

**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

SISTEMA DE POSGRADO

**MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGIA RENOVABLE Y
EFICIENCIA ENERGETICA**

TEMA:

Análisis de un sistema Fotovoltaico para Templo Mormón ubicado en Monte Sinaí

AUTOR:

Izurieta Valdivieso Henry Antonino

Trabajo de Titulación previo a la obtención del Grado Académico de

**MAGISTER EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGÍA RENOVABLE Y
EFICIENCIA ENERGÉTICA**

TUTOR:

Ing. Bohórquez Escobar Celso Bayardo, Ph.D.

Guayaquil, 30 de julio de 2025



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

SISTEMA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGIA RENOVABLE Y
EFICIENCIA ENERGETICA

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Izurieta Valdivieso Henry Antonino**, como requerimiento para la obtención del título de **Magister en electricidad con mención en energías renovables y eficiencia energética**.

TUTOR

f. _____

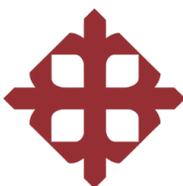
Ing. Bayardo Bohórquez Escobar, Ph.D.

DIRECTOR DEL PROGRAMA

f. _____

Ing. Bayardo Bohórquez Escobar, Ph.D.

Guayaquil, 30 de julio de 2025



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

SISTEMA DE POSGRADO

**MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGIA RENOVABLE Y
EFICIENCIA ENERGETICA**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Izurieta Valdivieso Henry Antonino**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, “**ANÁLISIS DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA TEMPLO MORMÓN UBICADO EN MONTE SINAI**”, previo a la obtención del título de **Master en Electricidad**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

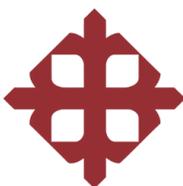
En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, 30 de julio de 2025

EL AUTOR

f. _____

Izurieta Valdivieso Henry Antonino



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGIA RENOVABLE Y
EFICIENCIA ENERGETICA**

AUTORIZACIÓN

Yo, Izurieta Valdivieso Henry Antonino

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **“ANÁLISIS DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA TEMPLO MORMÓN UBICADO EN MONTE SINAÍ”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, 30 de julio de 2025

EL AUTOR:

f. _____

Izurieta Valdivieso Henry Antonino

INFORME DE COMPILATIO



Certifico que después de revisar el documento final del trabajo de titulación “ANÁLISIS DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA TEMPLO MORMÓN UBICADO EN MONTE SINAI”, presentado por el Ing. Henry Antonino Izurieta Valdivieso, fue enviado al Sistema Anti plagio Compilatio, presentando un porcentaje de similitud correspondiente al 2%.

f. _____

Ing. Bohórquez Escobar Celso Bayardo Ph.D.

Dedicatoria

Quiero dedicar esta tesis a mi familia, los que están, los que estuvieron y los que no llegaron a estar para ver este logro obtenido. A todos los que me incentivaron a crecer, mejorar y esforzarme mas todos los días.

Agradecimientos

Agradezco a Dios por permitirme llegar tan lejos, a la Universidad Católica por toda su capacidad de formación, al director de postgrado por su arduo trabajo organizando cada una de las clases, a los docentes que nos inculcaron todo su conocimiento en cada sesión de estudio, a mi tutor que me supo guiar al elaborar este trabajo de titulación.



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD ENERGÍAS RENOVABLES Y EFICIENCIA
ENERGÉTICA

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

Ing. Bayardo Bohórquez Escobar, Ph.D.

DIRECTOR DEL PROGRAMA

f. _____

Ing. Ricardo Ubilla González, MSc

REVISOR

f. _____

Ing. Daniel Bohórquez Escobar, MSc.

REVISOR

f. _____

Ing. Bayardo Bohórquez Escobar, Ph.D.

TUTOR

ÍNDICE

Capítulo 1: Aspectos Generales	3
1.1 Justificación del Problema.....	3
1.2 Planteamiento del Problema	3
1.3 Objetivos de la Investigación.....	4
1.3.1 Objetivo General	4
1.3.2 Objetivos Específicos.....	4
1.4 Hipótesis de la Investigación	4
1.5 Materiales y Métodos	4
1.6 Metodología de la investigación.....	5
Capítulo 2: Marco teórico	6
2.1 ENERGÍAS RENOVABLES	6
2.2 ENERGÍA HIDRAULICA.....	7
2.3 BIOMASA.....	8
2.4 ENERGÍA MAREOMOTRIZ.....	9
2.5 ENERGÍA EOLICA	11
2.6 ENERGÍA GEOTERMICA	12
2.7 ENERGÍA SOLAR.....	13
2.8 Energía Solar Foto Voltaica.....	15
2.8.1 Celdas Fotovoltaicas	18
2.8.2 Tipos de Celdas Fotovoltaicas.....	19
2.8.3 Módulos fotovoltaicos.....	22
2.8.4 Paneles solares fotovoltaicos.....	23
2.8.5 Estructura del panel solar fotovoltaico.....	24
2.8.6 Tipos de paneles solares	26
2.8.7 Características de los paneles fotovoltaicos	30
2.8.8 Conexión de los paneles solares.....	31

2.8.9	Conexión en paralelo de módulos fotovoltaicos	31
2.8.10	Conexión en serie de módulos fotovoltaicos.....	32
2.8.11	Conexión en serie/paralelo (Mixto) de módulos fotovoltaicos	33
2.8.12	Energía Fotovoltaica en Ecuador	34
2.8.13	Fuente de energía.....	35
2.8.14	Radiación solar	37
2.8.15	Tipos de radiación	38
2.8.16	Irradiación sobre el panel Fotovoltaico	39
2.8.17	Acimut	39
2.8.18	Angulo de inclinación	40
2.8.19	Baterías de los sistemas solares fotovoltaicos	41
2.8.20	Tipos de baterías.....	47
2.8.21	Bancos de baterías	55
2.8.22	Regulador de Carga.....	58
2.8.23	Regulador en paralelo o SHUNT	59
2.8.24	Regulador en serie	60
2.8.25	Inversor.....	62
2.8.26	Tipos de inversores.....	66
2.8.27	Cableado en DC	69
2.8.28	Cableado en AC	70
2.8.29	Estructura de soporte	71
2.8.30	Elementos de protección eléctrica.....	72
2.8.31	Puesta a tierra	74
2.8.32	Tipos de Sistemas fotovoltaicos	75
Capítulo 3: Dimensionamiento del sistema fotovoltaico		79
3.1	Introducción.....	79
3.2	Ubicación.....	79

3.3	Demanda.....	81
3.4	Área de instalación de paneles solares fotovoltaicos.....	85
3.5	Área de instalación de equipos de control y acumuladores.....	87
3.6	Estudio de sombras.....	89
3.7	Selección de paneles solares.....	92
3.8	Orientación e inclinación de paneles fotovoltaicos.....	95
3.9	Distancia entre paneles.....	95
3.10	Cálculo de conductores para DC PV.....	98
3.11	Cálculo de conductores para DC Baterías.....	98
3.12	Cálculo de conductores para AC.....	99
3.13	Calculo para Selección de inversores.....	101
3.14	Disposición de tableros para su instalación.....	103
3.15	Calculo para selección de baterías.....	104
3.16	Diagrama unifilar.....	106
CAPITULO IV.....		109
4.1	Análisis de resultados.....	109

INDICE DE FIGURAS

Figura #1.- Diagrama de una central hidráulica.....	7
Figura #2.- Diagrama de trabajo de un sistema de biomasa.....	8
Figura #3.- Energía mareomotriz	10
Figura #4.- Partes de un generador eólico.....	11
Figura #5.- Energía geotérmica.....	12
Figura #6.- Energía solar fotovoltaica.....	13
Figura #7.- Celdas solares	18
Figura #8.- Celda monocristalina	19
Figura #9.- Celda policristalina.....	20
Figura #10.- Celda capa fina	21
Figura #11.- Celda amorfa	21
Figura #12.- Panel solar fotovoltaico	23
Figura #13.- Partes de panel solar	24
Figura #14.- Panel solar térmico	26
Figura #15.- Conexión en paralelo.....	31
Figura #16.- Conexión en serie	32
Figura #17.- Conexión mixta	32
Figura #18.- Irradiación solar en Ecuador durante 1999 a 2018.....	35
Figura #19.- Tipos de radiación	36
Figura #20 Gráfico de inclinación y acimut.....	39
Figura #21.- Batería de plomo – ácido.....	46

Figura #22.- Batería de plomo – acido abiertas	47
Figura #23.- Batería de plomo – acido con válvula regulada.....	48
Figura #24 Batería alcalina	48
Figura #25.- Batería de ion-litio.....	50
Figura #26.- Batería de Gel.....	51
Figura #27.- Batería AGM	52
Figura #28.- Banco de baterías de un sistema fotovoltaico.....	53
Figura #29.- Conexión en serie de baterías	54
Figura #30.- Conexión en paralelo de baterías.....	55
Figura #31.- Conexión combinada serie – paralelo.....	56
Figura #32.- Regulador de carga	56
Figura #33.- Regulador tipo shunt o paralelo.....	57
Figura #34.- Regulador tipo serie.....	58
Figura #35.- Inversor solar	61
Figura #36.- Inversor solar de conmutación natural	64
Figura #37.- Inversor solar de conmutación forzada.....	66
Figura #38.- Caleado UF.....	67
Figura #39.- Cableado THHN/THW.....	68
Figura #40.- Soporte para panel solar de aluminio	69
Figura #41.- Breaker termomagnético	70
Figura #42.- Sistema de varilla puesta a tierra	72
Figura #43.- Sistema solar fotovoltaico conectado a la red	74
Figura #44.- Sistema solar fotovoltaico autónomo	75

Figura #45.- Sistema Solar fotovoltaico hibrido con sistema eólico	76
Figura #46.- Terreno donde se construirá el Templo Mormón Monte Sinaí	78
Figura #47.- Ubicación en mapa del proyecto Templo Mormón Monte Sinaí	78
Figura #48.- Orientación del proyecto Templo Mormón Monte Sinaí	79
Figura #49.- Área disponible para instalación de los paneles Solares	84
Figura #50.- Alturas de trabajo de paneles solares fotovoltaicos.....	85
Figura #51.- Ubicación de cuarto eléctrico para sistema solar fotovoltaico	86
Figura #52.- Cuarto de equipos solares fotovoltaicos	87
Figura #53.- Orientación e inclinación de paneles solares.....	94
Figura #54.- Distancia mínima entre paneles.....	95
Figura #55.- Cable Solar Fotovoltaico Electro cables.....	98
Figura #56.- Cable Ultraflex	100
Figura #57.- Inversor EverExceed SP30HBG2 Trifásico	101
Figura #58.- Clúster de batería a utilizar.....	103
Figura #59.- Diagrama unifilar.....	103

INDICE DE TABLAS

Tabla #1.- <i>Factor de forma</i>	21
Tabla #2.- <i>Número centrales y potencia efectiva con fuentes de energía renovable</i>	32
Tabla #3.- <i>Características del sol</i>	34
Tabla #4.- <i>Cuadro de carga Bloque #1</i>	79
Tabla #5.- <i>Cuadro de carga exteriores</i>	79
Tabla #6.- <i>Cuadro de carga Salón Sacramental</i>	80
Tabla #7.- <i>Cuadro de carga acondicionadores de aire</i>	81
Tabla #8.- <i>Cuadro de carga total</i>	82
Tabla #9.- <i>Irradiación solar en el sitio a instalar el sistema solar fotovoltaico</i>	88
Tabla #10.- <i>Incidencia Solar durante el día</i>	88
Tabla #11.- <i>Incidencia solar sobre los paneles solares FV mensualmente</i>	89
Tabla #12.- <i>Producción de kWh por parte de los paneles solares fotovoltaicos</i>	89
Tabla #13.- <i>Parámetros establecidos para la simulación y estudio</i>	89
Tabla #14.- <i>Capacidad de producción de electricidad del SFV</i>	90
Tabla #15.- <i>Rendimiento de sistema solar fotovoltaico a lo largo del año</i>	90
Tabla #16.- <i>Características de panel solar fotovoltaico a instalar</i>	92
Tabla #17.- <i>Curva de eficiencia de Inversor Solar</i>	100
Tabla #18.- <i>Presupuesto Sistema Solar Fotovoltaico</i>	107
Tabla #19.- <i>Producción Solar Mensual en invierno</i>	108
Tabla #20.- <i>Producción Solar Mensual en verano</i>	108
Tabla #21.- <i>Ahorro económico mensual en invierno</i>	109
Tabla #22.- <i>Ahorro económico mensual en verano</i>	109

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación #2.1.- <i>Angulo de inclinación del panel solar</i>	40
Ecuación #3.1.- <i>Altura máxima de obstáculo</i>	97
Ecuación #3.2.- <i>Coeficiente k en base a la latitud</i>	97
Ecuación #3.3.- <i>Distancia entre paneles</i>	98
Ecuación #3.4.- <i>Corriente máxima entre baterías e inversor</i>	99
Ecuación #3.5.- <i>Corriente máxima por fase</i>	100
Ecuación #3.6.- <i>Corriente máxima por fase para definir conductor</i>	100
Ecuación #3.7.- <i>Cantidad de energía almacenada en cada celda</i>	105
Ecuación #3.8.- <i>Cantidad de energía almacenada requerida</i>	105
Ecuación #3.9.- <i>Cantidad de Baterías</i>	105

RESUMEN

El presente trabajo de titulación comprende el estudio completo, considerando todos los cálculos técnicos y financieros para realizar un proyecto solar fotovoltaico híbrido de 60 KW trifásico para una iglesia mormona ubicada en Monte Sinaí. Se estudian las diferentes tecnologías para la captación, transformación y almacenamiento de la energía solar. Se analizan los paneles solares, los inversores y las baterías, que son los elementos principales que conforman el sistema solar fotovoltaico. Se realiza un levantamiento inicial de toda la carga eléctrica en la iglesia, así como de la radiación solar y su estudio de sombras. Se presentan precios con base en el requerimiento exacto, la inversión completa, la amortización y los tiempos de entrega para contar con toda la información al momento de realizar la inversión. Finalmente, se incluye la garantía que tendrá el proyecto y las recomendaciones del mismo.

Palabras claves: Paneles solares, sistema solar fotovoltaico, baterías, inversor solar, generación solar, trifásico, conductores, sol.

ABSTRACT

The present thesis includes the complete study, considering all the technical and financial calculations to complete a hybrid photovoltaic solar project of 60 KW triphasic for a Mormon church on Monte Sinai. The different technologies were investigated in order to study the catchment, transformation and storage of the solar energy. The solar panels, power inverters and batteries were studied as main elements of the photovoltaic solar system. All the electric information of the church is taken, also the radiation and shadows studies. Prices are given according to the requirements, total investment, the amortization and delivery times, in order to have all the information before invest on it. Finally, the details of the warranty of the project y recommendations of it.

Keywords: Solar Panels, Photovoltaic system, batteries, solar inverter, solar generation, triphasic, wires, sun.

INTRODUCCIÓN

El uso de los combustibles fósiles en la actualidad sigue siendo un problema para la generación de energía, es una práctica que debe ser reducida en los próximos años por el bien del planeta, la salud y la seguridad de las personas. Los problemas ambientales que enfrentamos se evidencian cada día más, así como las consecuencias geológicas que conlleva el remover estos elementos fósiles de la corteza terrestre.

La búsqueda de nuevas alternativas de energía siempre ha sido y será necesaria para optimizar recursos y obtener energía de forma más eficiente. Sin embargo, existen diversas razones sociales, económicas y políticas que no permiten desarrollar estas tecnologías al máximo en gran parte del planeta.

El motivo de esta tesis es identificar las diferentes variables requeridas para la implementación de un Sistema Solar Fotovoltaico con el fin de diseñarlo y ofrecer una alternativa de energía sustentable e ilimitada para su aprovechamiento durante el día.

Capítulo 1: Aspectos Generales

1.1 Justificación del Problema

El elevado costo de energía eléctrica en Ecuador y el calentamiento global nos tiene en busca de alternativas, por lo que cada consumidor de energía debe buscar formas de optimizar los recursos naturales. Adicionalmente, para tener autonomía de las fuentes de energía estatales.

Contar con información fácil de entender para profesionales de la electricidad permitirá que la implementación de energía solar en lugares pequeños y medianos sea más viable, guiando para poder realizar los análisis técnicos y estudios económicos necesarios para los sistemas solares fotovoltaicos.

Eliminar paradigmas que implementar paneles solares son inversiones a largo plazo y recordar que pueden ser una fuente ilimitada de energía.

1.2 Planteamiento del Problema

Analizar una alternativa de energía limpia que permita reducir los costos de electricidad contando con un respaldo en caso de corte de fluido eléctrico por cualquier motivo. Se depende en su totalidad de la energía producida por la empresa pública, no tenemos alternativas para contar con un proveedor diferente de electricidad, lo que nos lleva a estar en un monopolio que nos conlleva a tener un servicio limitado y dependiente.

Es común la reducción de generación eléctrica en Ecuador por ser dependientes en su gran mayoría de la energía hidráulica. En el año 2024 se tuvo racionamientos de energía de hasta 16 horas por falta de generación por un periodo de 3 meses aproximadamente. En general las personas con un estilo de vida medio no quisieran tener que vivir cortes de energía tan prolongados por problemas económicos, de seguridad y comodidad.

Se buscará realizar cálculos para determinar el costo mínimo para la implementación de un sistema solar fotovoltaico para una iglesia, que se puede replicar en condominios o departamentos a nivel de toda la región.

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

Evaluar la factibilidad y el diseño de un sistema Fotovoltaico para el templo mormón a construirse en Monte Sinaí.

1.3.2 Objetivos Específicos

Determinar la carga máxima del templo para dimensionar el sistema fotovoltaico correctamente.

Identificar la disponibilidad de espacio físico para la instalación de los módulos fotovoltaicos.

Evaluar la irradiancia solar disponible en el edificio para evaluar la viabilidad técnica del proyecto.

Realizar un análisis técnico-económico del sistema propuesto, incluyendo la evaluación de la inversión inicial, los costos operativos y el cálculo del tiempo de retorno de la inversión.

1.4 Hipótesis de la Investigación

Determinar si es factible sustentar el consumo eléctrico del templo mormón con un sistema Solar Fotovoltaico mediante la elaboración de un proyecto completo

1.5 Materiales y Métodos

Se utilizarán varios materiales para verificar la hipótesis, para esto se tomarán los cuadros de carga y demanda del templo, con la finalidad de determinar los consumos máximos y poder dimensionar los paneles fotovoltaicos.

También se utilizarán equipos de medición de longitud para determinar la distancia requerida para la instalación de los paneles y encontrar la mejor ubicación física, esto junto con el estudio de la incidencia solar, al estar cercanos a cerros que puedan tener injerencia sobre la capacidad solar que puede recibir los paneles.

Se utilizará el método cuantitativo para poder realizar este trabajo, por el motivo que se utilizaran varios conceptos conocidos y existentes, para poder determinar la factibilidad al momento desconocida del proyecto, así como mediciones varias y estudios para determinar la factibilidad del proyecto.

1.6 Metodología de la investigación

Realizar un estudio de la irradiancia solar en el lugar de trabajo, este nos permitirá analizar la factibilidad o viabilidad del proyecto solar fotovoltaico.

Determinar la demanda de energía necesaria para que funcione con normalidad el templo mormón en todas sus jornadas y en casos de emergencia.

Cotizar los equipos más adecuados en un enfoque calidad/precio para optimizar recursos y extender la vida útil.

Capítulo 2: Marco teórico

2.1 ENERGÍAS RENOVABLES

Las energías renovables son las fuentes de energía prácticamente ilimitadas. Estas nos permiten utilizar una amplia cantidad de recursos entregados de forma gratuita, únicamente se debe buscar la forma correcta de canalizarla para el beneficio común.

Esta energía tiene el potencial de suplir de energía a todo el planeta, sin necesidad de utilizar los combustibles fósiles. Este tipo de energía también podrá satisfacer los requisitos energéticos futuros del constante crecimiento poblacional.

Un desarrollo de energía sostenible generalmente involucra cuatro aspectos tecnológicos principales: una mejora de la eficiencia de la producción de energía, un programa de ahorro de energía (en el lado de la demanda) y la sustitución de tecnologías de combustibles fósiles por fuentes de energías renovables con el beneficio de un entorno ambiental mucho mejor. Los proyectos de energías renovables de mediana a gran escala deben contener estrategias sostenibles adecuadas para una mejor integración de estas fuentes en sistemas de energía simples y complejos, lo que tendrá un impacto en el ahorro de energía primaria y las medidas de eficiencia (Santoyo, Best y López de Haro, 2015)

Las energías renovables son:

- Energía Hidráulica
- Biomasa
- Energía Mareomotriz
- Energía Eólica
- Energía Geotérmica
- Energía Solar

2.2 ENERGIA HIDRAULICA

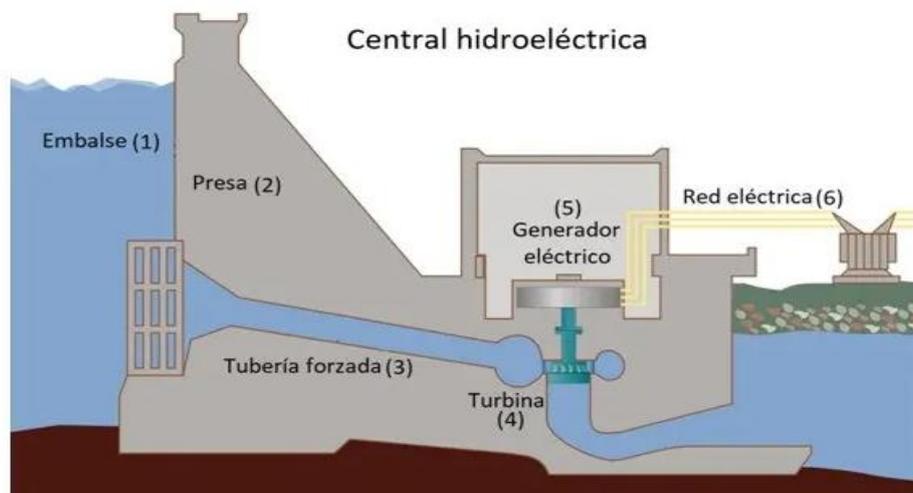
Es la energía proveniente de la energía cinética y potencial del agua. Con su correcto uso se convierte en una energía completamente limpia y renovable, además si se aprovecha bien, el impacto al medio ambiente puede ser mínimo. (Véase figura #1)

Esta energía cinética y potencial es convertida por medio de paletas en energía mecánica y posterior por medio de un generador se transforma en energía eléctrica.

(Coluccio Leskow,2025)

Figura #1.-

Diagrama de una central hidráulica



Fuente: ingeoexpert.com (2019)

Ventajas de la energía hidráulica

- Es una energía renovable
- La más usada a nivel mundial por su costo de operación y mantenimiento
- Su impacto ambiental no es muy alto
- Produce grandes cantidades de energía en poco espacio de operación
- Larga vida útil

Desventajas de la energía hidráulica

- Construcción del embalse destruye las áreas aledañas

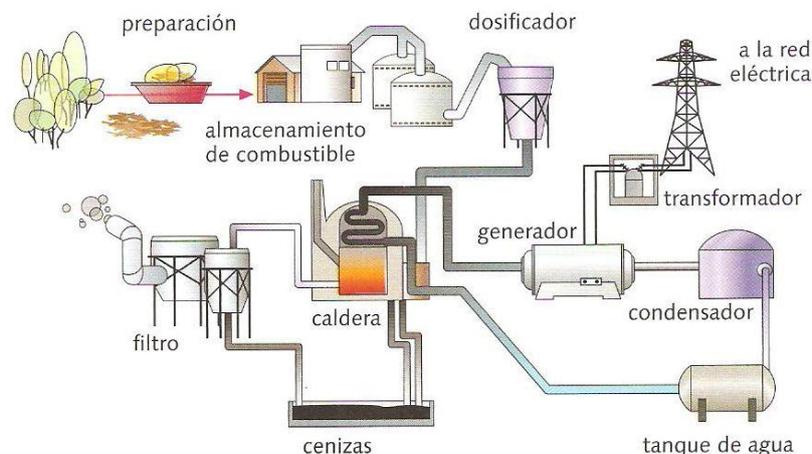
- Destrucción de ecosistemas acuáticos
- Daño en ríos

2.3 BIOMASA

Se conoce como toda sustancia orgánica reutilizable que tenga origen animal o vegetal. Esta energía no es más que la acumulación de energía de los seres vivos. Todos los desechos se pueden reutilizar para entregar energía de otra manera. La principal clasificación es: biomasa natural, biomasa residual seca, biomasa residual húmeda y cultivos energéticos. (Véase figura #2)

Figura #2.-

Diagrama de trabajo de un sistema de biomasa



Fuente: technology-alex.blogspot.com (2016)

Biomasa natural

Esta se produce sin intervención del ser humano. El mayor problema es el desplazamiento de la materia prima hasta la ubicación donde va a ser utilizada.

Biomasa residual

Se produce en base a los residuos residuales de la agricultura, ganadería, bosques y agroalimentaria. La residual seca puede ser el aserrín, las cascaras de frutos secos, árboles frutales, etc. La residual húmeda se considera a los vertederos

biodegradables, como las aguas residuales urbanas e industriales y los residuos de la ganadería.

Cultivos energéticos

Son los generados con la finalidad de producir biomasa transformable en combustible.

La división es la siguiente:

- Cultivos ya existentes como los cereales, oleaginosas, remolacha, etc.
- Lignocelulósicos forestales
- Lignocelulósicos herbáceos
- Otros cultivos

Ventajas

- Reducción de emisiones de CO₂
- Optimización de recursos que serían generalmente desecho
- Evita el uso de combustibles fósiles
- Rentable y asequible

Desventajas

- La transformación a energía utilizable tiene un mayor costo que la proveniente de combustibles fósiles
- Menor cantidad de energía para transformar que los combustibles fósiles
- Su producción no es constante sino por estaciones
- Alto volumen de almacenamiento

2.4 ENERGIA MAREOMOTRIZ

Se conoce como la energía obtenida a base de los movimientos del agua por medio de las mareas de los océanos. Por medio de la diferencia de alturas del agua,

esto puede aprovecharse por medio de partes móviles en el movimiento natural ascendente o descendente del agua.

Para aprovechar la energía cinética de las corrientes marinas, se debe acoplar un generador, y con esto se podrá obtener energía eléctrica de una forma limpia.

(Véase figura #3)

Figura #3.-

Energía mareomotriz.



