

Estudio de Viabilidad de Instalaciones Solares (FV) Tipo A Y Tipo B, para la Sala de
Sistemas de la Institución Educativa Técnica Agropecuaria Municipio de Chivatá Boyacá

Sergio Daniel Cárdenas Sánchez

Estudiante

Monografía Proyecto De Grado

Mgs. Carlos Alberto Cardona Coy

Director

Mgs. William Fernando Álvarez Castañeda

Codirector

Universidad Santo Tomás Tunja

Facultad de Ingeniería Electrónica

Tunja

2024 – 1

Agradecimientos

Agradezco a Dios por permitirme alcanzar este punto en mi vida; reconozco que todo lo que he logrado y lo que alcanzaré en el futuro es gracias a su infinita bondad.

Quiero manifestar mi agradecimiento, a los Ingenieros Carlos Alberto Cardona y William Fernando Álvarez, por su entrega. Sin sus consejos y precisas correcciones, no habría estado en este momento tan esperado. Agradezco sinceramente su valiosa paciencia.

Agradezco de todo corazón a todos los profesores que han sido parte de mi trayectoria universitaria. Su disciplina, paciencia y dedicación fueron fundamentales para adquirir los conocimientos necesarios que me permiten estar aquí hoy.

A mis padres, les agradezco profundamente por su apoyo incondicional en la consecución de mis metas personales y académicas. También quiero agradecer a mis hermanas, cuyo amor, paciencia y ejemplo siempre me han impulsado a perseguir mis sueños y a no rendirme ante las dificultades. Ellas han sido mi mayor apoyo en todos los aspectos, y este logro también es suyo.

Exoneración de Responsabilidades

En el presente documento “Yo Sergio Daniel Cárdenas Sánchez” al ser autor me hago a cargo de la información en la cual se realiza el informe de investigación de los siguientes desarrollos y resultados que se mencionan y se expresa en el proyecto.

Aceptación

Trabajo final de grado a la facultad de Ingeniería Electrónica de la Universidad Santo Tomás seccional Tunja para participar por el título de ingeniero electrónico, ante los siguientes calificadores.

Ing. Carlos Alberto Cardona Coy

Director del proyecto

Ing. William Fernando Álvarez Castañeda

Codirector del proyecto

Ing. Adolfo Ávila Barón

Dedicatoria

Entrego mi trabajo de grado en primera instancia a Dios, por darme el poder y sabiduría indispensable para culminar esta meta, A mis padres Pilar y Cediél, por el trabajo, cariño en estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en la persona que realmente soy, A mis hermanas Catalina, Sandra, Angelica y Catalina que con su ejemplo, apoyo y esfuerzo aprendí a que nada es imposible de lograr, gracias a ellas puedo cumplir este sueño de ser ingeniero, sin ellas no hubiese sido posible.

Contenido

1	Introducción	18
2	Justificación	19
3	Definición del problema	21
4	Objetivo General.....	22
4.1	Objetivos Específicos.....	22
5	Antecedentes	23
5.1	Planta Solar de 420 kWp en Centro Comercial Viva Tunja Boyacá	24
5.1	Diseño de un sistema de iluminación con paneles solares para la plazoleta del pino por el Ingeniero Holman Lemus Egresado de la Universidad Santo Tomás	25
6	Marco Teórico.....	27
6.1.1	Fuentes de energía renovables	27
6.1.2	Energía solar fotovoltaica:	27
6.2	Radiación Solar.....	27
6.2.1	Radiación directa:	27
6.2.2	Radiación difusa:	27
6.2.3	Radiación reflejada:	28
6.3	Energía Solar Fotovoltaica.....	28
6.4	Instalaciones Generadoras	30

6.4.1	Configuraciones Representativas.....	30
6.4.2	Instalaciones Generadoras Aisladas (Tipo A).....	30
6.4.3	Instalaciones con autoconsumo instantáneo	31
6.4.4	Instalaciones con Autoconsumo Diferido.....	32
6.4.5	Instalaciones Generadoras asistidas (Tipo B).....	32
6.4.6	Inclinación y orientación de los paneles solares	33
6.4.7	Hora solar y hora oficial	34
6.4.8	Cartas solares	34
6.5	Eficiencia de una Celda Fotovoltaica	35
6.5.1	Consumo medio diario.....	36
6.6	Panel Fotovoltaico	36
6.7	Tecnologías Perc.....	37
6.8	Tecnología Half-Cut O Half-Cell	38
6.9	Reguladores de Carga	38
6.9.1	Tipos de Reguladores de Carga	39
6.10	Inversor	40
6.10.1	Clasificación de los inversores:	40
6.11	Baterías	42
6.11.1	Tipos de Baterías	42

7	Marco Legal	45
7.1	Ley 697 de 2001.....	45
7.2	Leyes 142 y 143 de 1994	45
7.3	Ley 1715 de 2014.....	46
7.4	Artículo 11 Ley 2099 de 2021.	48
7.5	Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE.....	48
8	Diseño Metodológico.....	50
8.1	Lugar de Ubicación.....	50
8.2	Intensidad de radiación solar en Chivatá Boyacá	52
8.3	Diseño y tipo de investigación	55
8.4	Cargas a energizar.....	¡Error! Marcador no definido.
8.5	Determinar la energía necesaria para alimentar la sala de sistemas de la I.E.T.A	58
8.6	Consumo Mediano Diario.....	59
8.7	Diseño de sistema fotovoltaico Tipo A.....	60
8.7.1	Análisis de Resultados para Tipo A.....	61
8.8	Diseño de sistema fotovoltaico Tipo B.....	72
8.8.1	Análisis de Resultados para tipo B	73
8.9	Comparación de los sistemas fotovoltaicos Tipo A y Tipo B	77

8.10	Análisis de la comparación entre los sistemas fotovoltaicos Tipo a y Tipo b y determinar cuál es el más apropiado para la instalación del proyecto	77
8.11	Análisis de los requerimientos eléctricos para la sala de sistemas de la I.E.T.A	78
9	Método Homer Pro (Software)	85
10	Planos eléctricos de la sala de sistema de la I.E.T.A	93
11	Conclusiones	95
12	Recomendaciones	96
13	Bibliografía	97
14	Infografía.....	104

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Consumo diario en CC y CA de potencias de cargas por el tiempo de uso. (Mascarós M. , 2015)</i>	36
Tabla 2. <i>Potencia total de la instalación</i>	58
Tabla 3. <i>Corrientes y Potencias del interruptor de control de potencia</i>	75
Tabla 5. <i>Comparación de los sistemas fotovoltaicos Tipo a y Tipo b</i>	77
Tabla 6. <i>Energía Consumida Por El Colegio Fuente Autor</i>	80
Tabla 7. <i>Valores y datos obtenidos con aproximaciones respecto a tasas de interés</i>	81
Tabla 8. <i>Resultado del costo beneficio</i>	82
Tabla 9 . <i>El Costo Del Sistema Solar Fotovoltaiico Seleccionado</i>	83
Tabla 10 . <i>Costos de implementación módulo Pv</i>	89
Tabla 11. <i>Costos de implementación Batería</i>	90

Índice de Figuras

Figura 1. Solar Centro Comercial Viva Tunja: Greenyellow (2020).....	24
Figura 2 Energía Solar en Colombia Fuente: La Guía Solar (2015).....	25
Figura 3. Monumento del pino fin de la obra Fuente (Lemus, 2015).....	26
Figura 4 Irradiación global media diario anual. Fuente: Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia (IDEAM, 2014).....	28
Figura 5 <i>fundamentos de la célula solar</i> Fuente: (Martil, 2016)	29
Figura 6. Componentes de la radiación global y su incidencia sobre un panel fotovoltaico (PV). Fuente: (Martinez, 2014)	29
Figura 7 Esquema de una instalación generadora Aislada (Tipo A). Fuente: Instalaciones Generadoras Fotovoltaicas, (Mascarós, 2015).....	31
Figura 8. Curvas energéticas diarias de una instalación generadora aislada con autoconsumo instantáneo Fuente: Instalaciones Generadoras Fotovoltaicas, (Mascarós, 2015).....	31
Figura 9 Curvas energéticas diarias de una instalación generadora aislada con autoconsumo diferido. Fuente: Instalaciones Generadoras Fotovoltaicas, (Mascarós, 2015)	32
Figura 10 Esquema de una instalación generadora asistida. Fuente: Instalaciones Generadoras, Fotovoltaicas, (Mascarós, 2015).....	33
Figura 11 Inclinación de un panel solar fotovoltaico. Fuente: (Lorentz., 2009)	34
Figura 12 Gráfico de Ruta Solar, Carta solar Municipio de Chivatá. Fuente: University of Oregon Solar Radiation Monitoring Laboratory, (2014).....	35
Figura 13 Panel fotovoltaico PERC Fuente (Tecnosolab. , 2024).....	37

Figura 14 Diferencia entre el panel solar convencional y el panel solar PERC. Fuente Tecnosol (2019).....	37
Figura 15 Esquema cableado interior Placa Solar con tecnología Half Cell. Fuente Tecnosol. (2019).....	38
Figura 16 Regulador de carga PWM Fuente (Prostar Solar. , 2024)	39
Figura 17 Regulador de carga MMPT Fuente: (Genera tu Propia Energía., 2024)	39
Figura 18 Frecuencia de Inversor de Onda Pura. (Autosolar, 2018)	40
Figura 19 Inversor de Onda Modificada- Cuadrada.. (Autosolar, 2018).....	41
Figura 20 Inversor On-Grid Fuente (Computadores Bogotá., 2021).....	41
Figura 21 Batería GEL Fuente (Autosolar, 2018)	42
Figura 22 Batería Solar De GEL 200Ah Para Paneles Solares Fuente: (Damiasolar, 2020).....	43
Figura 23 Batería Estacionaria OPzV 2V 1110Ah C100. (Autosolar, 2018).....	44
Figura 24 Baterías de litio Fuente: (Revista Turbo, 2021)	¡Error! Marcador no definido.
Figura 25 Institución Técnica Agropecuaria Chivatá Municipio de Chivatá. Fuente: (Alcaldía Municipal de Chivatá Boyacá, 2023).....	51
Figura 26 Institución Técnica Agropecuaria Chivatá Municipio de Chivatá. Fuente: (Alcaldía Municipal de Chivatá Boyacá, 2023).....	51
Figura 27 Promedio mensual de radiación solar de Tunja. (IDEAM, 2019).....	52
Figura 28 Tabla de Factor de Corrección K para Superficies Inclinadas Fuente (Energetica, 2016)	53

Figura 29 Sistema de información geográfica fotovoltaica Fuente: (PVGYS, 2015)	54
Figura 30 Datos mensuales de irradiación de Chivatá Boyacá: resultados Fuente: (PVGYS, 2015)	54
Figura 31 Gráfico de la posición del sol, las fases de la luz Municipio de Chivatá. Fuente (SunCalc. , 2023)	55
Figura 32 Sala de informática de la I.E.T.A del municipio de chivata Boyacá Fuente (Alcaldía Municipal de Chivatá Boyacá, 2023).....	56
Figura 33 Equipos portátiles almacenados de la I.E.T.A del municipio de chivata Boyacá Fuente (Alcaldía Municipal de Chivatá Boyacá, 2023).....	57
Figura 34 Equipo de mesa trabajado por el docente Fuente (Alcaldía Municipal de Chivatá Boyacá, 2023)	57
Figura 35 Rack de telecomunicaciones de la sala de sistema de la I.E.T.A. Fuente (Alcaldía Municipal de Chivatá Boyacá, 2023).....	57
Figura 36 Diseño Fotovoltaico Aislado sin conexión a la red. Fuente: El Autor.	60
Figura 37 Panel Solar 500W Fuente (Autosolar, 2018).....	61
Figura 38 Batería de 12V 300Ah Tensite (Autosolar, 2018).....	63
Figura 39 Regulador Carga SmartSolar MPPT 250/85 (Autosolar, 2018).....	66
Figura 40 Ficha técnica del inversor 3000TL LVM seleccionado Fuente (Autosolar, 2018)	69
Figura 41 Cotización del sistema Tipo A solicitado a la empresa AUTO SOLAR (AutoSolar, 2024)	70

Figura 42 Cotización del sistema Tipo A solicitado a la empresa AUTO SOLAR Fuente (Empresa Auto Solar, 2024)	71
Figura 43 Diseño Fotovoltaico Asistido con Interruptor de Control de Potencia (ICP) Fuente Autor	72
Figura 44 Interruptor AC 2X63A 230V-6KA Lumek Fuente (Autosolar, 2018).....	74
Figura 45 Cotización del sistema Tipo B solicitado a la empresa AUTO SOLAR Fuente (AutoSolar, 2024)	76
Figura 46 Cotización del sistema Tipo B solicitado a la empresa AUTO SOLAR Fuente (AutoSolar, 2024)	76
Figura 47 recibos de luz del Colegio I.E.T.A Fuente. (EDSA, 2024)	79
Figura 48 Grafica Energía convencional durante 25 años	82
Figura 49 Pasos para empezar a crear el proyecto en HOMER PRO Fuente (PRO, 2023).....	85
Figura 50 Pasos para empezar a crear el proyecto en HOMER PRO Fuente (PRO, 2023).....	86
Figura 51 Tres parámetros para poder tener una mayor exactitud Radiación, Temperatura, Humedad Fuente (PRO, 2023).....	86
Figura 52 Datos aproximados de Radiación de Recurso Solar (RHG) Fuente (PRO, 2023)	87
Figura 53 Incorporación de datos para la caga Fuente (PRO, 2023).....	88
Figura 54 Cuadro de valores requeridos para el cálculo del panel Fuente (PRO, 2023).....	89
Figura 55 lista desplegable, selección de batería Fuente (PRO, 2023).....	90
Figura 56 Selección de convertidor Fuente (PRO, 2023).....	91

Figura 57 Esquema de electrificación en HOMER.Fuente (PRO, 2023)	92
Figura 58 Planos eléctricos de la sala de sistema de la I.E.T.A Fuente Autor ... ¡Error! Marcador no definido.	
Figura 59 Planos eléctricos de la sala de sistema de la I.E.T.A Fuente Autor	93
Figura 60 Diseño de Planos eléctricos del sistema de la sala de sistema de la I.E.T.A Fuente Autor	93

Glosario

Panel solar: Consiste en un instrumento que modifica la energía solar en corriente utilizable. Además, forma parte de células solares, que son dispositivos semiconductores que absorben la energía solar convirtiéndola en electricidad.

Energías alternativas: Las energías alternativas, también conocidas como energías renovables, son aquellas que derivan de recursos de la naturaleza que son inagotables, como la energía solar, eólica, entre otras.

RETIE: Es una normativa técnica que establece habilidades que se deben contemplar en las bases eléctricas en Colombia para garantizar su seguridad, eficiencia y calidad. El RETIE establece los criterios de diseño, así como los requerimientos que los dispositivos deben cumplir y los materiales eléctricos utilizados en las mismas.

RETILAP: Es una normativa técnica que establece los requisitos que cumplen las instalaciones de iluminación y alumbrado público en Colombia para garantizar su eficiencia, calidad y seguridad. El RETILAP establece los criterios técnicos y de diseño que deben cumplir las luminarias, las redes, los sistemas de control y las instalaciones eléctricas utilizadas en la iluminación y el alumbrado público.

Energía eléctrica: Se produce a través del movimiento de los electrones a través de un conductor eléctrico. Esta energía es la que alimenta la mayoría de los dispositivos y equipos eléctricos que utilizamos en nuestra vida diaria, como electrodomésticos, iluminación, equipos de oficina, maquinarias industriales, entre otros.

Hace referencia a la energía electromagnética emanada por el sol esparciéndose en el espacio y teniendo como destino final.

Autonomía sistema: La autonomía de un sistema se refiere a la capacidad de dicho sistema para funcionar de manera independiente durante un lapso determinado, sin necesidad de intervención o suministro externo de energía.

Homer pro: Software para realizar proyectos de energías renovables.

MPPT: Máximum Power Point Tracker. (Punto máximo de transferencia)

SEP: Sistema Eléctrico de Potencia.

HSP: Hora solar pico.

PWM: Modulación por ancho de pulso.

EBSA: Empresa de energía de Boyacá.

1 Introducción

Con el fin de aprovechar la proveniente del sol, transformarla y convertirla en una fuente que genere un bienestar para la sociedad. El proyecto en sí mismo se alinea con los objetivos sociales actuales que tienen que ver con la transformación energética como acción principal frente a los problemas de contaminación y cambio climático. A raíz del creciente consumo de energías fósiles y de sus altos costos, cada vez es más difícil, para la sociedad en general, y en particular para sociedades rurales o semi rurales acceder a fuentes de energía económicas, asequibles y amables con el medio ambiente. Es allí donde se hace evidente la necesidad de incentivar el uso de sistemas alternos como el fotovoltaico, presentándolo como una alternativa que es viable en el proceso de transformación energética que como humanidad nos enfrenta a uno de los mayores retos.

Al implementar este sistema se obtendría energía económica, que no produce emisiones gases nocivos y no tiene pérdidas de transmisión ya que la energía se obtiene directamente desde el sitio de consumo. El propósito de este trabajo es hacer un estudio de viabilidad que permita utilizar los módulos solares como energía para el área de sistemas de la (I.E.T.A) del municipio de Chivatá con el propósito de sustituir parte de las necesidades energéticas y reducir costos de manera considerable en el consumo de energía.

2 Justificación

En la actualidad, el panorama global de la generación de electricidad enfrenta diversos desafíos y oportunidades. El incremento de la demanda energética, impulsado por el crecimiento poblacional, el desarrollo industrial y tecnológico, así como la urbanización, ha generado una presión significativa sobre los recursos energéticos convencionales. Estos recursos, aunque han sido pilares fundamentales en la satisfacción de la demanda energética, plantean problemas ambientales y de sostenibilidad a largo plazo, tales como la expulsión de vapores de efecto invernadero, la contaminación del aire y la dependencia de recursos no renovables y geopolíticamente inestables. En contraste, los recursos renovables, como la solar, eólica, hidroeléctrica, biomasa y geotérmica, representan una opción sostenible para la producción de intensidad solar.

En Colombia un 33 % de la electricidad se obtiene por medio de la generación térmica y un 64% se obtiene a través de la generación de energía hidráulica, es allí donde existe un gran interés en dichas energías convencionales.

El interés en aprovechar la intensidad solar en todas las zonas urbanas del municipio de Chivatá, impulsado por la pandemia del 2020 y la crisis ambiental, refleja una preocupación creciente por la sostenibilidad y la reducción de costos asociados con la energía.

Para llevar a cabo una transición exitosa hacia la energía solar en todas las zonas urbanas de Chivatá, es fundamental contar con políticas públicas que promuevan la adopción de tecnologías solares, así como programas de educación y concienciación ciudadana sobre los beneficios y el uso eficiente de la energía solar. Además, se requiere infraestructura adecuada y respaldo financiero para facilitar el establecimiento de sistemas solares en hogares, negocios y

edificios públicos. Con un enfoque integral y colaborativo, Chivatá puede convertirse en un ejemplo de liderazgo en la transición hacia un futuro energético más sostenible y resiliente.

