

Área de Conocimiento de Ingeniería y Afines

Abastecimiento energético en la comunidad limito de Condega, mediante el diseño de un sistema solar fotovoltaico aislado

Trabajo Monográfico para optar al título de
Ingeniero Eléctrico

Elaborado por:

Br. Jeysson Joel
Gómez Espinoza
Carnet: 2016-0957U

Br. Lesther Gabriel
Pérez López
Carnet: 2016-1179U

Tutor:

Msc. Jhader
Exequiel Zuniga
Guillen

Índice General

Índice General	1
Índice de tablas	4
Índice de figuras	5
Introducción	6
Resumen	8
Antecedentes	9
Justificación	11
Objetivos	12
Objetivo general	12
Objetivos específicos	12
Marco Teórico	13
Célula fotovoltaica	13
Módulo fotovoltaico	13
Generador Fotovoltaico	13
Sistema de acumulación	13
El inversor.....	14
El regulador de carga	14
Sistemas Fotovoltaicos Aislados.....	14
Ventajas de los sistemas fotovoltaicos	14
Diagnóstico del servicio	15
Proyección de la Demanda.....	16
La Oferta	16
La oferta de Energía.....	16
Condiciones de diseño del sistema fotovoltaico	17
Dimensionamiento del sistema fotovoltaico	17
Datos Meteorológicos.....	18
Selección de un regulador de carga o controlador.....	19
Selección del inversor	19
Normas de Certificación y Garantía.....	20
Controlador de Carga.....	20
Baterías	20
Inversor	20

Costos en un sistema fotovoltaico	21
Costos asociados a la sostenibilidad.....	21
Metodología.....	22
Técnicas, Equipos y Herramientas empleadas	23
Equipo y herramientas a emplear	23
La recolección de datos	24
Diagnóstico de la situación actual	24
Para realizar el cálculo se tomarán en cuenta parámetros como	25
Datos Meteorológicos.....	27
Selección de un regulador de carga o controlador.....	27
Selección del inversor	27
Cálculo de costos del sistema fotovoltaico diseñado	28
Costos asociados a la sostenibilidad.....	28
Resultados.....	30
Localización y Tamaño de la Planta	30
Dimensionamiento del Sistema.....	33
Energía Consumida	33
b) Cálculo del Arreglo Solar	35
c) Cálculo del ángulo de inclinación y del ángulo de orientación.....	37
d) Cálculo del Banco de Baterías.....	38
d) Cálculo del Número de Baterías	39
e) Cálculo del Controlador de Carga	40
f) Especificación del Inversor	41
g) Cálculo el calibre de los conductores de la instalación fotovoltaica.....	42
Entre el panel y el controlador de carga	42
Entre el controlador de carga y las baterías	43
Entre el controlador de carga y el inversor	44
Entre el inversor y el Interruptor termomagnético	45
Evaluación de costo del proyecto.....	46
Características	47
Parámetros del controlador de carga	49
Datos técnicos de HP600-TD-MEX-0510	50
Protecciones:.....	51

Características del producto	51
Cables de conexión	52
Selección de conductores	52
Presupuesto del Proyecto	52
Conclusiones	53
Bibliografía	55
Anexos I.....	56
Anexo II	57
Anexo III	58
Anexo IV	59
Anexo V	60

Índice de tablas

Tabla 1: Tabla de cálculo de consumo horario por día 18

Tabla 2: Calculo del modulo 19

Tabla 3: Estructura de costos para sostenibilidad 21

Tabla 4: Formato para levantamiento de equipos instalados..... 24

Tabla 5: Formato para levantamiento sistema iluminación 26

Tabla 6: Formato para levantamiento sistema climatización 26

Tabla 7: Formato cálculo de módulos..... 27

Tabla 8: Estructura de costos para sostenibilidad..... 28

Tabla 9: Diagrama de perdidas..... 29

Tabla 10: consumo de equipos..... 35

Tabla 11: selección de conductor 52

Tabla 12: presupuesto del proyecto 52

Índice de figuras

Figura 1: Localización del área	30
Figura 2: trayectoria de irradiación.....	31
Figura 3: Condiciones de dimensionamiento de conjunto/Inversor	32
Figura 4: Esquema simplificado	33
Figura 5: Energía de incidente de referencia en el plano colector	34
Figura 6: Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 13 MWp.....	37
Figura 7: Distribucion de Irradiacion de incidente.....	38
Figura 8: Temperatura del conjunto vs irradiación efectiva.	39
Figura 9: Distribución de cola de potencia de salida del sistema.	41
Figura 10: Energía diaria a la salida del sistema.	43
Figura 11: Distribucion del voltaje del conjunto.....	44
Figura 12: Distribución de la temperatura del conjunto durante la ejecución	46
Figura 13: Vista preliminar de estructura.....	48
Figura 14: Hoja técnica del inversor.....	56
Figura 15: Hoja técnica del panel fotovoltaico	57
Figura 16: Curva del módulo Mono 440 Wp	58
Figura 17: Grafica de ganancia anual	59
Figura 18: Grafica flujo consumido anual.....	60

Introducción

El acceso al servicio de energía eléctrica es un factor básico que potencia el desarrollo económico y provee bienestar a sus usuarios debido a la mejora en su condición de vida. La falta de acceso al servicio de electricidad limita el desarrollo económico y humano por cuanto restringe el desarrollo de las capacidades productivas y comerciales, y el acceso a otros servicios básicos como agua potable, sistemas de comunicación, sistemas de información electrónicos, educación nocturna y uso de equipos modernos para la atención médica.

La ampliación de la cobertura del servicio de electricidad y la inversión en fuentes renovables de generación eléctrica, son componentes claves dentro de los planes estratégicos de desarrollo de Nicaragua, sin embargo, el tema se convierte en un reto para el gobierno en el contexto de la escasez de recursos financieros, lo cual implica que para la asignación eficiente de dichos recursos deban realizarse estudios técnicos y económicos que conlleven a invertir en proyectos procurando el máximo de rentabilidad económica, es decir que la inversión que se realiza consiga el mayor beneficio socioeconómico posible.

Nicaragua, se caracteriza por un alto nivel de consumo energético en las diferentes áreas de las actividades personales, recreativas, laborales, etc.; cabe mencionar que, los sistemas e instalaciones destinados a este fin son determinantes para el ahorro de electricidad y la disminución de las emisiones contaminantes, cuya importancia, justifica la integración de un sistema fotovoltaico de forma aislado o interconectado a la red Eléctrica SIN.

El presente trabajo de culminación de estudios nace de la necesidad que actualmente presenta la comunidad Limito de Condega los cuales requieren recurso energético para el desarrollo de sus actividades diarias, cabe mencionar que los pobladores de la comunidad se han organizado para solicitar la construcción de una red eléctrica que llegue a la comunidad, pero debido a la distancia de la red a construir y la dispersión de la comunidad el proyecto no se ha logrado concretar

El alcance de la propuesta energética es utilizando el recurso solar fotovoltaico de la zona, para lo cual se pretende inicialmente realizar un diagnóstico de la situación actual referente al determinar el tipo de consumo, cantidad poblacional y disponibilidad del recurso en la

zona, posteriormente se de acuerdo al diagnóstico realizado se realizara una propuesta del diseño solar fotovoltaico aislado, sin conexión a la red debido a la distancia a recorrer para la conexión , para finalizar se analizaran los costos para garantizar la sostenibilidad.

Resumen

El objetivo general de la presente tesis fue proponer un sistema solar fotovoltaico que garantice abastecimiento energético a la comunidad Limito de Condega.

Es por tal motivo que se realizó la presente investigación en garantizar un recurso energético que pueda abastecer sin ningún inconveniente a los pobladores de la zona

La presente Tesis nace de la necesidad que actualmente presenta la comunidad Limito de Condega los cuales requieren recurso energético, para el desarrollo de sus actividades diarias, cabe mencionar que los pobladores de la comunidad se han organizado para solicitar la construcción de una red eléctrica que llegue a la comunidad, pero debido a la distancia de la red a construir y la dispersión de la comunidad el proyecto no se ha logrado concretar

La presente tesis presenta una propuesta para abastecer de energía utilizando el recurso solar fotovoltaico de la zona, para lo cual inicialmente se realizó un diagnóstico de la situación actual referente se determinó el tipo de consumo, cantidad poblacional y disponibilidad del recurso en la zona, posteriormente de acuerdo al diagnóstico realizado se presentó una propuesta del diseño solar fotovoltaico aislado, sin conexión a la red debido a la distancia a recorrer para la conexión , para finalizar se analizaron los costos para garantizar la sostenibilidad

En el desarrollo del presente trabajo se generaron gráficos y tablas de mucha importancia ya que en ellos se refleja información de datos obtenidos tanto del consumo en la etapa de diagnóstico como de proyección y selección de cada uno de los componentes en la etapa de resultados.

Para finalizar se presentan los costos, pero no se profundiza en ello ya que solamente se presentan los costos de manera general y la tabla de estados de resultados se consideraría para una siguiente propuesta o darle seguimiento a la investigación realizada.

Antecedentes

El Gobierno de Nicaragua ha desarrollado programas de generación de energía solar a través de Sistemas fotovoltaicos, para llevar la energía eléctrica a las comunidades más apartadas e inaccesibles del país.

En Nicaragua se han instalados 42 sistemas fotovoltaicos, en un número igual de comunidades, que corresponden a los municipios de la Región Autónoma del Atlántico Norte (RAAN) siguientes: Siuna, Rosita, Bonanza, Prinzapolka, Waspam y Puerto Cabezas, a través del cual se proporciona acceso a una fuente de energía renovable a través de sistemas fotovoltaicos para la generación de electricidad a dichas comunidades. En este año, se realizó en Nicaragua la IV Jornada Regional Euro Solar, reuniéndose expertos en energía de ocho países distintos de Latinoamérica, la cual consistió en el intercambio de experiencias de los expertos de energía, sobre la ejecución del programa Euro Solar que se refiere a la instalación de sistemas fotovoltaicos en las comunidades rurales de los países miembros del programa.

Sin duda, las prácticas de la energía solar fotovoltaica, y la eólica son las que más se emplean en Nicaragua, en comunidades aisladas donde no hay energía eléctrica en los departamentos de Chinandega, Carazo, Boaco, Estelí, Matagalpa y Rivas, incluyendo la Isla de Ometepe, en proyectos específicos para bombeo de agua, sistema de riego e iluminación domiciliar, calentamiento de agua para hoteles, para recargar baterías, celulares, refrigeración, secadora solar de frutas, cercos eléctricos solares, entre otros.

Otros Programas que se desarrollan son los siguientes: el Fondo de Desarrollo de la Industria Eléctrica Nacional (FODIEN) y el Programa Nacional de Electrificación Sostenible en Energía Renovable (PNESER).

El Ministro de Energía y Minas, para este año 2015 se tiene proyectado que el 53.99 por ciento de la generación de energía eléctrica sea con fuentes renovable, continuando así con el cambio de la matriz energética. “Desde el 2007, lo primero que se hizo el gobierno de Nicaragua fue tomar medidas para terminar con los racionamientos que habíamos tenido en el 2006, a partir de entonces se incrementaron los esfuerzos para cambiar sustancialmente la matriz de generación, disminuir el peso de la generación usando derivados del petróleo e incrementar la generación con recursos renovables”.

Nicaragua es un país rico en recursos renovables, y se ha demostrado con lo que se ha venido haciendo desde el 2007 al 2014, y que para este 2015 se continuará con el esfuerzo de la transformación de la matriz energética. “En el 2014 el país tuvo una generación de energía renovable de 52.43 por ciento, sobresaliendo la energía eólica con el 20.72 por ciento, y la proyección para este 2015 es de 53.99 por ciento, de acuerdo con el Plan Indicativo de Expansión de la Generación.

Para el 2016 se tiene proyectado que la energía eléctrica a base de fuentes renovables alcance hasta un 64 por ciento, y que para el 2020 contar con un porcentaje del 86 por ciento, este último contará con la participación del proyecto hidroeléctrico Tumarín de 253 MW, el cual entrará a generar a finales del 2019, siendo este proyecto el factor principal para incrementar el porcentaje de las energías renovables.

Según la proyección del MEN del 2015 al 2028 se contara con -- 620 MW de generación hidroeléctrica, 116 MW de Biomasa, 63 MW eólica, 210 MW geotérmicos, 30 MW fotovoltaicos y 140 MW de fuel oil, estos últimos serán de una planta eficiente que generará con bunker para mantener un sistema estable y seguro.

Justificación

La importancia de este proyecto, radica 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 claras: 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

El mayor impacto de este proyecto está en abastecer de energía eléctrica a la comunidad Limite de Condega, la cual tendrá una gran relevancia ya que el abastecimiento energético permitirá acceso de la energía, acceso a educación en turno nocturno y permitirá a los pobladores realizar actividades que generen ingresos extras sin costos adicionales ya que la comunidad podrá generar su propia energía eléctrica de una forma segura y económica, lo que le permitirá solventar sus necesidades de consumo con sus propios medios.

Objetivos

Objetivo general

- Proponer sistema solar fotovoltaico que garantice abastecimiento energético a la comunidad Limito de Condega.

Objetivos específicos

- Diagnosticar la necesidad de suministro eléctrico y disponibilidad de recurso solar en el área de influencia para la comunidad Limito de Condega.
- Diseñar un sistema solar fotovoltaico tomando como referencia los resultados obtenidos del diagnóstico en la comunidad Limito de Condega
- Analizar los costos asociados al sistema solar diseñado que garanticen la sostenibilidad de cada componente.

