56%	
Años	Período	Proyecto MFV	Período de Recuperación sin actualización	Flujos descontados	Período de Recuperación con flujos descontados	TIR	VAN
				Factor de descuento	Flujos		
Inversión Inicial	0	-\$ 66,212.15	-\$ 66,212.15		-\$ 66,212.15		-\$ 66,212.15
2021	1	\$ 1,031.43	-\$ 67,243.58	0.909090909	937.6636364		-\$ 65,274.49
2022	2	\$ 1,031.43	-\$ 68,275.01	0.826446281	852.4214876		-\$ 64,422.07
2023	3	\$ 1,031.43	-\$ 69,306.44	0.751314801	774.9286251		-\$ 63,647.14
2024	4	\$ 1,031.43	-\$ 70,337.87	0.683013455	704.4805683		-\$ 62,942.66
2025	5	\$ 1,031.43	-\$ 71,369.30	0.620921323	640.4368802		-\$ 62,302.22
2026	6	\$ 1,031.43	-\$ 72,400.73	0.56447393	582.2153457		-\$ 61,720.01
2027	7	\$ 1,031.43	-\$ 73,432.16	0.513158118	529.2866779		-\$ 61,190.72
2028	8	\$ 1,031.43	-\$ 74,463.59	0.46650738	481.1697072		-\$ 60,709.55
2029	9	\$ 1,031.43	-\$ 75,495.02	0.424097618	437.4270065		-\$ 60,272.12
2030	10	\$ 1,031.43	-\$ 76,526.45	0.385543289	397.660915		-\$ 59,874.46
2031	11	\$ 1,031.43	-\$ 77,557.88	0.350493899	361.5099227		-\$ 59,512.95
2032	12	-\$ 11,948.57	65,609.31	0.318630818	-3807.18263		63,320.14
2033	13	\$ 1,031.43	66,640.74	0.28966438	298.7685312		63,021.37
2034	14	\$ 1,031.43	67,672.17	0.263331254	271.6077556		62,749.76
2035	15	\$ 1,031.43	68,703.60	0.239392049	246.9161415		62,502.84
2036	16	\$ 1,031.43	69,735.03	0.217629136	224.4692195		62,278.37
2037	17	\$ 1,031.43	70,766.46	0.197844669	204.0629268		62,074.31
2038	18	\$ 1,031.43	71,797.89	0.17985879	185.5117517		61,888.80
2039	19	\$ 1,031.43	72,829.32	0.163507991	168.647047		61,720.15
2040	20	\$ 1,031.43	73,860.75	0.148643628	153.3154973		61,566.84
2041	21	\$ 1,031.43	74,892.18	0.135130571	139.3777248		61,427.46
2042	22	\$ 1,031.43	75,923.61	0.122845974	126.7070225		61,300.75
2043	23	\$ 1,031.43	76,955.04	0.111678158	115.1882023		61,185.56
2044	24	\$ 1,031.43	77,986.47	0.101525598	104.7165475		61,080.85

Fuente: Propia

Tabla 34 Flujo de caja, TIR y VAN al invertir en la tecnología de Sunfields El Salvador