3 Definición del problema

Esta investigación tiene como objetivo encontrar una solución energética para el área de sistemas en la (I.E.T.A) del municipio de Chivatá con el fin de observar la viabilidad del ahorro económico durante un lapso de 25 años diseñando un sistema de energía solar.

Además, se busca con esta investigación abrir la oportunidad a nuevos proyectos donde se enfatice en la importancia de utilizar alternativas energéticas diferentes que permitan bajar los costos y que sean amigables con el medio ambiente favoreciendo la sala de sistemas de la (I.E.T.A) del municipio de Chivatá, generando concientización y buenos hábitos de consumo causando un impacto ambiental de gran importancia para el planeta y para sus generaciones.

¿Cómo se realiza el diseño técnico de la instalación de un sistema de energía solar fotovoltaica Tipo A y Tipo B para la sala de sistemas de la (I.E.T.A) del municipio de Chivatá?

4 Objetivo General

Diseñar instalaciones solares fotovoltaicas de tipo A y tipo B para la sala de sistemas de la Institución Educativa Técnica Agropecuaria del municipio de Chivatá para determinar el tipo de instalación viable para una posible implementación.

4.1 Objetivos Específicos

- Determinar los requerimientos de los diseños de sistemas de energía fotovoltaicos de instalaciones Tipo A y Tipo B, para la sala de sistemas de la (I.E.T.A) del municipio de Chivatá, para la orientación e inclinación del panel solar.
- Analizar los sistemas fotovoltaicos Tipo A y Tipo B para determinar el más adecuado para el sitio seleccionado.
- Diseñar un sistema de energía solar fotovoltaico (Tipo A y Tipo B) de generación eléctrica para la sala de sistemas de la (I.E.T.A) del municipio de Chivatá.

5 Antecedentes

La aproximación solar de Colombia se basa en la comunicación recopilada por el (IDEAM) a través de estaciones meteorológicas. Esta información meteorológica se procesa para convertirla en datos energéticos relevantes para evaluar el potencial solar del país, El sistema de energía solar fotovoltaico se ha estimado por distintos sectores como el área de Bogotá y el resto del país. (Rodríguez, 1999)

El avance de las energías convencionales en Colombia ha sido notable en los últimos años. Aunque el país ha dependido históricamente en gran medida de la energía hidroeléctrica, ha comenzado a diversificar su matriz energética para incluir otras fuentes renovables como la solar. En cuanto al uso de módulos solares para calentar agua en unidades residenciales, el proyecto que se menciona en Ciudad Salitre y Tunal en la capital de Bogotá. Este tipo de sistemas contribuye a la conservación ambiental y la minimización de manifestaciones de vapores de efecto invernadero. (El Tiempo. , 2015)

Es interesante saber que empresas como Energía del Pacífico (EPSA) están invirtiendo en infraestructuras importantes para el desarrollo de fuentes convencionales en Colombia. La construcción de un laboratorio de intensidad solar tan grande es un paso significativo hacia la diversificación de fuentes energéticas y reduciendo la subordinación de combustibles fósiles. (El Tiempo. , 2015)

5.1 Planta Solar de 420 kWp en Centro Comercial Viva Tunja Boyacá

La instalación de la planta solar en la cubierta del C.C Viva Tunja marca un avance significativo hacia la sostenibilidad y la integración de recursos renovables en la región de Boyacá, Colombia. Con una capacidad instalada de 420 kWp y una producción periódica de 583 MW/h, esta planta no solo contribuye a reducir, además, aprovecha las condiciones climáticas favorables de Tunja para maximizar su rendimiento, el clima de Tunja, caracterizado por una alta irradiación solar y temperaturas moderadas, proporciona un entorno óptimo para la obtención de intensidad solar. La combinación de alta radiación solar y temperaturas moderadas ayuda a mantener el sistema fotovoltaico funcionando de manera eficiente al evitar sobrecalentamientos, lo que se significa en un mayor rendimiento y una generación de energética más estable. (Greenyellow, 2020)



Figura 1. Solar Centro Comercial Viva Tunja: Greenyellow (2020).

Mediante esta línea de tiempo se observa cómo evoluciona la transformación para calentadores solares y actualmente como se encuentra la energía solar en Colombia:

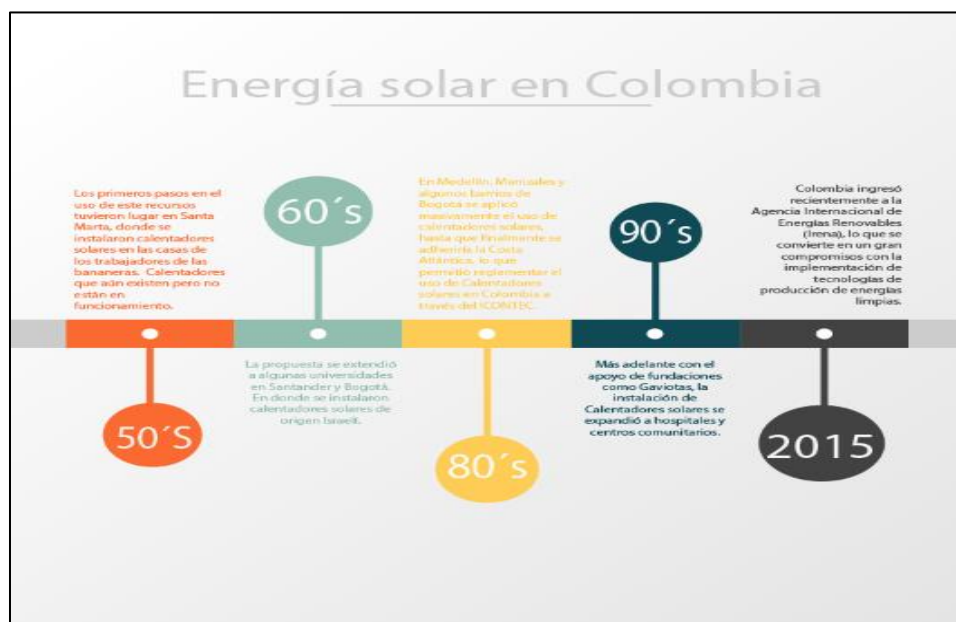


Figura 2 Energía Solar en Colombia Fuente: La Guía Solar (2015).

5.1 Diseño de un sistema de iluminación con paneles solares para la plazoleta del pino por el Ingeniero Holman Lemus Egresado de la Universidad Santo Tomás

Por su parte, Lemus (2015), se propuso un diseño de iluminación para una plazoleta utilizando módulos solares como fuente de energía. Al ser utilizada incluyó, el diseño del sistema de iluminación y la simulación de su funcionamiento. Los resultados obtenidos demostraron la viabilidad económica de iluminación del proyecto, y su potencial para reducir los costos de energía y disminuir la huella de carbono. Estos resultados son relevantes para el presente proyecto, ya que se busca implementar un sistema similar en una zona urbana con necesidades de consumo eléctrico constantes y recurrentes. (Lemus, 2015)



Figura 3. Monumento del pino fin de la obra Fuente (Lemus, 2015)

6 Marco Teórico

6.1.1 Fuentes de energía renovables

Son aquellos recursos que son energías inacabables o con un periodo de restauración reducido, por ejemplo, la energía hidráulica, biomasa, automotriz, eólica. La Energía Solar es un recurso de energía alternativa con un gran potencial, la radiación solar se puede conseguir notablemente de tres maneras diferentes:

6.1.2 *Energía solar fotovoltaica:*

Esta radica directamente en transformar la intensidad solar en energía eléctrica.

6.2 Radiación Solar

Se prolonga por medio del espacio y llegando a la Tierra representado como una luz visible, una luz ultravioleta e infrarroja, entre otras formas de energía electromagnética. Esta energía solar es esencial para el funcionamiento de procesos como la fotosíntesis en las plantas, el ciclo del agua y la propagación de la temperatura en el aire terrestre. (IDEAM, 2018)

6.2.1 *Radiación directa:*

Es la que llega claramente desde el Sol sin ser desviada o dispersada por la atmósfera u otros elementos. Esta radiación es la que proporciona parte de radiación del sol que alcanza al planeta y es fundamental para procesos como la fotosíntesis, el calentamiento de la atmósfera y la evaporación del agua, entre otros. (IDEAM, 2018)

6.2.2 *Radiación difusa:*

Es la que está dispersa en la atmósfera la cual interactúa con las moléculas de aire, aerosoles y nubes, lo que causa dispersión, reflexión y absorción de la luz. Como resultado, gran

cantidad de la radiación solar que llega no sigue su trayectoria directa desde el sol, sino que se dispersa en diferentes direcciones antes de alcanzar la superficie. (Ujaen, 2019)

6.2.3 Radiación reflejada:

Es la radiación que es reflejada por la superficie terrestre. Esta radiación reflejada puede ser significativa en muchos contextos, como en la climatología, la ecología y la ingeniería. El coeficiente de reflexión de una superficie es una medida de cuánta radiación es reflejada por esa superficie en comparación con la cantidad total de radiación incidente. Superficies con un alto coeficiente de reflexión reflejarán más radiación que aquellas con un coeficiente de reflexión más bajo. (IDEAM, 2018)

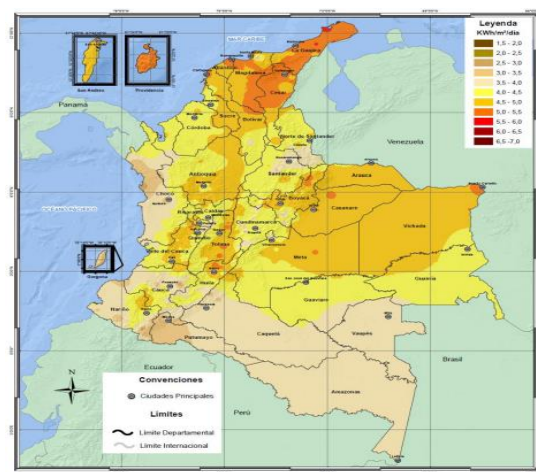


Figura 4 Irradiación global horizontal media diario anual. Fuente: *Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia* (IDEAM, 2014)

6.3 Energía Solar Fotovoltaica

Fue descubierto por primera vez por el físico francés Alexandre-Edmond Becquerel en 1839, marcó el inicio de la comprensión de la luz solar en electricidad. Sin embargo, en ese

momento, el fenómeno fue más una curiosidad científica que una tecnología práctica. La comprensión precisa del efecto fotovoltaico y su explotación en dispositivos prácticos, como las células solares, no se logró hasta mucho más tarde. (Publico, 2016)



Figura 5 fundamentos de la célula solar Fuente: (Martil, 2016)

. Esta corriente de electrones produce un contraste de potencial eléctrico, lo que provoca electricidad que puede ser empleada para alimentar dispositivos eléctricos, cargar baterías o alimentar la red eléctrica. (Acciona, 2020)

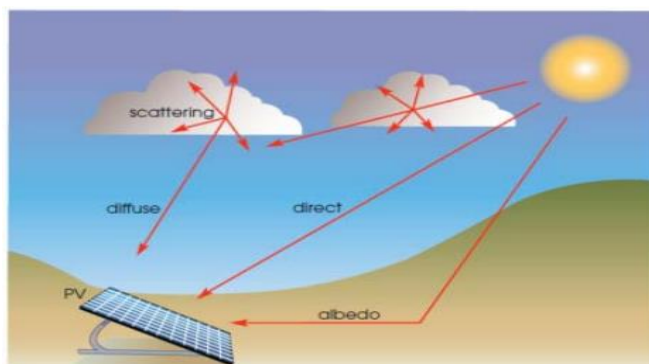


Figura 6. Componentes de la radiación global y su incidencia sobre un panel fotovoltaico (PV).

Fuente: (Martinez, 2014)

6.4 Instalaciones Generadoras

6.4.1 Configuraciones Representativas

Se clasifican en 3 grandes grupos:

- Instalaciones generadoras aisladas (Tipo A)
- Instalaciones generadoras asistidas (Tipo B)
- Instalaciones generadoras interconectadas (Tipo C)

Las instalaciones tipo C funcionan en: paralelo a la red, además, se clasifican en dos tipos:

- Tipo C1: Representan una forma de generación distribuida que se conecta al sistema de formación eléctrica de baja tensión y alimenta circuitos de baja tensión acoplados a ella.
- Tipo C2: representan una forma de generación distribuida que se conecta a la red eléctrica de alta tensión, utiliza transformadores para elevar la tensión y generalmente no tienen una red de asignación de baja tensión para sustentar cargas ajenas.

6.4.2 Instalaciones Generadoras Aisladas (Tipo A)

Las instalaciones generadoras aisladas (Tipo A) son sistemas independientes de generación de energía que operan fuera de la red de distribución eléctrica principal y están diseñadas para alimentar cargas en baja tensión utilizando fuentes de energía diversas. (Mascarós V. , 2015)

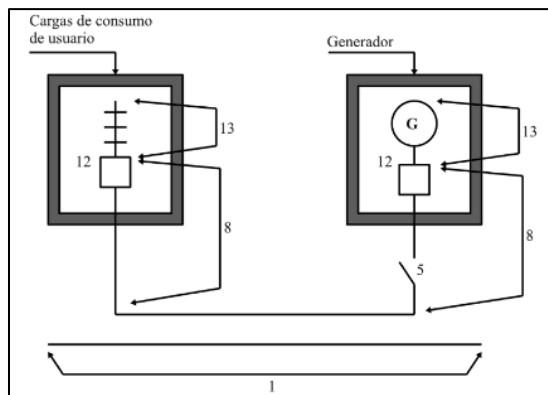


Figura 7 Esquema de una instalación generadora Aislada (Tipo A). Fuente: *Instalaciones Generadoras Fotovoltaicas*, (Mascarós V. , 2015)

Las instalaciones generadoras fotovoltaicas aisladas (Tipo A) se clasifican en:

6.4.3 Instalaciones con autoconsumo instantáneo

Hace alusión a una metodología para producir electricidad mediada por módulos, la cual se consume inmediatamente en el lugar donde se genera, sin almacenamiento ni gestión de excedentes. Este tipo de instalaciones son comunes en situaciones donde la demanda de energía coincide con la radiación solar, como en sistemas de bombeo de agua en zonas rurales.

(Mascarós V. , 2015)

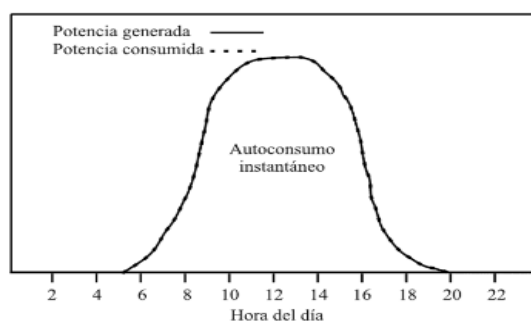


Figura 8. Curvas energéticas diarias de una instalación generadora aislada con autoconsumo instantáneo Fuente: *Instalaciones Generadoras Fotovoltaicas*, (Mascarós V. , 2015)

6.4.4 Instalaciones con Autoconsumo Diferido

Esta clase de instalaciones aprovechan la energía generada por fuentes renovables, como módulos solares fotovoltaicos, para acumular el excedente de energía en baterías. Este excedente se almacena durante los períodos en que la demanda de energía es baja o la generación de energía es alta, y luego se utiliza cuando la demanda es mayor que la generación de energía actual. (Alcaldía de Medellín, 2023)

Ejemplo de instalaciones domesticas alimentadas con energía fotovoltaica no conectadas a la red de distribución eléctrica

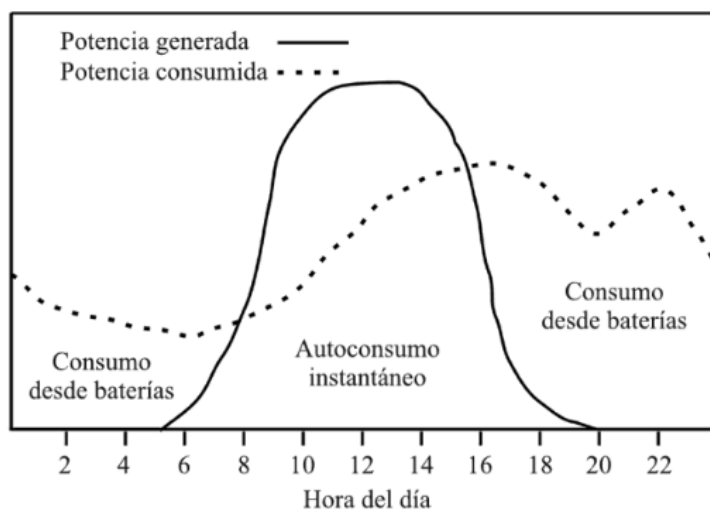


Figura 9 Curvas energéticas diarias de una instalación generadora aislada con autoconsumo diferido. Fuente: *Instalaciones Generadoras Fotovoltaicas*, (Mascarós V. , 2015)

6.4.5 Instalaciones Generadoras asistidas (Tipo B)

Son aquellas en las que las cargas pueden ser alimentadas tanto por un generador como por la red de distribución eléctrica. Esta clase de disposición es muy usual en redes de respaldo o

en aplicaciones donde se requiere redundancia y continuidad del suministro eléctrico.

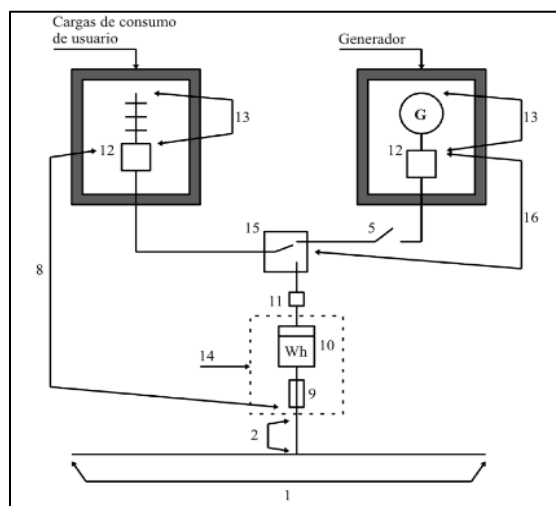


Figura 10 Esquema de una instalación generadora asistida. Fuente: *Instalaciones Generadoras, Fotovoltaicas*, (Mascarós V. , 2015)

6.4.6 *Inclinación y orientación de los paneles solares*

Colombia, al estar ubicada en la zona ecuatorial y atravesada por la línea del ecuador, se encuentra en la región tórrida o intertropical. Esta ubicación le otorga una posición geográfica privilegiada en términos de radiación solar. Como resultado, el país experimenta radiación solar constante en la mayor parte de su territorio durante todo el año.

- ✓ Para regiones en el hemisferio norte de Colombia:

Inclinación: No mayor de 15° con respecto a la horizontal

Orientación: Hacia el sur.

