



**DISEÑO TÉCNICO DE UN SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA Y
ESTUDIO DE VIABILIDAD PARA CONECTAR LOS SERVICIOS DE ÁREAS
COMUNES EN EL CENTRO COMERCIAL Y EMPRESARIAL SAN SILVESTRE S.A
EN LA CIUDAD DE BARRANCABERMEJA.**

MODALIDAD DE SEMINARIO DE GRADO:
FORMACIÓN SOLAR EN ENERGIA FOTOVOLTAICA

JESÚS ALBERTO GALVIS BELEÑO - 1096215606
YOAN ANDRE PIAMONTE RODRÍGUEZ - 1096207611

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍAS
TECNOLOGÍA EN OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO ELECTROMECAÁNICO
BARRANCABERMEJA, SANTANDER (03-07-21)**



**DISEÑO TÉCNICO DE UN SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA Y
ESTUDIO DE VIABILIDAD PARA CONECTAR LOS SERVICIOS DE ÁREAS
COMUNES EN EL CENTRO COMERCIAL Y EMPRESARIAL SAN SILVESTRE S.A
EN LA CIUDAD DE BARRANCABERMEJA.**

MODALIDAD DE SEMINARIO DE GRADO:
FORMACIÓN SOLAR EN ENERGIA FOTOVOLTAICA

JESÚS ALBERTO GALVIS BELEÑO - 1096215606
YOAN ANDRE PIAMONTE RODRÍGUEZ - 1096207611

Trabajo de Grado para optar al título de
Tecnólogo en operación y mantenimiento electromecánico

DIRECTOR
Msc ALFREDO RAFAEL ACEVEDO PICÓN
Msc. FABIO ALFONSO GONZALEZ

Grupo de investigación en Energía – GIE

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍAS
TECNOLOGÍA EN OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO ELECTROMECAÁNICO
BARRANCABERMEJA, SANTANDER (03-07-21)**

Nota de Aceptación

FA A. GONZÁLEZ

Firma del Evaluador

Alfredo Acevedo

Firma del Director

DEDICATORIA

Quiero dar gracias a Dios por permitirme cumplir este sueño anhelado, a mi hermosa hija Nohelia, que ha sido mi motor para despertar cada día y luchar para darle un buen futuro, a mi madre que desde el cielo siempre estuvo ahí para darme las fuerzas necesarias de seguir adelante por lo que quiero, a mis hermanas que han sido mi apoyo incondicionalmente son ellas merecedoras de este triunfo, a mi padre que siempre confió en mis capacidades para sacar adelante este proyecto y a mis abuelos, que suplieron todas mis necesidades durante el proceso.

Jesús Alberto Galvis Beleño

Primero que todo darle gracias a Dios por permitirme cumplir con esta etapa de mi formación académica y profesional, a mi padre por su apoyo incondicional, a mi esposa e hijas y familia los cuales me apoyaron, aconsejaron y estuvieron siempre atentos a cualquier necesidad e inconvenientes que surgieron durante mi ciclo estudiantil, a mis amigos, compañeros de estudio y conocidos que tuvieron fe en mi crecimiento como profesional.

Yoan Andre Piamonte Rodriguez

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, a Dios gracias por darnos la sabiduría e inteligencia para culminar este proyecto de la mejor manera, porque realmente somos merecedores de este sueño anhelado. Agradecemos a nuestras familias por ser ese bastón que nos mantuvo con fuerzas, apoyándonos incondicionalmente, confiando plenamente en que nuestras capacidades eran suficientes para todos los obstáculos que se presentaran.

También queremos agradecer a las UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER por formarnos tanto profesional como personalmente, ampliar nuestro campo de conocimiento y dar bases sólidas en el sector industrial. También resaltar la labor de todos los docentes que fueron parte de este proceso, fueron experiencias y aprendizajes donde aportaron su granito de arena para que nuestras metas se hicieran realidad.

Queremos destacar el nombre del ingeniero ALFREDO RAFAEL ACEVEDO PICÓN, quien nos guio durante la realización de este proyecto, fue pieza fundamental compartiendo todo sus experiencias y sus conocimientos, aportando gran cantidad de información para darle vida a este proyecto que cumplió con nuestras expectativas planteadas.

Agradecer al C.C San Silvestre, en cabeza del ingeniero CARLOS AUGUSTO CARREÑO DIAZ, por permitirnos y brindarnos todo su apoyo para realización de este proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
<u>RESUMEN EJECUTIVO.....</u>	10
<u>INTRODUCCIÓN.....</u>	11
<u>1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN</u>	12
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	13
1.3. OBJETIVOS	15
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	15
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
1.4. ESTADO DEL ARTE.....	16
<u>2. MARCO REFERENCIAL</u>	19
2.1. LA RADIACIÓN SOLAR	19
2.2. COMPOSICIÓN DE LA RADIACIÓN SOLAR	21
2.2.1. DECLINACIÓN SOLAR Y REPRESENTACIONES	21
2.2.2. MOVIMIENTO DEL SOL.....	22
2.2.3. EQUINOCCIOS	22
2.2.4. AZIMUT SOLAR (A)	23
2.2.5. ÁNGULO DE INCIDENCIA SOLAR (θ)	24
2.2.6. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	24
2.3. PRINCIPIOS DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	25
<u>3. DISEÑO DE LA INVESTIGACION.....</u>	27
<u>4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO.....</u>	29
4.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	29
4.2. RADIACIÓN SOLAR EN BARRANCABERMEJA.....	29
4.3. HORAS DE SOL	30
4.4. CONDICIONANTES DEL PROYECTO POR PARTE DEL C.C. SAN SILVESTRE.....	31
4.5. SISTEMA FOTOVOLTAICO ÓPTIMO DE ACUERDO CON SU ESTRUCTURA.....	32
<u>5. RESULTADOS</u>	33
5.1. DETERMINACIÓN DE LA CARGA	33
5.2. CÁLCULO DE LAS HORAS DE PICO SOLAR	34

