



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE
ELECTROTECNIA Y COMPUTACIÓN INGENIERÍA
ELÉCTRICA**

Trabajo Monografico para Optar al Título de Ingeniero Eléctrico

TÍTULO:

**"Diseño de un Sistema de Generación Distribuida Renovable de
Autoconsumo para los circuitos de iluminación, en el Edificio de la
Biblioteca Esmán Marín de la UNI-RUSB."**

AUTORES:

Br. Hooper Odel Delgadillo Urbina.	2016-0149S
Br. Byron Ariel Rivas Quiroz.	2016-0167S

TUTOR:

Ing. Nelson David Lopez Rivera.

**Septiembre 2023
Managua, Nicaragua.**

Dedicatoria

Agradecemos infinitamente a Dios con el don de la vida nos da la oportunidad de culminar y llegar a este último paso de este proceso que sin su guía no se hubiera logrado.

A mi familia que me ayudaron toda esta etapa desde que comencé a la carrera de ingeniería hasta esta etapa final de la carrera que han sido de gran apoyo agradecerle a mis hijos Byron Alexander y Carlos Damián ellos han sido mi motor para seguir en este camino y a mi esposa Karla Acosta por siempre apoyarme en todas mis metas.

A todas mis amistades que también aportaron su granito de arena que gracias a ellos impulsaron a seguir adelante y que creyeron en mi esa me motivo siempre a seguir adelante.

Byron Ariel Rivas Quiroz.

Dedicatoria

Dedicado en primer lugar a Dios Padre Todopoderoso que me dio el Don de la vida para poder completar este proyecto. Por haberme dado las fuerzas en cada noche y madrugada de desvelo para poder llegar a un escalón más de la vida.

Dedico este gran esfuerzo a mi Esposa Corina por haberme motivado a tomar esta aventura que inicio en el año 2016 cuando decidí inscribirme en la carrera de ingeniería eléctrica, un esfuerzo mutuo el cual está rindiendo sus frutos el día de hoy.

A mi hijo Huber José que tuvo que esperar pacientemente los momentos que tenía que estar dedicado a mis tareas y asignaciones. Por esos momentos en los que no tuve tiempo para jugar con él sus tiempos de recreación, más que merecido dedicarle este gran logro.

A mis padres Pedro José y Guadalupe Urbina que dieron lo mejor de ellos para brindarme su apoyo incondicional en cada etapa de mi formación educativa, haber visto cada caída y levantada en todo este proceso, es un orgullo para mi poder llevarles un triunfo más del cual sentirse orgullosos.

Hooper Odel Delgadillo Urbina.

Agradecimientos

Agradecemos infinitamente a Dios por ser el ser supremo que con el don de la vida nos da la oportunidad de culminar y llegar a este último paso de este proceso que sin su guía no se hubiera logrado.

A nuestro tutor el Ing. Nelson López por haber compartido sus conocimientos y dedicación para la realización de este trabajo.

A la Lic. Erenia Robleto por siempre mostrar buena disposición y apoyo con la información citada en este documento.

Byron Ariel Rivas Quiroz.

Hooper Odel Delgadillo Urbina.

Resumen

Delgadillo Urbina & Rivas Quiroz. Título del estudio: **Diseño de un Sistema de Generación Distribuida Renovable de Autoconsumo para los circuitos de iluminación, en el Edificio de la Biblioteca Esmán Marín de la UNI-RUSB.**

Objetivo: Diseñar un sistema de generación de energía eléctrica fotovoltaica que alimente el sistema de iluminación del edificio de la biblioteca Esman Marín de la UNI-RUSB ubicada en Managua, Nicaragua. Metodología: Estudio de caso.

Conclusiones: 1) El área sur de la biblioteca Esman Marín de la UNI es un área de 576m², para la instalación del sistema eléctrico fotovoltaico. 2) El potencial solar es de 8Kwp. La capacidad de generación fotovoltaica es favorable por la ubicación de la biblioteca Esman Marín de la UNI en las coordenadas: 12°07'55"N 86°16'11"O, generando un rango de producción de energía mensual del sistema FV fijo entre 962.64 y 1,422.22 kw/h, siendo un factor favorable el equinoccio natural. El censo de carga realizado en los circuitos de iluminación de la segunda planta, se encontró un rango de carga en amperios de 3.3 a 3.9 en los circuitos 19 a 27. 3) El dimensionamiento del sistema eléctrico fotovoltaico es el siguiente: El módulo fotovoltaico entrega una potencia de 460 Wp. El número de módulos requeridos para la instalación del sistema eléctrico son 18 módulos. La potencia entregada al inversor (w) es de 8388 w. Inclinación natural es de 7.6°, siendo el ángulo de inclinación en el techo del edificio fue de 12% en la pendiente. La sección del cableado entre paneles y cajas de combinación se considera un conductor de calibre número 10 con un área nominal de sección transversal de 5.26 mm², con una capacidad de conducción de corriente de 30 Amperes 60°C, según datos del fabricante en este caso Viakon. La intensidad total es de 34 A. El cable de sección inmediatamente superior a esta intensidad es 8 AWG, tiene una sección de 8.37 mm² con una capacidad de conducción de corriente de 40 Amperes a 60°C, soportando perfectamente la intensidad máxima que circula por los conductores de la instalación de 34 A. La protección entre cajas de combinaciones e inversor es Iz = 35 A. Con estos resultados, el inversor debe soportar las corrientes calculadas con un interruptor termo magnético cuya intensidad nominal es de 40 A, y cumplir así con las restricciones obtenidas. 4) El costo total del proyecto es de U\$ 22,416 dólares. Palabras claves: Sistema de energía fotovoltaica, radiación solar, panel solar, potencial solar, dimensionamiento de energía solar.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Contenido

1. Capítulo 1 Introducción	1
Antecedentes	2
Justificación	3
Objetivos.	4
Objetivo General.	4
Objetivos Específicos.	4
2. Capítulo 2 Marco Teórico	5
2.1 Generalidades del potencial solar	5
Radiaciones	6
Instrumento de Medición de Radiaciones (Ministerio de medio ambiente y medio rural y marino, 2023).....	6
Solarímetro	6
Heliógrafos o helio pirógrafos	6
Pirheliómetros.....	7
2.2 Estándares de evaluación de la carga eléctrica instalada.	7
Medición de Energía Eléctrica	7
Potencia Instalada.	7
2.3 Energía Solar Fotovoltaica.....	7
Sistema Fotovoltaico	7
Funcionamiento del Sistema Fotovoltaico.....	7
2.4 Clasificación de los Sistemas Fotovoltaicos. (Secretaría de energía de Argentina, 2019)	9
Sistemas Fotovoltaicos sin Conexión a la Red Eléctrica (Aisladas)	9
Sistemas Fotovoltaicos con Conexión a la Red Eléctrica (de Autoconsumo)	9
Sistema Autónomo	9
2.5 Normativa de Generación Distribuida Renovable de Autoconsumo Ley No. 272 de la Industria Eléctrica.	10
2.6 Condiciones del Clima y Geografía.....	14
Efectos Climáticos que afectan el Rendimiento de un Sistema Fotovoltaico.....	15
Días lluviosos.	15
¿Funcionan los paneles solares en días nublados?	16
Altas Temperaturas.....	16
Potencial Geográfico para la Producción de Energía por Sistemas Fotovoltaicos.....	16
2.7 Elementos y partes del Sistema Fotovoltaico.....	17
2.7.1 Sistemas Fotovoltaicos sin Conexión a la Red Eléctrica (Aisladas).....	18

2.7.1.1	Módulo Solar (Panel Solar) Fotovoltaico:.....	18
2.7.1.2	Regulador de Carga.....	18
2.7.1.3	Batería (Acumulador):	18
2.7.1.4	Inversor	18
2.7.1.5	Soportes.....	19
2.7.1.6	Medidor Bidireccional.	19
2.7.1.7	Funcionamiento.....	20
2.7.2	Sistemas Fotovoltaicos con Conexión a la Red Eléctrica (de Autoconsumo).....	21
2.8	Métodos de cálculo del Sistema Fotovoltaico.	22
2.8.1	Procedimiento para el cálculo de Instalaciones Fotovoltaicas Aisladas.....	22
2.8.2	Procedimiento para el cálculo de Instalaciones Fotovoltaicas No Aisladas.....	22
2.8.3	Para la conexión de Módulos Solares Fotovoltaicos.	23
2.9	Diseño de Sistemas Solares Fotovoltaicos Conectados a la Red.....	25
3.	Capítulo 3 Resultados y discusión de los resultados de la propuesta de diseño del sistema eléctrico fotovoltaico.	26
3.1	Resultado 1: Diagnóstico situacional del área disponible para el sistema eléctrico de la biblioteca Esman Marin de la UNI.	26
3.1.1	Área disponible	26
3.2	Resultado 2: Evaluar el potencial solar y consumo energético en la zona del edificio de la biblioteca Esman Marín de la universidad.....	28
3.2.1	Ubicación solar.	28
3.2.2	Capacidad de generación fotovoltaica.....	30
3.2.3	Censo de Carga.....	33
3.3	Resultado 3: Dimensionamiento del sistema de generación eléctrica fotovoltaico propuesto para la biblioteca Esman Marin de la universidad.	34
3.3.1	Módulos conectados en paralelo.....	35
3.3.2	Inclinación y Orientación de los Paneles	37
3.4	Cálculos del cableado.....	38
3.4.1	Cableado de corriente continua.....	39
3.4.2	Sección del cableado entre paneles y cajas de combinación.	39
3.4.3	Cálculo de la sección del cableado comprendido entre cajas de combinación de corriente continua e inversor.....	41
3.4.4	Cableado de corriente alterna.	42
3.4.5	Cálculo de la sección del cableado comprendido al inversor y tablero de distribución PRL 1.....	43
3.4.6	Cálculo de las protecciones.	44
3.4.7	Protecciones entre cajas de combinaciones e inversor	45
3.4.8	Protección de puesta tierra	46
3.4.9	Puesta a tierra de los paneles fotovoltaicos	47
3.4.10	Puesta a tierra en el circuito de Corriente Alterna.....	47

3.5	Resultado 4: Estimación del costo del proyecto de instalación de generación eléctrica fotovoltaica en la biblioteca Esman Marin de la UNI	48
3.5.1	Motivos	48
3.5.2	Costos de producción de energía	48
3.5.3	Costos de instalación	49
3.5.4	Costos financieros.....	49
4.	Capítulo 4 Conclusiones y Recomendaciones.	55
4.1	Conclusiones.....	55
4.2	Recomendaciones.....	56
5.	Bibliografía.	57
6.	Anexos	60

Índice de Figuras

Figura 1: El sol como nuestra fuente básica de energía. (El diario de la energía, 2023)	5
Figura 2: Tipos de radiaciones (Ministerio de Agricultura de Chile, 2016).....	6
Figura 3: Panel Fotovoltaico (Secretaría de energía de Argentina, 2019)	8
Figura 4: De izquierda a derecha panel de silicio mono cristalino, poli cristalino y amorfo. (Secretaría de energía de Argentina, 2019)	9
Figura 5: Ángulos de Posicionamiento Solar y Orientación Fotovoltaica. (BIRTIh - Aula Virtual, 2023).....	14
Figura 6: Mapa de ubicación Biblioteca Esmán Marín - UNI. (Google maps, 2023).....	15
Figura 7: Radicación Solar de Nicaragua. (MEM, 2017)	17
Figura 8: Componentes de un Sistema Fotovoltaico Aislado. (Secretaría de energía de Argentina, 2019).....	18
Figura 9: Inversor De Corriente. (Secretaría de energía de Argentina, 2019).....	19
Figura 10: Sistema de generación de autoconsumo conectado con medidor bidireccional. (Energía solar y autoconsumo, 2021).....	19
Figura 11: Componentes de un Sistema Fotovoltaico Aislado. (Secretaría de energía de Argentina, 2019).....	21
Figura 12: Estructura de Panel Solar. (Secretaría de energía de Argentina, 2019).....	21
Figura 13: Conexión en paralelo (CPM Solar, 2023)	23
Figura 14: Conexión en Serie (CPM Solar, 2023).....	24
Figura 15: Conexión Mixta (CPM Solar, 2023)	24
Figura 16: Elevaciones arquitectónica 1 y 2.	26
Figura 17: Elevaciones arquitectónica 3 y 4.	27
Figura 18: Ilustración del equinoccio de los hemisferios norte y sur. (Significado.com, 2023)28	
Figura 19: Ilustración del aprovechamiento solar de la biblioteca Esmán Marín.....	29
Figura 20: Ilustración del aprovechamiento solar de la biblioteca Esmán Marín.....	30
Figura 21: Resultado de Simulación PV GIS.	31
Figura 22: Gráfica de Generación Solar	31
Figura 23: Valores Estimados de la Producción Eléctrica Solar.	32
Figura 24: Irradiación mensual sobre plano de un sistema fotovoltaico.....	32
Figura 25: Panel Solar Peimar.....	34
Figura 26: Panel Solar Peimar.....	36
Figura 27: Paneles solares conectados en paralelo. (MPPT SOLAR, 2023).....	36
Figura 28: Estructura de Panel Solar.....	37
Figura 29: Sección transversal de biblioteca.....	38
Figura 30: Sección transversal de biblioteca.....	38
Figura 31: Controlador de Frecuencia de Inversor (Enphase Energy, 2023).....	42
Figura 32: Ilustración Paneles de artefactos e iluminación Pow-R-Line 1a.....	43
Figura 33: Ilustración Fusible de protección (Eaton EU, 2023).....	44
Figura 34: Breaker de Protección (Autosolar, 2023)	46
Figura 35: Puesta a Tierra del Sistema Fotovoltaico. (BIRTIh - Aula Virtual, 2023).....	47
Figura 36: Tarifa energética de UNI. (Disnorte-dissur, 2023).....	48
Figura 37: Tarifa de energía (Instituto Nicaraguense de Energía, 2023)	49

Índice de Tablas

Tabla 1: Levantamiento de Corriente	33
Tabla 2: Tabla de Calibre de Conductor Marca Viakon.....	40
Tabla 3: Resumen de estimación económica del proyecto	50
Tabla 4: Tabla de cuota del préstamo en 5 años	50
Tabla 5: Estimación de presupuesto de la obra.....	53
Tabla 6: Estimación de presupuesto de la obra.....	53
Tabla 7: Tabla de recuperación por cada panel instalado Fuente:cálculos propios.	54

Índice de Anexos

Anexo 1: Ficha Técnica de lo micro inversores IQ8M y IQ8A.....	60
Anexo 2: Ficha Técnica del controlador de producción de energía de Enphase IQ Envoy.....	61
Anexo 3: Ficha Técnica del módulo Solar Fotovoltaico Peimar.....	62
Anexo 4: Ficha Técnica de los accesorios para cables Enphase Q.....	63
Anexo 5: Proforma de empresa distribuidora de equipos fotovoltaicos SuniSolar.....	64
Anexo 6: Datos de los valores estimados de producción Solar Fotovoltaica.....	65
Anexo 7: Datos de la Irradiancia durante el mes de agosto 2023.....	66
Anexo 8: Datos de la Irradiancia durante el mes de septiembre 2023.....	67
Anexo 9: Datos de la Irradiancia durante el mes de octubre 2023.....	68
Anexo 10: Datos de la Irradiancia durante el mes de noviembre 2023.....	69
Anexo 11: Datos de la Irradiancia durante el mes de diciembre 2023.....	70
Anexo 12: Diagrama Unifilar de la conexión de un Sistema Fotovoltaico.....	71
Anexo 13: Vista Arquitectónica en planta de edificio Esman Marín Sala de Lectura.....	72
Anexo 14: Vista Sección Transversal del edificio Esman Marín con módulos fotovoltaicos en techo.....	73
Anexo 15: Vista tridimensional del edificio Esman Marín con sus módulos fotovoltaicos.....	74
Anexo 16: Vista interior de la sala de lectura biblioteca Esman Marín.....	75
Anexo 17: Vista frontal del edificio Esman Marín perspectiva final del proyecto Fotovoltaico instalado en techo.....	76
Anexo 18: Glosario de términos	77

1. Capítulo 1 Introducción

La energía solar fotovoltaica es una forma de energía que produce electricidad a partir de la radiación solar mediante un dispositivo de célula fotovoltaica, este elemento encargado de captar la radiación solar y transformarla en energía útil es el panel solar.

Este proyecto, se sustenta en uno de los programas institucionales del Ministerio de energía y Minas (MEM) cuyo principal objetivo es la reducción en el consumo de energía eléctrica, de la red SIN y considerando que la energía solar fotovoltaica es una de las fuentes más prometedora de energía renovable en el mundo, que además comparada con las fuentes no renovables; las ventajas son evidentes: no contamina, no tiene partes móviles que analizar y no requiere de mucho mantenimiento por lo que la integración de un sistema fotovoltaico para la generación de energía eléctrica tendrá un impacto de gran relevancia en la disminución del consumo de energía eléctrica sin limitaciones en su uso y aplicación.

Por tanto, el presente estudio trata de aprovechar el potencial de la energía solar, para generar energía limpia y proponer un cambio de la matriz de consumo energético en el interior de la Universidad Nacional de Ingeniería.

El primer capítulo, trata de los beneficios de la localización de la biblioteca Esman Marin, siendo favorecido por el área para ejecutar este proyecto.

El segundo capítulo, trata del potencial solar directamente en la localización que se ubica la biblioteca, siendo favorecido naturalmente por el efecto de las radiaciones medidas en los diferentes meses del año.

El tercer capítulo, trata de los diferentes dimensionamiento o cálculos realizados, de acuerdo al levantamiento de los datos, garantizando, no solo el número de módulos o paneles a requerir, sino que además los diferentes criterios técnicos para garantizar el debido funcionamiento del sistema de energía distribuida y conectada a la red comercial.

El cuarto capítulo, trata de los costos financieros de la inversión y los beneficios económicos que tendrá en un futuro, ya que la inversión es única, por un tiempo de utilidad mayor.

Esperamos que esta propuesta original, pueda ser analizada, validada y aprobada, para buscar los fondos necesarios para la ejecución del mismo, que redundaran no solo en un beneficio ambiental como es el uso de la energía renovable y limpia; sino que, también tendrá un valor económico, por el ahorro sustantivo en el pago del gasto de energía en la biblioteca Esman Marin de la UNI.

Antecedentes

2019 Br. Ithzaria Yolanda García Jarquín, realizó una monografía para optar al título de ingeniería en Recursos Naturales Renovables, en la UNA Managua, llamada: Diseño de un sistema fotovoltaico de inyección a red en el edificio del Departamento Manejo de Cuencas (DMC) de la UNA, 2019. El objetivo de la investigación: Diseñar un sistema fotovoltaico de inyección a la red basado en la demanda energética y las variables ambientales del edificio del Departamento Manejo de Cuencas de la Universidad Nacional Agraria, que incluya el análisis técnico, económico y ambiental para su posible ejecución. La presente investigación utiliza métodos exploratorios-descriptivos, al tener varios enfoques de innovación y análisis de muchas variables que se ejecutaron en el campus de la Universidad. Las conclusiones del estudio fueron: 1) Por la orientación y el área del techado del edificio del DMC, se diseñó un sistema fotovoltaico para satisfacer el 40 % de la demanda energética (28.2 kWp). 2) Las variables ambientales y la geometría solar del sitio, son ideales para la puesta en marcha del proyecto propuesto. 3) El emplazamiento del proyecto permite reducir significativamente la demanda energética de la red debido a la eficiencia de la tecnología propuesta. (García Jarquín, 2019)

2019 Br. Adiact Evenor González Bervis.; Br. Iván Alejandro Aguilar Diaz, realizaron una monografía para optar al título de ingeniero Eléctrico, en la UNI-RUSB Managua, llamada: "Generación distribuida: diseño de un sistema fotovoltaico conectado en paralelo a la red privada en baja tensión para el suministro eléctrico de mega tienda SINSA carretera Masaya". El objetivo de la investigación: Presentar el diseño eléctrico del sistema fotovoltaico en conexión paralela a la red privada en baja tensión en Mega tienda SINSA carretera Masaya. El tipo de investigación es cuantitativo, exploratorio. Método deductivo. Las conclusiones del estudio fueron: 1) Mediante la aplicación de sistemas de generación distribuida, se reduce la emisión de gases invernaderos. 2) En materia económica, se obtuvieron muy buenos indicativos económicos, un PRI de 4.91 años, siendo 25 años el promedio de vida útil según datos de los fabricantes. (Gonzales Bervis & Aguilar Diaz, 2019)

Justificación

La Organización Mundial de la Salud revisó el año pasado sus Directrices sobre la calidad del aire, haciéndolas más estrictas en un esfuerzo por ayudar a los países a evaluar mejor la salubridad de su propio aire. "Los problemas energéticos actuales ponen de manifiesto la importancia de acelerar la transición a sistemas energéticos más limpios y saludables", dijo el director General de la Organización al darse a conocer los resultados de la actualización de la citada base de datos. "Los elevados precios de los combustibles fósiles, la seguridad energética y la urgencia de hacer frente al doble reto sanitario que suponen la contaminación atmosférica y el cambio climático, ponen de manifiesto la urgente necesidad de avanzar más rápidamente hacia un mundo mucho menos dependiente de los combustibles fósiles" (INETER, 2022)

Nicaragua es un país con una gran riqueza de recursos naturales y parte de ello, es su gran potencial solar, teniendo como valor medio de radiación solar según datos de INETER de aproximadamente de 5.5 KWh/m² por día, en el pacífico 5 KWh/m², en la zona central y atlántico 4.5 KWh/m² por día. .

Ahora, a pesar de todas estos avances y el esfuerzo del gobierno de Nicaragua en cambiar la matriz energética del país; aún no se ha visto reflejado en la factura de energía; por tanto, en el presente estudio nos planteamos la necesidad de estudiar la posibilidad de un cambio de sistema de generación eléctrica en la biblioteca de nuestra Universidad Nacional de Ingeniería.

Esta propuesta, de aprobarse por el consejo universitario, no solo pretende abrir la posibilidad de que la UNI contribuya con el país en términos económicos, al iniciar la transformación de la matriz energética de la universidad; sino que, también contribuiría con la protección del medio ambiente ya que, el uso de energía solar produce cero emisiones de gases de efecto invernadero, acorde con los acuerdos de Paris firmado por nuestro gobierno en el 2017. Esperamos que este aporte científico, sea tomado en cuenta por nuestra rectoría, cuerpo docente y la comunidad universitaria en beneficio del bien común de todos los nicaragüenses.

Objetivos.

Objetivo General.

- Diseñar un sistema de generación de energía eléctrica fotovoltaica que alimente el sistema de iluminación del edificio de la biblioteca Esman Marín de la UNI-RUSB ubicada en Managua, Nicaragua.

Objetivos Específicos.