- ✓ Para regiones en el hemisferio sur de Colombia:

Inclinación: No mayor de 12° con respecto a la horizontal.

Orientación: Hacia el norte

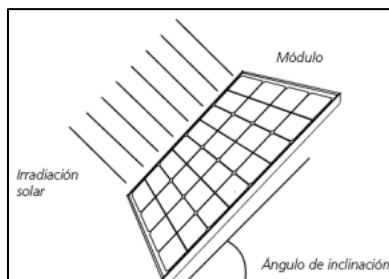


Figura 11 Inclinación de un panel solar fotovoltaico. Fuente: (Lorentz., 2009)

6.4.7 Hora solar y hora oficial

La hora solar, también conocida como hora solar verdadera, es una medida del tiempo basada en la posición del Sol en el cielo en relación con un punto de referencia local. Se define como el tiempo transcurrido cuando el sol está en su rango más elevado (mediodía solar) hasta el siguiente mediodía solar. La idea de la hora oficial tiene vínculo con el aprovechamiento de horas de luz y el ahorro energético. (Universisad de Madrid , 2013)

6.4.8 Cartas solares

Las cartas solares son herramientas gráficas bidimensionales que representan la trayectoria diaria del Sol en un punto específico de la Tierra a lo largo del año. Estas cartas muestran cómo varía la posición aparente del Sol durante diferentes momentos del año, una carta solar, el eje de las abscisas (horizontal) representa los valores de acimut, que es el ángulo horizontal medido en sentido horario desde el norte verdadero. (Seiscubos, 2021)

$$\eta = \frac{Pm}{ExAc}$$

6.5.1 Consumo medio diario

El perfil de carga diario es la representación del gasto energético ejecutado por las cargas durante las 24 horas del día.

Tabla 1

Consumo diario en CC y CA de potencias de cargas por el tiempo de uso. (Mascarós M. , 2015)

Variables	Ecuaciones
Energía media diaria consumida en CC a la tensión nominal, en Wh	$L_{MD,CC} = \sum (P_{CC} * t_i)$
Energía media diaria consumida en AC, en Wh	$L_{MD,AC} = \sum (P_{AC} * t_i)$
Consumo medio diario total, en Wh	$L_{MD} = \frac{L_{MD,CC} + \frac{L_{MD,AC}}{\eta_{INV}}}{\eta_{BAT} * \eta_{Cables}}$

6.6 Panel Fotovoltaico

Es la unión de dos o más modelos interconectados en serie y/o paralelo y están configurados en una misma estructura, generalmente enlazados en un mismo inversor central.

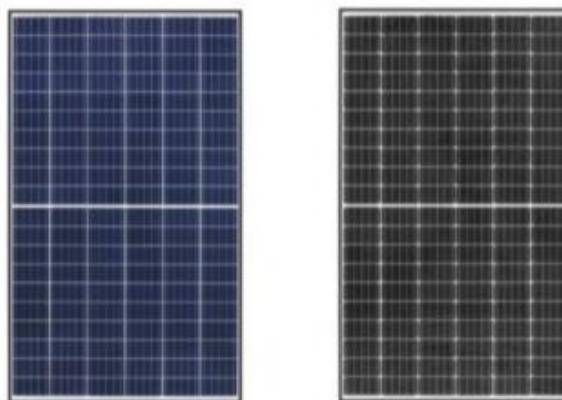


Figura 13 Panel fotovoltaico PERC Fuente (Tecnosolab. , 2024)

6.7 Tecnologías Perc

Los módulos solares Perc (Passivated Emitter Rear Cell) están en la esfera de la energía solar fotovoltaica. Estos módulos han demostrado un aumento significativo en la eficiencia y el rendimiento en comparación con los módulos convencionales, como los monocristalinos y policristalinos estándar, la tecnología PERC se distingue por agregar una capa adicional en la parte posterior de las células solares, Esta capa adicional, a menudo un dieléctrico, sirve para mejorar la eficiencia de la célula solar al permitir que se capture y utilice más eficazmente la radiación solar. (Blog tecnoSol, 2019)

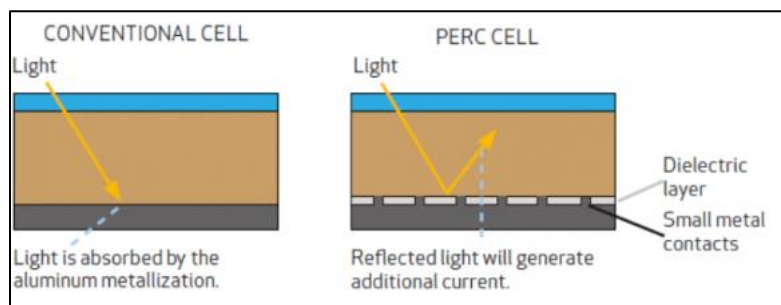


Figura 14 Diferencia entre el panel solar convencional y el panel solar PERC. Fuente Tecnosol (2019)

6.8 Tecnología Half-Cut O Half-Cell

Esta tecnología divide físicamente las células del sol en dos partes iguales, lo que efectivamente las reduce a la mitad de su tamaño original. Al ubicar la caja de conexiones en el medio del módulo solar, se pueden conectar las dos mitades de las células en serie. (Blog tecnoSol, 2019)

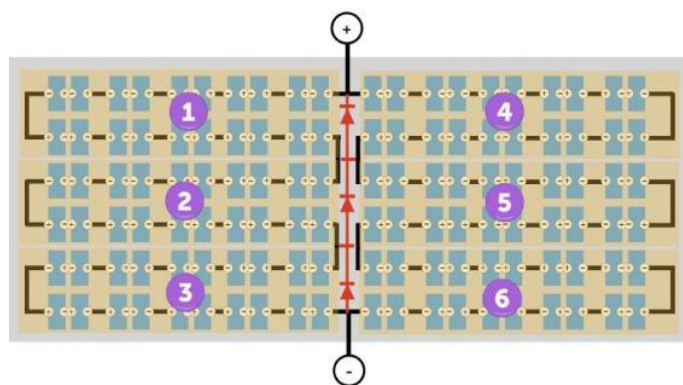


Figura 15 Placa Solar con tecnología Half Cell. Fuente Tecnosol. (2019)

6.9 Reguladores de Carga

Un dispositivo regulador de carga supervisa constantemente la tensión y amperaje de la batería, y ajusta la suma de energía que proviene de los dispositivos solares para asegurar una carga segura y eficiente. Cuando la batería alcanza su capacidad máxima, el regulador reduce la corriente solar para prevenir sobrecargas. Del mismo modo, si la carga de la batería disminuye por debajo de cierto nivel, el regulador puede interrumpir el suministro solar para evitar descargas excesivas. (Monsolar, 2015)

6.9.1 Tipos de Reguladores de Carga

- **Reguladores de carga solar PWM o Pulse-width modulation (Modulación por anchura de pulsos):** Es un módulo que controlar la carga de la batería mediante la modulación de la anchura del pulso del voltaje de salida. La función principal del diodo de derivación es prevenir que la energía fluya de la batería de nuevo al panel solar en la noche o en condiciones de baja luminosidad, lo que podría causar la descarga de la batería. (Dsisolar, 2018)



Figura 16 Regulador de carga PWM Fuente (Prostar Solar. , 2024)

- **Regulador de carga solar MPPT:** Es un componente crucial, su función principal es optimizar la transformación de energía solar en eléctrica, maximizando la potencia entregada al sistema de almacenamiento de energía, como una batería. (Eadic, 2021)



Figura 17 Regulador de carga MMPT Fuente: (Genera tu Propia Energía., 2024)

6.10 Inversor

Es un elemento fundamental en sistemas de energía donde se requiere transformar corriente directa a corriente alterna para abastecer aparatos eléctricos estándar. Su habilidad para regular la intensidad y frecuencia de salida, además de su versatilidad en la manipulación de la señal, lo convierten en un componente esencial en diversas áreas de aplicación, desde sistemas de respaldo energético hasta tecnologías de energía sostenible. (Endensa, 2023)

6.10.1 Clasificación de los inversores:

- Inversores de Onda Senoidal Pura:** Son aparatos electrónicos que transforman la intensidad directa (DC) en intensidad alterna (AC) con una señal de onda senoidal completamente limpia. Esta señal es análoga a la generada por la red eléctrica estándar, lo que los vuelve perfectos para suministrar energía a dispositivos que requieren una alta calidad de electricidad, tales como dispositivos médicos, equipos electrónicos de gama alta y sistemas de comunicación, entre otros. (Solfy, 2023)

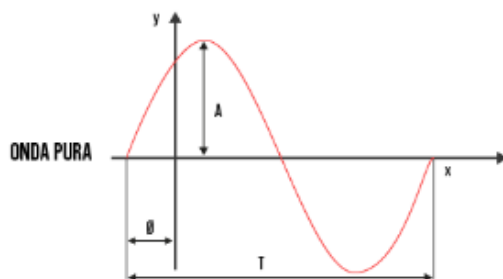


Figura 18 Frecuencia de Inversor de Onda Pura. (Autosolar, 2018)

- Inversor de onda senoidal modificada:** Es un tipo de inversor utilizado en sistemas de energía alternativa y en aplicaciones de respaldo de energía. En lugar de producir una onda senoidal pura. (Electricity-magnetism, 2023)

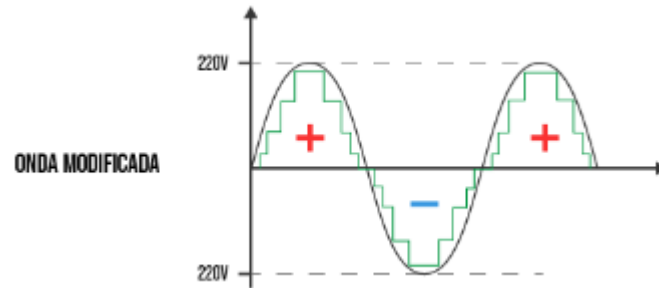


Figura 19 Inversor de Onda Modificada- Cuadrada.. (Autosolar, 2018)

- **Inversor On-Grid o también llamado Grid-Ti:** Este tipo de inversor funciona de manera sincronizada con la red convencional, la energía generada por los módulos solares puede ser utilizada directamente por los dispositivos eléctricos de una casa u otro tipo de instalación. (Mysolarenergy, 2019)
 - Tipos de inversores On-Grid:
 - Inversores monofásicos
 - Inversores trifásicos



Figura 20 Inversor On-Grid Fuente (Computadores Bogotá., 2021)

6.11 Baterías

Las baterías o acumuladores fotovoltaicos son esenciales, su función principal, también pueden utilizarse para otros fines, como: Estabilización de voltaje y corriente: Las baterías pueden ayudar a mantener una salida de voltaje y corriente más estable, lo que es especialmente útil en sistemas donde la generación de energía puede fluctuar debido a condiciones climáticas variables o cambios en la carga. (Alcaldía de Medellín , 2023)

6.11.1 Tipos de Baterías

- **Baterías AGM (Absortion Glass Mat):** Las baterías de vidrio absorbente son baterías selladas que utilizan una tecnología de construcción innovadora para almacenar el electrolito. En lugar de tener placas de plomo sumergidas en ácido, las baterías AGM emplean una esfera de vidrio absorbente para retener el electrolito. Esto permite que las baterías AGM sean selladas y libres de mantenimiento. (Autosolar, 2018)



Figura 21 Batería GEL Fuente (Autosolar, 2018)

- **Baterías de Gel:** Conocidas como baterías de electrolito gelificado, son un tipo de batería recargable que utiliza un gel espeso en lugar de electrolitos líquidos para transportar los iones entre los electrodos. Este gel es una combinación de ácido sulfúrico, sílice y otros aditivos que lo convierten en una sustancia semisólida, la principal

diferencia entre las baterías de gel y las baterías de plomo-ácido convencionales radica en el estado físico del electrolito. En las baterías de plomo-ácido tradicionales, el electrolito es líquido, mientras que en las de gel, el electrolito está gelificado, lo que impide su derrame. (Support.rollsbattery, 2023)



Figura 22 Batería Solar De GEL 200Ah Para Modulos Solares Fuente: (Damiasolar, 2020)

- **Baterías de Estacionarias:** Las baterías estacionarias son un tipo de acumulador diseñado específicamente para su uso en aplicaciones estacionarias o de respaldo energético, como en sistemas de energía solar, aerogeneradores, sistemas de respaldo para centros de datos, telecomunicaciones, entre otros. Estas baterías tienen como objetivo principal suministrar una corriente continua estable durante períodos prolongados, a diferencia de las baterías de arranque vehicular, las cuales están diseñadas para proporcionar ráfagas cortas de alta corriente para encender motores. (DataGlobal, 2022)



Figura 23 Bateria Estacionaria OPzV 2V 1110Ah C100. (Autosolar, 2018)

- **Baterías de litio:** Una batería de ion-litio es un tipo de acumulador recargable que emplea litio como elemento principal en su solución electrolítica. Estos acumuladores son reconocidos por su elevada capacidad energética, lo cual implica que tienen la capacidad de retener una gran cantidad de energía en proporción a su tamaño y peso. Esta característica las convierte en una opción óptima para una amplia variedad de usos, desde dispositivos electrónicos portátiles hasta automóviles eléctricos y sistemas de retención de energía. (Iberdrola, 2020)

7 Marco Legal

7.1 Ley 697 de 2001

Reconoce la importancia de este asunto y busca promover prácticas que aseguren un suministro energético adecuado, fomenten la competitividad económica, protejan a los consumidores y promuevan el uso de energías renovables de manera sostenible, el estado colombiano tiene un papel fundamental en la promoción y regulación del URE. Esto implica establecer normativas, así como desarrollar la infraestructura necesaria para su implementación. Además, es crucial crear un marco legal y técnico en proyectos concretos de URE. (El Congreso de Colombia, 2001)

7.2 Leyes 142 y 143 de 1994

La Resolución CREG 030 de 2018 aprobada por la Comisión de Regulación de Energía y Gas de Colombia (CREG) marca un hito significativo en la regulación del autoconsumo y la generación distribuida en el país. Aquí hay un resumen de los aspectos clave de esta nueva normativa:

Alcance del autoconsumo a pequeña escala: La resolución permite el autoconsumo a pequeña escala, que incluye sistemas de hasta 100 kW de potencia. Esto significa que los usuarios residenciales, comerciales y pequeñas industrias podrán generar su propia energía para satisfacer sus necesidades energéticas.

Procedimiento simplificado para instalaciones de mayor escala: Se crea un modo simplificado para el vínculo de medios de autoconsumo a gran potencia instalada superior a 1 MW y hasta 5 MW. Esto reduce la burocracia y facilita la implementación de proyectos de mayor envergadura.

7.3 Ley 1715 de 2014

La Ley 1715 de 2014 en Colombia tiene como objetivo impulsar la expansión y aplicación de recursos energéticos no tradicionales (FNCE) y de energía renovable (FNCER). Según lo informado, la legislación se enfoca en estimular el progreso y la utilización de recursos energéticos no habituales, abarcando tanto la energía nuclear como las energías convencionales. (El Congreso de Colombia, 2014)

✓ Beneficios para Empresas:

Se definen ventajas particulares para compañías que promuevan la incorporación de FNCE y FNCER en la red eléctrica nacional, estas ventajas podrían abarcar la participación en el mercado de energía, el aporte en regiones no conectadas y otras aplicaciones energéticas que respalden metas de desarrollo económico sustentable.

✓ Objetivos de Desarrollo Sostenible:

La legislación resalta que la promoción de FNCE y FNCER busca favorecer metas específicas del crecimiento económico sustentable, mencionando aspectos como la garantía del suministro energético. Uno de los aspectos centrales es facilitar la incorporación de FNCE y FNCER, lo cual subraya la relevancia de su involucramiento activo en la estructura energética del país. En resumen, la Ley 1715 de 2014 en Colombia tiene como propósito primordial estimular el progreso y la inclusión de recursos energéticos no tradicionales y renovables en la red energética nacional, otorgando ventajas a las empresas que contribuyan a estos propósitos. La normativa se alinea con objetivos de desarrollo sostenible, como la seguridad energética y la reducción de emisiones contaminantes. Los datos destacan algunos hitos y desafíos en el avance de proyectos de energía renovable en Colombia hasta diciembre de 2017.

✓ **Certificados Emitidos:**

De acuerdo con los datos proporcionados por la UPME, hasta finales de 2017, se habían concedido 244 certificados para iniciativas relacionadas con energías renovables. Se observa que la tecnología predominante en los proyectos certificados ha sido la intensidad solar fotovoltaica.

✓ **Beneficiarios y Sectores Involucrados:**

Un total aproximado de 164 compañías obtuvieron ventajas de los proyectos autorizados. Se hacen referencia a una variedad de áreas, como el sector de hospedaje y restauración, tecnología de la información y comunicaciones, además de negocios relacionados con actividades culturales, de ocio y esparcimiento.

✓ **Proyección de Capacidad:**

Se estima que la energía eólica generará alrededor de 925 megavatios (MW) cada año. Asimismo, se prevé una capacidad de producción anual de 213 MW.

Desafíos y preocupaciones mencionadas:

✓ **Cifras Relativamente Bajas:**

Aunque se han emitido certificados y hay proyectos en marcha, se destaca que las cifras siguen siendo consideradas pequeñas en comparación con las necesidades y el potencial total del país.

✓ **Producción de Energía Mínima**

Se menciona que la ejecución de energía de estas plantas sigue siendo mínima, lo que puede sugerir que algunos proyectos no han alcanzado su plena capacidad operativa.

✓ **Riesgo de Estancamiento de Proyectos:**

Se señala que Colombia podría estar en riesgo de enfrentar otro estancamiento de proyectos, en parte relacionado con la conclusión del Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía (ProURE) a finales de 2016.

✓ **Importancia de Incentivos Continuos:**

La conclusión del PROURE resalta la relevancia de programas en curso y leyes que impulsen el uso efectivo de la energía y apoyen las fuentes de energía renovable para mantener el avance en este ámbito. En términos generales, también subrayan la urgencia de tomar medidas extra para aprovechar completamente el potencial de estas formas de energía y abordar los obstáculos identificados.

7.4 Artículo 11 Ley 2099 de 2021.

La ley establece que la depreciación acelerada se aplica a activos específicos usados en energía no convencionales (FNCE), así como a equipos para la medición de recursos y acciones de gestión de energía eficiente, como los medidores inteligentes, la tasa anual de depreciación se fija en un máximo del 33.33%, y se menciona la posibilidad de variar esta tasa anualmente por parte del titular del proyecto, siempre y cuando no exceda el límite establecido. Además, se indica que la tasa podría ser modificada por la ley para permitir porcentajes globales mayores en ciertos casos. (El Congreso de Colombia, 2021)

7.5 Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE

El Ministerio de Minas y Energía comunica que el 30 de agosto de 2013 se emitió la Resolución 90708, la cual establece el nuevo Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE. Además, mediante las Resoluciones 90907 de 2013, 90795 de 2014, 40492 de 2015,

40157 de 2017 y 40259 de 2017 se realizan ajustes y clarificaciones en ciertos aspectos del Anexo General de la Resolución 90708 de 2013. (Ministerio de Minas y Energía, 2013)

✓ ¿Se requiere el certificado RETIE para las instalaciones Fotovoltaicas?