Fuente: ecologiaverde.com (2024)

Ventajas

- Energía limpia
- No afecta al medio ambiente
- No emite contaminación
- No afecta a la población
- Disponible todo el tiempo

Desventajas

- Impacto visual medio
- Depende de las mareas
- No se puede colocar en todas las costas

- Efecto negativo a la flora y fauna marítima
- Limita el uso del mar a la generación

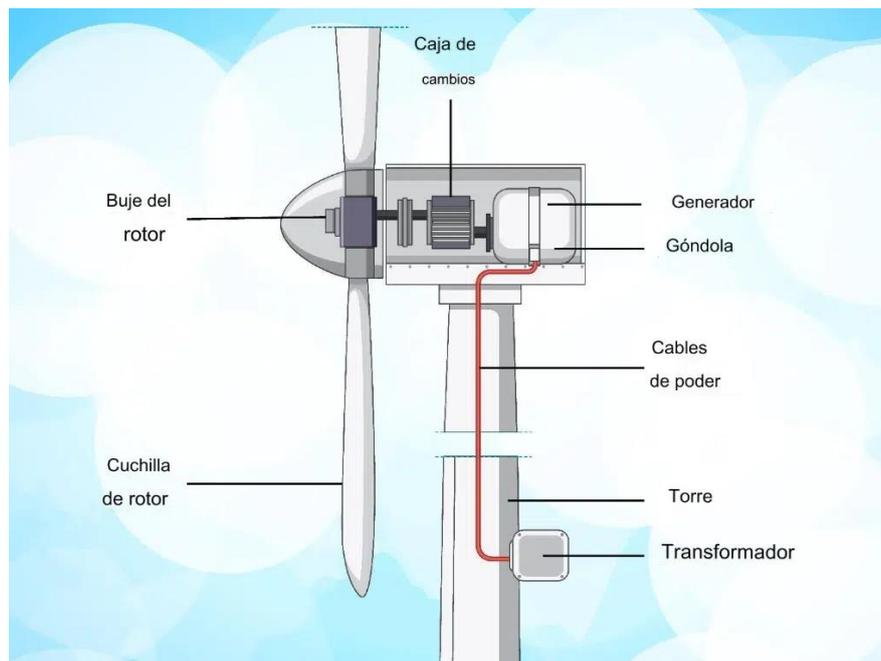
2.5 ENERGIA EOLICA

Esta energía se produce por medio del viento, es decir por medio de la energía mecánica provocada por el movimiento de las corrientes de aire. La energía eólica se ha utilizado exitosamente desde la antigüedad para desplazar molinos y barcos. Es una energía renovable con poco impacto ambiental.

Para la producción de electricidad se utiliza el mismo principio del molino de viento, actualmente se conocen como aerogeneradores. En este, la energía del viento se utiliza para mover las hélices que conectadas a varios sistemas mecánicos (véase figura #4) y posterior a un generador eléctrico, produce energía eléctrica en corriente directa o continua.

Figura #4.-

Partes de un generador eólico.



Fuente: aleacionesyfundidos.com (2024)

Ventajas

- Energía segura, limpia y renovable
- No emite gases de efecto invernadero
- No requiere grandes trabajos de obras civiles
- Puede removerse sin dejar grandes impactos

Desventajas

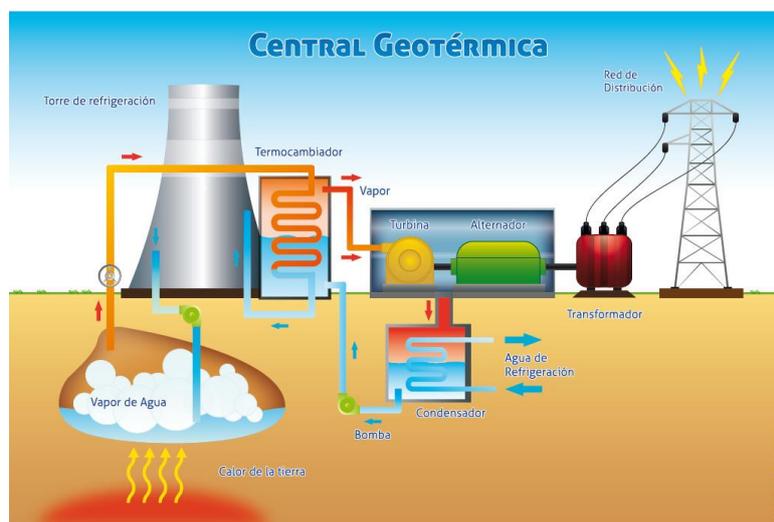
- Depende de la continuidad del viento
- Contaminación visual
- Contaminación auditiva
- Afecta la fauna

2.6 ENERGIA GEOTERMICA

Esta energía se obtiene mediante la utilización del calor generado por el planeta tierra (Véase figura #5). Este tipo de energía es considerado renovable por su gran disponibilidad, generado naturalmente por el planeta y el cual no requiere quemar algún combustible adicional.

Figura #5.-

Energía geotérmica.



Fuente: eje21.com.co (2022)

Los tipos de energía geotérmica aprovechada son:

- Áreas hidrotérmicas que utilizan agua a alta presión y alta temperatura para aprovechar su energía
- Sistemas de roca caliente
- Magma volcánico que generan altas temperaturas y son más fáciles de aprovechar

Ventanas

- Costo de producción bajo
- Riesgo de operación bajo
- Encontrado en casi todas las regiones del mundo
- Pocos residuos al momento de generar energía eléctrica

Desventajas

- Emite ácido sulfhídrico
- Emite CO₂
- Puede contaminar aguas cercanas
- Impacto visual bajo
- Debe ser generada en el lugar donde se extrae

2.7 ENERGIA SOLAR

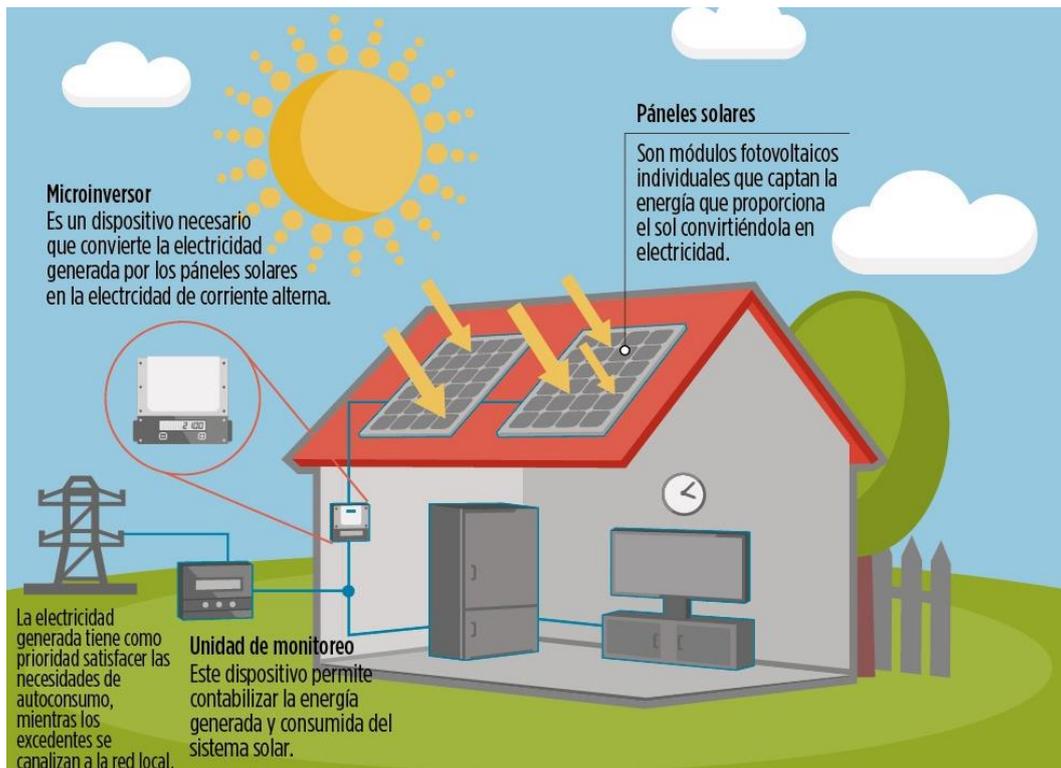
Es la energía emitida en forma de calor y luz desde el sol hacia la tierra. Esta puede ser aprovechada de varias maneras para diferentes propósitos. Para la producción de electricidad se puede utilizar principalmente de dos formas:

Captar el calor y dirigirlo a un punto específico para que este calor acumulado evapore el agua y permita el movimiento mecánico que posterior podrá generar electricidad

Por medio de paneles fotovoltaicos. (Véase Figura #6)

Figura #6.-

Energía solar fotovoltaica.



Fuente: avatarenergia.com (2020)

Ventajas

- Energía limpia
- No produce efecto invernadero
- Es prácticamente inagotable
- No afecta la flora ni la fauna
- No tiene contaminación acústica
- Su fabricación es económica

Desventajas

- Costo elevado de instalación si se usan baterías
- Para su mejor operación no debe haber días nublados
- No se puede utilizar en las noches

2.8 Energía Solar Foto Voltaica

La energía solar fotovoltaica es una energía renovable que se crea tras la transformación directa de la radiación y la luz procedente del sol en electricidad. Esta transformación es posible gracias a unos dispositivos llamados paneles fotovoltaicos, que hacen que la radiación solar incida en las células fotovoltaicas. (Ingeoexpert, 2019)

Por lo tanto, la energía solar fotovoltaica principalmente sirve y se utiliza para proporcionar electricidad tanto a compañías y redes de distribución de la misma, como para aparatos de usuarios individuales o autónomos.

Aunque el efecto fotovoltaico era conocido desde el siglo XIX, fue en la década de los 50, en plena carrera espacial, cuando los paneles fotovoltaicos comenzaron a experimentar un importante desarrollo. Inicialmente utilizados para suministrar electricidad a satélites geoestacionarios de comunicaciones, hoy en día constituyen una tecnología de generación eléctrica renovable. (appa, 2020)

La energía fotovoltaica generada con el efecto fotovoltaico se reconoció por primera vez el 1839 por el físico francés Becquerel. Sin embargo, no fue hasta el año 1883 que fue construida la primera célula solar por Charles Fritts con una eficiencia de un 1%. Durante la primera mitad del siglo XX varias fueron las mejoras para aumentar su eficiencia.

En 1946, Russel Ohl patentó la moderna unión entre los materiales semiconductores que actualmente se utiliza. Pero el avance tecnológico más importante llegó en 1954 cuando los Laboratorios Bell, Experimentando con los semiconductores, desarrollaron la primera célula fotovoltaica de silicio, con un rendimiento del 4,5%.

El efecto fotovoltaico, el cual es crucial para la producción de electricidad a partir del sol. Y es aquí donde encontramos varios componentes que tener en cuenta: el primero de ellos son unas partículas llamadas fotones, de las cuales se compone el sol y que hacen que se liberen los electrones al impactar con los paneles solares.

Aquí es cuando hablamos de las placas fotovoltaicas y los conductores de silicio que contienen y que permiten que pase la luz y se convierta energía, produciendo corriente a través de un campo eléctrico generado por los electrones una vez han sido activados, siendo estos tanto positivos como negativos.

El efecto fotovoltaico se basa en la capacidad de los electrones de un material para excitarse y promocionar a un nivel energético superior. La diferencia entre los niveles, denominada *gap*, puede salvarse en determinados materiales denominados semiconductores mediante los fotones que componen la radiación solar.

Hasta época muy reciente el desarrollo de esta tecnología estaba basado, casi exclusivamente, en la obtención de materiales que permitieran una mejor eficiencia en la conversión de la energía solar en energía eléctrica. Actualmente los últimos desarrollos pasan por las células multiunión, que apilan células con distinto *gap*, o la concentración, que enfoca la radiación solar hacia una zona específica, de forma que la cantidad de material semiconductor sea menor.

Se trata de una tecnología que depende mucho de la investigación, principalmente en los materiales utilizados, por lo que en el futuro se prevé un aumento del rendimiento de las placas y, por lo tanto, una reducción de los costos.

Los datos más representativos de la implementación de los sistemas solares fotovoltaicos son los siguientes:

Estados Unidos es el país con más cantidad de potencia solar fotovoltaica instalada. Existen constantes programas para instalar sistemas solares fotovoltaicos

incentivados por el gobierno estatal, federal y empresas eléctricas. Estos incentivos van desde reducción de tarifas de energía y hasta incentivos fiscales.

Japón es el segundo país con energía solar fotovoltaica instalada. Tiene constantes programas para incentivar el uso de energía solar fotovoltaica en clientes residenciales.

Alemania al igual que Estados Unidos cuenta con programas para incentivar el uso de energía solar fotovoltaica, mediante incentivos, reducción de tarifas e incentivos fiscales.

Austria incentivo el uso de paneles solares a edificios y residencias, subsidiando el costo de los paneles y su implementación.

Suiza también implemento el sistema de incentivos tarifarios para implementar la energía solar fotovoltaica en residencias, centros educativos y edificios.

Holanda por medio de subsidios e inversión pública y privada, ha logrado tener instalado más de 1.000 MW en toda su extensión.

Australia por medio de la administración de los juegos olímpicos y la compañía eléctrica local, crearon la villa olímpica para los juegos de Sídney en el año 2000. Además, continúan con incentivos tarifarios para usuarios que implementan el sistema.

España ha aumentado su carga en los últimos años, aunque debería ser superior la capacidad instalada, los diversos problemas locales con compañías eléctricas no ha permitido que las energías renovables despeguen como deberían.

China es el gigante solar, el mayor productor de energía solar en el mundo que continúa creciendo al ser el principal fabricante de los elementos necesarios para su implementación. (alusinsolar, 2025)

2.8.1 Celdas Fotovoltaicas

La celda fotovoltaica (Véase figura #7) absorbe la radiación solar por medio de sus diversas capas, la convierte directamente en energía eléctrica a través de un proceso conocido como fotovoltaico dentro de las celdas solares, de ahí su nombre. Estas celdas poseen una estructura similar a la de un diodo, por consiguiente, son semiconductores. Dentro de la celda se encuentra una capa semiconductor tipo N y una capa semiconductor tipo P.

La energía se produce por una diferencia de potencial entre las capas del diodo. Esto tiene un voltaje nominal y una corriente nominal dependiendo de los materiales utilizados para su fabricación, así como de las condiciones climáticas y la irradiancia.

Los materiales semiconductores como su nombre lo indica, presentan características tanto de conductores como de aislantes, la cantidad de energía requerida para que crucen la banda entre ellos no es tan alta. Entonces, el por lo que, suministrando cierta energía, pueden conducir la electricidad y su conductividad puede regularse, evitando que la conductividad sea constante como pasa con los metales.

Se puede conseguir conversión fotovoltaica en todos los semiconductores, gracias a su capacidad de no conducir constantemente. Pero el silicio es el material más importante cuando se habla de energía solar fotovoltaica. Los electrones con capacidad de generar electricidad son los que se encuentran en las orbitas exteriores, con la capacidad de transferir carga.

Figura #7.-

Celdas solares.



Fuente: solar-energia.net (2023)

2.8.2 Tipos de Celdas Fotovoltaicas

Existen principalmente 4 tipos de celdas fotovoltaicas, caracterizadas por su composición y fabricación. Esto afecta directamente a su eficiencia para producir energía. El principal material utilizado para esta fabricación es el silicio, un material abundante en nuestro planeta.

a- Celdas Monocristalinas

Las celdas monocristalinas (Véase figura #8) están formadas por un único cristal de silicio, generalmente se obtienen por un manufacturado denominado el proceso Czocharalski. Su apariencia final nos da una tonalidad color azul oscuro o negro uniforme, al ser un único cristal también nos da una estructura cristalina uniforme.

Su fabricación es a base de lingotes cilíndricos de gran pureza que son cortados en obleas o laminas finas, por la complejidad de este proceso, se consume gran cantidad de energía y también genera grandes desperdicios de material. (José Alonso, 2024)

Son las de mayor rendimiento entre las celdas fotovoltaicas, pueden obtener un rendimiento de hasta el 31% según diferentes fabricantes. Por lo que son las más

demandadas para proyectos de alto costo y donde cada centímetro del espacio utilizado por la celda sea sumamente importante, debido a que son las que tienen mayor costo de fabricación.

Figura #8.-

Celda monocristalina.



Fuente: solar-energia.net (2023)

b- Celdas policristalinas

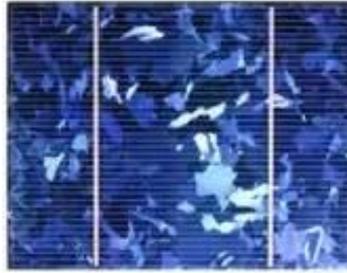
Las celdas policristalinas o multicristalinas (Véase figura #9), al igual que las monocristalinas, están formadas por silicio, pero adicional tienen una mezcla de Arsenio y galio, esto se efectúa para reducir sus costos, pero reduciendo su eficiencia. Tiene una coloración azul más intenso, una estructura cristalina no uniforme y fabricada en moldes rectangulares.

Su eficiencia es relativamente menor pero su costo lo justifica, cuando no se tiene un espacio limitado para trabajar y la eficiencia por m^2 no es un problema. Su eficiencia puede llegar al 21% pero su vida útil es relativamente más corta que los monocristalinos.

Se recomienda instalarlos donde lugares donde las condiciones ambientales sean difíciles, debido a que si se llega a dañar su costo de reposición será económico.

Figura #9.-

Celda policristalina.



Fuente: solar-energia.net (2023)

c- Celdas fotovoltaicas de capa fina

Las celdas de capa fina (Véase figura #10) son fabricadas en forma de bandas continuas a diferencia de las otras celdas que se fabrican con celdas individuales. Generalmente son de 1 a 2 micras de espesor y no necesitan interconexiones interiores.

Una de sus características es que los fotones no chocan con ningún electrón debido a su pequeño grosor. Lastimosamente su eficiencia no llega al 15%. Pero su fabricación es sumamente económica y automatizada, esto reduce los costos enormemente.

También tiene otra propiedad que es la flexibilidad, lo que permite que sea ideal para instalaciones domésticas, aunque requieren mayor espacio por su poca eficiencia.

Figura #10.-

Celda capa fina.



Fuente: tritec-intervento.cl (2021)

d- Celdas amorfas

Las celdas amorfas (Véase figura #11) son las más económicas de fabricar, pero también las menos eficientes y debido a su forma de fabricación su eficiencia se va reduciendo con el tiempo desde 6% hasta llegar a 0%. Su principal uso son calculadoras, relojes y demás elementos que requieran una baja potencia.

Su fabricación consiste en evaporar encima de un cristal, en una cámara de efluvios, el material semiconductor o foto-reactivo y posterior se colocan los electrodos para alimentar al elemento consumidor como calculadora, etc. (Federico Prados, 2002)

Figura #11.-

Celda amorfa.



Fuente: iluminet.com (2024)

2.8.3 Módulos fotovoltaicos

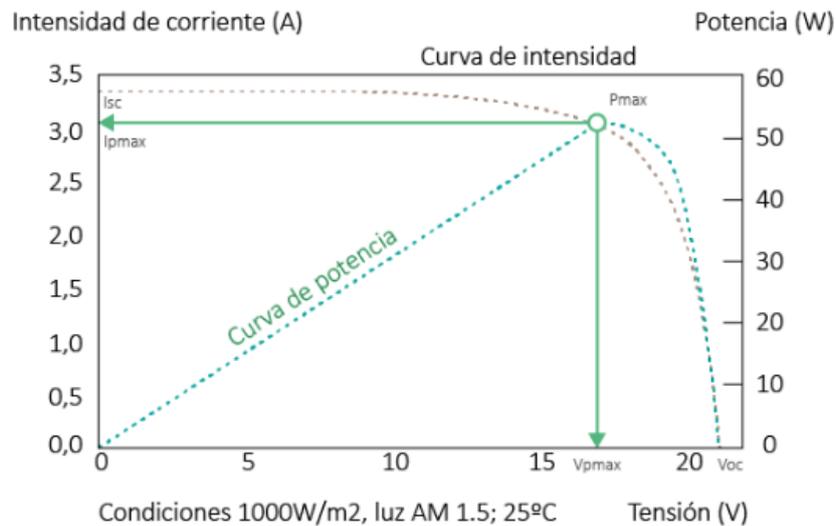
Un módulo fotovoltaico se conoce como el grupo o conjunto de celdas fotovoltaicas conectadas en disposición en serie para poder aumentar su voltaje y variando su corriente según la conexión para aumentar o disminuir las corrientes dependiendo de la cantidad de celdas.

Cada módulo tiene su propia característica, según la fabricante varia las capacidades y potencias, pero la norma indica que los cálculos para los datos de placa deben ser con una radiación de 1000 w/m^2 y a una temperatura de 25°C .

El módulo fotovoltaico genera la potencia eléctrica necesaria y la misma está representada en una curva de voltaje e intensidad (Véase tabla #1), medidos con relación a la irradiación y la temperatura.

Tabla #1.-

Factor de forma



Fuente: autosolar.es (2024)

Las curvas de voltaje e intensidad están expresadas en la siguiente grafica. Las x o eje horizontal representan el voltaje o tensión, la y o eje vertical representan la corriente o intensidad. El factor de forma o FF es el cociente entre el área formada por el voltaje en circuito abierto y la intensidad en cortocircuito. Siempre el valor será inferior a la unidad, en general se maneja en márgenes de 0.7 a 0.8. (Energetika, 2011).

2.8.4 Paneles solares fotovoltaicos

Son los elementos capaces de captar la radiación solar para para generar una corriente eléctrica. El voltaje y la corriente que generan son muy bajas, por lo que deben de conectarse varios para poder suministrar la energía necesaria.

Las celdas solares que son el principio básico de la energía fotovoltaica, requieren una estructura que permita su protección y soporte, además no se encuentran aisladas, son frágiles y no cuentan con soporte mecánico. Aquí aparecen los paneles solares para mantener una estructura rígida y hermética. (Véase figura #12)

Figura #12.-

Panel solar fotovoltaico.



Fuente: Autor (2025)

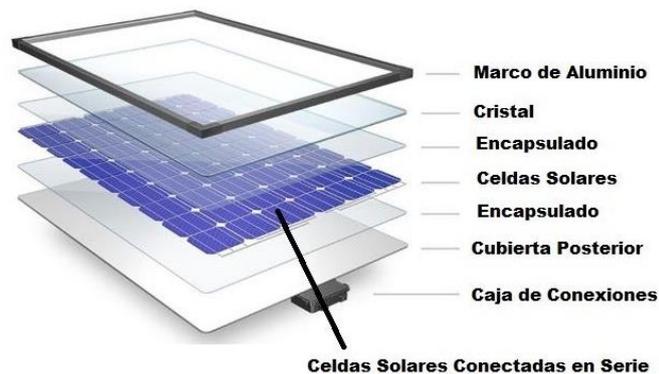
Las celdas solares a conformar un panel solar deben ser del mismo tipo. Estas celdas van a estar conectadas entre sí hasta lograr la salida de tensión deseado y de igual manera la conexión en paralelo para obtener el nivel de corriente necesario para cada panel en su salida.

2.8.5 Estructura del panel solar fotovoltaico

La forma más convencional de fabricar paneles solares es la conocida como tipo sándwich, la cual brinda un mayor soporte, hermeticidad y protección mecánica al panel solar (Véase figura #13).

Figura #13.-

Partes de panel solar.



Fuente: Areatecnologia.com (2021)

Los elementos que constituyen un panel solar en su mayoría son:

- Marco de Metal y Cristal

Forman la cubierta frontal del panel solar. Este parte se encarga de proteger a las celdas solares de golpes y daños ocasionados por el medio ambiente. Generalmente se utiliza vidrio templado, pero en varios casos se utiliza policarbonato. Estos elementos deben de permitir pasar la mayor cantidad de luz solar para optimizar la mayor cantidad de radiación del sol. Todos deben ser elementos de alta resistencia.

- Encapsulado

El material utilizado generalmente es silicona o un copolímero llamado EVA el cual es el compuesto de etileno, vinil y acetato, este material se encuentra entre la cubierta frontal y las celdas solares. Al igual que el vidrio que va en la cubierta frontal, este material debe de refractar la misma cantidad de radiación y así reducir las pérdidas de radiación previo a llegar a las celdas solares.

Su función principal es evitar que ingrese polvo, agua y cualquier otro elemento nocivo para las celdas solares. Por sus características, absorbe las fuerzas mecánicas ejercidas sobre el panel solar fotovoltaico.

- Celdas Solares

Son las encargadas de la transformación de la radiación a electricidad.

- Cubierta posterior

Sirve de protección y de soporte para el panel solar fotovoltaico. Esta generalmente formada por Tedlar, su coloración es blanca opaca, la cual permite devolver la radiación que no fue absorbida por las celdas y de esta manera permitir que sean reabsorbidas. También se utiliza aluminio por su bajo costo.

- Caja de conexiones

Son las encargadas de conectar los paneles solares fotovoltaicos a otros módulos, permitiendo la conexión en serie o paralelo según sea necesario. Tienen que tener un alto grado de protección, al estar instaladas en la intemperie. Se instalan siempre en la parte posterior del panel solar fotovoltaico.

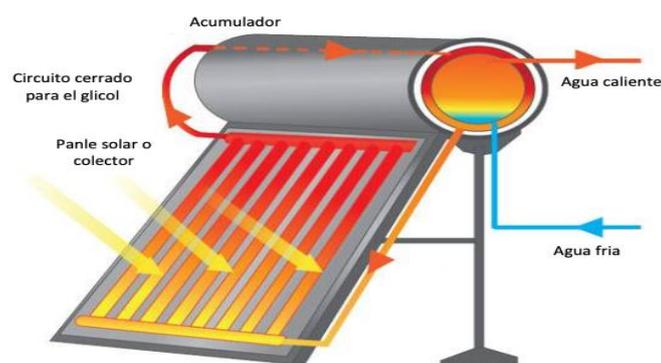
2.8.6 Tipos de paneles solares

Fotovoltaicos: Da energía suficiente para nuestros hogares, este tipo de panel es el encargado de transformar la energía procedente del sol en electricidad.

Térmicos: Este panel permite la transformación de la energía procedente del sol en energía térmica, es decir, en calor. Se utiliza en casas con recepción directa del sol cuando hay altas temperaturas (Véase figura #14).

Figura #14.-

Panel solar térmico



Fuente: innovegroup.es (2025)

Termodinámicos: También llamados híbridos. Estos paneles funcionan, aunque llueva, sea de noche o esté nublado. Este panel no es más que una mezcla de un panel fotovoltaico junto a uno térmico, que uniendo las dos tecnologías consigue producir electricidad y calor de manera simultánea. (Ingeoexpert, 2019)

No es raro que cada vez se utilicen más las energías renovables y ecológicas como la energía solar fotovoltaica para todo tipo de trabajos, usos y productos. Por ejemplo:

- Transportes
- Iluminación.
- Calefacción.
- Cargadores de aparatos electrónicos.