1. Realizar un diagnóstico situacional del área disponible para el sistema eléctrico de la biblioteca Esman Marín de la universidad
2. Evaluar el potencial solar y consumo energético en la zona del edificio de la biblioteca Esman Marín de la universidad
3. Dimensionar el sistema de generación eléctrica fotovoltaico propuesto para la biblioteca Esman Marín de la universidad.
4. Estimar los costos de instalación del sistema de generación eléctrica fotovoltaico en la biblioteca Esman Marín de la universidad

2. Capítulo 2 Marco Teórico

2.1 Generalidades del potencial solar

El sol es el origen de la energía solar y de las otras fuentes renovables de la energía. Esta estrella es un enorme reactor de fusión nuclear que transforma parte de su masa en energía. El sol emite al espacio energía en forma de radiación electromagnética, la cual puede desplazarse en el vacío, es decir, no requiere medio material para propagarse. De la enorme cantidad de radiación que emite constantemente el sol, una parte de ella llega a la atmosfera terrestre en forma de radiación solar. De ella el 16% es absorbida por la atmosfera, el 22.5% por el suelo; el 4% es reflejada directamente al espacio desde el suelo. (Barberá Santos, 2023)

El Sol es un inmenso horno de fusión termonuclear que transforma, a cada segundo, 600.000.000 de toneladas de hidrogeno molecular en 596.000.000 de toneladas de helio para proporcionar 4.000.000 de toneladas equivalentes a energía (3,7.1023 kW). (Barberá Santos, 2023)



Figura 1: El sol como nuestra fuente básica de energía. (El diario de la energía, 2023)

En su interior el Sol contiene un núcleo central cuya temperatura se calcula entre 15 y 20 millones de grados centígrados; el cual está sometido a enormes presiones a tal grado que concentra el 40% de la masa solar, con una densidad de 100,000 kilogramos por metro cubico. Es en el núcleo central donde se originan las

reacciones nucleares de fusión y que proporciona toda la energía emanada del Sol. (Barberá Santos, 2023)

Radiaciones

Es el flujo de energía que recibimos del Sol en forma de ondas electromagnéticas de diferentes frecuencias (luz visible, infrarroja y ultravioleta). La luz visible son las radiaciones comprendidas entre $0,4 \mu\text{m}$ y $0,7 \mu\text{m}$ pueden ser detectadas por el ojo humano. Existen radiaciones situadas en la parte infrarroja del espectro de la cual una parte es ultravioleta. (Ministerio de medio ambiente y medio rural y marino, 2023)

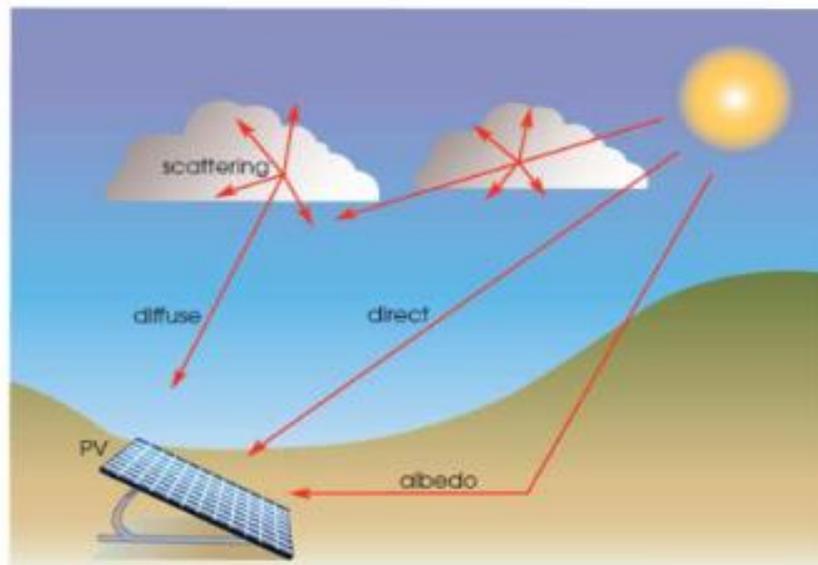


Figura 2: Tipos de radiaciones (Ministerio de Agricultura de Chile, 2016)

Instrumento de Medición de Radiaciones (Ministerio de medio ambiente y medio rural y marino, 2023)

Solarímetro

El medidor de radiación para energía solar es el instrumento óptimo para ingenieros solares, arquitectos y aficionados a la ingeniería solar. Con este medidor de radiación determina la potencia solar.

Heliógrafos o helio pirógrafos

Los heliógrafos sirven para medir la duración de la luz solar definida como el intervalo de tiempo durante el cual se observa el disco solar y determina los periodos del día durante los cuales la intensidad de la radiación directa es superior a un cierto umbral (normalmente fijados en los $200\text{-}250 \text{ W/s}^2$).

Pirheliómetros

Sirven para medir la radiación solar directa. Disponen de una pequeña abertura con una serie de diafragmas anulares y una cara de recepción que tiene que permanecer siempre en dirección normal a los rayos solares. El pirheliómetro, que está dotado de un dispositivo automático de seguimiento del sol, recibe energía tan solo del disco solar y de un estrecho anillo de cielo contiguo, a través de un largo tubo. El error provocado por una abertura excesiva aumenta en proporción a la cantidad de radiación del cielo admitida. (Martí Rosas Casals, 2001).

2.2 Estándares de evaluación de la carga eléctrica instalada.

Medición de Energía Eléctrica

Es el resultado del valor registrado como consumido/demandado y el valor de la generación de energía eléctrica inyectada a la red, en el Puesto de Medición del Cliente. (Barberá Santos, 2023)

Potencia Instalada.

Es el valor registrado que establece la suma de la potencia máxima nominal de las unidades de generación del tipo renovable y que conforman la Generación Distribuida Renovable para Autoconsumo de un Cliente cuyos excedentes de generación deberán ser evacuados por el mismo Punto de Suministro utilizado como usuario del servicio público de distribución. (Barberá Santos, 2023)

2.3 Energía Solar Fotovoltaica.

Sistema Fotovoltaico

Es un grupo de dispositivos, conectados entre sí, cuya finalidad es la conformación de una planta, que tiene como objetivo principal la conversión de la energía solar a eléctrica. (Secretaría de gobierno de energía de Argentina, 2018)

Funcionamiento del Sistema Fotovoltaico

Los paneles solares se componen de unidades más pequeñas llamadas celdas fotovoltaicas. La cantidad de celdas definen el tamaño del panel. A su vez, varios paneles constituyen un arreglo (del inglés "array") o una cadena (del inglés, "string") dependiendo del tipo de interconexión de los módulos. De esta manera, una

instalación fotovoltaica tiene una cadena o arreglo compuestos de 1 o más paneles que a su vez están compuestas por celdas fotovoltaicas interconectadas dentro de cada módulo, como se muestra en la figura #3. (Secretaría de energía de Argentina, 2019)

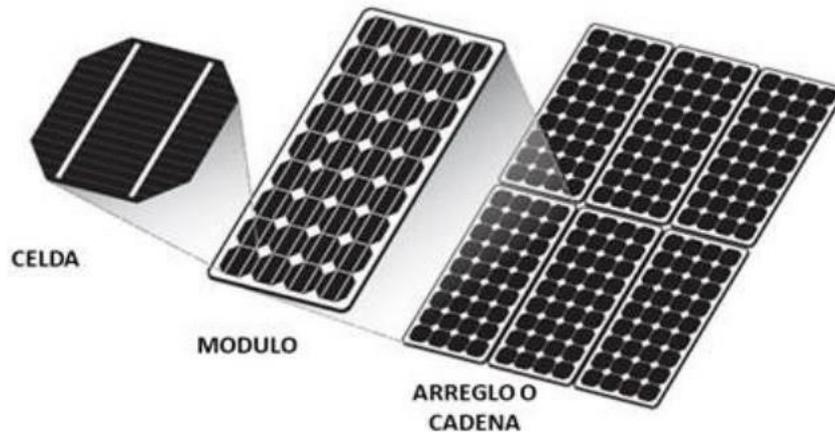


Figura 3: Panel Fotovoltaico (Secretaría de energía de Argentina, 2019)

Esencialmente, existen tres tipos de tecnologías de celdas de silicio:

- **silicio mono cristalino:** poseen una estructura cristalina uniforme, donde todos los átomos están perfectamente alineados, formando un solo cristal.
- **silicio poli cristalino:** presentan una estructura cristalina ordenada por regiones, en la que sus átomos presentan distintas direcciones.
- **silicio amorfo:** el material semiconductor se deposita como película fina en distintos soportes, lo que permite producir módulos rígidos o flexibles.



Figura 4: De izquierda a derecha panel de silicio mono cristalino, poli cristalino y amorfo.
(Secretaría de energía de Argentina, 2019)

2.4 Clasificación de los Sistemas Fotovoltaicos. (Secretaría de energía de Argentina, 2019)

Sistemas Fotovoltaicos sin Conexión a la Red Eléctrica (Aisladas)

Este tipo de sistema no están conectada de ninguna red eléctrica. La energía eléctrica se genera y se consume en el mismo punto. Está compuesta por baterías, las cuales almacenan la energía hasta que el usuario quiera utilizarla. Un ejemplo de estos tipos de sistemas son los kits solares para viviendas aisladas, estos sistemas tecnológicos tienen como función suministrar la energía eléctrica en un espacio que no está vinculado con la corriente eléctrica convencional.

Sistemas Fotovoltaicos con Conexión a la Red Eléctrica (de Autoconsumo)

En esta clasificación la energía proporcionada por los kits solares de autoconsumo se anticipa para suministrar el consumo. De no ser suficiente dicho método, la red eléctrica genera la energía necesaria. En caso de producirse excedentes en la instalación, la sobre carga de energía se introduce a la red eléctrica con el fin de ser distribuida al consumo más cercano.

Sistema Autónomo

El sistema fotovoltaico autónomo almacena energía limpia a través de la radiación solar y normalmente se utiliza cuando lo impide la construcción tradicional de alimentación eléctrica, por lo que se usa comúnmente en la iluminación urbana de exteriores.

2.5 Normativa de Generación Distribuida Renovable de Autoconsumo Ley No. 272 de la Industria Eléctrica.

El Ministerio de Energía y Minas, de conformidad al párrafo segundo del art. 22 de la Ley No. 272, "Ley de la Industria Eléctrica", reformada por la Ley No. 951, "Ley de Reformas y Adiciones a la Ley No. 272, Ley de la Industria Eléctrica", publicada en La Gaceta, Diario Oficial No. 126 del 5 de Julio de 2017, que literalmente establece

: "Para los casos de Generadores Distribuidos, estos deberán cumplir con lo dispuesto en la Normativa de Generación Distribuida que para tal efecto emitirá el Ministerio de Energía y Minas".

Objetivos de la normativa. La presente Normativa tiene por objeto establecer los requisitos, criterios, procedimientos, metodologías y responsabilidades administrativas, técnicas y comerciales que deben cumplir las Empresas Distribuidoras de Energía Eléctrica y las personas naturales o jurídicas que tengan y/o proyecten la instalación de generación de energía eléctrica del tipo renovable para Autoconsumo conectadas a un sistema de distribución. Los objetivos específicos desarrollados en la Normativa son los siguientes:

- a. Normar la generación de energía eléctrica destinada exclusivamente al Autoconsumo, así como los excedentes que se generen como subproducto del Autoconsumo.
- b. Regular la adopción de tecnologías limpias (fuentes renovables) para la generación de energía eléctrica de Clientes de las Empresas Distribuidoras con instalaciones de generación hasta un máximo de cinco megavatios.
- c. Velar por la seguridad de las personas y de los bienes asociados a la generación conectada en el sistema eléctrico de distribución.
- d. Establecer mecanismos que compensen los costos incurridos en la red de distribución.
- e. Garantizar la calidad y la continuidad del suministro para los usuarios conectados a la red de distribución.
- f. Establecer un mecanismo que remunere el excedente de la energía inyectada a la red de cada unidad de generación distribuida.

g. Definir criterios técnicos de instalación para generadores distribuidos.

Definiciones Autoconsumo: Es el régimen de generación de energía eléctrica admitido para el abastecimiento de consumo propio en las Instalaciones Internas de un Cliente.

Cliente: Se entiende por cliente de una Empresa de Distribución a la persona natural o jurídica que ha suscrito un contrato de servicio eléctrico con la empresa de distribución que le provee de energía eléctrica. El estudio determinará los aspectos técnicos, tales como las pérdidas de energía, a través de un sistema de distribución poniendo a disposición de terceros agentes económicos del mercado eléctrico la capacidad de transporte remanente que no se encuentre comprometida. Es la generación de energía eléctrica en base a recurso renovable destinado al Autoconsumo y conectada al sistema de distribución en baja o media tensión, que tiene un régimen de Funcionamiento en Paralelo (sincronizada) con la red de distribución.

Tipo de recurso renovable. A los fines de esta Normativa, se consideran como recursos renovables a aquellas fuentes naturales, inagotables o capaces de regenerarse por medios naturales que pueden ser utilizadas para la generación de energía eléctrica:

- a.** Biomasa: Materia orgánica y biodegradable, de origen vegetal o animal, usada como fuente energética, derivada de procesos de combustión, digestión anaeróbica, gasificación y pirolisis.
- b.** Eólica: Utiliza la fuerza del viento para generar electricidad.
- c.** Geotérmica: Energía almacenada en forma de calor por debajo de la tierra.
- d.** Hidráulica: Energía obtenida del aprovechamiento de la energía potencial y cinética de las masas de agua (retenida en embalses a gran altura, o que transportan los ríos o canales).
- e.** Mareomotriz: Energía obtenida del aprovechamiento de la energía cinética de las mareas.
- f.** Residuos sólidos: Energía proveniente del aprovechamiento del reciclaje de materias orgánicas o inorgánicas obtenidas a partir de residuos sólidos.
- g.** Solar: Energía obtenida del aprovechamiento de la radiación solar.

Los GDR se clasificarán por Potencia Instalada y voltaje de conexión a la red de distribución según el siguiente detalle y caracterización:

GDR-BT1: BT, instalaciones hasta 2 kW.

- a. Puede instalar cualquier Cliente conectado a BT.
- b. Los equipos de generación están exclusivamente conectados en el Punto de Suministro.
- c. Potencia demandada del Cliente ante la ED es menor o igual a 2.0 kW.

GDR-BT2: BT, instalaciones de más de 2 kW.

- a. Puede instalar cualquier Cliente conectado a BT.
- b. Los equipos de generación están exclusivamente conectados aguas abajo del Punto de Suministro.
- c. La potencia demandada del Cliente ante la ED es más de 2.0 kw

GDR-MT1: MT, instalaciones menor o igual a 1MW.

- a. Puede instalar cualquier persona natural o jurídica conectado a MT que sea Cliente de la ED.
- b. Potencia demandada del Cliente ante la ED es menor o igual a 1 MW,
- c. Los equipos de generación están exclusivamente conectados aguas abajo del Punto de Suministro.
- d. La ED podrá determinar un límite de capacidad de conexión en el Punto de Suministro en base a los estudios del Dictamen de la Factibilidad Operativa.

GDR-MT2: MT, instalaciones de más de 1 MW e inferiores a 5 MW.

- a. Puede instalar cualquier persona natural o jurídica conectado a MT que sea Cliente de la ED.
- b. Potencia demandada del Cliente ante la ED es mayor a 1 MW y menor a 5 MW.
- c. Los equipos de generación están exclusivamente conectados aguas abajo del Punto de Suministro.
- d. El CNDC podrá requerir a la ED cualquier información o acción sobre los Generadores Distribuidos conectados en sus Redes.
- e. La ED podrá determinar un límite de capacidad de conexión en el Punto de Suministro en base a los estudios del Dictamen de la Factibilidad Operativa. En ninguno de los casos anteriores, la potencia operada del GDR deberá superar la potencia máxima registrada del Cliente. La ED validará la información suministrada por el Cliente

Instalaciones comprometidas de los Usuarios de GDRA.

Las instalaciones del GDR deberán cumplir los requisitos técnicos contenidos en esta

Normativa, sin perjuicio de otras normas que le resulten aplicables. Para ello, los GDR deberán:

a. Cumplir con los requisitos, normativas técnicas, convenios y acuerdos celebrados entre el Cliente de GDRA y la Empresa Distribuidora.

b. Permitir el acceso al sitio donde se encuentran instalados los equipos de generación e interconexión y brindar colaboración al personal técnico del MEM, INE, ENATREL y de la ED cuando se realicen inspecciones técnicas o se solicite información, previa notificación, con al menos 5 días calendario de antelación.

c. Instalar sistemas de protección para cualquier modalidad de generación y sistemas automáticos de conexión y desconexión para la seguridad de las personas y las instalaciones, así como para evitar daños al sistema de distribución y de otros usuarios, de acuerdo con las especificaciones técnicas de los sistemas de protección establecidas en el Anexo Técnico de esta Normativa. El GDR deberá informar a la ED los ajustes y parámetros de todos esos sistemas y equipos instalados. Los sistemas de conexión y desconexión deberán ser ubicados en el punto de medición para el acceso del personal de la ED, en la medida que las instalaciones lo permitan.

d. Obtener los permisos correspondientes de conformidad a la legislación nacional vigente.

e. Garantizar que la operación del GDR no supere las tolerancias permitidas para los indicadores de calidad, establecidos en la NCS, NSE y en las normas técnicas vigentes que le sean aplicables.

f. Informar a la ED los cambios en capacidad o en equipos de generación, obligándose a actualizar la habilitación obtenida.

g. El GDR deberá mantener en todo momento el buen estado del punto de conexión correspondiente a las instalaciones de conexión con la red de la ED. Dichos punto comprenden el conjunto de las instalaciones y equipos eléctricos entre su Punto de Suministro a la red de distribución y sus unidades de generación.

h. La ED podrá requerir al GD, en función de lo dictaminado en los Estudios de Impacto a la Red, que disponga de equipos de mando y protección incorporados al sistema de telegestión y que los mismos estén disponibles y en línea con el COR.

i. Adicionalmente, el GDR deberá acreditar que el equipamiento de generación fue instalado por uno o varios profesionales idóneos de acuerdo con las buenas prácticas de

instalaciones eléctricas

j. Todas las instalaciones de Generación Distribuida deberán contar con un mecanismo o dispositivo de conexión y desconexión de operación automática y manual para no poner tensión durante las tareas de emergencia, mantenimiento correctivo o preventivo sobre las redes. La ED deberá coordinar acciones con el GDR para la implementación de las tareas.

2.6 Condiciones del Clima y Geografía.

Los cambios constantes en el clima son un factor que afecta la eficiencia de un sistema fotovoltaico. Depende de las condiciones climáticas que se aproveche al máximo las propiedades de la radiación solar. Es imprescindible considerar los aspectos climáticos de la zona en la que vive, de esto dependerá la elección adecuada de paneles solares para evitar afectar el rendimiento del sistema solar. (BIRTIh - Aula Virtual, 2023)

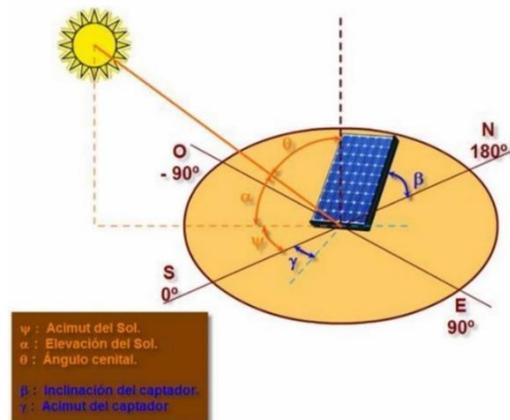


Figura 5: Ángulos de Posicionamiento Solar y Orientación Fotovoltaica. (BIRTIh - Aula Virtual, 2023)

Efectos Climáticos que afectan el Rendimiento de un Sistema Fotovoltaico.

Cual por su posición geográfica nos permite la generación de energía solar y más centrado para la biblioteca Esman Marín (figura 6) donde se instalaría la generación de autoconsumo, para la determinación de los cálculos de instalación de potencia que se pueda instalar en el edificio ante mencionado. (Google maps, 2023)

Días Lluviosos.

La lluvia es un problema menos para el rendimiento de los paneles solares. Al contrario, son beneficiosos, debido a que ayudan a limpiar las partes difíciles del sistema fotovoltaico. Los paneles solares están –construidos especialmente para soportar el agua, lo cual ayudará a deshacerse de suciedades como el polvo, excrementos de aves, y hojas que cubren los paneles. Sin embargo, la única desventaja es que mientras haya lluvia, habrá nubes que limitan la cantidad de luz. (Meteonorm software , 2021)

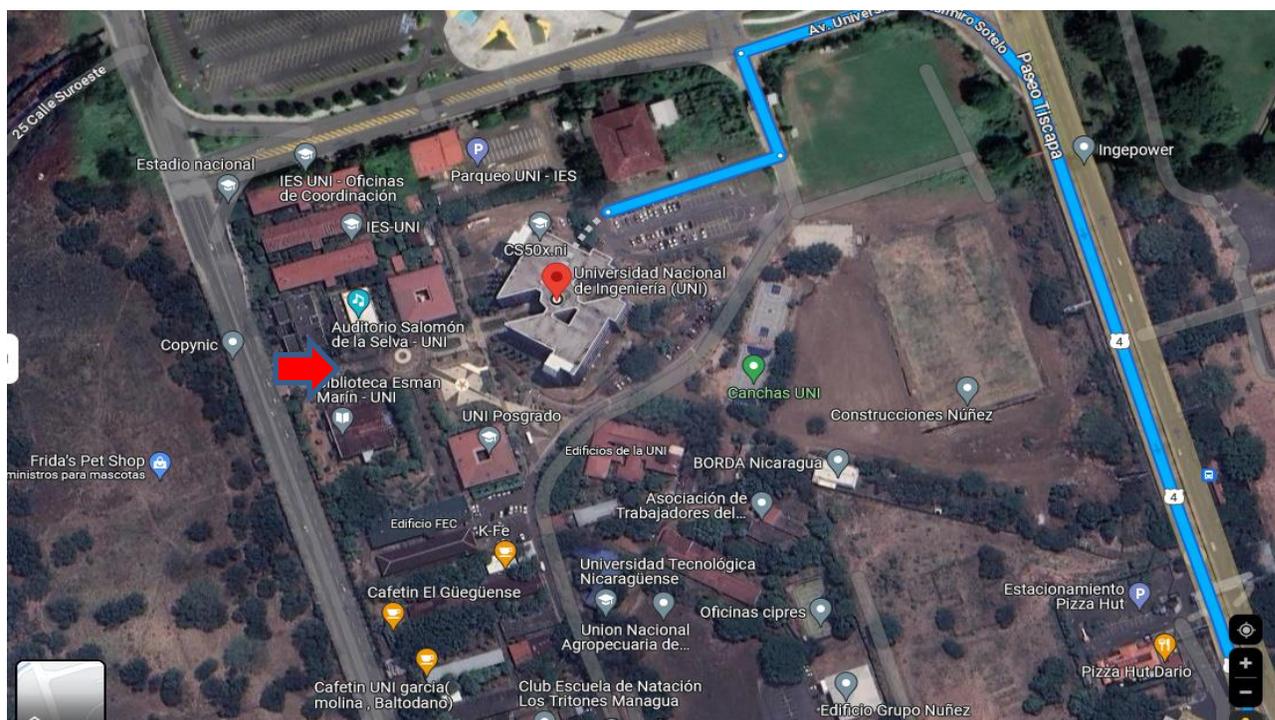


Figura 6: Mapa de ubicación Biblioteca Esman Marín - UNI. (Google maps, 2023)

¿Funcionan los paneles solares en días nublados?

A pesar de que no podamos ver el sol, los paneles solares pueden absorber no solo luz directa, sino también la luz difusa. Es decir que la luz atraviesa las nubes. Aunque claro no será el mismo rendimiento como cuando hay días soleados, pero si son capaces de atraer la energía solar en días nublados para seguir transformándola en electricidad. (Meteonorm software , 2021)

Altas Temperaturas.