El certificado RETIE normatividad que regula la seguridad en la instalación de redes para las instalaciones eléctricas.

El proceso de obtención del certificado RETIE implica la evaluación de diversos aspectos de la instalación, incluyendo el diseño, las memorias de cálculo, y otros elementos relevantes. El dictamen de inspección y la declaración de cumplimiento son parte integral de este proceso y certifican que la instalación cumple con los estándares establecidos en el RETIE, es importante destacar que el cumplimiento de estas normativas no solo es una exigencia legal. Garantiza que las instalaciones cumplen con estándares específicos para evitar riesgos eléctricos y asegurar su correcto funcionamiento en el contexto de la red eléctrica.

8 Diseño Metodológico

8.1 Lugar de Ubicación

Este análisis se llevará a cabo en el área de sistemas de la (I.E.T.A) en Chivatá, situada dentro de la jurisdicción de Chivatá en el centro del departamento de Boyacá. Este municipio se encuentra en el altiplano Cundiboyacense y está a una distancia de 6 km de Tunja, formando parte integral de su extensa zona metropolitana.

Ubicación: Chivatá está en el corazón de la región de Boyacá, en la parte central de Colombia. Geográficamente, se encuentra aproximadamente a una latitud de 5° 35' Norte y a una longitud cercana a 73° 31' Oeste.

Relieve: El municipio de Chivatá se halla en una región montañosa, presenta un terreno irregular con elevaciones y valles. La altitud media ronda los 2.600 s.n.m.

Clima: Chivatá posee montaña, caracterizado por una marcada variación estacional. Las temperaturas suelen ser frescas durante todo el año, con promedios que oscilan entre los 10°C y 18°C. La precipitación se distribuye principalmente en dos estaciones lluviosas.



Figura 24 Institución Técnica Agropecuaria Chivatá Municipio de Chivatá. Fuente: (Alcaldía Municipal de Chivatá Boyacá, 2023)



Figura 25 Institución Técnica Agropecuaria Chivatá Municipio de Chivatá. Fuente: (Alcaldía Municipal de Chivatá Boyacá, 2023)

8.2 Intensidad de radiación solar en Chivatá Boyacá

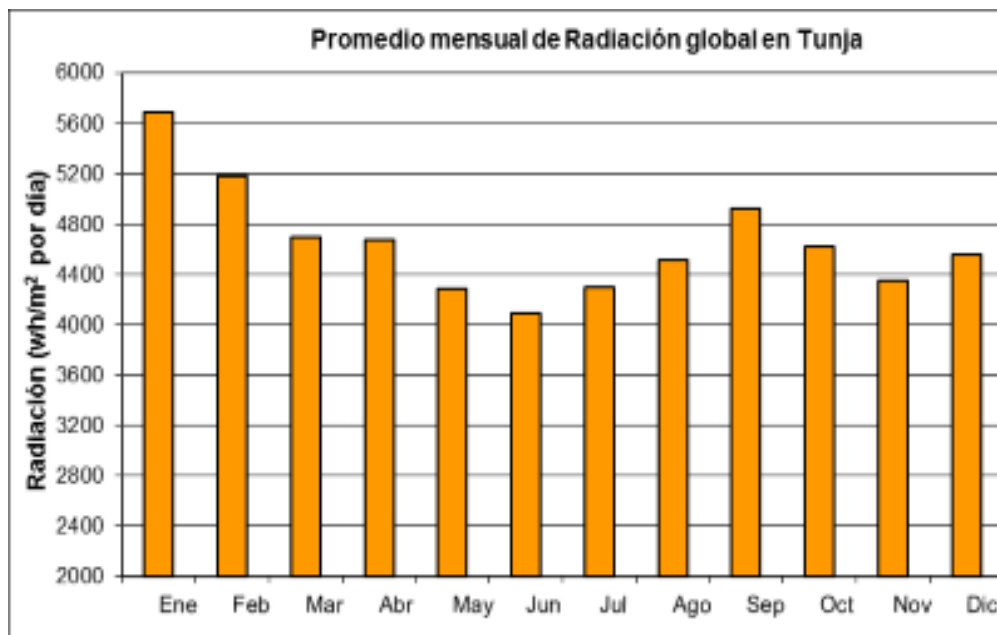


Figura 26 Promedio mensual de radiación solar de Tunja. (IDEAM, 2019)

En la representación gráfica se presentan los valores mensuales de radiación solar en la ciudad de Tunja, utilizada como punto de referencia debido a su cercanía al centro hacia Chivatá. En Chivatá, el mes de enero destaca por registrar el nivel más elevado de radiación solar, alcanzando los 5600 Wh/m². Esto indica una abundante disponibilidad de energía solar durante dicho mes, lo que lo convierte en un período crítico para la generación de energía. La radiación solar elevada señala condiciones óptimas para producir energía. Por consiguiente, en Chivatá, en términos de producción energética, enero se posiciona como un mes estratégico y beneficioso para aprovechar el potencial del sistema solar fotovoltaico.

Latitud = 15°												
Inclinación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0°	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5°	1,04	1,03	1,01	1	0,99	0,98	0,99	1	1,02	1,03	1,04	1,04
10°	1,07	1,05	1,02	0,99	0,97	0,96	0,97	0,99	1,02	1,06	1,08	1,08
15°	1,09	1,06	1,02	0,98	0,94	0,93	0,94	0,98	1,03	1,07	1,11	1,11
20°	1,11	1,07	1,01	0,95	0,91	0,89	0,91	0,95	1,02	1,09	1,13	1,13
25°	1,12	1,07	1	0,93	0,87	0,85	0,87	0,93	1,01	1,09	1,14	1,15
30°	1,12	1,06	0,98	0,89	0,82	0,8	0,82	0,89	0,99	1,08	1,15	1,16
35°	1,11	1,05	0,95	0,85	0,77	0,74	0,77	0,85	0,96	1,07	1,15	1,16
40°	1,1	1,03	0,92	0,81	0,72	0,68	0,71	0,8	0,93	1,05	1,14	1,15
45°	1,09	1	0,88	0,76	0,66	0,62	0,65	0,75	0,89	1,03	1,12	1,14
50°	1,06	0,97	0,84	0,7	0,59	0,55	0,59	0,69	0,84	1	1,1	1,12
55°	1,03	0,93	0,79	0,64	0,52	0,48	0,52	0,63	0,79	0,96	1,07	1,09
60°	0,99	0,89	0,74	0,58	0,45	0,4	0,44	0,56	0,74	0,91	1,03	1,05
65°	0,95	0,84	0,68	0,51	0,38	0,32	0,37	0,49	0,67	0,86	0,99	1,01
70°	0,9	0,78	0,62	0,44	0,3	0,24	0,29	0,42	0,61	0,8	0,94	0,97
75°	0,85	0,72	0,55	0,37	0,22	0,16	0,21	0,35	0,54	0,74	0,88	0,91
80°	0,79	0,66	0,48	0,29	0,14	0,1	0,13	0,27	0,47	0,67	0,82	0,85
85°	0,73	0,59	0,41	0,21	0,1	0,09	0,09	0,19	0,39	0,6	0,75	0,79
90°	0,66	0,52	0,33	0,14	0,09	0,08	0,08	0,11	0,31	0,53	0,68	0,72

Figura 27 Tabla de Factor de Corrección K para Superficies Inclinadas Fuente (Energetica, 2016)

Se realiza una investigación de los registros de radiación de los últimos años en sitio de estudio y a sus alrededores tomando como la ciudad de Tunja Boyacá, en donde se pretende encontrar la información necesaria para que se puede observar y comparar la información suministrada para el diseño de las instalaciones a implementar.

Se utiliza varios softwares como: (IDEAM, SunCalc, PVGIS Online Tool) los cuales se les ingresa las coordenadas de latitud y longitud, donde se halla el estudio y el comportamiento de la irradiación a lo largo del año del municipio de Chivatá.

PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM

European Commission > EU Science Hub > PVGIS > Interactive tools

Home Tools Downloads+ Documentation Contact us

Cursor: Selected: 5.559, -73.282
Elevation (m): 2932
PVGIS ver: 5.2

Use terrain shadows:
 Calculated horizon
 Upload horizon file
Switch to version 5.1

MONTHLY IRRADIATION DATA

Solar radiation database: PVGIS-NSRDB
Start year: 2005
End year: 2005

Irradiation:
 Global horizontal irradiation
 Direct Normal Irradiation
 Global irradiation optimum angle
 Global irradiation at angle

Ratio:
 Diffuse/global ratio

Temperature:
 Average temperature

Visualize results

Location changed. Click to refresh display of results

MONTHLY IRRADIATION DATA: RESULTS

Radiation Diffuse/Global Temperature Info PDF

Figura 28 Sistema de información geográfica fotovoltaica Fuente: (PVGIS, 2015)

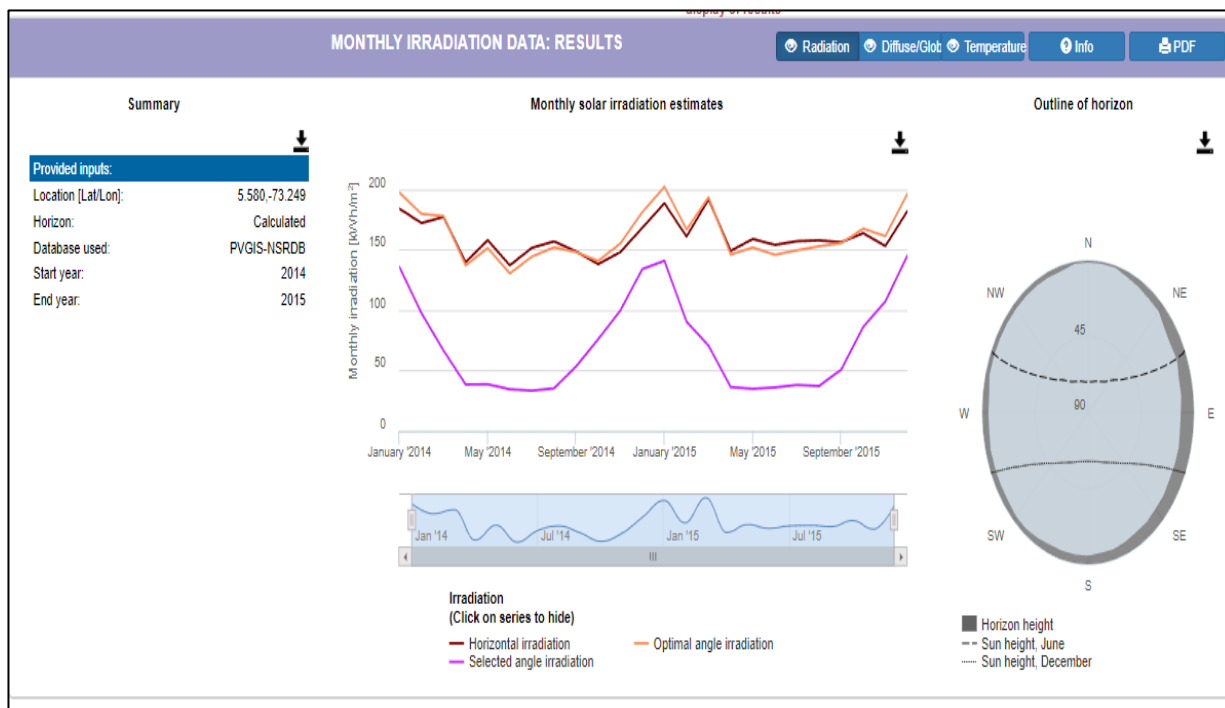


Figura 29 Datos mensuales de irradiación de Chivatá Boyacá: resultados Fuente: (PVGIS, 2015)

Luego de conseguir los datos necesarios para saber la radiación por día de la zona de trabajo, según el reporte observado para determinar la dirección óptima de un panel solar en Chivatá, Boyacá, es recomendable tener en cuenta la ubicación geográfica y la posición del sol en esa área. Se proporcionan detalles sobre la posición y la inclinación óptimas de los módulos solares para facilitar su instalación y limpieza. Estos hallazgos indican un aumento de 5 grados en la inclinación, junto con 10 grados adicionales para mejorar el mantenimiento respectivo y optimizar la eficacia de los módulos.

8.3 Diseño y tipo de investigación

Investigación Aplicada: Dentro del estudio de diseño se requiere hallar la siguiente viabilidad de la instalación de un sistema solar fotovoltaico, para el diseño de un sistema de energía renovable para la sala de sistemas de la I.E.T.A en el incremento de horas de prestación del servicio y que reduzca las emisiones atmosféricas en el medio ambiente.

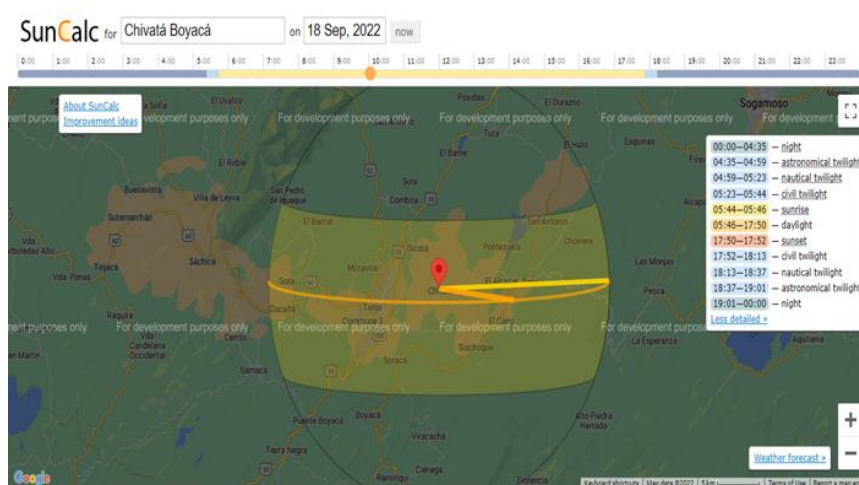


Figura 30 Gráfico de la posición del sol, las fases de la luz Municipio de Chivatá. Fuente (SunCalc. , 2023)

8.4 Cargas para energizar

De acuerdo con este proyecto la cantidad de equipos que se van a beneficiar son: 15 Portátiles Compumax, 1 Computador de mesa, 1 Televisor, 4 bombillas led, 1 Router, 1 Switch.



Figura 31 Sala de informática de la I.E.T.A del municipio de Chivatá Boyacá Fuente (Alcaldía Municipal de Chivatá Boyacá, 2023)



Figura 32 Equipos portátiles almacenados de la I.E.T.A del municipio de Chivatá Boyacá Fuente



(Alcaldía Municipal de Chivatá Boyacá, 2023)

Figura 33 Equipo de mesa trabajado por el docente Fuente (Alcaldía Municipal de Chivatá



Boyacá, 2023)

Figura 34 Rack de telecomunicaciones de la sala de sistema de la I.E.T.A. Fuente (Alcaldía Municipal de Chivatá Boyacá, 2023)

8.5 Determinar la energía necesaria para alimentar la sala de sistemas de la I.E.T.A

Los siguientes datos son los suministrados y obtenidos de la sala de sistemas del I.E.T.A haciendo un promedio básico de los que equipos y componentes que se utilizan a diario en la sala de lunes a domingo con las clases de informática que se llevan en dicho lugar.

Tabla 2.

Potencia total de la instalación

Unid	Carga AC	Volt (Vac)	Pot (w)	Pot Total (w)	Horas	Días	F.p	Wh/Día	Energía Total Wh/Día	Energía Total Wh/Día* Margen Seguridad 20%
15	Computador Portátil	120	70	1050	4	7	0,7	1500	4200	5040
4	Bombillas Led (30w)	120	30	120	4	7	0,7	171	480	576
1	Computador de Mesa	120	310	310	4	7	0,7	443	1240	1488
1	Modem Internet	120	20	20	4	7	0,7	29	80	96
1	Puerto Swtich	120	130	130	4	7	0,7	186	520	624
1	Televisor (LCD 42")	120	25	25	4	7	0,7	36	100	120
23	Total			1655				2365	6620	7944

Fuente: Autor

8.6 Consumo Mediano Diario

Para calcular la energía media diaria total del sistema se debe hacer el cálculo mediante la fórmula de consumo medio diario el cual nos dará una estimación o aproximación de la energía.

$$L_{MD} = \frac{\frac{L_{MD,CA}}{\eta_{INV}}}{\eta_{BAT} * \eta_C}$$

- L_{MD} Consumo medio diario
- $L_{MD,CA}$ Energía media diaria consumida en corriente alterna
- η_{INV} Rendimiento del Inversor
- η_C Rendimiento de los conductores que representa las pérdidas por efecto Joule
- η_{BAT} Rendimiento de la Batería

Una vez se conoce las variables de la ecuación de consumo mediano diario se procede a reemplazar en la fórmula por los valores ya suministrados y obtenidos.

$$L_{MD} = \frac{\frac{7944}{0,9}}{0,85 * 0,98}$$

$$L_{MD} = 10596 \text{ Wh} \rightarrow 10.5 \text{ KWh}$$

El consumo mediano diario del sistema a implementar es de 10.5 KWh

8.7 Diseño de sistema fotovoltaico Tipo A

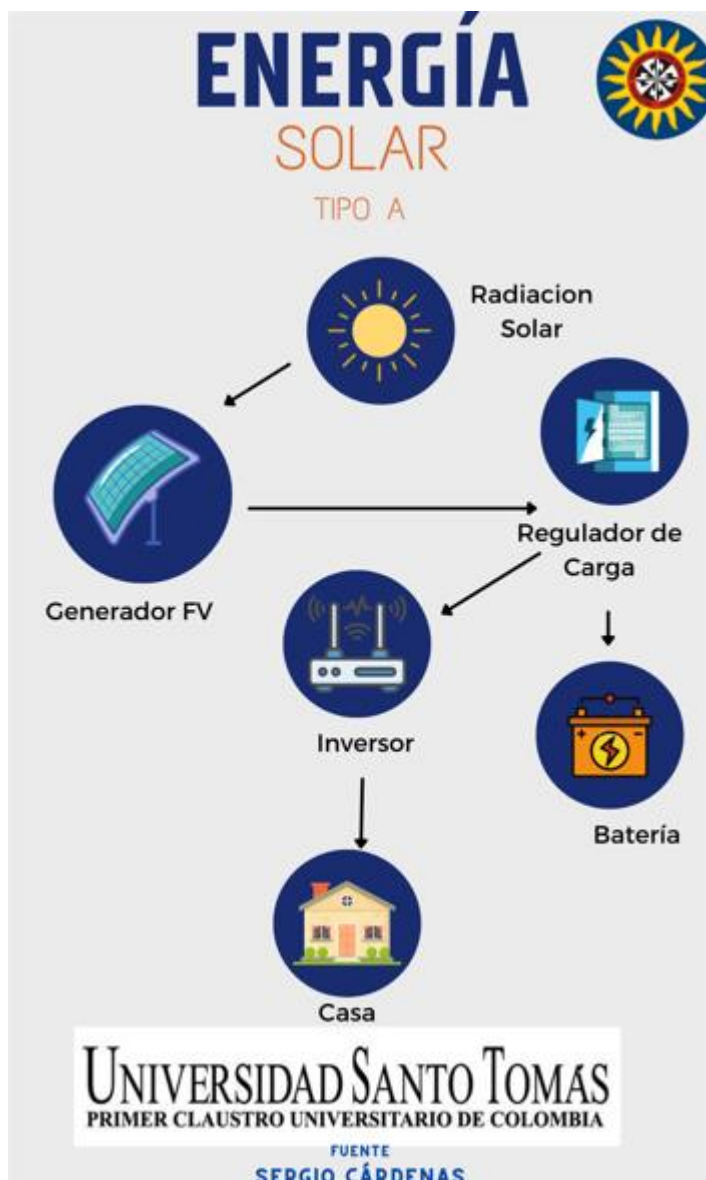


Figura 35 Diseño Fotovoltaico Aislado sin conexión a la red. Fuente: El Autor.