Marco Teórico

Célula fotovoltaica

Es un dispositivo formado por una delgada lámina de un material semiconductor, frecuentemente de silicio. Generalmente, una célula fotovoltaica tiene un grosor que varía entre los 0,25 y los 0,35 mm y una forma generalmente cuadrada, con una superficie aproximadamente igual a 100 cm². (Ivania Portocarrero Argüello 2015)

Módulo fotovoltaico

Es una estructura sobre la que se colocan las células fotovoltaicas. Los módulos pueden tener diferentes tamaños (los más utilizados tienen superficies que van de los 0,5 m² a los 1,3 m²) y constan normalmente de 36 células conectadas eléctricamente en serie. Las características eléctricas principales de un módulo fotovoltaico se pueden resumir en las siguientes: - Potencia de Pico (Wp), - Corriente nominal (A), - Tensión nominal (V): tensión de trabajo del módulo. (Ivania Portocarrero Argüello 2015)

Generador Fotovoltaico

Está formado por el conjunto de módulos fotovoltaicos, adecuadamente conectados en serie y en paralelo, para obtener la corriente y el voltaje necesarios para una determinada aplicación. El generador tendrá que ser dimensionado teniendo en cuenta los siguientes aspectos: Carga eléctrica, - Potencia de pico, - Posibilidad de conexión a la red eléctrica, - Latitud del lugar y radiación solar media anual del mismo. La vida útil de un generador fotovoltaico es de aproximadamente 25 años. (Ivania Portocarrero Argüello 2015)

Sistema de acumulación

Está formado por un conjunto de acumuladores recargables, dimensionado de forma que garantice la suficiente autonomía de alimentación de la carga eléctrica. Las baterías para uso fotovoltaico tienen que cumplir los siguientes requisitos: Bajo valor de autodescarga, Larga vida útil, Manutención casi nula y Elevado número de ciclos de carga-descarga. (Ivania Portocarrero Argüello 2015)

El inversor

Es un dispositivo que transforma la energía continúa producida por los módulos (12V, 24V, 48V, ...) en energía alterna (generalmente 220V).

El regulador de carga

Sirve fundamentalmente para preservar los acumuladores de un exceso de carga por el generador fotovoltaico y de la descarga por el exceso de uso. Ambas condiciones son nocivas para la correcta funcionalidad y duración de los acumuladores. (Ivania Portocarrero Argüello 2015)

Sistemas Fotovoltaicos Aislados

Los sistemas aislados, por el hecho de no estar conectados a la red eléctrica, normalmente están equipados con sistemas de acumulación de la energía producida. La acumulación es necesaria porque el campo fotovoltaico puede proporcionar energía sólo en las horas diurnas, mientras que a menudo la mayor demanda ocurre en las horas de la tarde y de la noche. Durante la fase de insolación es, por tanto, necesario prever una acumulación de la

energía para ser proporcionada a la carga cuando la generación de energía es reducida o nula. Los principales componentes que forman un sistema fotovoltaico aislado son: - Módulos fotovoltaicos, - Regulador de carga, - Inversor, - Sistema de acumulación (baterías de acumulación). (Ivania Portocarrero Argüello 2015)

Ventajas de los sistemas fotovoltaicos

No requiere tendido de red de transmisión. - La energía se produce en el lugar donde se consume. - No consume combustible. - No tiene partes mecánicas en movimiento ni sometidas a desgaste. - Son totalmente silenciosos. - Resisten condiciones extremas de temperatura, viento y humedad. - La vida útil de los módulos fotovoltaicos es superior a los 20 años en condiciones normales de uso. - Es modular, lo que permite aumentar potencia instalada sin interrumpir el funcionamiento del generador. - Alta confiabilidad y mínimo mantenimiento. (Ivania Portocarrero Argüello 2015)

Diagnóstico del servicio

A partir del tipo de proyecto, el diagnóstico consiste en identificar cómo se entrega el servicio (recursos humanos, materiales, equipos e infraestructura) y la calidad que éste tiene. El análisis ha de tomar en consideración las particularidades de cada tipo de proyecto. Así, si el proyecto fuera la construcción de un parque eólico, lo que corresponde es estudiar el mix de generación de energía (matriz de generación) actual, y particularmente, analizar la participación de la generación eólica. Como es obvio al ser un proyecto nuevo y de gran escala, no se analiza en el contexto de un área de influencia localizada, sino que a nivel agregado. Cosa contraria ocurre si el proyecto fuera la construcción de una pequeña central hidroeléctrica (PCH), a ser construida para electrificar la comunidad circunscrita en la ubicación de la PCH; aquí el servicio actual pasa por analizar cómo es que la comunidad obtiene 'energía', quizás el análisis indique que se usan medios alternativos como baterías, pilas, velas, lámparas de kerosene, motobombas diesel, u otras. (Ivania Portocarrero Argüello 2015)

Descripción de la disponibilidad de las distintas opciones energéticas para el abastecimiento de electricidad.

- ❖ Población no atendida, señalando su forma de abastecimiento (pilas, baterías, entre otros), cantidad y tiempo relacionado a su reposición, gasto mensual en el que incurren y horas de uso.
- ❖ Número de usuarios potenciales identificados por sectores (doméstico, comercial, usos generales y pequeña industria).
- ❖ Número de usuarios por tipo de localidad.
- ❖ Coeficiente de electrificación referencial (localidad específica, según país).
- ❖ Identificación de la empresa concesionaria de distribución de energía eléctrica o instituciones cercanas al área de influencia del proyecto.
- ❖ Identificación, para fines comparativos, de localidades similares al área de influencia del proyecto que sí cuenten con servicio eléctrico.
- ❖ Identificación de posibles cargas para usos productivos en la zona.

- ❖ Verificación de las localidades beneficiadas, por si se ubican dentro o fuera de la zona de alguna empresa concesionaria de distribución.
- ❖ Verificación de que no existan localidades incluidas en otros proyectos de inversión. (Empresa de consultoria e inversiones Cabal SA 2014)

Proyección de la Demanda

La Demanda de electricidad está directamente relacionada a la actividad económica, nivel de ingresos, hábitos de consumo, aspectos culturales de la población, y aspectos geográficos como el clima. El crecimiento del consumo de electricidad depende del crecimiento de la población y de la economía; así pues, para la estimación futura (proyección de la demanda) se requiere conocer las expectativas de crecimiento poblacional y del Producto Interno Bruto del País, como indicador de la economía.

La estimación adecuada de la demanda es clave para cualquier planificación de infraestructura energética ya que la demanda es determinante para su viabilidad económica - financiera. En Nicaragua, el Ministerio de Energía y Minas (MEM) es la entidad encargada de realizar los estudios de proyección de la Demanda Nacional de electricidad. Existen diversos métodos para realizar la proyección de la demanda de electricidad. La complejidad del método aplicado dependerá del nivel requerido de precisión y certidumbre en base a la dimensión de la inversión y sus objetivos. (Ivania Portocarrero Argüello 2015)

La Oferta

Se refiere a la cuantificación de la capacidad de proveer del servicio de electricidad. Los parámetros para especificar la oferta son también la potencia y la energía. 1. La oferta de Potencia: es la medida de la capacidad existente de suministrar electricidad en un instante específico. La unidad de medida puede ser especificada en Kilowatts [kW] ó Megawatts [MW].

La oferta de Energía

Es la medida de la capacidad de suministro de energía ya sea eléctrica o de una fuente energética alternativa en uso o no. La unidad de medida puede ser especificada en Kilowatts-hora/mes [kWh/mes] o bien Megawattshora/año [MWh/año]. Haciendo referencia

Condiciones de diseño del sistema fotovoltaico

Las condiciones de diseño de un SFV deberían involucrar aspectos tales como:

- ❖ Ser compatible con las características e intermitencia del recurso solar disponible.
- ❖ Dimensionarse de acuerdo a la carga requerida.
- ❖ Dimensionar los límites mínimos de suministro de potencia y los tiempos máximos de autonomía en el almacenamiento.
- ❖ Considerar que todos los elementos que componen el sistema, así como los dispositivos e interfaces entre ellos.
- ❖ Se debería partir del supuesto que la integración de sus partes no requiera de asistencia técnica por largos periodos especialmente en lugares remotos.
- ❖ Debería diseñarse para soportar la acción del ambiente local (por ejemplo, humedad relativa, salinidad y contaminación.)
- ❖ Debería proyectarse el tipo de funciones automáticas que debe desarrollar, incluyendo (de ser necesario) la condición de prendido/apagado.

(Empresa de consultoria e inversiones Cabal SA 2014)

Dimensionamiento del sistema fotovoltaico

Para el dimensionamiento adecuado de un sistema fotovoltaico se deben realizar las siguientes actividades fundamentales:

1. Sumar todas las potencias de los equipos a conectar, ya sea:
 - ❖ Iluminación
 - ❖ Radio, televisión
 - ❖ Refrigeración
 - ❖ Bombas para agua, consumo humano o riego
2. Sumar los tiempos de funcionamiento de cada uno de los equipos conectados, a fin de calcular la energía diaria.

3. Disponibilidad de irradiación solar diaria. Comúnmente cada país cuenta con un mapa solar. Tomar en cuenta que el sol es el combustible para este generador de electricidad.
4. Posición del sitio a instalar, respecto al sol, tomando en cuenta una orientación óptima entre los 12 y 15 °C.
5. Cálculo de cada uno de los equipos que conforman el sistema fotovoltaico según nuestras necesidades de uso y operación.

(Empresa de consultoria e inversiones Cabal SA 2014)

Cargas Individuales	Cant	W	Tipo	W	W	H/di	Dia/Sema	7	Wh AC
LÁMPARAS	6	5	AC	30	0	3	7	7	90
TV	1	120	AC	120	0	4	7	7	480
REFRIGERADOR	1	100	AC	100	0	12	7	7	1200
BOMBA DE AGUA	1	570	AC	570	0	4	7	7	2280
TOTAL				820					4,050

W: Watts Wh: Watts hora AC: Corriente Alterna CD: Corriente Directa

Tabla 1: Tabla de cálculo de consumo horario por día

Fuente: (Empresa de consultoria e inversiones Cabal SA 2014)

Datos Meteorológicos

A fin de poder determinar la disponibilidad de irradiación solar en el sitio, es necesario investigar los datos meteorológicos. De acuerdo a la posición geográfica del sitio respecto al Ecuador, se podrán obtener estos datos indicando la latitud y longitud.

Según nuestro cálculo de cargas en función de las horas sol, tendremos la siguiente información:

Carga Wh AC	4,050.00
Horas pico de sol	6.54
Potencia pico del arreglo	892.26
Módulos totales	5
Voltaje del sistema (DC)	24
No. Módulos en serie	5
No. Módulos en paralelo	1

Tabla 2: Calculo del modulo

Fuente: (Empresa de consultoria e inversiones Cabal SA 2014)

Selección de un regulador de carga o controlador

El regulador de carga es un dispositivo que se encarga de proteger la batería.

Criterios de selección:

- ❖ Tensiones de batería compatibles (12, 24 y 48V).
- ❖ Corriente máxima de paneles.
- ❖ Corriente máxima que puede proporcionar a la carga.

(Empresa de consultoria e inversiones Cabal SA 2014)

Selección del inversor

Los inversores transforman la corriente continua de las baterías en corriente alterna compatible con los electrodomésticos de consumo. Se deben elegir teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- ❖ Máxima potencia que pueden suministrar en alterna.
- ❖ Tipo de cargas que van a alimentar. Algunos electrodomésticos son muy sensibles al tipo de onda que dan los inversores (cuadrada, semisenoidal, senoidal pura).
- ❖ Posibilidades del inversor de funcionar también como cargador de baterías.

- ❖ Presupuesto.
- ❖ Condiciones ambientales y de almacenamiento del equipo. Los inversores son equipos electrónicos muy sensibles a las condiciones ambientales. Se debe elegir uno lo suficientemente robusto como para aguantar las condiciones ambientales presentes.

(Empresa de consultoria e inversiones Cabal SA 2014)

Normas de Certificación y Garantía

- ❖ DIN 4102-1: Inflamabilidad baja (categoría B1).
- ❖ IEC 61701: Prueba de corrosión por niebla salada de los paneles fotovoltaicos.
- ❖ IEC 60068-2-60: Resistencia al amoníaco, salinidad.
- ❖ IEC 61215: Paneles fotovoltaicos (PV) terrestres de silicio cristalina—Calificación de diseño y aprobación de tipo.
- ❖ IEC 61730: Calificación de seguridad de paneles fotovoltaicos—Parte 1: Requerimientos para construcción.
- ❖ UL 1703: Paneles fotovoltaicos de placa plana.
- ❖ Serie de normas ISO 60904: Dispositivos fotovoltaicos.
- ❖ La eficiencia mínima aceptable de 15% para módulos FV.

(Empresa de consultoria e inversiones Cabal SA 2014)

Controlador de Carga

Se recomienda que el controlador de carga sea fabricado de acuerdo con lo establecido en la norma UL 1741 u otras normas aplicables.

Baterías

Se recomienda que las baterías asociadas a los SFV de energización rural sean fabricadas de acuerdo con lo establecido en la norma IEC 61427 u otras normas aplicables.

Inversor

Se recomienda que el inversor sea fabricado de acuerdo con lo establecido en la norma UL 1741 u otras normas aplicables.

Costos en un sistema fotovoltaico

Los costos de un SFV están conformados por los costos de Inversión más los costos de operación y mantenimiento. Los costos de Inversión están compuestos por:

- ❖ Módulo fotovoltaico
- ❖ Batería
- ❖ Regulador
- ❖ Inversor DC/AC
- ❖ Componentes eléctricos
- ❖ Componentes mecánicos
- ❖ Transporte

Se estima que el costo del kWp instalado necesarios para la inversión inicial con tecnología fotovoltaica, es de aproximadamente 2,800 a 3,500 dólares. Este precio puede variar según condiciones de lugar debido al transporte. (Empresa de consultoria e inversiones Cabal SA 2014)

Costos asociados a la sostenibilidad

Por otra parte, para asegurar la sostenibilidad del proyecto se deben considerar los costos de gestión que están compuestos por la administración, operación y mantenimiento. En referencia la composición de la participación de costos a fin de garantizar la sostenibilidad del proyecto, tendremos lo siguiente:

Estructura de costos para sostenibilidad	
Costo de inversión	93.9%
Costos de administración	4.8%
Costos de operación y mantenimiento	1.2%

Tabla 3: Estructura de costos para sostenibilidad
Fuente: (Empresa de consultoria e inversiones Cabal SA 2014)

Metodología

En esta metodología se hace un análisis de los pasos a realizar en el diseño del sistema fotovoltaico para uso domiciliario, así como los criterios que se tienen que considerar para poder ser aplicados, contemplando las normas de diseño eléctrico y el dimensionamiento del sistema fotovoltaico residencial.