Suena confuso pero las altas temperaturas no generan mayor energía, al contrario, reducen el nivel de energía, a esto se le conoce como caída de voltaje. La física nos dice que la energía es el producto de la tensión y la corriente ($P = V \times I$), por lo que, aunque las temperaturas más altas aumentan la corriente (I en la ecuación), disminuyen el estado de reposo de los electrones dentro de una célula solar. Cabe destacar que las temperaturas mayores de 30° reducen en un 10% la eficiencia de los paneles solares. Generalmente los paneles solares están preparados para soportar una temperatura promedio de 20 a 25° para obtener una óptima eficiencia en los paneles solares. (Meteonorm software , 2021)

Potencial Geográfico para la Producción de Energía por Sistemas Fotovoltaicos.

La región del pacifico son las regiones con mayor potencial en Nicaragua.

En Managua, la radiación solar para el día de hoy 23 de septiembre es de $6,728 \text{ Wh/m}^2$. La unidad de medida de la **radiación solar** se expresa en **W/m^2** (Wattios por metro cuadrado). Hablamos de radiación solar en términos generales, para referirnos a las magnitudes habría que hablar de Irradiancia o de Irradiación.

Irradiancia: potencia de la radiación solar por unidad de área (W/m^2).

Irradiación: energía por unidad de área (Wh/m^2). (Tutiempo, 2023)

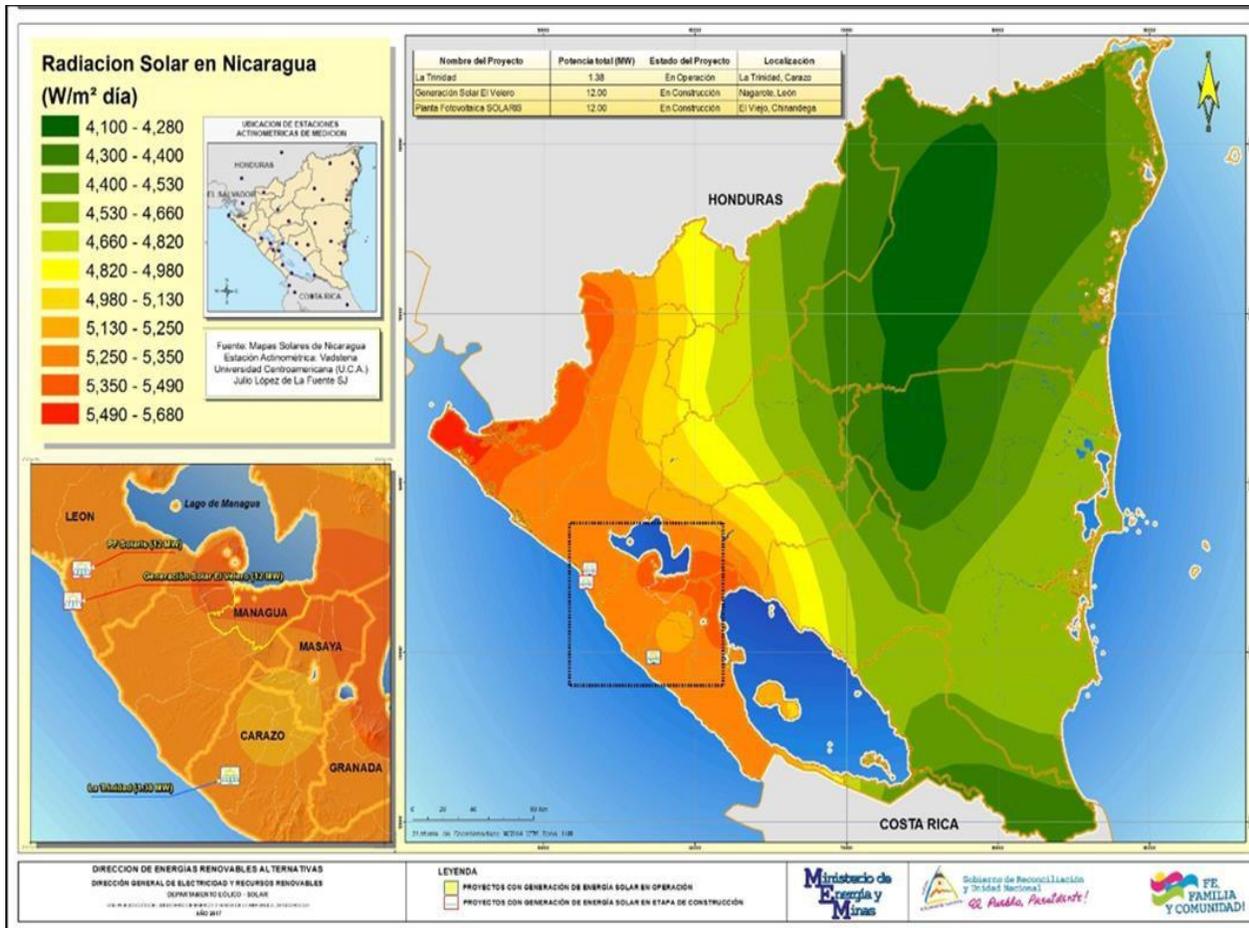


Figura 7: Radicación Solar de Nicaragua. (MEM, 2017)

2.7 Elementos y partes del Sistema Fotovoltaico.

Dentro los componentes de un sistema de energía solar el módulo solar o conocido también como panel solar. El panel solar es el componente principal de todos los tipos de sistemas fotovoltaicos. Además de este existen diferentes partes que se suman al sistema que varían de acuerdo con la aplicación por acumulación de energía a través de batería o por inyección directa al sistema eléctrico. (Secretaría de energía de Argentina, 2019)

2.7.1 Sistemas Fotovoltaicos sin Conexión a la Red Eléctrica (Aisladas). (Secretaría de energía de Argentina, 2019)

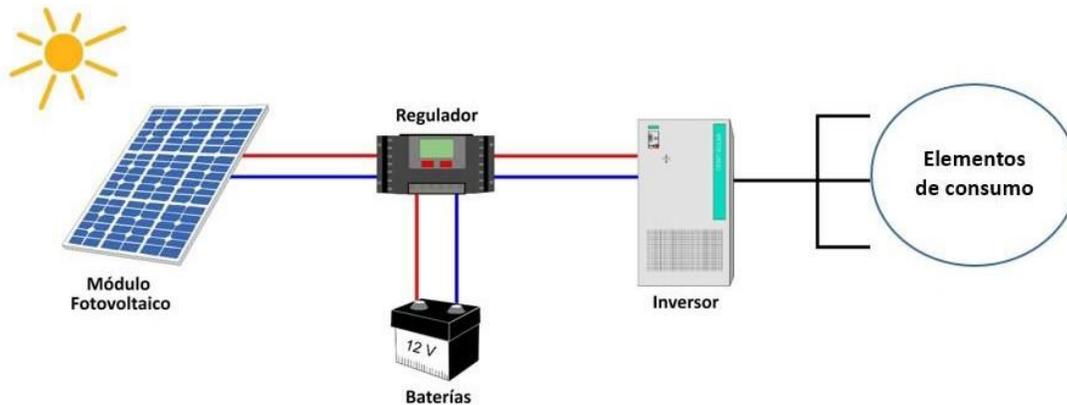


Figura 8: Componentes de un Sistema Fotovoltaico Aislado. (Secretaría de energía de Argentina, 2019)

2.7.1.1 Módulo Solar (Panel Solar) Fotovoltaico:

Componente encargado de transformar la radiación solar en energía eléctrica a través del efecto fotoeléctrico. (Secretaría de energía de Argentina, 2019)

2.7.1.2 Regulador de Carga.

Este componente del sistema administra de forma eficiente la energía hacia las baterías prolongando su vida útil protegiendo el sistema de sobrecarga y sobre descargas. (Secretaría de energía de Argentina, 2019)

2.7.1.3 Batería (Acumulador):

La energía eléctrica de los paneles, una vez regulada va a las baterías. Estas almacenan la electricidad para poder úsala en otro momento, su comercialización es basada en la capacidad de almacenar energía y es medida en Amperios hora (Ah). (Secretaría de energía de Argentina, 2019)

2.7.1.4 Inversor

Este componte convierte la corriente continua y bajo voltaje (12V o 24V típicamente) proveniente de las baterías o controlador en corriente alterna 120V, de forma simplificada se puede decir que transforma la corriente continua en un tomacorriente convencional. (Secretaría de energía de Argentina, 2019)

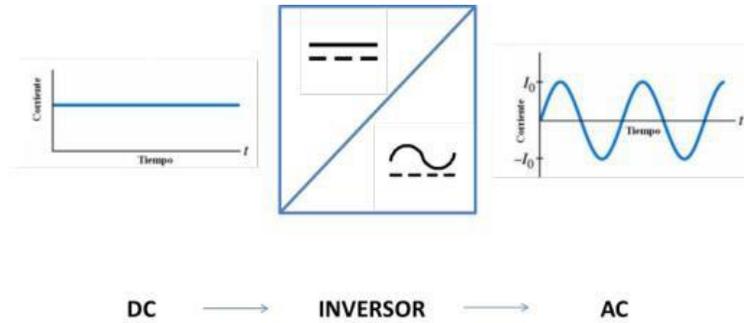


Figura 9: Inversor De Corriente. (Secretaría de energía de Argentina, 2019)

2.7.1.5 Soportes

Este es un componente pasivo de los sistemas de energía solar. Encargado de mantener en su lugar los módulos fotovoltaicos y debe estar proyectado para soportar la intemperie de forma constante, expansiones térmicas durante mínimo 25 años. (Secretaría de energía de Argentina, 2019)

2.7.1.6 Medidor Bidireccional.

Un medidor bidireccional, es un dispositivo hecho para contabilizar la electricidad que se consume por parte de la red local y también para registrar la energía que se produce con un sistema fotovoltaico. Adquirir este medidor es un requisito importante que se debe cumplir si se decide instalar paneles solares de manera interconectada, ya que te permite determinar adecuadamente cuánto debes pagar de luz a la distribuidora con base en tu consumo, ya sea a nivel doméstico, comercial o industrial. (Energía solar y autoconsumo, 2021).

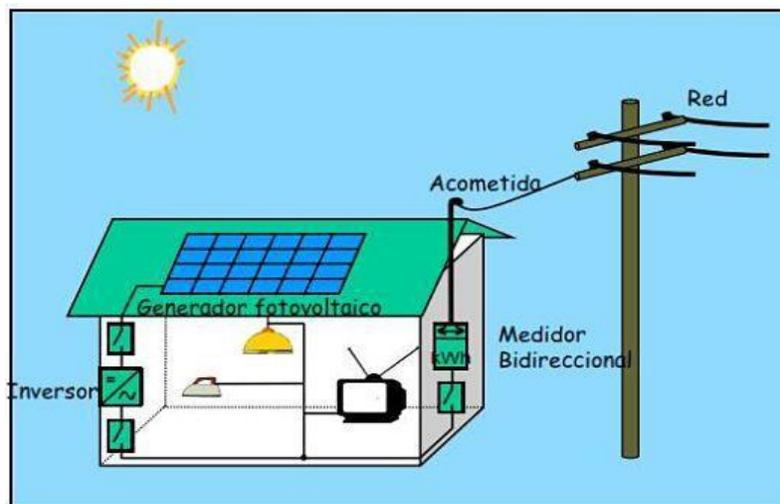


Figura 10: Sistema de generación de autoconsumo conectado con medidor bidireccional. (Energía solar y autoconsumo, 2021)

2.7.1.7 Funcionamiento

Un medidor bidireccional funciona de una manera similar a un medidor de luz convencional, puesto que miden la cantidad de energía que utilizas, ya sea proporcionada por la distribuidora o producida con un sistema fotovoltaico. A diferencia de los sistemas regulares, un equipo bidireccional recibe ese nombre porque contabiliza tanto la energía entrante como la energía saliente. Este dispositivo registra tres tipos de medidas: (Energía solar y autoconsumo, 2021)

- La energía recibida, es decir, la electricidad que recibes de la red local
- La energía neta producida por tus paneles solares
- La energía entregada, es decir, el excedente que no utilizas y envías a la red

Esta última medición te informa acerca de la producción de tus paneles, cuando estos generan más electricidad de la que necesitas y se envía a la red de la distribuidora. Dichos excedentes pueden restarse de tu factura o ser vendidos a la compañía eléctrica, según el contrato de interconexión que poseas. (Energía solar y autoconsumo, 2021)

Por otra parte, existen dos tipos de medidores: los electromecánicos y los electrónicos. Los dispositivos electromecánicos funcionan haciendo girar un disco que registra el flujo de corriente. Sin embargo, actualmente los equipos que se utilizan son electrónicos, especialmente cuando se trata de instalaciones de paneles solares. Los dispositivos electrónicos, tanto unidireccionales como bidireccionales, utilizan sistemas de medición que no requieren de partes móviles. Estos miden el flujo de la corriente eléctrica para ofrecer una lectura de consumo y así calcular el pago que deberás hacer a la compañía eléctrica. (Energía solar y autoconsumo, 2021)

2.7.2 Sistemas Fotovoltaicos con Conexión a la Red Eléctrica (de Autoconsumo).

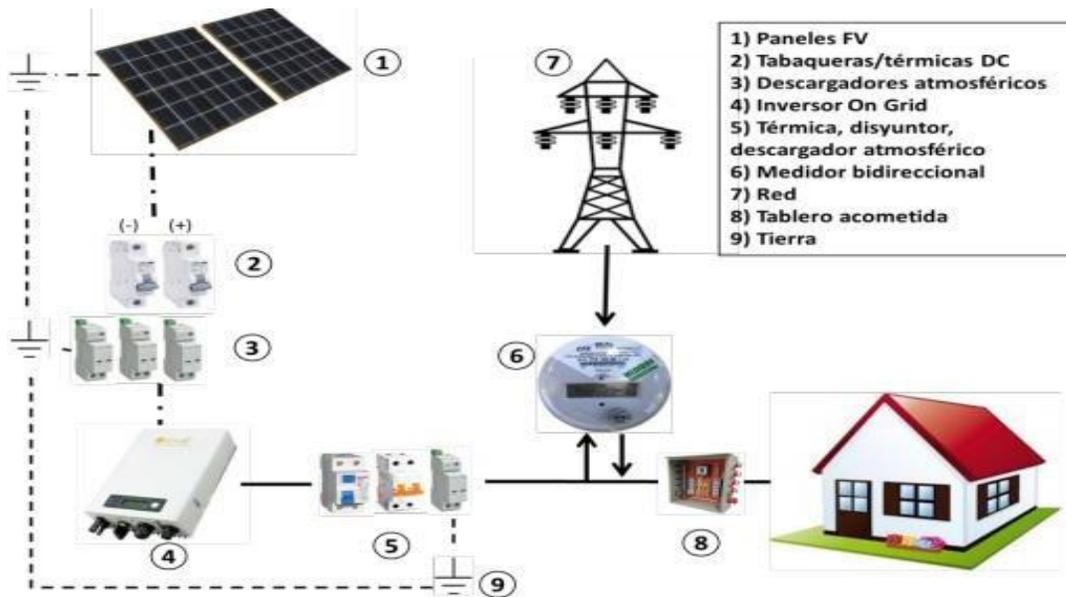


Figura 11: Componentes de un Sistema Fotovoltaico Aislado. (Secretaría de energía de Argentina, 2019)

Esencialmente, un sistema conectado a red posee los siguientes componentes: (Secretaría de energía de Argentina, 2019)

- Paneles Fotovoltaicos.
- Inversor de Red.
- Protecciones.
- Cables de Interconexión.
- Medidor bidireccional.

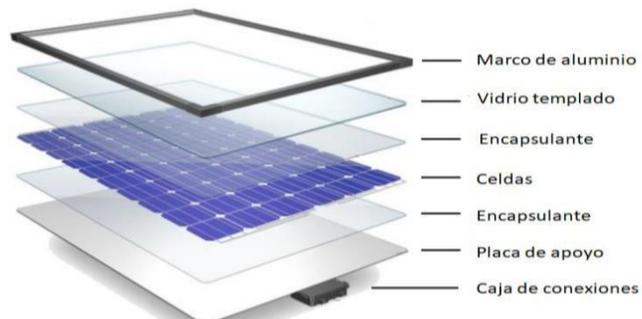


Figura 12: Estructura de Panel Solar. (Secretaría de energía de Argentina, 2019)

2.8 Métodos de cálculo del Sistema Fotovoltaico.

2.8.1 Procedimiento para el cálculo de Instalaciones Fotovoltaicas Aisladas.

En la mayoría de los proyectos fotovoltaicos, sobre todo de las instalaciones solares aisladas y dependiendo de la potencia de la instalación, será necesario asociar varias placas en serie o paralelo para obtener los niveles de tensión y corriente deseados. Dependiendo de la potencia de consumo requerida, esos equipos admitirán una mayor o menor tensión y corriente de entrada. Para obtener los valores requeridos de tensión y corriente es necesario conectar en serie o paralelo los paneles fotovoltaicos. El conexionado en serie suma las tensiones y el conexionado en paralelo suma las corrientes. (Global Energy Monitor Wiki, 2022)

2.8.2 Procedimiento para el cálculo de Instalaciones Fotovoltaicas No Aisladas.

En primer lugar, se debe introducir un concepto fundamental, el de las “**Horas de Sol Pico**” o HPS [horas]. Se puede definir cómo el número de horas en que disponemos de una hipotética Irradiancia solar constante de 1000 W/m^2 sobre cada panel solar que componen de la instalación fotovoltaica. Es decir, una hora solar pico (“HPS) equivale a 1kWh/m^2 o, lo que es lo mismo, 3.6 MJ/m^2 . Dicho en otras palabras, es un modo de contabilizar la energía recibida del sol agrupándola en paquetes, siendo cada “paquete” de 1 hora recibiendo 1000W/m^2 . En este punto, hay que hacer un apunte importante: (Global Energy Monitor Wiki, 2022)

- **Irradiancia:** Es la magnitud que describe la radiación o intensidad de iluminación solar que llega hasta nosotros medida como una potencia instantánea por unidad de superficie, W/m^2 o unidades equivalentes. (Global Energy Monitor Wiki, 2022)
- **Irradiación:** Es la cantidad de Irradiancia recibida en un lapso de tiempo determinado, es decir, la potencia recibida por unidad de tiempo y por unidad de superficie. Se suele medir en Wh/m^2 o, en caso de un día, en $\text{Wh/m}^2/\text{día}$ o unidades equivalentes. (Global Energy Monitor Wiki, 2022)

Ese valor de Irradiancia en condiciones estándar de medida es de 1000W/m^2 . Es decir, si se dispone de los datos de irradiación solar de un determinado día y se divide entre 1000, se obtienen las HSP. Por ejemplo, si tenemos una irradiación de

3.800Wh/m^2 , para pasarla a HSP, se divide entre 1.000W/m^2 , con lo que obtenemos 3.8 HPS. (Ladron de Guevara, 2018)

Los pasos para dimensionar el sistema fotovoltaico autónomo: (Secretaría de energía de Argentina, 2019)

- Estimación del Consumo.
- Datos del lugar donde se realizará la Instalación.
- Dimensionado del Generador Fotovoltaico.
- Dimensionado del Sistema de Acumulación.
- Dimensionado del Controlador de Carga.
- Dimensionado del Inversor.

2.8.3 Para la conexión de Módulos Solares Fotovoltaicos.

Conexión de Placas Solares en Paralelo: se conectan todos los módulos por sus polos positivos y, por separado, por todos los polos negativos. Con esto, lo que conseguimos es aumentar la corriente generada en la rama (suma de las corrientes de cada panel) pero se mantiene la misma tensión que la de uno de los paneles que componen la rama. (Secretaría de energía de Argentina, 2019)

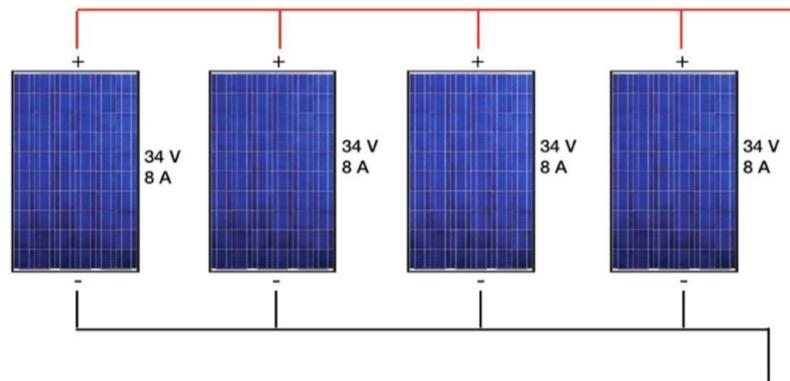


Figura 13: Conexión en paralelo (CPM Solar, 2023)

Conexión de Módulos Fotovoltaicos en Serie: para este tipo de configuración se conecta el polo positivo de un módulo, con el polo negativo del siguiente, así sucesivamente con cuantos paneles sean necesarios. Con esto se consigue aumentar la tensión y mantener el mismo valor de corriente generada. (Secretaría de energía de Argentina, 2019)

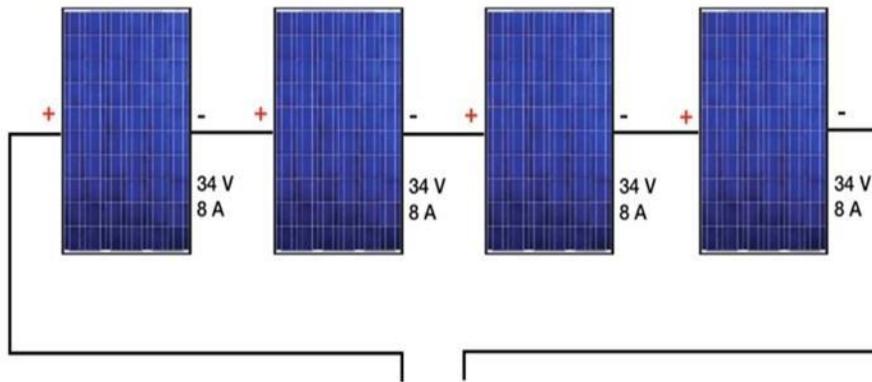


Figura 14: Conexión en Serie (CPM Solar, 2023)

Conexión mixta de Placas Solares: sería la última opción de configuración de las que nos podemos encontrar, en este caso sería una configuración donde encontramos ramas con paneles conectados en serie y a su vez, estas ramas, conectadas en paralelo. (Secretaría de energía de Argentina, 2019)

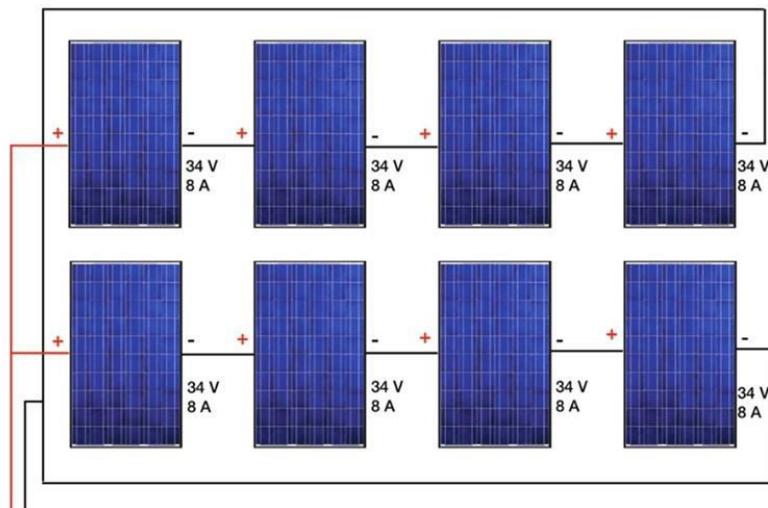


Figura 15: Conexión Mixta (CPM Solar, 2023)

Recordamos que, para saber la energía generada por nuestros paneles, tenemos la fórmula: $E_{genfotv} = I_{genfotv} * V_{genfotv} * HSP * 0.9$ (Secretaría de energía de Argentina, 2019) (Ladron de Guevara, 2018)

En este caso, como tenemos 2 ramas en paralelo, con 5 paneles en serie por rama, podemos calcular fácilmente la I generador-fotovoltaico y la V generador-fotovoltaico.