La principal aplicación de una instalación de energía solar fotovoltaica es la producción de energía eléctrica a partir de la radiación solar. La producción de energía puede ser a gran escala para el consumo en general o a pequeña escala para consumo en pequeñas viviendas, refugios de montaña o sitios aislados. Principalmente se diferencian dos tipos de instalaciones fotovoltaicas:

- Instalaciones fotovoltaicas de conexión a red, donde la energía que se produce se utiliza íntegramente para la venta a la red eléctrica de distribución.
- Instalaciones fotovoltaicas aisladas de red, que se utilizan para autoconsumo, ya sea una vivienda aislada, una estación repetidora de telecomunicación, bombeo de agua para riego, etc.

Dentro de las aplicaciones de la energía fotovoltaica no conectada a la red, encontramos en muchos ámbitos de la vida cotidiana. La energía fotovoltaica se utiliza en pequeños aparatos como calculadoras, para el alumbrado público en determinadas zonas, para alimentar motores eléctricos e incluso se han desarrollado

automóviles y aviones que funcionan exclusivamente aprovechando la radiación solar como fuente de energía.

Dentro de las instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red existen las plantas de energía solar fotovoltaica. Una planta de energía fotovoltaica, también conocida como parque solar, es una gran planta de generación de energía, diseñada para la venta de su producción a la red eléctrica. También se le conoce como una granja solar, especialmente si está ubicada en áreas agrícolas.

Una de las principales virtudes de la tecnología fotovoltaica es su aspecto modular, pudiéndose construir desde enormes plantas fotovoltaicas en suelo hasta pequeños paneles para tejados.

Uno de los mayores beneficios de la energía solar fotovoltaica es que es una fuente 100% renovable, pero además es inagotable y no contaminante. Todo esto, la hace perfecta ya que puede adaptarse según las dimensiones, pudiendo utilizarse en grandes superficies o bien en sistemas de un domicilio normal y corriente. Además, es apta para zonas rurales, urbanas y zonas aisladas.

La fabricación de las células fotovoltaicas es un proceso costoso, tanto económicamente como en tiempo. El silicio con el que se fabrican las células fotovoltaicas es un material muy abundante en la Tierra. Sin embargo, el procesamiento del silicio es laborioso y complicado. Mediante procesos muy complicados se elaboran lingotes de silicio. Posteriormente, de estos lingotes de silicio se cortarán las obleas (células fotovoltaicas). (Planas, 2009)

Otra fuente de obtención de silicio es el reciclado de la industria electrónica. En la actualidad se están preparando otros materiales de mayor rendimiento.

Es importante que todas las células que componen un panel solar fotovoltaico tengan las mismas características. Después de la fabricación de las células fotovoltaicas, hay que seguir un proceso de clasificación y selección.

Dependiendo de la construcción, los módulos fotovoltaicos pueden producir electricidad a partir de una gama concreta de frecuencias de la luz, pero en general no pueden cubrir toda la gama solar (en concreto, la luz ultravioleta, infrarroja y baja o difusa). Por lo tanto, gran parte de la energía de la luz solar incidente no se aprovecha por los paneles solares, que podrían dar eficiencias muy superiores si se ilumina con luz monocromática.

Por tanto, otro concepto de diseño es el de dividir la luz en diferentes longitudes de onda y dirigir los haces en diferentes células sintonizadas en estos rangos. Esto ha sido proyectado para ser capaz de elevar la eficiencia en un 50%. Científicos de Spectrolab, una filial de Boeing, informaron del desarrollo de células solares multiunión con una eficiencia de más del 40%, un nuevo récord mundial de células solares fotovoltaicas. Los científicos de Spectrolab también predicen que las células solares de concentración podrían alcanzar eficiencias de más de 45% o incluso 50% en el futuro, con eficiencias teóricas de alrededor del 58% en las células con más de tres uniones.

Actualmente, la mejor tasa de conversión de la luz solar en energía fotovoltaica en los nuevos productos comerciales consigue una eficiencia del módulo solar de alrededor de 21,5%. (Andusolar.es, 2020)

Entonces, la energía solar fotovoltaica debe ser cada día una opción para todos aquellos que queramos colaborar con un desarrollo sostenible de nuestro ecosistema, ya que, a pesar de suponer un importante coste de inversión al inicio al hacer la instalación de un sistema de paneles solares, con el paso del tiempo esta tecnología

demostrará en las facturas de electricidad que el precio a pagar cae significativamente y tendrán la satisfacción de poder producir la energía consumible en el hogar y el beneficio de poder revender el exceso en la red nacional.

2.8.7 Características de los paneles fotovoltaicos

Las características principales son:

- Punto de Potencia Máxima (Pmax) es la potencia máxima obtenida en ciertas condiciones específicas bajo una tensión y corriente máxima.
- Tensión eléctrica de Potencia Máxima (Vmp) es el valor del voltaje cuando la corriente máxima está circulando por el cableado.
- Intensidad de Potencia Máxima (Imp) es la corriente máxima suministrada al panel cuando la potencia esta al máximo. Este valor es la corriente nominal del panel solar fotovoltaico.
- Tensión eléctrica de Circuito Abierto (Voc) se obtiene en las salidas del panel, al colocarlo bajo una fuerte de iluminación constante, sin carga.
- Corriente de Corto Circuito (ICC) al contrario del circuito abierto, si se conectan entre si los terminales del panel, circulará una corriente máxima medible con un amperímetro de baja impedancia, conectado a la salida de los bornes del módulo del panel fotovoltaico.
- Coeficiente de Temperatura de ICC. Indica en porcentaje, la variación de la Corriente de Corto Circuito con la temperatura.
- Coeficiente de Temperatura de VOC. Indica en mV/°C la alteración de la tensión de circuito abierto con la temperatura.
- Coeficiente de Temperatura de la Potencia. Indica el signo y valor de la alteración potencia con la temperatura.

2.8.8 Conexión de los paneles solares

Las celdas solares solas no pueden brindar la potencia requerida para la correcta operación de los elementos eléctricos a instalarse en su salida, por lo que es necesaria la conexión de varias celdas solares fotovoltaicas para obtener la tensión deseada previo a pasar por el inversor.

Por consiguiente, las celdas solares fotovoltaicas deben de conectarse según la necesidad de salida. Generalmente la tensión requerida estándar por los fabricantes es de 12 voltios y sus múltiplos. Lo más importante al momento de conectar las celdas, es que estas celdas tengan las mismas características.

2.8.9 Conexión en paralelo de módulos fotovoltaicos

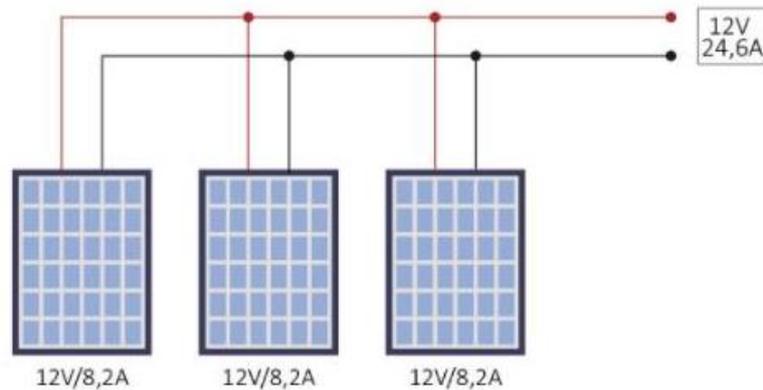
El sistema de conexión de los módulos fotovoltaicos se mantiene conectado entre sí en cada uno de sus terminales, es decir, todos los terminales positivos se conectan en un punto común y los negativos en su respectivo punto común, de esta manera se busca incrementar la corriente y mantener el voltaje de los paneles de manera uniforme.

Las conexiones en paralelo (Véase figura #15), como bien sabemos, permiten que la conexión de los módulos solares fotovoltaicos mantenga el mismo voltaje de salida y que la corriente aumente según cada módulo conectado al sistema.

Al aumentar la corriente, aumentan las pérdidas por calor o por efecto joule, por lo que se debe analizar muy acertadamente la sección de los alimentadores a implementar.

Figura #15.-

Conexión en paralelo



Fuente: noticiasdelaciencia.com (2022)

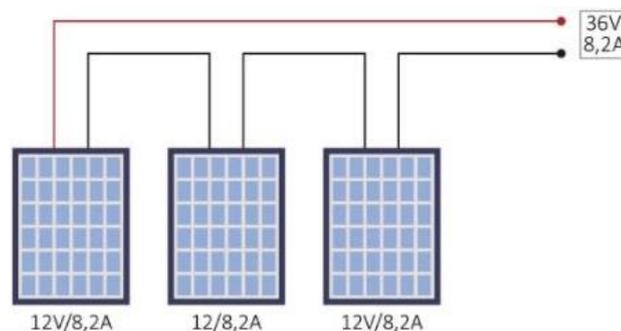
2.8.10 Conexión en serie de módulos fotovoltaicos

Este tipo de conexiones nos permite aumentar el voltaje de salida de todo el sistema, generalmente se utiliza para instalaciones autónomas o superiores a nivel de 24 a 48 voltios, y para instalaciones conectadas a la red se utilizan 96 a 144 voltios. En estos casos se conecta el positivo de un módulo al negativo del siguiente y así consecutivamente hasta llegar al voltaje deseado. (Véase figura #16)

El terminal positivo de las celdas se conectará al final del último panel conectado y el terminal negativo será conectado desde el primero. Este sistema deja de funcionar una vez que un panel es removido o deja de funcionar.

Figura #16.-

Conexión en serie



Fuente: noticiasdelaciencia.com (2022)

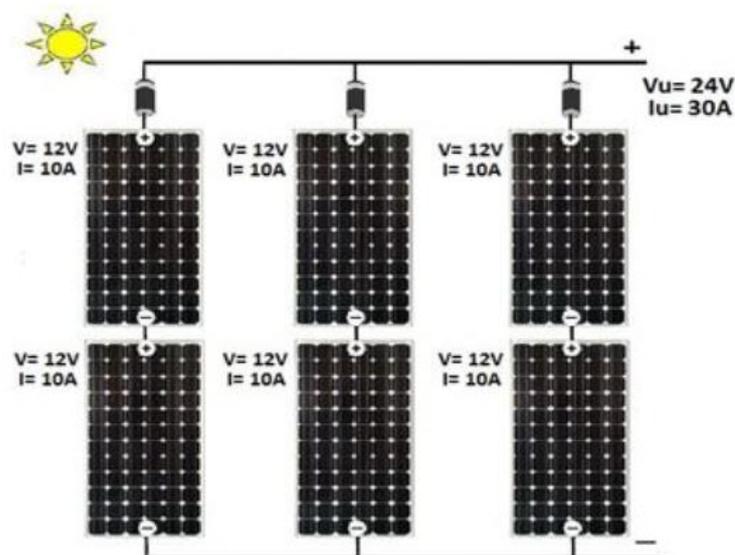
2.8.11 Conexión en serie/paralelo (Mixto) de módulos fotovoltaicos

Se debe de tener en cuenta que estos sistemas se usan tomando en cuenta dos características. Las cuales nos ayudan a determinar si es justificable realizarla o no.

- Económico: conexión en paralelo de módulos a 12 voltios hasta obtener la intensidad necesaria para alimentar una pequeña batería de igual tensión eléctrica, con el agravante de tener mayor generación de corriente que llegan a producir pérdidas en conductores y controladores si no se ha realizado una adecuada selección.
 - Rendimiento: elevando la tensión eléctrica, por ejemplo, de 12 voltios a 48 voltios, se reduce la corriente y por lo tanto las pérdidas por efecto joule en conductores y equipos controladores e inversores (Véase figura #17), con la desventaja de que a esta tensión se encarece la instalación por las baterías.
- (COLONNA PERTUZ, 2013)

Figura #17.-

Conexión mixta



Fuente: Colonna Pertuz (2013)

2.8.12 Energía Fotovoltaica en Ecuador

Esta energía no ha sido explotada al máximo en nuestro país. La generación de electricidad proviene principalmente de centrales hidroeléctricas construidas en la sierra y amazonia de nuestro país. Seguido por la energía termoeléctrica, eólica y finalmente la fotovoltaica.

Acorde al Ministerio de Energía y Minas el 5 de enero del 2021, la producción de energía a nivel nacional está compuesta de la siguiente manera: 92% generación hidráulica, 7% generación térmica y 1% correspondiente a fotovoltaica, eólica, biomasa, biogás, geotérmica, entre otras. (Véase tabla #2)

Tabla #2.-

Número centrales y potencia efectiva con fuentes de energía renovable

Tipo	Con embalse		Sin embalse		Subtotal	
	Número de centrales	Potencia efectiva(M W)	Número de centrales	Potencia efectiva(M W)	Número de centrales	Potencia efectiva(M W)
Hidráulica	5	1.598	66	3.443	71	5.041
Biomasa	N/A	N/A	N/A	N/A	3	136,4
Eólica	N/A	N/A	N/A	N/A	3	21,15
Solar	N/A	N/A	N/A	N/A	34	26,74
Biogás	N/A	N/A	N/A	N/A	2	6,50
Subtotal					113	5.232

Fuente: Ministerio de energía y minas ecuatoriano (2021)

Ya se encuentra en marcha los proyectos Villonaco II y Villonaco III, ambos de energía eólica, los mismos contarán con una potencia nominal de 110 megavatios, estos proyectos estarán ubicados en Membrillo-Ducal y Huayra pamba, ambos en la provincia de Loja. La inversión será de 181 millones de dólares.

Otro proyecto fotovoltaico importante a ejecutarse será El Aromo en la provincia de Manabí. Este proyecto será ejecutado de forma anexa al terreno de la refinería del Pacífico. El proyecto tendrá como extensión un campo de 290 hectáreas, con una potencia a instalarse de 200 megavatios.

Actualmente en Ecuador se cuentan con 34 centrales fotovoltaicas, con un total de 26.74 MW de potencia efectiva.

Finalmente, el último proyecto a ejecutarse también será fotovoltaico en la provincia de Galápagos. Este proyecto tendrá la capacidad de generar 14.8 MWp y un almacenamiento de energía de 40.9 MWh. Este proyecto brindará energía continua a las islas de Baltra y Santa Cruz. Este parque fotovoltaico reducirá en promedio 16 mil toneladas de CO2 al año. (Ministerio de energía y minas ecuatoriano, 2021)

2.8.13 Fuente de energía

El Sol

Nuestra estrella en el sistema solar, es la principal fuente de energía y de vida en nuestro planeta. Está catalogada como una estrella del tipo espectral G2 (Enana Amarilla).

Su masa representa cerca del 98.6% de todo el sistema solar, tiene un diámetro aproximado de 1.3927 millones de km. Se encuentra aproximadamente a 149.600.000 km de la tierra y su luz o radiación tarda aproximadamente 8' 19'' en llegar a la tierra. Esta estrella enana amarilla existe desde hace casi 5.000 millones de años y se tiene estimado que vivirá otros 5000 millones de años más. (Véase tabla #2)

Tabla #3.-

Características del sol

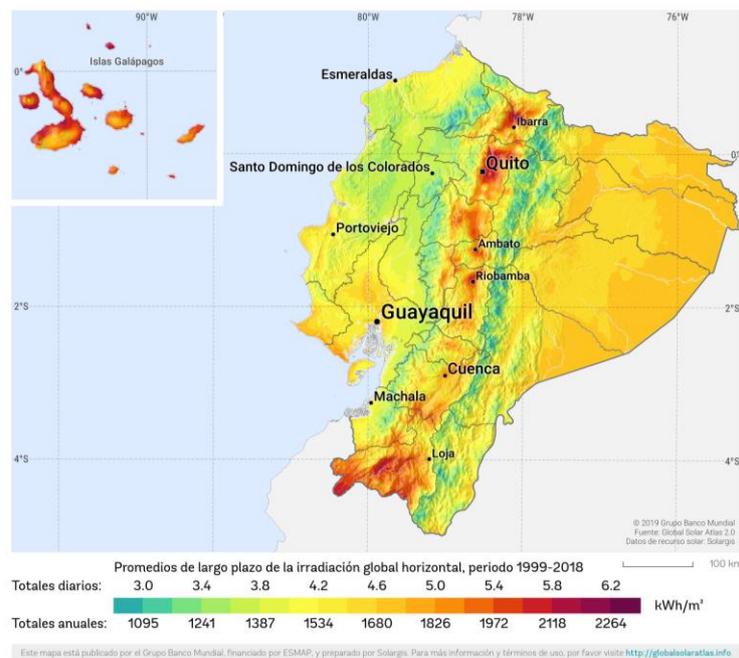
Características	Valores
Edad	4600 millones de años
Periodo de rotación alrededor de la galaxia	225000000 años
Diámetro	1391980 km
Volumen	$1.412 \times 10^{27} \text{ m}^3$
Masa	$1.99 \times 10^{30} \text{ kg}$
Densidad	150 veces la del agua
Temperaturas	En la superficie: 5000 °K
Distancia media desde la Tierra	150000000 km
Energía	$3,83 \times 10^{26} \text{ J/s}$
Energía que llega a la atmosfera exterior de la Tierra	1367 W/m^2

Fuente: Mauricio Guananga (2017)

Para nuestro país, el sol entrega una gran cantidad de energía en forma de radiación. Teniendo como mínimo un valor de 3 kWh/m² y un máximo de 6.2 kWh/m². En el lugar donde se realizará el estudio, que corresponde a la provincia del Guayas, Cantón Guayaquil, la irradiación oscila entre los 4.2 kWh/m² hasta los 5 kWh/m². (Véase figura #18)

Figura #18.-

Irradiación solar en Ecuador durante 1999 a 2018



Fuente solargis.com (2023)

El sol es el principal generador de energía para el planeta tierra. La energía producida por éste genera fotones, los mismos que viajan a través del espacio en forma de propagación electromagnética a distintas frecuencias. El aprovechamiento de la energía solar se puede apreciar de diferentes formas, como calefacción de edificaciones, calentamiento de agua, cocción de alimentos y proyectos de generación de energía termo solar y fotovoltaica. (Tobajas, 2012)

2.8.14 Radiación solar

Es el término que se le da a la energía solar que actúa sobre una superficie cualquiera, en un momento y ubicación determinada, también conocida como irradiación solar. (Véase Figura #19)

Su unidad de medición son los w/m^2 , es decir, la cantidad de watts (vatios) por metro cuadrado. Esta radiación solar se ve afectada por las moléculas de aire, vapor de agua, polvo y demás superficies donde se refracta. Además, no toda la energía que llega a la tierra es recibida en todos lados, esta se va perdiendo o es absorbida por el ozono, vapor de agua y demás elementos en la atmosfera terrestre. (Sotysolar, 2025)

Figura #19.-

Tipos de radiación



Fuente: www.sfe-solar.com (2022)

Al medir la radiación solar, hay que considerar también la radiación solar pico, la cual se considera como la radiación solar máxima recibida en un punto específico. Es importante destacar que la radiación no va a ser la misma en las diferentes latitudes

de la tierra. Ecuador al estar ubicado en la línea ecuatorial, cuenta con una radiación privilegiada en términos de energía disponible para ser transformada.

2.8.15 Tipos de radiación

A- Radiación solar directa

Esta radiación es afectada por el fenómeno de absorción, es la radiación que se recibe directamente del sol. Varía según las condiciones climáticas y época del año donde se contabiliza. Esta se recibe sin haber sufrido cambios en su vector de dirección, además una de sus características es el proyectar una sombra definida en objetos opacos que la reciben.

B- Radiación solar difusa

Esta radiación es afectada por el fenómeno de difusión, es la radiación que se recibe por medio del reflejo sobre las nubes, partículas de aire, etc. La radiación solar difusa va en todas las direcciones debido a que es difuminada por partículas de aire, polvo, arboles, montañas, suelo, nubes, etc.

Esta radiación tiene como característica no producir sombra en objetos opacos que se interponen a su trayectoria. El vector de dirección de este tipo de radiación tiende a ser más paralelo a la superficie terrestre en lugar de perpendicular como lo es la radiación directa.

C- Radiación solar reflejada

Esta radiación que recibimos por medio del reflejo sobre superficies blancas, reflectiva, entre otras. El vector de dirección de este tipo de radiación es vertical, recibiendo mayor radiación los objetos de forma perpendicular a la tierra.

D- Radiación solar global

Es la suma de todas las radiaciones antes mencionadas.

2.8.16 Irradiación sobre el panel Fotovoltaico

Este es uno de los puntos más importantes a considerar al momento de diseñar un sistema solar fotovoltaico. La ubicación y disposición de las celdas solares fotovoltaicas debe ser siempre la más óptima para captar la mayor cantidad de irradiación solar.

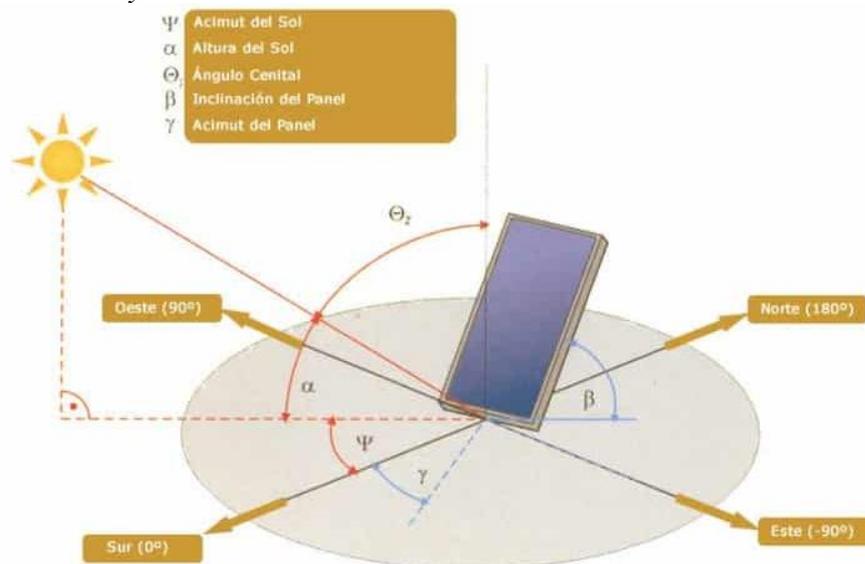
No siempre colocar los paneles solares fotovoltaicos en disposición horizontal nos va a brindar la mayor captación de radiación solar, debido a que la latitud cuenta un papel fundamental, por lo que se debe realizar el estudio correspondiente para la instalación de los mismos.

2.8.17 Acimut

Acimut o ángulo acimut es el que determina la localización del sol (Véase figura #20), en promedio es recomendable ubicar la captación solar hacia el sur si nos encontramos en el hemisferio norte y hacia el norte si nos encontramos en el hemisferio sur. De esta manera se captará la mayor cantidad de energía del sol durante el día. Se considera que el sol se mueve 15 grados en acimut cada hora.

Figura #20.-

Gráfico de inclinación y acimut



Fuente: www.sfe-solar.com (2022)

2.8.18 Angulo de inclinación

Es uno de los factores más importantes a considerarse al momento de diseñar un sistema solar fotovoltaico. La inclinación correcta en nuestros paneles nos va a permitir captar la mayor cantidad de radiación solar.

Para obtener la mejor inclinación según el lugar a instalar los paneles fotovoltaicos, se debe de considerar el ángulo de inclinación y la latitud donde se van a instalar los paneles. Donde el ángulo de inclinación lo vamos a determinar con la siguiente formula:

Ecuación #2.1.-

Angulo de inclinación del panel solar.

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69|\phi|$$

Fuente: Sfe-solar (2025)

Donde:

β_{opt} = Angulo de inclinación óptimo de nuestros paneles

$|\phi|$ = Latitud de donde se instalarán los paneles

Es importante también recalcar, que existen sistemas móviles, que permiten el movimiento de los paneles solares fotovoltaicos para aprovechar al máximo la radiación solar. Teniendo en cuenta que la mejor ubicación para captar la radiación solar es que se encuentre perpendicular a la radiación.

El mayor inconveniente de estos sistemas móviles radica en su mantenimiento, debe de ser justificado el costo para poder instalarlos, en Ecuador no se requiere instalar estos sistemas, debido a la posición privilegiada para recibir la radiación solar. El aprovechamiento no llegaría a aumentar ni a un 10% lo cual no justificaría su instalación.

2.8.19 Baterías de los sistemas solares fotovoltaicos

Las baterías, acumuladores o sistema de respaldo de energía tienen la función de almacenar energía en corriente directa o continua de forma química. Debido a sus características constructivas, tienen la capacidad de almacenar energía, para luego ser utilizada según sea requerida.

Para un sistema solar fotovoltaico, se utilizan las baterías para proveer energía tanto en la noche como en el día. En el día se utilizan cuando los días son demasiados nublados y la irradiación solar es muy baja.

Las baterías por su fabricación y características, pueden suministrar una mayor cantidad de corriente al sistema conectado en comparación a los paneles solares fotovoltaicos. Además, tienen la capacidad de absorber transitorios y regular o estabilizar la tensión eléctrica al ser energía constante.

Los principales elementos y características de una batería que debemos conocer, son los siguientes:

- Material activo: son todos los elementos químicos que constituyen una celda, incluido el electrolito a utilizar.
- Ánodo: Es el terminal negativo de la batería, donde ocurre la carga.
- Cátodo: Es el terminal positivo de la batería, donde ocurre la descarga.
- Autonomía: Es la capacidad de energía que puede suministrar una batería en un periodo de tiempo a plena carga sin necesidad de contar con alimentación de energía de cualquier medio. Se define generalmente en periodos de horas.
- Capacidad: Directamente relacionado con la autonomía, nos indica la carga máxima en amperios/hora de cada batería.

- Capacidad disponible: Es la cantidad total de amperios/hora que le queda a la batería en condiciones específicas de operación, donde se considera la vejez, carga inicial, consumo, etc.
- Capacidad de energía: se denomina así, a la cantidad de kW/h que se puede obtener de una batería plenamente cargada. Para esto se tienen en cuenta varios factores como: edad, velocidad de descarga y temperatura.
- Capacidad instalada: se conoce como el número total de amperios/hora que puede dar una batería hasta que llega a descargarse a su punto mínimo según el fabricante.
- Capacidad nominal: es la información dada por el fabricante de la batería. Donde establece el número total de amperios/hora que se puede obtener de la batería nueva para el régimen de descarga según la temperatura y la tensión final en la descarga.
- Celda: elemento electroquímico que se utiliza en las baterías para acumular energía eléctrica.
- Régimen de carga: es la cantidad de corriente que debe aplicarse a una batería para poder cargarla. Esto viene determinado por el fabricante, pero generalmente es superior al indicado por la eficiencia de los paneles solares fotovoltaicos y las condiciones climáticas.
- Carga: proceso de entrega de energía a la batería, en dirección opuesta a su sistema de descarga.
- Ciclos de vida: la cantidad de ciclos de descarga que tiene de vida la batería hasta poder entregar menor cantidad de energía o con menor eficiencia la energía al sistema.

