



DISEÑO DE UN SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICO EN LAS INSTALACIONES DEL EDIFICIO "D" DE LAS UTS.

Modalidad:

Seminario de energía solar fotovoltaica

Luydin Humberto Martínez Ruiz
C.C. 91.505.929

Leidy Maritza Cristancho Franco
C.C. 1.098.727.517

**Unidades Tecnológicas De Santander
Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierías
Tecnología en Electricidad Industrial
Bucaramanga, (23,07,2021)**



**DISEÑO DE UN SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICO EN LAS
INSTALACIONES DEL EDIFICIO "D" DE LAS UTS.**

Modalidad
Seminario

Luydin Humberto Martínez Ruiz
C.C 91.505.929
Leidy Maritza Cristancho Franco
C.C 1.098.727.517

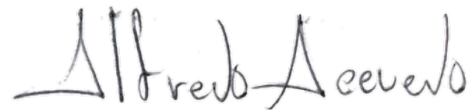
Trabajo de Grado para optar al título de
Tecnólogo en Electricidad Industrial

DIRECTOR
Verena de Jesús Mercado Polo

Grupo de investigación – GIE

Unidades Tecnológicas De Santander
Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierías
Tecnología en Electricidad Industrial
Bucaramanga, (23,07,2021)

Nota de Aceptación



Firma del Evaluador



Firma del Director

DEDICATORIA

A Dios

Por la salud, fortaleza y ganas que me puso para retomar nuevamente, después de muchos años a continuar con mi vida estudiantil y profesional.

Agradezco a mi esposa e hijo, por sus sacrificios realizados y que siempre estuvieron apoyándome a salir adelante con mis sueños. La culminación de la tecnología, viendo la luz hacia la carrera profesional.

Luydin Humberto Martínez Ruiz

A Dios,

A mis padres, hermanos y amigos que me han impulsado a culminar mis estudios y a continuar aprendiendo.

Leidy Maritza Cristancho Franco

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO.....	9
INTRODUCCIÓN.....	10
1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	12
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
1.2. JUSTIFICACIÓN	14
1.3. OBJETIVOS	17
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	17
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
1.4. ESTADO DEL ARTE	17
2. MARCO REFERENCIAL.....	21
2.1. ENERGÍA RENOVABLE	21
2.2. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA	21
2.3. CELDA SOLAR.....	21
2.4. RADIACIÓN SOLAR	21
2.5. HORAS SOLARES PICO (HSP).....	22
2.6. SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO.....	22
2.7. EFICIENCIA ENERGÉTICA	22
2.8. INVERSOR SOLAR.....	22
2.9. BATERÍAS	23
3. DISEÑO DE LA INVESTIGACION	24
4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO	26
4.1. CARGAS ELÉCTRICAS DEL EDIFICIO D	26
4.2. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO OFF-GRID.	26
4.2.1. DIMENSIONAMIENTO DE PANELES SOLARES.....	26
4.3. COMPONENTES QUE LO CONFORMAN.....	29
4.3.1 SISTEMAS DE BATERÍAS	29
4.3.2 CONTROLADOR.....	30
4.3.3 INVERSOR	30

5.	<u>RESULTADOS.....</u>	<u>33</u>
6.	<u>CONCLUSIONES.....</u>	<u>36</u>
7.	<u>RECOMENDACIONES</u>	<u>38</u>
8.	<u>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	<u>39</u>
9.	<u>ANEXOS</u>	<u>43</u>

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Disposición de Horizontal.....	31
Figura 2: Conexión general de un Sistema Solar Fotovoltaico Off-Grid	32
Figura 3. Conexión del Diseño SFTV del edificio D.....	35

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Cuadro de cargas	26
Tabla 2. Especificaciones Técnicas Panel solar.....	33
Tabla 3. Especificaciones Técnicas Inversor.	33
Tabla 4. Especificaciones Técnicas del Banco de Baterías	34
Tabla 5. Especificaciones Técnicas del Controlador	34

RESUMEN EJECUTIVO

La energía solar como recurso renovable, impulsa al mundo en general a aportar en el crecimiento y la implementación de tecnologías que respalden los sistemas solares fotovoltaicos, apoyando y promoviendo el cuidado del medio ambiente, la contaminación y sobre todo el desarrollo de nuevos métodos de generación de energía limpia, debido al gran interés que se viene presentando por estas energías alrededor del mundo. Este proyecto tiene como objetivo diseñar un sistema de energía solar fotovoltaico en las instalaciones del edificio "D" de las UTS, por medio de cálculos teóricos basados en la demanda eléctrica, teniendo en cuenta el espacio físico del techo del edificio D y los componentes necesarios para la construcción y posible implementación. Se tomaron como referencia para los cálculos la irradiación y horas solares pico, y se utilizó el software PVGIS. Se determinó que el sistema fotovoltaico de tipo Off – Grid es viable, y suple el consumo eléctrico como método de respaldo para garantizar el desarrollo de las actividades académicas y laborales del edificio.

PALABRAS CLAVE. Energía solar, generación, sistema fotovoltaico, radiación, panel solar.

INTRODUCCIÓN

Este proyecto tiene como objetivo analizar y determinar por medio de cálculos teóricos la implementación de fuentes de energías alternativas que suplan la demanda de energía en uno de los edificios de las Unidades Tecnológicas de Santander (UTS), de manera específica la energía solar fotovoltaica.

La energía solar Interviene en el movimiento del agua, viento y crecimiento de las plantas aprovechando esto para la generación de la energía eólica, biomasa, hidroeléctrica y corrientes marinas entre otras.

En vista de que el consumo energético y la demanda mundial siguen siendo suministrados por combustibles fósiles, la necesidad de la preservación y cuidado del medio ambiente ha traído consigo el uso de energía limpias libres de gases contaminantes causantes del efecto invernadero. Lo que ha motivado a diferentes países alrededor del mundo a unirse a las iniciativas de las naciones unidas, UN, a promocionar y aumentar el uso de estas energías (Unidas 1998).

Según Hernández (2009), una de las ventajas que presenta la generación eléctrica distribuida es la necesidad de tener un suministro de energía eléctrica de respaldo en caso de emergencia y además que dicho suministro sea eficiente. La importancia de contar de un sistema de respaldo en caso de fallas del suministro de energía por parte del operador de red se sustenta en la conservación de la información que se encuentra en el edificio D de las UTS, el funcionamiento permanente de la emisora institucional y la prestación del servicio educativo durante las horas de la noche, jornada donde habitualmente el aforo estudiantil se acerca al pico de la capacidad

instalada. Este escrito permite mostrar y analizar los pasos y las características necesarias para dimensionar un sistema solar fotovoltaico aislado (SFVA).

1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las energías alternativas en Colombia han venido ganando terreno sobre las energías no renovables, destacándose la utilización de la energía solar dado que el país se ubica geográficamente en una posición privilegiada para su explotación y consumo. Este escenario, sumado a la aparición de nuevas tecnologías se destaca, cada día más eficientes junto con un marco normativo de energías renovables, ley 1715 del 2014, han impulsado un nuevo mercado que promueve el desarrollo de pequeños y grandes proyectos de generación de energía solar. La implementación y el uso de la radiación solar en nuevos propósitos resulta conveniente para el desarrollo del país y el cuidado del medio ambiente y lo convierte en un referente de estas tecnologías (Celsia 2018).

Según investigaciones realizadas por la Universidad Santo Tomas, Colombia muestra un gran potencial para la explotación de la energía solar fotovoltaica, con respecto a los otros países que ya la poseen. Gran parte del territorio cuenta con unas horas de sol pico (HSP), que se encuentran en un rango de 4 a 12 horas de sol en el día, en promedio diario anual. Son valores muy altos en comparación con países de Europa que cuentan con horas de sol pico de aproximadamente 3 horas en el día (Bautista 2017).

La importancia de los sistemas solares fotovoltaicos, aportan menor efecto contaminante al medio ambiente, y la necesidad de contar con instalaciones que garanticen la vida de las personas o animales, se minimiza el riesgo de incidentes o accidentes eléctricos (RETIE, 2013).