Breve descripción de cómo se realizará el diseño del sistema fotovoltaico:

1. El diseño del sistema fotovoltaico comienza cuando el ingeniero eléctrico visita el lugar para verificar la cantidad de equipos a suministrar energía.
2. Teniendo en cuenta la ubicación del proyecto es necesario determinar la problemática a resolver y ver cuál es la solución más viable al problema.
3. Desde ahí se comienza a realizar un estudio de capacidad de demanda en kwh de la vivienda.
4. Sería importante tomar en cuenta el consumo promedio en kwh del domicilio.
5. Teniendo esta información se puede empezar a determinar los dimensionamientos de: paneles solares, banco de baterías, sistema de control a utilizar etc.
6. Realizar el plano de la obra en AutoCAD para determinar el mejor diseño a implementar.
7. Elaborar un presupuesto de la obra para determinar la sostenibilidad de la misma.

Técnicas, Equipos y Herramientas empleadas

Teniendo en cuenta que para hacer cualquier estudio de investigación existen tres tipos y estas son:

- ✓ Conceptos generales sobre investigación
- ✓ Investigación documental
- ✓ Investigación de campo

De los anteriores en el presente estudio se aplican las dos últimas es decir la investigación documental con la cual se establece el marco contextual, marco teórico y la investigación de campo, entendiéndose ésta como:

“La que se realiza directamente en el medio donde se presenta el problema de estudio”.

Las técnicas para efectuar este tipo de investigación son varias como, la experimentación, levantamiento de datos por medio de cuestionarios, entrevistas y encuestas y por observación controlada.

Equipo y herramientas a emplear

- Computadora
- Impresora
- Memorias USB
- Software
- Internet
- Libros
- Manuales
- Otros

La recolección de datos

se efectúa directamente en el domicilio donde se realiza el levantamiento del consumo de carga para dimensionar el sistema.

Diagnóstico de la situación actual

Para recolección de información cuantitativa y cualitativa se debe implementar el método de observación directa mediante de todos los equipos instalados referente a iluminación y climatización, luego se procederá a sistematizar información relevante para lo cual se necesitará cámara fotográfica, se elaborará tabla describiendo el estado de cada equipo instalado divididos en tres categorías (equipos en mal estado que no están operando, equipos en buen estado operando, y equipos en operación que generan fallas, pero se siguen utilizando). Las cuales se describirán en el siguiente formato.

Formato estado de los equipos instalados					
Descripción del equipo	En mal estado sin operar	En buen estado operando	En mal estado operando	Demand a KW	Área de Ubicación
Iluminación x					
Iluminación Y					
Iluminación Z					
Aire acondicionado x btu					
Aire acondicionado y btu					

Tabla 4: Formato para levantamiento de equipos instalados

Fuente: Elaboración propia

se procederá a obtener la estimación de la demanda energética con respecto a la cantidad de dispositivos instalado e identificar las características de la oferta existente del servicio de sistema eléctrico de iluminación y climatización, así mismo identificar si la demanda está siendo cubierta por la oferta.

Para realizar una proyección de demanda del consumo energético necesitaremos saber el consumo energético de los últimos 7 semestre equivalente a los últimos 3 años, por tal razón se realizará un censo de carga de todos los dispositivos que estén conectados en la zona de lectura, hemeroteca y laboratorio de computación con la finalidad de estimar el consumo energético mensual.

Para el dimensionamiento adecuado de un sistema fotovoltaico se deben realizar las siguientes actividades fundamentales:

5. Sumar todas las potencias de los equipos a conectar, ya sea:
 - ❖ Iluminación
 - ❖ Radio, televisión
 - ❖ Refrigeración
 - ❖ Bombas para agua, consumo humano o riego
 6. Sumar los tiempos de funcionamiento de cada uno de los equipos conectados, a fin de calcular la energía diaria.
 7. Disponibilidad de irradiación solar diaria. Comúnmente cada país cuenta con un mapa solar. Tomar en cuenta que el sol es el combustible para este generador de electricidad.
 8. Posición del sitio a instalar, respecto al sol, tomando en cuenta una orientación óptima entre los 12 y 15 °C.
5. Cálculo de cada uno de los equipos que conforman el sistema fotovoltaico según nuestras necesidades de uso y operación.

(Empresa de consultoría e inversiones Cabal SA 2014)

Para realizar el cálculo se tomarán en cuenta parámetros como

- horas de operación de cada dispositivo
- Días del mes que está operando la biblioteca
- Cantidad de estudiantes que hacen uso de la Biblioteca mensualmente
- Cantidad de equipos conectados y demanda unitaria de cada equipo

Formato para levantamiento de datos del sistema de luminarias							
Ubicación	Tipos lamp	Cantidad	Luminarias	Demanda KW	Tiempo de operación/Días	Consumo Kwh	
Área 1							
Área 2							
Área 3							
Área 4							
Área 5							
Total							

Tabla 5: Formato para levantamiento sistema iluminación

Formato para levantamiento de datos del sistema de climatización						
Ubicación	Equipo BTU	Cantidad	Demanda unitaria KW	Demanda KW	Tiempo de operación/Días	Consumo Kwh
Área 1						
Área 2						
Área 3						
Área 4						
Área 5						
Total						

Tabla 6: Formato para levantamiento sistema climatización

Posteriormente se utilizará el programa SPSS statistics para obtener la proyección a futuro. En dicho programa se introducirán las tres variables, la dependiente la cual es la demanda (Consumo energético por semestre) y las dos independientes que corresponde a la cantidad de consumidores.

Datos Meteorológicos

A fin de poder determinar la disponibilidad de irradiación solar en el sitio, es necesario investigar los datos meteorológicos. De acuerdo a la posición geográfica del sitio respecto al Ecuador, se podrán obtener estos datos indicando la latitud y longitud.

Según nuestro cálculo de cargas en función de las horas sol, tendremos la siguiente información:

Carga Wh AC	
Horas pico de sol	
Potencia pico del arreglo	
Módulos totales	
Voltaje del sistema (DC)	
No. Módulos en serie	
No. Módulos en paralelo	

Tabla 7: Formato cálculo de módulos

Selección de un regulador de carga o controlador

El regulador de carga es un dispositivo que se encarga de proteger la batería.

Criterios de selección:

- ❖ Tensiones de batería compatibles (12, 24 y 48V).
- ❖ Corriente máxima de paneles.
- ❖ Corriente máxima que puede proporcionar a la carga.

(Empresa de consultoria e inversiones Cabal SA 2014)

Selección del inversor

Los inversores transforman la corriente continua de las baterías en corriente alterna compatible con los electrodomésticos de consumo. Se deben elegir teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- ❖ Máxima potencia que pueden suministrar en alterna.
- ❖ Tipo de cargas que van a alimentar. Algunos electrodomésticos son muy sensibles al tipo de onda que dan los inversores (cuadrada, semisenoidal, senoidal pura).
- ❖ Posibilidades del inversor de funcionar también como cargador de baterías.
- ❖ Presupuesto.
- ❖ Condiciones ambientales y de almacenamiento del equipo.

Cálculo de costos del sistema fotovoltaico diseñado

Los costos de un SFV están conformados por los costos de Inversión más los costos de operación y mantenimiento. Los costos de Inversión están compuestos por:

- ❖ Módulo fotovoltaico
- ❖ Batería
- ❖ Regulador
- ❖ Inversor DC/AC
- ❖ Componentes eléctricos
- ❖ Componentes mecánicos
- ❖ Transporte

Se estima que el costo del kWp instalado necesarios para la inversión inicial con tecnología fotovoltaica, es de aproximadamente 2,800 a 3,500 dólares. Este precio puede variar según condiciones de lugar debido al transporte. (Empresa de consultoria e inversiones Cabal SA 2014)

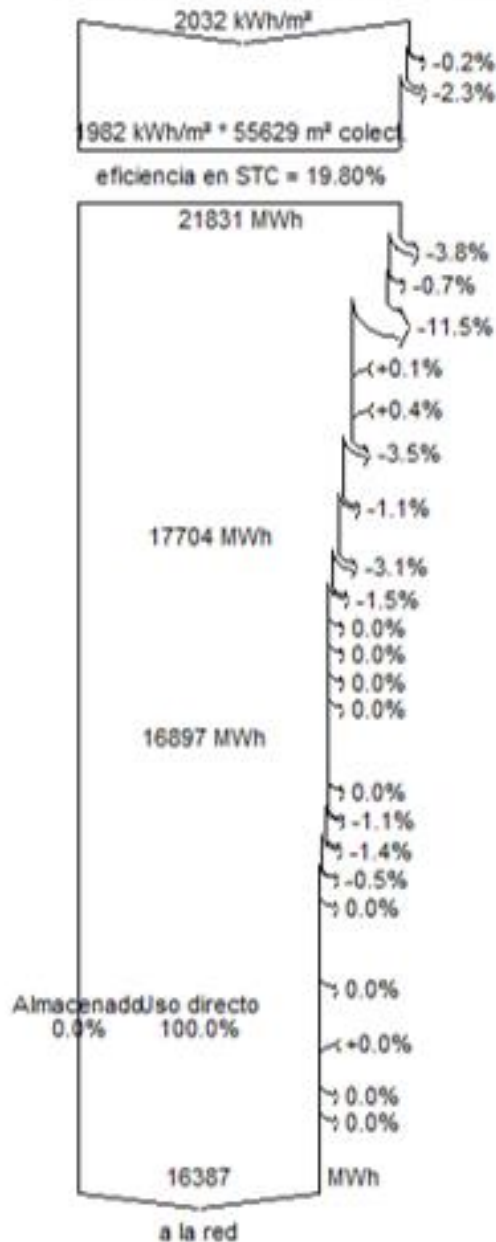
Costos asociados a la sostenibilidad

Por otra parte, para asegurar la sostenibilidad del proyecto se deben considerar los costos de gestión que están compuestos por la administración, operación y mantenimiento. En referencia la composición de la participación de costos a fin de garantizar la sostenibilidad del proyecto, tendremos lo siguiente:

Estructura de costos para sostenibilidad	
Costos de inversión	
Costos de administración	
Costos de operación y mantenimiento	

Tabla 8: Estructura de costos para sostenibilidad

Diagrama de pérdida para "Nueva variante de simulación" - año



Irradiación horizontal global

Global incidente plano receptor

Factor IAM en global

Irradiancia efectiva en colectores

Conversión FV

Conjunto de energía nominal (con

Pérdida de degradación módulos (por i

Pérdida FV debido al nivel de irradianci

Pérdida FV debido a la temperatura.

Corrección espectral

Pérdida calidad de módulo

Pérdidas de desajuste, módulos y cable

(incluyendo 1.4% para dispersión por

Pérdida óhmica del cableado

Energía virtual del conjunto en MPI

Pérdida del inversor durante la operaci

Pérdida del inversor sobre potencia inv

Pérdida del inversor debido a la corrien

Pérdida de inversor sobre voltaje inv. n

Pérdida del inversor debido al umbral d

Pérdida del inversor debido al umbral d

Energía disponible en la salida del

Pérdidas óhmicas CA

Pérdida de transfo de voltaje medio

Pérdida óhmica de línea MV

Pérdida de transfo de alto voltaje

Pérdida óhmica de línea AV

Batería IN, pérdida de cargador

Almacenamiento de batería

Pérdida global de la batería

(-1110.2% de la contribución de la bat

Batería OUT, pérdida del inversor

Energía no utilizada (batería llena o sob

Energía inyectada en la red

Tabla 9: Diagrama de perdidas

Resultados

Localización y Tamaño de la Planta

El área de desarrollo del proyecto se encuentra localizada con una Latitud de 12,3103073 y una Longitud 86,0355150. Por su localización geográfica se adecua para la instalación de un parque solar para generar 10 Mw.

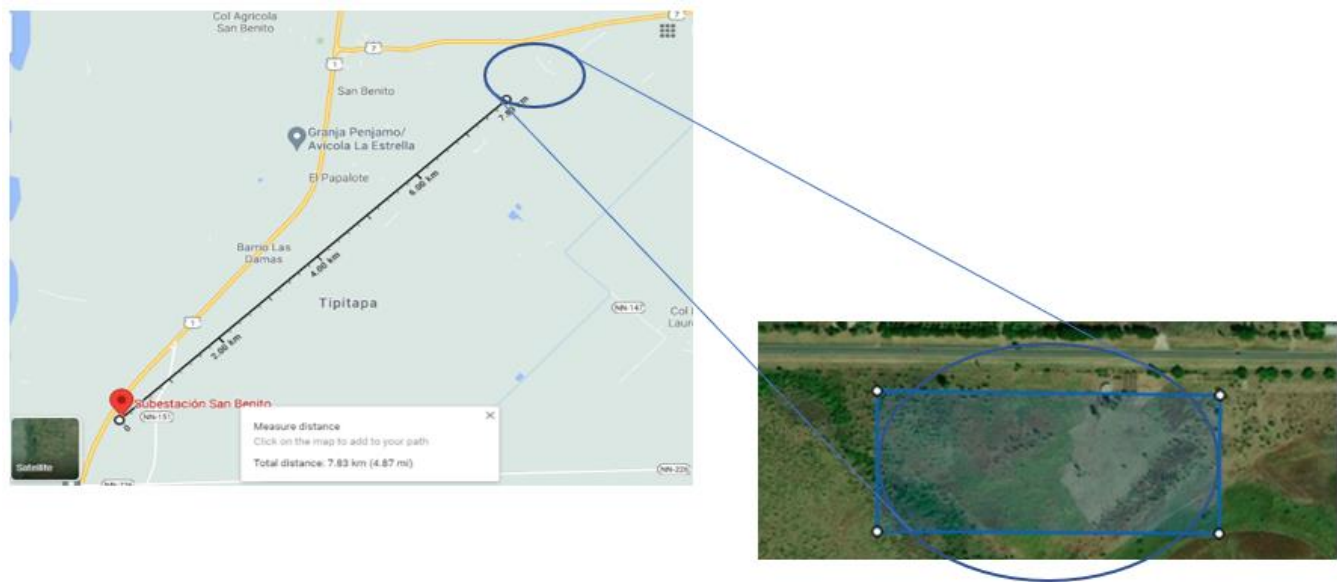


Figura 1: Localización del área

Sitio_geográfico	Situado	
Condega Nicaragua	Latitud	12.31°N
	Longitud	-86.04°W
	Altitud	69 m