Este tipo de instalaciones tienen como característica el autoconsumo instantáneo que se genera de los módulos fotovoltaicos, son autónomos de su energía lo que lo diferencia al tipo B que va conectado a la red de distribución y en vez de un regulador o inversor, tiene como funcionamiento y protección un interruptor de control de potencia.

Instalación que conectan generalmente a la red, por ello son capaces de generar energía y se enlazan que se garantice un óptimo rendimiento y suministro eléctrico, haciendo una contribución económica al generar la reducción en el recibo de luz.

8.7.1 *Análisis de Resultados para Tipo A*

En las siguientes ecuaciones, se puede calcular la sumatoria de las cargas a implementar, para al final tener como resultado el valor de la Energía total del sistema.

- Selección Panel Fotovoltaico

Para la selección del panel fotovoltaico se debe realizar el cálculo de las cantidades de modulos solares para instalar en nuestro sistema.

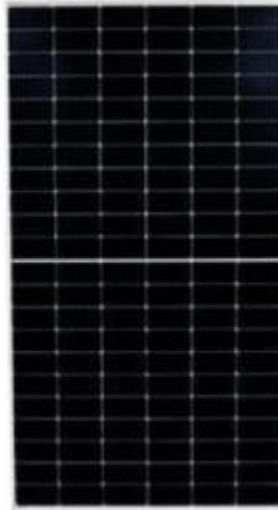


Figura 36 Panel Solar 500W Fuente (Autosolar, 2018)

Energía diaria producida por un modulo (E_{DMF}) en condiciones estándar, La hora solar pico seleccionada en un mes crítico (HSP) dada la figura 27 es de $5.600\text{wh}/\text{m}^2$ y el coeficiente de pérdidas del módulo fotovoltaico se obtiene de la ficha técnica del mismo.

$$E_{DMF} = HSP * PR * P_{mod, stc}$$

$$E_{DMF} = 5.6 * 0.62 * 500w$$

$$E_{DMF} = 1736Wh \rightarrow 1.7KWh/día$$

- E_{DMF} = Energía diaria producida por un modulo
- HSP = Hora solar pico diarias en el mes critico
- PR = Coeficiente de pérdidas del módulo Fotovoltaico
- $P_{mod, stc}$ = Potencia máxima en condiciones estándar del panel solar seleccionado
- Numero de módulos solares, se calculan a partir de los cálculos del consumo mediano total (L_{MDCrit}) 7944 Wh/día y la energía proporcionada en un mes critico por el módulo (E_{DMF}).

$$N_T = \frac{L_{MDCrit}}{E_{DMF}}$$

$$N_T = \frac{7944 Wh/dia}{1736 Wh/día}$$

$$N_T = 4.576 \approx 5 \text{ Paneles solares}$$

- N_T = Numero de módulos solares
- L_{MDCrit} = Consumo mediano diario total
- E_{DMF} = Energía proporcionada por un módulo en un mes crítico
- Numero de módulos en serie se calcula a partir de la tensión nominal de la instalación (v_n) 48V sobre el voltaje máximo de potencia del módulo ($v_{mod, mpp}$) 24V.

$$N_s = \frac{v_n}{v_{mod, mpp}}$$

$$N_s = \frac{48v}{24v}$$

$$N_s = 2$$

- N_s = Numero de módulos en serie
- v_n = Tensión nominal de la instalación
- $v_{mod, mpp}$ = Voltaje máximo de potencia

- Numero de ramas en paralelo se consigue a partir del valor total de módulos solares (N_T), sobre el número de módulos en serie N_S .

$$N_p = \frac{N_T}{N_S}$$

$$N_p = \frac{5}{2}$$

$$N_p = 2.5 \approx 3$$

- N_p = Numero de ramas en paralelo
- N_S = Numero de módulos en serie
- N_T = Numero de módulos solares
- Selección de batería

La batería fue seleccionada según los artículos disponibles en la tienda de auto solar Colombia. Según la disponibilidad de equipos relacionada con la implementación de una consulta técnica a uno de los asesores comerciales se pueden presentar 3 tipos de baterías AGM gel y litio.



Figura 37 Batería de 12V 300Ah Tensite (Autosolar, 2018)

Según la disponibilidad de stock y manejo de referencias disponibles se presentan baterías de gel y baterías de litio para el caso de las baterías de gel se presentan baterías de 100 A/h, 150 A/h, 250 A/h, 300 A/h, en una capacidad de voltaje de 12v, para el litio presentamos 2 baterías una de 3.5 kW y otra de 2.4kW a un funcionamiento de 48 voltios, con ello directamente vamos a hacer la implementación o la elección de la batería de 300A 12v de la marca Tensite la cual tiene un ciclo profundo de descarga del 50% aprobada por fabricante.

Con la batería seleccionada se va a hacer el cálculo relacionado al banco de baterías específico según el consumo promedio que tenemos en el sistema teniendo un consumo de 9.4 kWh/día vamos a presentar un margen de seguridad del 20% lo cual nos dará un valor de energía promedio diario de 10.5 kW h/día teniendo en cuenta el promedio de energía diario vamos a hacer el cálculo del banco de baterías el cual tendrá que tener la capacidad de almacenar la energía mencionada anteriormente en él

Dimensionado de Batería

- Capacidad nominal del sistema de acumulación de carga

$$C_D = \frac{L_{MD}}{P_{DD} * V_n}$$

$$C_D = \frac{10596 \text{ Wh/día}}{0.2 * 48V}$$

$$C_D = 1103.85Ah$$

- L_{MD} Consumo medio diario
- C_D Capacidad nominal de batería
- P_{DD} : Profundidad de descarga diaria
- Capacidad en función de la profundidad máxima de descarga estacional para 3 días de autonomía

$$C_E = \frac{L_{MD} * D_{AUT}}{PD_E * V_n}$$

$$C_E = \frac{10596 \text{ Wh/día} * 3}{0.7 * 48V}$$

$$C_E = 946.071Ah$$

- L_{MD} Consumo medio diario
- PD_E : Profundidad de descarga estacional
- D_{AUT} : Dias de autonomia
- C_E : Capacidad nominal estacionaria de la bateria
- Capacidad nominal se obtiene a partir del resultado de Capacidad nominal del sistema de acumulación de carga (C_n) que tiene que ser mayor a la capacidad nominal estacionaria de la batería (C_E)

$$C_n \geq \text{Max}(C_E)$$

$$C_n \geq 1103.85Ah/día$$

- Se calcula la corriente en corto circuito del generador fotovoltaico para el caso de 3 ramas en paralelo

$$I_{SC} = I_{MOD,SC} * N_P$$

$$I_{SC} = 13.93A * 3$$

$$I_{SC} = 41.79A$$

- Máxima Capacidad de las Baterías * 25 veces la corriente de corto circuito

$$C_n \leq 25 * I_{SC}$$

$$C_n \leq 25 * 41.79A$$

$$C_n \leq 1.045Ah$$

Teniendo en cuenta los resultados previos, la capacidad mínima de sistema de acumulación es de 1045Ah y la máxima de 1103Ah.con una tensión nominal de 24V.

Teniendo en cuenta el cálculo del banco de baterías la energía que tendremos presente en el banco baterías disponible con un ciclo de descarga del 50% que es la aprovechable por lo general directamente por las recomendaciones de fabricante y por las recomendaciones del uso de baterías de gel tendremos un margen de energía de 10.5 KWh/día. Lo cual se especifica que tendremos que realizar un sistema de inversor de 48 voltios ya que no es recomendado que las baterías de gel se conectan en paralelo teniendo en cuenta esto la conexión en serie cuatro baterías de 12v nos presentarán un sistema de 48v para el inversor.

- Selección del regulador de Carga

Dimensionar el correcto funcionamiento de nuestro sistema de energía solar tipa A se calculará los valores para la selección adecuada del regulador de carga, para ello debemos se debe hallar la máxima corriente que soporta tanto para su entrada como para su salida.



Figura 38 Regulador Carga Smart Solar MPPT 250/85 (Autosolar, 2018)

- Potencia real total (Q_{CA}) va hacer la suma de las potencias activas con cada una de las cargas seleccionadas en nuestro sistema a implementar véase en la Tabla 2

$$P_{CA,CD} = \sum Q_i = 1050 + 310 + 20 + 130 + 25 = 1655W$$

$$Q_{CA} = \sum Q_i = P_{CA,CD} * \text{tang}(\cos^{-1} \phi)$$

$$Q_{CA} = 1655 \text{ w} * \text{tang}(\cos^{-1}(0.61))$$

$$Q_{CA} = 1993.99 \text{ VAR}$$

- Q_{CA} Potencia reactiva total
- P_{CA} Potencia activa total
- $\sum P_i$ Suma de las potencia activa de cada una de las cargas
- Potencia Aparente se calcula a partir de la potencia activa y la potencia real.

$$S_{CA} = \sqrt{P_{CA}^2 + Q_{CA}^2}$$

$$S_{CA} = \sqrt{1655^2 + 1993.99^2}$$

$$S_{CA} = 2591.33VA$$

- Q_{CA} Potencia reactiva total
- P_{CA} Potencia activa total
- S_{CA} Potencia aparente total
- Máxima corriente procedente del sistema regulador de carga con seguimiento del punto máximo del sistema, tendremos un factor de seguridad para impedir daños en el regulador de carga.

$$I_{ENTRADA} = 1.25 * I_{MOD,SC} * N_P$$

$$I_{ENTRADA} = 1.25 * 12.83A * 4$$

$$I_{ENTRADA} = 64.15A$$

- $I_{ENTRADA}$ Corriente de entrada
- $I_{MOD,SC}$ Corriente maxima del Modulo Fotovoltaico
- N_P Numero de paneles

- 1.25 Factor de seguridad
- Corriente máxima de la salida de la línea de consumo se calcula con los resultados del total de la Potencia Aparente, sobre el rendimiento del inversor y sobre el voltaje de la instalación por el factor de seguridad para que no allá daños en el regulador

$$I_C = 1.25 * \frac{S_{CA}}{\eta_{INV} V_n}$$

$$I_C = 1.25 * \frac{2591.33}{0,9 \cdot 48}$$


$$I_C = 74.98A$$

- Máxima tensión del generador fotovoltaico en condiciones estándar en su tensión de circuito abierto

$$V_{MOD,OC} = 1 * 45.59V$$

$$V_{MOD,OC} = 45.59V$$

- Selección de inversores específico con respecto al sistema y las características necesarias. Teniendo en cuenta la selección de nuestro banco de baterías y la potencia específica relacionada a las cargas que vamos a cubrir con el Sistema Solar se realiza la elección del inversor Growth de 3000v LVM SPF 48V



Datasheet	SPF 3000TL LVM-24P	SPF 3000TL LVM-48P
Battery voltage	24VDC	48VDC
Battery type	lead-acid	Lithium/lead-acid
INVERTER OUTPUT		
Rated Power	3000VA/3000W	3000VA/3000W
Parallel Capability	Yes, 6 units maximum	Yes, 6 units maximum
AC Voltage Regulation (Battery Mode)	120VAC ± 0.5% @ 50/60Hz	120VAC ± 0.5% @ 50/60Hz
Surge Power	6000VA	6000VA
Efficiency (Pure)	92%	92%
Shutdown	Push time switch	Push time switch
Transfer time	10 ms (for Personal Computers); 20 ms (for Home Appliances)	10 ms (for Personal Computers); 20 ms (for Home Appliances)
SOLAR CHARGER		
Maximum PV Array Power	2000W	4000W
MPP Range (at Operating Voltage)	35VDC - 115VDC	60VDC - 115VDC
Maximum PV Array Open-Circuit Voltage	145VDC	145VDC
Maximum Solar Charge Current	80A	80A
Maximum Efficiency	97%	97%
Standby Power Consumption	2W	2W
AC CHARGER		
Charge Current	80A	40A
AC Input Voltage	120VAC	120VAC
Selectable Voltage Range	95-140 VAC (for Personal Computers); 65-140 VAC (for Home Appliances)	95-140 VAC (for Personal Computers); 65-140 VAC (for Home Appliances)
Frequency Range	50/60Hz (Auto-sensing)	50/60Hz (Auto-sensing)
PHYSICAL		
Dimension (WxHxL) in mm	130x50x165	130x50x165
Net Weight (kg)	11	11
OPERATING ENVIRONMENT		
Humidity	0% to 95% Relative Humidity (Non-condensing)	0% to 95% Relative Humidity (Non-condensing)
Operating temperature	0°C - 50°C	0°C - 50°C
Storage temperature	-10°C - 60°C	-10°C - 60°C

Figura 39 Ficha técnica del inversor 3000TL LVM seleccionado Fuente (Autosolar, 2018)

La elección del inversor se realiza por el manejo del banco de baterías de 48v y ya que por disponibilidad de manejo de equipos no se puede presentar un inversor de menor potencia ya que los inversores de 48 voltios empiezan a manejar en sistemas de 2000v a 2500v en adelante teniendo en cuenta lo anterior y teniendo en cuenta que las cargas tienen una suma total de aproximadamente 1500v la elección del inversor de 3000 a 48v se realiza por su facilidad de implementación en el banco de baterías y por darle un manejo de seguridad relacionado a la conexión de más equipos para el sistema

- Potencia nominal del inversor

$$SI_{INV} = 1.2 * S_{CA}$$

$$SI_{INV} = 1.2 * 2591.33VA$$

$$SI_{INV} = 3018.39VA \approx 3100VA$$

- SI_{INV} : Potencia aparente del inversor

○ S_{CA} : Potencia aparente en corriente alterna

La siguiente figura 41 una cotización formal a la empresa Auto Solar, la cual se le brindo los datos requeridos los cuales fueron, tipo de instalacion, energia del sistema a implementar, cargas a energizar. Ademas, analizan los resultados y hacer la verificacion de los materiales que hay en stock, brindando una lista detallada y sugerida de precios y cantidades de lo que se necesitaria para la utilización de este sistema.

CODIGO	DESCRIPCION	CANT	PRECIO	SUBTOTAL	DTO.	TOTAL
1002327	Panel Solar 500W Deep Blue 3.0 JA Solar	4	527,029	2,108,116		2,108,116
5201014	Cable Unifilar de 6 mm2 SOLAR PV 1,5kV Rojo	10	6,549	65,495		65,495
5201016	Cable Unifilar de 6 mm2 SOLAR PV 1,5kV Negro	10	6,629	66,289		66,289
5205165	Regulador Carga SmartSolar MPPT 250/85-Tr Victror	1	3,073,707	3,073,707		3,073,707
3004250	Inversor Cargador Growatt SPF 3000TL LVM 24V	1	2,510,598	2,510,598		2,510,598
3202017	Monitorización Growatt Shine Wifi-F	1	190,621	190,621		190,621
1702510	Batería GEL 6V 600Ah Tensite	4	1,373,449	5,493,796		5,493,796
5504052	Protector Bornes Baterías GEL Rojo y Negro	4	6,923	27,692		27,692
5504021	Cable de Interconexión de Baterías	3	28,639	85,916		85,916
5201032	Cable Unifilar 50 mm2 POWERFLEX RV-K Negro	1	40,198	40,198		40,198
5201030	Cable Unifilar 50 mm2 POWERFLEX RV-K Verde	1	40,198	40,198		40,198
5505121	Terminal de Ojo - Cable 50mm, ojo 10mm	6	4,085	24,51		24,51
5504046	Conector Paralelo 2 Paneles MC4 Tipo T Rigido	1	28,125	28,125		28,125
5504000	Conector Retie MC4	1	7,744	7,744		7,744
	KitMaterialEléc.3KW110V ProtecciónMPPT32A Semi E.					
	DC					
5504227	Fusible DC 15A 10x38 1000VDC AteFuse	1	10.033	20.065		20.065
5504124	Portafusible DC 10x38	1	17.960	35.921		35.921
5504134	Breaker DC 2P 16A 550V FEEO	1	73.629	73.629		73.629
7102527	DPS DC SOLAR 20KVA 2P 600V	1	150.847	150.847		150.847
5509025	Borne de Conexión de Carril Din Tierra	1	7.377	7.377		7.377
5509026	Borne de Conexión de Carril Din Gris	1	2.753	2.753		2.753
5504051	Tablero de Sobreponer 6 polos	1	52.127	52.127		52.127
9506010	Tablero de Sobreponer 8 polos	1	59.819	59.819		59.819
2504023	Desconectador de Baterías 600A y terminales	1	400.024	400.024		400.024

Figura 40 Cotización del sistema Tipo A solicitado a la empresa AUTO SOLAR (AutoSolar, 2024)

AC						
7102514	Breaker AC 2P 32A 230V Lumek		26,272	52,544		52,544
7102490	Vigilante de tension monofasico 3P Analogo	1	98,351	98,351		98,351
9506083	Base instalacion inversor	1	117,65	117,65		117,65
9501017	Servicio Montaje de Base Inversor	1	150.000	150.000		150.000
9506084	Canaleta Ranurada Gris 40*60x1m	1	17,568	17,568		17,568
5202059	Cable AWG 8 azul	10	7,866	78,659		78,659
5202057	Cable AWG 8 blanco	10	7,866	78,659		78,659
5202050	Cable AWG 10 verde	10	4,718	47,177		47,177
9509076	Coraza Metalica 1"	15	10,832	162,477		162,477
9509077	Conector Coraza 1"	6	8,223	49,338		49,338
	**Estrcutura Techo Metalico 4 Panel KH915 (ELES)					
1509019	Riel de 2.5m Aluminio Anodizado	4	65,76	263,039		263,039
1509016	U Clamp Falcat (Unión)	2	5,684	11,369		11,369
1509014	M Clamp Falcat (Intermedio)	6	5,677	34,065		34,065
1509015	F Clamp Falcat (final)	4	6,253	25,011		25,011
1509021	L Clamp Falcat (Ele)	6	8,141	48,848		48,848
1509017	Conector de Tierra para Estructura	2	5,674	11,347		11,347
Total						\$15,789,684
Total 19% IVA						\$2,259,473
Total General						\$18,049,157