En el estudio de nuevos usos de energías limpias, se destaca el diseño de un sistema solar fotovoltaico para suplir la iluminación de vallas publicitarias, como se muestra en el desarrollo del proyecto de la universidad distrital para la empresa Efectimedios S.A, como fuente de alimentación independiente a una red externa. Con el desarrollo de este proyecto se obtienen beneficios en los costos asociados al consumo, proyectarse con nuevas tecnologías y abarcar en el mercado del sector industrial (Barón & Amaya 2020).

Otro de los grandes proyectos, que contribuye con el cuidado del medio ambiente, es la implementación de estaciones de recargas públicas para vehículos eléctricos, alimentadas por sistemas fotovoltaicos. En el diseño del proyecto de la Universidad del Norte de Barranquilla, se expone lo importante de la implementación de las estaciones de carga, como suministro a vehículos eléctricos (particulares y buses) por medio de un sistema fotovoltaico. Se propone un sistema ON – GRID, cumpliendo con el reglamentó RETIE y Norma NTC 2050, donde finalmente con las características de la región, se suple la necesidad de la ciudad y se tendrá un impacto positivo al medio ambiente (Barrios & Medina,2021).

Por lo anterior, se ha visto la necesidad de aprovechar las condiciones geográficas de Santander, específicamente de la ciudad de Bucaramanga para el diseño e implementación de proyectos de energías renovables en consonancia con el desarrollo integral de una institución como las Unidades Tecnológicas de Santander que se encuentra en la ampliación de su planta física. Estos nuevos escenarios institucionales se convierten en valiosas oportunidades para implementar sistemas de abastecimiento de energía eléctrica, por medio de la instalación de un sistema fotovoltaico aislado, con el cual se espera tener una red de respaldo en caso de carencia del fluido eléctrico suministrado por las redes externas de la empresa de

energía eléctrica (ESSA). Adicionalmente, con este tipo de proyectos, se logra mayor posicionamiento y visibilidad del Grupo de Investigación en Energía (GIE) del programa de Ingeniería Eléctrica de las UTS, mediante la implementación y uso de energías limpias como promotores de la autogeneración en la región.

Con el desarrollo de este proyecto se espera responder a la siguiente pregunta:
¿Cuáles son las características del sistema fotovoltaico que suministre energía de respaldo cargas eléctricas de uso general del edificio D, de las UTS seccional Bucaramanga?

1.2. JUSTIFICACIÓN

Las energías renovables presentan gran auge en América Latina, se consolidan como la nueva forma de salvar el medio ambiente, y disminuir el impacto a la capa de ozono que se ha contaminado a través de los años. La contaminación de las grandes empresas, la quema de desechos y los combustibles fósiles, han deteriorado gran parte del ecosistema, y han puesto en alerta roja al mundo, misma que se ve reflejada en el calentamiento global. En Colombia se está optando por proyectos de energía solar y parques eólicos, como lo plantea el Ministerio de Minas y Energía (Minergía), quien está beneficiando a 37 proyectos en el sector minero y energético relacionados con la integración de energías renovables; se espera que con la implementación de estos proyectos se logren alcanzar los 530 MW de capacidad instalada. En este sentido, se llevará a cabo en Colombia una subasta de fuentes no convencionales de energía renovable, para energía solar. Además, se tendrá una convocatoria para el uso de baterías, se planea un programa para el tema del hidrógeno, y también habrá tres pilotos de generación geotérmica (Chavéz 2021).

CELSIA es una empresa colombiana que entra con gran fuerza en la implementación de sistemas de paneles solares fotovoltaicos, mostrando un gran avance en la implementación de esta energía renovable, con la puesta en funcionamiento de techos solares. Esta tecnología fue implementada en el Puerto de Cartagena, donde se ubica el Centro de Distribución Logístico Internacional. Se describe como puerto inteligente, sostenible y comprometido con el medio ambiente, brindando tecnología y aprendizaje a sus comunidades. Para el desarrollo de este proyecto, se implementaron 6.000 paneles solares. La puesta en marcha de la instalación del techo solar pretende disminuir la concentración de emisiones de CO₂ en 1.101 toneladas anuales. Con la instalación de los paneles solares se pronostica una capacidad de carga instalada de 2,2 MW (Limpia 2021)

De acuerdo con el informe realizado por la universidad cooperativa de Colombia, seccional Santa Marta, se pretende implementar el abastecimiento de energía a las iluminarias que se encuentran en el bloque 2 del instituto, por medio de sistemas fotovoltaicos de tipo ON – GRID, donde se muestra la importancia y los beneficios del uso de este tipo de energías, trayendo como ventajas el cuidado del medio ambiente, disminuyendo la emisión de CO₂, el ahorro de consumo de energía que se verá representado en la factura de energía (Castillo,2021).

Las nuevas tecnologías eco-eficientes son aquellas que brindan un suministro de energía con menor impacto ambiental. En Colombia de acuerdo con la investigación realizada para la tesis doctoral, en la instalación de sistemas solares fotovoltaicos en los establecimientos de la guajira, se determinó que no es viable para la industria del turismo, como se quería implementar, ya que su beneficio se verá reflejado más por lo ambiental. El obstáculo se presentó en la

parte económica, no es muy viable y no se recupera la inversión generada (Mejía et al., 2018)

Unas de las razones para argumentar el uso de energía fotovoltaica, en establecimientos de educación superior, es el cuidado del medio ambiente, el ahorro económico y la implementación de nuevas tecnologías, como se describe en el desarrollo del diseño de un sistema fotovoltaico en la universidad Piloto de Colombia sede Girardot de Cundinamarca. De acuerdo con la información suministrada para el desarrollo del proyecto, estará situado en el edificio A de la institución, ocupando un área de 338.38 m² del techo o cubierta del bloque (Rivera 2020)

Para las UTS, la propuesta de diseño de un sistema fotovoltaico, soportado en una herramienta que facilite al estudiante la observación y aprendizaje de los componentes que conforman estos sistemas, es de gran importancia, ya que ofrece al estudiante una experiencia práctica sobre la implementación de este tipo de energías renovables, de gran valor a la hora de aplicar estos conocimientos en su carrera profesional. El aporte de este proyecto se traduce en el suministro de la documentación clara, el estudio del costo de energía y las herramientas necesarias, para la implementación de estos sistemas en la planta física de la universidad, para el desarrollo y aprendizaje de los estudiantes.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema de generación FV para el edificio D de las UTS.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir la carga eléctrica del edificio D considerando la revisión del diagrama unifilar con el fin de hacer la caracterización de las cargas relevantes del edificio.
- Dimensionar el sistema fotovoltaico teniendo en cuenta la carga de iluminación y tomacorrientes del edificio.
- Seleccionar los componentes requeridos que soporten la potencia y confiabilidad del sistema fotovoltaico.

1.4. ESTADO DEL ARTE

Mugisha et al. (2021), desarrollaron un estudio que sugiere políticas que facilitan el incremento de sistemas solares fotovoltaicos fuera de la red en áreas rurales y los beneficios económicos representativos en comparación con el uso de energía suministrada por generadores eléctricos, ya que en la mayor parte Kenia, Etiopía y Ruanda carecen del suministro eléctrico por red. Presentan la energía solar como una opción para reducir riesgos para la salud, ya que las clínicas y los centros hospitalarios operan con generadores eléctricos, aumentando el costo, y la generación de gases contaminantes que a su vez aumentan las complicaciones de salud pública que afectan las personas en África

Acosta (2018) señala que, gracias a la expedición de la ley eléctrica, Colombia ha desarrollado un sistema energético fuerte y confiable, lo que ubica al país en la posición 8° de 127 países en el foro económico mundial. La importancia de poner

en marcha otros sistemas de generación por medio de fuentes no convencionales de energía renovable (FNCER), complementando la matriz energética que tiene como principal fuente la generación hídrica y térmica en el país. Gracias a la Resolución 030 del 26 de febrero de 2018, apoyada por la ley 1715; Acosta menciona que de esas resoluciones nace el concepto de prosumidor, presentando la facilidad de que se pueda generar energía para sus necesidades en hogares o industrias.