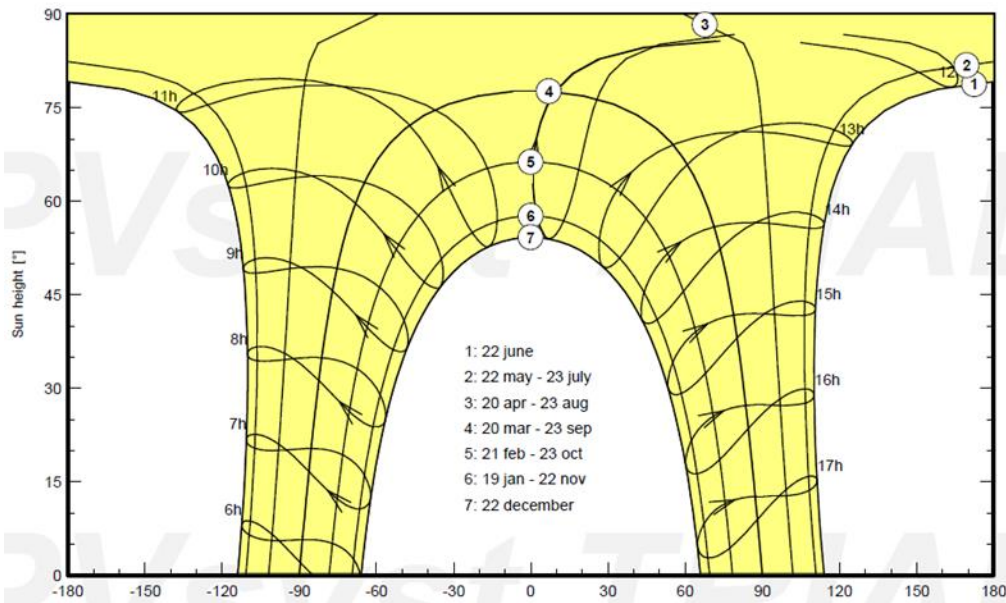
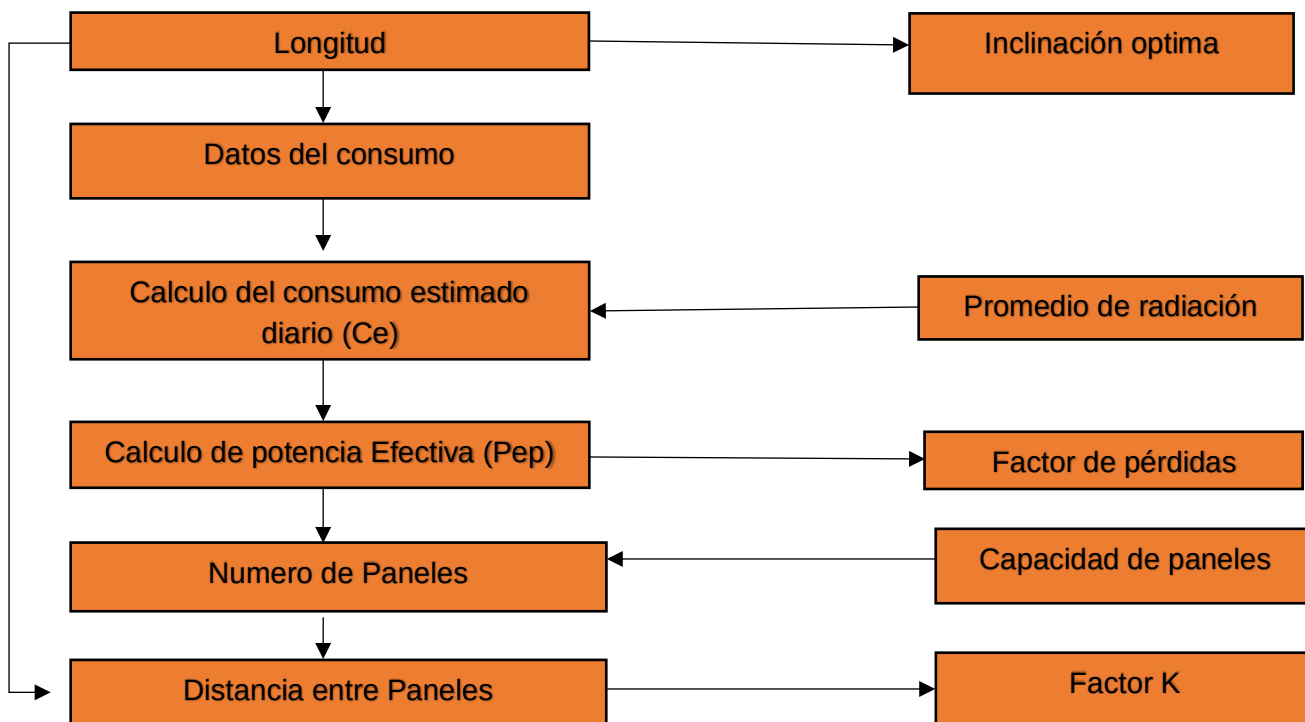


Figura 2: trayectoria de irradiación

El adecuado diseño de un sistema de generación fotovoltaico dependerá del correcto dimensionamiento de los elementos que componen y los factores que influyen en su funcionamiento. Principalmente el espacio disponible para general la mayor cantidad de energía eléctrica, aprovechando la máxima superficie y el tiempo de incidencia de la radiación solar en los módulos solares. En la siguiente figura se muestra el diagrama para el cálculo del dimensionamiento de los paneles solares.



El promedio anual de incidencia solar en Nicaragua está entre 4.5 y 5.5 Kwh / m2 por día (mapa de energía solar incidente diaria – SWERA -UNEP).

Sin embargo, durante los meses de febrero, mayo y agosto esta incidencia podría fluctuar entre 4.5 y 5 Kwh / m2. Por lo tanto, trabajaremos con el valor mínimo de 4.5 Kwh / m2 / día, para asegurar que durante los meses indicados el sistema fotovoltaico pueda siempre cubrir el total de la demanda.

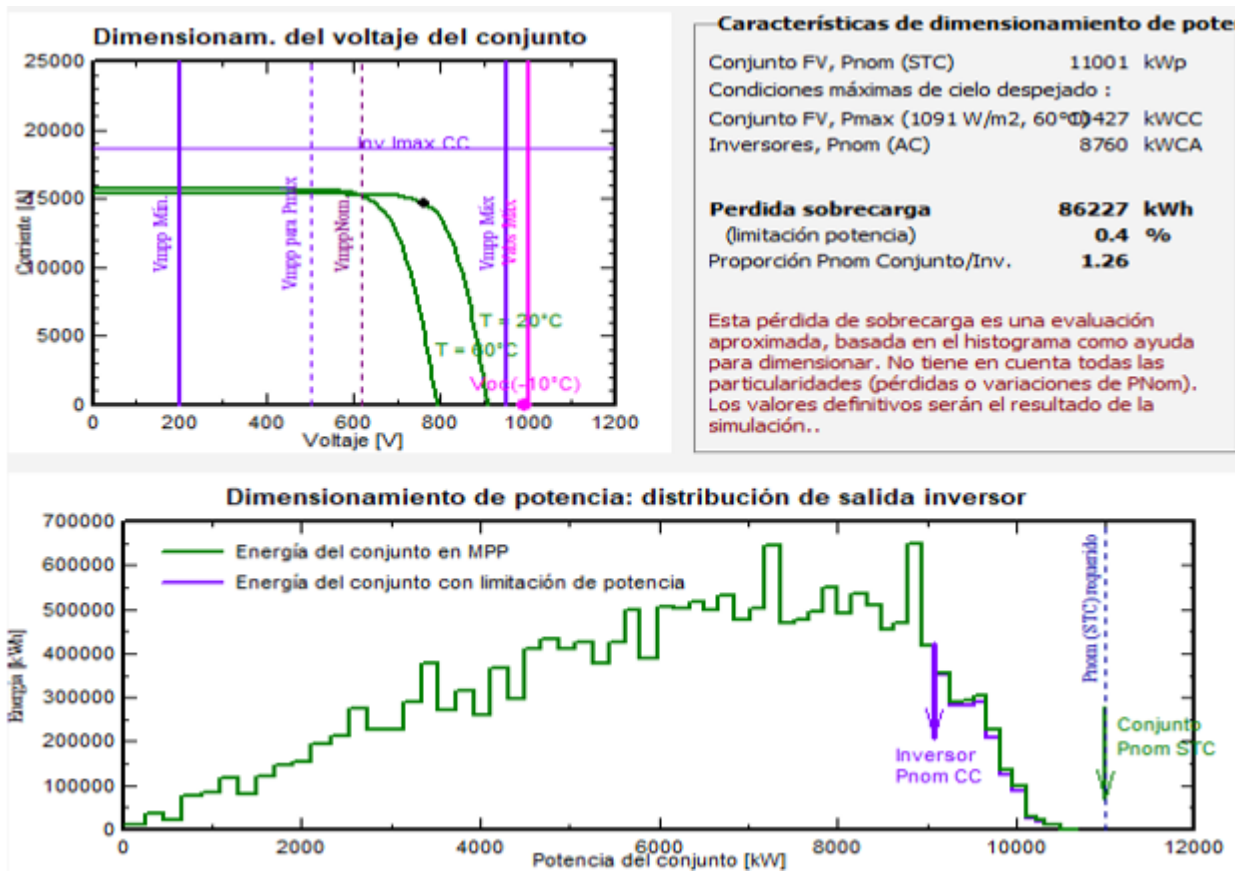


Figura 3: Condiciones de dimensionamiento de conjunto/Inversor

Dimensionamiento del Sistema

Cálculos del Proyecto

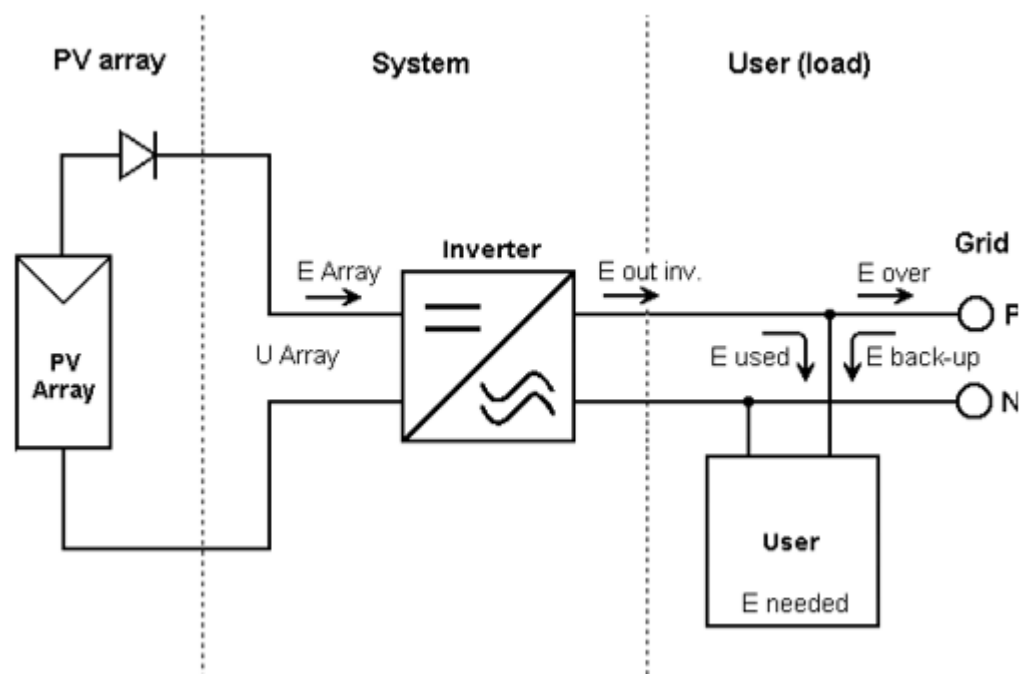


Figura 4: Esquema simplificado

Energía Consumida

Tipo de Consumo

Equipo

Cantidad Potencia (W) Horas de uso al día Energía (Wh/día)

Bujía Fluorescente

8

14

6

672

Abanico 12" 1 76 2 152

radio de 100w 1 100 3 300

Tv Pantalla plana 32"

750

Laptop PC 1 90 3 270

Refrigeradora 9 pies cubico

Wh/día 5344

Energía Total Kwh/día 5,35

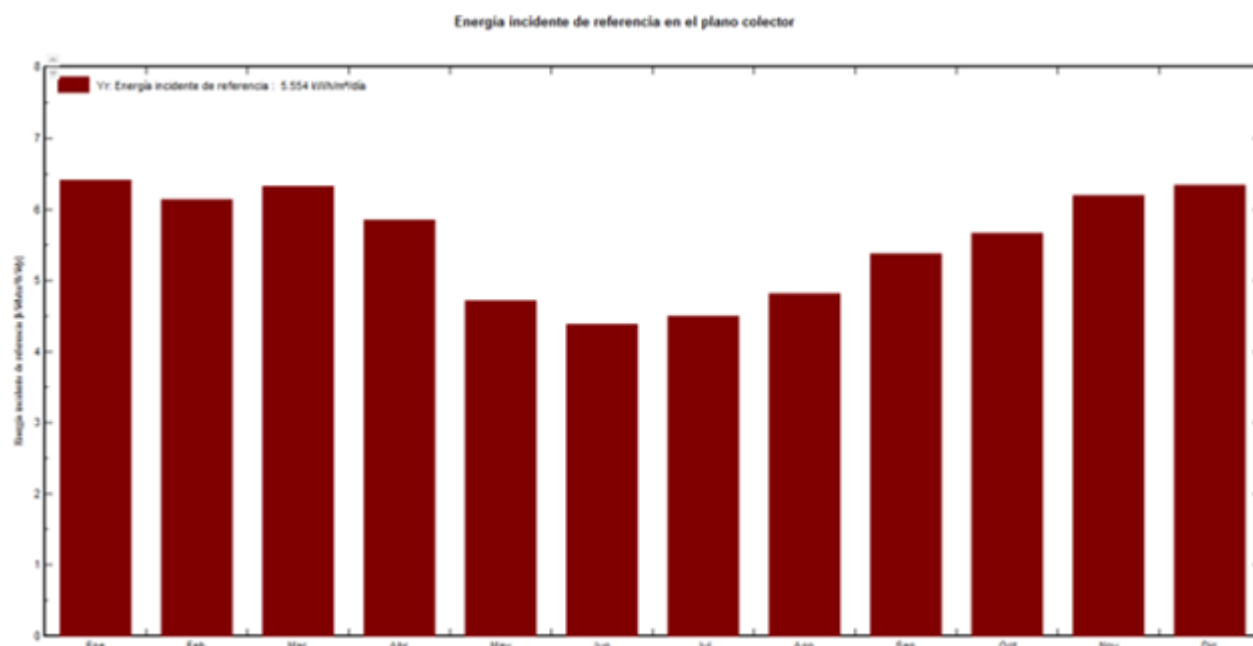


Figura 5: Energía de insidente de referencia en el plano colector

Ítem	Tipo de Consumo	Equipo	Cantidad	Potencia (W)	Horas de uso al día	Energía (Wh/día)
		Bujía	8	14	6	672

	Fluorescente				
	Abanico 12"	1	76	2	152
	radio de 100w	1	100	3	300
	Tv Pantalla plana 32"	1	125	6	750
	Laptop PC	1	90	3	270
	Refrigerador a 9 pies cubico	1	160	20	3200
				Wh/día	5344
				Kwh/día	5,35

Tabla 10: consumo de equipos

b) Cálculo del Arreglo Solar

$$M = \frac{E_c F_s}{I_M V_M H_p N_{Bat} N_{Inv}}$$

M = Número de módulos solares

Ec = Energía consumida diariamente por las cargas (Whr/día)

Fs = Factor de sobre dimensionamiento del Sistema (Se sobre dimensiona 10% a 20%

Fs = 1.1 a 1.2).