Si tenemos en cuenta un entorno ideal (sin pérdidas), tendríamos que:

$I_{\text{generador-fotovoltaico}} = \text{Corriente máxima de cada panel} \cdot \text{Número de ramas en paralelo} = 8,37\text{A} \cdot 2 = 16,74\text{A}$

$V_{\text{generador-fotovoltaico}} = \text{Tensión máxima de cada panel} \cdot \text{Número de paneles en serie en cada rama} = 31,4 \cdot 5 = 157\text{V}$.

2.9 Diseño de Sistemas Solares Fotovoltaicos Conectados a la Red.

Los datos de radiación solar utilizados para el cálculo de la energía que generará la instalación solar fotovoltaica conectada red, será obtenida del programa informático Meteororm. El programa genera un fichero donde se especifica los valores mensuales de radiación horizontal, inclinada, y temperatura ambiente entre otros. Partiendo de los valores de radiación inclinada y temperatura ambiente se genera otra columna con los datos de temperatura del módulo o panel solar fotovoltaico, para cada valor de irradiación y temperatura y, con éstos, utilizando la ecuación simplificada, se calcula los valores de potencia del módulo para cada dato de los valores horarios. A partir de los datos horarios se pueden obtener los mensuales o globales. (Meteororm software , 2021)

Donde ΔT es la caída de tensión en volts, I es la intensidad de corriente que circulará por el cable en amperes, ρ es la resistividad del cable en $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ ($0,0172 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$ para el cobre), L es la longitud del cable en metros y S es la sección del cable.

La expresión de la ecuación simplificada es la siguiente: (Ladron de Guevara, 2018)

$$P_m = P_{m,ref} * \frac{G}{G_{ref}} * [1 + \gamma * (T_c - T_{c,ref})]$$

Donde:

- **P_m**: es la potencia máxima del generador en las condiciones deseadas de Irradiancia G y temperatura de la célula T_c .
- **P_{mref}**: es la potencia máxima del generador en las condiciones de referencia (condiciones estándar de medida u otras condiciones en las que se conozca la potencia).
- **G_{ref}**: es la Irradiancia en las condiciones de referencia.
- **ref.**: es la temperatura de la célula en las condiciones de referencia.
- **γ** : es el coeficiente de variación del punto de máxima potencia con la temperatura.

3. Capítulo 3 Resultados y discusión de los resultados de la propuesta de diseño del sistema eléctrico fotovoltaico.

3.1 Resultado 1: Diagnóstico situacional del área disponible para el sistema eléctrico de la biblioteca Esman Marin de la UNI.

3.1.1 Área disponible

- **Frontal y Planta**
 - Ancho: 24 m
 - Largo: 24 m
 - Inclinación de techo: 12%
 - Área = 576 m²

Determinación del área biblioteca Esman Marín Universidad Nacional de Ingeniería UNI Recinto universitario, Simón Bolívar UNI. Managua Nicaragua Área total: 133,780.71m². Distribuida en dos plantas. (24 metros x 24 metros cada planta, su área por planta es de 576m²).

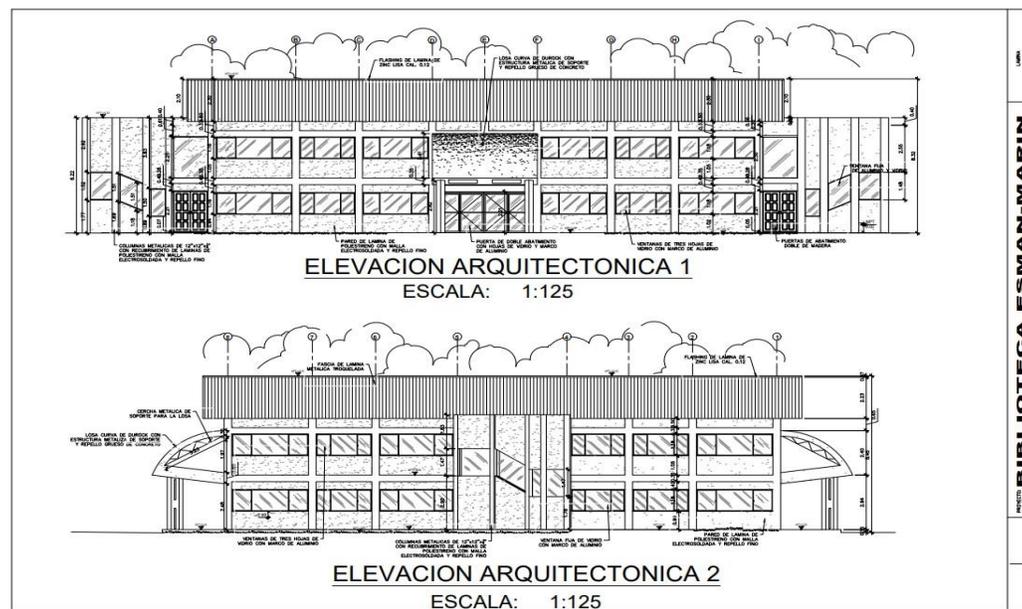


Figura 16: Elevaciones arquitectónica 1 y 2.
Fuente: Informe Técnico Facultad de Arquitectura UNI.

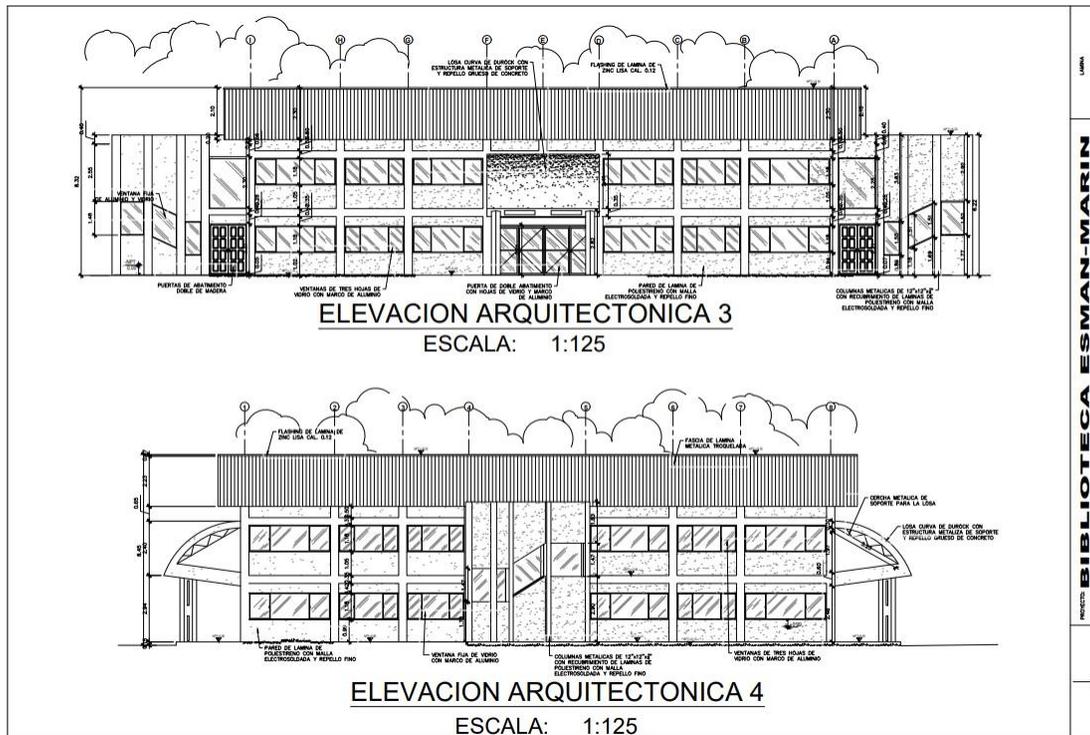


Figura 17: Elevaciones arquitectónica 3 y 4.
 Fuente: Informe Técnico Facultad de Arquitectura UNI.

Por ser una instalación con integración arquitectónica parcial se debe tomar en cuenta la disponibilidad en el área de techo de la nave específicamente la parte con orientación al sur, para esto se utiliza la siguiente fórmula teniendo un área cuadrada:

$$\text{Area total del sur} = \text{distancia lateral de la nave} \times \frac{1}{2} \text{ de distancia frontal}$$

$$\text{Area total del sur} = 24 \text{ m} \times \left[\left(\frac{1}{2} \right) (48) \right] = 576 \text{ m}^2$$

Del total de los datos tenemos que, área disponible es mayor al área necesaria cumpliendo esta condición no se tiene ningún inconveniente con respecto a superficies.

3.2 Resultado 2: Evaluar el potencial solar y consumo energético en la zona del edificio de la biblioteca Esman Marín de la universidad

3.2.1 Ubicación solar.

El equinoccio es el momento del año en el que día tiene la misma duración que la noche en todos los lugares de la tierra. Este fenómeno ocurre dos veces al año: Marzo y septiembre. En ese instante el eje de la tierra es perpendicular a los rayos del sol.

En el hemisferio norte este equinoccio es llamado “Equinoccio de primavera “y marca el paso del invierno a la primavera y. Los días siguen alargándose y las noches acortándose hasta finales hasta finales de junio.

En el hemisferio sur este equinoccio es llamado “Equinoccio de Otoño” y marca el paso del verano al otoño. Los días siguen acortándose y las noches alargándose hasta junio.

El equinoccio es el momento en que la noche y el día tienen la misma duración porque el sol se encuentra sobre el ecuador terrestre. También ocurre en ambos hemisferios y marca el inicio de la primavera y del otoño, entre los días 20 y 21 de marzo, y 22 y 23 de septiembre.

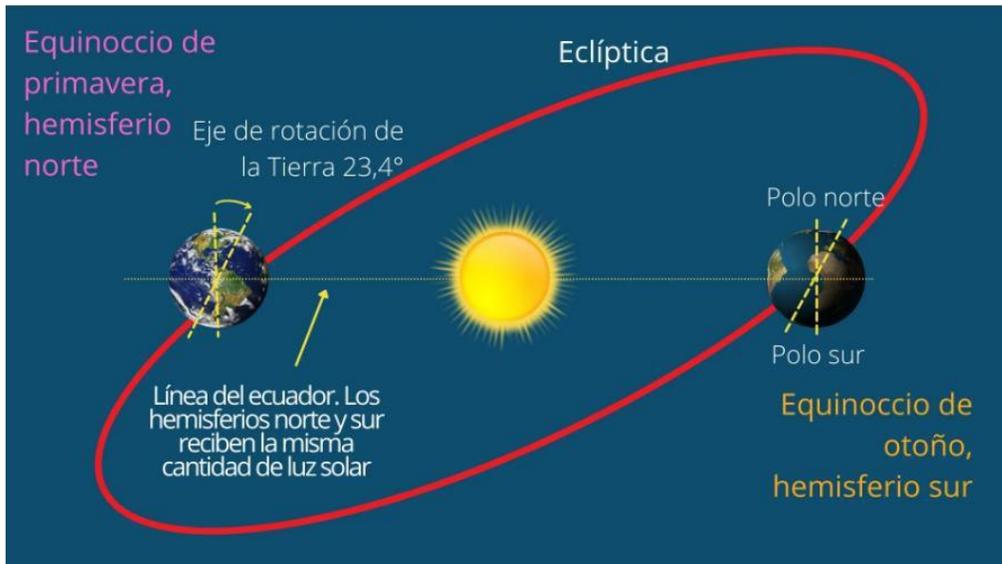


Figura 18: Ilustración del equinoccio de los hemisferios norte y sur. (Significado.com, 2023)

Por lo que representa en la siguiente grafica de cómo sería el aprovechamiento solar de la biblioteca Esmán Marín la manta amarilla de como a lo largo de un año se comportaría el movimiento de solar por parte de los dos equinoccios. El equinoccio es el momento en que el día y la noche tienen la misma duración. Sucede dos veces al año en cada hemisferio, entre los días 20 y 21 de marzo y los días 22 y 23 de septiembre, por lo que se distinguen el equinoccio de primavera y el equinoccio de otoño.

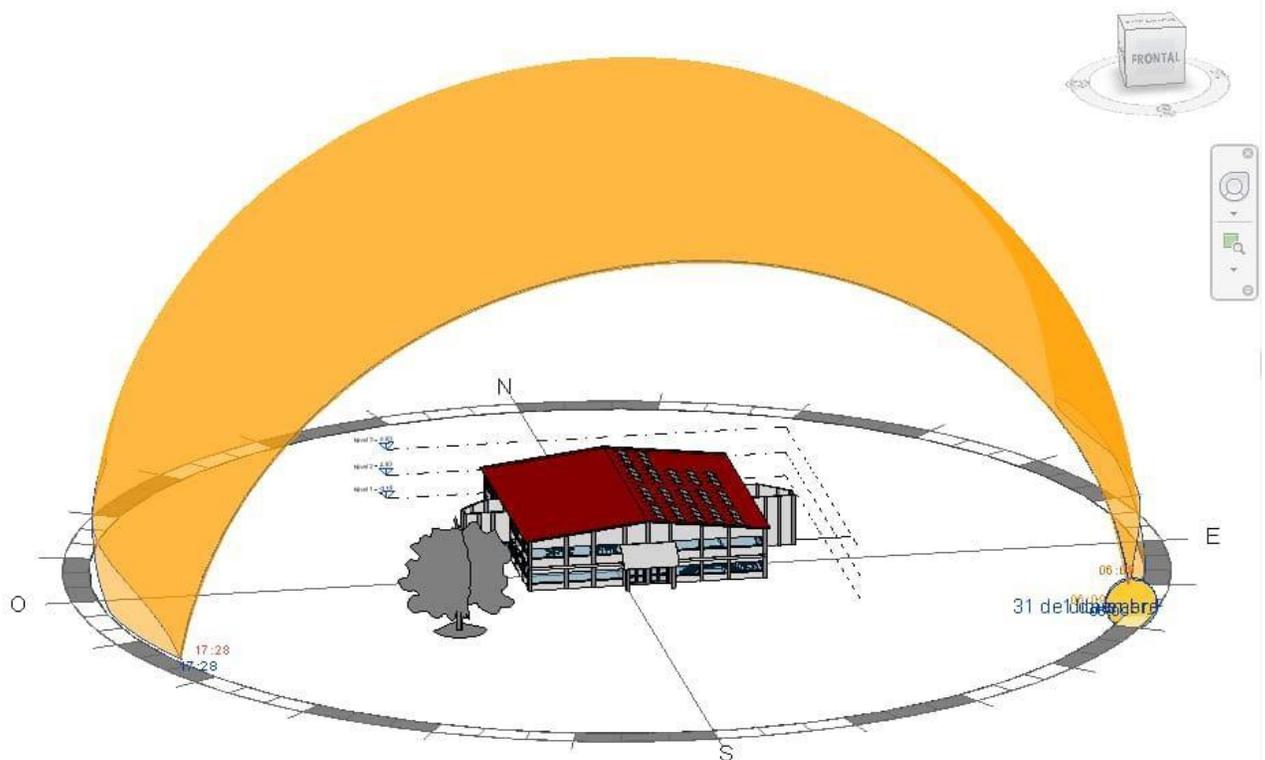


Figura 19: Ilustración del aprovechamiento solar de la biblioteca Esmán Marín.
Fuente: ilustración propia

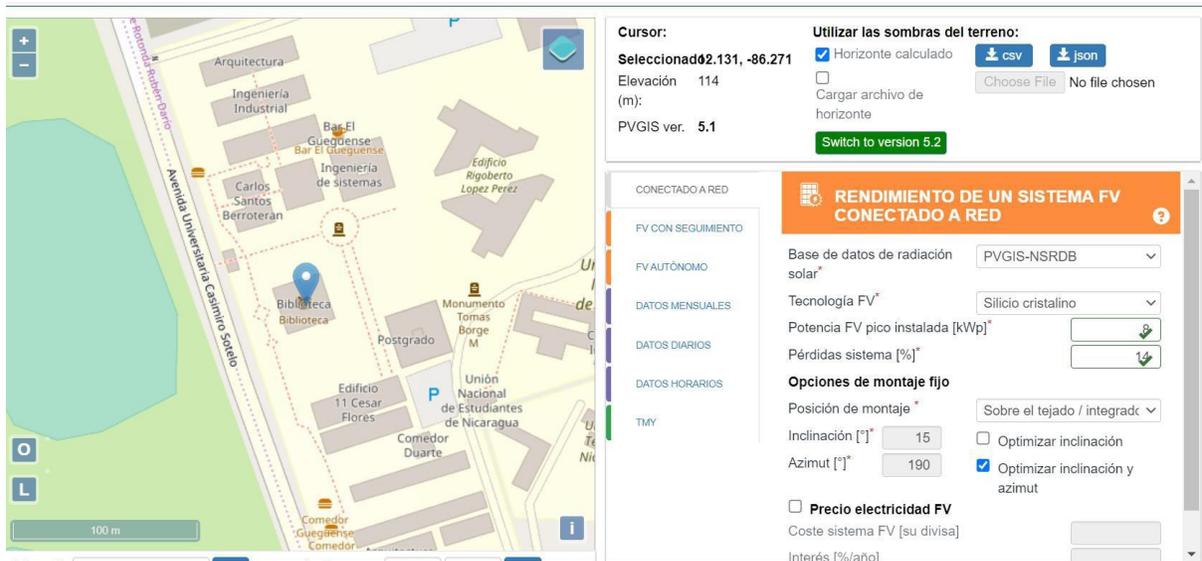


Figura 21: Resultado de Simulación PV GIS.
Fuente: Informe PVGIS-5 valores estimados de la producción eléctrica solar.

Estos dos parámetros son importantes para que el software PV GIS calcule bien las variables que necesitamos saber a continuación, ya que como se ha explicado antes, la irradiación que proporciona la luz solar va a depender de lugar en el que estemos ubicados.

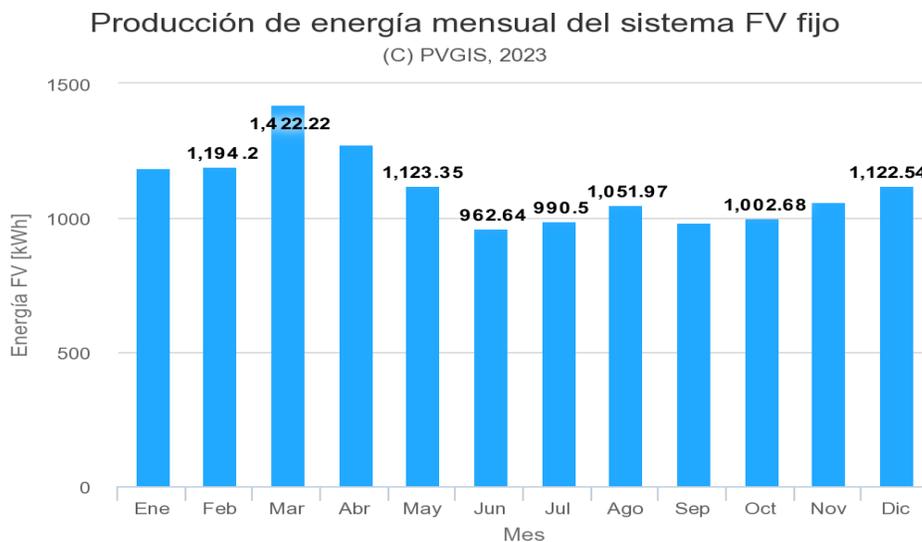


Figura 22: Gráfica de Generación Solar
Fuente: Informe PVGIS-5 Valores Estimados de la Producción Eléctrica Solar.

Mes	Eje inclinado			Dos ejes		
	E_m	H(i)_m	SD_m	E_m	H(i)_m	SD_m
Enero	1629.0	248.8	103.0	1757.5	270.0	116.6
Febrero	1637.1	251.5	90.1	1695.5	261.4	96.2
Marzo	1939.9	300.7	95.0	1950.3	302.5	95.8
Abril	1689.5	263.8	123.6	1700.2	265.5	124.7
Mayo	1416.8	221.7	110.6	1455.3	228.1	116.7
Junio	1179.5	184.4	68.1	1228.0	192.4	73.2
Julio	1217.2	188.9	73.7	1258.2	195.5	78.6
Agosto	1312.4	205.6	60.3	1330.0	208.5	61.6
Septiembre	1230.0	194.2	188.0	1231.5	194.4	188.4
Octubre	1236.1	195.0	174.8	1254.2	198.2	179.8
Noviembre	1371.0	213.4	84.4	1452.2	227.4	93.3
Diciembre	1494.7	230.0	90.2	1637.2	254.0	105.6

Figura 23: Valores Estimados de la Producción Eléctrica Solar.
Fuente: Informe PVGIS-5

Donde refleja los siguientes datos de la figura #22 de la producción estimada anual del 2023 con el software PVGIS.

Donde:

E_m: Producción eléctrica media mensual del sistema definido [kWh].

H(i)_m: Suma media mensual de la irradiación global recibida por metro cuadrado por los módulos del sistema dado [kWh/m²].

SD_m: Desviación estándar de la producción eléctrica mensual debida a la variación interanual [kWh].

En la siguiente gráfica muestra Irradiación mensual sobre plano de un sistema FV con seguimiento solar:

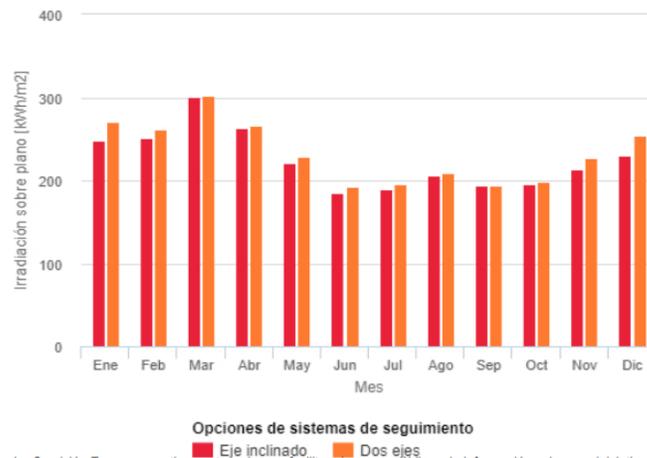


Figura 24: Irradiación mensual sobre plano de un sistema fotovoltaico.
Fuente: Informe PVGIS-5.

Un dato bastante interesante para tener en cuenta que nos servirá para entender por qué en invierno se da menos radiación que en verano, es el perfil del horizonte y la elevación solar. En esta imagen podemos ver que la elevación del sol en verano es mucho mayor, lo que significa que además de que el Sol tenga más altura y por tanto mayor será la radiación en su momento pico entre el sistema de eje inclinado y sistema dos ejes en nuestro sistema fotovoltaico se está aplicando eje inclinado, el Sol está más tiempo asomando sus rayos en esta zona del planeta, por lo que la captación de energía va a ser mayor a lo largo del día. En invierno en cambio, el rango de valores de la elevación solar, por lo que es normal que la cantidad de radiación se vea afectada por estos fenómenos naturales como son los cambios de estación.