5.3.	CÁLCULOS PARA DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE PANELES FOTOVOLTAICOS	35
5.4.	ARREGLO DE LOS MÓDULOS.....	37
5.5.	INSTALACIÓN DE LOS PANELES SOLARES EN EL ESPACIO DISPONIBLE.....	39
5.6.	EQUIPOS DE MEDIDA EN EL SISTEMA FOTOVOLTAICO	45
5.7.	EQUIPOS DE PROTECCIÓN	46
5.8.	ESQUEMA DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	48
5.9.	REDUCCIÓN DE CO₂.....	54
5.10.	REDUCCIÓN EN EL PAGO DEL SERVICIO ELÉCTRICO.	55
<u>6.</u>	<u>CONCLUSIONES</u>	<u>56</u>
<u>7.</u>	<u>RECOMENDACIONES</u>	<u>58</u>
<u>8.</u>	<u>REFERENCIAS</u>	<u>59</u>
<u>9.</u>	<u>ANEXOS.....</u>	<u>62</u>
9.1.	ANEXO 1. FICHA TÉCNICA MÓDULOS JINKO SOLAR.....	62
9.2.	FICHA TÉCNICA INVERSOR CPS SCA 50KTL – DO – US 480	63
9.3.	FICHA TÉCNICA MEDIDOR ISKRA BÁSICO MT-174	64
9.4.	FICHA TÉCNICA PROTECCIONES DS252C-48DC/G	65

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura. 1 Espectro de absorción de la luz visible.....	20
Figura. 2 Equinoccio Solar	23
Figura. 3 Angulo Solar	23
Figura. 4 Ángulo de incidencia solar	24
Figura. 5 Bandas de valencia y de conducción en un sólido	26
Figura. 6 Ubicación Centro Comercial San Silvestre	29
Figura. 7 Sistema fotovoltaico conectado a la red	32
Figura. 8 Arreglo de módulos	38
Figura. 9 Espacio disponible para instalación.....	39
Figura. 10 Distribución de módulos techo City Park	41
Figura. 11 Distribución de módulos techo gimnasio	42
Figura. 12 Distribución módulos en cine, hotel y torre empresarial.....	43
Figura. 13 Ubicación módulos fotovoltaicos	44
Figura. 14 Medidor bidireccional ISKRA.....	46
Figura. 15 Diagrama instalación fotovoltaica	49
Figura. 16 Sección 1 Diagrama Unifilar Existente	50
Figura. 17 Sección 2 Diagrama Unifilar Existente	51
Figura. 18 Sección 3 Diagrama Unifilar Existente	51
Figura. 19. Sección 1 Diagrama Unifilar Sistema FV.....	52
Figura. 20 Sección 2 Diagrama Unifilar Sistema FV.....	53

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Radiación solar Barrancabermeja.....	30
Tabla 2. Horas de Sol en Barrancabermeja.....	31
Tabla 3. Determinación de la carga Centro Comercial San Silvestre.....	34
Tabla 4. Propiedades módulo solar.....	35
Tabla 5. Propiedades Inversor.....	37
Tabla 6. Áreas disponibles para instalación.....	40
Tabla 7. Características medidor.....	46

RESUMEN EJECUTIVO

La gerencia del centro comercial y empresarial San Silvestre s.a, requiere de un análisis técnico sobre la viabilidad de un sistema solar fotovoltaico en la azotea de la edificación, con el fin de reducir costos en el servicio de energía eléctrica en las áreas comunes y por ende fomentar el buen uso de las energías limpias que contribuyen al buen desarrollo del medio ambiente.

El proyecto tuvo como objetivo principal el diseño de un sistema fotovoltaico donde de acuerdo al área disponible y definiendo los puntos de acceso para servicios de mantenimiento, se logró definir la generación máxima de energía que se desarrollará por medio de paneles fotovoltaicos aprovechando la radiación solar que suministra el municipio de Barrancabermeja.

El planteamiento para ejecutar el proyecto se comprendió como primer lugar la investigación de la radiación solar en las áreas de instalación, características principales de los paneles solares, tecnología de los inversores y demás componentes necesarios para abastecer la demanda energética del Centro Comercial.

Durante el análisis se determina la eficiencia del sistema de energía suministrada a la red, costo-beneficio a futuro y simula por medio del software, calcular la energía convertida y consumida durante el día, mes y año.

PALABRAS CLAVE. Paneles solares, energía, estrategia, irradiación solar, viabilidad.

INTRODUCCIÓN

Las energías renovables fotovoltaicas, son conocidas por generar energía eléctrica a partir de la radiación solar empleando una tecnología basada en el efecto fotoeléctrico, son consideradas como la mejor alternativa energética no convencional no solo permitiendo disminuir el impacto ambiental si no generando empleos verdes a una economía local.

Este proyecto se lleva a cabo mediante un delicado proceso de análisis sobre el dimensionamiento del sistema que se pretende implementar de acuerdo al área disponible para generación, siguiendo los lineamientos requeridos por el gerente del centro comercial y empresarial San Silvestre, se lleva a cabo un análisis de costo aproximado, teniendo en cuenta la mano de obra y las características principales de los equipos sean las mejores ofrecidas en el mercado. Para llevarlo a cabo según lo planteado en dicho análisis tenemos que en los sectores donde van ubicados los paneles se puede obtener una irradiancia mensual de 5.05Kwh/m², lo cual proporciona una producción de energía eléctrica para el C.C San Silvestre, considerando esto una instalación aproximada de 375 paneles solares de 535 kw/h, generando un total de 186.555 Kw/h, teniendo en cuenta las pérdidas que se dan durante la generación. De tal manera para todo el sistema se llevó a cabo una revisión de las características principales de todos los componentes, selección del mejor producto que ofrece el mercado para garantizar un buen funcionamiento y facilitar los tipos de mantenimiento que el sistema requiera durante su actividad.