Im = Corriente del módulo solar (máxima insolación 1Kw/m²)

Vm = Voltaje promedio de operación del módulo solar (No confundirlo con el voltaje de baterías).

Hp = Radiación de la localidad en el mes de menor insolación expresada en horas máximas de insolación.

NInv. = Eficiencia del inversor CD/CA en caso de que el equipo opere en:

C.A. valores típicos 0.8 a 0.9

C.D. valor es de 1

NBat = Eficiencia de carga de la batería 0.87 a 0.9 "0.81"

$$M = \frac{E_c F_s}{I_M V_M H_p N_{Bat} N_{hrv}}$$

$$M = \frac{\left(\frac{5344 \text{Whr}}{\text{dia}} \right) (1.2)}{(6.93 \text{Amp})(28.9 \text{V})(4.84)(0.81)(0.9)}$$

M= 9.07 ≈ 10 Paneles

Por lo tanto se utilizarán 10 paneles de 150 Wp, con una tensión de 28.9V y una corriente de 6.93Amp.

Paneles Disponibles

No de Paneles

Tipo Potencia (Wp)

Costo US

US a invertir

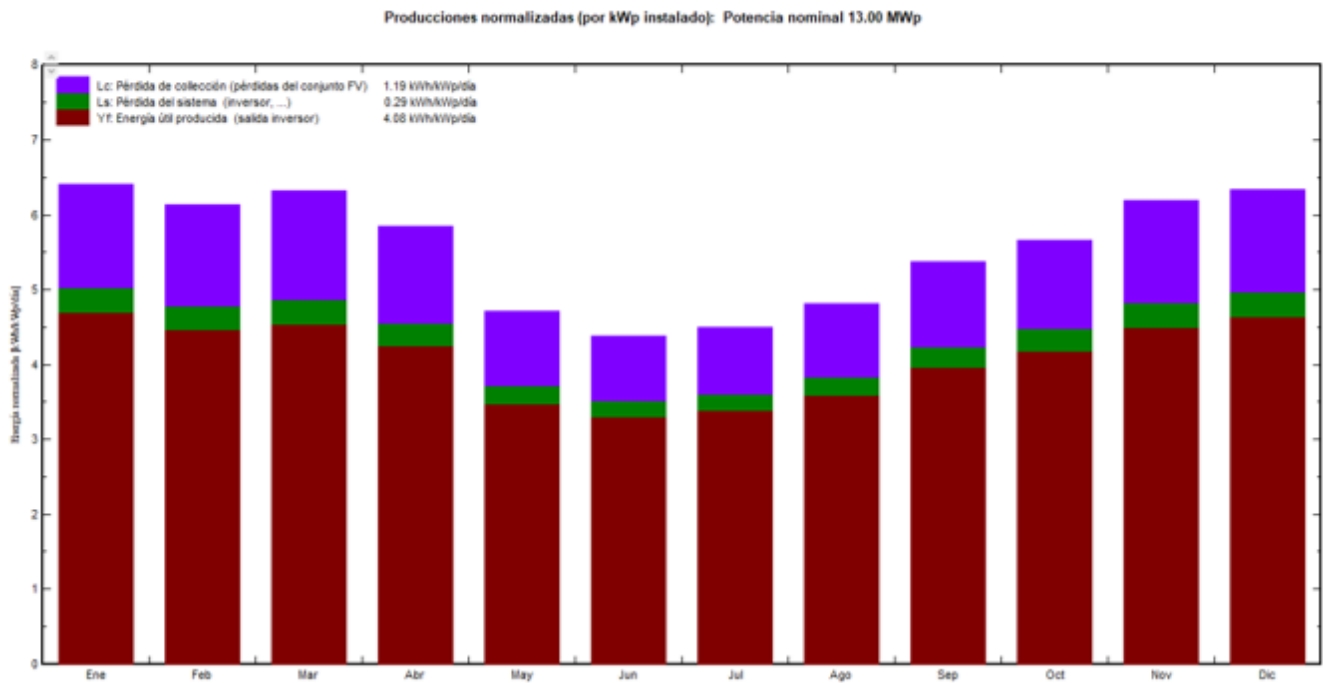


Figura 6: Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 13 MWp.

c) Cálculo del ángulo de inclinación y del ángulo de orientación

El ángulo de inclinación de los paneles fotovoltaicos, lo que se recomienda es que se utilice el valor de la latitud del lugar donde se encuentra localizado el proyecto al cual se le suma 5°

$$\angle_{INC} = \angle_{LAT} + 5^{\circ}$$

Por lo tanto asumiendo que el ángulo de inclinación en el que se deben de colocar los paneles solares orientados hacia el sur es de 25°

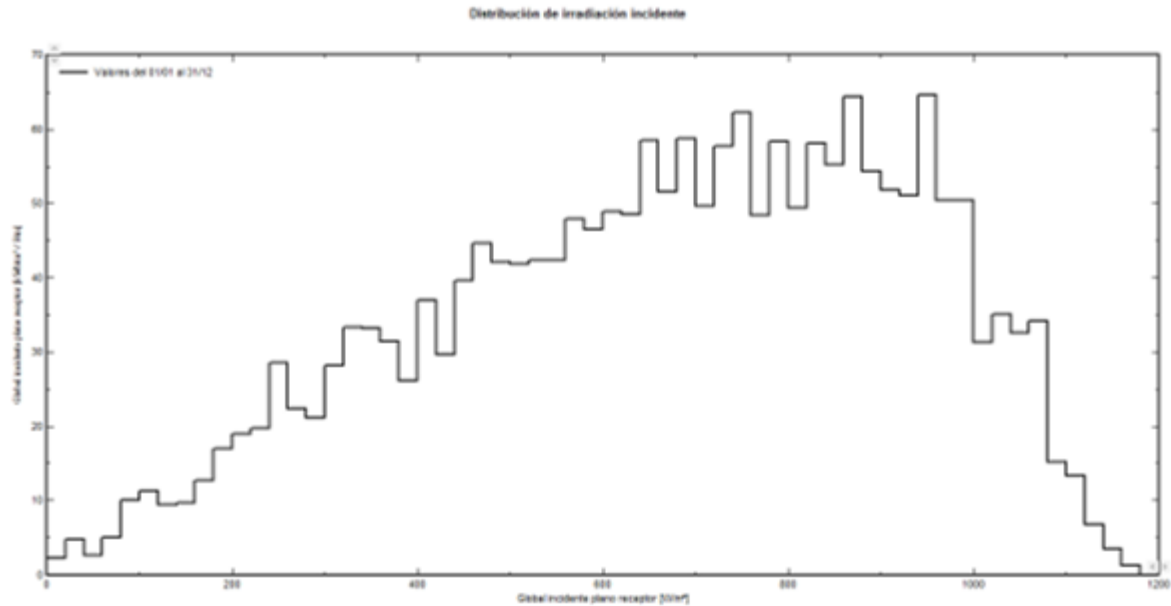


Figura 7: Distribucion de Irradiacion de incidente.

d) Cálculo del Banco de Baterías

$$C_B = \frac{A_U E_C}{V_B F_U F_1 N_{INV}}$$

CB = Capacidad del banco de baterías Ec= Energía consumida diariamente

Au = Autonomía deseada en el banco de baterías (días) varía entre 4 días con buena insolación y hasta 6 días para lugares nublados.

VB = Voltaje nominal al cual trabajará el banco de baterías.

FU = Fracción de la capacidad total de la batería que se usa para dar la autonomía de diseño del sistema evitando que las baterías se descarguen totalmente.

Fu = 0.5 baterías de placa delgada Fu = 0.8 baterías de placa gruesa

Fi = Factor de incremento de la capacidad de la batería respecto a su valor Nominal comercial como resultado de una razón (tiempo) de descarga.

Este valor varía desde 1.05 en baterías de placa delgada hasta 1.35 en baterías de placa gruesa tipo tabular.

$$C_B = \frac{A_U E_C}{V_B F_U F_1 N_{INV}}$$

$$M = \frac{(5 \text{ días})(5344 \text{ Whr})}{(12 \text{ V})(0.8)(1.35)(0.9)}$$

$$CB = (26720) / (11.664) = 2,290.8 \text{ Amp-hr}$$

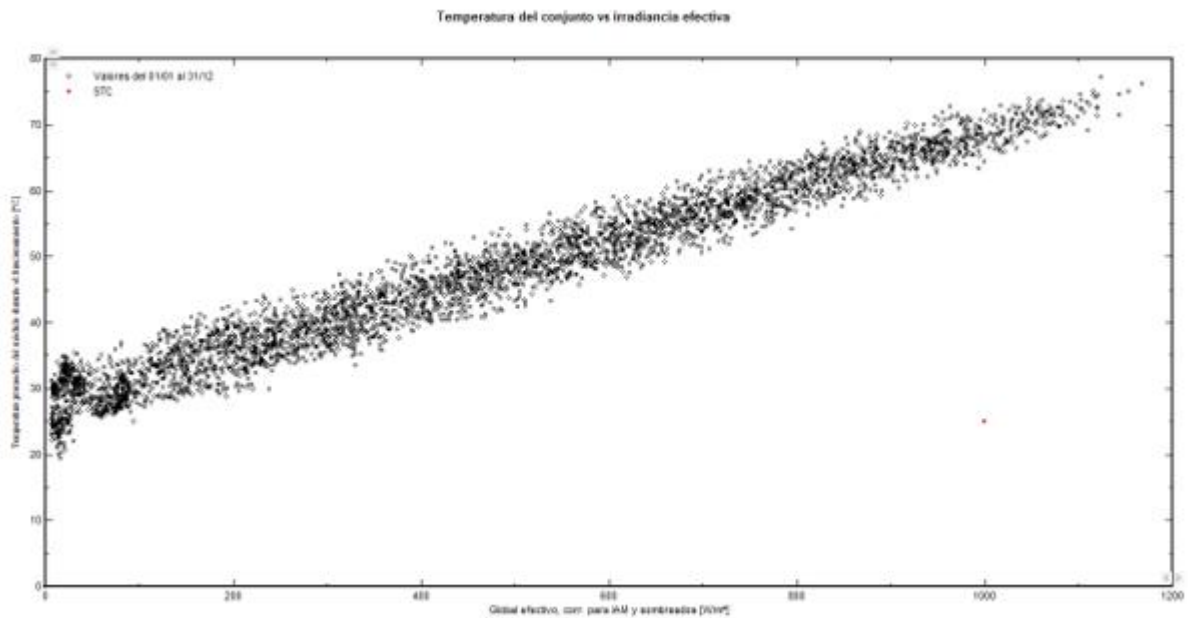


Figura 8: Temperatura del conjunto vs irradiación efectiva.

d) Cálculo del Número de Baterías

$$N_B = \frac{C_R}{C_B}$$

NB = Número de baterías que se necesitan

CR = Capacidad de energía requerida para funcionar en días nublados (Ah)

CB = Capacidad de la batería (Ah)

$$N_B = \frac{C_R}{C_B}$$

$$NB = (2,290.8 \text{ Ah}) / (150 \text{ Ah}) = 15.2$$

Potencia en baterías = (AUT x Ed) / (Rend x Descarga

Nro de Baterías = Tamaño (wh) / (Ah x V)

Dónde:

AUT Autonomía (días sin brillo solar) 2

Ed Consumo de electricidad

(kwh/día)

5,35

Rend Eficiencia de la Batería 80%

Descarga Descarga máxima de la Batería 50%

Ah Capacidad total de la Batería 150

e) Cálculo del Controlador de Carga

$I_{\max} = I_{SC} \times N_p$

$I_{\max} = (7.68A) \times (3 \text{ paneles})$

$I_{\max} = 23.04 \text{ A}$

f) Especificación del Inversor

$$\text{INV} = W1 + W2 + W3 + W4 + W5 + W6$$

INV = Potencia del Inversor (W)