- Servicio del ciclo: se denomina al servicio que da cada ciclo con referencia a su carga y descarga profundas.
- Descarga profunda: se conoce cuando la batería es descargada por abajo del 50% de su capacidad nominal.
- Servicio de descarga profunda: las baterías que tienen la capacidad de poder descargarse hasta tener 20% o incluso 0% de su capacidad de carga durante un periodo de no más de 6 horas al día.
- Profundidad de descarga: es la cantidad de amperios/hora que pueden ser utilizados de una batería a plena carga.
- Descarga: el proceso electroquímico que tiene una batería para entregar energía.
- Régimen de descarga: es la cantidad de corriente que puede solicitarse a una batería en el sistema instalado. Expresado en horas.
- Régimen de descarga equivalente: es la capacidad obtenida al dividir la capacidad máxima requerida para a corriente máxima solicitada por el sistema.
- Ciclo de servicio: es el proceso de trabajo de una batería, considerando diversos factores como los regímenes de carga y descarga, la duración del ciclo y el periodo de no utilización de la batería.
- Eficiencia: es la relación entre la energía recibida y la entregada
- Eficiencia en amperios/horas: es el tiempo requerido para la batería para descargar toda su energía y posterior recuperarla cargando.
- Eficiencia de la energía: es la cantidad de watts/horas entre la energía total entregada para su descarga y posterior para iniciar su carga.
- Eficiencia de la tensión: es la tensión promedio necesaria al momento de descargar y posterior a tener su carga equivalente.

- Par electroquímico: el grupo de materiales activos dentro de una batería, estos materiales son los responsables de acumular energía y posterior entregarla en forma de electricidad.
- Electrolito: elemento químico que sirve de transporte de los iones cargados entre el ánodo y el cátodo. En algunos casos, según su composición, el electrolito participa directamente en el proceso de carga y descarga.
- Tensión final de carga: la tensión de una batería con la cual se finaliza la carga al estar conectada a un sistema continuo de energía.
- Tensión final de descarga: es la tensión máxima de corte previamente dada por el fabricante.
- Carga de igualación: se denomina al aumento de la tensión a lo usado normalmente en la carga de la batería, esto se requiere para poder igualar el voltaje de una batería con la carga.
- Régimen de finalización de carga: los parámetros especificados para la carga de una batería hasta su estado del 100%
- Formación: Es el proceso de fabricación de la batería tomando en cuenta sus procesos electroquímicos y tipo de batería.
- Gasificación: la generación de gas al momento de la carga de la batería, por medio de la electrolisis del agua dentro del electrolito utilizado.
- Rejilla: es un elemento que no participa en la generación eléctrica, pero es un elemento conductor que contiene en su interior al material activo de las placas de la batería.
- Régimen/hora: se conoce como el régimen que una batería a plena carga en un periodo de tiempo puede alcanzar su punto máximo de descarga a una corriente específica continua.

- Horas de capacidad: la cantidad total de horas que una batería puede suministrar energía a plena carga.
- Vida útil: tiempo en el cual la batería puede suministrar energía a un rendimiento previamente establecido por el fabricante, esto se contabiliza en ciclos de descarga, años de trabajo o lo que suceda antes.
- Baterías libres de mantenimiento: no requieren atención ni revisión periódica al estar selladas y no se tiene acceso al electrolito.
- Tensión nominal de operación: la tensión o voltaje con la que opera la batería.
- Capacidad nominal de reserva: se conoce como el periodo durante el cual la batería puede suministrar energía hasta quedarse vacía. Esta información la entrega el fabricante.
- Tensión de circuito abierto: la tensión de una batería cuando se encuentra a circuito abierto en condiciones de carga y de no carga.
- Sobrecarga: se conoce como la carga continua de la batería posterior a ser cargada al 100% de su capacidad. Según su fabricación esto puede reducir la vida útil de la batería, pero en todos los casos no carga más la batería de su 100%.
- Placa: estructura del material activo. Las placas forman los electrodos positivos y negativos de la batería.
- Autodescarga: el proceso de descarga autónomo de la batería que ocurre por medio de procesos químicos sin entregar energía a ningún sistema.
- Régimen de autodescarga: la reducción de la capacidad de carga de la batería por el proceso de autodescarga en unidad de tiempo.
- Separador: material no conductor eléctrico que permite evitar el contacto directo de las placas dentro de la batería.

- Descarga superficial: una descarga igual o inferior al 25% de la capacidad de la batería. Puede ser inferior según el fabricante.
- Estado de carga: se conoce como el porcentaje de carga de la batería.
- Sulfatación: es el proceso químico donde se crean cristales de sulfato de plomo en las placas de las baterías que trabajan con ácido de plomo. Suele suceder cuando se deja la batería por debajo de los niveles mínimos de descargas dadas por el fabricante. (crownbattery.com, 2019)

Debido a la irradiancia que ocurre únicamente en horas de luz solar, y la capacidad de absorber la energía solar por parte de los paneles se ve reducida cuando existen condiciones climáticas como días nublados o lluvias. Existe la necesidad de contar con equipos apropiados de acumulación de energía eléctrica. Estos elementos que acumulan la energía se denominan baterías.

Generalmente las baterías que se utilizan en los sistemas solares fotovoltaicos son fabricados especialmente para estos. Sin embargo, también se pueden implementar o utilizar baterías que han sido diseñadas para otro fin, debido a que la forma de trabajo tiene el mismo principio que las baterías requeridas para los sistemas solares fotovoltaicos.

Una de las características principales que deben considerarse al momento de instalar las baterías son sus ciclos de carga. Los ciclos de carga necesarios para los sistemas solares fotovoltaicos deben ser de tipo lentos y además profundos. Estos ciclos nos permitirán descargar una cantidad alta de energía antes de que requieran nuevamente carga.

Las exigencias que deben cumplir las baterías al momento de instalar un banco para un sistema solar fotovoltaico son las siguientes:

- Soportar las corrientes que entregan los paneles solares

- De preferencia libres de mantenimiento
- Niveles de autodescarga bajos
- Alta eficiencia
- Vida útil extendida

El sistema de baterías de un sistema solar fotovoltaico son elementos muy importantes al momento de diseñar e instalar, estos cumplen funciones necesarias para un correcto funcionamiento como son:

- Almacenamiento de energía en periodos de abundante radiación solar o cuando el consumo de energía donde se encuentran instalados es relativamente bajo.
- Suministran de energía al sistema eléctrico cuando las condiciones climáticas no son favorables para la generación de electricidad. Las baterías son el único sistema que puede entregar energía eléctrica al sistema en horarios nocturnos cuando generalmente se requiere utilizar la electricidad.
- Estabilizan la tensión entregada al consumidor, permitiendo dotar de una energía constante y regulada al sistema. Además, por sus características de fabricación, son ideales para las corrientes de arranque de equipos eléctricos que cuentan con motores para su operación, lo cual, si no contamos con un sistema de baterías, se requerirá sobredimensionar el sistema de fotoceldas para abastecer la demanda requerida de los motores eléctricos en sus inicios de operaciones.

2.8.20 Tipos de baterías

A- Baterías de Plomo Ácido

Estas son las baterías más abundantes en el mercado, están compuestas por una placa de plomo en función de cátodo y otra placa de plomo recubierta de dióxido de plomo en función de ánodo (Véase figura #21). Dentro de estas placas se encuentra un electrolito compuesto por ácido sulfúrico y solución de agua.

Tienen el mismo principio que las baterías automotrices, pero tienen la característica adicional que soportan hasta cierto nivel los ciclos profundos. Este tipo de baterías no automotrices son las más utilizadas a nivel residencial por su bajo costo.

Figura #21.- *Batería de plomo – ácido*



Fuente: pkcell.com (2024)

B- Batería de Plomo Acido abiertas

Están compuestas por una placa de plomo en función de cátodo y otra placa de plomo recubierta de dióxido de plomo en función de ánodo (Véase figura #22). Dentro de estas placas se encuentra un electrolito compuesto por ácido sulfúrico y solución de agua. Contienen celdas individuales que su cantidad varían según el voltaje de la batería, generalmente en múltiplos de 2V por batería. (Harveypoweress.com, 2023)

Figura #22.-

Batería de plomo – ácido abiertas



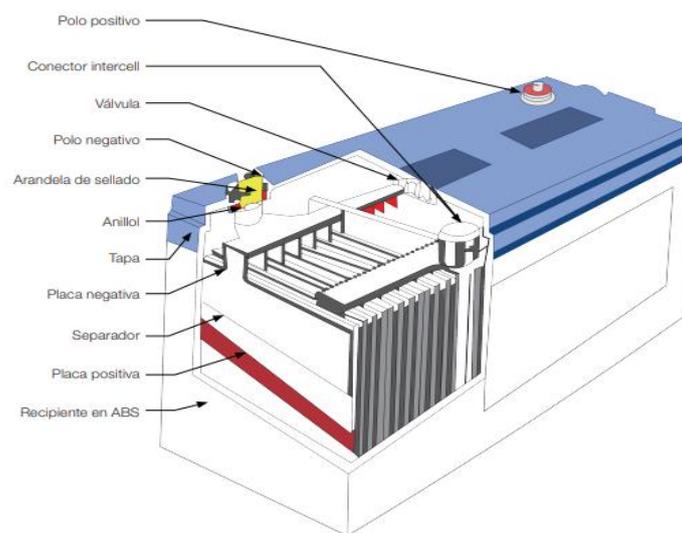
Fuente: autosolar.es (2024)

C- Batería de plomo ácido con válvula regulada

Están compuestas adicional a las de plomo ácido abiertas, de una válvula que permite disipar las sobrecargas de la batería (Véase figura #23). Estas baterías no cuentan con acceso al electrolito por ser selladas, por lo cual también se conocen como de libre mantenimiento.

Figura #23.-

Batería de plomo – ácido con válvula regulada



Fuente: static.weg.net (2021)

Estas baterías no son ideales para los sistemas solares fotovoltaicos, ya que generan gases que pueden ser peligrosos y al mismo tiempo acortan la vida útil de la batería. Además, deben evitar ambientes húmedos y de altas temperaturas para poderse cargar correctamente a bajos voltajes. Sino se cumplen estas condiciones correctamente, las baterías pueden llegar a explotar.

D- Baterías Alcalinas

Se las conocen a las baterías que están formadas por placas de acero inoxidable positivas y negativas de elementos níquel – cadmio y níquel – hierro todo en medio de un electrolito formado por hidróxido de potasio (Véase figura #24). Estas

baterías son menos peligrosas de utilizar debido a que no poseen un ácido en su composición, por consiguiente, el electrolito únicamente cumple la función de conductor de electricidad.

Figura #24.-

Batería alcalina



Fuente: tuvoltio.com (2022)

Los voltajes nominales por celda son de 1.2 V y trabajan a temperaturas por debajo de los 45°C, por esta razón las hacen ideales para los ciclos de carga. Su precio aún se considera un poco elevado para utilización residencial, sin embargo, son ideales para implementarse en instalaciones comerciales o industriales. (Jaume Bertran, 2017)

Su ciclo de carga y descarga es perfecto para los sistemas solares fotovoltaicos debido a que pueden descargarse hasta el 100% de su capacidad y no sufren daños en su integridad ni son afectadas por las sobrecargas. Tienen una larga vida útil, muy bajo mantenimiento y bajo riesgo de accidentes.

Sin embargo, tienen también sus desventajas que son:

- Tienen memoria de carga, lo cual es un gran problema al dejarlas descargadas por un largo periodo de tiempo y posterior a volverlas a cargar el compuesto químico se ha cristalizado y no retorna a su capacidad efectiva de carga.

- Comprobar el estado de carga es complicado
- El costo es elevado

E- Baterías de ion – litio y litio – polímero

Este tipo de batería se conoce generalmente como Li-Ion (Véase figura #25), estas baterías funcionan con un electrolito a la sal de litio que cuenta con los iones necesarios para la reacción electroquímica entre el cátodo y ánodo. Generalmente usadas en celulares y demás elementos de la electrónica.

Son baterías muy livianas, pueden suministrar gran cantidad de energía, no cuentan efecto memoria, son resistentes a las descargas, pueden trabajar a grandes números de ciclos y tienen gran rendimiento. Sin embargo, tienen problemas para trabajar a altas temperaturas, se degradan rápido y pueden llegar a explotar por todos los problemas antes mencionados.

Tienen grandes ventajas como son:

- Tienen gran capacidad para acumular energía en relación a su peso y volumen.
- Peso y volumen muy inferior a las demás baterías estudiadas
- Su descarga puede ser sumamente rápida, llegando hasta descargar de 100% a 0% en menos de dos minutos.
- La tensión que pueden generar cada una de estas baterías es de 3.7 V, lo cual es superior a las demás baterías.
- No requiere circuitos reguladores al tener una descarga relativamente lineal y genera reducción en los costos para medir la carga de la batería.
- Tiene una autodescarga muy lenta, la cual puede llegar a un máximo de 6% mensual.

También tienen sus desventajas como son:

- Al igual que las demás baterías, si es almacenada con poca carga se deteriora. Por consiguiente, debe de estar plenamente cargada en su almacenamiento, sino su vida útil se reducirá hasta un máximo de 4 años.
- Sus ciclos de descarga están categorizados como medios, pueden soportar de 300 a 1000 ciclos de descarga.
- Tienen un costo elevado, superior a las de níquel – cadmio y níquel – metal.
- Si la temperatura de operación es muy alta, estas pueden llegar a incendiarse o explotar. Requiere un sistema de control de temperatura adicional.
- No son buenas para trabajar a bajas temperaturas, en estos casos su eficiencia suele bajar hasta un 25%.

Figura #25.-

Batería de ion-litio



Fuente: electrodaddy.com (2025)

F- Baterías tipo gel

Esta batería está formada por una capa delgada de gel, mezclada con fluoruro de silicio como electrolito conductor. Esta batería es completamente sellada y permite su instalación en cualquier posición. (Véase figura #26)

Figura #26.-

Batería de Gel



Fuente: damiasolar.com (2019)

La calidad de estas baterías se ve afectada por sobrecargas y sobre descargas en largos periodos. Por su fabricación pueden trabajar mejor a altas temperaturas y con altas cargas. Su costo es un poco elevado, pero su tamaño y facilidad de instalación las hacen una buena opción frente a las de plomo – ácido líquido.

Estas baterías son de libre mantenimiento al contar con un ácido inmovilizado en su interior y los gases emitidos durante la carga se recombinan en su interior dejándola completamente sellada.

Las desventajas principales que tienen estas baterías es que el gel es muy viscoso y durante los procesos de carga se pueden generar agujeros o grietas, lo cual afecta directamente a la eficiencia de la batería. Además, durante esta carga, el gel se licua y se genera hidrógeno que no se recombina y suele quedar atrapado en el interior, pudiendo provocar daños o explosiones de la batería si el hidrógeno llega a escaparse. (Songligroup, 2022)

G- Baterías AGM

Denominadas así por su nombre en inglés Aggregate Glass Mat, que significa conglomerado de alfombrilla vidriosa y electrolito (Véase figura #27). Esta

alfombrilla tiene como función separar las placas de la batería, su fabricación es de silicio y boro, lo cual le da una apariencia vidriosa. El electrolito en la batería se reduce a una masa viscosa que forma parte de toda la estructura. El electrolito se encuentra absorbido en finas esferas de fibra de vidrio.

Su tecnología es muy parecida a las de gel, pero mejorada. Este tipo de baterías duplica la vida útil de las baterías de gel y mejorando la capacidad de descarga profunda y de descarga rápida. No contienen ácido líquido ni en forma de gel y su resistencia interna es cercana a 0.

Figura #27.-

Batería AGM



Fuente: lth.com.mx (2025)

Características:

- No requieren mantenimiento
- Tienen gran velocidad de carga y eficiencia
- Buena capacidad en retener la carga
- Pueden ser descargadas completamente sin sufrir daños
- Pueden mantenerse descargadas por al menos 30 días sin afectar su capacidad de carga.
- Soportan el doble de ciclos de carga y descarga en comparación a las de gel.

- Pueden entregar gran cantidad de corriente.
- Tamaño compacto
- No hay riesgos considerables en la carga
- Trabajan en cualquier posición al igual que las de gel
- Gran rango de operación a temperaturas desde -40°C hasta 72°C

2.8.21 Bancos de baterías

Los sistemas fotovoltaicos requieren la conexión de varias baterías para su correcta operación, esto nos da las opciones de conexiones entre las baterías como son: en serie, en paralelo o combinadas. Este tipo de conexión depende del voltaje o corriente que deseamos obtener. (Véase figura #28)

Figura #28.-

Banco de baterías de un sistema fotovoltaico.



Fuente: suriaenergy.com (2023)

A- Conexión en serie

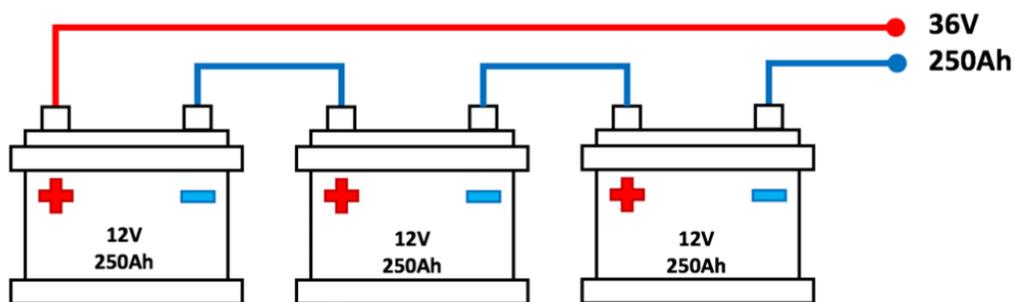
En la conexión en serie se busca aumentar el voltaje de salida o entrada del banco de baterías (Véase figura #29). Por consiguiente, para su conexión debemos de conectar el borne positivo de la batería con el negativo de la siguiente batería y lo hacemos según la cantidad de baterías que tengamos, finalmente el primer borne

negativo será el resultante de todo el banco de baterías y el positivo de la última batería será la salida del banco.

Debemos recordar que la tensión resultante dependerá de la cantidad de baterías a instalar, también debemos usar baterías de similares características y de ser posible de la misma marca y modelo. Si se cumplen estas condiciones, la vida útil de la batería será la dispuesta por el fabricante y no afectaremos su desempeño ni vida útil.

Figura #29.-

Conexión en serie de baterías



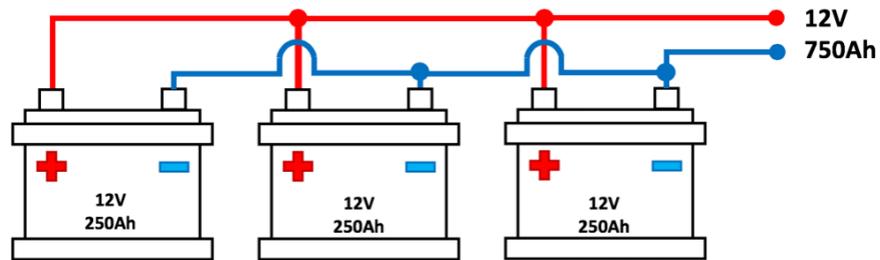
Fuente: tierrasinsolitas.com (2022)

B- Conexión en paralelo

Este tipo de conexión es ideal para aumentar la cantidad de corriente que deseamos obtener de nuestro banco de baterías. Aquí vamos a conectar directamente todos los bornes de la misma polaridad para tener un solo conductor común para positivo y para negativo, de esta manera el voltaje se mantiene, pero la capacidad de la corriente aumentará. (Véase figura #30)

Figura #30.-

Conexión en paralelo de baterías



Fuente: tierrasinsolitas.com (2022)

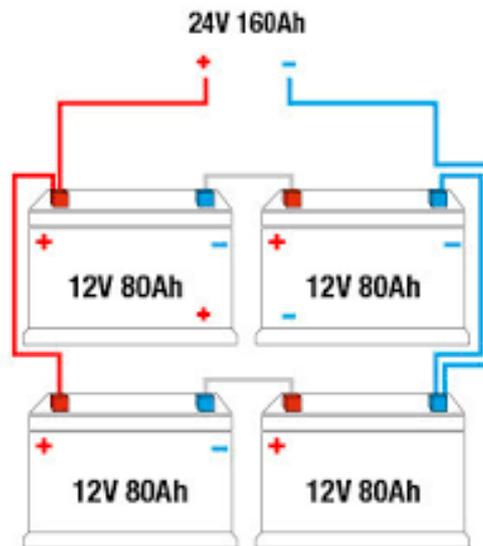
Esto se utiliza generalmente para reducir los costos de la batería, debido a que generalmente sale más económico instalar baterías en esta disposición que adquirir baterías de gran tamaño.

C- Conexión combinada

Este tipo de conexión se utiliza cuando se requiere aumentar la tensión y la corriente del banco (Véase figura #31). Consisten en formar bancos de baterías en serie hasta obtener la tensión de salida que necesitamos y posterior conectar los bancos formados en paralelos para obtener la corriente de salida necesaria.

Figura #31.-

Conexión combinada serie - paralelo



Fuente: all-batteries.es (2022)

2.8.22 Regulador de Carga

Es un dispositivo electrónico que tiene como funciones principales controlar o regular el voltaje hacia el sistema acumulador de energía o banco de baterías. Al ser un elemento regulador, evitará las sobrecargas de las baterías siendo un filtro entre los paneles solares fotovoltaicos y las baterías. (Véase figura #32)

Figura #32.- Regulador de carga



Fuente: lanacion.com.ec (2021)

El regulador de carga protege a las baterías de no sufrir una descarga profunda excesiva. Además, monitorea el sistema todo el tiempo con la finalidad de reducir o cesar la corriente de carga desde los paneles solares fotovoltaicos cuando la carga llega a su máximo. De igual manera una vez que requieran la carga, permitirá el paso de corriente desde los paneles hacia los bancos de baterías. Reducir la corriente hacia las baterías alargará su vida útil, evitando que el electrolito se evapore.

Estos dispositivos están censando constantemente la tensión de las baterías por medio de sus bornes. Está ubicado entre los paneles solares fotovoltaicos y las baterías. Censan toda la información relevante, como es la temperatura, carga y tensión eléctrica, y con toda esta información podrán controlar o modificar automáticamente las condiciones de carga de las baterías.

Este equipo protege al elemento más caro de un sistema solar fotovoltaico como son las baterías, por ende, la calidad y duración de este equipo debe ser la mejor posible.

Las funciones principales que desempeña este equipo son:

- Protección de sobrecarga
- Protección de descarga total
- Protección de polaridad inversa de los módulos, la carga y la batería
- Protección sobre corriente
- Protección sobrevoltaje
- Protección de circuito abierto sin batería
- Protección de corriente inversa
- Protección térmica
- Desconexión por sobretensión en las baterías
- Desconexión por sobre corriente en las baterías

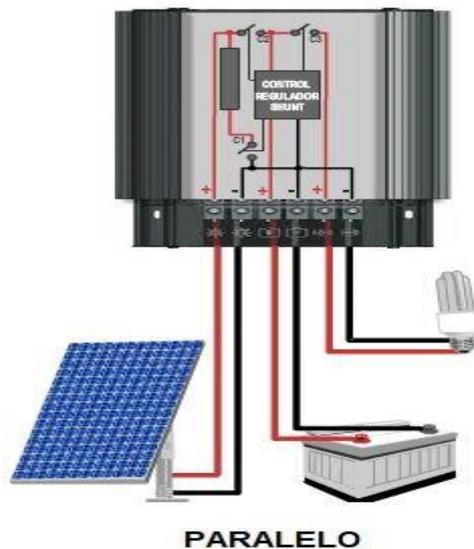
El dimensionamiento del regulador de carga debe ser para una corriente del 1.25 veces la carga instalada del sistema solar fotovoltaico.

2.8.23 Regulador en paralelo o SHUNT

Este regulador se conecta en paralelo al grupo solar y al sistema de baterías (Véase figura #33). Detectan la tensión de los bornes de la batería y cuando ese potencial supera los valores previamente establecidos, crea un camino con baja resistencia a través del grupo solar, enviando a la corriente lejos de las baterías para así evitar daños.

Figura #33.-

Regulador tipo shunt o paralelo



Fuente: areatecnologia.com (2020)

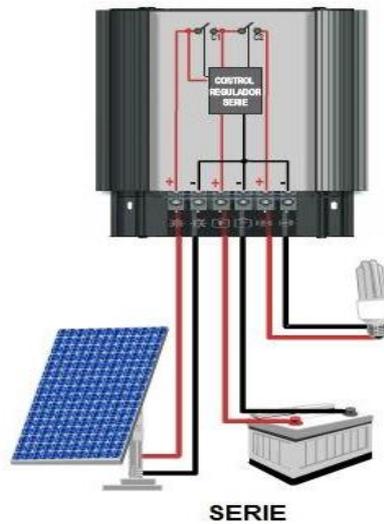
Para evitar que la corriente de las baterías retorne a través del regulador, existe un diodo situado en serie entre el regulador y la batería. Una de sus principales tareas es disipar toda la corriente de salida cuando las baterías alcanzan la plena carga. Casi no se usan este tipo de reguladores por existir mejores tecnologías.

2.8.24 Regulador en serie

Basados en la teoría de los circuitos en serie, los reguladores en serie se convierten en un interruptor para desconectar las baterías cuando están ya no requieran energía de los paneles solares fotovoltaicos o para conectar las baterías cuando requieran el paso de energía. (Véase figura #34)

Figura #34.-

Regulador tipo serie



Fuente: areatecnologia.com (2019)

El elemento principal de un regulador en serie es el transistor de potencia bipolar el cual es un semiconductor. Este elemento cuenta con la capacidad de transportar la corriente necesaria para la carga de las baterías, protegiendo la integridad del sistema. Al igual que el regulador en paralelo, este regulador censa constantemente la tensión de la batería y la compara con una tensión en referencia previamente establecido. Bajo este análisis tomara la decisión de permitir o no el paso de la corriente desde los paneles solares fotovoltaicos.

Los reguladores pueden emplear un relé electromecánico que sirve como elemento regulador, al existir este elemento no hay disipación de la energía en forma de calor, no hay flujo de carga y cuando el paso está cerrado no existe caída de tensión. A mejor calidad del relé electromecánico, mayor la vida útil del regulador. Los reguladores tienen tres fases de operación. Igualación, carga profunda y flotación.

La primera fase es la igualación, la cual consiste en la fase de carga inicial para las baterías, esto es un proceso que se debe configurar una vez al mes para una

correcta función de las baterías al cargar por igual todas las baterías después de la carga y descarga periódica de las mismas.