1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El calentamiento global es un problema que está afectando a toda la humanidad. El planeta está entrando en una era de consecuencias que los seres humanos provocaron durante años expulsando gases de efecto invernadero (Báez, 2018). Hoy en día el futuro de Colombia en materia de energía se encuentra en el ojo del huracán debido a la no puesta en marcha de los principales proyectos que se pensaban generar alrededor de 2.400 MW, siendo la represa Ituango representando un 17% sobre la generación a nivel nacional. (Rodríguez, 2019).

Actualmente la empresa que suministra el servicio eléctrico para el Centro comercial y empresarial San Silvestre en la ciudad de Barrancabermeja, ha venido presentando un incremento en el costo de kW/h del servicio eléctrico que comercializa (Alcaldía Municipal de Barrancabermeja, 2021). En los últimos meses el centro comercial ha presentado un consumo promedio de 203.926 kw/h. Los valores reflejados en los pagos indican que no sería una solución a su problemática el ahorro energético en el Centro comercial si no se reduce el costo por kW/h (Energiza, 2021). Por otro lado, el Centro comercial cuenta con un amplio número de locales comerciales, áreas sociales, ascensores, escaleras eléctricas y parqueaderos, donde es constante el transitar de los usuarios por ese sector siendo los comerciantes la comunidad más afectada por los constantes cortes del fluido eléctrico mientras su labor comercial (Rodríguez, 2020).

Según lo mencionado anteriormente para el proyecto presentado se realiza la siguiente pregunta problema: ¿Cuál es el máximo potencial de generación FV

teniendo en cuenta el área disponible para la instalación de paneles FV en el CC San Silvestre en Barrancabermeja?

1.2. JUSTIFICACIÓN

Las llamadas “energías amigables con el medio ambiente”, son generadas de manera continua y es un recurso inagotable comparado con los combustibles fósiles que generan gases efecto invernadero en el ecosistema. La humanidad ha creado una consciencia ambiental con respecto al cambio climático que hoy en día registran los medios evidenciando temperaturas extremas y creciente de ríos, mares y océanos, entre otros (Báez, 2018).

En 2018 el estado de California (EE. UU.), aprobó una nueva ley que exigirá a partir de 2020 que todas las casas nuevas construidas incluyan paneles solares considerando que el precio de la vivienda aumentará hasta 12.000 dólares. La medida espera ayudar a cumplir con el objetivo del estado de reducir drásticamente las emisiones de gases de efecto invernadero y extraer toda su demanda energética a partir de energías renovables (Qiu, Wang, Lin, & Lin, 2021).

Para establecer el alcance de este proyecto, fue necesario establecer una estrategia donde el pago por consumo de energía eléctrica disminuyera significativamente tomando como referencia los sistemas alternativos no convencionales. En la ciudad de Barrancabermeja es muy común ver que la irradiación solar es conveniente para el uso de estas fuentes de energías renovables, se promedia una temperatura ambiente que va desde los 24°C hasta 31°C. Para lo cual se plantea la instalación de paneles fotovoltaicos en la azotea del centro comercial y empresarial San Silvestre.

Durante los últimos 20 años el cambio climático ha venido amenazando el planeta, sin embargo, existe la necesidad de tener acceso a la energía para tener una mejor calidad de vida, un buen desarrollo económico e incentivar a las futuras generaciones las buenas prácticas de la energía. Es importante resaltar el avance que se ha tenido en materia tecnológica viendo que cada vez va encaminada al desarrollo de nuevos recursos energéticos (Hernández, 2019).

Según UNEF, en España 2018, se instalaron alrededor de 261,7 MW de nuevo sistema de potencia FV, teniendo como un incremento del 94% respecto a lo instalado en el año anterior. La economía agrícola ha sido la más beneficiada al hacer parte del autoconsumo siendo un sistema solar adecuado para el riego de las plantas. Las directivas europeas de renovables aseguran que este impulso por el buen uso de las energías se debe a la alta competitividad de empresas que ofrecen servicios energéticos no convencionales (Díaz, 2020).

Para la gerencia del CC es estratégico definir, internamente, el potencial de generación FV para que pueda tomar las decisiones con alto impacto en lo referente a la ejecución de proyectos de inversión de capital con retornos importantes. Esta consultoría genera información valiosa para realizar evaluaciones financieras con mayor grado de exactitud.

Las Energía renovables es el máximo aprovechamiento de transformación de energía eléctrica por medio de instalaciones 100% limpias donde son amigables para nuestro planeta y seres humanos. Siendo una energía prácticamente inagotable que está creciendo su uso de manera exponencial debido al calentamiento global. Hoy en día el mundo todavía depende de los combustibles fósiles, donde son los que generan el mayor impacto ambiental emanando gases de efecto invernadero (Hernandez, Velasco, & Trujillo, 2017).

La gerencia del centro comercial requiere realizar un análisis técnico de la factibilidad de implementar un sistema de energía fotovoltaica en los espacios que dispone en las terrazas del centro comercial, para determinar cuál sería el sistema adecuado a implementar con tecnologías debidamente calificadas y certificadas para la demanda que dispone mes a mes.