Li,C et al (2017), elaboraron un estudio comparativo en Kunming - China, del rendimiento de un sistema solar fotovoltaico fuera de la red, con el apoyo del software de simulación PVSYS, para cinco modos de seguimiento solar: ajuste de inclinación estacional, del eje horizontal, del eje vertical, del eje dual y plano inclinado fijo. Muestra como resultado de este estudio la cantidad de energía solar más alta disponible y energía mínima faltante, según el modo de seguimiento escogido. Concluyendo que el seguimiento solar de doble eje presenta valores más altos de energía disponible para el sistema a desarrollar, gracias a su diseño que permite maximizar la captación de energía solar en el año.

Al-Saqlawi et al (2018), presentaron la viabilidad tecno económica de SFTV aislados en tejados residenciales de Omán, como objetivo para disminuir los niveles de dióxido de carbono al medio ambiente, y como una posible solución económica ante el consumo tan alto de energía eléctrica que tienen las residencias. Concluyendo en su estudio la inviabilidad del sistema por los altos costos de los paneles y las baterías en comparación con el precio de la energía entregada por el operario de red, indica que para ser viables estos proyectos se requiere de una reducción representativa (93% - 94%) en el costo de las mismas.

Plata & Rodríguez (2021), realizaron una investigación que determina por medio de cálculos teóricos, cual conexión fotovoltaica (off-Grid, On-Grid) es viable en una granja avícola ubicada en el municipio de Simacota, Santander. Realizando inicialmente un levantamiento de las cargas y determinando los parámetros iniciales para el estudio (HSP, inclinación, factores de seguridad), y comparando los resultados obtenidos de manera teórica con el computado por una hoja de cálculo de Excel por medio del software PVGYS, encontrando coherencia en los mismos, y determinaron que la configuración On-Grid es la única viable por razones económicas y con posibilidad de respaldo para el suministro; y la Off-Grid, como una opción lejana a ser una solución por los elevados costos de las baterías.

Gómez-Ramírez, et al. (2017), realizaron un trabajo en la Universidad Santo Tomás de Bogotá, donde indican los beneficios de la posición astronómica y geográfica de Colombia, obteniendo como resultado de las estaciones meteorológicas (550) encargadas de captar información radiométrica en el territorio; índices mayores de radiación solar en casi todo el territorio y por más horas durante el día que los obtenidos en países pioneros de esta tecnología como lo es Alemania, China y Japón. Exponen la importancia de adoptar estrategias implementadas en España como: planes de ahorro de energía, precios asequibles, objetivos de ahorro energético y la renovación de electrodomésticos que generan mayores consumos. Además, lista las instituciones que apoyan técnica y financieramente el sector eléctrico y algunas de las empresas importadoras de elementos fotovoltaicos.

Petrel (2021), realizó el dimensionamiento de un sistema solar fotovoltaico (SFTV) con el fin de mejorar la calidad de vida y suplir las necesidades básicas energéticas de una población ubicada en Turbo-Antioquia, mostrando como calcular la demanda máxima de energía, y con esta seleccionar los elementos con las características

técnicas adecuadas y las cantidades esenciales para poner en marcha el sistema. Menciona el valor de tener presente los factores de seguridad de cada elemento para que el funcionamiento del diseño sea adecuado, eficiente y óptimo; apoyando su proyecto en las normatividades técnicas vigentes que existen en el país.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1. Energía Renovable

Se puede definir como la energía que se obtiene de recursos o fuentes naturales no basadas en carbón, y que se pueden recuperar o renovar para otros usos. No presentan elementos contaminantes con el medio ambiente por lo que son consideradas energías limpias. Además, la mayor parte de las energías renovables son derivadas del sol (Cortez 2017).

2.2. Energía Solar Fotovoltaica

Es la transformación de luz y radiación provenientes del sol en electricidad mediante artefactos semiconductores. Se basa en el principio fotoeléctrico que consiste el desprendimiento de electrones dentro del placas fotovoltaicas (Cepeda & Sierra, 2016).

2.3. Celda Solar

Son dispositivos diseñados para convertir la energía luminosa en energía eléctrica, mediante elementos llamados placas en los cuales al presentarse incidencia del sol producen una diferencia de voltaje entre estas, causando la circulación de corriente en el circuito que compone dicha celda. Generalmente, están diseñadas por dos materiales; silicio tipo p (positivo) y silicio tipo n(negativo)(Textos 2005).

2.4. Radiación Solar

Se puede definir como el flujo de energía solar que recibe la superficie terrestre en forma de ondas electromagnéticas. Según la frecuencia de onda se puede dividir en luz infrarroja, luz ultravioleta y luz visible (IDEAM 2020).

2.5. Horas Solares Pico (HSP)

Las horas solares pico (HSP) es la cantidad de irradiación solar medida en una superficie, que varían según la ubicación geográfica de determinado lugar y las condiciones climáticas del mismo. Es un número hipotético que representa la cantidad de energía en un sitio determinado (Pérez et al., 2017).

2.6. Sistema Solar Fotovoltaico

El SFTV es un conjunto de elementos electrónicos y eléctricos, encargados de realizar el cambio de energía solar a energía eléctrica. Los sistemas fotovoltaicos según su forma de conexión pueden ser; On-Grid (conectados a la red) y Off- Grid (aislados a de la red) (Cepeda & Sierra 2016).

2.7. Eficiencia Energética

La eficiencia energética se resume a hacer más con menos, en este caso el uso de menos energía. Es la salida a los problemas económicos y ambientales que atraviesa el mundo como; destrucción del agua, suelo y vida silvestre a causa de la extracción de combustibles fósiles, dependencia e inestabilidad económica por el aumento del petróleo para suplir las necesidades energéticas (Badii et al.,2016).

2.8. Inversor Solar

Son dispositivos que permiten cambiar la señal de la corriente que reciben, puede ser de corriente continua a corriente alterna o viceversa. En el caso particular de los inversores fotovoltaicos su función es transformar el voltaje que recibe de los paneles DC a una AC, con este cambio la energía eléctrica queda disponible para ser utilizada (Salamanca & Ávila,2017).

2.9. Baterías

Las baterías o acumuladores son elementos necesarios para el funcionamiento de SFTV aislados, ya que son las encargadas de almacenar la energía cuando hay radiación solar y finalmente entregarla cuando no hay la suficiente radiación o en definitiva carece totalmente de esta, favorecen al arranque de máquinas que requieren potencias elevadas (Salamanca & Ávila, 2017).

3. DISEÑO DE LA INVESTIGACION

Con este proyecto se diseña un sistema fotovoltaico, partiendo de los valores de demanda máxima que determinan la cantidad de componentes necesarios y las características de dichos elementos para lograr una implementación segura, eficiente y óptima.

Para el desarrollo del proyecto se contemplaron 3 fases, como se muestra a continuación:

Fase 1. Definición de la carga del edificio D.

Por medio de los planos eléctricos y diagramas unifilares de la edificación, se identificarán los circuitos asociados, estableciendo la potencia total, las horas de uso diario y semanal de la instalación eléctrica. Con esta información se recopila y tabula el consumo promedio diario y total de energía semanal, para determinar el sistema solar fotovoltaico a implementar.

Fase 2. Dimensionamiento del proyecto solar fotovoltaico con cálculos de potencia y tipo de sistema.

De acuerdo con la información recopilada en la fase 1, se aplica un conjunto de ecuaciones para determinar el número de componentes que conformarán el sistema. Se basa en un sistema aislado de la red (off-grid), con ayuda del software de información geográfica fotovoltaica (PVGIS), del cual se descarga la información de radiación solar, horas solar pico, en datos por hora y datos mensuales, sobre las coordenadas donde se encuentra el edificio D, en la comuna 7, de ciudadela real de minas en el municipio de Bucaramanga.

Fase 3. Selección de componentes para confiabilidad del sistema solar fotovoltaico.