3.2.3 Censo de Carga

Actualmente el edificio de la biblioteca Esmán Marín cuenta con un panel marca Cuttler Hammer con una capacidad máxima de 225 Amperios modelo PRL4 en el cual se identificaron los circuitos de iluminación de la segunda planta para saber a carga distribuida en el edificio de esta manera se encontraron los siguientes circuitos:

Tabla 1: Levantamiento de Corriente

Circuitos Totales	Medicion en Amperio#1	Medicion en Amperio#2	Medicion en Amperio#3
Circuito 17 luminaria de lectura.	1.6	1.9	2.1
Circuito 19 luminaria de lectura.	3.3	3.5	3.4
Circuito 20 luminaria de lectura.	3.5	3.6	3.6
Circuito 21 luminaria de lectura.	3.8	3.5	3.6
Circuito 22 luminaria de lectura.	3.7	3.5	3.7
Circuito 23 luminaria de lectura.	3.9	3.8	3.6
Circuito 24 luminaria de lectura.	3.8	3.6	3.7
Circuito 25 luminaria de lectura.	3.6	3.7	3.9
Circuito 27 luminaria de lectura.	3.7	3.5	4

3.3 Resultado 3: Dimensionamiento del sistema de generación eléctrica fotovoltaico propuesto para la biblioteca Esman Marin de la universidad.

En este apartado se realiza el cálculo y dimensionado necesario de todos los componentes que forman el sistema solar fotovoltaico descrito anteriormente.

Es importante destacar para este capítulo que solamente se dejan planteadas las fórmulas y procedimientos necesarios para el correcto dimensionamiento y cálculo de los componentes del sistema de la biblioteca Esmán Marín.

El sistema solar que se diseña tiene una potencia de 8 Kwp (**Kilowatts pico**), por lo tanto, la instalación debe cumplir para la alimentación de sistema de iluminación de la biblioteca. Por esta razón, empezamos calculando el número mínimo de módulos fotovoltaicos con los que está formado, sabiendo que el módulo entrega una potencia de 460 Wp (**Watts pico**). El módulo de 144 células ha sido diseñado para garantizar un alto rendimiento de producción que no se puede alcanzar con la tecnología estándar. La configuración semicelular de alta calidad optimiza la distribución eléctrica dentro del panel para promover el rendimiento del producto. Por estas razones, la gama Half Cell es adecuada no sólo para instalaciones industriales, sino también para instalaciones residenciales y comerciales.

PEIMAR
POLYCRYSTALLINE PHOTOVOLTAIC MODULES

OR6H460M
HALF CELL LINE

● MONO HALF CELL

El módulo de 144 células ha sido diseñado para garantizar un alto rendimiento de producción que no se puede alcanzar con la tecnología estándar. La configuración semicelular de alta calidad optimiza la distribución eléctrica dentro del panel para promover el rendimiento del producto. Por estas razones, la gama Half Cell es adecuada no sólo para instalaciones industriales, sino también para instalaciones residenciales y comerciales.

CÉLULAS

144 CÉLULAS
MONO 6BB / 6BB MS HALF | PERC
165x83 mm / 6.51x3.27"

MARCO

COMPACTO Y SÓLIDO | 28 mm
PUEDE SER ANCLADO EN EL LADO CORTO "

30 AÑOS GARANTÍA LINEAL PRODUCCIÓN
20 AÑOS GARANTÍA PRODUCTO

TECNOLOGÍA PERC

PID FREE

REACCIÓN AL FUEGO: CLASE 1

VIDRIO ANTIRREFLEJO

SEGURO QDE
Seguro de Responsabilidad del Fabricante QDE

TÜV SÜD

Figura 25: Panel Solar Peimar.
Fuente: Informe PVGIS-5.

De acuerdo con estos datos, el número de módulos necesarios para entregar la potencia total es:

$$N^{\circ} \text{ de módulos} = \frac{\text{Potencia del sistema}}{\text{Potencia de modulo}}$$

Dando un resultado de:

$$N^{\circ} \text{ de módulos} = \frac{8000 \text{ W}}{466 \text{ W}} = 18 \text{ modulos}$$

3.3.1 Módulos conectados en paralelo

Ahora pasamos a determinar el número de paneles que deben ir conectados en paralelo, para ello, solo es necesario conocer la potencia del inversor elegido y la cantidad de módulos. Este resultado quiere decir que el número máximo de módulos en paralelo no deberá sobrepasar según la capacidad de nuestro inversor. Calculando el conjunto que entrega más potencia mediante la siguiente ecuación:

$$N^{\circ} \text{ de módulos paralelo} = \frac{I \text{ máxima del inversor}}{I \text{ cortocircuito (Isc) del modulo}}$$

Esta no debe ser mayor que la intensidad admisible de entrada al inversor, para ello se debe tener en cuenta que la intensidad máxima de cortocircuito es máxima cuando la temperatura del módulo alcanza su máximo, dicha temperatura viene dada en la tabla de características técnicas del fabricante. La expresión viene representada a continuación:

$$I_{cc \text{ max dc modulos}} = I_{cc(25^{\circ})} - [(25 - T_{max})] \frac{\Delta I}{\Delta T}$$

Donde:

$I_{cc \text{ max}}$: Intensidad máxima capaz de soportar el módulo fotovoltaico.

$I_{cc} (25^{\circ})$: Intensidad de cortocircuito del módulo fotovoltaico.

T_{max} : Temperatura máxima de trabajo.

$\frac{\Delta I}{\Delta T}$

ΔT : Variación de la intensidad de corriente con respecto a la variación de temperatura.



Figura 26: Microinversor. (Enphase Energy, 2023)

Con el resultado obtenido, se procede a calcular la corriente de entrada al inversor con la siguiente expresión:

Potencia entregada al inversor = paneles en paralelos x potencia de los modulos

$$Potencia\ entregada\ al\ inversor(w) = 18 \times 466 = 8388\ W$$



Dos paneles idénticos en paralelo

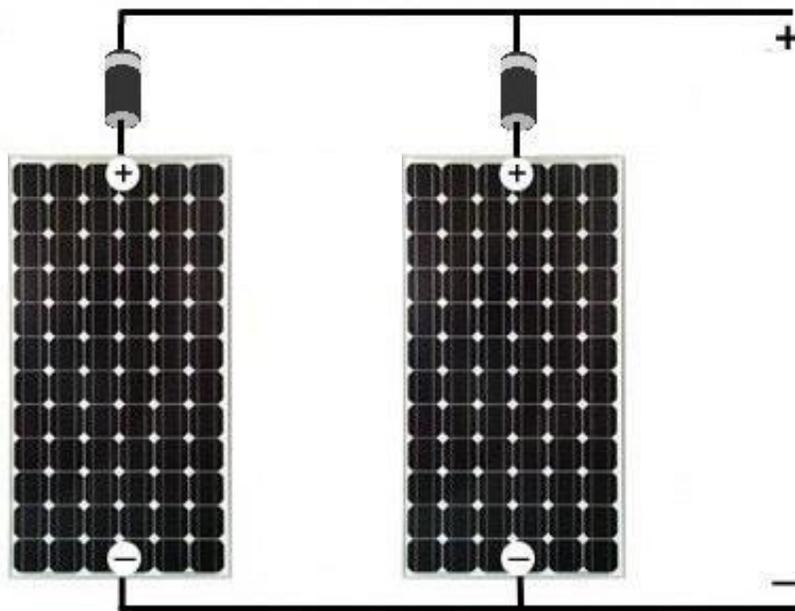


Figura 27: Paneles solares conectados en paralelo. (MPPT SOLAR, 2023)

3.3.2 Inclinación y Orientación de los Paneles

La eficiencia máxima de un panel solar se obtendría si el ángulo de incidencia de los rayos solares fuera siempre de 90°. En la práctica la incidencia de la radiación solar varía tanto en función de la latitud como de la declinación solar durante el año. Para una estructura fija sin ningún tipo de seguimiento solar como la propuesta en el diseño, se debe inclinar en un Angulo que nos permita aprovechar el máximo de radiación durante todo el año. Para el caso de Nicaragua que tiene una latitud de 12.095 N, el ángulo de inclinación ideal está comprendido entre los 12 N y los 15N, para conseguir un ángulo lo más próximo a 90° con respecto al sol durante todo el año para la ubicación de la universidad Nacional de ingeniería las coordenadas son la siguiente **12°07'55"N 86°16'11"O**. El azimut de igual forma nos indica con referencia al eje horizontal la posición del panel, esto varía según el sombreado, para este caso tiene un valor de 0

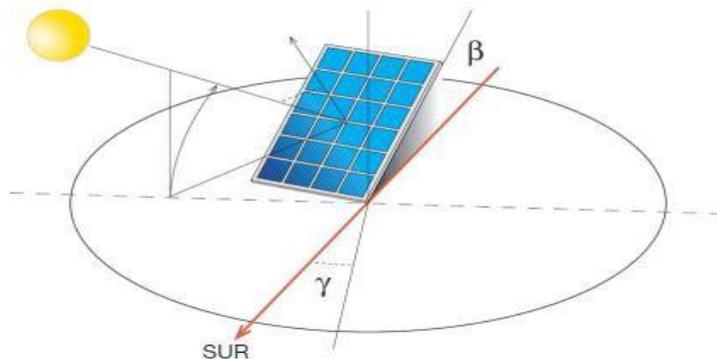


Figura 28: Estructura de Panel Solar.
Fuente: Manual de Generación Distribuida Solar Fotovoltaica.

En la siguiente ilustración se plasma la idea de la inclinación en referencia al sol, " β " nos indica el ángulo de inclinación con respecto a la horizontal, " γ " nos indica el azimut. Según la tipología de la instalación, se toma la inclinación natural de la nave, la cual es de 8°, y se calculó de la forma siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Inclinacion Natural} &= \tan^{-1} \% \text{ de pendiente de la estructura} \\ \text{Inclinacion Natural} &= \tan^{-1} (0.12) = 7.6^\circ \end{aligned}$$

Biblioteca Esman Marín Universidad Nacional de Ingeniería UNI Recinto universitario, Simón Bolívar UNI. Managua Nicaragua Área total: 133,780.71m². Distribuida den dos plantas. (24x24 cada planta, su área por planta es de 576m²) Siendo, el ángulo de inclinación de techo del edificio de 12% de pendiente.

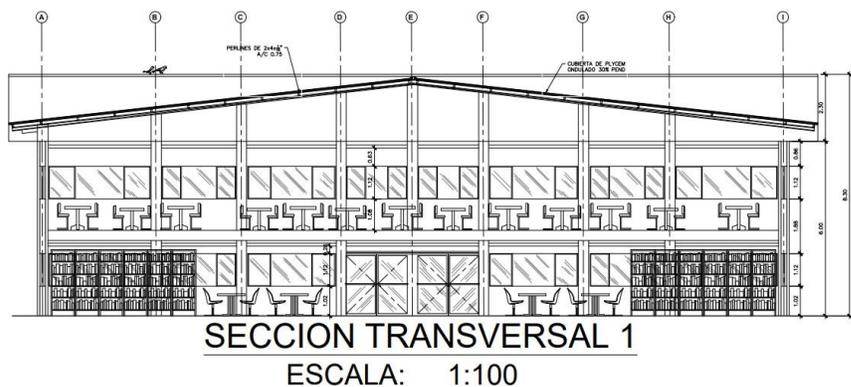


Figura 29: Sección transversal de biblioteca.
Fuente: Informe Técnico Facultad de Arquitectura UNI.

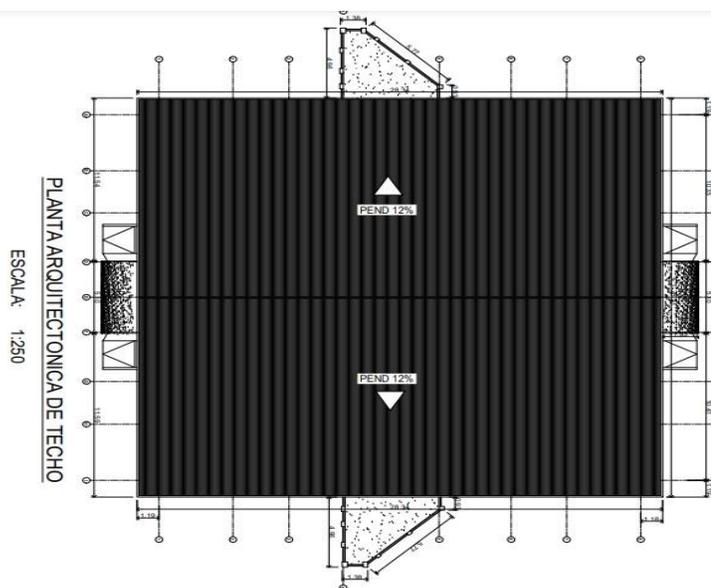


Figura 30: Sección transversal de biblioteca.
Fuente: Informe Técnico Facultad de Arquitectura UNI

3.4 Cálculos del cableado.

Para cada cálculo se debe cumplir las especificaciones descritas por el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, donde se debe cumplir los valores de intensidades máximas admisibles y valores de caída de tensión.

- **Criterio de la intensidad máxima admisible o de calentamiento:** La temperatura del conductor del cable, trabajando a plena carga y en régimen permanente, no deberá superar en ningún momento la temperatura máxima admisible asignada de los materiales que se utilizan para el aislamiento del cable.
- **Criterio de la caída de tensión:** La circulación de corriente a través de los conductores, ocasiona una pérdida de potencia transportada por el cable, y una caída de tensión o diferencia entre las tensiones en el origen y el final de la línea.
- **Criterio de la intensidad de cortocircuito:** La temperatura que puede alcanzar el cable, como consecuencia de un cortocircuito o sobre intensidad de corta duración, no debe sobrepasar la temperatura máxima admisible de corta duración (para menos de 5 segundos) asignada a los materiales utilizados para el aislamiento del cable.

La conductividad de los diferentes materiales del que pueden estar constituido el cable son: - La conductividad del cobre a 90° es 44 m/ (Ω.).

- La conductividad del cobre a 90° es 27 m/ (Ω.).

3.4.1 Cableado de corriente continua.

Las secciones en la instalación de corriente continua se calcularán mediante la siguiente expresión:

$$S = \frac{2 \times L \times I}{C \times \Delta u}$$

Donde:

L: Longitud de conductor (m)

I: Corriente de la línea (A)

C: Conductividad (Ω · mm²)

Δu: Caída de tensión máxima, para CC se considera 1.5 (%)

S: Sección del conductor (mm²)

3.4.2 Sección del cableado entre paneles y cajas de combinación.

Este tramo comprende cada una de las líneas que recorren las ramas de módulos fotovoltaicos hasta las cajas de conexión correspondientes. Se utiliza la longitud de

cable más desfavorable, es decir, la que está a mayor distancia que en este caso es de 85 metros, utilizando la misma sección ya que son instalaciones similares o iguales.

$$S = \frac{2 \times L \times I}{C \times \Delta u}$$

$$S = \frac{2 \times 85 \times 1.2}{44 \times 0.015 \times 58} = 5.32 \text{ mm}^2$$

Y partiendo de la formula mencionada anteriormente en la que se debe sobredimensionar la Intensidad máxima en un 25 %, tenemos que:

$$I_{sc \text{ linea}} = 1.2 \times 1.25 = 1.5 \text{ A}$$

De acuerdo con el cálculo anterior para esta parte se considera un conductor de calibre número 10 con un área nominal de sección transversal de 5.26 mm^2 , con una capacidad de conducción de corriente de 30 Amperes 60°C , según datos del fabricante en este caso Viakon.

Tabla 2: Tabla de Calibre de Conductor Marca Viakon.

ALAMBRE VIAKON® THHW-LS 600V					
Calibre	Área nominal de la sección transversal	Diámetro exterior aproximado	Capacidad de conducción de corriente Ampere		
AWG	mm ²	mm	60°C	75°C	90°C
14	2,08	3,2	20	20	25
12	3,31	3,6	25	25	30
10	5,26	4,1	30	35	40
8	8,37	5,5	40	50	55

CABLE VIAKON® THHW-LS 600V					
Calibre	Área nominal de la sección transversal	Diámetro exterior aproximado	Capacidad de conducción de corriente Ampere		
AWG/kcmil	mm ²	mm	60°C	75°C	90°C
14	2,08	3,4	20	20	25
12	3,31	3,9	25	25	30
10	5,26	4,5	30	35	40
8	8,37	5,9	40	50	55
6	13,3	7,6	55	65	75
4	21,2	8,8	70	85	95
2	33,6	10,3	95	115	130
1	42,4	12,2	110	130	150
1/0	53,5	13,2	125	150	170

* Basada en la tabla 310-16 de la NOM-001-SEDE para una temperatura ambiente de 30°C.

3.4.3 Cálculo de la sección del cableado comprendido entre cajas de combinación de corriente continua e inversor.

Este tramo comprende las líneas que conectan el armario de corriente continua con el inversor, la distancia recorrida no es muy larga, suponemos que la distancia será de 35 metros, utilizando el mismo cable y misma sección en las 6 instalaciones. Como el sistema solar está dividido en 6 instalaciones similares, la corriente que circula por el tramo entre las cajas de combinación de CC y el inversor es la que aportan todos los módulos conectados en paralelo. De este modo, la intensidad total obtenida da como resultado:

De este modo, la intensidad total obtenida da como resultado:

$$I_{total} = I_{cc \text{ max DC modulo}} \times N^{\circ} \text{ de modulos en paralelos}$$

$$I_{total} = 1.5 \times 18 = 27 \text{ A}$$

Conociendo los datos de Intensidad y tensión calculados en el presente apartado y Dimensionado del inversor, obtenemos la siguiente sección mediante el criterio de caída de tensión:

$$S = \frac{2 \times 35 \times 1.5}{44 \times 0.015 \times 58} = 2.74 \text{ mm}^2$$

Y partiendo de la formula mencionada anteriormente en la que se debe sobredimensionar la Intensidad máxima en un 25 %, tenemos que:

$$I_{total} = 27 \times 1.25 = 34 \text{ A}$$

El cable de sección inmediatamente superior a esta intensidad es 8 AWG, tiene una sección de 8.37 mm^2 con una capacidad de conducción de corriente de 40 Amperes a 60°C , soportando perfectamente la intensidad máxima que circula por los conductores de la instalación de 34 A.



Figura 31: Controlador de Frecuencia de Inversor (Enphase Energy, 2023)

3.4.4 Cableado de corriente alterna.

Este circuito comprende el conjunto de cables que conecta el inversor con la red de baja tensión privada. La ecuación utilizada para el cálculo de la sección por caída de tensión es la siguiente:

$$S = \frac{\sqrt{3} \times L \times I \times \cos \varphi}{C \times \Delta u} = \frac{L \times P}{C \times \Delta u \times U_L^2}$$

Donde,

L : Longitud del conductor (m)

I : Corriente de la línea (A)

C : Conductividad

Δu : Caída de tensión máxima, para CC se considera 2%

S : Sección del conductor (mm^2)

P : Potencia del inversor (W)

U_L^2 : Tensión de salida del inversor

3.4.5 Cálculo de la sección del cableado comprendido al inversor y tablero de distribución PRL 1

Obteniendo primero la sección para el caso más desfavorable, es decir, en el cual los inversores al panel PRL1 se encuentran a una mayor distancia que es de 35 m, aplicamos el criterio por caída de tensión sabiendo que la caída de tensión no puede ser mayor al 2%:

$$S = \frac{35 \times 8000}{44 \times 0.02 \times 400} = 1.98 \text{mm}^2$$

De este modo, la sección inmediatamente superior que cumpla con los criterios de caída de tensión e intensidad máxima admisible es de 27A, equivalente a un conductor 10 Este cable tiene una intensidad admisible de 35A a 60°C, siendo esta una intensidad superior a la que circula a la salida del inversor.



Figura 32: Ilustración Paneles de artefactos e iluminación Pow-R-Line 1a.
(Eaton México, 2023)

3.4.6 Cálculo de las protecciones.

Mediante el dimensionado de los dispositivos de protección se pretende asegurar el elemento de protección desconecte lo antes posible una falta que se pueda producir en cualquier punto de la instalación, protegiendo de esta manera fallos o roturas de los demás elementos.

Fusibles: Esta protección se usa para evitar daños en los componentes eléctricos de la instalación debido a una corriente excesiva. Están hechos de un material conductor de baja resistencia, generalmente un alambre o una lámina de metal, que se funde cuando se excede la corriente nominal del circuito. Esto interrumpe el circuito y evita que el sobrecalentamiento destruya los componentes eléctricos.



Figura 33: Ilustración Fusible de protección (Eaton EU, 2023)

Protección contra sobre cargas:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

$$I_F \leq 1.45 \times I_Z$$

Donde:

I_B : Intensidad de cálculo del circuito (A)

I_N : Intensidad Nominal del Interruptor (A)

I_Z : Intensidad máxima admisible del conductor (A)

I_F : Intensidad que garantiza el funcionamiento efectivo de la protección (A)

Protección contra cortocircuitos:

$$I_{CC \max} \leq \text{poder de corte}$$

Para el caso de protección sea mediante interruptor termo magnético se cumple la condición:

$$I_F \leq 1.45 \times I_N$$

Para el caso de que la protección sea mediante fusible se cumple que:

$$I_F \leq 1.6 X I_N$$

En cada parte de la instalación se calculan los límites que nos imponen y se decide qué tipo de protección es apropiada para el correcto funcionamiento.

3.4.7 Protecciones entre cajas de combinaciones e inversor

En Las cajas de combinación de corriente continua se encuentran las entradas de las cadenas en conexión seria de los paneles fotovoltaicos, por lo que se calcula la corriente que deben soportar. El objetivo de esta protección es limitar la corriente que puede circular por el cableado y la corriente que le llega al inversor, protegiendo la instalación frente a sobrecargas y cortocircuitos, aplicando las restricciones obtenemos los siguientes valores:

$$I_B = 18 X 1.5 = 27A$$

$$I_N = 1.5 A$$

$$I_Z = 35 A$$

Con estos resultados, el inversor debe soportar las corrientes calculadas con un interruptor termo magnético cuya intensidad nominal es de 40 A, y cumplir así con las restricciones obtenidas.

La protección en instalaciones solares es importante para evitar descargas eléctricas peligrosas y evitar daños a la propiedad por incendios. La protección se logra mediante el uso de equipos de protecciones contra sobretensiones, interruptores de circuito, dispositivos de seguridad y equipo de protección contra incendios. Estos dispositivos ayudan a mantener seguras a las personas cercanas, así como los equipos eléctricos, y pueden ayudar a reducir los costos de seguros. Además, la protección adecuada puede ayudar a evitar daños a la propiedad si se produce un incendio, lo que ahorrará tiempo y dinero a largo plazo.

Breaker: son dispositivos de protección eléctrica que se utilizan para controlar y proteger los sistemas eléctricos. Están compuestos por un interruptor de palanca y un magneto.