El continuo deterioro ambiental y el uso de combustibles fósiles agotando su explotación en su plazo estimado, todo esto generan gases de efecto invernadero haciendo un importante aviso al buen uso de las energías, generando un modelo energético que cubra todas las necesidades del ser humano y permita cuidar el medio ambiente. Por lo tanto, se ha estado socializando en uso de las energías alternativas y han conseguido un papel importante como solución a las deficiencias energéticas y a la contaminación ambiental que amenaza el desarrollo de las actividades humanas.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar un análisis técnico de un sistema energético alternativo no convencional en base al área disponible en la azotea del centro comercial San Silvestre, para economizar egresos económicos de la compañía.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el sistema eléctrico del centro comercial San Silvestre para determinar la viabilidad de instalar un sistema de energía renovable mediante el uso de paneles solares

- Seleccionar los elementos eléctricos y electrónicos tales como paneles solares, inversor de corriente, medidor y protecciones adecuadas para entregar la energía captada por el campo fotovoltaico de la carga identificada en el centro comercial San Silvestre, a través de un análisis de mercados

1.4. ESTADO DEL ARTE

Ampliar nuestros conocimientos hacia las energías renovables conlleva a grandes beneficios en un futuro no muy lejano, pensar en que podemos dar provecho de las edificaciones para producir energía solar térmica o fotovoltaica. Una de las maneras para determinar si es viable o no un potencial solar en nuestro entorno, es usando el mapeo solar llamado GIS, que proporciona la irradiación solar durante un año en las superficies de cualquier edificación, en su mayoría recibiendo la información que suministra el sistema solar ya instalado y conectado a un sitio web (Malcervelli & Fischman, 2017).

Desde la firma del Protocolo de Kioto en 1997, la Unión Europea adoptó una amplia normativa en temas relacionados con el cambio climático, lo que le permitió tomar posesión de estabilizar las emisiones de gases de efecto invernadero a los países industrializados, reconociéndolos como los principales responsables de generar grandes emisiones de CO² siendo la convención a nivel mundial de impulsar las negociaciones internacionales moviendo a los gobiernos a generar leyes y cumplir compromisos con el medio ambiente (Martinez, 2018).

Expertos en el tema, estiman que hacerles seguimiento a las muestras de emisiones de Co₂, aseguran que los niveles atmosféricos de ese gas tienden a duplicarse para

finales del siglo XXI. Los patrones modelados por sistemas programados para prevención indican una alteración significativa del clima al provocarse en la temperatura del aire, teniendo diferencias presentando precipitaciones en los patrones y un incremento en la frecuencia de los eventos climáticos donde la sequía y las inundaciones son extremos (Giraudit, Massipe, & Rodriguez, 2014).

Hoy en día la humanidad ha estado viviendo las consecuencias de un clima que ha venido presentando cambios drásticamente negativos, los grandes científicos con el respaldo de las entidades gubernamentales se han alarmado en crear un historial sobre todas las actividades climáticas para predecir futuros impactos naturales. Debido a esto los científicos han desarrollado avances donde simulan un sistema climático en el futuro tomando como referencia los diferentes eventos del clima. Según Oviedo & León, lo importante es conocer los diferentes cambios que puedan presentar en una región o en una localidad para tomar medidas de contingencia que puedan evitar o minimizar una catástrofe natural. Para poder llevar a cabo estas predicciones es necesario crear un escenario regional, donde la variante del clima sea constante para tener un resultado esperado y así evaluar predicciones a futuro a países como Colombia, México, Brasil, Perú y Argentina.

Cortes & Arango mencionan que el tener un acercamiento a las energías renovables, representa un valor central para la sostenibilidad ambiental, que en un futuro lejano ayuda a preservar la vida humana, y promueve al buen uso de las energías a las sociedades más inclusivas y equitativas teniendo presente un buen futuro. Por otro lado, el caso de México, sobre el tema energético no cambia, tiende a llevar un mismo consumo energético mediante combustibles fósiles.

En las instalaciones de la empresa electrificadora de Santander, ubicada en la ciudad de Barrancabermeja, dieron cumplimiento al mayor proyecto energía solar fotovoltaica suministrando el 70% del potencial eléctrico que demandan las oficinas

de la ESSA. Según Montoya A. gerente de la empresa dijo: que fueron necesarios la instalación de 105 paneles solares con tecnologías de micro inversores, logrando un monitoreo constante del rendimiento que desempeña el sistema. Asegura que el costo total de instalación fue alrededor de \$200.000.000, los cuales esperan recuperar en una proyección de 4 a 7 años.

Controlar el uso de combustibles fósiles ha sido un reto muy importante que ha venido presentando esta era. Hoy en día para afrontar el cambio climático es necesario estabilizar las emisiones de gases de efecto invernadero GEI, teniendo en cuenta que en un futuro a mediano plazo sus reservas de combustibles fósiles se agotarán. Las energías renovables han estado desempeñando un papel muy importante siendo una alternativa energética amigable con el medio ambiente. La mayor fuente de energía en la tierra es el Sol, donde su energía manifestándose de varias maneras siendo la principal la luz y el calor (García, 2015).

2. MARCO REFERENCIAL

2.1. LA RADIACIÓN SOLAR

La energía liberada por el sol viaja por el vacío del espacio y llega a la tierra en forma de ondas que transportan una gran cantidad de energía. Estas ondas de diferentes características pertenecen al espectro electromagnético. La radiación va distribuida desde el infrarrojo hasta la ultravioleta, parte de la radiación alcanza la superficie de la tierra, dado que las ondas de energías más cortas son absorbidas por gases que se encuentran dispersos en la capa de ozono. Su magnitud es medida por un piranómetro donde su función es medir la cantidad de radiación recibida en un lugar determinado, posee sensores que captan la radiación y lo traducen a una unidad de medida de W/m^2 (Maloberti, 2015).