Tasa de descuento		4.26%		TIR		-8.60%	
Años	Período	Proyecto MFV	Período de Recuperación sin actualización	Flujos descontados	Período de Recuperación con flujos descontados	Flujos	Flujos descontados
				Factor de descuento			
Inversión Inicial	0	-\$ 63,175.87	-\$ 63,175.87		-\$ 63,175.87	-\$ 63,175.87	63,175.87
2021	1	\$ 1,031.43	-\$ 64,207.30	0.909090909	-\$ 63,175.87	937.6636364	62,238.20
2022	2	\$ 1,031.43	-\$ 65,238.73	0.826446281	-\$ 63,175.87	852.4214876	61,385.78
2023	3	\$ 1,031.43	-\$ 66,270.16	0.751314801	-\$ 63,175.87	774.9286251	60,610.85
2024	4	\$ 1,031.43	-\$ 67,301.59	0.683013455	-\$ 63,175.87	704.4805683	59,906.37
2025	5	\$ 1,031.43	-\$ 68,333.02	0.620921323	-\$ 63,175.87	640.4368802	59,265.94
2026	6	\$ 1,031.43	-\$ 69,364.45	0.56447393	-\$ 63,175.87	582.2153457	58,683.72
2027	7	\$ 1,031.43	-\$ 70,395.88	0.513158118	-\$ 63,175.87	529.2866779	58,154.43
2028	8	\$ 1,031.43	-\$ 71,427.31	0.46650738	-\$ 63,175.87	481.1697072	57,673.26
2029	9	\$ 1,031.43	-\$ 72,458.74	0.424097618	-\$ 63,175.87	437.4270065	57,235.84
2030	10	\$ 1,031.43	-\$ 73,490.17	0.385543289	-\$ 63,175.87	397.660915	56,838.18
2031	11	\$ 1,031.43	-\$ 74,521.60	0.350493899	-\$ 63,175.87	361.5099227	56,476.67
2032	12	-\$ 8,703.57	65,818.03	0.318630818	65,818.03	-2773.225626	59,249.89
2033	13	\$ 1,031.43	66,849.46	0.28966438	66,849.46	298.7685312	58,951.12
2034	14	\$ 1,031.43	67,880.89	0.263331254	67,880.89	271.6077556	58,679.52
2035	15	\$ 1,031.43	68,912.32	0.239392049	68,912.32	246.9161415	58,432.60
2036	16	\$ 1,031.43	69,943.75	0.217629136	69,943.75	224.4692195	58,208.13
2037	17	\$ 1,031.43	70,975.18	0.197844669	70,975.18	204.0629268	58,004.07
2038	18	\$ 1,031.43	72,006.61	0.17985879	72,006.61	185.5117517	57,818.56
2039	19	\$ 1,031.43	73,038.04	0.163507991	73,038.04	168.647047	57,649.91
2040	20	\$ 1,031.43	74,069.47	0.148643628	74,069.47	153.3154973	57,496.59
2041	21	\$ 1,031.43	75,100.90	0.135130571	75,100.90	139.3777248	57,357.21
2042	22	\$ 1,031.43	76,132.33	0.122845974	76,132.33	126.7070225	57,230.51
2043	23	\$ 1,031.43	77,163.76	0.111678158	77,163.76	115.1882023	57,115.32
2044	24	\$ 1,031.43	78,195.19	0.101525598	78,195.19	104.7165475	57,010.60

Fuente: Propia

ANEXO 7. CONSUMO DE ENERGÍA MENSUAL EN KW DE LOS AÑOS 2016 AL 2018 DEL EDIFICIO DE USOS MÚLTIPLES.

Tabla 35. Facturación mensual (años 2016 – 2018) de Energía Eléctrica de la FMOcc

Año	Mes	Demanda en kW		Consumo de Energía Eléctrica en kW				Factor de Potencia
		Máxima	Suministrada	Resto	Punta	Valle	Total	
2016	Enero	15	15	5893	2388	2743	11054	0.628
	Febrero	91	91	12243	3200	3150	18775	0.744
	Marzo	168	168	23165	5588	3353	32442	0.818
	Abril	168	168	22301	5639	3454	31730	0.785
	Mayo	173	173	30587	7203	3861	41997	0.798
	Junio	173	173	31237	6462	3861	41906	0.836
	Julio	168	168	26365	5588	3962	36251	0.839
	Agosto	142	142	17272	4420	4064	26040	0.801
	Septiembre	162	162	28700	6082	3916	39022	0.834
	Octubre	165	165	28344	6375	4107	39156	0.835
	Noviembre	158	158	25839	6121	3949	36225	0.839
	Diciembre	157	157	27340	5725	3806	37185	0.834
2017	Enero	46	46	7080	2386	2727	12285	0.673
	Febrero	120	120	15412	3395	3174	22221	0.778
	Marzo	163	163	25608	5899	3700	35533	0.82
	Abril	170	170	26035	6264	3813	36452	0.814
	Mayo	175	175	27681	6621	3830	38482	0.821
	Junio	172	172	30277	6961	4230	41812	0.828
	Julio	160	160	24791	5195	3780	34086	0.819
	Agosto	147	147	19167	4215	3718	27394	0.786
	Septiembre	161	161	30326	6012	3806	40466	0.814
	Octubre	166	166	29601	6305	3997	40235	0.815
	Noviembre	161	161	28943	6051	3838	39154	0.819
	Diciembre	159	159	26980	6654	3696	37648	0.814
2018	Enero	47	47	7091	2389	3090	12664	0.664
	Febrero	120	120	15433	3500	3245	22418	0.789
	Marzo	163	163	26030	5789	3987	36132	0.83
	Abril	172	172	27089	6321	4012	37766	0.821
	Mayo	175	175	30180	6690	4567	41787	0.816
	Junio	175	175	25394	6910	4090	36744	0.846
	Julio	165	165	25333	5800	3991	35454	0.832
	Agosto	147	147	20843	5012	3861	30010	0.871
	Septiembre	160	160	30654	6890	3906	41770	0.864
	Octubre	163	163	28311	6789	4200	39626	0.815
	Noviembre	161	161	27390	6008	3749	37469	0.819
	Diciembre	159	159	26877	6766	3512	37473	0.812

Fuente: AES CLESA, El Salvador.