W = Potencia de cada una de las cargas (W)

$$\text{INV} = W1 + W2 + W3 + W4 + W5 + W6$$

$$\text{INV} = 14 \times (8) + 76 + 100 + 125 + 90 + 160$$

$$\text{INV} = 663 \text{ w}$$

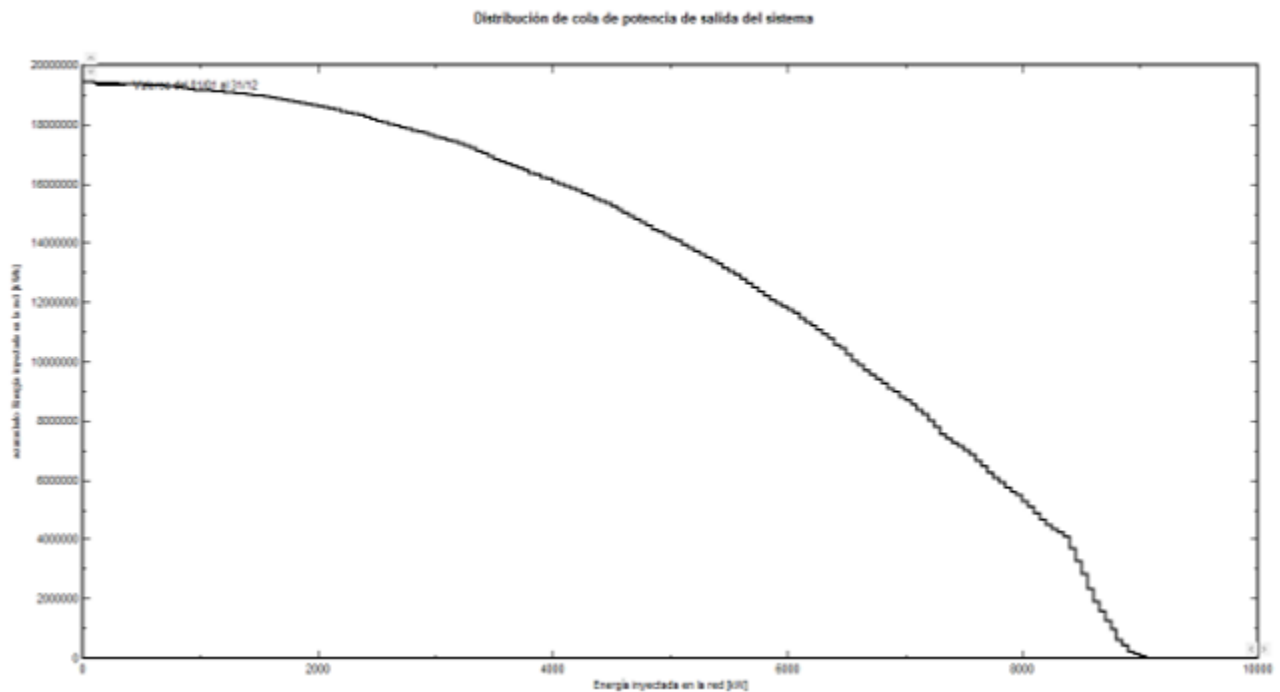


Figura 9: Distribución de cola de potencia de salida del sistema.

g) Cálculo el calibre de los conductores de la instalación fotovoltaica

$$A = 2\rho l / \Delta E$$

A= Es el área del conductor

ρ = Resistividad del cobre $0.01785 \Omega \text{mm}^2/\text{m}$

I = Corriente del conductor

l = Longitud del conductor

ΔE = Caída de tensión (V)

$e\%$ = Caída de tensión (%) no mayor del 3%

V = Tensión (V)

0.85 = Factor de ajuste para conductores expuestos a la radiación solar.

Entre el panel y el controlador de carga

$$A = 2\rho l / \Delta E$$

Cálculo del ΔE

$$\Delta E = Ve\% / 100\%$$

$$\Delta E = (28.9) \times (3\%) / 100\%$$

$$\Delta E = 0.867$$

Sustituimos ΔE en la ecuación 1

$$A = 2(0.01785)(6.93)(3)(0.85)(10) / (0.867 \text{ V}) A = 7.27 \text{ mm}^2$$

El calibre del conductor THW que le corresponde es del 6 AWG.

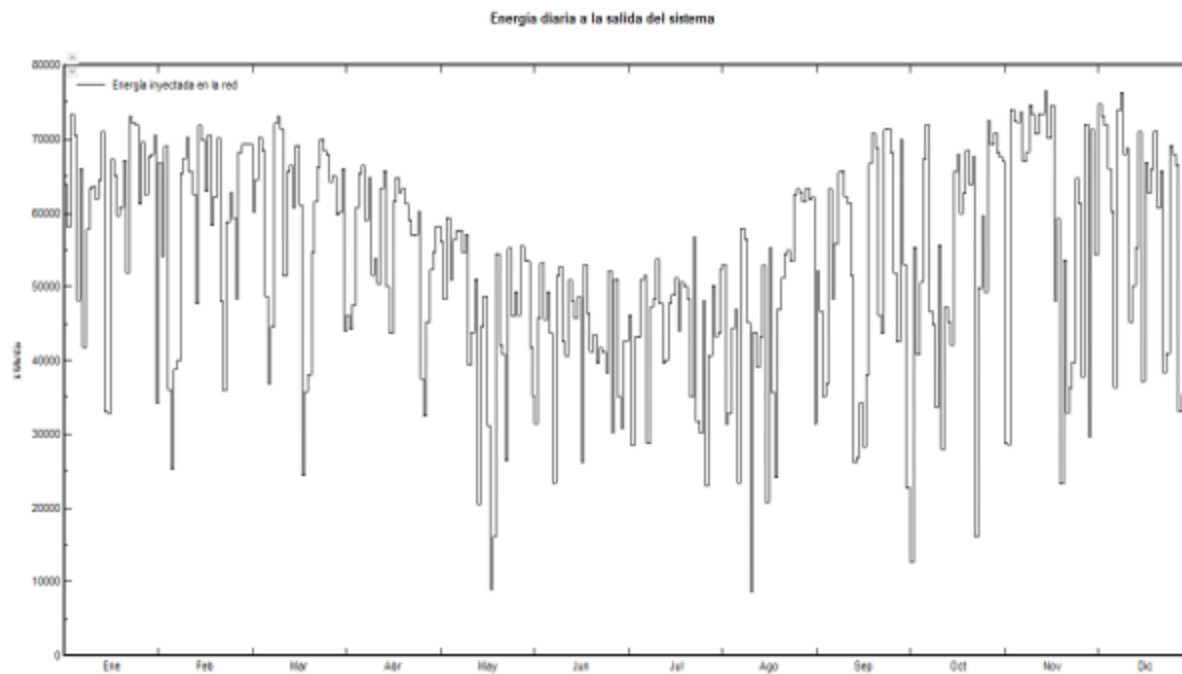


Figura 10: Energía diaria a la salida del sistema.

Entre el controlador de carga y las baterías

$$\Delta E = V_e\% / 100\%$$

$$\Delta E = (28.9) \times (1\%) / 100\%$$

$$\Delta E = 0.289 \text{ V}$$

$$A = 2\rho l / \Delta E$$

$A = 6.54 \text{ mm}^2$ Por lo tanto el calibre del conductor THW es del 8 AWG

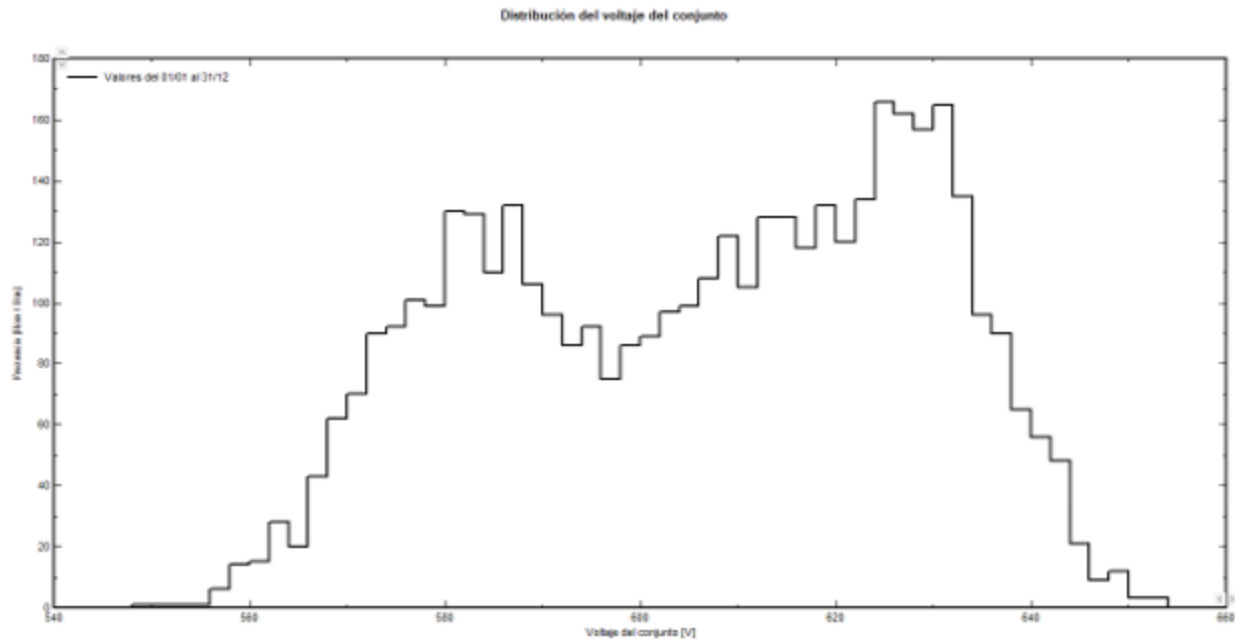


Figura 11: Distribucion del voltaje del conjunto.

Entre el controlador de carga y el inversor

$$\Delta E = V_e\% / 100\%$$

$$\Delta E = (28.9) \times (1\%) / 100\%$$

$$\Delta E = 0.289 \text{ V}$$

$$A = 2\rho l / \Delta E$$

$$A = 2 (0.01785)(6.93)(3)(0.85)(3) / (0.289)$$

$A = 6.54 \text{ mm}^2$ Por lo tanto el calibre del conductor THW es del 8 AWG

Entre el inversor y el Interruptor termomagnético

$$I = P / V \cos \theta$$

$$I = 800w / (220) (0.95)$$

I = 3.82 Amp Por lo tanto el calibre del conductor THW es del 12 AWG

$$e\% = 2Pl / \rho VS$$

e% = caída de tensión %

P = Potencia total considerada (W) ℓ = longitud de la línea (m)

V= Tensión nominal (220 v)

S= sección en m²

σ = Resistividad del conductor (0.01785 Ω mm² / m)

ρ = conductividad del cobre

$$\rho = 1/\sigma = 1/0.01785 = 56$$

$$e\% = 2Pl / \rho VS$$

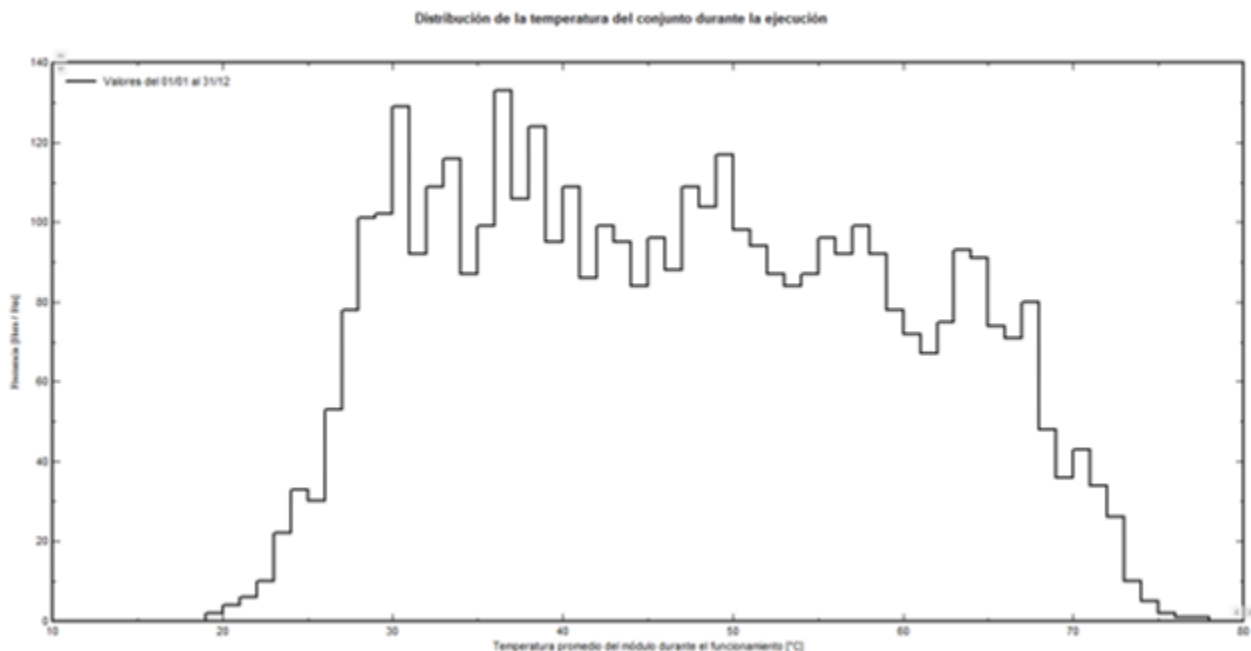


Figura 12: Distribución de la temperatura del conjunto durante la ejecución

Despejando “S” nos queda de la siguiente fórmula.

$$S = 2Pl / \rho V e\%$$

$$S = (2)(800W)(3) / (56)(220)^2 (0.5)$$

$$S = 0.35 \text{ mm}^2$$

Por normas se considera que se use del 12 AWG.

$$\Delta E = V e\% / 100\%$$

$$\Delta E = (220)(0.5\%) / 100\%$$

$$\Delta E = 1.1 \text{ V}$$

$$A = 2\rho l / \Delta E$$

$$A = 2(0.01785)(3.03A)(3) / 1.1 \text{ A} = 0.29 \text{ mm}$$

Ambos cálculos el calibre del conductor es el mismo que es del calibre 12 AWG.

Evaluación de costo del proyecto

En este capítulo se presentan los costos de cada uno de los elementos que constituyen un sistema fotovoltaico, (panel solar, baterías, inversor y controlador de carga) a través de diferentes proveedores que venden este tipo de equipo.