De acuerdo con la potencia proyectada para el sistema de generación fotovoltaico, se seleccionan los componentes a utilizar, entre éstos se encuentran; el conjunto de paneles solares, que se elegirán según sus características de flujo eléctrico en el punto de máxima potencia (MPP) y voltaje en el punto máximo de potencia (VMP). Teniendo en cuenta la potencia, se escoge el inversor correspondiente y con base en el catálogo de baterías suministrada por el proveedor, se elige la batería que cumpla con la profundidad de descarga y almacenamiento total para la implementación del sistema. De acuerdo con el factor de seguridad, se ajusta el controlador o regulador de carga, para el sistema de generación fotovoltaico.

4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

4.1. Cargas Eléctricas del Edificio D

Con base en el diagrama unifilar que se muestra en el Anexo A, entregado por la oficina de infraestructura, se lograron identificar de manera general las cargas proyectadas para cada piso del edificio D de las UTS. Del diagrama unifilar se determinaron las cargas a considerar para el dimensionamiento del sistema solar fotovoltaico, como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Cuadro de cargas

CARGA POR PISO TIPO						
CANTIDAD	CARGA	POTENCIA UNITARIA (W)	POTENCIA TOTAL (W)	HORAS USO	DÍAS A LA SEMANA	ENERGIA SEMANAL (WH/SEMANA)
50	Luces Tipo 1	17	850	16	6	81600
2	Luces Tipo 2	21	42	16	6	4032
1	Luces Tipo 3	15	15	2	1	30
5	Luces tipo 4	5	25	1	1	25
28	Toma Común	180	5040	10	6	302400
3	Toma Especial	180	540	7	6	22680
TOTAL			6.512			410.767

Nota: Elaborada por el autor

Se omiten las cargas de motores y UPS señaladas en el diagrama unifilar del anexo A, por el limitado espacio del techo donde se espera implementar el diseño.

4.2. Dimensionamiento del Sistema Solar Fotovoltaico Off-Grid.

4.2.1. Dimensionamiento de Paneles Solares

El sistema en general se verá afectado por las pérdidas dadas por los fabricantes de los elementos que conforman el diseño. Estas pérdidas se pueden calcular de

dos maneras; calculando el rendimiento de la instalación mediante la ecuación (1) o aplicando un factor de seguridad de 20%.

$$Kt = (1 - kb - kc - kr) * [1 - (\frac{ka*DA}{Pd})] \quad (1)$$

- Ka: Pérdidas por auto descarga diaria de la batería
- Kb: Pérdidas por rendimiento del sistema de almacenamiento.
- Kc: Pérdidas por rendimiento del inversor.
- Kr: Pérdidas por rendimiento del regulador.
- DA Días de autonomía.
- Pd: Profundidad de descarga de la batería.

Para estos cálculos se utiliza el factor de seguridad de 20 %, valor recomendado por los proyectistas de SFTV.

La demanda máxima diaria se obtiene de la carga calculada en la tabla 1, dividida en los 7 días de la semana.

$$D_{\text{máx}} = \frac{\text{energía semanal}}{7} \quad (2)$$

$$D_{\text{máx}} = \frac{410.767}{7} \left[\frac{Wh}{Día} \right]$$

$$D_{\text{máx}} = 58.681 [Wh]$$

Se aplica el factor de seguridad mencionado anteriormente:

$$D_{\text{máx}} = 58.681 * 1,20$$

$$D_{\text{máx}} = 70.417,2 \text{ [Wh]}$$

Posteriormente se calcula la potencia máxima del sistema:

$$P_{SFT} = \frac{D_{\text{máx}}}{HSP} \quad (3)$$

Donde HSP corresponde a las horas solares pico obtenidas del software PVGIS. Que funciona con las ecuaciones del sistema de información geográfica GISS, basado en el atlas de radiación solar europeo (ESRA) estimando valores de irradiación solar óptimas desde estaciones terrestres para sistemas fotovoltaicos (FTV) e incluye posibles datos de irregularidades atmosféricas. El software presenta tablas de días, meses y años completos para la posición geográfica que se desee revisar.

$$P_{SFT} = \frac{70.417,2}{3,59} \text{ [Wh/h]}$$

$$P_{SFT} = 19.614,818 \text{ [W]}$$

Para la selección del panel solar, fue necesario consultar en la base de datos de las empresas comercializadoras de Colombia y se escogió el panel solar de la marca Canadian Solar CS3W – 415P policristalino de 415 W, por el tiempo de garantía que entrega el fabricante y las condiciones superiores de prueba estándar sobre los demás paneles comercializados por esta empresa, sus especificaciones se encuentran en el anexo B.

La cantidad de paneles solares se determina con la ecuación (4) y la selección del panel anteriormente mencionado.

$$\#Paneles = \frac{P_{SFT}}{P_{\text{panel}}} \quad (4)$$

$$\# \text{ Paneles} = \frac{19.614,818}{415}$$

$$\# \text{ Paneles} = 47,264$$

Por lo cual se determina que el número de paneles policristalinos de 415 W que se requieren para la instalación es 48.

4.3. Componentes que lo conforman.

4.3.1. Sistemas de Baterías

Con base en la información de la demanda máxima y el voltaje seleccionado para el sistema que son 24 V; se calcula la capacidad total del banco de baterías que se requieren mediante la ecuación (5).

$$C_b = \frac{D_{\text{máx}}}{V_{\text{sistema}} * Fd} \quad (5)$$

Donde:

C_b = Cantidad de baterías

$D_{\text{máx}}$ = demanda máxima del diseño

V_{sistema} = Voltaje seleccionado para el STV

Fd = Factor de descarga de la batería seleccionada

Reemplazando los datos se obtiene:

$$C_b = \frac{70.417,2}{24 * 0,9} [Ah]$$

$$C_b = 3.260,055 [Ah]$$

Tomando como referencia la información de las características de la batería seleccionada (ver anexo C), se tiene que las baterías cuentan con 150 Ah. Se calcula la cantidad de baterías

$$\# B = \frac{3.260,055}{150}$$

$$\# B = 21,733$$

Obteniendo como resultado 22 baterías en paralelo para este diseño.

4.3.2 Controlador

Para la selección del controlador se debe tener en cuenta el voltaje del sistema, el voltaje máximo de entrada, y la determinación del arreglo de los paneles para no exceder los valores 1.600 W permitidos, indicados en la ficha técnica del equipo.

Se eligió el controlador de carga solar ML4860 de la marca SRNE porque permite una entrada de potencia máxima alta, por su alta precisión, facilidad en la instalación, y se ajusta con el voltaje seleccionado para el sistema ficha técnica Anexo D. Para esta elección se tuvo en cuenta que el voltaje de funcionamiento concuerde con el de los paneles seleccionados, es decir 24 V. Además de esto, teniendo en cuenta que la potencia máxima no puede superar los 1600 W se escogió entonces un arreglo de 3 series de 16 paneles de 415 W en paralelo.

4.3.3 Inversor

Para dimensionar el inversor se tiene presente el valor de la potencia total instalada, indicada en la Tabla 1, el valor del voltaje del sistema es de 24 V. La potencia calculada no puede superar la potencia permitida del inversor.

Para su correcto dimensionamiento es necesario aplicar el factor de seguridad de 20% que contrarresta las pérdidas de los elementos.

$$P_{inv} = P_{Tcalculada} * 1,20 \quad (6)$$

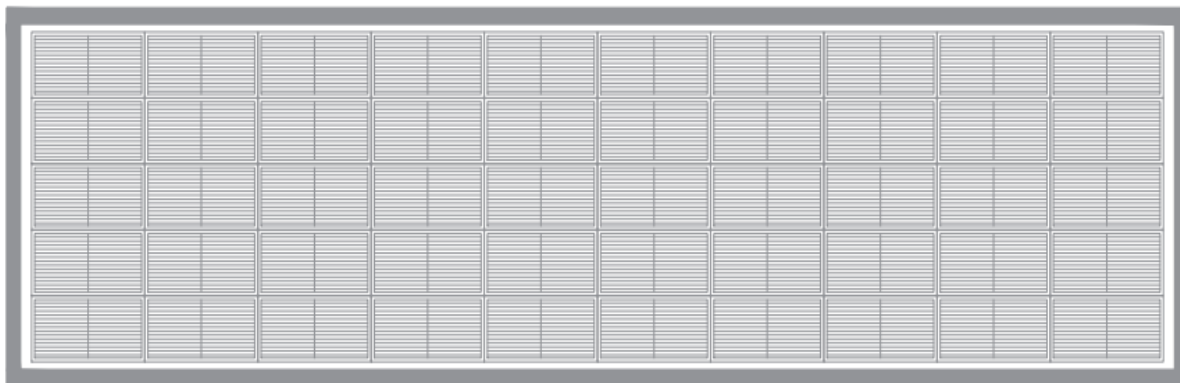
$$P_{inv} = 6.512 * 1.20 [W]$$

$$P_{inv} = 7.814,4 [W]$$

Se aproxima a un valor de 7900 W y se selecciona un inversor Huawei modelo SUN2000 – 20KTL-M3 diseñado para valores de altas potencia a diferencia de las otras marcas que maneja la comercializadora Solartex S.A.S, cuya ficha técnica está en el anexo E, que tiene un valor de potencia máximo de 20.000 W.