La segunda fase es la carga profunda, esta entra en operación posterior a que se realizó la igualación. El regulador procede a permitir el paso de corriente hacia las baterías hasta llegar al punto máximo de tensión necesaria que es aproximadamente 90% en esta fase y posterior evita el paso de energía hasta las baterías para ser completada la carga en la siguiente fase.

La tercera fase es la flotación o carga final, la cual consiste en llevar las baterías hasta el porcentaje final del 100% de su capacidad. Habiendo censado la tensión a plena carga, el regulador emitirá una pequeña carga denominada flotación, esta carga mantendrá las baterías plenamente cargadas considerando la autodescarga que existe.

Para llevar a cabo la última fase, se utilizan los controladores, estos pueden ser el controlador PWM o controlador MPPT. El controlador PWM son también conocidos como controladores por modulación de amplitud de pulso. Estos controladores reducen la corriente de carga y descarga de forma cíclica en base a la amplitud de la corriente, por consiguiente, la corriente disminuirá de forma parcial hasta llegar a la carga ideal o desconectarla si ya tiene una carga completa.

El controlador MPPT es un elemento electrónico más moderno que cuentan en su fabricación con reductores de voltaje, estos reductores beneficiaran a todo el sistema fotovoltaico. Como principal característica, estos controladores aprovechan el exceso de voltaje para convertirlo en corriente y voltaje de salida regulado.

2.8.25 Inversor

Es el elemento del sistema solar fotovoltaico encargado de transformar energía eléctrica directa o continua (DC) a corriente alterna (AC) y a una frecuencia entre 50

HZ y 60 HZ según el sistema lo requiera (Véase figura #35). Es un elemento indispensable para un sistema solar fotovoltaico debido a que la mayoría de las cargas funcionan con corriente alterna.

Figura #35.-

Inversor solar



Fuente: Autor (2025)

El inversor ha ido evolucionando con los sistemas solares fotovoltaicos, al principio eran los elementos con más complicaciones en el sistema solar fotovoltaico. Los primeros inversores eran elementos poco fiables y de baja eficiencia, gran parte de la energía se perdía en la transformación. Pero poco a poco han ido mejorando su eficiencia y fiabilidad, permitiendo que sean un perfecto nexo en la transformación entre corrientes directas y alternas. Los inversores más modernos permiten crear ondas cuadradas, cuadradas modificadas u ondas sinusoidales.

Los inversores también pueden proveer de energía a la red eléctrica convencional a la que se conectan, estos son denominados conectados a la red, conectados a la línea o inversores conectados al servicio eléctrico. Estos tipos de

inversores son usados principalmente en grandes plantas fotovoltaicas para generar electricidad para la red y posterior distribuirla.

Los elementos que componen el inversor son transistores bipolares o tristores, los cuales trabajan como elementos de cambio dentro de un circuito. Los inversores con estos elementos crean ondas cuadradas u onda tipo escalera, en ambos casos se debe filtrar la señal de onda y así poder llegar a la onda sinusoidal ideal para los trabajos en corriente alterna. Esta filtración también reduce la distorsión armónica, evitando de esta forma daños en los equipos electrónicos.

Según la onda convertida por el inversor se pueden dividir en tres tipos de ondas:

- Inversores de onda cuadrada: Toman la corriente continua y transforman a corriente alterna en una onda cuadrada. Al crear este tipo de onda, su voltaje de salida no es tan bueno, crea mucha distorsión armónica y una capacidad para soportar sobre tensiones muy limitada. Su aplicación es principalmente cargas resistivas, no se deben usar con cargas electrónicas o motores.
- Inversores de onda cuadrada modificada: Toman la corriente continua y transforman a corriente alterna en una onda cuadrada modificada. Al crear este tipo de onda, su voltaje de salida mejora, la distorsión armónica se reduce y su capacidad para sobre tensiones aumenta. Se puede utilizar para sistemas residenciales, pero no son los ideales.
- Inversores de onda sinusoidal: Toman la corriente continua y transforman a corriente alterna en una onda sinusoidal pura. Estos son los mejores y los ideales para todo tipo de operación electrónica por su casi nula distorsión armónica y su gran nivel de sobre tensión. También son muy sensibles para trabajar con los equipos electrónicos. Son los tipos de onda que se utilizan para trabajar en sistemas conectados a la red.

Comercialmente existen muchos tipos de inversores, pero los que se deben adquirir son los que satisfagan las potencias del diseño, que tengan una eficiencia superior al 80% y que su salida sea de onda sinusoidal modificada con muy baja distorsión armónica, si se desea invertir más, se puede considerar instalar inversores con salida de onda sinusoidal pura, los cuales son más sofisticados y más costosos, generalmente usados en equipos que requieran cargas muy sofisticadas libres de interferencias o con poco contenido de armónicos.

Los parámetros principales a tomar en cuenta previo a la adquisición de un inversor son:

- Alta eficiencia: Deben tener una eficiencia de transformación de al menos 80%. Actualmente en el mercado existen inversores con eficiencia de hasta el 95%.
- Bajos consumos en espera: Su consumo de energía debe ser el mínimo posible al momento de estar conectados sin trabajar.
- Distorsión armónica: Debe tener una baja distorsión armónica, lo cual protegerá notablemente a los equipos electrónicos conectados al mismo y evitará daños.
- Operación: Debe ser fácil de operar
- Mantenimiento: Debe de tener circuitos modulares que permitan el mantenimiento preventivo y correctivo del inversor.
- Fiabilidad: Debe poder trabajar en largos periodos de tiempo con bajo mantenimiento.
- Factor de corrección de potencia: Debe mantener un balance energético óptimo entre la carga recibida y la carga entregada al sistema.
- Bajo peso: Debe ser liviano para su fácil instalación y posterior mantenimiento.

Es importante recordar los parámetros de sobrecarga que deben tener un inversor. Existen motores a inducción en casi cualquier instalación eléctrica, por lo

que al momento del diseño se debe considerar un margen de trabajo para estos. En el caso del inversor se debe considerar al menos una capacidad de trabajar por arriba de su potencia nominal durante los arranques de estos diferentes equipos.

Los inversores también tienen categorías según el propósito que se le quiera dar. Donde existen los inversores síncronos que su transformación es utilizada para alimentar la red eléctrica. Los inversores para sistemas aislados que convierten la energía proveniente de las baterías en corriente alterna para el uso interno residencial o comercial. Y finalmente los inversores multifunción que pueden ser usados para cualquiera de los dos escenarios al mismo tiempo.

2.8.26 Tipos de inversores

A- Inversor de conmutación natural

Estos inversores son usados únicamente para sistemas conectados a la red, y de ahí su otro nombre “inversores conmutados por la red” (Véase figura #36). La red eléctrica es la encargada de determinar el estado de conducción de energía en los dispositivos y mediante conmutación se controla el flujo de energía en la dirección que se desee.

Con los avances tecnológicos se ha logrado la creación de los transistores tipo IGBT o transistor bipolar de puerta aislada, con estos semiconductores se han fabricado los inversores de conmutación forzada tipo PWM, estos tienen la gran ventaja de evitar la pérdida de energía por conmutación a grandes niveles de corriente y voltaje.

Figura #36.-

Inversor solar de conmutación natural



Fuente: tiendasolar.uy (2021)

B- Inversor de conmutación forzada

Estos inversores son usados únicamente para sistemas aislados a la red, también denominados auto conmutados, su sistema de cierre y apertura esta operado por el sistema de control. Estos inversores también tienen la capacidad de filtrar la onda sinusoidal producida para reducir los armónicos y además tener una eficiencia de hasta el 90%. (Véase figura #37)

Este inversor debe ser versátil para poder mantener el ritmo de la demanda, la entrada de corriente desde los paneles, las cargas de las baterías y las cargas de sobre corriente. Por eso debemos de tener en cuenta las siguientes características:

- Gran capacidad de descarga: debe poder solventar las altas corrientes de arranque de los motores conectados al sistema.
- Desconexión por bajo voltaje: el inversor debe tener la capacidad de cortar el fluido eléctrico cuando las baterías están entregando demasiada energía que puede llegar a dañarlas.

- Ventilación o sellado: según la ubicación deben ser sellados para proporcionar protección de los efectos climáticos y climas agresivos, también para evitar el ingreso de polvo e insectos. Y ventilados cuando el clima no es agresivo y se requiera una mejor disipación de calor por las altas temperaturas.
- Capacidad para cargar baterías: deben poder contar con un sistema para cargar las baterías de forma adicional cuando existen condiciones climáticas malas. Esta capacidad permite al inversor convertir la corriente alterna a corriente continua con un voltaje apropiado para cargar las baterías de respaldo.
- Protección de sobre corriente: los inversores deben venir con interruptores para evitar problemas de sobre corriente, así como otros elementos de protección electrónica.
- Sensibilidad del inversor: se debe considerar el mínimo de potencia requerido para iniciar a trabajar el inversor. En algunos casos, la potencia de encendido es muy alta en comparación a la carga de los equipos conectados, entonces se debe verificar la potencia mínima que requiere el inversor para poder salir de stand-by y entregar carga.

Figura #37.-

Inversor solar de conmutación forzada



Fuente: tiendasolar.uy (2021)

2.8.27 Cableado en DC

El dimensionamiento de los conductores eléctricos del sistema solar fotovoltaico es muy importante, porque debe de acatar todas las normativas para garantizar su fiabilidad y seguridad. El cableado en corriente directa es diferente al cableado de corriente alterna en su capacidad, debido a que los voltajes que se usan en corriente directa son inferiores y sus corrientes son superiores. Por consiguiente, se requiere un diámetro mayor de conductores para conducir la electricidad en corriente directa.

El material conductor usado para los sistemas solares fotovoltaicos es cobre. Bajo esta premisa tenemos que considerar las características de los conductores de cobre en el mercado en base a su aislamiento:

- THHN aislamiento para uso en interiores y ambientes secos
- THW, THWN Y TW aislamiento para uso de interior y exteriores húmedos
- UF y USE aislamiento para usos subterráneo y húmedos (Véase figura #38)

Se debe elegir el diámetro de conductor adecuado según la cantidad de corriente instalada y la caída de voltaje. Todo esto para evitar calentamiento o que el aislante se derrita durante su operación, evitando así accidentes o posibles incendios. El diámetro o sección correcta del conductor a elegir debe seguir dos factores de seguridad.

Figura #38.-

Cableado UF



Fuente: Promesa.com.ec (2020)

El primer factor de seguridad es considerar que el conductor soporte al menos el 125% de la corriente máxima calculada en el sistema. Este valor de seguridad aplica para todos los conductores de corriente continua del sistema, desde el banco de baterías a los paneles fotovoltaicos y desde el inversor al banco de baterías. Se puede considerar también un aumento del calibre o sección del conductor para soportar hasta 150% de la carga instalada, para reducir las pérdidas por calentamiento o por efecto joule.

Con todo lo antes expuesto, el dimensionamiento del cable debe soportar una caída de tensión de al menos el 5% entre los paneles solares fotovoltaicos y el regulador, así como entre el banco de baterías y el regulador, siempre a condición de plena carga.

Los conductores a instalarse en los paneles solares fotovoltaicos deben ser al menos categoría THW, THWN O TW que están fabricados para uso exterior y ambientes húmedos, sin embargo, la categoría de aislamiento de conductores ideales para este sistema son los UF y USE. También es recomendable que la distancia entre conductores y elementos de control sea la menor posible para evitar las caídas de tensión.

2.8.28 Cableado en AC

Para el dimensionamiento de los conductores en corriente alterna o a la salida del inversor, hay que considerar que en el sistema solar fotovoltaico es muy común tener caídas de tensión, esto trae como consecuencia el aumento de la corriente en la salida del inversor, lo que hay que considerar en el cálculo del calibre del conductor en corriente alterna.

La elección del conductor en la salida del inversor es un poco más económica por la elección de su aislamiento. Su aislamiento debe ser mínimo THHN (Véase

figura #39) para uso en interiores o ambientes secos, salvo que la ubicación del inversor este alejado de la carga y los conductores tengan que atravesar ambientes no cerrados.

Figura #39.- Cableado THHN/THWN



Fuente: ineldec.com (2020)

2.8.29 Estructura de soporte

Es la encargada de mantener fijos y estables los paneles solares fotovoltaicos. Generalmente ubicados en la terraza o tejado de las estructuras, con la finalidad de reducir al máximo las sombras. Deben ser rígidos y mantener la ubicación de forma constante sin importar las condiciones climáticas. De preferencia deben ser fabricados de material inoxidable o usualmente de aluminio

La estructura de soporte está directamente relacionada con el peso de los paneles solares fotovoltaicos, la dimensión de los paneles, la ubicación de los paneles, la velocidad del viento, el material del cual será construido y de la inclinación que los mismos deben tener para aprovechar al máximo la irradiancia solar. (Véase figura #40)

Aspectos a considerar al momento de diseñar una estructura de soporte:

- Peso total a soportar cada estructura
- Velocidad del viento máxima registrada en el lugar a instalarse
- Angulo de inclinación previamente estudiado
- No debe generar sombras a los paneles solares fotovoltaicos

- Los elementos de sujeción como tornillos y pernos deberán ser de acero inoxidable

Figura #40.-

Soporte para panel solar de aluminio



Fuente: tiendafotovoltaica.es (2021)

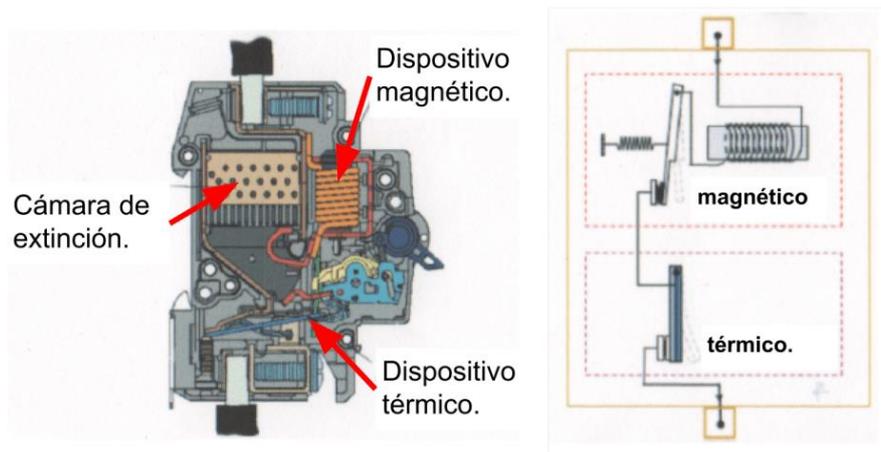
2.8.30 Elementos de protección eléctrica

La protección eléctrica es indispensable en todo sistema, ya sea esta mecánica, térmica o electrónica. Este tipo de protección debe abarcar sobre voltajes, sobre corrientes y cortocircuitos en cualquier parte del sistema solar fotovoltaico. Esto para garantizar la vida de los usuarios y la integridad del sistema.

Los disyuntores, interruptores o breakers (Véase figura #41) a instalarse deben ser elementos que cumplan los estándares de calidad nacionales o internacionales para su fabricación y operación. Estas protecciones también deben ser plenamente identificadas para que tipo de corriente van a ser utilizados, de esta manera se evitan problemas.

Figura #41.-

Breaker termomagnético



Fuente: emacstores.com (2021)

Principalmente la corriente directa en algunos casos tiende a crear arcos eléctricos cuando el circuito es cerrado y la corriente alterna según su tipo de protección llegan hasta quemar sus elementos para proteger el sistema.

En un sistema solar fotovoltaico el principal lugar a proteger es el banco de baterías, debido a que estos presentan ácidos en su fabricación y pueden liberar gases inflamables en caso de una falla de las mismas. En conjunto con la batería, se debe proteger al dispositivo que tiene como función censarla constantemente como es el regulador.

La protección contra sobre corrientes y corrientes de cortocircuito es lo principal. Se pueden usar para proteger varios métodos o todos los métodos a continuación:

- Fusibles
- Diodos
- Disyuntores
- Interruptores termomagnéticos

La ubicación de estas protecciones debe estar colocadas entre la generación de los paneles solares fotovoltaicos y el inversor DC/AC, y entre el inversor y la carga. El cálculo de las protecciones se calcula tomando como referencia la carga máxima

instalada y estas protecciones deben tener la capacidad del 150% de la carga total instalada.

2.8.31 Puesta a tierra

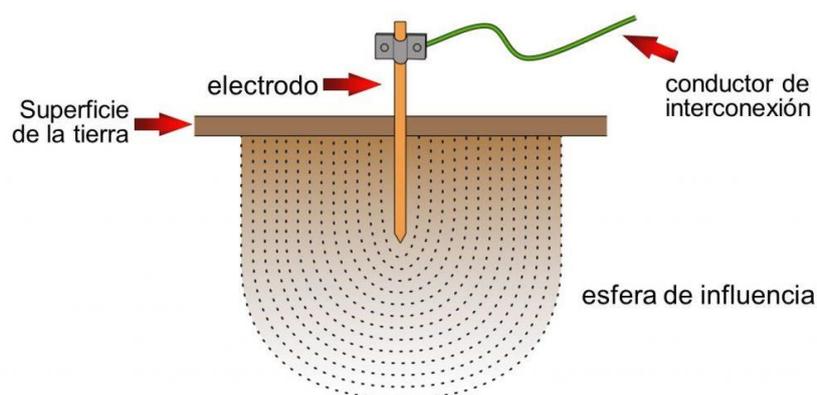
La correcta instalación de un sistema puesta a tierra es indispensable para la correcta operación y longevidad del sistema solar fotovoltaico. Esta instalación nos permitirá limitar los voltajes ocasionados por descargas atmosféricas, sobre tensiones en las líneas, sobre tensiones en los contactos eléctricos, estabilización de voltajes y contar con una tierra común para todos los elementos eléctricos y electrónicos del sistema.

La principal protección que nos brinda un correcto sistema de puesta a tierra es contra descargas eléctricas por una falla a tierra, generalmente ocasionada cuando un contacto energizado entra en contacto con un sistema a tierra en cualquier estructura conductora. (Véase figura #42)

En un sistema de corriente continuo es necesario conectar un conductor negativo al sistema de tierra en un solo punto del sistema, como tierra común. Además, este punto de conexión debe estar cerca de los paneles solares fotovoltaicos para evitar daños en los equipos por descargas atmosféricas.

Figura #42.-

Sistema de varilla puesta a tierra



Fuente: jdelectricos.com.co (2021)

2.8.32 Tipos de Sistemas fotovoltaicos

Existen dos tipos de sistemas fotovoltaicos, los conectados a la red que corresponden a los sistemas que buscan reducir el consumo de energía con la compañía proveedora de electricidad o que suministran energía a la red para satisfacer demanda de energía por los consumidores.

Luego tenemos los no conectados a la red o también conocidos como autónomos, los cuales cumplen con la función de satisfacer total o parcialmente los requerimientos de electricidad del consumidor.

Adicionalmente mencionaremos también el sistema híbrido donde también puede participar el sistema solar fotovoltaico en conjunto con otros medios de generación de energía renovable.

A- Conectados a la Red

Estos sistemas se originaron históricamente en Estados Unidos, en la década de 1970, el primero en realizarse fue en Arlington, Universidad de Texas en 1978. En cambio, en Europa esto sucedió en la década de los 80, en Alemania, Austria y Suiza estos países fueron los más destacados por presentar proyectos de demostración tecnológica.

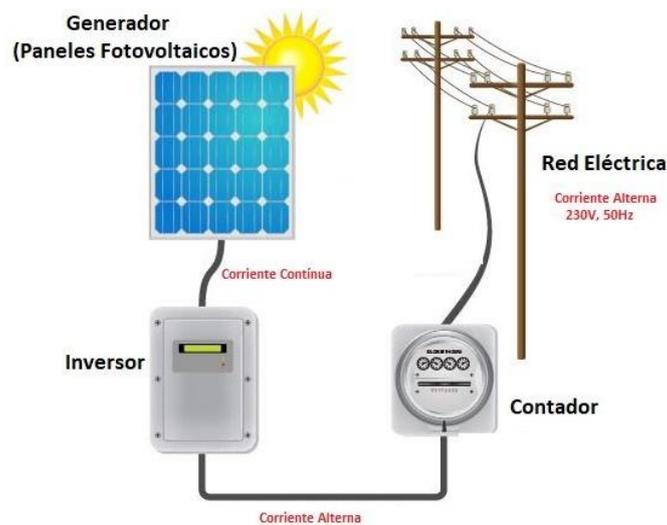
Los sistemas solares fotovoltaicos conectados a la red (Véase figura #43) tienen como principal objetivo incrementar la cantidad de energía disponible para los usuarios o en casos residenciales, para contar con un suministro de energía de respaldo en caso de que la energía fotovoltaica instalada falle o no se desea implementar un banco de baterías por el alto costo y trabajan con energía solar durante los periodos de irradiación solar y en la noche trabajaran con la energía de la empresa eléctrica.

Para poder estar conectados a la red eléctrica pública, primero se debe de regular la tensión y la frecuencia a la de la red a conectarse, de esta manera puede suministrar energía limpia y con los estándares necesarios para ser utilizada por otros usuarios. De esta manera, cualquier excedente de esta energía generada de forma privada puede entregarse a la empresa comercializadora y tener ganancias o descuentos en las facturas de energía.

Para poner en funcionamiento una instalación fotovoltaica de este tipo es necesario contar con un punto de acceso a red eléctrica, que permita entregar la energía generada. Para este sistema se requiere un conmutador que permita el intercambio entre la energía entregada por el sistema solar fotovoltaico a la red eléctrica local.

Figura #43.-

Sistema solar fotovoltaico conectado a la red



Fuente: areatecnologia.com (2020)

B- Autónomos

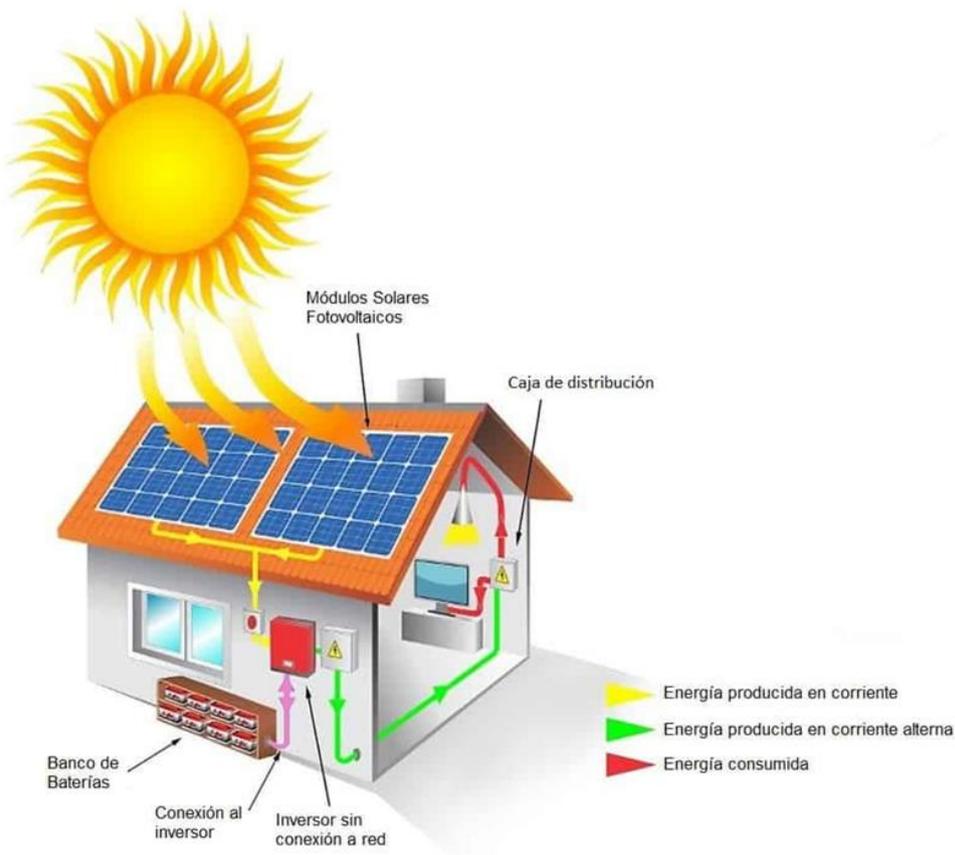
Generalmente utilizados en lugares aislados, sin acceso al servicio eléctrico, iluminación de carreteras, antes de comunicaciones, bombes de agua, etc. Estos equipos dependen estrictamente de la electricidad generada por los paneles solares

fotovoltaicos y requieren contar con toda la robustez necesaria para contar con energía durante todo el año. (Véase figura #44)

Los equipos indispensables son las baterías, inversores, reguladores y paneles fotovoltaicos, sin estos no se puede considerar como un sistema autónomo. Estos sistemas son ideales para cualquier ubicación rural o marginal que requiera contar con energía eléctrica sin depender de otro factor que no sea el clima.

Figura #44.-

Sistema solar fotovoltaico autónomo



Fuente: grupociie.com (2021)

C- Híbridos

Los sistemas solares fotovoltaicos híbridos son los que adicional a contar con un sistema de energía solar fotovoltaica, tienen un sistema renovable adicional para proporcionar energía a las instalaciones eléctricas o a la red (Véase figura #45).

También son considerados híbridos aquellos que cuentan con un sistema de generación a gas u otro combustible fósil. Los sistemas híbridos pueden estar o no a la red pública según sea el requerimiento de la instalación.

Los sistemas híbridos tienen la capacidad de aumentar su potencia instalada con la dotación de otro medio de energía, el cual también puede cargar los bancos de baterías.

En algunos casos los sistemas híbridos pueden contar en su instalación con dos inversores bidireccionales, donde el primero tiene la función de convertir la corriente alterna a corriente continua para la operación de las instalaciones y el segundo tiene la función de estar conectado al sistema de apoyo a un generador para convertir la corriente alterna en continua y alimentar al banco de baterías.

Algunos sistemas híbridos también pueden combinar más de dos fuentes de generación de energía, de preferencia renovables. En resumen, el sistema híbrido tiene la característica de garantizar la continuidad del fluido eléctrico en todo momento.

Figura #45.-

Sistema Solar fotovoltaico híbrido con sistema eólico



Fuente: cyzcorp.com (2023)

Capítulo 3: Dimensionamiento del sistema fotovoltaico

3.1 Introducción

Cuando hablamos de diseñar un buen sistema solar fotovoltaico, se deben considerar dos cosas fundamentales, el espacio y el costo de instalación. Los espacios disponibles deben ser amplios y gozar de pocas o nulas áreas con sombra para que la generación de energía se vea afectada al mínimo, esto va directamente relacionado con el costo de la inversión debido a la pérdida de potencia si existe mucha sombra en el lugar a instalarse.

A menor cantidad de desperdicios de energía por generación afectados por la sombra, menor cantidad de paneles se deberán instalar, lo que reducirá el costo de inversión del sistema y por consiguiente, hará que sea más atractivo para invertir en esta energía renovable.