Panel Solar

Panel solar CSI (Canadian Solar Inc.) de 200W para aplicaciones de mayor tamaño principalmente interconectadas a la red eléctrica. El módulo Serie CS6P es robusto con 60 celdas. Estos módulos pueden ser utilizados para energía solar en aplicaciones de la red. Nuestro meticuloso diseño y técnicas de producción garantizan un alto rendimiento.

a largo plazo de cada módulo producido. Nuestro riguroso control de calidad y las pruebas en nuestras instalaciones de Canadian Solar garantizan los más altos estándares de calidad posible.

Características

Marco fuerte, pasando la prueba de carga mecánica 5400Pa, en lugar de las normales 2400Pa, para soportar la carga más pesada de nieve y vientos superiores

Líderes en la industria de energía tolerancia: $\pm 5 \text{ W}$ ($\pm 2,5\%$)

25 años de garantía de rendimiento

El primer fabricante en la industria de fotovoltaica en la aplicación de la norma ISOTS 16949 (Sistemas de Administración de Calidad Automotriz) en la producción de módulos.

La batería CA-LE SOLAR es libre de mantenimiento para aplicaciones de ciclo profundo. Diseñadas específicamente para aplicaciones de almacenamiento de energía.

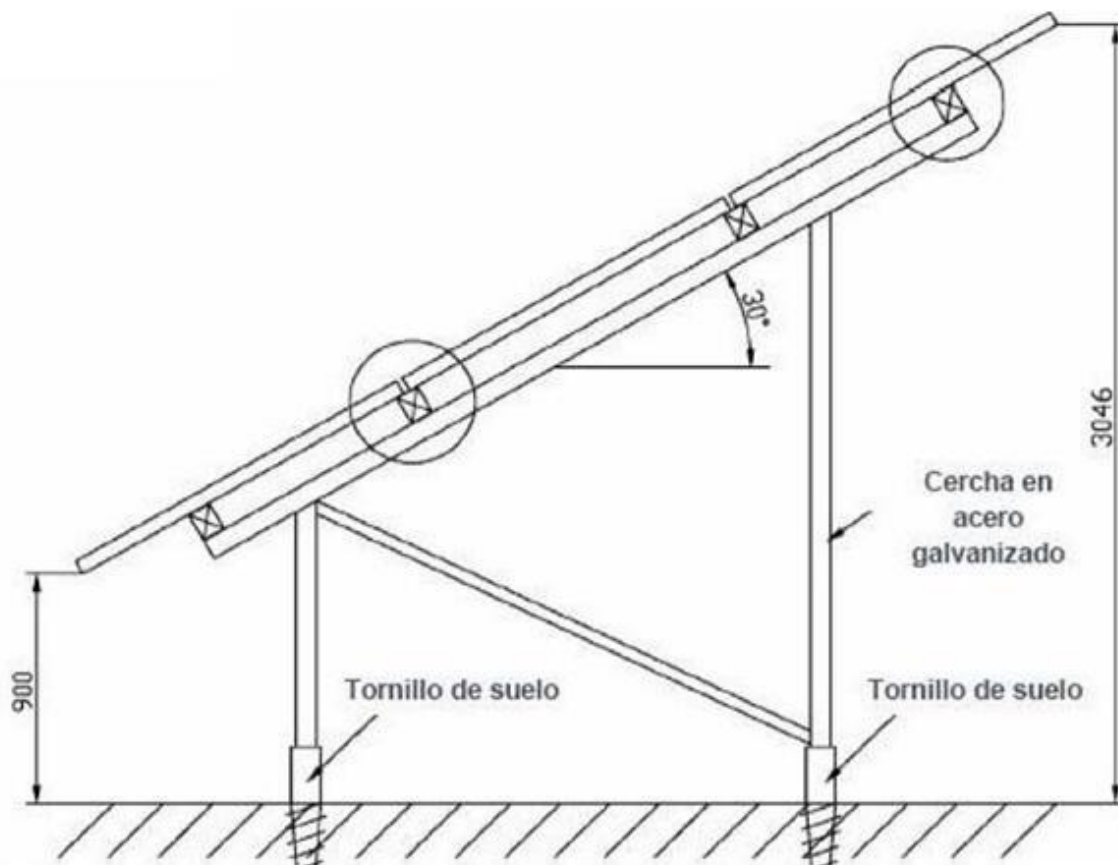


Figura 13: Vista preliminar de estructura

Información general

La orientación de la batería es hacia arriba. Las baterías pueden ser conectadas en serie y paralelo para obtener el voltaje y la intensidad de los requerimientos de descarga.

El ciclo de vida depende de los parámetros de carga. (CA-LE puede proporcionar asistencia). La carga de igualación puede ser necesaria en intervalos mensuales si la intensidad de descarga es mayor que el 40 %. Las baterías deben ser protegidas del calor excesivo.

Panel solar CSI (Canadian Solar Inc.) de 200W para aplicaciones de mayor tamaño principalmente interconectadas a la red eléctrica. El módulo Serie CS6P es robusto con 60 celdas. Estos módulos pueden ser utilizados para energía solar en aplicaciones de la red. Nuestro meticuloso diseño y técnicas de producción garantizan un alto rendimiento.

Características

- Plomo calcio en parrilla positiva y negativa.
- Placas 13 % más gruesas que dan una mejor resistencia al ciclado.
- Pasta positiva de alta densidad para alargar la durabilidad.
- Parrillas de metal expandido 11 % más gruesas, forjadas en frío.
- Placas encapsuladas con separador de polietileno.
- 430 cc de reserva de electrolito por celda.
- Caja y tapa de polipropileno de alto impacto.
- Arrestador de flama para seguridad.
- Terminales roscadas de 3/8" de acero inoxidable. Especificaciones de la batería
- Voltaje nominal: 12 V
- Largo: 330.2 mm (13.0")
- Ancho: 172 mm (6.8")
- Altura: 217.8 mm (8.6")
- Altura total: 240.3 mm (9.5")
- Peso: 27.3 Kg. (60.2 lbs)
- Capacidad: 115 AH a 100 horas de descarga
- Número de Placas: 17

Parámetros del controlador de carga

- Fijación del punto de regularización (VR) 14.5 V +/- .2
- El voltaje máximo que el controlador permite alcanzar a la batería.
- Histéresis de regularización (VHR) 13.5 V
- Capacidad: 800 W

Gabinete de plástico profesional para 1 batería, resistente a la corrosión, con salidas de ventilación, salida de cableado, cinto de seguridad, contención de derrames y agarraderas. Garantía de 10 años. Inversor de corriente de 800 watts de potencia continua y 1.500 watts máximo instantáneo. Cuenta con botón de encendido, luces indicadoras de encendido y falla y cables de conexión a batería. El inversor HP 600 tiene una corriente en espera baja (menor a 0.5 amperes) que ahorra energía al estar en vacío, así como una eficiencia superior al 85 % permitiendo obtener el máximo rendimiento de energía de su sistema.

Datos técnicos de HP600-TD-MEX-0510

El inversor HP 800 cuenta también con alarma audible de advertencia de batería baja, sobre temperatura y sobrecarga. Se pueden conectar los siguientes aparatos al inversor HP 600 o cualquier otro que sea de un rango de potencia de hasta 600 watts.

Potencia de salida 600 W de potencia continua/1,500 W de potencia máxima
Corriente en espera < 0,5 A @12 VDC
Voltaje de entrada 10V~15 VDC
Voltaje de salida 120 VCA
Forma de onda de salida
Onda sinusoidal modificada en ancho de pulso

- Eficiencia Superior al 85 %
Auto revisión de encendido
Función que auto detecta algún error en batería
- Regulación de voltaje de salida $\pm 5\%$ AVR Inteligente
- Frecuencia de salida 60 Hz
Controlado por cristal
Enfriamiento Ventilador con operación automática

Potencia de salida 600 W de potencia continua/1,500 W de potencia máxima
Corriente en espera < 0,5 A @12 VDC
Voltaje de entrada 10V~15 VDC
Voltaje de salida 120 VCA
Forma de onda de salida
Onda sinusoidal modificada en ancho de pulso

Protecciones:

- Salida Protección de cortocircuito a la salida
- Batería baja $< 10.5 \text{ V} \pm 0.5 \text{ V}$ (pre-alarma), $< 9.5 \text{ V} \pm 0.5 \text{ V}$ (alarma de apagado) Sobre temperatura $> 60 \text{ }^{\circ}\text{C}$ con pre-alarma, $> 65 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 4
- Apagado con alarma Sobrecarga $> 650 \text{ W}$ (pre-alarma), $> 700 \text{ W}$ Apagado con alarma
- Protección contra inversión de polaridad Mediante fusible
- Fusible 12 VCD: 25A x 3 Piezas.
- Dimensiones (L x A x A) 190 x 113 x 62 mm REGULADOR DE CARGA
- El regulador solar de rango medio Pro Star de Morningstar ha demostrado, a lo largo de los años, ser un producto muy conveniente para aplicaciones domésticas y profesionales

Características del producto

- Versiones disponibles: 15 o 30 A 12/24 V, o 15 A 48 V
- Tensión de regulación 14.15 V
- Vida útil estimada de 15 años
- Carga de la batería por PWM (modulación de la anchura del pulso)
- Compensación de temperatura
- Selección de batería: gel, sellada o de plomo ácido
- Control y medición de alta precisión
- Jumper para eliminar el ruido de telecomunicación
- Conexión en paralelo hasta 300 A

Cables de conexión

Los cables de conexión para instalar el sistema fotovoltaico son del Protoduro TIPO TSJ, el cual es para intemperie.

- Cable AWG-TSJ del calibre 8 de 100m
- Cable AWG-TSJ del calibre 12 de 100m
- Interruptor Termo magnético
- Switch para fusibles 30A

Selección de conductores

Cone xión	Potencia Max a conducir (Watts)	Ten sión (Vol ts)	Corri ente (Amp)	Amp	sec mm2
Del panel al controlador	14 26	24	59,42	70	16
De la batería al controlador	14 8	24	6,17	70	16
De la batería al Inversor	49 5	24	20,63	30	4
Del controlador al tablero	14 8	24	6,17	15	1,5
Del inversor al tablero	49 5	220	2,25	15	1,5

Tabla 11: selección de conductor

Presupuesto del Proyecto

10 paneles Sunlink 150 Watt PV Module BP Solar ,en arreglo serie-paralelo	2800
16 baterías Trojan J150, en arreglo serie-paralelo	1620
Controlador Trace C60 -24V	215
Inversor 24 DC -220 AC / 60HZ / 500W	400
20 mts cable bipolar flexible de 16 mm2 de sección (incluye conexiones entre baterías y entre paneles)	60
10 mts cable bipolar flexible de 4 mm2 de sección)	15
20 mts cable bipolar flexible de 1.5 mm2 de sección	30
Servicio de mano de obra de Instalación	250
	5390

Tabla 12: presupuesto del proyecto

Conclusiones

- La presente tesis presenta una propuesta para abastecer de energía utilizando el recurso solar fotovoltaico de la zona, para lo cual inicialmente se realizó un diagnóstico de la situación actual referente se determinó el tipo de consumo, cantidad poblacional y disponibilidad del recurso en la zona, posteriormente de acuerdo al diagnóstico realizado se presentó una propuesta del diseño solar fotovoltaico aislado, sin conexión a la red debido a la distancia a recorrer para la conexión , para finalizar se analizaron los costos para garantizar la sostenibilidad
- En el desarrollo del presente trabajo se generaron gráficos y tablas de mucha importancia ya que en ellos se refleja información de datos obtenidos tanto del consumo en la etapa de diagnóstico como de proyección y selección de cada uno de los componentes en la etapa de resultados.
- Para finalizar se presentan los costos, pero no se profundiza en ello ya que solamente se presentan los costos de manera general y la tabla de estados de resultados se consideraría para una siguiente propuesta o darle seguimiento a la investigación realizada.
- El período de recuperación se estima en 10 años aproximadamente, esto significa a corto plazo una rentabilidad enorme si consideramos que estamos ahorrando y energía, pero además contribuimos a la reducción del calentamiento global. Cabe aclarar que debido a las investigaciones realizadas cada día se está mejorando.
- El diseño del sistema fotovoltaico para uso domiciliario promoverá en este subsistema una nueva cultura de eficiencia y ahorro energético a través del uso de fuentes renovables que contribuyan a mejorar las condiciones de familias urbana y posteriormente se puede hacer extensivo a la zona rural tal y como lo establece la reforma energética en la se menciona que es de utilidad pública el uso de las tecnologías limpias y además promoverá la eficiencia y sustentabilidad energética.

- El diseño este sistema con nuevas tecnologías en los domicilios seguirá el mismo patrón de instalación ya que los proyectos ejecutados por el MEN fueron construidos bajo un mismo esquema arquitectónico, solo varía por los lugares de la instalación.
- Otro factor importante en este rubro energético es que los recursos que se utilizaban anteriormente para pago del consumo eléctrico serán destinados para promover actividades recreativas de la familia y que contribuyan a una mejor formación ya que a través del diagnóstico energético.

Bibliografía

- Asamblea Nacional de Nicaragua, Publicado en la gaceta. *Ley general de higiene y seguridad del trabajo*. Managua: Repositorio Asamblea Nacional, 19 de Abril del 2007.
- Bratu Campero, N bratu y E. *Instalaciones Electricas, Conceptos Basicos y Diseño*. Mexico: .., 1995.
- Campero, N. Bratu. *Instalaciones Electricas, Conceptos basicos diseños*. s.f.
- Empresa de consultoria e inversiones Cabal SA, Desirée Elizondo. *Guia de buenas practicas proyectos fotovoltaicos*. Managua, Nicaragua: Cabal SA, 2014.
- Flore, Lennin Cardenas y Julio. *Auditoria Electrica en los edificios de postgrado (UNI-DEPEC), Edificio de la Biblioteca Esman Marin y Edificio de Estudios Superiores (IES) Ubicado en el costado Norte de la Universidad Nacional de Ingenieria (Recinto Universitario Simon Bolivar)*. Managua: Repositorio UNI, 2010.
- Ivania Portocarrero Argüello, Róger Vega Rodríguez. *Metodología de Preinversión para Proyectos de Energía*. Managua, Nicaragua: Ministerio de Hacienda y Crédito Público, Dirección General de Inversiones Públicas., 2015.
- Nicaragua, Repositorio. *Codigo de las Instalaciones Electricas de Nicaragua*. Managua: CIEN, 2000.
- Rodriguez, Ivannia Portocarrero y Roger Vega. *Metodologia general para la preparacion y evaluacion de proyectos de inversion publica*. Managua: SNIP, 2010.
- Sampieri, Roberto Hernandez. *Metodologia de la investigacion Cientifica*. Mexico: McGraHill, 2001.
- Sanchez, Ernesto Budia. *Analisis energetico en el sector industrial Universidad Carlos*. Madrid: Carlos III McGrawHill, 2000.