Figura 34: Breaker de Protección (Autosolar, 2023)

3.4.8 Protección de puesta tierra

La finalidad principal de una puesta a tierra es limitar la tensión que con respecto a tierra que puedan presentar las masas metálicas en un momento dado, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos de la instalación eléctrica para el edificio de la biblioteca Esmán Marín. Para el dimensionado de la puesta a tierra de cada tramo, aplicaremos las restricciones que nos impone el artículo 690 del Código Eléctrico Nacional “NEC”, en la sección V. Puesta a Tierra, y el artículo 250.

El Artículo 690-5 del NEC exige un dispositivo de detección de falla a tierra, interrupción y desconexión del campo FV (fotovoltaico), como protección contra incendios, si los paneles se montan en los tejados de casas particulares. Los paneles montados sobre el terreno no precisan este dispositivo. Se están desarrollando varios dispositivos que cumplan estos requerimientos, pero no hay ninguno comercialmente disponible. Estos aparatos pueden necesitar que el conductor de protección pase a través de ellos. Para minimizar costes, los dispositivos en desarrollo pueden sustituir al interruptor desconectado del campo FV (fotovoltaico) e incorporar las siguientes funciones:

- Desconectado manual del campo FV (fotovoltaico)
- Detección de falla a tierra
- Interrupción de falla a tierra
- Desconexión del campo FV (fotovoltaico)
- Protección del cableado del campo FV (fotovoltaico) contra sobre intensidades

3.4.9 Puesta a tierra de los paneles fotovoltaicos

La sección del cable de fase de la conexión entre los módulos y la caja de conexiones es de 5.26mm^2 , por lo tanto, la sección del conductor de protección es de 5.26 mm^2 , cumpliendo según lo establecido en la norma.

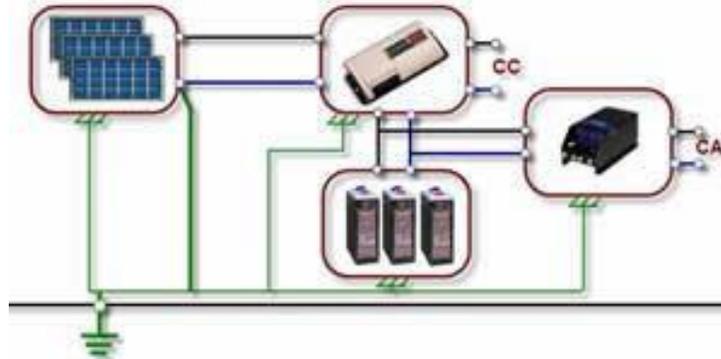


Figura 35: Puesta a Tierra del Sistema Fotovoltaico. (BIRTIh - Aula Virtual, 2023)

3.4.10 Puesta a tierra en el circuito de Corriente Alterna

Todo el sistema de puesta a tierra en el lado de corriente alterna se dimensiona de acuerdo con el existente en el sistema de la nave, con un calibre de conductor idéntico ya que todo va conectado a la misma red de tierra por lo que va conectado a la misma red a tierra del edificio de la biblioteca Esmán Marín.

3.5 Resultado 4: Estimación del costo del proyecto de instalación de generación eléctrica fotovoltaica en la biblioteca Esman Marin de la UNI

3.5.1 Motivos

La instalación de un sistema de energía solar fotovoltaico, para disponer de energía eléctrica, sobre todo en un lugar con un Sol radiante. Por lo tanto, es muy importante analizar el costo/beneficio de dicho proyecto.

3.5.2 Costos de producción de energía

La universidad Nacional de Ingeniería (UNI) posee un contrato con la distribuidora DISNORTE-DISSUR que presenta dicha característica, lo que este sistema fotovoltaico va a ayudar a la reducción del consumo energético de la biblioteca Esmán Marín.

TITULAR DEL CONTRATO NACIONAL DE INGENIERIA, UNIVERSIDAD		DIRECCIÓN DEL SUMINISTRO VILLA TISCAPA,VILLA TISCAPA 3270 29 PB Porton UCA 50 Vrs N M/I	
TARIFA		KW CONT	NIS: 2000110
T2E MT GRAL	MAYOR BINOM.C M/H	1757	MED. 1590634IT

TARIFA		KW CONT
T2E MT GRAL	MAYOR BINOM.C M/H	1757

Tipo de Consumo	Multiplo
Activa punta (Alta Tension) kWh	2,100.00
Activa valle (Alta Tension) kWh	2,100.00
Activa llano (Alta Tension) kWh	2,100.00
Reactiva (Alta Tension) kVARh	2,100.00
Demanda Punta. (Alta Tension Totalizadora)	21,000.00
Potencia Valle Totalizador (Alta Tension)	21,000.00

Figura 36: Tarifa energética de UNI. (Disnorte-dissur, 2023)



**INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ENERGÍA
ENTE REGULADOR**

**TARIFAS ACTUALIZADAS A ENTRAR EN VIGENCIA EL 1 DE AGOSTO DE 2023
AUTORIZADAS PARA LAS DISTRIBUIDORAS DISNORTE Y DISSUR**

MEDIA TENSION (VOLTAJE PRIMARIO EN 13.8 Y 24.9 kV)						
TIPO DE TARIFA	APLICACIÓN	TARIFA		CARGO POR		
		CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	ENERGÍA (C\$/kWh)	POTENCIA (C\$/kW-mes)	
GENERAL MAYOR	Carga contratada mayor de 25 kW para uso general (Establecimientos Comerciales, Oficinas Públicas y Privadas Centro de Salud, Hospitales, etc)	T-2D	TARIFA BINOMIA SIN MEDICIÓN HORARIA ESTACIONAL			
			Todos los kWh	6.3673		
				kW de Demanda Máxima		935.5174
		T-2E	TARIFA BINOMIA CON MEDICIÓN HORARIA ESTACIONAL			
			Verano Punta	10.3646		
			Invierno Punta	10.0343		
			Verano Fuera de Punta	7.1622		
			Invierno Fuera de Punta	6.9220		
			Verano Punta		1,041.6712	
			Invierno Punta		650.5402	
Verano Fuera de Punta			0.0000			
Invierno Fuera de Punta		0.0000				

Figura 37: Tarifa de energía (Instituto Nicaragüense de Energía, 2023)

3.5.3 Costos de instalación

Costos de por kW instalados, sobre la base del estudio de instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red, publicados por el consejo nacional de energía, se obtiene tres escenarios para determinar el costo de la instalación del proyecto.

Costo del proyecto = precio promedio X capacidad instalada

Costo del proyecto = (\$ 2802/kW) X (8 kW)

Costo del proyecto = \$ 22416.00, Esta es la inversión para realizar.

3.5.4 Costos financieros

Estos se refieren al apalancamiento bancario para la realización del proyecto.

- Inversión del proyecto: \$ 22,416.00
- Financiamiento bancario: 70%
- Tasa de interés: 8%
- Periodo de pago: 5 años
- Financiamiento bancario: \$ 15,691
- Financiamiento propio: \$ 6,725

Tabla 3: Resumen de estimación económica del proyecto

VALORES DEL PRESTAMO		RESUMEN DEL PRESTAMO	
Importe del préstamo	15691	Pago mensual	398.4483
Tasa de interés anual	0.18	Número de pagos	60
Periodo del préstamo en años	5	Importe total de los intereses	8215.896
Fecha de inicio del préstamo	45171	Coste total del préstamo	23906.9

Tabla 4: Tabla de cuota del préstamo en 5 años

N.º DE PAGO	FECHA DE PAGO	SALDO INICIAL	PAGO	INTERÉS	SALDO FINAL
1	2/10/2023	15691	398.4482698	235.365	15527.91673
2	2/11/2023	15527.91673	398.4482698	232.918751	15362.38721
3	2/12/2023	15362.38721	398.4482698	230.4358082	15194.37475
4	2/1/2024	15194.37475	398.4482698	227.9156212	15023.8421
5	2/2/2024	15023.8421	398.4482698	225.3576315	14850.75146
6	2/3/2024	14850.75146	398.4482698	222.7612719	14675.06447
7	2/4/2024	14675.06447	398.4482698	220.125967	14496.74216
8	2/5/2024	14496.74216	398.4482698	217.4511324	14315.74503
9	2/6/2024	14315.74503	398.4482698	214.7361754	14132.03293
10	2/7/2024	14132.03293	398.4482698	211.980494	13945.56516
11	2/8/2024	13945.56516	398.4482698	209.1834773	13756.30036
12	2/9/2024	13756.30036	398.4482698	206.3445054	13564.1966
13	2/10/2024	13564.1966	398.4482698	203.462949	13369.21128
14	2/11/2024	13369.21128	398.4482698	200.5381692	13171.30118
15	2/12/2024	13171.30118	398.4482698	197.5695177	12970.42242
16	2/1/2025	12970.42242	398.4482698	194.5563364	12766.53049

17	2/2/2025	12766.53049	398.4482698	191.4979574	12559.58018
18	2/3/2025	12559.58018	398.4482698	188.3937027	12349.52561
19	2/4/2025	12349.52561	398.4482698	185.2428842	12136.32023
20	2/5/2025	12136.32023	398.4482698	182.0448034	11919.91676
21	2/6/2025	11919.91676	398.4482698	178.7987514	11700.26724
22	2/7/2025	11700.26724	398.4482698	175.5040086	11477.32298
23	2/8/2025	11477.32298	398.4482698	172.1598447	11251.03456
24	2/9/2025	11251.03456	398.4482698	168.7655183	11021.3518
25	2/10/2025	11021.3518	398.4482698	165.3202771	10788.22381
26	2/11/2025	10788.22381	398.4482698	161.8233572	10551.5989
27	2/12/2025	10551.5989	398.4482698	158.2739835	10311.42461
28	2/1/2026	10311.42461	398.4482698	154.6713692	10067.64771
29	2/2/2026	10067.64771	398.4482698	151.0147157	9820.214158
30	2/3/2026	9820.214158	398.4482698	147.3032124	9569.0691
31	2/4/2026	9569.0691	398.4482698	143.5360365	9314.156867
32	2/5/2026	9314.156867	398.4482698	139.712353	9055.42095
33	2/6/2026	9055.42095	398.4482698	135.8313143	8792.803995
34	2/7/2026	8792.803995	398.4482698	131.8920599	8526.247785
35	2/8/2026	8526.247785	398.4482698	127.8937168	8255.693232
36	2/9/2026	8255.693232	398.4482698	123.8353985	7981.080361
37	2/10/2026	7981.080361	398.4482698	119.7162054	7702.348296
38	2/11/2026	7702.348296	398.4482698	115.5352244	7419.435251
39	2/12/2026	7419.435251	398.4482698	111.2915288	7132.27851
40	2/1/2027	7132.27851	398.4482698	106.9841777	6840.814418

41	2/2/2027	6840.814418	398.4482698	102.6122163	6544.978365
42	2/3/2027	6544.978365	398.4482698	98.17467547	6244.70477
43	2/4/2027	6244.70477	398.4482698	93.67057155	5939.927072
44	2/5/2027	5939.927072	398.4482698	89.09890608	5630.577708
45	2/6/2027	5630.577708	398.4482698	84.45866563	5316.588104
46	2/7/2027	5316.588104	398.4482698	79.74882156	4997.888656
47	2/8/2027	4997.888656	398.4482698	74.96832984	4674.408716
48	2/9/2027	4674.408716	398.4482698	70.11613074	4346.076577
49	2/10/2027	4346.076577	398.4482698	65.19114866	4012.819456
50	2/11/2027	4012.819456	398.4482698	60.19229184	3674.563478
51	2/12/2027	3674.563478	398.4482698	55.11845217	3331.23366
52	2/1/2028	3331.23366	398.4482698	49.96850491	2982.753896
53	2/2/2028	2982.753896	398.4482698	44.74130843	2629.046934
54	2/3/2028	2629.046934	398.4482698	39.43570401	2270.034369
55	2/4/2028	2270.034369	398.4482698	34.05051553	1905.636614
56	2/5/2028	1905.636614	398.4482698	28.58454922	1535.772894
57	2/6/2028	1535.772894	398.4482698	23.03659341	1160.361217
58	2/7/2028	1160.361217	398.4482698	17.40541826	779.318366
59	2/8/2028	779.318366	398.4482698	11.68977549	392.5598717
60	2/9/2028	392.5598717	398.4482698	5.888398075	2.25554686

La implementación de un sistema renovable tiene beneficios económicos, debido a que la fuente de la energía eléctrica se supone como gratuita (el Sol). La inversión estimada para este proyecto obtenido con el sistema conectado en paralelo a la red es de \$22,418 se especifica en la tabla 3 y 4, esta muestra cantidades en dólares que se estaría economizando en el edificio Esmán Marín en periodos anuales.

Tabla 7: Tabla de recuperación por cada panel instalado Fuente:cálculos propios.

	Precio Energía	0.245	Ahorro Energía	769.74928
AÑOS	RECUPERACION	ACUMULADO de RECUPERACION	MONTO DE LA INVERSION	SALDO DE LA INVERSION
1	188.59	188.5885736	2124.4	1935.811426
2	198.02	386.6065759	2124.4	1737.793424
3	207.92	594.5254783	2124.4	1529.874522
4	1529.87	2124.4	2124.4	0



Como muestra la tabla #7 se mira los costó de recuperación de la inversión en 5 años por cada panel instalado en el edificio de la biblioteca Esmán Marín los que los llevaría a ver un ahorro significativo para la tarifa eléctrica de la universidad, de esta manera aportamos a una reducción de efecto invernadero y huella de carbono que se hablara en el siguiente capítulo.

4. Capítulo 4 Conclusiones y Recomendaciones.

4.1 Conclusiones

El área sur de la biblioteca Esman Marin de la UNI es un área de 576m^2 , para la instalación del sistema eléctrico fotovoltaico.

El potencial solar es de 8Kwp.

La capacidad de generación fotovoltaica es favorable por la ubicación de la biblioteca Esman Marin de la UNI en las coordenadas: $12^{\circ}07'55''\text{N}$ $86^{\circ}16'11''\text{O}$, generando un rango de producción de energía mensual del sistema FV fijo entre 962.64 y 1,422.22 kw/h, siendo un factor favorable el equinoccio natural.

El censo de carga realizado en los circuitos de iluminación de la segunda planta, se encontró un rango de carga en amperios de 3.3 a 3.9 en los circuitos 19 a 27.

El dimensionamiento del sistema eléctrico fotovoltaico es el siguiente:

- El módulo fotovoltaico entrega una potencia de 460 Wp.
- El numero de módulos requeridos para la instalación del sistema eléctrico son 18 modulos.
- La potencia entregada al inversor (w) es de 8388 w.
- Inclinación natural es de 7.6° , siendo el angulo de inclinación en el techo del edificio fue de 12% en la pendiente.
- La sección del cableado entre paneles y cajas de combinación se considera un conductor de calibre número 10 con un área nominal de sección transversal de 5.26 mm^2 , con una capacidad de conducción de corriente de 30 Amperes 60°C , según datos del fabricante en este caso Viakon.
- La intensidad total es de 34 A.
- El cable de sección inmediatamente superior a esta intensidad es 8 AWG, tiene una sección de 8.37 mm^2 con una capacidad de conducción de corriente de 40 Amperes a 60°C , soportando perfectamente la intensidad máxima que circula por los conductores de la instalación de 34 A.
- La protección entre cajas de combinaciones e inversor es $I_z = 35\text{ A}$. Con estos

resultados, el inversor debe soportar las corrientes calculadas con un interruptor termo magnético cuya intensidad nominal es de 40 A, y cumplir así con las restricciones obtenidas.

El costo total de la tarifa energética es de C\$1,041.6712 córdobas.

El costo total del proyecto es de U\$ 22,416 dólares.

4.2 Recomendaciones.

Se recomienda al consejo de la Universidad de Ingeniería, analizar la propuesta de cambio de la matriz energética en el interior de la biblioteca Esman Marin, garantizando que, una inversión equivalente al gasto de energía en un año, garantizará el ahorro en un período de 30 años.

Parte de las recomendaciones también queda mencionar que se puede mejorar mucho más con la implementación del cambio del sistema de iluminación de luminaria floreciente a luminaria led el cual bajaría el consumo por ser más ahorrativa las luminarias led.

También queda al que el sistema que presentamos puede ser híbrido es decir que también cuente con un sistema de almacenamiento de energía y poder ocuparlo en parte de la noche, cabe mencionar que nuestro sistema también ahorra, aunque la iluminación no este usando en el día toda esa generación se esta entregando a la red directamente lo cual tendría que reducir lo que es el costo de consumo de energía eléctrica.

5. Bibliografía.

- Agencia Internacional de Energía. (2023). *Análisis, Data y Estadísticas*. Obtenido de IEA: <https://www.iea.org/>
- Autosolar. (2023). Obtenido de www.autosolar.com
- Barberá Santos, D. (2023). *Sistema generador fotovoltaico de alto rendimiento conectado a red*. Obtenido de e-Reding: <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/70271/>
- BIRTIh - Aula Virtual. (2023). *Departamento de Educación*. Obtenido de Gobierno Vasco: <https://ikastaroak.birt.eus/>
- CPM Solar. (2023). *Paneles solares*. Obtenido de Guadalajara: www.cpm solar.com
- Disnorte-dissur. (2023). *Tarifa de energía*. Obtenido de www.disnorte-dissur.com.ni
- Eaton EU. (2023). Obtenido de www.eaton.eu
- Eaton México. (2023). Obtenido de <https://www.eaton.com/mx/es-mx.html>
- El diario de la energía. (21 de septiembre de 2023). Obtenido de <https://eldiariodelaenergia.com/category/energia-solar>
- Energía solar y autoconsumo. (8 de Septiembre de 2021). *Medidores bidireccionales*. Obtenido de www.energia2050.cl/medidores-bidireccionales/
- Enphase Energy. (2023). Obtenido de <https://enphase.com/homeowners>
- Global Energy Monitor Wiki. (23 de Marzo de 2022). *Perfil energético de Nicaragua*. Obtenido de https://www.gem.wiki/Perfil_energ%C3%A9tico:_Nicaragua
- Gonzales Saenz, W. (2014). Sistema móvil automático para incrementar la obtención de energía eléctrica de un panel fotovoltaico en el distrito de Huancavelica. *Revista Investigación Alto Andin Vol. 16. Nº 2., 37-40.*
- Google maps. (2023). Obtenido de [https://www.google.com/maps/place/Universidad+Nacional+de+Ingenier%C3%ADa+\(UNI\)/@12.1315528,-86.2707262,452m/data=!3m1!1e3!4m23!1m16!4m15!1m6!1m2!1s0x8f7155e45947c2c5:0x8eaf963e036e7444!2sUniversidad+Nacional+de+Ingenier%C3%ADa+\(UNI\),+4PJJ%2BP3M,+Managua+](https://www.google.com/maps/place/Universidad+Nacional+de+Ingenier%C3%ADa+(UNI)/@12.1315528,-86.2707262,452m/data=!3m1!1e3!4m23!1m16!4m15!1m6!1m2!1s0x8f7155e45947c2c5:0x8eaf963e036e7444!2sUniversidad+Nacional+de+Ingenier%C3%ADa+(UNI),+4PJJ%2BP3M,+Managua+)
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación 5ta edición*. Obtenido de <https://www.icmujeres.gob.mx/wp-content/uploads/2020/05/Sampieri.Met.Inv.pdf>
- INETER. (2022). *Boletín climático marzo 2022*. Obtenido de

<https://www.ineter.gob.ni/boletines/Boletin%20climatico/mensual/2022/BoletinClimatico032022.pdf>

Instituto Nicaraguense de Energía. (2023). *Tarifas de energía*. Obtenido de INE: <https://www.ine.gob.ni/wp-content/uploads>

Ladron de Guevara, J. A. (2018). *Diseño y cálculo de una instalación fotovoltaica aislada*. Obtenido de https://oa.upm.es/52204/1/PFC_JORGE_ALVARADO_LADRON_DE_GUEVARA.pdf

MEM. (2017). *Mapa de radiación solar en Nicaragua*. Obtenido de Researchgate.net: https://www.researchgate.net/figure/Figura-No-12-Mapa-de-radiacion-solar-de-Nicaragua-Fuente-MEM-2007_fig2_331635256

Meteonorm software . (2021). Obtenido de [/www.meteonorm.com](http://www.meteonorm.com)

Ministerio de Agricultura de Chile. (Mayo de 2016). *Radiación solar: conceptos y aplicaciones*. Obtenido de Informativo: INIA - URURI: https://puntoganadero.cl/imagenes/upload/_5cc085baa668a.pdf

Ministerio de energía y minas. (15 de Diciembre de 2017). *NORMATIVA DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA RENOVABLE PARA AUTOCONSUMO*. Obtenido de Asamblea Nacional: ACUERDO MINISTERIAL N°. 063-DGERR-002-2017: <http://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf/b92aaea87dac762406257265005d21f7/2e6a9c4715ba6ca60625820b00733361?OpenDocument>

Ministerio de medio ambiente y medio rural y marino. (2023). *La radiación*. Obtenido de Agencia estatal de meteorología: www.aemet.es/documentos/es/eltiempo/observacion/radiacion/Radiacion_Solar.pdf

Moro Vallina, M. (2018). *Instalaciones solares fotovoltaicas 2da edición*. Obtenido de <https://www.paraninfo.es/catalogo/9788428340113/instalaciones-solares-fotovoltaicas-2%C2%AA-edicion->

MPPT SOLAR. (2023). Obtenido de <https://www.mpptsolar.com/es/>

Secretaría de energía de Argentina. (2019). *Manual de generación distribuida solar fotovoltaica*. Obtenido de Ministerio de hacienda - Presidencia de la Nación: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/manual_de_generacion_distribuida_solar_fotovoltaica_nb2.pdf

Secretaría de gobierno de energía de Argentina. (Marzo de 2018). *Introducción a la energía solar térmica*. Obtenido de Researchgate.net:

https://www.researchgate.net/publication/350143747_Introduccion_a_la_Energia_Solar_Termica?enrichId=rgreq-c8d0f319ec514e7e5154860b6ced75c2-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzM1MDE0Mzc0NztBUzoxMDAyNjk2MjQwNzkxNTU1QDE2MTYwNzI4MjE2Njk%3D&el=1_x_2&esc=publicatio

Significado.com. (23 de Septiembre de 2023). *Equinoccio*. Obtenido de <https://www.significados.com/equinoccio/>

Trippi, D. (2018). *Manual de Energía Fotovoltaica*. Obtenido de https://books.google.com.ni/books/about/Manual_de_Energia_Fotovoltaica.html?id=FL_4swEACAAJ&redir_esc=y

Tutiempo. (23 de Septiembre de 2023). *Radiación solar en Managua*. Obtenido de <https://www.tutiempo.net/radiacion-solar/managua.html>

6. Anexos

Anexo 1: Ficha Técnica de lo micro inversores IQ8M y IQ8A.