Las ondas electromagnéticas que viajan por el espacio a diferente frecuencia (luz visible, ultravioleta e infrarroja) con valores aproximados entre $0,4\mu m$ y $0,7\mu m$, donde son visibles al ojo humano, conociendo como luz visible. Parte de la luz ultravioleta (uv) es absorbida por la atmosfera, siendo la misma que produce quemaduras en la piel a las personas que son expuestas mucho tiempo al sol (Qiu, Wang, Lin, & Lin, 2021).

Vega & Ramírez (2014) Afirman que la cantidad total de energía se extiende en el área total de la esfera terrestre. La cantidad de energía que incide sobre un metro cuadrado sobre la tierra es el punto máximo de radiación que cae es perpendicular a la superficie terrestre. Dicho punto varía diariamente sabiendo que el eje de la tierra se encuentra inclinado a un ángulo de 23.5° de la elíptica.

Las emisiones de ondas electromagnéticas que viajan por el espacio se

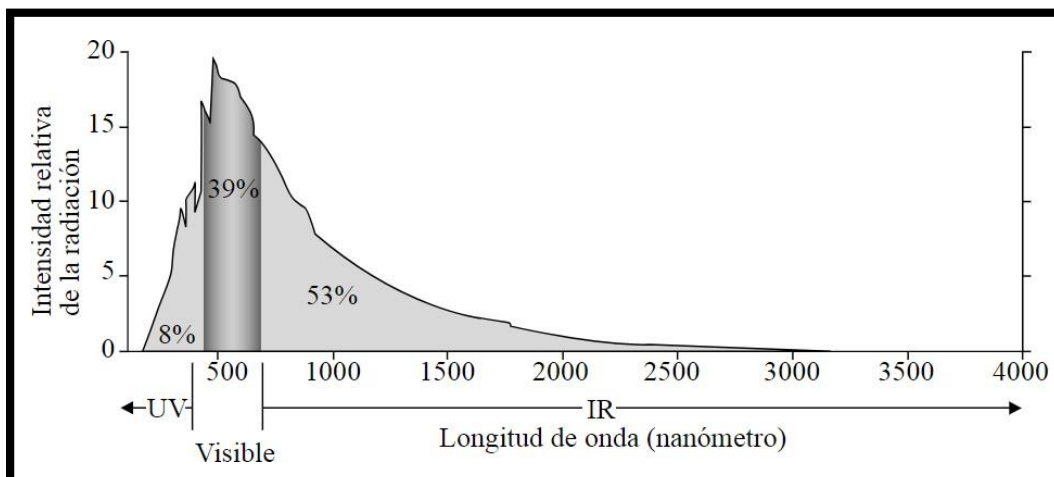
caracterizan por las unidades de longitud (λ) y frecuencia (ν), siendo ellos relacionados mediante la ecuación:

$$\nu * \lambda = c$$

Donde c representa la velocidad de la luz en el vacío, 300000 Km/s. Las ondas se extienden desde longitudes muy cortas, con frecuencias muy altas, hasta longitudes de onda largas, frecuencias muy bajas.

La luz, también conocida como luz blanca o luz visible, es un componente del espectro electromagnético comprendido como radiación visible que puede percibir el ojo humano. La energía que transmite el sol en todas las longitudes de onda tiene un rango de luz notorio. La luz blanca está compuesta por todos los colores del arco iris, teniendo cada color su longitud de onda independiente, pero al juntar todos los colores reflejan la luz blanca compuesta por rayos ultravioleta y rayos infrarrojos (Hernandez, Velasco, & Trujillo, 2017).

Figura. 1 Espectro de absorción de la luz visible



Fuente: (Báez, 2018)

La radiación electromagnética (E) está relacionada con la frecuencia (ν) mediante la expresión:

$$E = h * \nu$$

Donde “h” es la constante de Planck que vincula ambos parámetros. La energía radiada del sol interactúa con la litosfera, hidrosfera y atmósfera, es necesario conocer sus características de las radiaciones electromagnéticas que lleven a la absorción y emisión de esta.

2.2. Composición de la radiación solar

La mayor proporción de energía que emana el sol tiene valores conocidos equivalentes a $1,7 \times 10^{14}$ Kw. La radiación solar o irradiación siendo un fenómeno físico conocido por su nombre, son los responsables que el planeta tierra reciba a borde de atmósfera una máxima absorción energética continua de 1368 W/m^2 , valor que lleva por nombre de constante solar. Las proporciones del espectro visible son las siguientes: Luz visible 43%, infrarrojo 49%, ultravioleta 7% y el 1% para otros rangos (Jäger, Kougiyas, & Taylor, 2020).

2.2.1. Declinación solar y representaciones

El recorrido solar se puede considerar por medio de gráficos geométricos, o ecuaciones analíticas ya que la mecánica celeste es posible representar gráficamente la posición solar durante el tiempo de recorrido. Se conocen como solsticio verano, solsticio invierno y equinoccio, siendo los encargados de crear la

curva de incidencia solar, un área importante para determinar el aprovechamiento de la radiación. Las coordenadas polares y coordenadas cartesianas son usadas para representar la posición del sol sobre un espacio determinado variando el horario y las fechas correspondientes a la toma de datos. Por medio de las cartas solares podemos determinar las horas del sol sobre una superficie con cielo despejado (National Renewable Energy Laboratory, 2020).