El área del techo donde se espera realizar el montaje es de 22 m de ancho y 6 m de alto, por lo cual es necesario revisar la manera más óptima de ubicar los paneles para aprovechar el espacio. Con base en las dimensiones del panel escogido cuya área es de 2,108 m de ancho y 1,048 m de alto, los paneles se anclarán horizontalmente como se muestra en la figura 1 manteniendo la inclinación recomendada es entre 30-40 grados según el comercializador.

Figura 1: Disposición de Horizontal



Fuente: Autores

De manera general la conexión de un sistema fotovoltaico aislado se realiza como se muestra en la figura 2 y teniendo como referencia las cantidades, el arreglo fotovoltaico y las características técnicas indicadas en los puntos anteriores.

Figura 2: Conexión general de un Sistema Solar Fotovoltaico Off-Grid



Fuente: HG ingeniería (2019)

5. RESULTADOS

El sistema fotovoltaico propuesto, está compuesto por un conjunto de 48 paneles policristalino de 415 W cada uno, en la tabla 2 se muestran las especificaciones más importantes del panel y en el anexo B las especificaciones completas del fabricante.

Tabla 2. Especificaciones Técnicas Panel solar.

PANEL SOLAR				
MODELO	NOMBRE	POTENCIA	COEFICIENTES	CARACTERISTICAS
CS3W-415P	Panel Solar 415 Watts Poli Perc Canadian Solar	415 Wp	TEMP DE P _{MAX} : -0.36%/°C	DIMENSIONES: 210.8*104.8*4 cm
			TEMP DE V _{oc} : -0.28%/°C	PESO: 24.9 Kg
			TEMP DE I _{SC} : 0.05%/°C	Voltaje Cto abierto(V _{oc}): 44.9 V
				Corriente cortocircuito (I _{sc}): 8.99 A

Nota: Elaborada por el autor

El inversor es de 20 kW con una eficiencia máxima del 98.6%, ver tabla 3 y anexo E para especificaciones de fabricante.

Tabla 3. Especificaciones Técnicas Inversor.

INVERSOR				
MODELO	NOMBRE	POTENCIA	COEFICIENTES	CARACTERISTICAS
SUN2000-20KTL-M3	Smart String Inverter	ENTRADA : 30,000 Wp	Max. Altitud operativa: 0 - 4000 m (reducción de potencia por encima 3000 m)	DIMENSIONES: 640 x 530 x 270 mm (25,2 x 20,9 x 10,6 pulgadas) PESO: 43 Kg
		SALIDA: 20,000 W	TEMPERATURA FUNCIONAMIENTO : -25 ~ + 60 ° C (reducción de potencia por encima de 45 ° C a potencia de salida nominal)	Frecuencia nominal de red de CA : 50 Hz / 60Hz

Nota: Elaborada por el autor

Un banco de baterías de 22 unidades con un almacenamiento de 150 Ah, y una profundidad de descarga del 95%, características indicadas en tabla 4 y anexo C.

Tabla 4. Especificaciones Técnicas del Banco de Baterías

BATERIA				
MODELO	NOMBRE	VOLTAJE NOMINAL	COEFICIENTES	CARACTERISTICAS
UU24-150	Bateria De Litio 24 V 150 Ah Blue Carbon	150 Ah	La batería debe mantenerse a -20 °C —45 °C en un almacén donde esté seca, limpia y bien ventilada.	DIMENSIONES: 50.7*25.6*19.3 cm
				PESO: 19 Kg
			Ciclo de descarga 2000 veces < 1C, ciclo de descarga 4000 veces < 0.4C	CORRIENTE DE ENTRADA: 40 A CORRIENTE DE SALIDA: 80 A

Nota: Elaborada por el autor

Un controlador de carga de 60 A, con una eficiencia de conversión del 98%, cuyas especificaciones se encuentran la tabla 5 y anexo D.

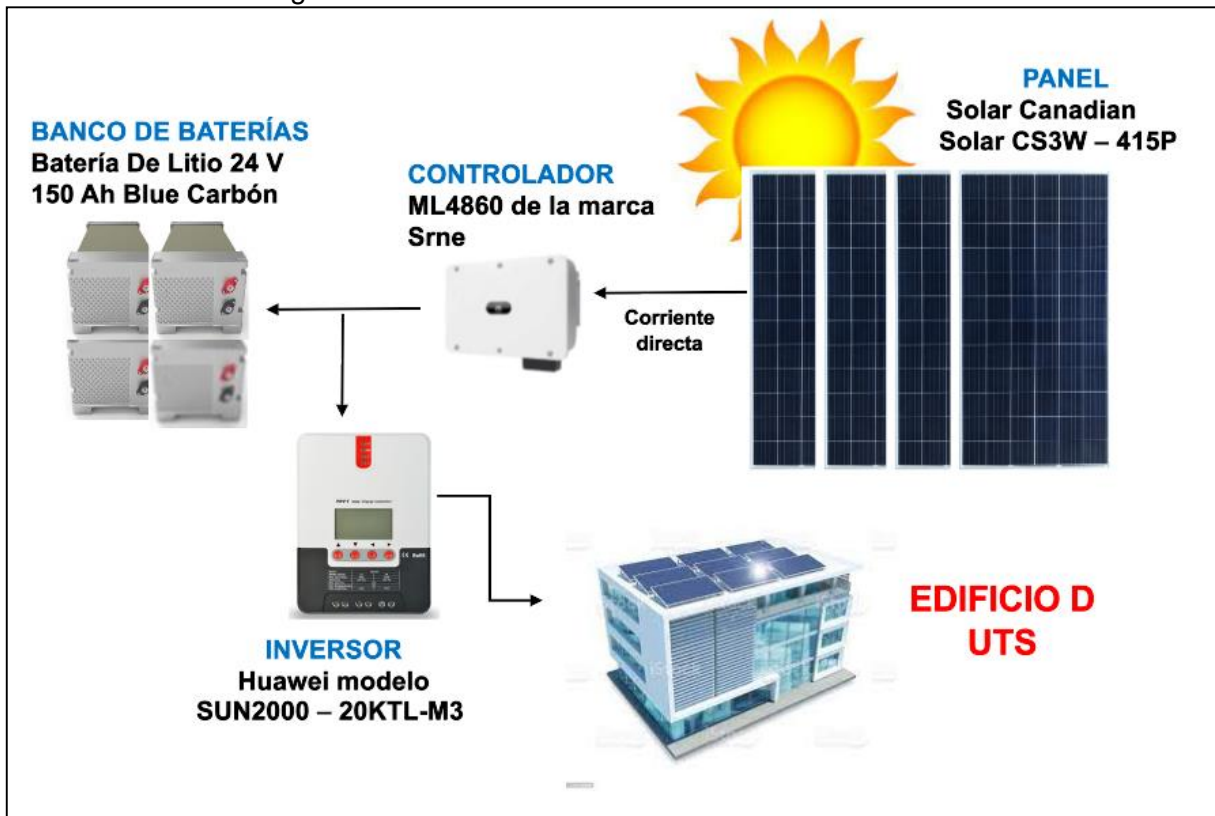
Tabla 5. Especificaciones Técnicas del Controlador

CONTROLADOR				
MODELO	NOMBRE	POTENCIA	COEFICIENTES	CARACTERISTICAS
ML 4860	Controlador De Carga Solar ML4860	800/1600/2400/3200 W	RANGO DE ENTRADA EN PV: 150V (25°C), 145V (-25°C)	DIMENSIONES: 28.5*20.5*9.3 cm
			TEMPERATURA: -3 mV/°C @ 2V	PESO: 3.6 Kg
			CLASE DE PROTECCION : IP 32	VOLTAJE NOMINAL DE BATERIA: 12/24/36/48 Voltios

Nota: Elaborada por el autor

Para la selección de los elementos del STFV fue necesario revisar los productos comercializados por varias empresas en Colombia como lo es Solartex S.A.S, donde se encuentra la información a detalle de características técnicas, eficiencia, garantía y precios reales del mercado actual. Además de entregar manuales de conexión, funcionamiento y en algunos casos de mantenimiento.