INPUT DATA (DC)		IQ8M-72-2-US	IQ8A-72-2-US
Commonly used module pairings ¹	W	260 – 460	295 – 500
Module compatibility		54-cell / 108 half-cell, 60-cell / 120 half-cell, 66-cell / 132 half-cell and 72-cell / 144 half-cell	
MPPT voltage range	V	30 – 45	32 – 45
Operating range	V	16 – 58	
Min. / Max. start voltage	V	22 / 58	
Max. input DC voltage	V	60	
Max. continuous input DC current	A	12	
Max. input DC short-circuit current	A	25	
Max. module I _m	A	20	
Overvoltage class DC port		II	
DC port backfeed current	mA	0	
PV array configuration		1 x 1 Ungrounded array; No additional DC side protection required; AC side protection requires max 20A per branch circuit	
OUTPUT DATA (AC)		IQ8M-72-2-US	IQ8A-72-2-US
Peak output power	VA	330	366
Max. continuous output power	VA	325	349
Nominal (L-L) voltage / range ²	V	240 / 211 – 264	
Max. continuous output current	A	1.35	1.45
Nominal frequency	Hz	60	
Extended frequency range	Hz	47 – 68	
AC short circuit fault current over 3 cycles	A _{max}	2	
Max. units per 20 A (L-L) branch circuit ³		11	
Total harmonic distortion		<5%	
Overvoltage class AC port		II	
AC port backfeed current	mA	30	
Power factor setting		1.0	
Grid-tied power factor (adjustable)		0.85 leading – 0.85 lagging	
Peak efficiency	%	97.8	97.7
CEC weighted efficiency	%	97.5	97
Night-time power consumption	mW	60	
MECHANICAL DATA			
Ambient temperature range		-40°C to +60°C (-40°F to +140°F)	
Relative humidity range		4% to 100% (condensing)	
DC Connector type		MC4	
Dimensions (H x W x D)		212 mm (8.3") x 175 mm (6.9") x 30.2 mm (1.2")	
Weight		1.08 kg (2.38 lbs)	
Cooling		Natural convection – no fans	
Approved for wet locations		Yes	
Pollution degree		PD3	
Enclosure		Class II double-insulated, corrosion resistant polymeric enclosure	
Environ. category / UV exposure rating		NEMA Type 6 / outdoor	
COMPLIANCE			
Certifications		CA Rule 21 (UL 1741-SA), UL 62109-1, IEEE 1547:2018 (UL 1741-9B), FCC Part 15 Class B, ICES-0003 Class B, CAN / CSA-C22.2 NO. 1071-01 This product is UL Listed as PV Rapid Shutdown Equipment and conforms with NEC 2014, NEC 2017, and NEC 2020 section 690.12 and C22.1-2018 Rule 64-218 Rapid Shutdown of PV Systems, for AC and DC conductors, when installed according to manufacturer's instructions.	

(1) Pairing PV modules with wattage above the limit may result in additional clipping losses. See the compatibility calculator at <https://link.enphase.com/module-compatibility>. (2) Nominal voltage range can be extended beyond nominal if required by the utility. (3) Limits may vary. Refer to local requirements to define the number of microinverters per branch in your area.

IQ8M-72A-05-0069-02-EN-US-2023-12-02

Anexo 2: Ficha Técnica del controlador de producción de energía de Enphase IQ Envoy.

Enphase IQ Envoy

MODEL NUMBERS	
Enphase IQ Envoy™ ENV-IQ-AM1-240	Enphase IQ Envoy communications gateway with integrated revenue grade PV production metering (ANSI C12.20 +/- 0.5%) and optional consumption monitoring (+/- 2.5%). Includes one 200A continuous rated production CT (current transformer).
ACCESORIES (Order Separately)	
Enphase Mobile Connect™ CELLMODEM-M1 (4G based LTE-M/5-year data plan) CELLMODEM-M1-B (4G-based LTE-M1/5-year data plan)	Plug and play industrial grade cellular modem with data plan for systems up to 60 microinverters. (Available in the US, Canada, Mexico, Puerto Rico, and the US Virgin Islands, where there is adequate cellular service in the installation area.)
Consumption Monitoring CT CT-200-SPLIT	Split-core consumption CTs enable whole home metering.
Ensemble Communications Kit COMMS-KIT-01	Installed at the IQ Envoy. For communications with Enphase Encharge™ storage and Enphase Enpower™ smart switch. Includes USB cable for connection to IQ Envoy or Enphase IQ Combiner™ and allows wireless communication with Encharge and Enpower.
POWER REQUIREMENTS	
Power requirements	120/240 VAC split-phase Max 20 A overcurrent protection required.
Typical Power Consumption	5W
CAPACITY	
Number of microinverters polled	Up to 600
MECHANICAL DATA	
Dimensions (WxHxD)	21.3 x 12.6 x 4.5 cm (8.4" x 5" x 1.8")
Weight	17.6 oz (498 g)
Ambient temperature range	-40° to 65° C (-40° to 149° F) -40° to 46° C (-40° to 115° F) if installed in an enclosure
Environmental rating	IP30. For installation indoors or in an NRTL-certified, NEMA type 3R enclosure.
Altitude	To 2000 meters (6,560 feet)
Production CT	- Limited to 200A of continuous current / 250A OCPD – 72kW AC - Internal aperture measures 19.36mm to support 250MCM THWN conductors (max) - UL2808 certified for revenue grade metering
Consumption CT	- For electrical services to 250A with parallel runs up to 500A - Internal aperture measures 0.84" x 0.96" (21.33mm x 24.38mm) to support 3/0 THWN conductor - UL2808 certified, for use at service entrance for services up to 250Vac
INTERNET CONNECTION OPTIONS	
Integrated Wi-Fi	802.11b/g/n
Ethernet	802.3, Cat5E (or Cat 6) UTP Ethernet cable (not included)
Mobile	CELLMODEM-M1 (4G) or CELLMODEM-M1-B (4G). Not included. Note that an Enphase Mobile Connect cellular modem is required for all Ensemble installations.
COMPLIANCE	
Compliance	UL 61010-1 CAN/CSA C22.2 No. 61010-1 47 CFR, Part 15, Class B, ICES 003 IEC/EN 61010-1:2010, EN50065-1, EN61000-4-5, EN61000-6-1, EN61000-6-2 Metering: ANSI C12.20 accuracy class 0.5 (PV production only)

To learn more about Enphase offerings, visit enphase.com

© 2021 Enphase Energy. All rights reserved. Enphase, the Enphase logo, IQ Envoy, and other trademarks or service names are the trademarks of Enphase Energy, Inc. Data subject to change. 06/30/2021



Anexo 3: Ficha Técnica del módulo Solar Fotovoltaico Peimar.

HALF CELL LINE

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS (STC) ⁽¹⁾

	06H460H
Potencia pico (Pmax) ⁽²⁾	460 W
Tolerancia de clasificación	0±5 W
Tensión a Pmax (Vmp)	42.87 V
Corriente a Pmax (Imp)	10.73 A
Tensión de circuito abierto (Voc) ⁽³⁾	49.85 V
Corriente de corto circuito (Isc) ⁽⁴⁾	11.61 A
Tensión máxima de sistema	1500 V
Máximo valor nominal del fusible	20 A
Eficiencia Módulo	21.16%
Clase de protección contra descarga eléctrica	Clase II

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Células	144 MS HALF monocristalino PERC
Tamaño Células	166x83 mm / 6.54x3.27"
Cubierta Frontal	3.2 mm / 0.13" grueso, vidrio templado
Cápsula	TPT (Tedlar-PET-Tedlar)
Cubierta Posterior	EVA (Etileno Vinil Acetato)
Marco	Alacón de aluminio anodizado doble grosor
Acabados Marco	Plata
Acabados Látina posterior	Bianco
Diodos	3 Diodos de Bypass
Caja de conexiones	Carilizado IP67
Conectores	MC4 o conectores compatibles
Longitud Cables	1300 mm / 51.18"
Sección Cables	4.0 mm ² / 0.006 in ²
Tamaño	2094 x 1038 x 35 mm / 82.44 x 40.87 x 1.38"
Peso	23.2 Kg / 51.15 lbs
Carga máxima (test de carga) - SF	5400 Pa - 1.5 ⁽⁵⁾

CARACTERÍSTICAS TEMPERATURA

MMOT ⁽⁶⁾	-45±2 °C
Coefficiente temperatura de la potencia máxima	-0.37 %/°C
Coefficiente temperatura de la tensión de circuito abierto	-0.28 %/°C
Coefficiente temperatura de la corriente de corto circuito	0.042 %/°C
Temperatura de funcionamiento	-40 °C ~ +85 °C

EMBALAJE ⁽¹⁾

Módulos por Palet	2140x1200x1200 mm / 84.25x47.24x47.24"
Panels por Palet	31
Peso	788 kg / 1693.15 lbs

CERTIFICACIONES

Resistencia al fuego	Clase de reacción al fuego: 1 (UNE 9177)
PID free	IEC TS 62884-1:2015
Módulo sal	IEC 61701:2011
Aerovicio	IEC 62716:2013

MEDIDAS

CARACTERÍSTICAS CORRIENTE/VOLTAJE

1) STC (Standard Test Condition): Irradiación 1000W/m², Temperatura del módulo 25°C, Aire 1.5

2) Pmax (Wc): Sin influencia de módulos >25.

3) Voc (V): (Nominal Module Opening Temperature): Irradiación 1000W/m², Aire 25°C, Módulo vacío. Test.

4) Con pñl posterior temperatura máxima por día.

5) Consultar el manual de instalación por la configuración del cableado.

Si especifica que los datos técnicos, las especificaciones y representaciones contenidas en el presente documento constituyen un valor comercial confiable, Peimar se reserva la facultad de modificar sin notificar previamente y sin límites, los datos, los dibujos y las especificaciones contenidas en el presente documento. ESP_2020_01_06

Anexo 4: Ficha Técnica de los accesorios para cables Enphase Q.

Enphase Q Cable Accessories				
CONDUCTOR SPECIFICATIONS				
Certification	UL3003 (raw cable), UL 9703 (cable assemblies), DG cable			
Flame test rating	FT4			
Compliance	RoHS, OIL RES I, CE, UV Resistant, combined UL for Canada and United States			
Conductor type	THHN/THWN-2 dry/wet			
Disconnecting means	The AC and DC bulkhead connectors have been evaluated and approved by UL for use as the load-break disconnect required by NEC 690.			
Q CABLE TYPES / ORDERING OPTIONS				
Connectorized Models	Size / Max Nominal Voltage	Connector Spacing	PV Module Orientation	Connector Count per Box
Q-12-10-240	12 AWG / 277 VAC	1.3 m (4.2 ft)	Portrait	240
Q-12-17-240	12 AWG / 277 VAC	2.0 m (6.5 ft)	Landscape (60-cell)	240
Q-12-20-200	12 AWG / 277 VAC	2.3 m (7.5 ft)	Landscape (72-cell)	200
ENPHASE Q CABLE ACCESSORIES				
Name	Model Number	Description		
Raw Q Cable	Q-12-RAW-300	300 meters of 12 AWG cable with no connectors		
Field-wireable connector (male)	Q-CONN-10M	Make connections from any open connector		
Field-wireable connector (female)	Q-CONN-10F	Make connections from any Q Cable open connector		
Cable Clip	Q-CLIP-100	Used to fasten cabling to the racking or to secure looped cabling		
Disconnect tool	Q-DISC-10	Disconnect tool for Q Cable connectors, DC connectors, and AC module mount		
Q Cable sealing caps (female)	Q-SEAL-10	One needed to cover each unused connector on the cabling		
Terminator	Q-TERM-10	Terminator cap for unused cable ends		
Enphase EN4 to MC4 adaptor ¹	ECA-EN4-S22	Connect PV module using MC4 connectors to IQ micros with EN4 (TE PV4-S SOLARLOK). 150mm/5.9" to MC4.		
Enphase EN4 non-terminated adaptor ¹	ECA-EN4-FW	For field wiring of UL certified DC connectors. EN4 (TE PV4-S SOLARLOK) to non-terminated cable. 150mm/5.9"		
Enphase EN4 to MC4 adaptor (long) ¹	ECA-EN4-S22-L	Longer adapter cable for EN4 (TE PV4-S SOLARLOK) to MC4. Use with split cell modules or PV modules with short DC cable. 600mm/23.6"		
Replacement DC Adaptor (MC4)	Q-DCC-2	DC adaptor to MC4 (max voltage 100 VDC)		
Replacement DC Adaptor (UTX)	Q-DCC-5	DC adaptor to UTX (max voltage 100 VDC)		
1. Qualified per UL subject 9703.				
	TERMINATOR Terminator cap for unused cable ends, sold in packs of ten (Q-TERM-10)		SEALING CAPS Sealing caps for unused aggregator and cable connections (Q-BA-CAP-10 and Q-SEAL-10)	
	DISCONNECT TOOL Plan to use at least one per installation, sold in packs of ten (Q-DISC-10)		CABLE CLIP Used to fasten cabling to the racking or to secure looped cabling, sold in packs of one hundred (Q-CLIP-100)	
To learn more about Enphase offerings, visit enphase.com				
© 2020 Enphase Energy. All rights reserved. Enphase, the Enphase logo, Enphase IQ 7A, Enphase IQ Battery, Enphase Enlighten, Enphase IQ Envoy, and other trademarks or service names are the trademarks of Enphase Energy, Inc. Data subject to change. 2020-06-26				

Anexo 7: Datos de la Irradiancia durante el mes de agosto 2023.

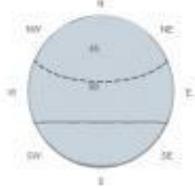


Datos diarios de irradiación

PVGIS-5 base de datos de irradiación geoespacial

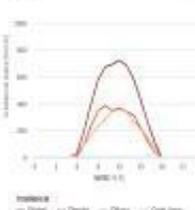
Datos proporcionados
 Latitud/Longitud: 12.131,-86.271
 Horizonte: Calculado
 Base de datos: PVGIS-NSRDB
 Mes: Agosto

Perfil del horizonte en la localización seleccionada



■ Altura del horizonte
 - - Elevación solar, junio
 - - Elevación solar, diciembre

Irradiancia media diaria sobre plano fijo con una inclinación 8° and azimuth 0°

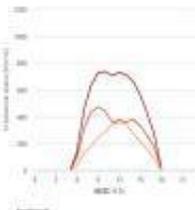


Irradiancia media diaria sobre plano fijo

Hora	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
Gt(j)	0	0	0	0	0	0	30	198	389	578	672	690	722	683	594	431	260	111	0	0	0	0	0	0
Gd(j)	0	0	0	0	0	0	0	86	235	347	384	346	300	239	144	219	118	37	0	0	0	0	0	0
Gd(i)	0	0	0	0	0	0	0	34	86	164	230	268	343	355	344	270	211	142	76	0	0	0	0	0
Gc(a)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Gt(j): Irradiancia global sobre plano fijo [W/m²]
 Gd(j): Irradiancia directa sobre plano fijo [W/m²]
 Gd(i): Irradiancia difusa sobre plano fijo [W/m²]
 Gc(a): Irradiancia global cielo claro sobre plano fijo [W/m²]

Irradiancia media diaria sobre un plano con seguimiento solar

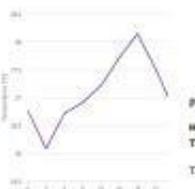


Irradiancia sobre un plano con seguimiento solar

Hora	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
Gt(n)	0	0	0	0	0	0	136	456	636	728	735	705	720	709	658	527	418	257	0	0	0	0	0	0
Gd(n)	0	0	0	0	0	0	97	319	434	473	437	359	372	361	378	328	256	166	0	0	0	0	0	0
Gd(i)	0	0	0	0	0	0	39	124	183	240	291	344	350	345	271	215	148	82	0	0	0	0	0	0
Gc(a)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Gt(n): Irradiancia global sobre un plano con seguimiento a dos ejes [W/m²]
 Gd(n): Irradiancia directa normal [W/m²]
 Gd(i): Irradiancia difusa sobre un plano con seguimiento a dos ejes [W/m²]
 Gc(a): Irradiancia global cielo claro sobre un plano con seguimiento a dos ejes [W/m²]

Perfil de temperatura media diaria



Perfil de temperatura media diaria

Hora	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
T2m	20.77	20.94	20.31	20.08	20.29	20.4	20.71	20.78	20.64	20.81	21.01	21.11	21.21	21.27	21.34	21.37	21.38	21.3	20.74	20.65	20.72	20.51	20.27	20.02

T2m: Perfil de temperatura media diaria [°C]

La Comisión Europea respaldará esta web para facilitar el acceso público a la información sobre sus actividades y las políticas de la Unión Europea en general. El usuario garantiza proporcionar la información precisa y al día. Toda forma de uso no autorizado de esta web sin el consentimiento de la Comisión Europea tendrá consecuencias legales. Aunque hacemos lo posible por reducir al mínimo los errores humanos, algunos datos e informaciones contenidas en esta web, así como cualquier enlace o referencia en cualquier momento de esta web, no pueden ser exactos y no podemos garantizar que esta información o datos de alguna manera se actualicen. La Comisión no asume ninguna responsabilidad por los problemas que puedan surgir al utilizar esta web o si sus políticas varían con el tiempo.

Para obtener más información, por favor visite www.ec.europa.eu/eurostat.


 PVGIS ©Unión Europea, 2001-2023.
 Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged, save where otherwise stated.
 Informe creado el 2023/08/28

Anexo 8: Datos de la Irradiancia durante el mes de septiembre 2023.



European Commission

Datos diarios de irradiancia

PVGIS-5 base de datos de irradiancia geoespacial

Datos proporcionados

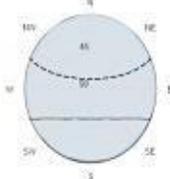
Latitud/Longitud: 12.131, -86.271

Horizonte: Calculado

Base de datos: PVGIS-NSRDB

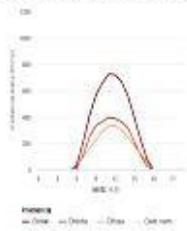
Mes: Septiembre

Perfil del horizonte en la localización seleccionada



Altura de horizonte
 Elevación solar, cielo
 Elevación solar, horizonte

Irradiancia media diaria sobre plano fijo con una inclinación 8° and azimuth 0°

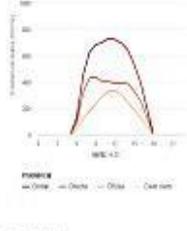


Irradiancia media diaria sobre plano fijo

Hora	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
Gt)	0	0	0	0	0	0	0	31	235	458	584	655	724	718	685	558	383	224	74	0	0	0	0	0
Gd)	0	0	0	0	0	0	0	8	110	247	334	363	395	385	364	314	210	107	23	0	0	0	0	0
Gd0)	0	0	0	0	0	0	0	23	95	161	229	292	328	332	301	243	182	117	52	0	0	0	0	0
Gca)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Gt): Irradiancia global sobre plano fijo [W/m²]
 Gd): Irradiancia directa sobre plano fijo [W/m²]
 Gd0): Irradiancia difusa sobre plano fijo [W/m²]
 Gca): Irradiancia global cielo claro sobre plano fijo [W/m²]

Irradiancia media diaria sobre un plano con seguimiento solar

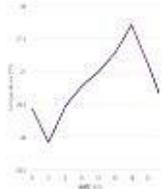


Irradiancia sobre un plano con seguimiento solar

Hora	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
Gt)	0	0	0	0	0	0	0	126	450	625	684	696	721	721	694	640	528	391	194	0	0	0	0	0
Gd)	0	0	0	0	0	0	0	39	319	430	436	401	402	388	386	385	328	253	128	0	0	0	0	0
Gd0)	0	0	0	0	0	0	0	34	118	178	234	291	328	332	301	245	186	125	60	0	0	0	0	0
Gca)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Gt): Irradiancia global sobre un plano con seguimiento a dos ejes [W/m²]
 Gd): Irradiancia directa normal [W/m²]
 Gd0): Irradiancia difusa sobre un plano con seguimiento a dos ejes [W/m²]
 Gca): Irradiancia global cielo claro sobre un plano con seguimiento a dos ejes [W/m²]

Perfil de temperatura media diaria



Perfil de temperatura media diaria

Hora	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
T2m	26.44	26.27	26.09	25.90	26.1	26.28	26.68	26.87	26.87	26.77	26.85	26.92	26.99	27.09	27.16	27.26	27.42	27.68	27.71	27.51	27.31	27.11	26.88	26.68

T2m: Perfil de temperatura media diaria [°C]

La Comisión Europea mantiene esta web para facilitar el acceso público a la información sobre sus actividades y las actividades de la Unión Europea en general. No se garantiza la exactitud de la información presentada en el sitio. Toda información presentada en esta web es de carácter informativo. La Comisión Europea no asume responsabilidad por el uso de la información presentada en esta web.

Aunque hacemos lo posible por reducir al mínimo los errores técnicos, algunos datos e informaciones, contenidos en nuestra web pueden tener errores o estar obsoletos en cualquier momento. No podemos garantizar que esta información o datos de alguna manera estén actualizados. La Comisión no asume responsabilidad por los problemas que puedan surgir al utilizar esta información o datos en cualquier momento.

Para obtener más información, por favor visite http://ec.europa.eu/info/legal/index_en.

PVGIS ©Unión Europea, 2001-2023.
 Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged, save where otherwise stated.

Informe creado el 2023/08/28



Anexo 10: Datos de la Irradiancia durante el mes de noviembre 2023.



European Commission

Datos diarios de irradiancia

PVGIS-5 base de datos de irradiación geoespacial

Datos proporcionados

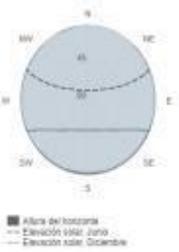
Latitud/Longitud: 12.131, -86.271

Horizonte: Calculado

Base de datos: PVGIS-NSRDB

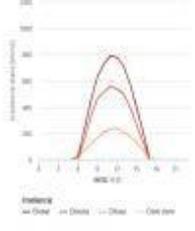
Mes: Noviembre

Perfil del horizonte en la localización seleccionada



■ Altura del horizonte
— Elevación solar Júpiter
— Elevación solar Orizonte

Irradiancia media diaria sobre plano fijo con una inclinación 8° and azimuth 0°

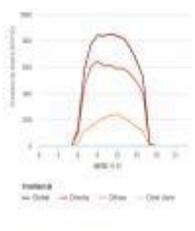


Irradiancia media diaria sobre plano fijo

Hora	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	
Gf(t)	0	0	0	0	0	0	25	230	453	631	726	767	775	711	576	398	212	3	0	0	0	0	0
Gd(t)	0	0	0	0	0	0	11	153	332	466	513	559	535	490	389	269	137	1	0	0	0	0	0
Gd(t)	0	0	0	0	0	0	14	77	121	164	212	228	240	211	176	129	74	2	0	0	0	0	0
Gca(t)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Gf(t): Irradiancia global sobre plano fijo [W/m²]
 Gd(t): Irradiancia directa sobre plano fijo [W/m²]
 Gd(t): Irradiancia difusa sobre plano fijo [W/m²]
 Gca(t): Irradiancia global cielo claro sobre plano fijo [W/m²].

Irradiancia media diaria sobre un plano con seguimiento solar

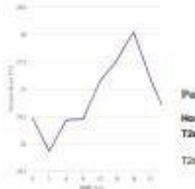


Irradiancia sobre un plano con seguimiento solar

Hora	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	
Gf(t)	0	0	0	0	0	0	126	582	770	839	830	825	814	748	647	519	16	0	0	0	0	0	0
Gd(t)	0	0	0	0	0	0	103	453	662	642	604	611	584	586	548	485	402	13	0	0	0	0	0
Gd(t)	0	0	0	0	0	0	21	115	147	178	215	228	240	214	182	143	104	3	0	0	0	0	0
Gca(t)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Gf(t): Irradiancia global sobre un plano con seguimiento a dos ejes [W/m²]
 Gd(t): Irradiancia directa normal [W/m²]
 Gd(t): Irradiancia difusa sobre un plano con seguimiento a dos ejes [W/m²]
 Gca(t): Irradiancia global cielo claro sobre un plano con seguimiento a dos ejes [W/m²].