Figura 41 Cotización del sistema Tipo A solicitado a la empresa AUTO SOLAR Fuente (Empresa Auto Solar, 2024)

8.8 Diseño de sistema fotovoltaico Tipo B

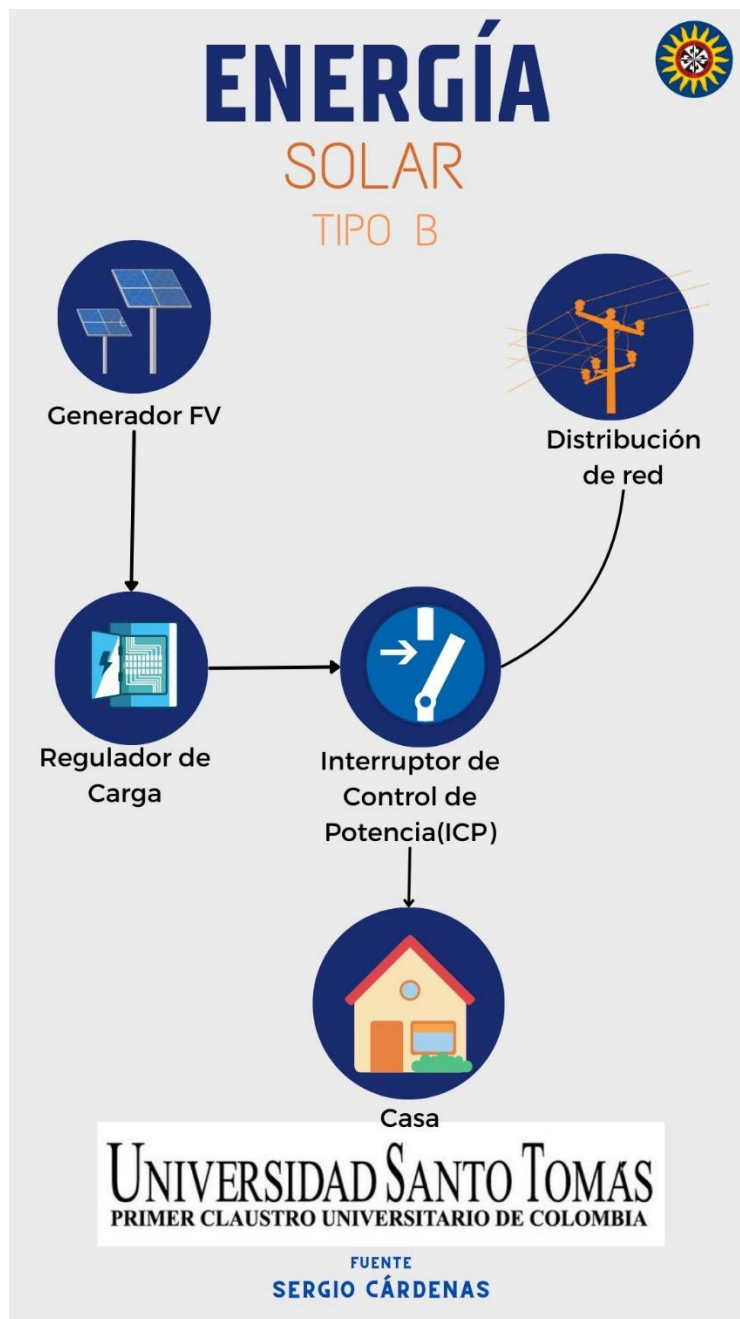


Figura 42 Diseño Fotovoltaico Asistido con Interruptor de Control de Potencia (ICP) Fuente

Autor

8.8.1 Análisis de Resultados para tipo B

El diseño de una instalación generadora asistida tipo B, donde la salida de energía se destina a alimentar cargas a través de la red de distribución. Para facilitar esto, se emplea un sistema de conmutación que permite alternar entre unión entre la red de distribución y un interruptor de control de potencia, lo que impide que ambos se acoplen simultáneamente.

En términos generales, este sistema de conmutación tiene como objetivo principal gestionar eficientemente la fuente de energía utilizada para alimentar las cargas. Cuando la instalación está conectada a la red de distribución, el interruptor de control de potencia se desconecta para evitar que la energía solar generada localmente interfiera con la energía proveniente de la red. Del mismo modo, cuando se desea utilizar la energía solar generada localmente, se desconecta la conexión a la red de distribución para asegurar que las cargas sean alimentadas exclusivamente por la generación local.

Después de obtener los cálculos en el anterior sistema Tipo A los cuales son Modulos fotovoltaicos, regulador de carga datos muy similares ya que se presenta las mismas cargas para ambos sistemas de diseño véase en la sección **8.7.1 Análisis de Resultados para Tipo A**. Seguidamente, se implementará el interruptor de potencia (ICP) el cual se ajustó a nuestro diseño.

- Selección del interruptor de control de potencia (ICP).



Figura 43 Interruptor AC 2X63A 230V-6KA Lumek Fuente (Autosolar, 2018)

La selección del Interruptor de Control de Potencia (ICP), también llamado breaker o disyuntor, es un mecanismo electromecánico creado para resguardar un sistema eléctrico de excesos de corriente y cortocircuitos. Su tarea principal consiste en cortar la corriente en caso de detectar una situación de riesgo que pudiera causar daños al sistema eléctrico o a los dispositivos conectados a él. Las fórmulas vinculadas al Interruptor de Control de Potencia generalmente se enfocan en calcular su capacidad de interrupción y en ajustarlo apropiadamente para un sistema eléctrico específico

- La ecuación de un interruptor de control de potencia, en su forma más básica, puede expresarse como:

$$P = VI$$

$$I = \frac{P}{V}$$

En esta ecuación por análisis Ley de Kirchoff podemos reemplazar valores para poder hallar la corriente necesaria que necesita el interruptor, que sería el total de la Energía 7944Wh/día sobre el voltaje, en Colombia la tensión nominal que utilizamos es 120Vca a 240Vca, si es trifásica.

$$I = \frac{7944W}{120vac}$$

$$I = 66.2A$$

P = Potencia consumida o entregada por el interruptor.

V = Tensión (voltaje) a través del interruptor.

I = Corriente que fluye a través del interruptor.

Tabla 3.

Corrientes y Potencias del interruptor de control de potencia

MONOFASICO -VOLTAJE 120 V		TRIFASICO-VOLTAJE 120 – 400V	
CORRIENTE ICP	Potencia Nominal	Corriente ICP	Potencial Nominal
1,5	180	1,5	1039
3	360	3	2078
3,5	420	3,5	2425
5	600	5	3464
7	840	7	5196
10	1200	10	6928
15	1800	15	10392
20	2400	20	13856
22	2640	22	17320
30	3600	30	20748
35	4200	35	24247
40	4800	40	27712
45	5400	45	31177
50	6000	50	34641
63	7560	63	43646
66	7944	66	47213

Nota. Elaboración Propia (2024)

Una vez solicitada la cotización por parte de AURO SOLAR, se tiene como punto de referencia una lista con los respectivos materiales, precios, cantidades y demás que se necesitara para poder implementar el tipo de instalación de sistema solar tipo B, es un sistema conectado a la Red de distribución no lleva Baterías lo que implica una gran diferencia entre los valores finales en comparación a la instalación tipo A

CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO	SUBTOTAL	DTO.	TOTAL
1002327	Panel Solar 500W Deep Blue 3.0 JA Solar	5	578.446	2.892.232		2.892.232
5205165	Regulador Carga SmartSolar MPPT 250/85-Tr Victron	1	3.073.707	3.073.707		3.073.707
6050215	Breaker de Riel AC 2X63A 230V-6KA	1	32.452	32.452		32.452
5201014	Cable Unifilar de 6 mm2 SOLAR PV 1,5kV Rojo	16	7	104.792		104.792
5201016	Cable Unifilar de 6 mm2 SOLAR PV 1,5kV Negro	16	6.629	106.062		106.062
5202055	Cable AWG 8 Verde	8	7.866	62.927		62.927
5504000	Conector Retie MC4	2	7.744	15.489		15.489
	KitMat.Electrico OnGrid 220VAC 20A					
	DC					
5504227	Fusible DC 15A 10x38 1000VDC AteFuse	2	10.033	20.065		20.065
5504124	Portafusible DC 10x38	2	17.960	35.921		35.921
5504134	Breaker DC 2P 16A 550V FEE0	1	73.629	73.629		73.629
7102527	DPS DC SOLAR 20KVA 2P 600V	1	150.847	150.847		150.847
5504081	Caja de Protección IP65 40x30x20	2	201.906	403.813		403.813

Figura 44 Cotización del sistema Tipo B solicitado a la empresa AUTO SOLAR Fuente (AutoSolar, 2024)

	AC				
7102490	Vigilante de tension monofasico 3P Analogo	1	98.351	98.351	98.351
9506084	Canaleta Ranurada Gris 40*60x1m	1	17.568	17.568	17.568
5202059	Cable AWG 8 azul	10	7.866	78.659	78.659
5202057	Cable AWG 8 blanco	10	7.866	78.659	78.659
5202050	Cable AWG 10 Verde	20	4.718	94.354	94.354
5304027	Caja de Paso Proyecto Aislado 20x15x8	1	36.373	36.373	36.373
9506093	Tubo EMT 3/4"	2	30.052	60.105	60.105
9509122	Curva EMT 3/4"	2			
9506094	Terminal EMT 3/4"	4	1.858	7.434	7.434
9509144	Union EMT 3/4	2	1.900	3.801	3.801
9509030	Conector Coraza 3/4"	10	4,903	49.030	49.030
9509032	Coraza Metálica Gris 3/4"	20	7.469	149.381	149.381
	Estructura Techo Metálico 5 Panel KH915 (ELES)				
1509019	Riel de 2.5m Aluminio Anodizado	6	77.716	466.297	466.297
1509016	U Clamp Falcat (Unión)	4	5.684	22.738	22.738
1509015	F Clamp falcat (Final)	4	6.253	25.011	25.011
1509014	M Clamp falcat	8	5.677	45.419	45.419
1509021	L Clamp falcat (Ele)	8	8.141	65.131	65.131
1509017	Conector de Tierra para Estructura	2	5.674	11.347	11.347
	Total				8.281.594
	Total 19% IVA				1.573.502
	Total General				9.855.096

Figura 45 Cotización del sistema Tipo B solicitado a la empresa AUTO SOLAR Fuente (AutoSolar, 2024)

8.9 Comparación de los sistemas fotovoltaicos Tipo A y Tipo B

A continuación, se hace una comparación de ambos sistemas fotovoltaicos mostrados en la tabla 5 el cual se observa las similitudes de cada instalación.

Tabla 4.

Comparación de los sistemas fotovoltaicos Tipo a y Tipo b

Tipo de instalación	Características	Registros y actuaciones	Precio	Energía suministrada	Pago por energía
Sistemas fotovoltaicos Tipo A	Aislada de la red Sin conexión física a la red	Instalaciones de baja tensión No funciona cuando la instalación no genera energía Permite la instalación de baterías	\$18.049.157	10.5kWh	No genera cobro por energía auto consumida y generada
Sistemas fotovoltaicos Tipo B	Asistida a la red	Instalaciones de mayor tensión No funciona cuando la instalación no genera energía	\$9.855.096	10.5kWh	Con cobro por energía generada y auto consumida

Nota. Elaboración propia (2024)

8.10 Análisis de la comparación entre los sistemas fotovoltaicos Tipo a y Tipo b y determinar cuál es el más apropiado para la instalación del proyecto

No cabe duda de que las instalaciones eléctricas son buenas, por ende, no existe una instalación de energía eléctrica mala ni mejor que otra, esto dependerá de la necesidad en las que el usuario requiera para su instalación, lo que se busca es poder entender cómo funciona y de qué manera van conectadas, que componentes tienen, como es su diseño y análisis a la hora de implementar, para poder conseguir un ahorro a la hora del costo que se paga por la energía.

Con los dos tipos de instalaciones se puede aprovechar al máximo, ambas logran tener grandes ventajas de la energía solar ¿Pero ¿cuál es la mejor para nuestro sistema de instalación en la sala de sistemas de la I. E?T.A?

Cuando se habla del cálculo de protección de una instalación fotovoltaica, es importante tener en cuenta que la instalación tipo A o aislada requiere de un mayor cuidado y atención debido a que necesita medidas de protección y componentes específicos para su correcto funcionamiento. Sin embargo, el tipo de instalación Tipo B es ideal, tanto para la instalación como económicamente a la hora de diseñar e implementar para zonas rurales o casas de campo, ya que puede ser una opción viable y efectiva.

Sin embargo, es fundamental resaltar que este tipo de montaje no resulta adecuado para entidades que aspiran a implantar sistemas de autoabastecimiento eléctrico, dado que el propósito del autoabastecimiento no consiste en eliminar o suprimir la dependencia de la red eléctrica, sino en emplearla como un complemento para disminuir el consumo energético y potenciar la eficacia energética. Asimismo, se requiere llevar a cabo un análisis de viabilidad económica que considere los gastos de funcionamiento y mantenimiento, con el fin de estar prevenidos ante cualquier eventualidad. La selección de esta modalidad de montaje Tipo B no solo contribuirá de manera consciente a la preservación del entorno, tanto de manera mensual como anualmente.

8.11 Análisis de los requerimientos eléctricos para la sala de sistemas de la I.E.T.A

Con base a la investigación se hizo el requerimiento por parte del colegio para que se facilitara el recibo de luz, donde vamos a obtener unos datos fundamentales y necesarios para el estudio y el diseño de todo el proceso de análisis, el cual nos dará la base para llegar a un óptimo resultado.

Tabla 5.*Energía Consumida Por El Colegio Fuente Autor*

DATOS	CANTIDAD	UNIDAD
Energía consumida por la. I.E.T. A mensual (22/12/2023)	121.800	W
Energía consumida por la. I.E.T. A mensual (22/12/2023) KWh	121	KWh
Energía consumida de carga por la instalación del sistema seleccionada	7.944	W
Energía consumida de carga por la instalación del sistema KWh	10.5	KWh
Precio KWh por la electrificadora	447	Pesos
Precio día del colegio	746,736	Pesos
Precio mes del colegio	22.410	Pesos
Precio anual del colegio	268.920	Pesos
Incremento anual - Interés	12,6	%

Nota. Elaboración propia (2024)

Cabe resaltar que los valores y los datos obtenidos son aproximaciones de acuerdo a lo investigado hay tasas de interés que varían como el valor de precios tanto mensual como anualmente, estos datos recolectados se pueden observar en la figura 20 y recolectados por parte de la EBSA (Empresa de Energía de Boyacá).

Tabla 6.

Valores y datos obtenidos con aproximaciones respecto a tasas de interés

AÑO	INCREMENTO ANUAL	INTERESES ANUAL	INCREMENTO ANUAL CON INTERÉS 12.6%
1	12,6%	\$ 33.884	\$ 302.804
2	12,6%	\$ 38.153	\$ 340.957
3	12,6%	\$ 42.961	\$ 383.918
4	12,6%	\$ 48.374	\$ 432.291
5	12,6%	\$ 54.469	\$ 486.760
6	12,6%	\$ 61.332	\$ 548.092
7	12,6%	\$ 69.060	\$ 617.152
8	12,6%	\$ 77.761	\$ 694.913
9	12,6%	\$ 87.559	\$ 782.472
10	12,6%	\$ 98.591	\$ 881.063
11	12,6%	\$ 111.014	\$ 992.077
12	12,6%	\$ 125.002	\$ 1.117.079
13	12,6%	\$ 140.752	\$ 1.257.831
14	12,6%	\$ 158.487	\$ 1.416.317
15	12,6%	\$ 178.456	\$ 1.594.773
16	12,6%	\$ 200.941	\$ 1.795.715
17	12,6%	\$ 226.260	\$ 2.021.975
18	12,6%	\$ 254.769	\$ 2.276.744
19	12,6%	\$ 286.870	\$ 2.563.613
20	12,6%	\$ 323.015	\$ 2.886.629
21	12,6%	\$ 363.715	\$ 3.250.344
22	12,6%	\$ 409.543	\$ 3.659.887
23	12,6%	\$ 461.146	\$ 4.121.033
24	12,6%	\$ 519.250	\$ 4.640.283
25	12,6%	\$ 584.676	\$ 5.224.959
TOTAL		\$ 4.956.039	\$ 44.289.681

Nota. Elaboración propia (2024)

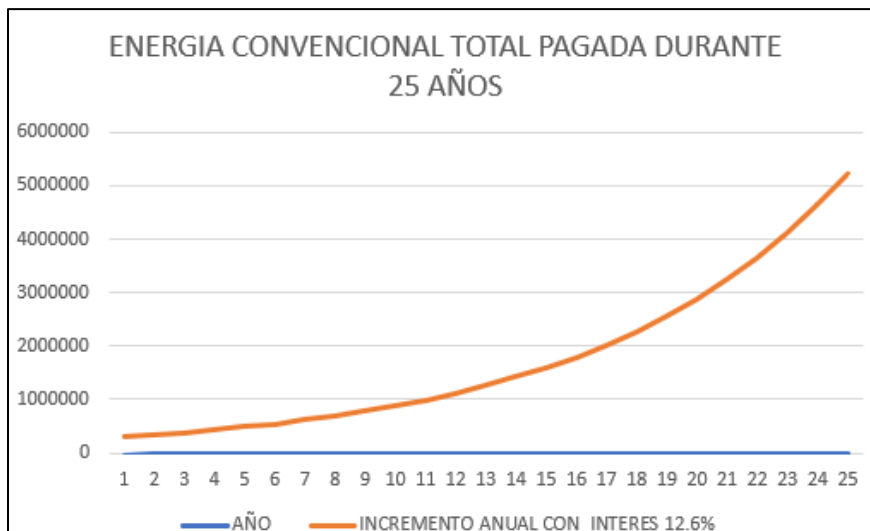


Figura 47 Grafica Energía convencional durante 25 años

Tras realizar el examen de datos, el próximo paso crucial para demostrar y mostrar el análisis de costo-beneficio es evaluar la viabilidad económica de introducir nuestro sistema de energía renovable fotovoltaica, el cual será instalado en el departamento de sistemas de la escuela técnica agropecuaria en el área de Chivatá, Boyacá.

Tabla 7.

Resultado del costo beneficio

DATOS	PRECIO
Precio Total del sistema solar fotovoltaico seleccionado +IVA	\$9'855.096
Precio de mantenimiento y operación	\$ 3'493.232
Costo Total de la instalación del sistema	\$13'348.328

Nota. Elaboración propia (2024)

Una vez obtenido estos valores de energía convencional total pagada durante 25 años se compara este costo contra el costo del sistema solar fotovoltaico seleccionado, adicionando el costo de mantenimiento y operación.