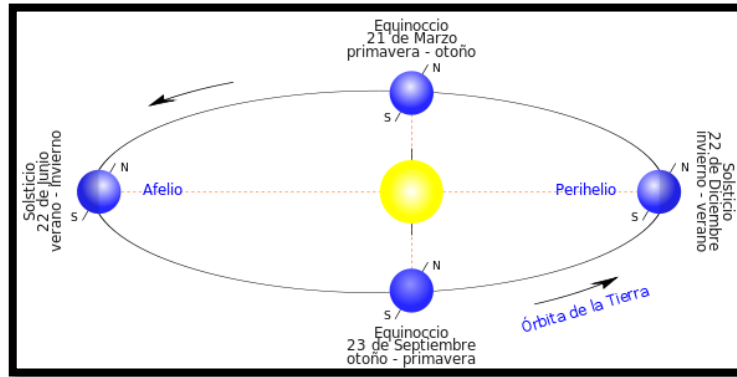
2.2.2. Movimiento del Sol

Para definir el movimiento aparente del Sol sobre la órbita terrestre, es necesario conocer el ángulo que está la tierra con respecto al Sol. La proyección de luz incidente sobre una posición relativa en la superficie terrestre. Durante el solsticio de verano ocurre cuando los ángulos de incidencia solar golpean a la tierra sobre los 90° de inclinación, mientras el solsticio de invierno la traslación de la tierra se encuentra en la parte más alejada del sol generando ángulos bajos. Los solsticios se dan los días 20 o 21 de junio y el 21 o 22 de diciembre (Hernández, 2019).

2.2.3. Equinoccios

El eje rotacional de la tierra presenta una inclinación de $23,45^\circ$ con respecto al plano rotacional, debido a esto existen las estaciones primavera, verano, otoño e invierno. El ecuador celeste es la proyección de la tierra hacia el espacio dividiendo a la tierra en dos hemisferios que son: hemisferio celeste norte y hemisferio celeste sur. El equinoccio ocurre alrededor del 21 de marzo y el otro el 21 de septiembre. Los solsticios se dan los 20 o 21 de junio y el 21 o 22 de diciembre que reciben por nombre solsticio de verano y solsticio de invierno (Ocampo, 2019).

Figura. 2 Equinoccio Solar

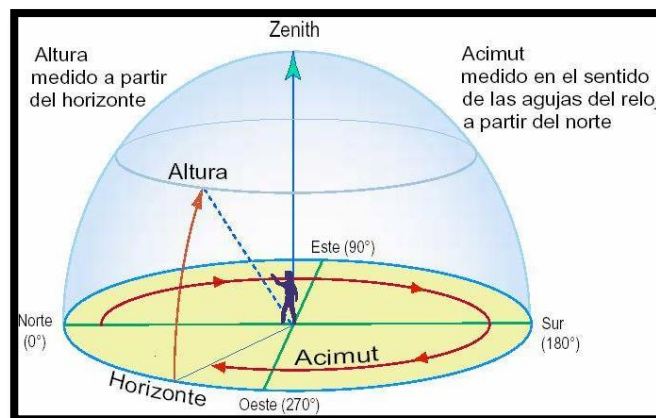


Fuente: (García, 2015)

2.2.4. Azimut solar (α)

Se conoce como acimut solar al ángulo en el plano horizontal que se forma desde el hemisferio norte a favor de las manecillas del reloj y si estamos en la zona sur, durante la mañana es negativo siendo 0° o 180° teniendo valor positivo después del mediodía (Martinez, 2018).

Figura. 3 Angulo Solar

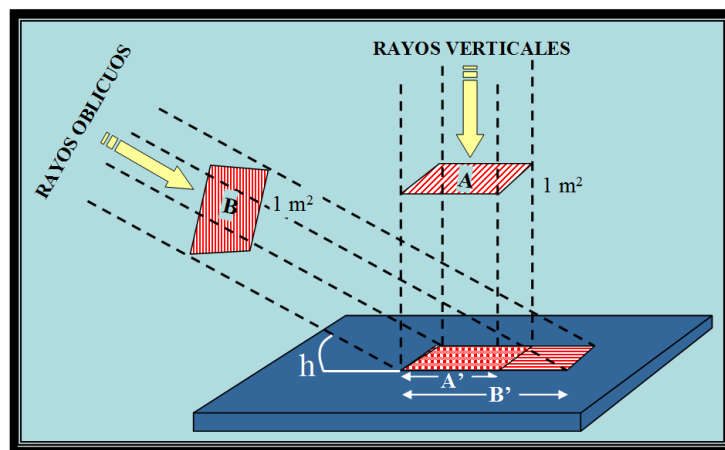


Fuente: (Barañaño, 2010)

2.2.5. Ángulo de incidencia solar (θ)

El ángulo solar es dependiente de la posición en el que planeta tierra se encuentra respecto al sol, teniendo un ángulo mínimo para una mayor intensidad de luz del sol que incide sobre la superficie terrestre. También se conoce como zenit al obtener rayos solares de manera vertical dando una irradiancia inferior, pues si los rayos se proyectan oblicuamente hubiera una mayor absorción solar ya que se reparte sobre una mayor superficie (Malcervelli & Fischman, 2017).

Figura. 4 Ángulo de incidencia solar



Fuente: (García, 2015)

2.2.6. Energía Solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica es conocida por transforma la energía irradiada a través del sol para luego transformarla en energía eléctrica. Consta de características especiales que permiten una generación eléctrica limpia al medio ambiente, siendo producida para generadores de autoconsumo hasta el

abastecimiento de plantas fotovoltaicas (Memming, 1988).

2.3. Principios de la energía solar fotovoltaica.

Cabe recordar que en planeta tierra contiene una gran cantidad de metales conductores que cumplen ciertas características naturales para su uso. Los componentes que contienen los materiales cristalinos se mantienen fuertemente ligados en átomos específicos. Estos átomos en los cristales se empaquetan de manera ordenada, evidenciando determinadas fuerzas que los mantienen unidos (Rivas, 2020).