Perfil de temperatura media diaria



Perfil de temperatura media diaria

Hora	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00		
T2m	26.07	26.37	26.96	28.66	30.08	30.24	30.03	30.44	30.64	30.65	30.68	30.81	31.14	31.27	31.39	31.42	31.1	31.88	30.64	27.75	27.47	27.18	26.94	26.71

T2m: Perfil de temperatura media diaria [°C].

La Comisión Europea mantiene esta web para facilitar el acceso público a la información sobre sus actividades y las políticas de la Unión Europea en general. El acceso público no garantiza la información precisa y actual. Toda forma de uso no autorizado de esta información es prohibida. El contenido de esta web es responsabilidad de quienes lo han creado y no de la Comisión Europea. Aunque la Comisión Europea garantiza la calidad de la información que publica, no garantiza que esta información sea adecuada para todos los usos. La Comisión Europea no asume ninguna responsabilidad por los problemas que puedan surgir al utilizar esta información o al utilizar esta información con fines comerciales. Para obtener más información, por favor consulte <http://ec.europa.eu/infocentre/>.



PVGIS © Unión Europea, 2001-2023.
 Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged, save where otherwise stated.
 Informe creado el 2023/08/28

Anexo 11: Datos de la Irradiancia durante el mes de diciembre 2023.



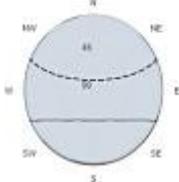
European Commission

Datos diarios de irradiancia

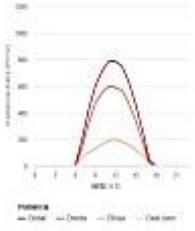
PVGIS-5 base de datos de irradiación geoespacial

Datos proporcionados
 Latitud/Longitud: 12.131,-86.271
 Horizonte: Calculado
 Base de datos: PVGIS-NSRDB
 Mes: Diciembre

Perfil del horizonte en la localización seleccionada



Irradiancia media diaria sobre plano fijo con una inclinación 8° and azimuth 0°

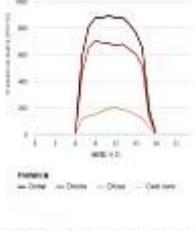


Irradiancia media diaria sobre plano fijo

Hora	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
Gt)	0	0	0	0	0	0	0	1	193	421	601	713	766	783	744	623	458	265	42	0	0	0	0	0
Gb)	0	0	0	0	0	0	0	0	130	322	472	550	596	587	506	464	339	186	16	0	0	0	0	0
Gd)	0	0	0	0	0	0	0	0	62	99	128	163	168	166	176	159	119	79	24	0	0	0	0	0
Gca)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Gt): Irradiancia global sobre plano fijo [W/m²]
 Gb): Irradiancia directa sobre plano fijo [W/m²]
 Gd): Irradiancia difusa sobre plano fijo [W/m²]
 Gca): Irradiancia global cielo claro sobre plano fijo [W/m²]

Irradiancia media diaria sobre un plano con seguimiento solar

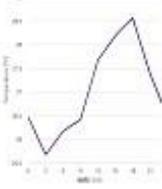


Irradiancia sobre un plano con seguimiento solar

Hora	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
Gt)	0	0	0	0	0	0	0	0	590	808	873	874	808	873	877	829	763	645	177	0	0	0	0	0
Gb)	0	0	0	0	0	0	0	0	481	850	702	685	681	682	677	639	600	510	124	0	0	0	0	0
Gd)	0	0	0	0	0	0	0	0	113	137	149	171	192	196	185	170	142	118	50	0	0	0	0	0
Gca)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Gt): Irradiancia global sobre un plano con seguimiento a dos ejes [W/m²]
 Gb): Irradiancia directa normal [W/m²]
 Gd): Irradiancia difusa sobre un plano con seguimiento a dos ejes [W/m²]
 Gca): Irradiancia global cielo claro sobre un plano con seguimiento a dos ejes [W/m²]

Perfil de temperatura media diaria



Perfil de temperatura media diaria

Hora	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
T2m	26,8	26,3	26,0	25,7	26,3	26	26,18	26,25	26,33	26,41	26,43	26,43	27,25	27,67	27,84	28,1	28,18	28,1	28,43	28,15	27,76	27,37	27,07	26,76

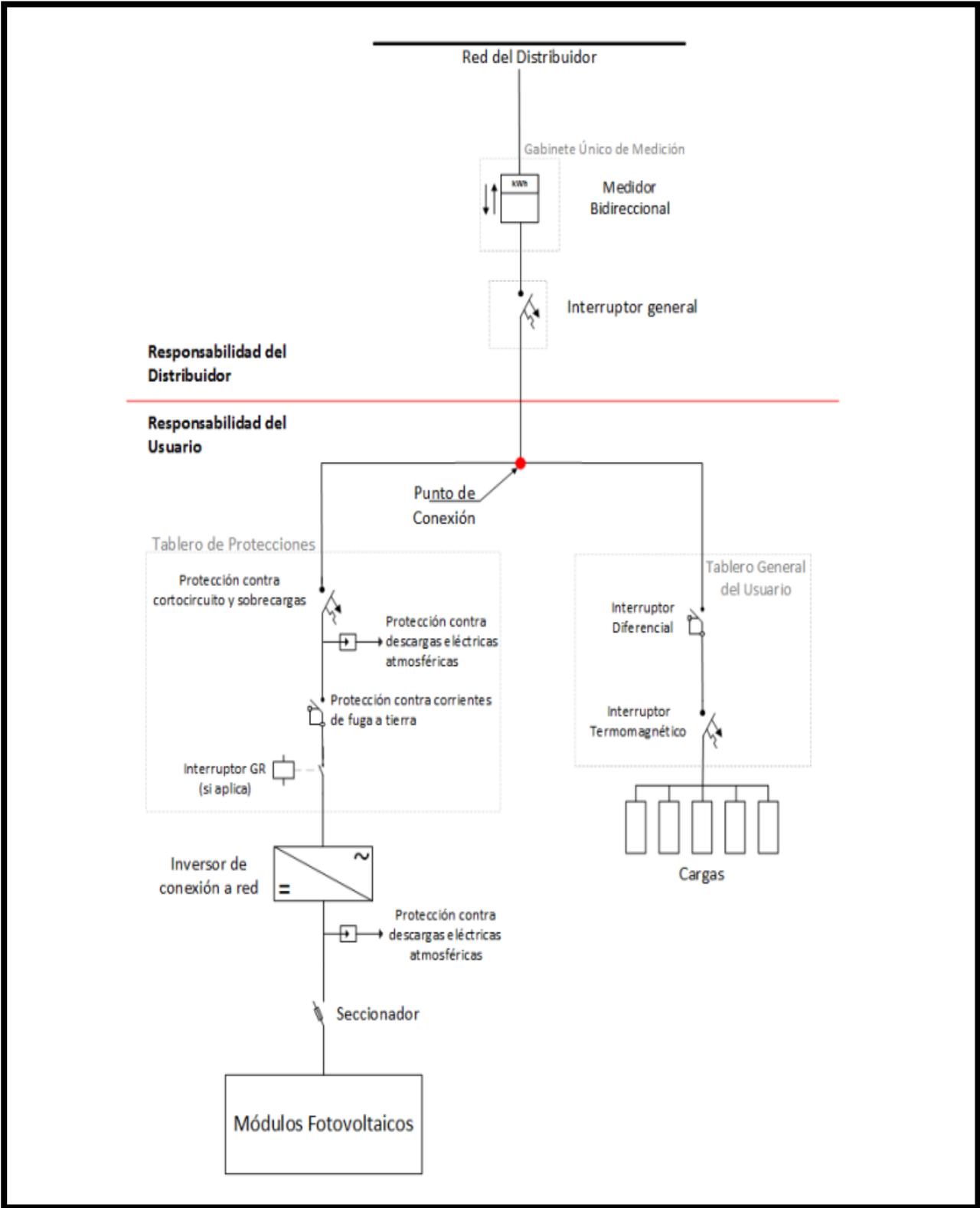
T2m: Perfil de temperatura media diaria [°C]

La Comisión Europea mantiene esta web para facilitar el acceso público a la información sobre sus actividades y los servicios de la Unión Europea en general. Nuestro propósito es mantener la información precisa y al día. Tratamos de corregir los errores que se nos noten. Sin embargo, la Comisión declina toda responsabilidad en relación con la información incluida en esta web. Aunque hacemos lo posible por reducir al mínimo los errores humanos, algunos datos o informaciones contenidas en nuestro web pueden haberse cancelado o actualizado en cualquier momento sin advertencia de dichos errores, y no podemos garantizar que esta web sea correcta o actualizada en cualquier momento. La Comisión no asume ninguna responsabilidad por los problemas que pueden surgir al utilizar este sitio o otros servicios con enlaces al mismo. Para obtener más información, por favor visite http://ec.europa.eu/info/legal_notice_en

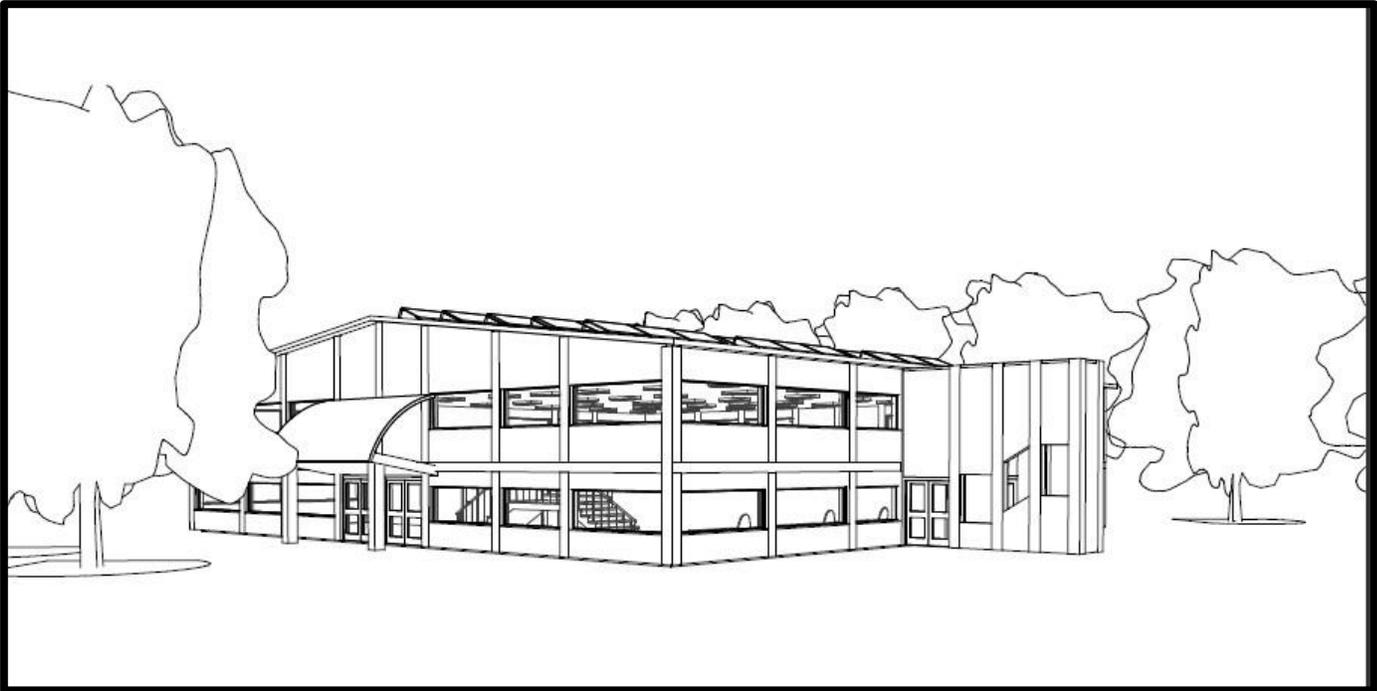
PVGIS ©Unión Europea, 2001-2023.
 Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged, save where otherwise stated.
 Informe creado el 2023/08/28



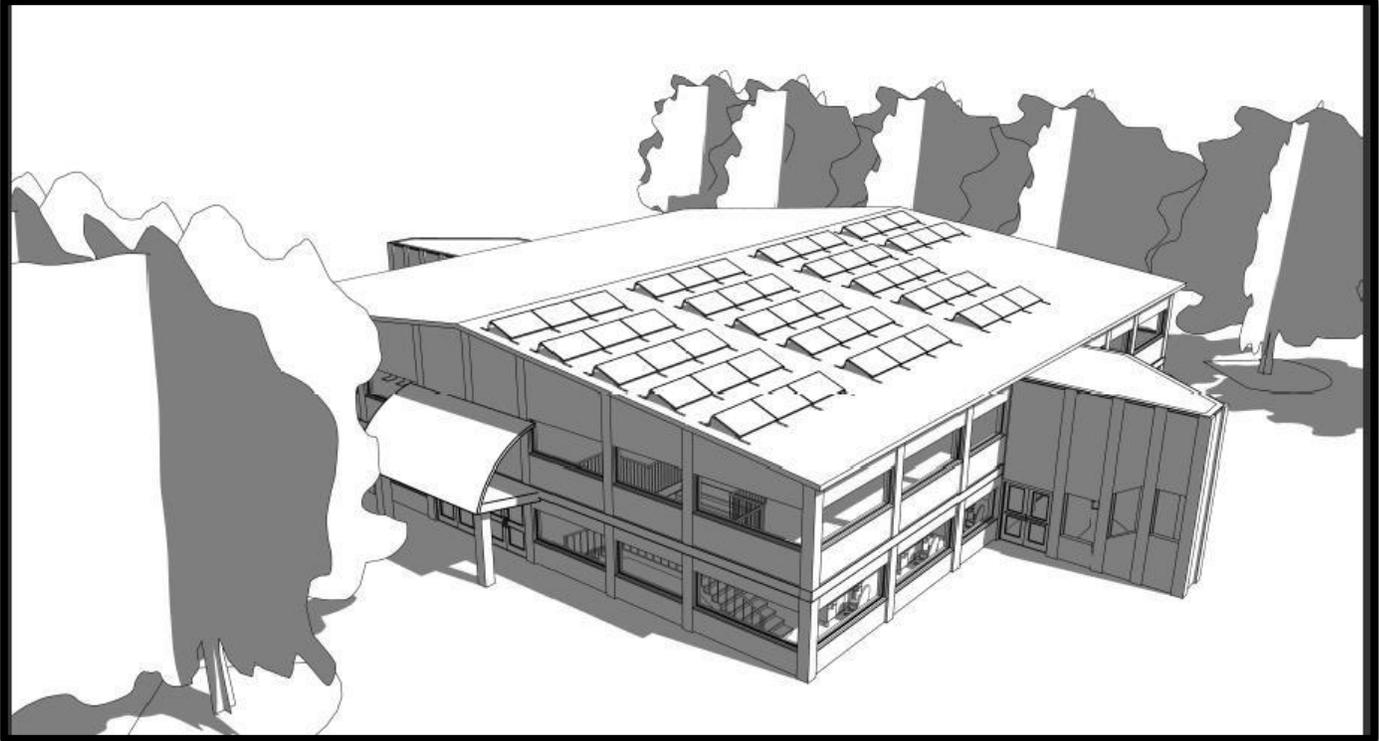
Anexo 12: Diagrama Unifilar de la conexión de un Sistema Fotovoltaico.



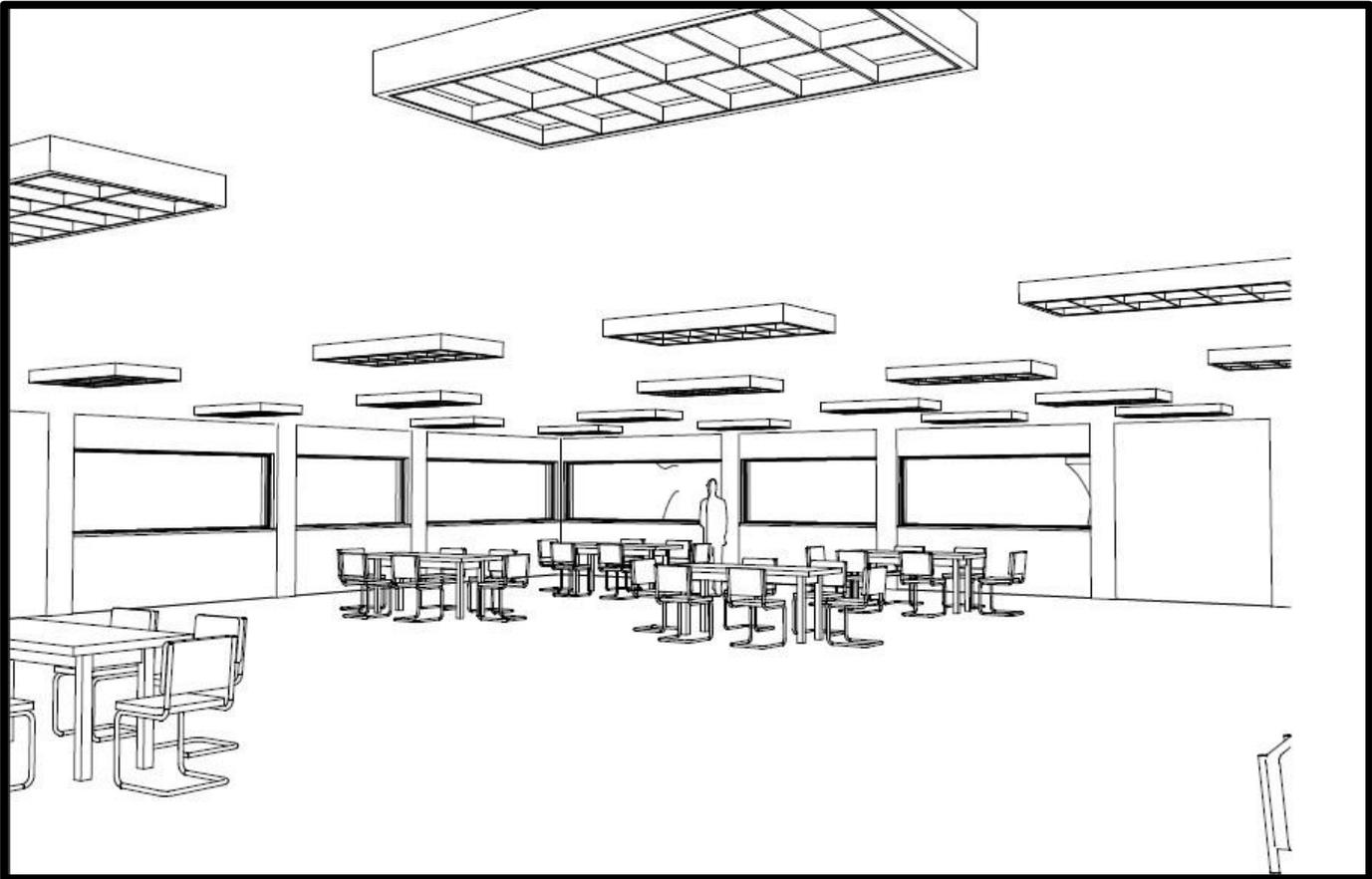
Anexo 14: Vista Sección Transversal del edificio Esman Marín con módulos fotovoltaicos en techo.



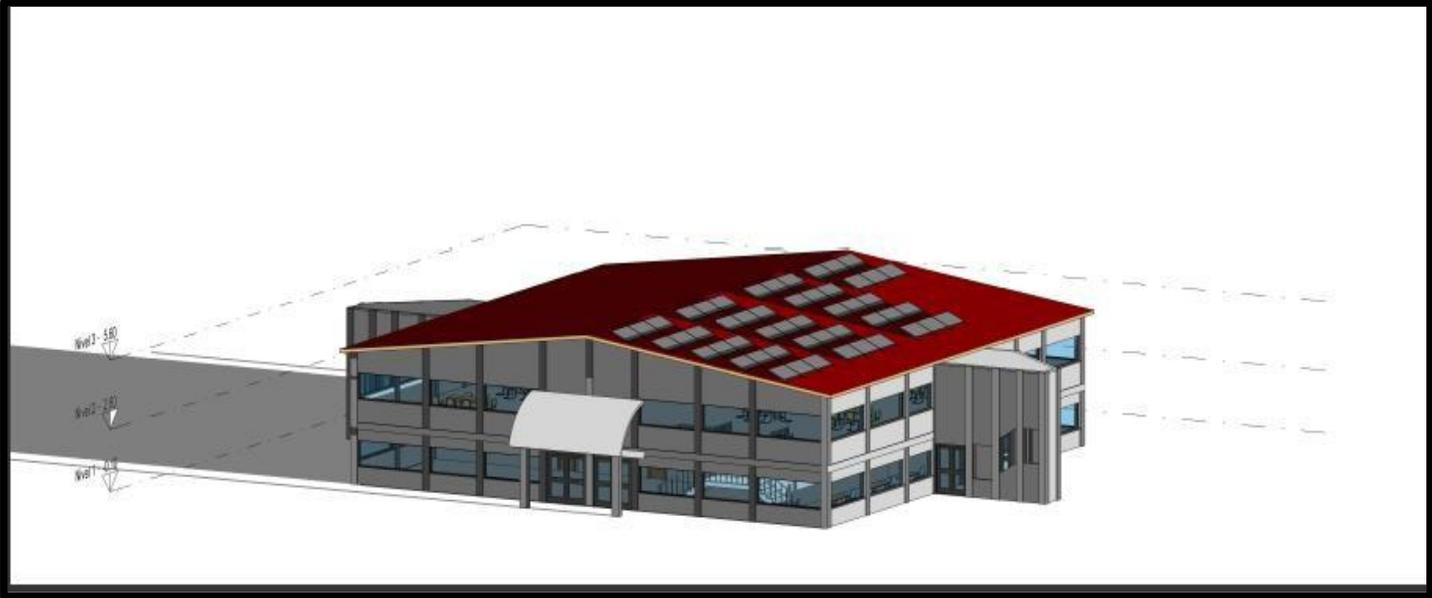
Anexo 15: Vista tridimensional del edificio Esman Marín con sus módulos fotovoltaicos.



Anexo 16: Vista interior de la sala de lectura biblioteca Esman Marín.



Anexo 17: Vista frontal del edificio Esman Marín perspectiva final del proyecto Fotovoltaico instalado en techo.



Anexo 18: Glosario de términos

BT: Baja Tensión.

CNDC: Centro Nacional de Despacho de Carga.

COR: Centro de Operación de la Red

ED: Empresa Distribuidora.

GDR: Generador Distribuido Renovable

GDRA: Generación Distribuida Renovable para Autoconsumo

GDR BT1: GDR en BT, instalaciones de hasta 2 kW

GDR BT2: GDR en BT, instalaciones de más 2 kW.

GDR MT1: GDR en MT, instalaciones de hasta 1 MW.

GDR MT2: GDR en MT, instalaciones de más de 1 MW y hasta 5 MW

INE: Instituto Nicaragüense de Energía.

kV: Kilovolt (1,000 volts). kW: Kilovatios (1,000 watts).

MARENA: Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales Nicaragua.

MEM: Ministerio de Energía y Minas de Nicaragua.

MT: Media Tensión. MW: Megavatio (1,000,000 watts).

NCS: Normativa de Calidad del Servicio. NSE: Normativa de Servicio Eléctrico.

NIS: Número Identificador del Suministro

SIN: Sistema Interconectado Nacional.

V: Volt (unidad de voltaje o tensión eléctrica). ENATREL.