Figura 3. Conexión del Diseño SFTV del edificio D



Fuente: Autores

6. CONCLUSIONES

1. Se caracterizaron las cargas más relevantes tomadas del plano eléctrico suministrado por la oficina de infraestructura, evidenciándose que la potencia a bastecer el edificio D que se selecciono fue tomacorrientes e iluminación y se omiten motores y alimentación para UPS, con un consumo de demanda eléctrica semanal de la edificación, de 410.767 Wh/semanal.
2. El área total de la edificación fue tomada como referente para seleccionar la carga a suministrar por el SFTV, por lo que se omitieron en los cálculos tres motores y dos UPS que se tienen proyectadas en el diseño eléctrico original y en el diagrama unifilar.
3. El SFTV dimensionado dio como resultado 48 paneles solares de referencia Canadian Solar CS3W – 415P policristalino de 415 W, un controlador ML4860 de la marca SRNE de 1600 w, un inversor Huawei modelo SUN2000 – 20KTL-M3 de 20.000w y un banco de baterías compuesto por 22 baterías de la referencia Blue Carbon de Litio 24 V 150 Ah. Que conforman un diseño tipo Off- Grid como método de respaldo.
4. Después de analizar el tamaño del sistema fotovoltaico y la demanda de carga del edificio D, se concluye que el sistema diseñado puede entregar hasta el 60 % de la carga demandada durante las horas pico, para los circuitos de iluminación y tomacorrientes del edificio.
5. El banco de baterías seleccionado permite una autonomía de hasta 4 días, y de esta forma se asegura que el sistema pueda cumplir a cabalidad, los requerimientos de diseño. Los cuales fueron tomados de los datos

estadísticos del software PVGIS, suministrados en cantidad máxima de días de sombra.

6. Para proyectos donde el espacio de instalación es reducido, se invita primero a revisar la potencia que puede entregar el SFTV y con esto determinar si es posible suplir la demanda de energía.

7. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar un estudio de factibilidad técnico y económico de un sistema híbrido que soporte el consumo energético total del edificio, compuesto por fuentes de energía renovables.

Estudiar la viabilidad de la implementación del sistema aislado de la red eléctrica del edificio D.

El sistema fotovoltaico diseñado cumple con las cargas eléctricas de iluminación y tomacorrientes, sin embargo, ocupa toda el área del techo, por lo tanto, se recomienda que para su implementación se revise el espacio de ocupación del techo; limitando las cargas o utilizando paneles con mayor potencia que demanden menos área de la disponible.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, A. (2018). Crisis y Oportunidad. *Diario La República*, September 15.
- Al-Saqlawi, J., Kaveh, M., and Niall, M. (2018). Techno-Economic Feasibility of Grid-Independent Residential Roof-Top Solar PV Systems in Muscat, Oman. *Energy Conversion and Management* 178:322–34. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2018.10.021>.
- Badii, M. and Abreu, J. ... (2016). Renewable Energies and Energy Conservation. *Revista Daena (International Journal of Good Conscience)* 140–60.
- Barón, D. and Amaya, C. (2020). Diseño de Un Sistema Solar Fotovoltaico Para Suplir La Iluminación En Vallas Publicitarias de La Empresa Efectimedios S.A. Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas.
- Barrios, R., and Medina, K. (2021). Sistema Fotovoltaico Para Recarga de Vehículos Eléctricos Públicos y Privados En La Universidad Del Norte. Universidad del Norte.
- Bautista, J. (2017). Nueve de Cada 10 Proyectos Para Generar Energía Usarán Paneles Solares. *El Tiempo*, December 17.
- Castillo, M. (2021). Informe de Prácticas Profesionales y Análisis Costo Beneficio de La Implementación de Un Sistema Solar Fotovoltaico En El Bloque Dos de La Universidad Cooperativa de Colombia Seccional Santa Marta 2021. Universidad del Magdalena.
- Celsia. (2018). Energía Solar En Colombia: Así Es El Panorama En Cifras. *Blog Energía Solar*. Retrieved (<https://blog.celsia.com/new/energia-solar-en-colombia-panorama-en-cifras/>).

- Cepeda, J. and Sierra, A. (2016). Aspectos Que Afectan La Eficiencia En Los Panel Fotovoltaicos y Sus Potenciales Soluciones. P. 10 in.
- Chavéz, J. (2021). Colombia Añadirá Decenas de Proyectos de Renovables En 2021. *Energía Hoy*.
- Cortez, J. (2017). Energías Para El Desarrollo Agrario. *Revistas Bolivianas* 3(2):579–92.
- Energías, Ministerio de Minas y. 2013. *RETIE*. Colombia.
- Gómez, J., Murcia, J., and Cabeza, I. (2017). La Energía Solar Fotovoltaica En Colombia: Potenciales, Antecedentes y Perspectivas.
- Hernández, A. (2009). *La Generación Distribuida y Su Posible Integración Al Sistema Interconectado Nacional*. Bogotá D.C.
- IDEAM. (2020). Características de La Radiación Solar. Retrieved July 5, 2021 (<http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/caracteristicas-de-la-radiacion-solar>).
- Li, C., Dequn, Z., Weiyan, Y., Hui, W., Dasheng, Z., W, Menghui, S., and Guo, L. (2017). Performance of Off-Grid Residential Solar Photovoltaic Power Systems Using Five Solar Tracking Modes in Kunming, China. *International Journal of Hydrogen Energy* 42(10):6502–10. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2017.01.033>.
- Limpia, E. (2021). Techos Con Energía Solar Siguen Brillando En Colombia En 2021 Sector Logístico Portuario Con Más Energía de Calidad. *Energía Limpia*. Retrieved (<https://energialimpiaparatodos.com/2021/05/16/siguen-brillando-en-colombia-en-2021-sector-logistico-portuario-con-mas-energia-solar/>).

- Mejía, N., Vera, L., López, G., and Herrera, I. (2018). Evaluación de La Eco-Eficiencia de Una Instalación de Energía Solar Fotovoltaica En Establecimientos de Alojamientos y Hospedajes. Un Caso En La Guajira, Colombia. *Clear Production* 1–10.
- Mugisha, J., Arasa, M., Bienvenu, C., and Hayriye, K. (2021). Assessing the Opportunities and Challenges Facing the Development of Off-Grid Solar Systems in Eastern Africa: The Cases of Kenya, Ethiopia, and Rwanda. *Energy Policy* 150:112131. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.112131>.
- Pérez, M., Morales, I., Castro, E. (2017). The Hour Equivalent Solar Pick: Definition and Interpretation. *Ingeniería Energética* 38(2):124–31.
- Petrel, C. (2021). Diseño de Sistema Solar Fotovoltaico Aislado e Individual En El Corregimiento Bocas Del Atrato - Turbo. Universidad de Antioquia.
- Plata, H., Rodríguez, O. (2021). Estudio de Factibilidad En La Implementación de Energía Solar Fotovoltaica Tipo ON GRID y OFF GRID, Enfocado a La Granja Avícola 'Santa Rosa' En El Municipio de Simacota, Santander. Unidades Tecnológicas de Santander.
- Rivera, L. (2020). Diseño de Un Sistema Fotovoltaico En El Bloque (a) Para La Universidad Piloto de Colombia Seccional Del Alto Magdalena Sede Girardot Cundinamarca Con Base En Análisis Descriptivo de La Infraestructura Año 2020. Universidad Piloto de Colombia.
- Salamanca, S., and Ávila. (2017). Propuesta de Diseño de Un Sistema de Energía Solar Fotovoltaica. Caso de Aplicación En La Ciudad de Bogotá. *Revista Científica* 30(3):253–77. doi: <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/revcie/article/view/12288>.