Anexos I

Inverter - TRIO-27_6-TL-OUTD-S1-US			
Manufacturer	Generic	Commercial data	
Model	TRIO-27_6-TL-OUTD-S1-US	Availability :	Prod. Since 2012
		Data source :	Manufacturer 2017
		Remarks	
		Technología: IGBT, Transformerless, requires floating array	
		Protección: IP 65 - NEMA 4X	
		Control: LCD 2 lines, RS485	
		480V, 3Ø/4W grid connection	
		S1A switchbox option has DC switch, two 4x1 string combiners (allows connection of up to 8 strings)	
		See datasheet for other	
		Sizes	
		Width	702 mm
		Height	1061 mm
		Depth	292 mm
		Weight	75.00 kg
Input characteristics (PV array side)			
Operating mode	MPPT		
Minimum MPP Voltage (Vmin)	200 V	Power Threshold (Pthresh.)	140 W
Maximum MPP Voltage (Vmax)	950 V		
Absolute max. PV Voltage (Vmax array)	1000 V		
Min. Voltage for PNom (Vmin@PNom)	500 V		
"String" Inverter with input protections		Multi MPPT capability	
Number of string inputs	8	Number of MPPT inputs	2
Behaviour at Vmin/Vmax	Limitation		
Behaviour at Pnom	Limitation		
Output characteristics (AC grid side)			
Grid voltage (Imax)	Triphased 480 V	Nominal AC Power (Pnom AC)	30 kWac
Grid frequency	60 Hz	Maximum AC Power (Pmax AC)	30 kWac
		Nominal AC current (Inom AC)	24 A
		Maximum AC current (Imax AC)	36 A
Efficiency defined for 3 voltages			
		Maximum efficiency	European average efficiency
	V	%	%
Low voltage	520	97.0	96.3
Medium voltage	715	97.3	96.7
High voltage	800	97.3	96.7
Remarks and Technical features			
Array ISC current at STC should be lower than Max. input current, This is a contractual requirement of the manufacturer.		Array Isolation monitoring	
		Internal DC switch	
		Internal AC switch	
		Output Voltage disconnect adjustment	

Figura 14: Hoja técnica del inversor

Anexo II

PV module - Mono 440 Wp Twin 144 half-cells

Manufacturer	Generic	Commercial data	
Model	Mono 440 Wp Twin 144 half-cells	Availability :	Prod. Since 2020
		Data source :	Typical
Pnom STC power (manufacturer)	440 Wp	Technology	Si-mono
Module size (W x L)	1.052 x 2.115 m ²	Rough module area (Amodule)	2.22 m ²
Number of cells	2 x 72	Sensitive area (cells) (Acells)	1.99 m ²
Specifications for the model (manufacturer or measurement data)			
Reference temperature (TRef)	25 °C	Reference irradiance (GRef)	1000 W/m ²
Open circuit voltage (Voc)	49.7 V	Short-circuit current (Isc)	11.10 A
Max. power point voltage (Vmpp)	41.1 V	Max. power point current (Impp)	10.70 A
=> maximum power (Pmpp)	439.8 W	Isc temperature coefficient (mulsc)	6.3 mA/°C
One-diode model parameters			
Shunt resistance (Rshunt)	1000 Ω	Diode saturation current (IoRef)	0.014 nA
Serie resistance (Rserie)	0.22 Ω	Voc temp. coefficient (MuVoc)	-159 mV/°C
Specified Pmax temper. coeff. (muPMaxR)	-0.37 %/°C	Diode quality factor (Gamma)	0.98
		Diode factor temper. coeff. (muGamma)	-0.001 1/°C
Reverse Bias Parameters, for use in behaviour of PV arrays under partial shadings or mismatch			
Reverse characteristics (dark) (BRev)	3.20 mA/V ²	(quadratic factor (per cell))	
Number of by-pass diodes per module	3	Direct voltage of by-pass diodes	-0.7 V
Model results for standard conditions (STC: T=25 °C, G=1000 W/m², AM=1.5)			
Max. power point voltage (Vmpp)	41.6 V	Max. power point current (Impp)	10.65 A
Maximum power (Pmpp)	440.6 Wp	Power temper. coefficient (muPmpp)	-0.37 %/°C
Efficiency(/ Module area) (Eff_mod)	19.8 %	Fill factor (FF)	0.799
Efficiency(/ Cells area) (Eff_cells)	22.2 %		

Figura 15: Hoja técnica del panel fotovoltaico

Anexo III

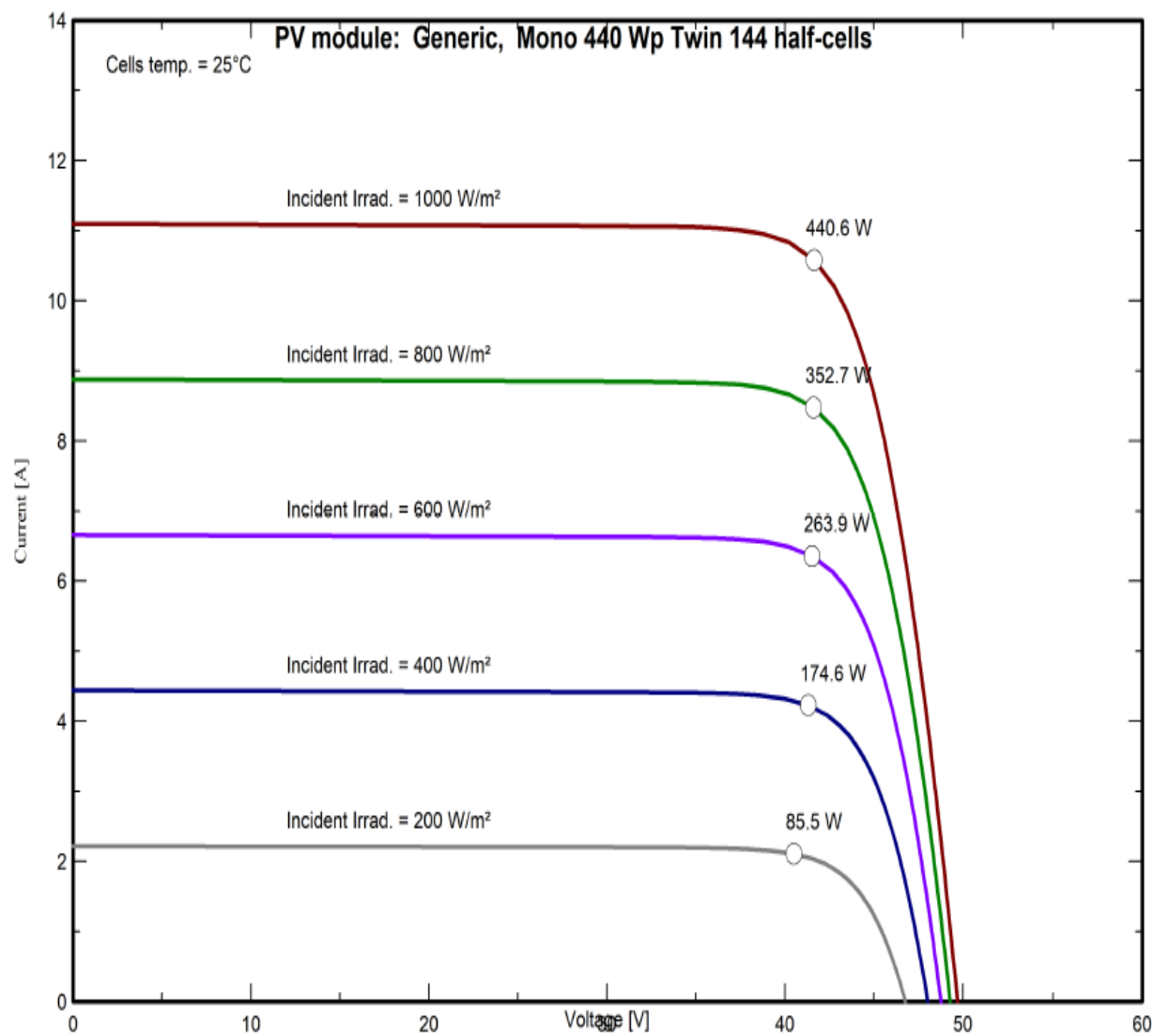


Figura 16: Curva del módulo Mono 440 Wp

Anexo IV

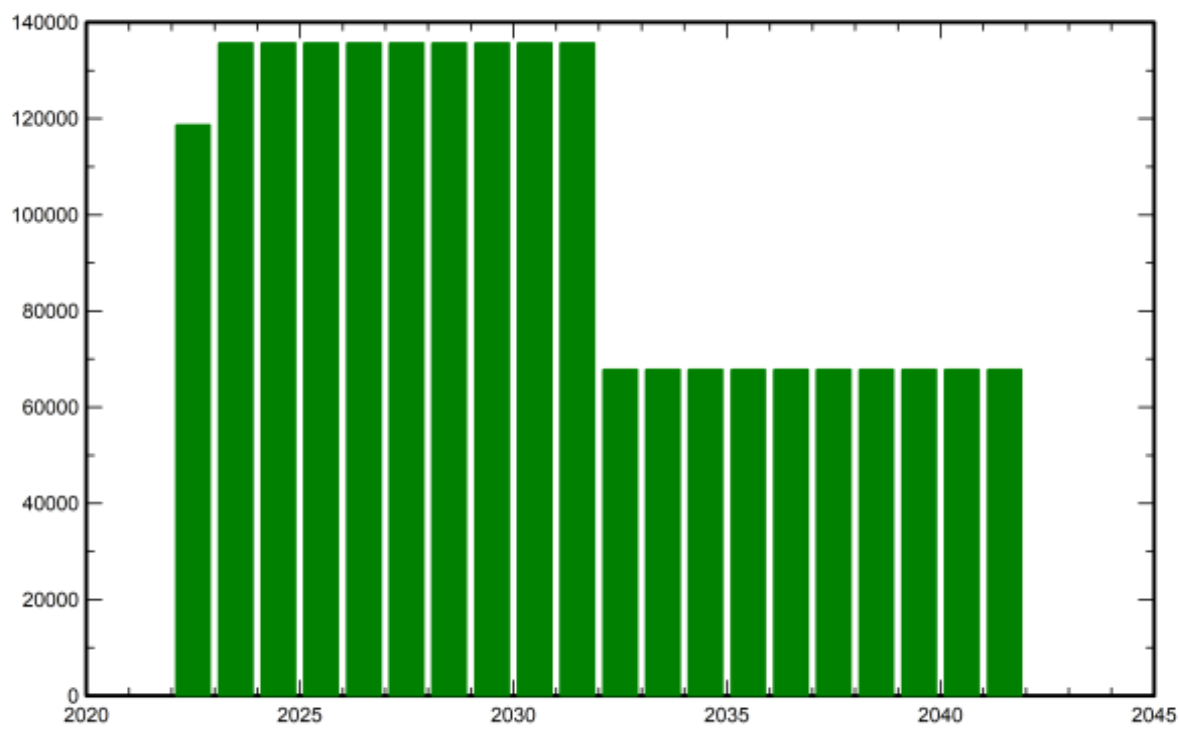


Figura 17: Grafica de ganancia anual

Anexo V

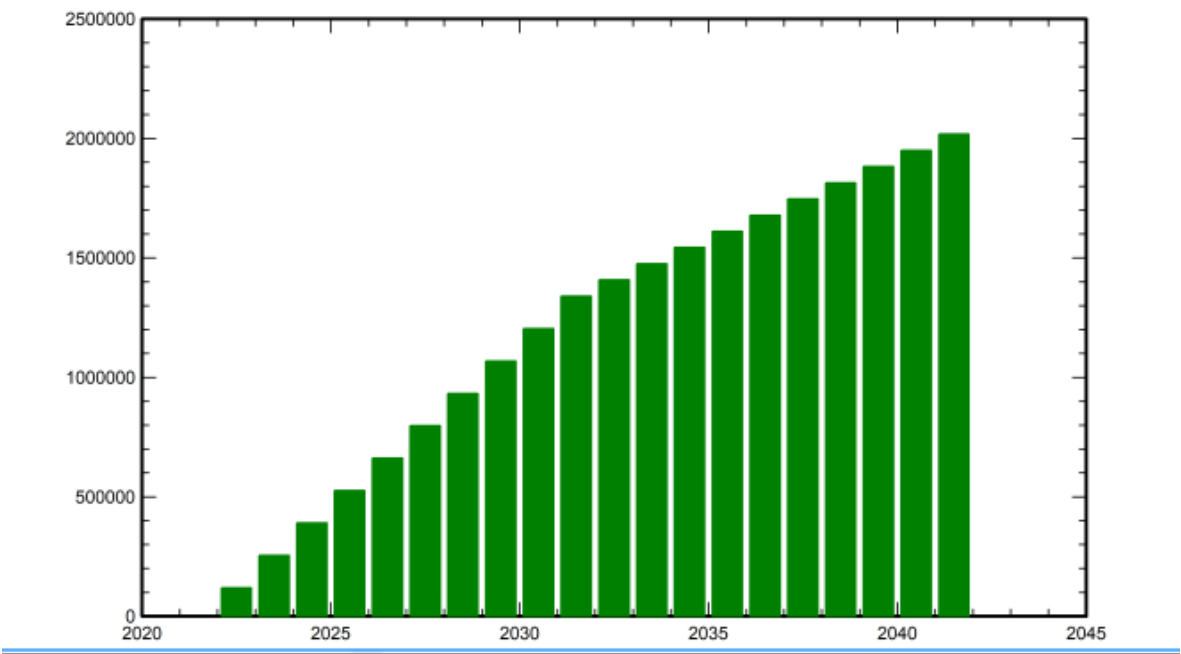


Figura 18: Grafica flujo consumido anual