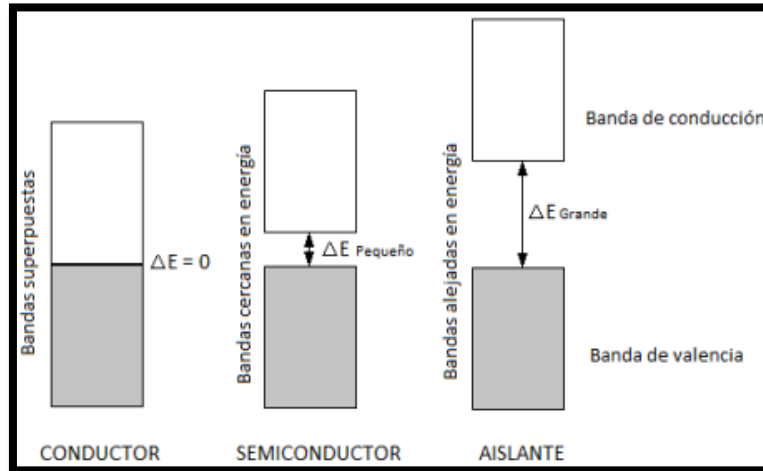
Los electrones de valencia los comparan con un universo de electrones en cantidades abismales donde los iones positivos y cationes hacen parte de un desorden atómico dando como consecuencia una estructura resistente al metal. Entonces, de lo anterior da como resultado un buen comportamiento en su movilidad, un excelente desempeño en conducir energía eléctrica y calor. Una de su mayor característica es su comportamiento como conductor eléctrico, lo cual, al recibir un aumento de temperatura, disminuye es cualidad significativamente (Sullivan, Uzquiano, & Sandy, 2015).

Su comportamiento como material conductor o aislante varía de acuerdo a las temperaturas en las que se encuentran expuestos. Su conductividad es directamente proporcional a las altas temperaturas, dado que los materiales logran obtener un desempeño eléctrico en temperaturas superiores al ambiente (Hernández, 2019).

Las propiedades eléctricas de un semiconductor permiten conjuntar con diferentes materiales. Algunos materiales que se comportan como aislantes, tales como la madera, el vidrio o plásticos, requieren una gran cantidad de energía para activar a

los electrones u alcancen a estimular los electrones de valencia (Rodriguez & Cervantes, 2006).

Figura. 5 Bandas de valencia y de conducción en un sólido



Fuente: (Baraño, 2010)

3. DISEÑO DE LA INVESTIGACION

La investigación realizada es de enfoque cuantitativo, y está caracterizada por utilizar métodos y técnicas cuantitativas y por ende tiene que ver con la medición, el uso de magnitudes, la observación y medición de las unidades de análisis, el muestreo, el tratamiento estadístico; partiendo de lo anterior, el enfoque cuantitativo utiliza la recolección de datos y el análisis de estos para contestar preguntas de investigación y probar hipótesis formuladas previamente, además confía en la medición de variables e instrumentos de investigación.

La investigación es de tipo descriptiva, pues busca comprender la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza de los fenómenos que fundamentan el funcionamiento de los sistemas fotovoltaicos; este tipo de investigación es seleccionada con el fin de obtener conclusiones dominantes sobre la viabilidad de un proyecto, con el objetivo de obtener interpretaciones de las realidades del problema.

Para el desarrollo del presente proyecto, se van analizar los efectos económicos y ambiental que tendría la instalación de un sistema FV conectado la red, en las instalaciones del centro comercial san silvestre de Barrancabermeja, esta investigación se llevara a cabo con una metodología descriptiva y contempla 3 etapas.

ETAPA 1. CÁLCULOS DE POTENCIA Y CONFIABILIDAD DEL SISTEMA

1. Analizar los datos geográficos del centro comercial san silvestre (Barrancabermeja), para determinar los parámetros en que se diseña el sistema FV.

2. Determinar el consumo energético en **KW** de las áreas comunes del centro comercial san silvestre.
3. Selección del panel adecuado para el sistema, se toma como referencia los paneles más usados para la generación de energía eléctrica.

ETAPA 2. SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES NECESARIOS PARA EL CONTROL Y POTENCIA DEL SISTEMA

1. Selección del inversor realizando los respectivos cálculos tomando los datos técnicos de diferentes fuentes.
2. Selección de los equipos de maniobra y protección de un sistema FV conectado a la red.

ETAPA 3. ANÁLISIS DEL IMPACTO AMBIENTAL

1. Analizar los principales beneficios que conlleva la implementación del sistema FV en el centro comercial san silvestre.

4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

4.1. Ubicación geográfica

El Centro Comercial San Silvestre se encuentra ubicado en la transversal 55A # 57-44 en el municipio de Barrancabermeja en el departamento de Santander.

Figura. 6 Ubicación Centro Comercial San Silvestre



Fuente: (Google, 2021)

4.2. Radiación Solar en Barrancabermeja

Tomando la ubicación exacta del centro comercial san silvestre y analizando los datos arrojados por el software de PVsyst versión 7.2, se puede establecer que la irradiación anual en esta zona geográfica es de 1844.1KWh/m², por lo tanto, el promedio mensual de irradiación es de 153,675KWh/m², además otro dato que se

puede observar son los meses donde más irradiación se obtiene en el sitio, que son los meses de mayo, julio y agosto.

Tabla 1. Radiación solar Barrancabermeja

Mes	Irradiación Horizontal Global kWh/m2/mes	Irradiación difusa horizontal kWh/m2/mes	Temperatura (°C)
Enero	145,8	74	27
Febrero	128,3	72,2	27,3
Marzo	144,2	84,7	27,8
Abril	163,2	84	27,5
Mayo	184,9	69	28,3
Junio	175,3	73,6	28
Julio	190,6	66,5	28,6
Agosto	187,7	78,1	29,1
Septiembre	155,1	79,7	28,8
Octubre	133	84	28,5
Noviembre	109,9	69,9	27
Diciembre	126,2	71,8	27,2
Año	1844,1	907,5	27,9

Fuente: Autores

4.3. Horas de sol

La irradiación solar promedio diaria en Barrancabermeja es de 5.05Kwh/m2, lo cual la hace una zona factible para la implementación de un sistema de generación FV, en comparación con otros lugares donde la irradiación es menor al 50% de las condiciones normales las cuales trabajan con 1Kwh/m2.