Textos Científicos. (2005). Celdas Solares. *Textos Científicos*. Retrieved
(<http://www.textoscientificos.com/energia/celulas>).

Unidas, Naciones. (1998). *Protocolo de Kioto de La Convención Marco de Las
Naciones Unidas Sobre El Cambio Climático*.

Anexo B. Panel solar Canadian Solar de 415 w.







HiKu

SUPER HIGH POWER POLY PERC MODULE
395 W ~ 415 W
CS3W-395 | 400 | 405 | 410 | 415P

MORE POWER

-  24 % more power than conventional modules
-  Up to 4.5 % lower LCOE
Up to 2.7 % lower system cost
-  Low NMOT: 42 ± 3 °C
Low temperature coefficient (Pmax):
-0.37 % / °C
-  Better shading tolerance

MORE RELIABLE

-  Lower internal current,
lower hot spot temperature
-  Cell crack risk limited in small region,
enhance the module reliability
-  Heavy snow load up to 5400 Pa,
wind load up to 3600 Pa



* Both 5BB and MBB modules will be supplied.

-  **25 years** linear power output warranty
-  **10 years** product warranty on materials and workmanship

MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATES*

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

PRODUCT CERTIFICATES*

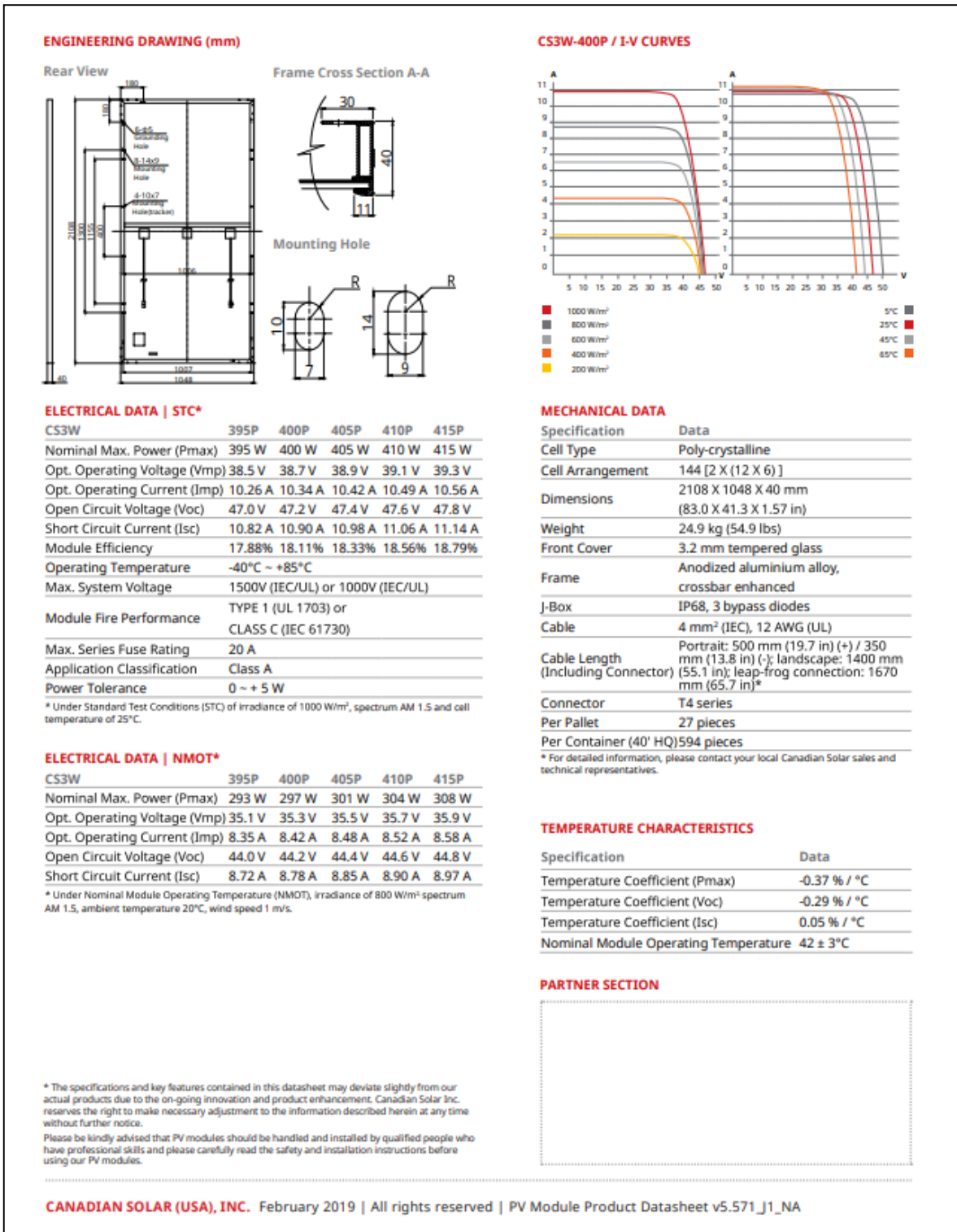
IEC 61215 / IEC 61730: VDE / CE / CEC AU
IEC61701 ED2: VDE / IEC62716: VDE
UL 1703: CSA
Take-e-way



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

CANADIAN SOLAR (USA), INC. is committed to providing high quality solar products, solar system solutions and services to customers around the world. As a leading PV project developer and manufacturer of solar modules with over 30 GW deployed around the world since 2001, Canadian Solar Inc. (NASDAQ: CSIQ) is one of the most bankable solar companies worldwide.

CANADIAN SOLAR (USA), INC.
3000 Oak Road, Suite 400, Walnut Creek, CA 94597, USA | www.canadiansolar.com/na | sales.us@canadiansolar.com



Anexo C. Batería de Lito Blue Carbón UU 24-150 LiFePO₄.



Blue Carbon
蓝晶易碳



24V/150Ah
LiFePO₄ Battery
(Champion version)

BCT UU 24-150 LiFePO₄ Battery



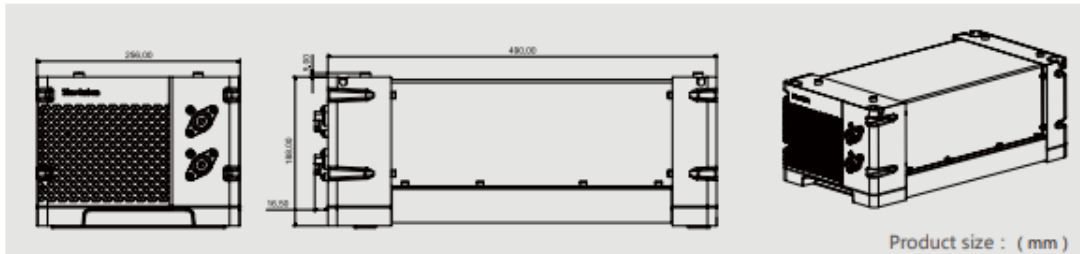
Application Places

For no city power areas, the battery pack can be charged by solar panels and used for night lighting; For the areas that city power is expensive, the battery pack can be charged during the electricity valley value period, and used at the peak power period; For the areas which power off from time to time, the battery pack can be used as UPS, to avoid information loss caused by sudden power outage. The battery pack is applicable to commercial lighting, industrial lighting, home lighting, outdoor lighting, camping tourism, farming, planting, the night market stalls, etc.

Blue Carbon , lighting up the warm home.