Se analizarán todos los factores necesarios para la implementación de un sistema solar fotovoltaico en el nuevo Templo Mormón a construirse, así como las recomendaciones, el presupuesto y tiempo de retorno de la inversión.

3.2 Ubicación

El estudio para implementar un sistema solar fotovoltaico será para el templo mormón a construirse en la provincia del Guayas, ciudad de Guayaquil, en la parroquia Pascuales, en el barrio de Monte Sinaí. (Véase figura #46)

Figura #46.-

Terreno donde se construirá el Templo Mormón Monte Sinaí

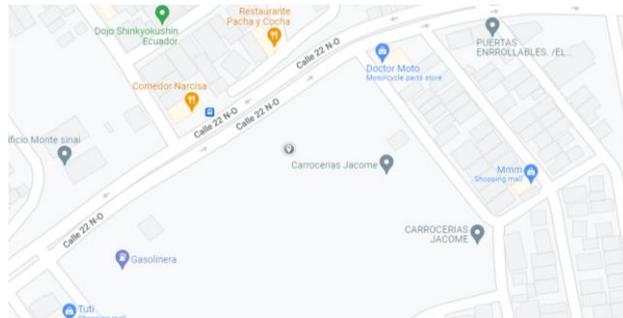


Fuente: GoogleMaps (2024)

La ubicación al momento es muy buena para implementar un sistema solar fotovoltaico (Véase figura #47). Esto debido a que, en las áreas circundantes al proyecto, solo existen viviendas de dos plantas que no superan la altura de los 7 metros, esto nos permitirá contar con un mejor aprovechamiento de la radiación solar al contar con menos sombras.

Figura #47.-

Ubicación en mapa del proyecto Templo Mormón Monte Sinaí

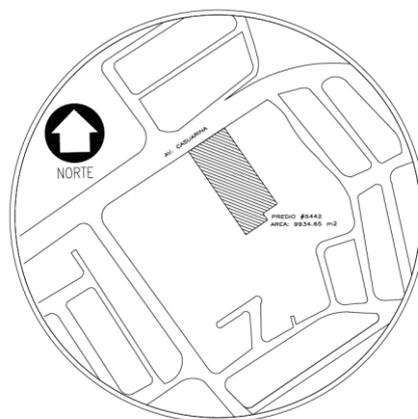


Fuente: Google Maps (2024)

Lo que se debe considerar al momento del diseño es únicamente es el amanecer y el atardecer, debido a la ubicación ligeramente distante de ciertas montañas que podrían afectar esta condición, así como de las casas de dos plantas que también generaran sombra en estos periodos del día. (Véase figura #48)

Figura #48.-

Orientación del proyecto Tempo Mormón Monte Sinaí



Fuente: Proyectista (2022)

3.3 Demanda

Para poder realizar un correcto estudio para la instalación de un sistema solar fotovoltaico, se debe tener claro la demanda de energía que va a requerir y la cantidad de elementos eléctricos que va a tener el sistema. La demanda estará constituida por la carga total instalada en todos los tableros y paneles del Templo Mormón a construirse.

Empezaremos realizando un cuadro de carga para el primer centro de carga, este estará ubicado en el bloque #1. El bloque #1 estará constituido por una guardería, salas para reuniones, obispados, servicios higiénicos, cuarto técnico, secretaria y un cuarto de limpieza.

(Véase tabla #4)

Tabla #4.-

Cuadro de carga Bloque #1

CIRCUITO		Cant	V	P.TOTAL	FACTOR	FACTOR	DEMANDA	FASES					PROTECCION		CONDUCTOR
No	DESIGNACION			VATIOS	POTENCIA	DEMANDA	VA	R	S	T	N	G	No	AMP	
C1	Tomacorrientes #1	5	120	800	0,92	0,7	351,85	1			1	1	1	15	3*12 CU FLEX
C2	Tomacorrientes #2	5	120	800	0,92	0,7	351,85		1		1	1	1	15	3*12 CU FLEX
C3	Tomacorrientes #3	5	120	900	0,92	0,7	395,83	1			1	1	1	15	3*12 CU FLEX
C4	Tomacorrientes #4	5	120	900	0,92	0,7	395,83		1		1	1	1	15	3*12 CU FLEX
C5	Tomacorrientes #5	5	120	800	0,92	0,7	351,85			1	1	1	1	15	3*12 CU FLEX
C6	Tomacorrientes #6	5	120	800	0,92	0,7	351,85			1	1	1	1	15	3*12 CU FLEX
C7	Tc #1 220 V	1	120	1.360	0,92	0,7	598,14	1			1	1	2	20	3*10 CU FLEX
			120	1.360	0,92	0,7	598,14		1						20
C8	Tc #2 220 V	1	120	1.200	0,92	0,7	527,77			1	1	1	2	20	3*10 CU FLEX
			120	1.200	0,92	0,7	527,77	1							20
C9	Alumbrado #1	10	120	400	0,92	1	251,32			1	1	1	1	15	3*14 CU FLEX
C10	Alumbrado #2	10	120	400	0,92	1	251,32	1			1	1	1	15	3*14 CU FLEX
C11	Alumbrado #3	10	120	400	0,92	1	251,32		1		1	1	1	15	3*14 CU FLEX
C12	Alumbrado #4	10	120	400	0,92	1	251,32			1	1	1	1	15	3*14 CU FLEX
C13	Alumbrado #5	10	120	400	0,92	1	251,32	1			1	1	1	15	3*14 CU FLEX
C14	Alumbrado #6	10	120	400	0,92	1	251,32		1		1	1	1	15	3*14 CU FLEX
C15	Alumbrado #7	11	120	440	0,92	1	276,45			1	1	1	1	15	3*14 CU FLEX
C16	Alumbrado #8	9	120	106	0,92	1	66,60	1			1	1	1	15	3*14 CU FLEX
C17	Ventiladores #1	6	120	456	0,92	1	286,50	1			1	1	1	15	3*14 CU FLEX
C18	Ventiladores #2	6	120	456	0,92	1	286,50		1		1	1	1	15	3*14 CU FLEX
C19	Ventiladores #3	6	120	456	0,92	1	286,50			1	1	1	1	15	3*14 CU FLEX
C20	Letreros de Salida	6	120	120	0,92	1	75,40	1			1	1	1	15	3*14 CU FLEX
C21	Luces de Emergencia	5	120	625	0,92	1	392,69			1	1	1	1	15	3*14 CU FLEX
TOTALES			W	8.774		VA	7.629,43								

Fuente: Autor (2025)

Este bloque tendrá una potencia total instalada en watts/vatios de 8.774 o 8,774 KW y una demanda total tomando un factor de potencia de 0,92 y un factor de demanda según el uso de cada uno de estos puntos variable entre 0,7 y 1, con un total de 7.629,43 VA o 7,63 KVA.

El segundo cuadro de carga será el encargado de la parte de iluminación exterior, bomba contra incendios, reflectores de la cancha y el sistema de riego. (Véase Tabla #5)

Tabla #5.-

Cuadro de carga exteriores

	CIRCUITO	Cant	VOLT	P.TOTAL	FACTOR	FACTOR	DEMANDA	FASES					PROTECCION		CONDUCTOR	
No	DESIGNACION		V	VATIOS	POTENCIA	DEMANDA	VA	R	S	T	N	G	No	AMP		
C1	Bomba Jockey	1	120	1.200	0,92	0,7	913,04	1				1	1	2	15	3*10 CU FLEX
			120	1.200	0,92	0,7	913,04		1							
C2	Reflectores Zona #1	4	120	364	0,92	0,7	276,96			1	1	1	1	15		3*12 CU FLEX
C3	Reflectores Zona #2	4	120	364	0,92	0,7	276,96			1	1	1	1	15		3*12 CU FLEX
C4	Sistema de riego	1	120	400	0,92	0,7	304,35			1	1	1	1	15		3*12 CU FLEX
TOTALES			W	2.039			1.551,65									

Fuente: Autor (2025)

El tablero de exteriores tendrá una potencia total instalada en watts/vatios de 2.039 o 2,04 KW y una demanda total tomando un factor de potencia de 0,92 y un factor de demanda será de 0,7 debido al poco uso que tendrán, con un total de 1.551,65 VA o 1,55 KVA.

Para el tercer cuadro de carga tomaremos el salón sacramental o bloque #2, aquí será donde se realizarán los cultos y es el único bloque que contará con equipos de climatización. También en este bloque se encontrarán 3 salones, los cuales serán para almacenamiento, sumo consejo y secretaria. (Véase tabla #6)

Tabla #6.-

Cuadro de carga Salón Sacramental

	CIRCUITO	Cant	VOLT	P.TOTAL	FACTOR	FACTOR	DEMANDA	FASES					PROTECCION		CONDUCTOR	
No	DESIGNACION		V	VATIOS	POTENCIA	DEMANDA	VA	R	S	T	N	G	No	AMP		
C1	Tomacorrientes #1	4	120	900	0,92	0,7	684,78	1			1	1	1	15		3*12 CU FLEX
C2	Tomacorrientes #2	4	120	900	0,92	0,7	684,78		1		1	1	1	15		3*12 CU FLEX
C3	Tomacorrientes #3	4	120	800	0,92	0,7	608,70			1	1	1	1	15		3*12 CU FLEX
C4	Tomacorrientes #4	4	120	1.000	0,92	0,7	760,87	1			1	1	1	15		3*12 CU FLEX
C5	Tomacorrientes #5	4	120	900	0,92	0,7	684,78		1		1	1	1	15		3*12 CU FLEX
C6	Tomacorrientes #6	4	120	1.100	0,92	1	1.195,65			1	1	1	1	15		3*12 CU FLEX
C7	Alumbrado #1	10	120	400	0,92	1	434,78	1			1	1	1	15		3*14 CU FLEX
C8	Alumbrado #2	10	120	400	0,92	1	434,78		1		1	1	1	15		3*14 CU FLEX
C9	Alumbrado #3	10	120	400	0,92	1	434,78			1	1	1	1	15		3*14 CU FLEX
C10	Alumbrado #4	10	120	400	0,92	1	434,78	1			1	1	1	15		3*14 CU FLEX
C11	Alumbrado #5	9	120	360	0,92	1	391,30		1		1	1	1	15		3*14 CU FLEX
C12	Alumbrado #6	9	120	360	0,92	1	391,30			1	1	1	1	15		3*14 CU FLEX
C13	Alumbrado #7	9	120	360	0,92	1	391,30	1			1	1	1	15		3*14 CU FLEX
C14	Alumbrado #8	9	120	360	0,92	1	391,30		1		1	1	1	15		3*14 CU FLEX
C15	Letreros de Salida	12	120	240	0,92	1	260,87			1	1	1	1	15		3*14 CU FLEX
C16	Luces de Emergencia #1	6	120	750	0,92	1	815,22	1			1	1	1	15		3*14 CU FLEX
C17	Luces de Emergencia #2	6	120	750	0,92	1	815,22		1		1	1	1	15		3*14 CU FLEX
C18	Tomacorriente Alama	1	120	500	0,92	1	543,48			1	1	1	1	15		3*14 CU FLEX
C19	Central contra incendios	1	120	400	0,92	1	434,78	1			1	1	1	15		3*14 CU FLEX
TOTALES			W	6.520			VA	6.239,00								

Fuente: Autor (2025)

El Salón Sacramental tendrá una potencia total instalada en watts/vatios de 6.520 o 6,52 KW y una demanda total tomando un factor de potencia de 0,92 y un factor de demanda según el uso de cada uno de estos puntos variable entre 0,7 y 1, con un total de 6.239,00 VA o 6,24 KVA.

El ultimo cuadro de carga será el de los tableros acondicionadores de aire que climatizarán al Salón Sacramental (Véase tabla #7). Esta es la carga más grande de todo el templo y será la más delicada para energizar con el sistema solar fotovoltaico.

Tabla #7.-

Cuadro de carga acondicionadores de aire

No	CIRCUITO DESIGNACION	V	P.TOTAL	FACTOR	FACTOR	DEMANDA	FASES					PROTECCION		CONDUCTOR
			VATIOS	POTENCIA	DEMANDA	VA	R	S	T	N	G	No	AMP	
C1	A/A Compresor #1	120	2.100	0,92	1	2.282,61	1			1	1	2	50	2*10+1*12 CU FLEX
		120	2.100	0,92	1	2.282,61		1						2*10+1*12 CU FLEX
C2	A/A Evaporador #1	120	700	0,92	1	760,87		1		1	1	2	15	3*14 CU FLEX
		120	700	0,92	1	760,87			1					3*14 CU FLEX
C3	A/A Compresor #2	120	2.100	0,92	1	2.282,61			1	1	1	2	50	2*10+1*12 CU FLEX
		120	2.100	0,92	1	2.282,61	1							2*10+1*12 CU FLEX
C4	A/A Evaporador #2	120	700	0,92	1	760,87	1			1	1	2	15	3*14 CU FLEX
		120	700	0,92	1	760,87		1						3*14 CU FLEX
C5	A/A Compresor #3	120	2.100	0,92	1	2.282,61		1		1	1	2	50	2*10+1*12 CU FLEX
		120	2.100	0,92	1	2.282,61			1					2*10+1*12 CU FLEX
C6	A/A Evaporador #3	120	700	0,92	1	760,87			1	1	1	2	15	3*14 CU FLEX
		120	700	0,92	1	760,87	1							3*14 CU FLEX
C7	A/A Compresor #4	120	2.100	0,92	1	2.282,61	1			1	1	2	50	2*10+1*12 CU FLEX
		120	2.100	0,92	1	2.282,61		1						2*10+1*12 CU FLEX
C8	A/A Evaporador #4	120	700	0,92	1	760,87		1		1	1	2	15	3*14 CU FLEX
		120	700	0,92	1	760,87			1					3*14 CU FLEX
C9	A/A Compresor #5	120	2.100	0,92	1	2.282,61			1	1	1	2	50	2*10+1*12 CU FLEX
		120	2.100	0,92	1	2.282,61	1							2*10+1*12 CU FLEX
C10	A/A Evaporador #5	120	700	0,92	1	760,87		1		1	1	2	15	3*14 CU FLEX
		120	700	0,92	1	760,87			1					3*14 CU FLEX
TOTALES		W	16.185		VA	17.592,36								

Fuente: Autor (2025)

El tablero de acondicionadores de aire tendrá una potencia total instalada en watts/vatios de 16.185 o 16.19 KW y una demanda total tomando un factor de potencia de 0,92 y un factor de demanda será de 1 debido a que permanecerán encendidos todo el tiempo, con un total de 17.592,36 VA o 17,6 KVA.

Al culminar todos los cuadros de carga, podremos obtener finalmente el cuadro de demanda total (Véase tabla #8). El cual nos permitirá analizar, calcular y designar los diversos equipos para instalar un sistema solar fotovoltaico.

Tabla #8.-

Cuadro de carga total

TABLERO					ALIMENTADOR		PROTECCION		CAIDA
DESIGNACION		TIPO	CIR KW	DMU KVA	TIPO	LONG M	#	A	TENSION
UBIC	AREA								%
TD1	TABLERO BLOQUE #1	TABLERO GE PARA 16/32 ESPACIOS	8,77	7,63	ALIMENTADOR :2x#4 Cu + 1x#6 Cu +1#8 Cu	30	3	50,00	3
TD2	TABLERO SACRAMENTAL	PANEL BREAKERS TRIFASICO 16/32 ESPACIOS	6,52	6,24	ALIMENTADOR :2x#6 Cu + 1x#8 Cu +1#10 Cu	45	3	50,00	3
TDEXT	TABLERO EXTERIOR	TABLERO MOLDEADO PARA 8/16 ESPACIOS	2,04	1,55	ALIMENTADOR :3x#8 Cu + 1x#10 Cu +1#12 Cu	52	3	40,00	5
TDAA	ACONDICIONADORES DE AIRE	PANEL BREAKERS TRIFASICO 16/32 ESPACIOS	16,18	17,59	ALIMENTADOR : 2#2/0+1X1/0+1X2 CU THHHN	65	3	125,00	5
TOTALES			33,52	33,01	BREAKER PRINCIPAL	3 POLOS 200 AMP			

Fuente: Autor (2025)

La potencia total del proyecto será de 33.520,00 Watts o 33,52 KW y la demanda con el factor de potencia de 0,92 será de 33.010,00 VA o 33,01 KVA.

Tomando la potencia máxima a instalarse de 33,52 KW o 33,01 KVA, se deberán realizar todos los cálculos pertinentes para el máximo aprovechamiento de la energía, la potencia necesaria para arrancar los compresores de los equipos de climatización, entre otras variables del sistema.

La demanda total del templo mormón será considerada para la instalación del sistema solar fotovoltaico, de igual forma el sistema no será autónomo sino híbrido, conectado a la red en caso de problemas del sistema o épocas lluviosas con alto índice de nubes que no permitirán que la irradiancia solar llegue en su totalidad a los paneles solares fotovoltaicos.

Al tener un sistema conectado a la red, nos permitirá reducir los costos de implementación del proyecto, principalmente por la demanda máxima que se debe tener para arrancar los compresores de los acondicionadores de aire. Los motores requieren generalmente una potencia que generalmente es el doble o triple de la potencia normal de

operación y si se tuviese un sistema aislado, se debería considerar estos picos de potencia a nuestro diseño.

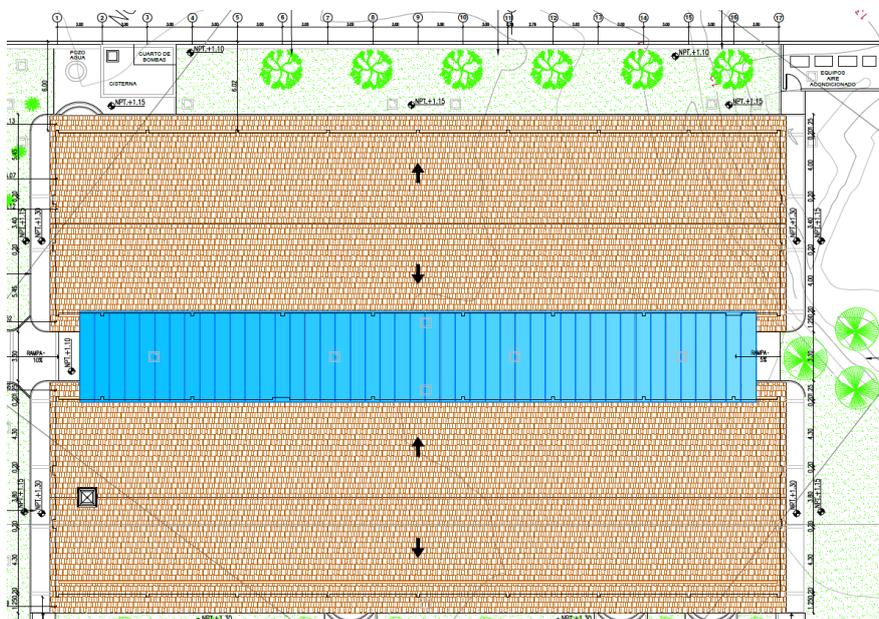
Adicionalmente, al estar conectados a la red, nos permitirá entregar la energía a la red pública y tener réditos económicos con esto. La demanda máxima considerando el 100% extra de potencia para el tablero de acondicionadores y un 20% adicional considerando los días nublados o de lluvias, nos da una potencia total del sistema de 55.200 Watts.

3.4 Área de instalación de paneles solares fotovoltaicos

El área disponible para realizar la instalación de los paneles solares fotovoltaicos (Véase figura #49), sin aumentar el costo de la inversión al tener que construir un área específica para ellos, será el techo o cubierta del templo. Esta cubierta cuenta con suficiente fuerza y estructura metálica para soportar el peso de los paneles solares a instalarse. Es importante destacar que la estructura que sostendrá los paneles solares fotovoltaicos será fabricada de aluminio para reducir el peso de los mismos sobre la estructura del templo.

Figura #49.-

Área disponible para instalación de los paneles Solares



Fuente: Proyectista (2022)

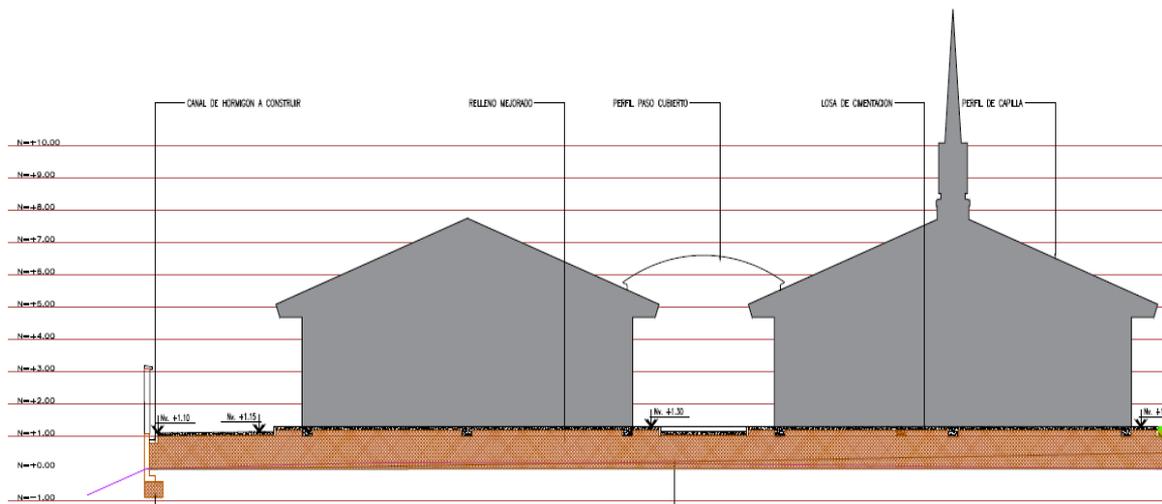
Se tienen dos cubiertas en el templo, la primera que corresponde al bloque #1 y la segunda área que corresponde al Salón Sacramental. Las dimensiones que tienen estos techos son de 12 metros de frente por 48 metros de profundidad y 13 metros de frente por 48 metros de profundidad respectivamente.

Estas dimensiones nos entregan un total de 576 metros cuadrados para el bloque #1 y 624 metros cuadrados para el Salón Sacramental. En total de área utilizable para la instalación de los paneles solares fotovoltaicos será de 1200 metros cuadrados, los cuales en casi su totalidad no se verán afectados por las sombras.

La altura de trabajo de los paneles solares fotovoltaicos a instalarse será de mínimo de 5 metros y un máximo de 8 metros de altura (Véase figura #50). Esto nos permitirá optimizar al máximo los paneles solares fotovoltaicos al evitar en gran cantidad las sombras de los alrededores debido a la altura del templo.

Figura #50.-

Alturas de trabajo de paneles solares fotovoltaicos



Fuente: Proyectista (2022)

Es importante también recordar que, al instalar los soportes para los paneles, subirán hasta 50 cm para mejor operación y orientación. Sin embargo, el dimensionamiento del sistema solar fotovoltaico debe tener claro los meses críticos de irradiación solar, lo cual

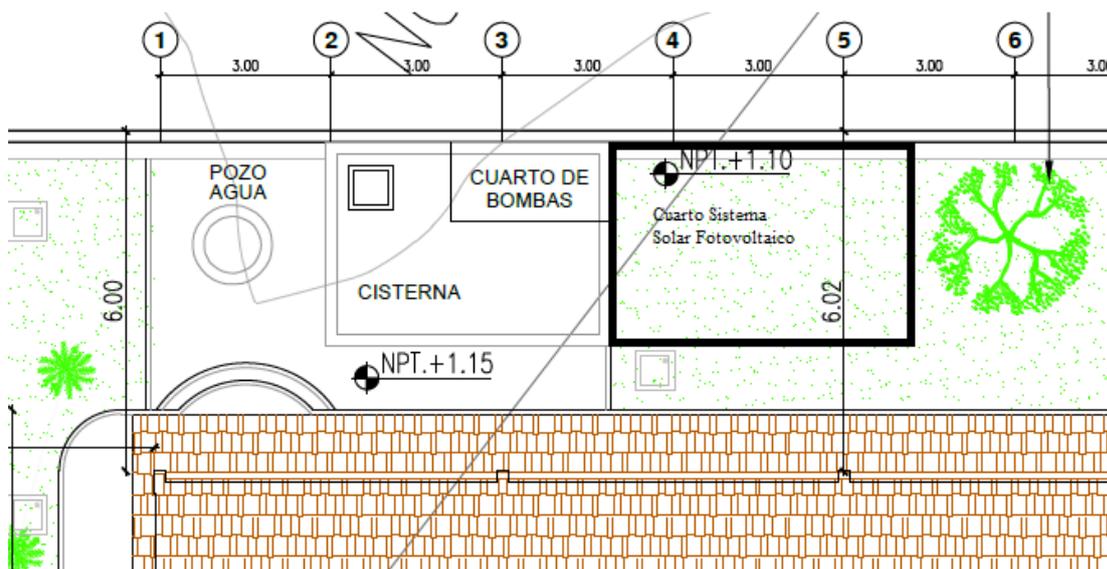
conlleva a una menor producción de energía. Por esta razón se instalará el sistema solar fotovoltaico híbrido con conexión a la red de la Empresa Eléctrica CNEL EP Guayaquil.

3.5 Área de instalación de equipos de control y acumuladores

Para el sistema solar fotovoltaico a instalarse se proyectará un área verde junto al Cuarto de bombas (Véase figura #51). Esta ubicación se elige debido al espacio disponible, a la cercanía de del tablero principal de distribución, distancia del medidor de energía, distancia del transformador y por la facilidad de desplazar el cableado de los paneles solares fotovoltaicos por vía aérea en electro parrillas hacia este nuevo cuarto eléctrico exclusivo para el sistema solar fotovoltaico.

Figura #51.-

Ubicación de cuarto eléctrico para sistema solar fotovoltaico



Fuente: Proyectista (2022)

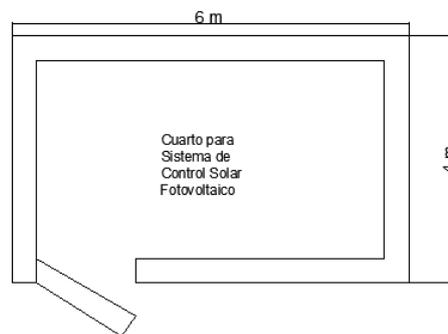
El área al ser aislada podrá tener todo el espacio y seguridad necesaria para instalar todos los equipos necesarios para proporcionar la energía, también facilitará las conexiones entre la red de la empresa y el sistema solar fotovoltaico. De esta manera se reducirán los costos lo máximo posible en cableados de corriente alterna. El espacio disponible también

será ventilado, lo cual es ideal para la acumulación de calor del banco de baterías, inversor y regulador.