Tabla 8 .*Balance de implementación del sistema.*

DATOS	VALOR
Costo Total de la energía convencional durante 25 años con incremento anual	\$ 44'289.681
Costo Total aproximado de la instalación del sistema	\$13'348.328
Total, ahorro al implementar el sistema	\$30'941.353

Nota. Elaboración propia (2024)

El retorno de inversión es la utilidad que se obtiene en la relación de la inversión de este proyecto, vale decir que para saber el rendimiento y la viabilidad del proyecto se determinara mediante la fórmula de Retorno de Inversión (ROI).

$$ROI = \frac{\text{Ingresos Generados} - \text{Inversión Realizada}}{\text{Inversión Realizada}} \times 100$$

$$ROI = \frac{\$ 44'289.681 - \$13'348.328}{\$13'348.328} \times 100$$

$$ROI = 2.3 \rightarrow 231\% \text{ de retorno}$$

La obtención de un retorno de inversión favorable y la viabilidad del sistema solar fotovoltaico en la sala de sistemas de la I.E.T.A en Chivatá, Boyacá, son logros significativos. No solo proporciona beneficios económicos directos, sino que también refleja un compromiso valioso hacia la sostenibilidad ambiental y la concientización sobre la importancia de las energías renovables. algunos aspectos positivos destacados:

- ✓ Retorno de inversión favorable:

El hecho de que el proyecto tenga un buen retorno de inversión es alentador, ya que sugiere que la inversión en energía solar no solo es sostenible desde una perspectiva ambiental, sino también desde una perspectiva financiera.

✓ **Concientización y compromiso comunitario:**

La participación activa de estudiantes, profesores, el rector y la comunidad en general demuestra un fuerte compromiso con la sostenibilidad y la conciencia ambiental. Este tipo de iniciativas no solo benefician al colegio, sino que también inspiran y educan a la comunidad sobre la importancia de las energías limpias.

✓ **Implicaciones culturales y tecnológicas:**

La adopción de tecnologías limpias y sostenibles no solo tiene beneficios económicos, sino que también puede impulsar avances culturales y tecnológicos en la región. Esto puede fomentar un mayor interés y participación en la adopción de prácticas sostenibles en el futuro.

✓ **Impacto regional:**

El beneficio no se limita al colegio, sino que se extiende al pueblo y, en última instancia, a la región. La implementación exitosa de energía solar puede tener un impacto contribuyendo al desarrollo sostenible.

Periodo de recuperación de inversión (PRI)

$$PRI = \text{Inversión inicial} / \text{Resultado promedio del flujo de caja}$$

$$PRI = I_0 / F$$

$$PRI = 13'348.328 / 4'000.000$$

$$PRI = 3.3 \text{ Años}$$

9 Método Homer Pro (Software)

En primera instancia se tomó la determinación de poder utilizar este software HOMER PRO como una herramienta de diseño en donde se puede calcular costos, propuestas financieras del sistema a conectar, HOMER PRO es un software diseñado para poder optimizar los diseños de propuestas de electrificación.

En segunda instancia, se considera como resultados diarios representados por un comportamiento de parámetros de una región determinada.

A continuación, se dará como primer paso el diseño del sistema, escogiendo una localización, para poder obtener algunos datos solicitados. En esta investigación la ubicación que corresponde a la (I.E.T.A) del municipio de Chivatá Boyacá $5^{\circ}33'31.25''N$ $73^{\circ}16'48.41''O$ en la figura 49 se puede observar cómo se selecciona y se llena los parámetros básicos para poder comenzar el diseño y la obtención de datos.



Figura 48 Pasos para empezar a crear el proyecto en HOMER PRO Fuente (PRO, 2023)

Figura 49 Pasos para empezar a crear el proyecto en HOMER PRO Fuente (PRO, 2023)

En la siguiente figura 51 se va a escoger los tres parámetros para poder tener una mayor exactitud o proximidad de extracción de datos.



Figura 50 Tres parámetros para poder tener una mayor exactitud Radiación, Temperatura, Humedad Fuente (PRO, 2023)

Mediante el programa HOMER PRO se tienen datos relacionados del recurso solar (RHG) en las ubicaciones, los valores como resultado son promedios mensuales en puntos específicos en la figura 52 se establecen los valores promedios de la incidencia solar.

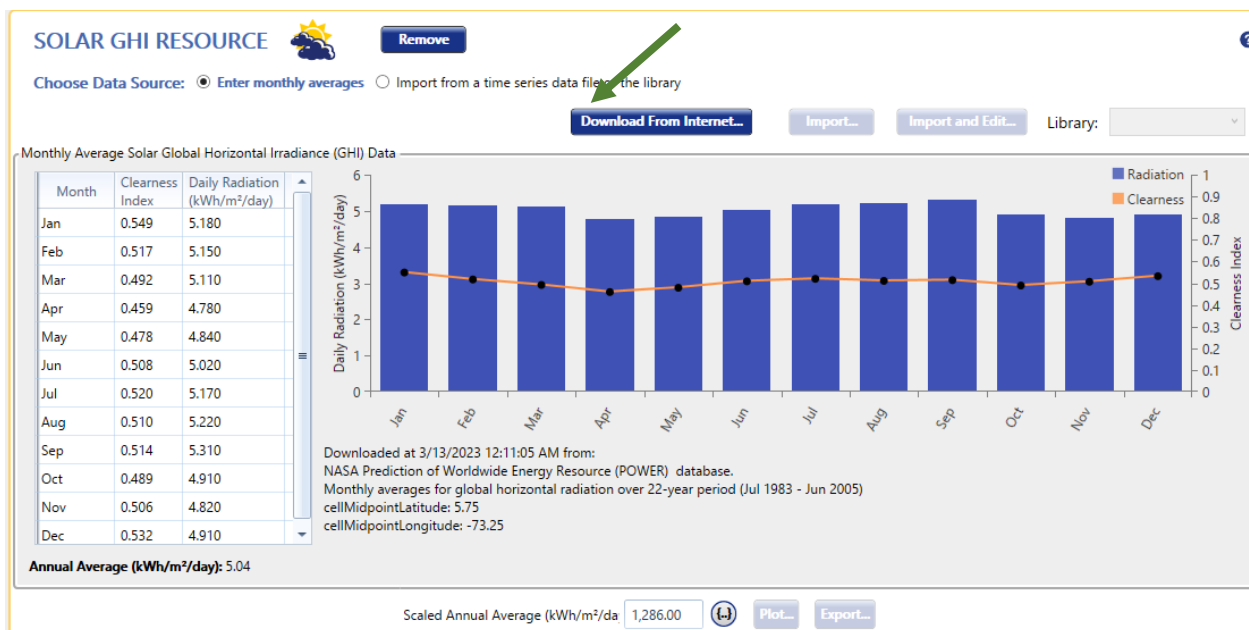


Figura 51 Datos aproximados de Radiación de Recurso Solar (RHG) Fuente (PRO, 2023)

Una vez obtenido los datos es necesario y de gran ayuda dar a conocer la carga eléctrica requerida por el sistema en donde se recopila datos para poder indicar las horas de consumo máximo y mínimo, además de poder tener los valores precisos de la Microred.

En la figura 53 se observa la elección de carga (LOAD) en donde podemos incluir al detalle los indicadores para poder avanzar y trabajar en el diseño, además tiene opción en donde se puede seleccionar y mostrar el número de meses, donde la carga de horario diurno va hacer de 6.2KWh y en la noche va hacer de 0.5KWh en donde no abra cargas conectadas al 100%.

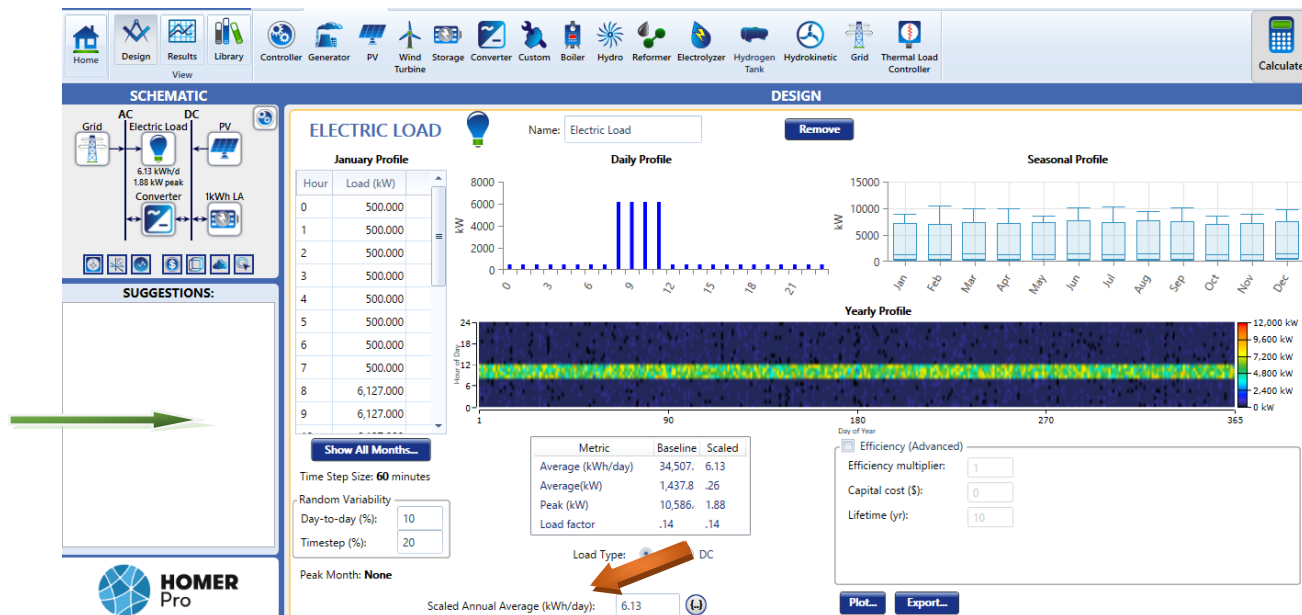


Figura 52 Incorporación de datos para la carga Fuente (PRO, 2023)

Una vez se obtenga la carga se elige los componentes los cuales van a reemplazar la demanda eléctrica, en este caso se utilizara módulos fotovoltaicos en la figura 54 se selecciona el tipo de panel, capacidad, costo, vida útil, la gran mayoría se puede buscar y seleccionar dependiendo la necesidad del diseñador, pero en otros caso no se encuentran datos de fabricantes así dificultando la etapa de diseño, hay la opción de poder hacer un aproximado del componente a seleccionar para poder sustituir datos que no se encuentran, adicionalmente se muestra en la tabla 55 los costos de los valores.

The screenshot shows the configuration interface for a PV panel in HOMER software. The panel is named 'Generic flat plate PV' with an abbreviation of 'PV'. The properties section lists the panel type as 'Flat plate', rated capacity as 1 kW, and manufacturer as 'Generic'. The cost section is divided into four columns: Capacity (kW) at 0.550, Capital (\$) at 250.00, Replacement (\$) at 250.00, and O&M (\$/year) at 10.00. The lifetime is set to 25.00 years. The sizing section has 'HOMER Optimizer™' selected. The site-specific input section shows a derating factor of 80.00%. The electrical bus is set to DC.

Figura 53 Cuadro de valores requeridos para el cálculo del panel Fuente (PRO, 2023)

Tabla 9 .

Costos de implementación módulo

Capacidad del Módulo Fotovoltaico en kw	0.550
Inversión por kW \$	255 dólares
Reemplazo de equipos como son las Baterías \$	255 dólares
Operación y mantenimiento \$	10 dólares

Nota. Elaboración propia (2024)

El siguiente paso es la elección de la Batería la cual cuenta con características similares a la anterior donde a escoger una variedad de opciones para el diseño, se escogió una batería de plomo ácido con una capacidad de 250Ah.

La gran mayoría de cuadros son necesarios llenarlos porque eso depende un buen resultado en el diseño en donde podemos insertar valores y costos como se observa en la tabla 10 que se incluye inversión costos operación y mantenimiento.

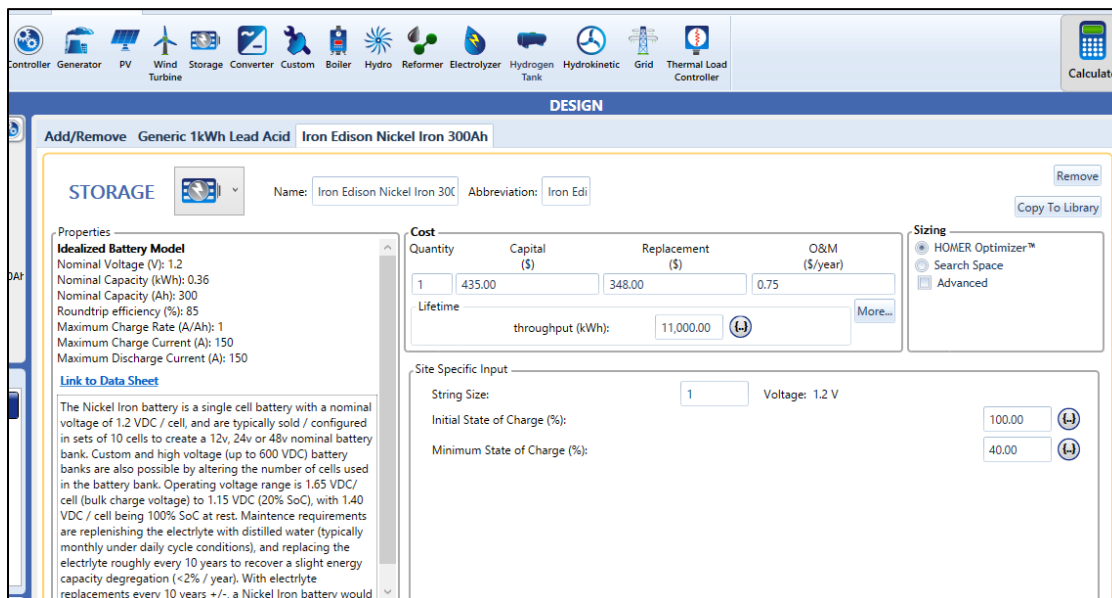


Figura 54 lista desplegable, selección de batería Fuente (PRO, 2023)

Tabla 10.

Costos de implementación Batería

Costos por Cantidad (UND)	1
Inversión por batería \$	435 dólares
Reemplazo de equipos \$	348 dólares
Operación y Mantenimiento \$	0.75 dólares

Nota. Elaboración propia (2024)

Siguiente pasa seleccionar el inversor o convertidor de carga, para seleccionar el inversor que va aplicar al diseño de la potencia total del sistema, como las anteriores la venta para proceder a escoger el convertidor adecuado al diseño ya que se encuentran demasiadas características pero se hace relación a un inversor conocido o comercial para que sea más

eficiente los datos se llena los cuadros de manera correcta dando una cercanía a la necesidad del sistema.

The screenshot shows the configuration page for a 'System Converter' in the HOMER Energy software. The interface is divided into several sections:

- Properties:** Name: System Converter, Abbreviation: Convert, and a note: 'This is a generic system converter.'
- Costs Table:**

Capacity (kW)	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/year)
1.5	\$300.00	\$300.00	\$0.0
- Inverter Input:** Lifetime (years): 15.00, Efficiency (%): 95.00, and a checked box for 'Parallel with AC generator?'
- Rectifier Input:** Relative Capacity (%): 100.00, Efficiency (%): 95.00.
- Capacity Optimization:** Includes options for 'HOMER Optimizer™', 'Search Space', and 'Advanced'.

At the bottom, there is a promotional banner: 'Need a hand? Premium Support is available for your project needs.'

Figura 55 Selección de convertidor Fuente (PRO, 2023)

A continuación, se obtiene el esquema de electrificación del sistema en donde se tiene los componentes a implementar, entre los parámetros que se consideran se encuentra la carga eléctrica de nuestro sistema, la potencia pico de la sala de sistemas, la energía diaria consumida, la batería, el inversor y los módulos solares conectados a la red.

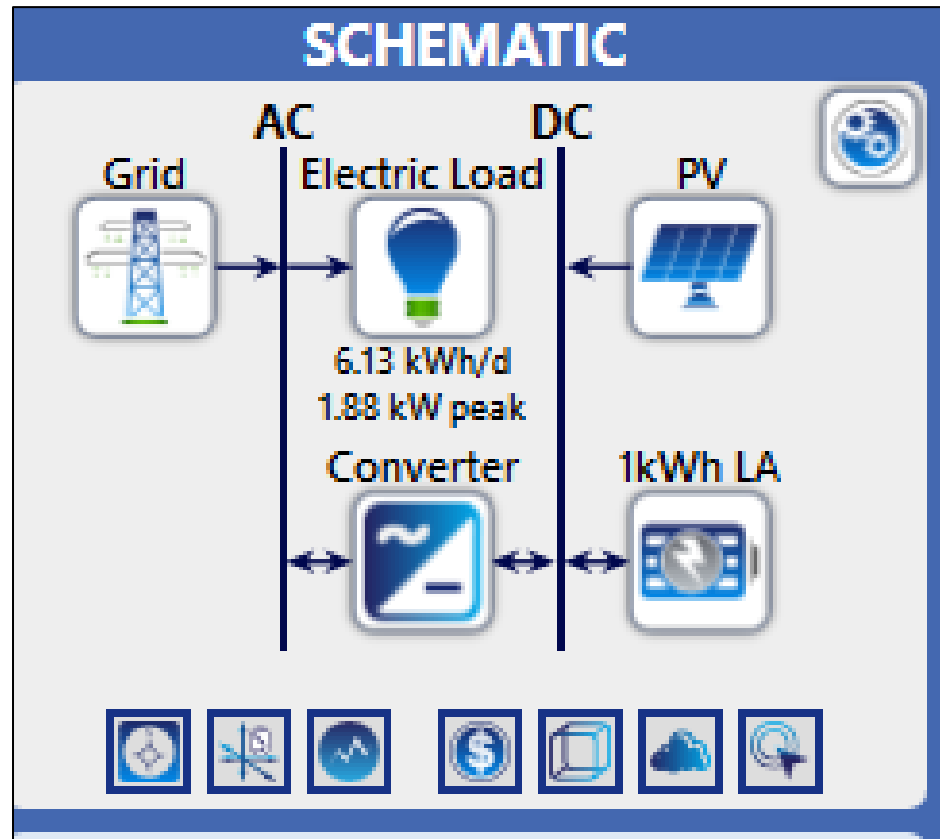


Figura 56 Esquema de electrificación en HOMER. Fuente (PRO, 2023)

10 Planos eléctricos de la sala de sistema de la I.E.T.A

Para los planos eléctricos se basó en la estructura eléctrica del lugar, haciendo un estudio y una planificación respecto al sitio en donde se encuentra cada equipo, su fuente de alimentación, la zona de trabajo, la cantidad de componentes alimentar.