Blue Carbon
蓝晶易碳



Advantages

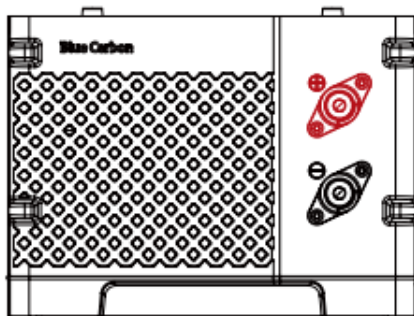
- All in one mould design and production, easy to install.
- With longer span life LiFePO₄ battery, over 12 years lifespan, ensure the whole set products' life span.
- High quality aluminium magnesium alloy, anti-corrosion, substantial, durable, artistic, practical. High craft manifesting production value of famous brand.
- Dustproof structure design, DC output, safe and reliable.
- Integrated packaging, safe and convenient to transport.

Technical Parameters

Model	UU 24-150		
Rated voltage	25.6V	Standard capacity	150Ah
Maximum input current	40A	Maximum output current	80A
Charging voltage	29.2V—29.4V	Cut-off	2.5V single cell
Self-Discharge (25°C)	<3%/month	Depth of discharge	Up to 95%
Charge method (CC/CV)	Operation: -20°C—70°C; Recommendation: 10°C—45°C		
Cycle life	Discharge cycle 2000 times < 1C, Discharge cycle 4000 times < 0.4C		
Warranty	5 years		
Product Size	507mm × 256mm × 193mm		

BCT


Instructions



Attention:


1. Please connect the wires of equipments as showing in the installation manuals.
2. LiFePO₄ battery pack can be charged both by solar panels and city power.
3. It is prohibited to put the battery pack outside in the rainy days.
4. It is prohibited to repair or disassemble the battery pack by the non-professional persons.
5. If charging current reached input protection current, or discharging current exceeded output protection current, the battery will stop working. This is battery protection phenomenon, will be work again when was charged(input current should be lower than input protection current).












Anexo D. Controlador MPPT SRNE ML4860



Maximum Power Point Tracking ML Series

MI4860 & ML4860-LI
Solar Charge and Discharge Controller



Features

- With the advanced dual-peak or multi-peak tracking technology, when the solar panel is shadowed or part of the panel fails resulting in multiple peaks on the I-V curve, the controller is still able to accurately track the maximum power point.
- A built-in maximum power point tracking algorithm can significantly improve the energy utilization efficiency of photovoltaic systems, and raise the charging efficiency by 15% to 20% compared with the conventional PWM method.
- A combination of multiple tracking algorithms enables accurate tracking of the optimum working point on the I-V curve in an extremely short time.
- The product boasts an optimum MPPT tracking efficiency of up to 99.9%.
- Advanced digital power supply technologies raise the circuit's energy conversion efficiency to as high as 98%.
- Different charging program options including those for gel batteries, sealed batteries and open batteries, customized ones, etc. are available.
- The controller features a limited current charging mode. When the solar panel power exceeds a certain level and the charging current is larger than the rated current, the controller will automatically lower the charging power and bring the charging current to the rated level.
- Instantaneous large current startup of capacitive loads is supported.
- Automatic recognition of battery voltage is supported.
- LED fault indicators and an LCD screen which can display abnormality information help users to quickly identify system faults.
- Historical data storage function is available, and data can be stored for up to a year.
- The controller is equipped with an LCD screen with which users can not only check device operating data and statuses, but also modify controller parameters.
- The controller supports standard Modbus protocol, fulfilling the communication needs of various occasions.
- All communications are electrically isolated, so users can rest assured in usage.
- The controller employs a built-in over-temperature protection mechanism. When temperature surpasses the set value, the charging current will decline in linear proportion to the temperature and discharging will be halted so as to curb the temperature rise of the controller, effectively keeping the controller from being damaged by overheat.
- With the help of an external battery voltage sampling function, battery voltage sampling is exempted from the effect of line loss, making control more precise.
- Featuring a temperature compensation function, the controller can automatically adjust charging and discharging parameters in order to extend the battery's service life.
- The controller also features a battery over-temperature protection function, and when the external battery temperature exceeds the set value, charging and discharging will be shut off so as to protect components from being damaged by overheat.
- TVS lighting protection

Product Specification Parameter

Parameter	Value
Model	ML4860/ML4860-LI
System voltage	12V/24V/36V/48V Auto
No-load loss	0.7 W to 1.2W
Battery voltage	9V to 70V
Max. solar input voltage	150V (25°C), 145V (-25°C)
Max. power point voltage range	Battery voltage +2V to 120V
Rated charging current	60A
Rated load current	20A
Max. capacitive load capacity	10000uF
Max. photovoltaic system input power	800W/12V; 1600W/24V; 2400W/36V; 3200W/48V
Conversion efficiency	≤ 98%
MPPT tracking efficiency	> 99%
Temperature compensation factor	-3mv/°C/2V (default)
Operating temperature	-35°C to +45°C
Waterproof level	IP32
Weight	3.6kg
Communication method	RS232 RS485
Altitude	≤ 3000m
Product dimensions	285*205*93mm

Anexo E. Inversor SUN2000-20KTL-M3.

SUN2000-20KTL-M3
**Smart String
Inverter**







Smart
8 strings intelligent
monitoring



Efficient
Max. efficiency 97.6%



Safe
Fuse free design



Reliable
Type II surge arresters for DC &
AC

Efficiency Curve



SUN2000-20KTL-M3

Circuit Diagram



SUN2000-20KTL-M3 Technical Specification	
Technical Specification	SUN2000-20KTL-M3
Efficiency	
Max. Efficiency	97.6%
European Efficiency	97.2%
Input	
Recommended Max. PV Power	30,000 Wp
Max. Input Voltage ¹	750 V
Max. Current per MPPT	26 A
Max. Short Circuit Current per MPPT	40 A
Start Voltage	200 V
MPPT Operating Voltage Range ²	200 V ~ 750V
Rated Input Voltage	360 V
Number of Inputs	8
Number of MPP Trackers	4
Output	
Rated AC Active Power	20,000 W
Max. AC Apparent Power	22,000 VA
Max. AC Active Power (cosφ=1)	22,000 W
Rated Output Voltage	120 Vac / 208 Vac, 3W/N+PE 127 Vac / 220 Vac, 3W/N+PE
Rated AC Grid Frequency	50 Hz / 60Hz
Rated Output Current	57.2 A / 202 Vac 52.5 A / 220 Vac
Max. Output Current	63.2 A / 202 Vac 58.0 A / 220 Vac
Adjustable Power Factor Range	0.8 LG ... 0.8 LD
Max. Total Harmonic Distortion	<3%
Protection	
Input-side Disconnection Device	Yes
Anti-islanding Protection	Yes
AC Overcurrent Protection	Yes
DC Reverse-polarity Protection	Yes
PV-array String Fault Monitoring	Yes
DC Surge Arrester	Type II
AC Surge Arrester	Type II
DC Insulation Resistance Detection	Yes
Residual Current Monitoring Unit	Yes
Arc Fault Protection	Yes
Ripple Receiver Control	Yes
Integrated PID Recovery ³	Yes
Communication	
Display	LED Indicators, Integrated WLAN + FusionSolar APP
RS485	Yes
Smart Dongle	WLAN/Ethernet via Smart Dongle-WLAN-FE (Optional) 4G / 3G / 2G via Smart Dongle-4G (Optional)
Monitoring BUS (MBUS)	Yes (Isolation Transformer required)
General Data	
Dimensions (W x H x D)	640 x 530 x 270 mm (25.2 x 20.9 x 10.6 inch)
Weight (with mounting plate)	43 kg (94.8 lb)
Noise Level	< 46 dB
Operating Temperature Range	-25 ~ + 60 °C (Derating above 45 °C @ Rated output power)
Cooling Method	Natural Convection
Max. Operating Altitude	0 - 4,000 m (Derating above 3000 m)
Relative Humidity	0% RH ~ 100% RH
Protection Degree	IP 66
Topology	Transformerless
Nighttime Power Consumption	≤ 5.5W
Optimizer Compatibility	
DC MBUS Compatible Optimizer	SUN2000-450W-P
Standard Compliance (more available upon request)	
Safety	EN 62109-1/-2, IEC 62109-1/-2, EN 50530, IEC 62116, IEC 60068, IEC 61683
Grid Connection Standards	