El cuarto exclusivo para el sistema solar fotovoltaico tendrá secciones de trabajo para mejor orden y seguridad. El mismo tendrá su área exclusiva para el banco de baterías, las mismas que estarán junto a la ventilación de la habitación para disipar todo el calor generado por las mismas. (Véase figura #52)

Figura #52.-

Cuarto de equipos solares fotovoltaicos



Fuente: Autor (2025)

Estas baterías irán instaladas sobre estructuras metálicas huecas, las mismas ayudarán a no acumular calor y permitir disipar este calor en el ambiente. Según la cantidad de baterías a instalarse, la estructura puede ser de hasta dos pisos con un espacio aproximado de 60 centímetros entre la parte superior de la batería base y la base de la batería inmediata superior. Esto será para evitar acumular el calor entre las baterías.

Por otro lado, la distribución de cableado DC será de forma aérea, por medio de electro parrillas que permitan mejor disipación del calor, mejor manejo del cableado y mayor comodidad para el ingreso del cableado desde los paneles solares.

La distribución en corriente alterna, posterior a la salida del inversor, también se hará de forma aérea, evitando de esta forma trabajos civiles que compliquen la inversión y la facilidad para implementar este sistema.

3.6 Estudio de sombras

El estudio de sombras es necesario para poder determinar las pérdidas de irradiación térmica. Se analizan los edificios cercanos, montañas y demás elementos que puedan interferir con la captación de radiación solar de los paneles fotovoltaicos.

La ubicación del proyecto, como se ha hablado previamente, dispone de gran espacio a su alrededor, carece de edificios altos o de montañas que puedan crear sombras en los paneles solares. La única preocupación en la actualidad, es la disposición de los paneles solares, los cuales en ningún periodo del día deben crear sombras entre ellos.

Por consiguiente, el diseño de la disposición de los paneles solares fotovoltaicos en los techos debe analizar este factor importante. Entonces, procedemos a ingresar esta información y análisis al sistema PVsyst para poder simular el rendimiento de nuestro sistema solar en condiciones climáticas históricas. El sistema PVsyst nos proporcionara la información necesaria de paneles en base a la irradiación solar mínima, máxima y pico (Véase tablas #9 a #15). Esta irradiancia va acorde a los históricos según la ubicación del proyecto y tomando como referencia al Atlas Solar.

Tabla #9.-

Irradiación solar en el sitio a instalar el sistema solar fotovoltaico.

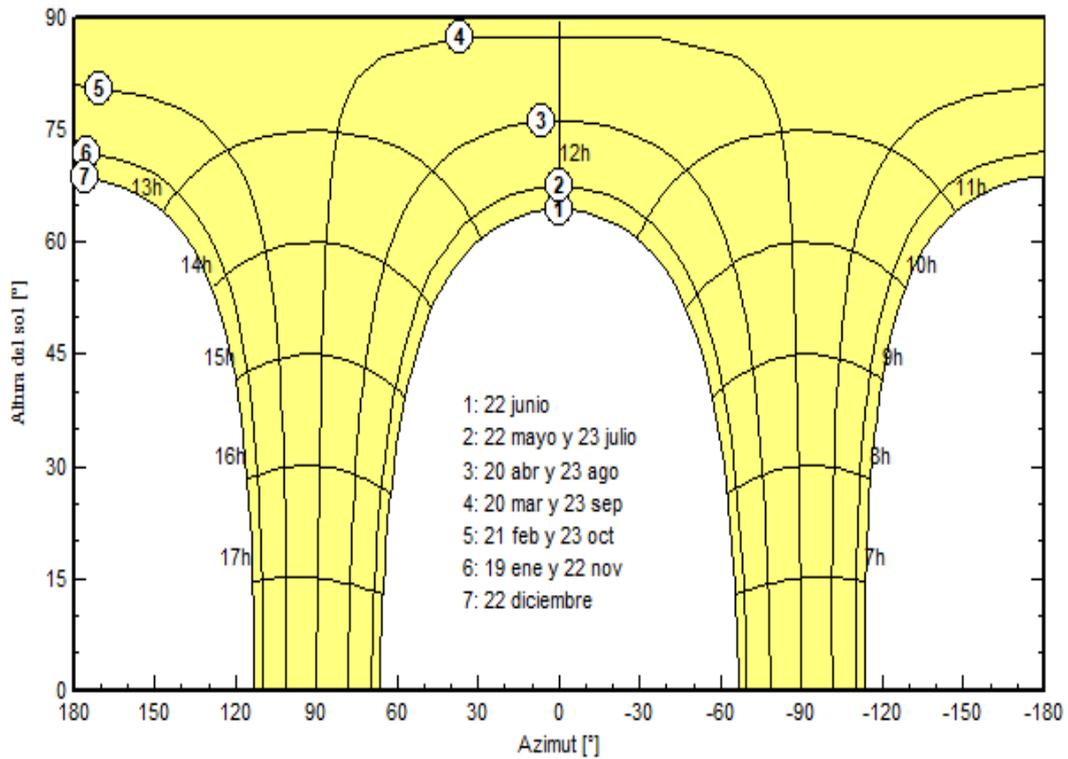
	Irradiación horizontal global	Irradiación difusa horizontal	Temperatura	Velocidad del viento	Turbidez Linke	Humedad relativa
	kWh/m ² /mes	kWh/m ² /mes	°C	m/s	[-]	%
Enero	132.3	85.0	26.6	1.30	4.354	70.5
Febrero	122.2	73.9	26.5	0.99	4.179	76.5
Marzo	148.0	90.9	27.0	1.10	4.234	74.7
Abril	151.7	87.2	26.7	1.20	4.689	74.7
Mayo	147.1	80.3	26.4	1.50	4.618	72.1
Junio	119.3	74.4	24.8	2.09	4.148	73.5
Julio	125.6	75.7	24.5	2.40	3.928	71.7
Agosto	128.6	84.0	24.1	2.80	4.151	70.9
Septiembre	129.4	74.0	24.1	2.89	4.678	70.5
Octubre	101.6	71.1	24.5	2.80	4.859	69.6
Noviembre	92.9	68.7	24.7	2.71	4.993	68.4
Diciembre	134.5	83.0	26.5	2.20	5.262	64.5
Año	1533.2	948.1	25.5	2.0	4.508	71.5

Irradiación horizontal global variabilidad año a año 6.8%

Fuente: Autor con software PVsyst (2024)

Tabla #10.-

Incidencia Solar durante el día.

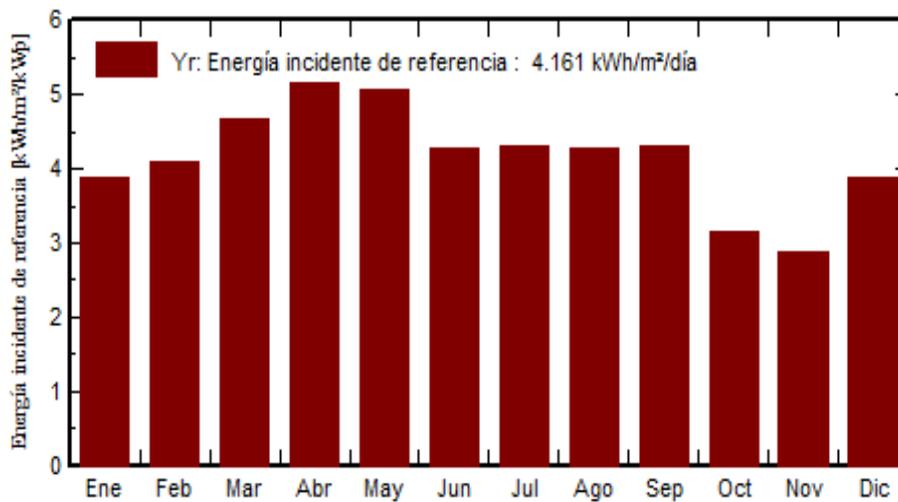


Fuente: Autor con software PVsyst (2025)

Tabla #11.-

Incidencia solar sobre los paneles solares fotovoltaicos mensualmente

Energía incidente de referencia en el plano colector

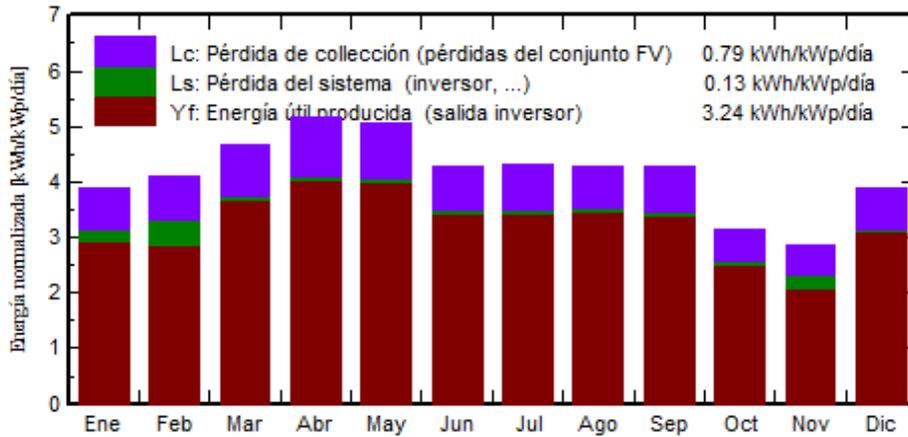


Fuente: Autor con software PVsyst (2024)

Tabla #12.-

Producción de kWh por parte de los paneles solares FV

Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 79.6 kWp



Fuente: Autor con software PVsyst (2024)

Tabla #13.-

Parámetros establecidos para la simulación y estudio

Parámetros de simulación			
Proyecto	Monte Sinai	Monte Sinai FV	
Sitio	Aguas Aires	Módulos FV	TSM-PD14-340 Inversor SUN2000-20KTL-M2 220Vac
Tipo sistema	Conectado a la red	Potencia nominal	79.6 kWp Inv. unidad de potencia 20.0 kW
Simulación	01/01 al 31/12 (Datos meteo genéricos)	Voltaje MPP	38.1 V Núm. de inv. 4
		Corriente MPP	8.9 A

Fuente: Autor con software PVsyst (2024)

Tabla #14.-

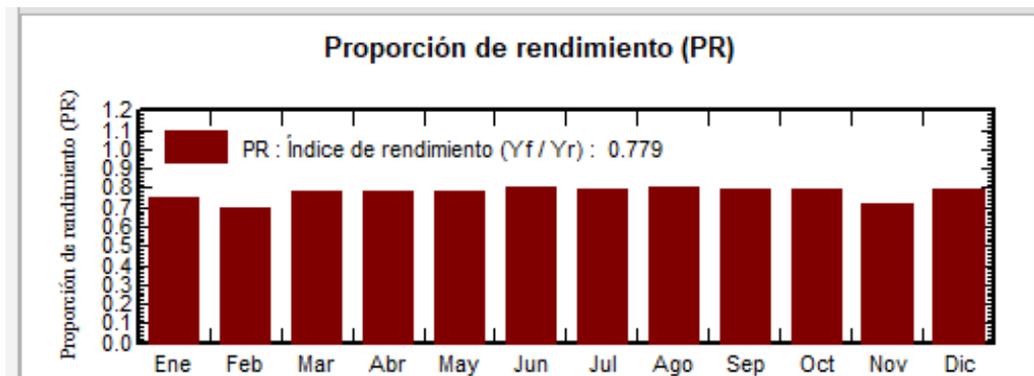
Capacidad de producción de electricidad del SFV

Resultados principales			
Producción del sistema	94.2 MWh/año	Prod. normalizada	3.24 kWh/kWp/día
Prod. específica	1184 kWh/kWp/año	Pérdidas del conjunto	0.79 kWh/kWp/día
Proporción de rendimiento	0.779	Pérdidas del sistema.	0.13 kWh/kWp/día

Fuente: Autor con software PVsyst (2024)

Tabla #15.-

Rendimiento de sistema solar fotovoltaico a lo largo del año



Fuente: Autor con software PVsyst (2024)

3.7 Selección de paneles solares

El espacio físico para la instalación de los paneles solares no es un problema en nuestro proyecto. Se tienen aproximadamente 1200 metros cuadrados para la instalación de los paneles. Aprovechando el espacio, podremos concentrarnos en la parte económica.

Para reducir los costos de instalación de los paneles solares fotovoltaicos se deben de tomar alternativas en base a su construcción. Como sabemos, existen las celdas monocristalinas, policristalinas, capa fina, etc. Las monocristalinas son las mejores porque nos brindan una mayor potencia por metro cuadrado, pero al mismo tiempo son las más costosas. Las policristalinas nos brindan menor potencia por metro cuadrado, pero reduce su costo.

Otros factores a considerarse es el peso, por la fabricación standard de los techos en Ecuador, para evitar reforzar la estructura en exceso, se debe optimizar la cantidad de paneles a instalarse. Así que para este proyecto utilizaremos paneles monocristalinos para optimizar la potencia y reducir el peso.

Mediante un estudio de mercado, se procedieron a tomar factores de eficiencia por m², costo del producto, garantía en años, tiempo de entrega y fecha de fabricación. Durante estos estudios se optó por cotizar para este estudio los paneles de marca GREENSUN.

Los paneles de GREENSUN nos dan garantía de 25 años con pérdidas menores al 1% anual. Como se mencionó previamente, se utilizarán celdas monocristalinas por su costo/beneficio y la cantidad de espacio disponible para implementar los paneles solares fotovoltaicos.

Las dimensiones de los paneles serán de 2.28m x 1.13m. Estos paneles tendrán una potencia máxima de 570 W por panel (Véase tabla #16). Entre sus características encontramos lo siguiente:

- Tolerancia de potencia: 0/+5W
- Voltaje de circuito abierto: 51.07 VDC
- Corriente de cortocircuito: 14.25 A
- Voltaje en potencia máxima: 42.29 VDC
- Corriente en potencia máxima: 13.48 A
- Eficiencia: 22.07%
- Caja de conexiones: IP 65
- Máxima tensión del sistema: 1500 V DC
- Rango de temperatura de funcionamiento: -40°C hasta 85°C
- Peso: 32 kg
- Dimensiones: 2278 x 1134 x 35mm
- Conector tipo: MC4/IP67
- Certificaciones: IEC 61215, IEC 61730, CE, ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, BS OHSAS 18001:2007, SA 8000:2015

Estos paneles tienen un precio referencial de 78 dólares posterior a los costos de importación. Esta compañía se encuentra en China. Esto nos da una garantía del tamaño de la marca y que es una compañía confiable. Por esta razón y los precios se optó por cotizar con este proveedor.

Tabla #16.-*Características de panel solar fotovoltaico a instalar.*

PV Module	570W	575W	580W	585W
Rated Maximum Power(Pmax) [W]	570	575	580	585
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	51.07	51.27	51.47	51.67
Maximum Power Voltage(Vmp) [V]	42.29	42.44	42.59	42.74
Short Circuit Current(Isc) [A]	14.25	14.31	14.37	14.43
Maximum Power Current(Imp) [A]	13.48	13.55	13.62	13.69
Module Efficiency [%]	22.07	22.26	22.45	22.64
Power Tolerance	0~+5W			
Temperature Coefficient of Isc(α_{Isc})	+0.048%/°C			
Temperature Coefficient of Voc(β_{Voc})	-0.270%/°C			
Temperature Coefficient of Pmax(γ_{Pmp})	-0.350%/°C			
STC	Irradiance 800W/m ² , Ambient temperature 20°C			
Size	2278*1134*35mm			
Weight	32kg			

Fuente: www.greensunpv.com (2024)

La cantidad de paneles a instalarse serán 110. Necesitando una superficie para su instalación de aproximadamente 284 metros cuadrados, lo cual permitirá instalar los paneles únicamente en el bloque #1. Evitando tener un impacto visual adicional en el bloque sacramental. Se debe revisar la soportería a utilizar para considerar el aumento de espacio requerido para toda la instalación.

Para la potencia máxima de los paneles instalados se consideró un aumento del 100% del total de la demanda del tablero de acondicionadores de aire del templo, esto para asegurar la correcta potencia al momento del arranque de los compresores de aire, además, se considera un 20% extra solventar la potencia requerida en los días nublados que acorde a los datos meteorológicos generalmente se manejan en un 20% de los días del año. La potencia será de 55.200 Watts para todo el sistema solar fotovoltaico, incluido inversores, baterías y demás.

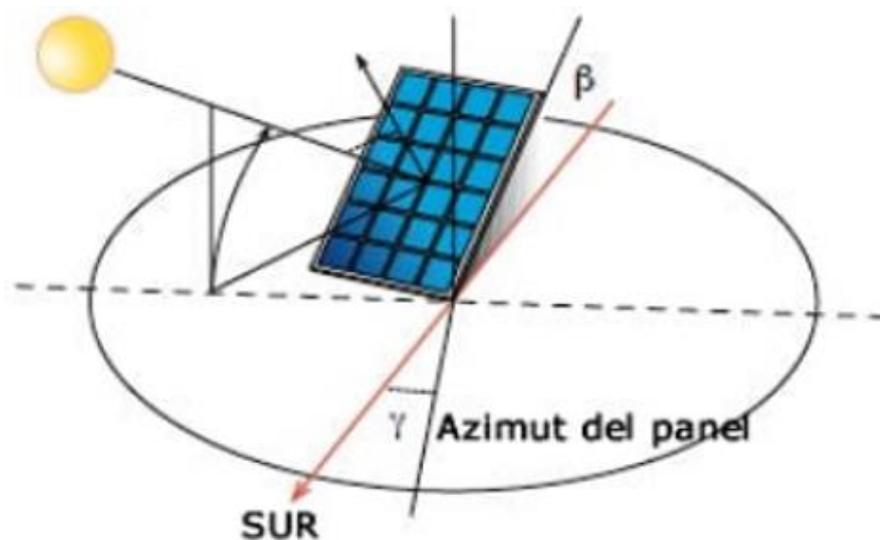
3.8 Orientación e inclinación de paneles fotovoltaicos

El proyecto al estar en la línea ecuatorial, tiene la ventaja de estar perpendicular a la radiación solar. Por consiguiente, la inclinación y la orientación de los paneles solares fotovoltaicos será más flexible y versátil.

La trayectoria del sol es de este a oeste durante el día, sin embargo, durante el año su movimiento adicional es de norte a sur. Por estas razones debemos de tener una ligera inclinación de 10 grados, pero no más de 15 grados. (Véase figura #53)

Figura #53.-

Orientación e inclinación de paneles solares



Fuente: sunalizer.es (2021)

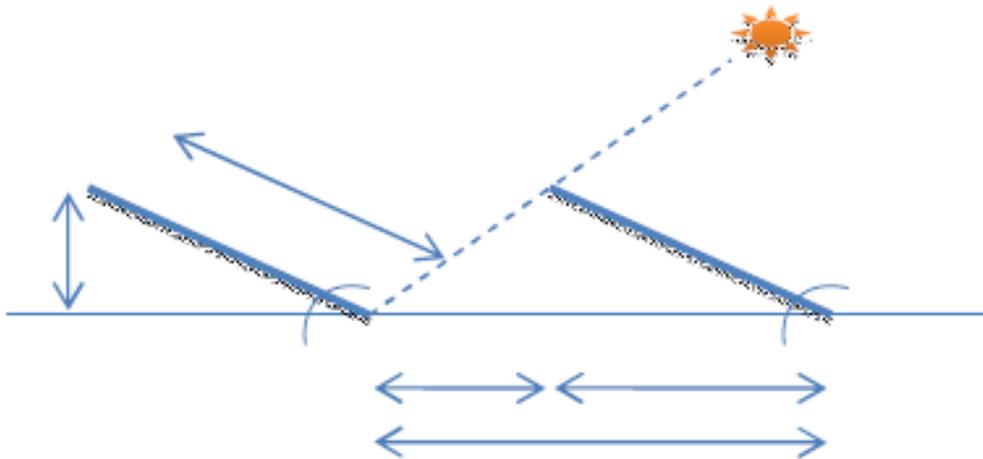
Esta inclinación adicional a ayudarnos a aprovechar la radiación solar durante el año, nos permitirá evitar que el polvo, lluvia y demás partículas en el ambiente se acumulen en los paneles y bloqueen la radiación solar.

3.9 Distancia entre paneles

La distancia mínima entre paneles nos permitirá no crear sombras entre ellos, y de esta manera no perder potencia de generación de cada uno de ellos. (Véase figura #54)

Figura #54.-

Distancia mínima entre paneles



Fuente: Gabriel Maltéz (2012)

Según la latitud de donde se van a instalar los paneles solares, se determinan las distancias entre los paneles. Primero debemos determinar la altura máxima del obstáculo, que en este caso es el mismo panel solar fotovoltaico. Por consiguiente, la altura de nuestro panel u obstáculo es de 2 metros, el ángulo que tenemos será la inclinación que tendrá perpendicular al sol, como se indicó previamente, será de 15 grados.

La fórmula quedaría de la siguiente forma:

Ecuación #3.1.-

Altura máxima de obstáculo

$$h = a \times \text{Sen } 15^\circ$$

$$h = 2 \times 0.259$$

$$h = 0.52 \text{ m}$$

Fuente: Autor (2025)

Donde: h = altura máxima de sombra

a = altura de panel

° = ángulo de inclinación del panel

Posterior debemos de determinar el coeficiente “k”. Esta es una variable que hace referencia a la latitud donde vamos a instalar el panel Solar. (tecnosolab.com, 2016)

La fórmula quedaría de la siguiente forma:

Ecuación #3.2.-

Coeficiente k en base a la latitud

$$k = 1/\tan (61- \text{latitud})$$

$$k = 1/\tan (61 - 0)$$

$$k = 0.56$$

Fuente: Autor (2025)

Donde: Latitud = latitud donde instalaremos los paneles

Latitud de Ecuador = 0

K es el coeficiente comprendido entre 0.56 y 1.80

Finalmente, para determinar la distancia entre los paneles, se deberá utilizar la fórmula de:

Ecuación #3.3.-

Distancia entre paneles

$$d = k \times h$$

$$d = 0.56 \times 0.52 \text{ m}$$

$$d = 0.29 \text{ m}$$

Fuente: Autor (2025)

Por consiguiente, la distancia entre paneles será sumamente baja, para este estudio se determinó que la distancia deberá ser de 0,29 metros.

3.10 Cálculo de conductores para DC PV

El tipo de cableado a utilizar será cableado de cobre flexible. Este cableado soporta un voltaje de 2kV en AC y 2 kV en DC (Véase figura #55).

De acuerdo a los diferentes proveedores, se encontró un proveedor que cuenta con un cable ideal para sistemas solares fotovoltaicos, estos están diseñados específicamente para esto. Marca Electro cables cable solar fotovoltaico PV WIRE.

Sus características adicionales son: vida útil de hasta 30 años, gran flexibilidad, altas temperaturas de trabajo, doble aislamiento para reducir pérdidas, alta humedad, pueden ser enterrados, no son flamables, soportan hasta 2000 voltios y tienen alto rendimiento. Todo con las respectivas normas nacionales e internacionales. Salvaguardando de esta forma el sistema completo.

La potencia máxima a instalarse será de 55.200 Watts en trifásico, se trabajarán en seis arreglos (MPPT).

Figura #55.-

Cable Solar Fotovoltaico Electro cables



Fuente: www.electrocable.com (2024)

3.11 Cálculo de conductores para DC Baterías

El cableado en corriente continua será el de mayor calibre en todo el sistema, estos energizarán el sistema que se encuentra ubicado en el cuarto de control, donde estarán instaladas las baterías y nuestros inversores solares. Este cuarto como se menciona previamente, estará en la planta baja, junto al cuarto eléctrico.

Para la conexión entre inversor y baterías, se utilizará este tipo de cableado, de diferente diámetro según sea el caso. Para el cálculo de la corriente máxima a tener el sistema y posterior la elección del diámetro del conductor, se considerará 1.25 veces la corriente máxima de trabajo por el factor de demanda. Se trabajará con un voltaje de baterías de 460.8 V. Dando una corriente aproximada por fase de 120 Amperios.

Ecuación #3.4.-

Corriente máxima entre baterías e inversor

$$I_{max} = I_s \times 1.25$$

$$I_{max} = 120 \times 1.25$$

$$I_{max} = 150 \text{ Amp}$$

Fuente: Autor (2025)

Donde:

I_{max} = Es la corriente máxima que entregaran las baterías

I_s = Corriente del sistema

Teniendo la corriente máxima, se utilizarán los conductores de calibre 1/0 del modelo y marca antes mencionado, el mismo soportará 170 Amp.

3.12 Cálculo de conductores para AC

Para los conductores de corriente alterna se utilizará el mismo criterio, la potencia máxima del sistema será 55.200 Watts con dos inversores trifásicos. Por lo cual se conectarán los inversores en paralelo para entregar la corriente completa manteniendo el voltaje de 127/220V.

Los conductores que energizarán el panel principal de distribución serán los mismos que energizarán desde el transformador y desde los inversores solares. Por consiguiente, debemos calcular los conductores una sola vez.

Ecuación #3.5.-

Corriente máxima por fase

$$I_{max} = P / V / 1.73$$

$$I_{max} = 55200 \text{ w} / 220 \text{ v} / 1.73$$

$$I_{max} = 145 \text{ Amp}$$

Fuente: Autor (2025)

Ahora debemos de multiplicar por 1.25 por norma de conductores también conocido como factor de demanda. Obteniendo así la corriente máxima en AC.

Ecuación #3.6.-

Corriente máxima por fase para definir conductor

$$I_{maxac} = 145 \times 1.25$$

$$I_{maxac} = 181.25 \text{ Amp}$$

Fuente: Autor (2025)

El conductor a utilizar en AC será un conductor # 3/0 de Cobre Ultra Flex (Véase figura #56) que permite la conductividad 225 Amperios.

Figura #56.-

Cable Ultraflex



Fuente: Electrocables (2020)

3.13 Calculo para Selección de inversores

Para los inversores solares se analizaron las potencias, fases, costo, consumo y comunicación. Para este estudio, se considera una carga media por los 55.200 Watts de carga en trifásico. Por lo que nuestro inversor o inversores deben de tener esta característica.

El inversor debe tener un sistema de control y monitoreo constante, en especial en su punto máximo de poder (MPPT). Debe ser de alta eficiencia, gran confiabilidad, larga vida útil, regulación de voltaje, protección en DC y AC, mejorador de factor de potencia y fácil instalación.

Por las características del sistema y su capacidad. Requeriremos al menos un inversor de 60 KW o varios que sumados puedan entregar la energía necesaria. De acuerdo a cotizaciones y verificaciones de modelos, se pudo determinar que en calidad y precio los equipos EverExceed cumplen con lo necesario para este proyecto. Entregándonos una garantía de 12 años y fabricación a la medida. (Véase figura #57)

Se utilizarán 2 inversores de 30 KW/60HZ Inversores híbridos con 8 MPPT. Cada uno puede recibir hasta 38.4 KW en PV.