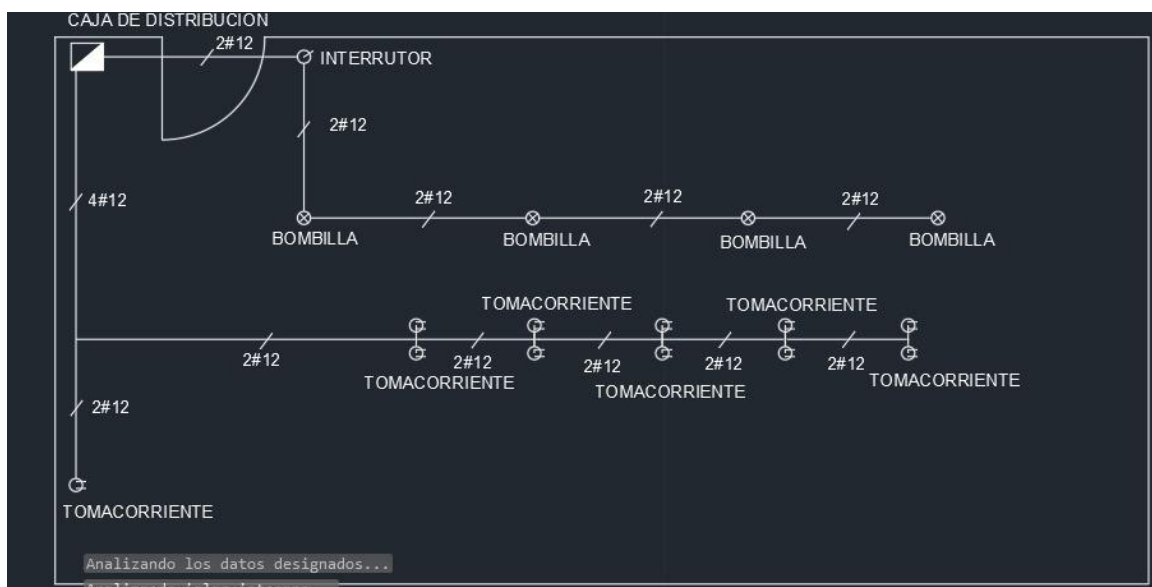


Figura 57 Planos eléctricos de la sala de sistema de la I.E.T.A Fuente Autor



Figura 58 Diseño de Planos eléctricos del sistema de la sala de sistema de la I.E.T.A Fuente

Autor

Una vez obtenido el plano eléctrico de la instalación de los módulos solares y seleccionado los materiales a implementar, se hace el diseño el cual nos dará una idea de cómo debe ser el tipo de instalación, los parámetros a tener en cuenta, el sistema que va a alimentar a la sala de sistema de la I.E.T.A. Debe cumplir con los requerimientos básicos para poder suministrar la energía adecuada al lugar sin ningún contra tiempo, su manera eficaz y segura de poder llevar durante un buen periodo de tiempo.

De esta manera se espera que la viabilidad de la instalación a lo largo de los años sea rentable y se pueda contribuir al medio ambiente mejorando cada vez más sus contribuciones al poder implementar más sistemas convencionales.

11 Conclusiones

La implementación de sistemas fotovoltaicos se presenta como una alternativa viable para generar electricidad en la Sala de (I.E.T.A). La instalación de módulos solares de tipo A y B podría cubrir la demanda energética de esta área.

Aunque el desembolso inicial para instalar estos sistemas podría ser considerable, a largo plazo, los ahorros en gastos eléctricos y la reducción de emisiones de gases justifican la inversión.

Un análisis de rentabilidad indica que el trascurso de la inversión en módulos solares tipo B es de alrededor de 3.3 años, tras los cuales se observaría un notable ahorro en costos energéticos.

La introducción de sistemas fotovoltaicos en la (I.E.T.A) de Chivatá podría ejemplificar una iniciativa ecológicamente sostenible y fomentar la adopción de tecnologías limpias en la comunidad.

Asimismo, esta instalación podría fortalecer la seguridad energética de la institución al reducir su dependencia de la red eléctrica convencional y proporcionar una fuente de energía independiente y confiable, además de contribuir a la reducción y al cumplimiento de los objetivos de sostenibilidad ambiental.

12 Recomendaciones

Evaluar la demanda de energía eléctrica de la Sala de Sistemas de la (I.E.T.A) para calcular la capacidad adecuada solar fotovoltaica.

Realizar un estudio de sombreado para identificar posibles obstáculos que puedan afectar la eficacia de los dispositivos de captación solar.

Considerar la posibilidad de instalar métodos de conservación de energía, como baterías, para garantizar la continuidad del abastecimiento de energía durante horas nocturnas o en días nublados.

Establecer un plan de mantenimiento preventivo y correctivo para garantizar el óptimo desempeño de los equipos y prolongar su vida útil.

Capacitar al personal encargado de operar y mantener los sistemas solares fotovoltaicos para asegurar su correcta operación y seguridad.

Evaluar la posibilidad de generar un proyecto educativo que integre a los alumnos en el proceso de implementación de energías alternativas.

Buscar oportunidades de financiamiento, incentivos fiscales y otros apoyos disponibles para proyectos de energías renovables para disminuir los costos de inversión y acelerar la recuperación de la inversión.

13 Bibliografía

- Acciona. (2020). *ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA*. Obtenido de https://www.acciona.com/es/energias-renovables/energia-solar/fotovoltaica/?_adin=02021864894
- Alcaldía de Chivatá. (2023). *Institución Técnica Agropecuaria Chivatá*. Obtenido de <https://www.chivata-boyaca.gov.co/>
- Alcaldía de Medellín . (2023). *Energía solar: definición, características y ventajas de esta energía limpia*. Obtenido de <https://www.medellin.gov.co/es/sala-de-prensa/noticias/energia-solar-definicion-caracteristicas-y-ventajas-de-esta-energia-limpia/>
- Alcaldía de Medellín. (2023). *Energía solar: definición, características y ventajas de esta energía limpia*. Obtenido de <https://www.medellin.gov.co/es/sala-de-prensa/noticias/energia-solar-definicion-caracteristicas-y-ventajas-de-esta-energia-limpia/>
- Alcaldía Municipal de Chivatá Boyacá. (2023). *Institución Técnica Agropecuaria Chivatá*. Obtenido de <https://www.chivata-boyaca.gov.co/>
- APPA Renovables. (2024). *¿Qué es la energía fotovoltaica?* . Obtenido de APPA Renovables. (2024, February 18). *¿Qué es la energía fotovoltaica?* <https://www.appa.es/appa-fotovoltaica/que-es-la-energia-fotovoltaica/>
- Autosolar. (2018). *Interruptores*. Obtenido de Breaker de Riel AC 2X63A 230V-6KA Lumek: <https://autosolar.co/breakers-ac/breaker-de-riel-ac-2x63a-230v-6ka-lumek>
- Autosolar. (2018). *Paneles Solares*. Obtenido de <https://autosolar.co/PanelesSolares>

AutoSolar. (2024). *Cotización del sistema Tipo A solicitado a la empresa AUTO SOLAR Fuente*

. Obtenido de <https://autosolar.co/>

Blog tecnoSol. (2019). *Qué ventajas tiene la tecnología PERC*. Obtenido de

<https://tecnosolab.com/noticias/tecnologia-perc-y-half-cell-en-paneles-solares/>

Computadores Bogotá. (2021). *Inversor Solar On Grid 15KW*. Obtenido de

https://www.computadoresbogota.com/contactos/cotizacionArticulo.php?codigo_art=Growatt-MAC-15K-TL3-X-Bogota-Colombia

Damiasolar. (2020). *Las ventajas de las baterías de gel*. Obtenido de

<https://www.damiasolar.com/blog/ventajas-baterias-de-gel/>

DataGlobal. (2022). *¿SABES QUÉ ES UNA BATERÍA ESTACIONARIA Y CÓMO FUNCIONA?*

Obtenido de <https://dataglobal.com.ar/sabes-qu-es-una-bateria-estacionaria-y-como-funciona/>

Dsisolar. (2018). *Controlador De Carga Solar PWM*. Obtenido de

<https://www.dsisolar.com/info/pwm-solar-charge-controller-30390486.html>

Eadic. (2021). *Seguidor del punto de máxima potencia MPPT ¿Qué es el MPPT?* Obtenido de

<https://eadic.com/blog/entrada/seguidor-del-punto-de-maxima-potencia-mppt-que-es-el-mppt/>

EDSA. (2024). *Empresa de Energía de Boyacá S.A.E.S.P*. Obtenido de Consulta y Pago de

Facturas: <https://www.ebsa.com.co/sitio/pagina/pagos>

El Congreso de Colombia. (2001). *Ley 697*. Obtenido de

http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0697_2001.html

El Congreso de Colombia. (2014). *Ley 1715*. Obtenido de

[extension://ngphehpfehdmjellohmlojklpilekadg/pages/pdf/web/viewer.html?file=http%3A%2F%2Fwww.upme.gov.co%2FNormatividad%2FNacional%2F2014%2FLEY_1715_2014.pdf](http://ngphehpfehdmjellohmlojklpilekadg/pages/pdf/web/viewer.html?file=http%3A%2F%2Fwww.upme.gov.co%2FNormatividad%2FNacional%2F2014%2FLEY_1715_2014.pdf)

El Congreso de Colombia. (2021). *Ley 2099* . Obtenido de

http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_2099_2021.html

El Tiempo. . (2015). *La energía natural que mueve al mundo*. . Obtenido de

[https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-15901037\[1\]](https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-15901037[1]).

Electricity-magnetism. (2023). *Inversor de onda sinusoidal modificada*. Obtenido de

<https://www.electricity-magnetism.org/es/inversor-de-onda-sinusoidal-modificada/>

Empresa Auto Solar. (2024). *Energía Solar*. Obtenido de <https://autosolar.co/>

Endensa. (2023). *El generador eléctrico*. Obtenido de

<https://fundacionendesa.org/es/educacion/endesa-educa/recursos/generador-electrico>

Energetica, C. (2016). *FACTOR DE CORRECCIÓN K PARA SUPERFICIES*. Obtenido de

https://certificacionenergetica.info/ist/pdf/Tabla_9_Factor_de_correccion_k_para_superficies_inclinadas.pdf

Genera tu Propia Energía. (2024). *Reguladores Solares Mppt Controladores de carga solar*. .

Obtenido de <https://www.generatupropiaenergia.es/tienda/reguladores-solares/reguladores-solares-mppt/>

Greenyellow. (2020). *Nuestra planta solar en Viva Tunja, la primera sobre un centro comercial*

en Boyacá. Obtenido de <https://greenyellow.co/proyecto/nuestra-planta-solar-en-viva-tunja-la-primera-sobre-un-centro-comercial-en-boyaca/>

- Iberdrola. (2020). *BATERÍAS DE ION DE LITIO*. Obtenido de <https://www.iberdrola.com/innovacion/baterias-ion-litio>
- IDEAM. (2014). *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)*. Obtenido de Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia: http://www.ideam.gov.co/documents/24277/72007220/PDF_ATLAS/83b33ddd-09ef-4fa6-9419-cdf8b26db260
- IDEAM. (2018). *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales* . Obtenido de Radiación Solar. : [http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/radiacion-solar-ultravioleta\[1\]](http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/radiacion-solar-ultravioleta[1]).
- IDEAM. (2019). *Datos de radiación solar en Tunja*. Obtenido de <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>
- Ingemecanica. (s.f.). *Instrucciones para la preparación de los trabajos a presentar en el XV Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica*. Obtenido de <https://ingemecanica.com/proyectos/objetos/proyecto108.pdf>
- Lemus, H. (2015). *'DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN CON PANELES SOLARES PARA LA PLAZOLETA DEL PINO EN EL MUNICIPIO DE IZA-BOYACÁ'*.
- Lorentz. (2009). *Manual de instalación módulos fotovoltaicos*.
- Martil, I. (2016). *Energía Solar Fotovoltaica: orígenes, desarrollo y actualidad*. Obtenido de https://blogs.publico.es/ignacio-martil/2016/01/15/energia-solar-fotovoltaica-origenes-desarrollo-y-actualidad/?doing_wp_cron=1710954743.7645390033721923828125
- Martinez, M. (2014). *Radiación Solar Conceptos y Aplicaciones*. Obtenido de <extension://ngphehpfehdmjellohmlojklpilekadg/pages/pdf/web/viewer.html?file=https%3>

A%2F%2Fbiblioteca.inia.cl%2Fbitstream%2Fhandle%2F20.500.14001%2F4702%2FNR40616.pdf

Mascarós, M. (2015). Instalaciones Generadoras Fv. En M. Mascarós, *Instalaciones Generadoras Fotovoltaicas*.

Mascarós, V. (2015). *Instalaciones Generadoras Fotovoltaicas*. Madrid: Paraninfo. Obtenido de <https://belliscovirtual.com/energia-solar/3886-instalaciones-generadoras-fotovoltaicas.html>

Minenergia. (2018). *SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS*. Obtenido de <https://www.minenergia.gov.co/documents/9345/LEY142DE1994.pdf>

Ministerio de Minas y Energía. . (2013). *Anexo General del RETIE* . Obtenido de Resolución número 90708.: https://www.cancilleria.gov.co/sites/default/files/Normograma/docs/resolucion_minminas_90708_2013.htm

Monsolar. (2015). *¿Qué es y qué hace un regulador de carga solar?* Obtenido de <https://www.monsolar.com/blog/que-es-y-que-hace-un-regulador-de-carga-solar/>

Mysolarenergy. (2019). *Qué es y cómo funciona un inversor solar*. Obtenido de <https://www.mysolarenergy.es/que-es-y-como-funciona-un-inversor-solar/#:~:text=Conocido%20tambi%C3%A9n%20como%20inversor%20fotovoltaico%20C%20este%20componente%20tiene%20la%20funci%C3%B3n,de%20estudio%20o%20de%20trabajo.>

PRO, H. (2023). *UL HOMER Software*. Obtenido de HOMER PRO: <https://homerenergy.com/products/pro/index.html>

- Prostar Solar. . (2024). *Cómo funciona el regulador de carga solar PWM*. . Obtenido de <https://www.prostarsolar.net/es/como-funciona-el-regulador-de-carga-solar-pwm.html>
- Publico. (2016). *Energía Solar Fotovoltaica: orígenes, desarrollo y actualidad*. Obtenido de https://blogs.publico.es/ignacio-martil/2016/01/15/energia-solar-fotovoltaica-origenes-desarrollo-y-actualidad/?doing_wp_cron=1710965947.7990589141845703125000
- PVGYS. (2015). *Photovoltaic Geographical Information System*. Obtenido de https://www.pvsyst.com/help/meteo_source_pvgis.htm
- Revista Turbo. (2021). *¿Qué ventajas ofrecen las baterías de litio para los vehículos?* Obtenido de <https://www.revistaturbo.com/que-ventajas-ofrecen-las-baterias-de-litio-para-los-vehiculos-3907/>
- Rodríguez, H. (1999). *Situación Energética de la Costa Atlántica. energía Solar – 2a Edición Corregida. Barranquilla: Programa Especial de Energía de La Costa Atlántica.*
- Seiscubos. (2021). *GRÁFICAS DE RECORRIDOS SOLARES*. Obtenido de <https://www.seiscubos.com/conocimiento/graficas-de-recorridos-solares>
- Solfy. (2023). *¿Cómo son los inversores de onda senoidal?* Obtenido de <https://solfy.net/placas-solares/como-son-los-inversores-de-onda-senoidal/>
- SunCalc. . (2023). *sun position and sunlight phases calculator [Aplicación móvil]*. . Obtenido de SunCalc. (2023, February 8). SunCalc sun position and sunlight phases calculator [Aplicación móvil]. Recuperado de <http://suncalc.net/#/5.5683,-73.2788,11/2023.02.08/10:27>

Support.rollsbattery. (2023). *¿Qué es una batería de GEL?* Obtenido de

<https://support.rollsbattery.com/es/support/solutions/articles/260768--qu%C3%A9-es-una-bater%C3%ADa-de-gel->

Tecnosolab. . (2019). *TECNOLOGIA PERC y HALF CELL en PANELES SOLARES - BLOG*

Tecnosol. Obtenido de Tecnosolab. (2024, February 19). *TECNOLOGIA PERC y HALF*

CELL en PANELES SOLARES - BLOG Tecnosol. Recuperado de

<https://tecnosolab.com/noticias/tecnologia-perc-y-half-cell-en-paneles-solares/>

Tecnosolab. . (2024). *TECNOLOGIA PERC y HALF CELL en PANELES SOLARES. BLOG*

Tecnosol. Obtenido de [https://tecnosolab.com/noticias/tecnologia-perc-y-half-cell-en-](https://tecnosolab.com/noticias/tecnologia-perc-y-half-cell-en-paneles-solares/)

[paneles-solares/](https://tecnosolab.com/noticias/tecnologia-perc-y-half-cell-en-paneles-solares/)

Ujaen. (2019). *NATURALEZA DE LA RADIACIÓN SOLAR.* Obtenido de

https://web.ujaen.es/investiga/solar/07cursosolar/home_main_frame/02_radiacion/01_basico/2_radiacion_08.htm

Universisad de Madrid . (2013). *HISTORIA DEL TIEMPO. DEL TIEMPO SOLAR*

VERDADERO AL TIEMPO ATÓMICO. Obtenido de

https://www.ucm.es/data/cont/docs/446-2013-08-22-01_alcolea%20jimenez.pdf

University of Oregon Solar Radiation Monitoring Laboratory. . (2014). *Carta solar Municipio de*

Chivatá. Obtenido de <http://solardata.uoregon.edu/>

14 Infografía

La Guía Solar. (2024, febrero 15). Energía solar en Colombia. Recuperado de

<https://www.laguiasolar.com/energia-solar-en-colombia/>

Dialnet. (2004). Metamorfosis del Estado: de empresario a regulador: El caso de los servicios públicos domiciliarios en Colombia. *Ecos de Economía*, 8, 1-23. Recuperado de

<http://dialnet.unirioja.es/revista/19244/V/8>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (s.f.). Atlas de Radiación Solar en Colombia. Recuperado de

<http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>

La Guía Solar. (2024, febrero 15). Energía solar en Colombia. Recuperado de

<https://www.laguiasolar.com/energia-solar-en-colombia/>

Martil, I. (2016, enero 15). Energía solar fotovoltaica: orígenes, desarrollo y actualidad. Público.

Recuperado de <https://blogs.publico.es/ignacio-martil/2016/01/15/energia-solar-fotovoltaica-origenes-desarrollo-y-actualidad/>

SunCalc. (2019). SunCalc. Recuperado de <http://suncalc.net/#/5.5683,->

[73.2788,11/2023.02.08/10:27](http://suncalc.net/#/5.5683,-73.2788,11/2023.02.08/10:27)

Tecnosolab. (2024, febrero 19). TECNOLOGIA PERC y HALF CELL en PANELES

SOLARES. BLOG Tecnosol. Recuperado de <https://tecnosolab.com/noticias/tecnologia-perc-y-half-cell-en-paneles-solares/>

Universidad de Oregon. (s.f.). Solar Radiation Monitoring Laboratory. Recuperado de

<http://solardat.uoregon.edu/SunChartProgram.html>