Figura #57.-

Inversor EverExceed SP30HBG2 Trifásico



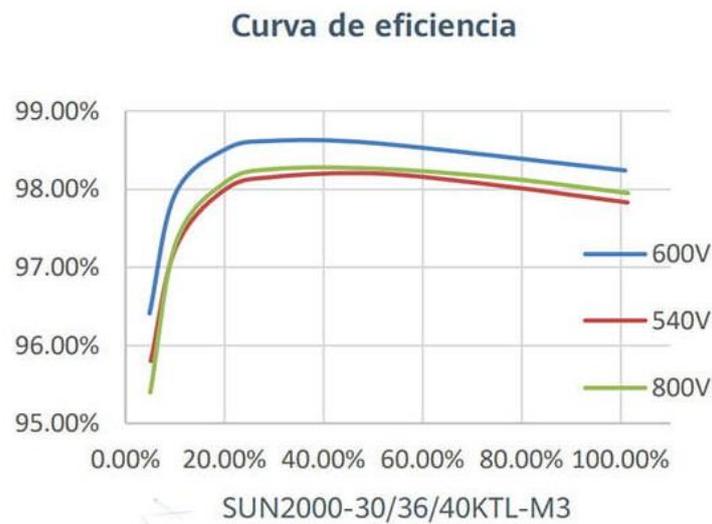
Fuente: EverExceed (2025)

Entre sus principales características tenemos:

- Cuenta con 8 MPPT con doble entrada por cada uno de ellos.
- Puede trabajar en redes aisladas como conectadas a la red
- Tiene 12 años de garantía
- Cuenta con protección electrónica de punta
- Salida de 30 KW
- Cuenta con una eficiencia de 97.8%
- Rango de tensión de hasta 1000 V
- Protección contra sobreintensidad en Corriente Alterna
- Protección contra polaridad inversa en Corriente Continua
- Monitorización a nivel de string
- Descargador de sobretensiones en Corriente Continua y Corriente Alterna
- Protección ante fallo por arco eléctrico
- Monitorización de corriente residual
- Rango de trabajo entre -25°C y 60°C
- Protección IP66
- Bajo consumo de energía: Consumo en standby menor a 15 W.
- Puede trabajar con sobrecarga de hasta 150% su capacidad nominal.
- Pueden trabajar hasta 15 unidades en paralelo
- Tiempo de cambio de menos de 10ms
- Cuenta con sistema de refrigeración forzada
- Puede conectarse a sistemas de monitoreo propios y standard
- Soporta corrientes en MPPT de 52 Amp
- Liviano
- Compacto

Tabla #17.-

Curva de eficiencia de Inversor Solar



Fuente: autosolar.es (2022)

3.14 Disposición de tableros para su instalación

Se deben instalar los paneles de tal forma que no generen sombras entre ellos. Por consiguiente, la disposición y la Inter distancia entre ellos es muy importante. También se debe considerar la cantidad de paneles que se van a conectar en serie en base al voltaje de operación que tendremos y a la capacidad de los conductores a instalarse.

Para determinar la cantidad de paneles en serie, tenemos que usar los datos de placa de los paneles solares fotovoltaicos y del inversor a usar. Requerimos el voltaje máximo de entrada del inversor y el voltaje de circuito abierto del panel solar fotovoltaico.

El voltaje máximo que entregarán los paneles será de 46.8 V DC, la conexión de todos los paneles serán en serie para sumar la corriente y así poder entregarlas al banco de baterías para posterior entregárselas al inversor y poder alimentar la Iglesia.

Existirán dos arreglos en la iglesia, cada uno de ellos será conectado en serie. De esta manera reduciremos el diámetro del cable a utilizar, optimizaremos la distancia y reduciremos la carga laboral de paso de cableado.

3.15 Cálculo para selección de baterías

Las baterías serán elegidas acorde a la demanda de energía que tendremos, estas deben garantizar la continuidad del servicio eléctrico por al menos 6 horas en consumos estándar. Por consiguiente, se realizan los análisis de las baterías necesarias para poder proyectarlas, determinar el espacio requerido para su instalación y finalmente las características necesarias para poder tener un presupuesto para su adquisición. (Véase figura #58)

Las características principales de estas baterías son:

- Módulos de baterías de Litio Ferroso (LiFe)
- Temperatura de trabajo de 0 a 60 °C
- 6000 ciclos a 30% de descarga
- 4000 ciclos a 10% de descarga
- Vida útil flotante de 20 años a 25°C
- Vida útil de 15 años a 40°C

Figura #58.-

Clúster de batería a utilizar



Fuente: EverExceed (2025)

Para el cálculo de las baterías se debe de considerar la disponibilidad de baterías, la cantidad de horas de autonomía que se desea tener y el ciclo de descarga que tienen las mismas. Por motivos de calidad/precio, y teniendo en cuenta la seguridad y vida útil de las baterías que vamos a instalar para reducir el consumo nocturno con la descarga controlada de las mismas. Empezamos determinando la cantidad de kWh que nos puede proporcionar cada una de estas celdas baterías:

Sabiendo que: 1 Watt x Segundo = 1 Joule

Cantidad de energía almacenada por una batería = E_o

Voltaje de la batería = V

Amperios hora de la batería = AH

Ecuación #3.7.-

Cantidad de energía almacenada en cada celda

$$E_o = V \times AH$$

$$E_o = 46v \times 200 AH$$

$$E_o = 9.2 kWh \text{ o } 33,12 MJ$$

Fuente: Autor (2025)

Por consiguiente, cada batería nos va a proporcionar 9.2 kWh. Para nuestra demanda de energía, la cual es 55.200 Watts por un periodo de aproximadamente 6 horas. Tendremos que tener instalado:

Ecuación #3.8.-

Cantidad de energía almacenada requerida

$$kWh_t = \text{Potencia instalada} \times \text{horas de uso}$$

$$kWh_t = 55,2 KW \times 6 \text{ horas}$$

$$kWh_t = 331.2 KWH \text{ o } 1.192,32 MJ$$

Fuente: Autor (2025)

Vamos a requerir un total de 331,2 kWh para poder operar con normalidad por un periodo de 6 horas. Por consiguiente, la cantidad de baterías necesarias serán:

Ecuación #3.9.-

Cantidad de Baterías

$$\# \text{ Baterías} = \text{kWh} / E_o$$

$$\# \text{ Baterías} = 331.2 \text{ kWh} / 9.2 \text{ kWh}$$

$$\# \text{ Baterías} = 36$$

Fuente: Autor (2025)

Se instalarán 36 celdas de baterías, las mismas serán conectadas en 3 gabinetes de 12 hileras en paralelo cada una. Con esto contaremos con un voltaje de 552 V y de esta manera optimizar el sistema y reducir el amperaje para los alimentadores. Cada gabinete tendrá 12 celdas de 46 V cada una aproximadamente.

3.16 Diagrama unifilar

En el diagrama unifilar (Véase figura #59) se mencionan todos los elementos que van a intervenir en la instalación de un sistema solar fotovoltaico híbrido. El mismo que empieza desde el suministro de energía de la empresa eléctrica local (CNEL EP GUAYAQUIL) la misma que proporcionará energía en el orden de 13.800 V para luego ser reducida por el transformador del predio a 127/208 en trifásico.

El voltaje transformado irá primero al medidor por medio de medición indirecta con transformadores de corriente para luego ingresar al Panel principal de distribución (PPD) para ingresar al breaker principal y posterior ser distribuido por barras a los diferentes breakers que alimentan a los paneles dentro del predio.

Previo al ingreso del PPD se va a colocar una caja para mediciones, la cual contará con transformadores de corriente para censar la corriente que ingresa y poder determinar cuando el inversor solar debe entregar energía al medidor bidireccional.

Dentro del PPD irá un breaker que corresponde única y exclusivamente al sistema solar fotovoltaico, este será conectado directamente al inversor solar en su salida/ingreso GRID.

El inversor solar recibirá energía tanto de CNEL EP, de los paneles solares y del banco de baterías según sea el caso. Por consiguiente, habrá una conexión directa entre todos estos elementos.

Los paneles nos entregarán energía en DC constantemente mientras exista irradiación solar, la misma que será utilizada para energizar la iglesia y cargar las baterías para su posterior uso nocturno.

Las baterías nos entregarán energía en la noche para poder reducir el costo de energía y también en caso de apagones o problemas en la red pública, las mismas que serán cargadas únicamente por medio de la energía entregada por los paneles solares.

CNEL EP nos proporcionará energía en el caso que los paneles no puedan suplir la demanda por problemas atmosféricos o de mantenimiento. Así como en casos puntuales de daños o eventos nocturnos que consuman la energía almacenada en las baterías.

CAPITULO IV

4.1 Análisis de resultados

Se realizó un presupuesto total de la inversión a realizarse en base a los cálculos, estudios y necesidades previamente revisadas. El detalle de todos los elementos necesarios fue previamente levantado y cotizado a varios proveedores nacionales y extranjeros.

La mayor parte de los elementos a utilizar serán importados desde china, donde la garantía es superior y los costos son inferiores. Con una buena gestión de importaciones y comunicación con los fabricantes, se optimizarán los recursos y se mejorará la duración o vida útil de los equipos, además de un mejor retorno de la inversión.

Las marcas a utilizarse serán principalmente EVEREXCEED y GREENSUN, ambas con gran fabricación en China y que pueden crear los equipos a las medidas que necesitamos en un corto periodo de tiempo y con gran exactitud.

Se verificó que la capacidad, voltaje, frecuencia, y demás factores no sean un problema al momento de fabricar los equipos necesarios. En especial porque las marcas chinas trabajan principalmente con las normas técnicas de la unión europea que son sus mayores clientes.

Finalmente, para la implementación del sistema solar fotovoltaico se obtuvo la siguiente oferta, el tiempo de entrega de los proveedores varia de 30 a 60 días calendario como máximo. Se detallan los costos necesarios para su implementación (Véase tabla #18)

Tabla #18.-*Presupuesto Sistema Solar Fotovoltaico*

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	SUBTOTAL
1	INVERSOR HIBRIDO 30 KW 127/220V. Detalles generades: - ENTRADA MAXIMA 38,4 KW EN PV - 8 MPPT	UNIDAD	2	\$ 4.214,95	\$ 8.429,90
2	CELDA DE BATERIAS LiFePO4. - INCLUYE GABINETE - CABLEADO - CONECTORES	UNIDAD	36	\$ 1.285,14	\$ 46.265,04
3	GABINETE DE CONTROL Y PROTECCION. INCLUYE: - CIRCUITOS DE PROTECCION Y DERIVACION - PANTALLA DE CONTROL - ALARMA DE INCENDIOS - MODULO CONTRA INCENDIOS	GLOBAL	1	\$ 4.854,24	\$ 4.854,24
4	TABLERO DE CONEXIÓN DE PANELES SOLARES. - CAPACIDAD 1000 V - REDUCCIÓN EN "Y"	GLOBAL	1	\$ 275,14	\$ 275,14
5	PANELES SOLARES MONOCRISTALINOS BIFACIALES	UNIDAD	110	\$ 78,08	\$ 8.588,80
6	RIELES Y SOPORTES DE ALUMINIO PARA MONTAJE DE PANELES	UNIDAD	110	\$ 38,00	\$ 4.180,00
7	CABLE PV 2000 V ESTAÑADO #10 DC	ML	800	\$ 0,74	\$ 592,00
8	CABLE #1/0 1000 V SUPERFLEX	ML	72	\$ 8,64	\$ 622,08
9	TUBERIA EMT 3/4"	ML	160	\$ 3,85	\$ 616,00
10	CONECTOR MC4	UNIDAD	110	\$ 2,85	\$ 313,50
11	HERRAJES, TORNILLOS, TACOS, ETC	GLOBAL	1	\$ 385,45	\$ 385,45
12	MANO DE OBRA PANELES	GLOBAL	1	\$ 2.400,00	\$ 2.400,00
13	MANO DE OBRA EQUIPOS	GLOBAL	1	\$ 1.200,00	\$ 1.200,00
TOTAL					\$78.722,15

Fuente: Autor (2025)

La inversión a realizarse será de USD \$ 78.722,15. Debemos de determinar la amortización de la inversión para ver si nuestra inversión es rentable. Para lo cual debemos determinar la producción de kWh de nuestros equipos solares y el tiempo de uso que le daremos a los mismos. Para esto tomaremos como referencia lo siguiente:

- Producción en invierno y verano (Véase tabla #19 y #20)
- Producción diaria
- Consumo diario
- Capacidad de almacenamiento y descarga diaria
- Resumen mensual
- Ahorro de energía en USD (Véase tabla #21 y #22)

Tabla #19.-

Producción Solar Mensual en invierno

INVIERNO (NUBLADO/LLUVIOSO) DICIEMBRE - MAYO	
Capacidad Solar Instalada pico (Kw) - 20%	50,16
Horas de producción por día (H)	8
Total de producción diaria (KwH)	401,28
Horas de batería por día (H)	6
Consumo por hora en producción (Potencia Total Instalada x 0,7 KwH)	38,64
Energía utilizada durante la generación (KwH)	309,12
Potencia restante para carga de baterías	92,16
Potencia Total de baterías (KwH)	331,2
Cantidad de Energía para uso nocturno (KwH)	92,16
Total de producción mensual (KwH)	12038,4

Fuente: Autor (2025)

Tabla #20.-

Producción Solar Mensual en verano

VERANO (SOLEADO/NUBLADO) JUNIO - NOVIEMBRE	
Capacidad Solar Instalada pico (Kw)	62,7
Horas de producción por día (H)	8
Total de producción diaria (KwH)	501,6
Horas de batería por día (H)	6
Consumo por hora en producción (Potencia Total Instalada x 0,7 KwH)	38,64
Energía utilizada durante la generación (KwH)	309,12
Potencia restante para carga de baterías	192,48
Potencia Total de baterías (KwH)	331,2
Cantidad de Energía para uso nocturno (KwH)	192,48
Total de producción mensual (KwH)	15048

Fuente: Autor (2025)

Tabla #21.-

Ahorro económico mensual en invierno

INVIERNO	
Costo de Kwh (USD)	\$ 0,07
Producción mensual	12038,4
Ahorro Total mensual	\$ 782,50

Fuente: Autor (2025)

Tabla #22.-

Ahorro económico mensual en verano

VERANO	
Costo de Kwh (USD)	\$ 0,07
Producción mensual	15048
Ahorro Total mensual	\$ 978,12

Fuente: Autor (2025)

Se tiene un ahorro mensual promedio de USD \$ 880,31 y al año de USD \$ 10.563,70.

Por consiguiente concluimos:

- Se considera una inversión de USD \$ 78.722,15
- El ahorro aproximado mensual será de USD \$ 880,31
- Tenemos un retorno de la inversión de aproximado de 89 meses y 12 días

CONCLUSIONES

- Con los cálculos, análisis y estudios, se determinó la cantidad exacta de paneles a instalar, los cuales deben ser al menos 110 para poder contar con una generación solar muy buena aprovechando la irradiación solar.
- Utilizando los planos y la implantación, se ubicó el espacio físico necesario para colocar los paneles y el cuarto de control del sistema dentro de los predios de la iglesia.
- Se consiguió un presupuesto exacto para importar los elementos necesarios y complementar los mismos con marcas locales, además de cotizar la mano de obra certificada necesaria para implementar todos los elementos con la mayor confiabilidad.
- Al realizar el estudio económico se pudieron encontrar las mejores ofertas para implementar los equipos, por consiguiente, se optimizaron los recursos económicos para el inversionista.
- El proyecto es viable al estar ubicado en un lugar sin sombras que afecten su producción solar. Creando únicamente inconvenientes en días nublados o lluviosos.
- La inversión es adecuada con respecto al tiempo de retorno de la inversión, además de tener un respaldo en el caso de apagones por al menos 6 horas y sin necesidad de invertir en un generador que solo proporcionara energía en días de emergencia a un mayor costo.
- Con este proyecto va a existir poca dependencia de la energía comercializada por CNEL EP por al menos 10 años y contar con total autonomía durante los días de irradiación solar.

- Puede obtenerse una total autonomía según el ciclo de uso de la iglesia y sus instalaciones optimizando el uso de la energía, y solo encendiendo lo necesario cuando vaya a ser usado.

RECOMENDACIONES

- Realizar un mantenimiento periódico a los paneles solares, para evitar la acumulación de sedimentos y por consiguiente causar baja producción del arreglo solar. Este debe ser al menos cada 6 meses.
- Verificar actualizaciones del Software de los inversores y baterías periódicamente, para contar con las mejores optimizaciones de energía y control por telemática.
- Evitar descargar las baterías a menos de 20% para garantizar una mayor vida útil.
- Mantener el cuarto de equipos libre de elementos ajenos a los mismos, no usarlo como bodega para almacenar insumos, ropa, mobiliarios, etc.
- Realizar el mantenimiento al menos una vez al año al banco de baterías y a los inversores, para reducir el calentamiento de los equipos y maximizar la producción.
- Solicitar un medidor bidireccional a CNEL EP para mejorar el retorno de la inversión, en casos de bajo consumo, se venderá la energía por USD 0,04 por kWh.

REFERENCIAS

- Alexa. (2006, 21 de agosto). <https://technology-alexa.blogspot.com/>
- Alonso, J. A. (2024, 18 de noviembre). *sfe-solar*. https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/celula-fotovoltaica-lingotes-obleas/?srsltid=AfmBOopkhdzg0Zi0Cs67_bPCDUoaLs5bt9T3tISdTaHRTHJM2KM-6hjp
- Arboles solares (2019). *www.energetika.com/*. <https://www.energetika.com/arboles-solares-2019>
- Arboleda, M. (2024, 24 de septiembre). *electricidad-basica.com*. <https://electricidad-basica.com/dispositivos-electricos/interruptor-termomagnetico/>
- Bertran, J. M. (2017, abril). *ttps://core.ac.uk*. <https://core.ac.uk/download/pdf/87655074.pdf>
- Coluccio Leskow, E. (2025, 11 de febrero). <https://www.ejemplos.co>. <https://www.ejemplos.co/20-ejemplos-de-transformacion-de-energia/>
- Como funcionan los interruptores termomagneticos (2021, 28 de junio). *emacstores.com*. <https://emacstores.com/como-funcionan-los-interruptores-termomagneticos/>
- Dennis, M. (2014). *Diseño de un sistema solar fotovoltaico para el suministro de energia electrica en el nuevo campus de la escuela politecnica del ejercito extensión Latacunga*. Latacunga: NA.
- Eficiencia de la energia fotovoltaica (2020, 25 de marzo). *www.andusolar.es*. <https://www.andusolar.es/eficiencia-de-la-energia-fotovoltaica>
- Energía Híbrida. (2023). *cyzcorp.com*. <https://cyzcorp.com/er-energia-hibrida/>
- Esteban Villegas, L. A. (2020). *DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA LA ESCUELA DE EDUCACION BASICA SIMON BOLIVAR EN LA COMUNIDAD MASA 2, GOLFO DE GUAYAQUIL*. GUAYAQUIL: NA.

Gel battery pros and cons (2022, 18 de mayo). www.songligroup.com.
<https://www.songligroup.com/es/news/gel-battery-pros-and-cons/>

Gonzalez, A. S. (2025). sotysolar.es. <https://sotysolar.es/blog/irradiacion-solar#:~:text=La%20irradiancia%20es%20la%20potencia,superficie%20durante%20un%20tiempo%20determinado>.

Hybrid Inverter (2024). <https://www.greensunpv.com/>. https://www.greensunpv.com/deye-hybrid-inverter-60kw-80kw-solar-energy-storage-inverter-supporting-parallel_p395.html

HUMBERTO RAMOS, R. L. (2014). *DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO INTEGRADO A LA RED PARA EL AREA DE ESTACIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE SALAMANCA*. CHIHUAHUA: NA.

Jiménez, J. R. (2017, 28 de junio). *Modulos fotovoltaicos*. <https://iluminet.com/modulos-fotovoltaicos-1-fotoceldas/>

Jose Colonna, F. M. (2013). *DISEÑO DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO PARA DOS AULAS MOVILES DEL SENA*. BARRANQUILLA: NA.

Juan, P. S. (2017, 28 de diciembre). *suriaenergy*. <https://www.suriaenergy.com/baterias-para-uso-en-proyectos-solares>

Lithium battery manufacturing process (2023, 6 de julio). harveypoweress.com.
<https://harveypoweress.com/sp/lithium-battery-manufacturing-process/>

Lithium battery indoor cabinet (2024). <https://www.everexceed.com/>.
https://www.everexceed.com/lithium-battery-indoor-cabinet_p235.html

LOGISTIC, S. (2022). *Instalaciones Fotovoltaiicas* <https://www.sfe-solar.com/instalaciones-fotovoltaiicas/>

- Los 5 países productores de energía solar del mundo (2025, 20 de abril). *Alusinsolar*.
<https://alusinsolar.com/los-5-mayores-paises-productores-de-energia-solar-del-mundo/>
- Maltéz, G. (2012). *DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA ALIMENTAR LA RED ELECTRICA INSTALADA EN AREA COMERCIAL*. Guatemala: NA.
- Mauricio, G. (2017). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO DE BAJA POTENCIA EN EL SECTOR RIO BLANCO PERTENECIENTE A LA COMUNIDAD YATZAPUTZAN*. Ambato: SN.
- Movilidad Sostenible Biomasa (2025). *www.repsol.com*. <https://www.repsol.com/es/energia-futuro/movilidad-sostenible/biomasa/index.cshtml>
- Pila alcalina vs pila de plomo acido principales diferencias (2024, 23 de octubre). *pkcell.com*.
<https://pkcell.com/es/pila-alcalina-vs-pila-de-plomo-acido-principales-diferencias/>
- Planas, O. (2016, 12 de febrero). *solar-energia.net*. <https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/elementos/panel-fotovoltaico/celula-fotovoltaica/tipos>
- Prados, F. (2002, 17 de diciembre). *Robotica y energia solar*.
<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/185803/40454-3452.pdf>
- Proyecto fotovoltaico Galapagos (2017). <https://www.renova-energia.com/>.
<https://www.renova-energia.com/project/proyecto-fotovoltaico-galapagos/>
- Que es la energía fotovoltaica (2020). *www.appa.es*. <https://www.appa.es/appa-fotovoltaica/que-es-la-energia-fotovoltaica/>
- Que es la energía solar fotovoltaica y como se genera (2019, 29 de marzo). *ingeoexpert.com*.
<https://ingeoexpert.com/2019/03/29/que-es-la-energia-solar-fotovoltaica-y-como-se-genera/?v=3fd6b696867d>

Que es la turbina eolica y cuales son sus partes (2024, 12 de JUNIO). *Aleacionesyfundidos*

<https://www.aleacionesyfundidos.com/que-es-la-turbina-eolica-y-cuales-son-sus-partes/>

recursosyenergia. (2021, 5 de Enero). www.recursosyenergia.gob.ec

Rodriguez, E. (2020). *areatecnologia.com*.

<https://www.areatecnologia.com/electricidad/paneles-solares.html>

ROPERO, S. (2024, 2 de diciembre). *www.ecologiaverde.com*.

<https://www.ecologiaverde.com/energia-mareomotriz-ventajas-y-desventajas-2802.html>

Santoyo, b. l. (2017, 5 de marzo). *www.sciencedirect.com*.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1359431117302466>

Solutions, A. E. (2020). *autosolar.es*. <https://autosolar.es/aspectos-tecnicos/la-curva-de-intensidad-voltaje-y-la-de-potencia-voltaje-de-un-panel-solar-el-papel-del-regulador-de-carga>

Sulfatación que es y como evitarlo (2019, 06 de diciembre). *www.crownbattery.com*.

<https://www.crownbattery.com/es/blog/sulfatacion-que-es-como-evitarlo>

Vazquez, C. T. (2012). *Energia solar termica para instaladores*. Murcia: Cano Pina S.L.

Velatia, O. (2025, 10 de enero). *www.ormazabal.com*. <https://www.ormazabal.com/energia-mareomotriz-que-es-y-como-funciona/>

GLOSARIO

SFV: Sistema solar fotovoltaico

FV: Solar fotovoltaico

G2: Tipo espectral de temperatura aproximada de 5800 K

K: Coeficiente adimensional para determinar la distancia entre paneles FV

AGM: Electrolito retenido en una fibra de vidrio absorbente (Aggregate Glass Mat)

PWM: Modulación por ancho de pulsos (Pulse width modulation)

MPPT: Poder máximo de seguimiento (Maximum Power Point Tracking)

PVsyst: Software para simulaciones de SFV

MC4: Conector especial con IP 65 para conexiones de SFV

STC: Condiciones estándar de pruebas (Standard Test Conditions)

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Izurieta Valdivieso Henry Antonino**, con C.C: # **0920611662** autor del trabajo de titulación: **Análisis de un sistema Fotovoltaico para Templo Mormón ubicado en Monte Sinaí** previo a la obtención del título de **Master en Electricidad** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 30 de julio de 2025

f. 

Nombre: **Izurieta Valdivieso Henry Antonino**

C.C: **0920611662**



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Análisis de un sistema Fotovoltaico para Templo Mormón ubicado en Monte Sinaí		
AUTOR(ES)	Henry Antonino Izurieta Valdivieso		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Bayardo Bohórquez Escobar, Ph.D/Ing. Ricardo Ubilla, Mgs/Ing. Daniel Bohórquez Heras, Mgs		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Sistema de Posgrado		
CARRERA:	Maestría en Electricidad		
TITULO OBTENIDO:	Magister en Electricidad		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	30 de julio de 2025	No. DE PÁGINAS:	120
ÁREAS TEMÁTICAS:	Energía, generación, energía solar, fotovoltaica		
PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:	Paneles fotovoltaicos, inversor, baterías, celdas solares, cableado DC, sol, irradiancia, azimut		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):			
<p>El presente trabajo de titulación comprende el estudio total, considerando todos los cálculos técnicos y financieros para realizar un proyecto solar fotovoltaico híbrido de 60 KW trifásico para una iglesia Mormón ubicada en Monte Sinaí. Se estudian las diferentes tecnologías para la captación, transformación y almacenamiento de la energía solar. Se estudian los paneles solares, los inversores y las baterías que son los elementos principales que conforman el sistema solar fotovoltaico. Se realiza un levantamiento inicial de toda la carga eléctrica en la iglesia, así como de la radiación solar y su estudio de sombras. Se presentan precios en base al requerimiento exacto, inversión completa, amortización y tiempos de entrega para contar con toda la información al momento de realizar la inversión. Finalmente se incluye la garantía que tendrá el proyecto y las recomendaciones del mismo.</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono:+593-997909338	E-mail: hizurieta88@gmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):	Nombre: Ing. Bayardo Bohórquez Escobar, Ph.D		
	Teléfono: +593-995147293		
	E-mail: celso.bohorquez@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			