Tabla 2. Horas de Sol en Barrancabermeja

Mes	Irradiación Horizontal Global kWh/m2/día	Irradiación difusa horizontal kWh/m2/día	Temperatura (°C)
Enero	4,7	2,39	27
Febrero	4,58	2,58	27,3
Marzo	4,65	2,73	27,8
Abril	5,44	2,8	27,5
Mayo	5,96	2,23	28,3
Junio	5,84	2,45	28
Julio	6,15	2,14	28,6
Agosto	6,05	2,52	29,1
Septiembre	5,17	2,66	28,8
Octubre	4,29	2,71	28,5
Noviembre	3,66	2,33	27
Diciembre	4,07	2,32	27,2
Año	5,05	2,49	27,9

Fuente: Autores

4.4. Condicionantes del proyecto por parte del C.C. San Silvestre

Para poder llevar a cabo el proyecto de instalación del sistema fotovoltaico en el centro comercial, se debe tener en cuenta los objetivos esperados por los accionistas.

- Reducción de CO₂: 44.496 Ton CO₂
- Ahorro anual estimado: 29.370.000 COP
- Duración del proyecto: 2 meses
- Tarifa de energía de autoconsumo: 314,4 \$/kWh

4.5. Sistema fotovoltaico óptimo de acuerdo con su estructura

Las plantas de energía solar conectadas a la red se utilizan comúnmente en los edificios y la energía que generan no se consume directamente, sino que se vende a la red a un precio fijo para estas plantas. Por ello, estas estructuras siempre cuentan con dos contadores. Uno es para la energía producida y el otro es para la energía consumida en el edificio.

Figura. 7 Sistema fotovoltaico conectado a la red



Fuente: (Báez, 2018)

Por lo anterior mencionado sobre las aplicaciones de los sistemas de generación de energía fotovoltaica, se decide realizar el análisis del sistema FV conectado a la red ya que el CC San Silvestre ubicado en el casco urbano de Barrancabermeja y fácilmente se puede conectar a la red de distribución eléctrica.

Los objetivos se crean sobre la base de un sistema fotovoltaico conectado a la red para la gestión estandarizada de todo el proyecto. Se materializa con ilustraciones, especificaciones y descripciones de cada proceso y / o actividad realizada para cada propósito de desarrollo.

5. RESULTADOS

Considerando la información descrita anteriormente, como la ubicación del proyecto, las limitantes por parte de los accionistas del centro comercial, la estructura del sistema fotovoltaico y las horas de sol de Barrancabermeja.

5.1. Determinación de la carga

El Centro Comercial San Silvestre cuenta con tres transformadores de potencia de 1250 KVA (oficinas, locales y áreas comunes), todo referenciado bajo un medidor Macro.

Actualmente existen circuitos correspondientes a áreas comunes dentro del circuito de oficinas, por lo cual, no se cuenta con un sistema de medida para contrastar el consumo real de las áreas comunes.

Sabiendo que el centro comercial solo cuenta con un macro medidor donde el proveedor de energía hace la lectura general del consumo total del centro comercial y después realiza el descuento de las lecturas de los medidores de los locales comerciales y las oficinas. La administración del centro comercial asume que el consumo sobrante es el de las áreas comunes. En la siguiente tabla se relaciona el consumo mensual de las áreas comunes del año 2020, el costo total del KW/H según la CREC, el costo del KW/H con la contribución y alumbrado público, el valor total apagar.

Tabla 3. Determinación de la carga Centro Comercial San Silvestre

KW/H	COSTO TOTAL (\$) KW/H	COSTO TOTAL inc. Contribución y alumbrado (\$) KW/H	VALOR FACTURA	MES
196.380	368,46	479,0	95.612.237	Enero
185.310	395,57	514,2	96.919.202	Febrero
157.392	399,52	519,4	83.228.146	Marzo
21.240	395,57	514,2	10.901.924	Abril
116.640	395,57	514,2	64.809.944	Mayo
95.760	395,57	514,2	49.708.896	Junio
131.101	395,57	514,2	67.941.334	Julio
102.895	395,57	514,2	53.323.953	Agosto
182.743	395,57	514,2	94.704.107	Septiembre
207.977	395,57	514,2	106.949.382	Octubre
171.229	395,56	514,2	90.768.543	Noviembre
176.936	397,54	516,8	93.205.572	Diciembre
PROMEDIO MENSUAL DE CONSUMO				
KW/H	COSTO TOTAL (\$) KW/H	COSTO TOTAL inc. Contribución y alumbrado (\$) KW/H	VALOR FACTURA	
163.992	400,44288	520,6	86.741.061	

Fuente: Autor

El consumo de las áreas comunes del C.C San Silvestre es de 163.992 Kw/H. Sabiendo esto el paso a seguir es la búsqueda del panel de generación de energía fotovoltaica óptimo para las condiciones de irradiancia y temperatura de la ciudad.

5.2. Cálculo de las horas de pico solar

Con el fin de realizar un dimensionamiento adecuado del sistema fotovoltaico, es necesario considerar el promedio anual respecto a radiación solar en la ubicación geográfica del Centro Comercial San Silvestre. Por ello el valor tomado como referencia es de 5,05 Kwh/m². La ecuación para calcular las horas pico de radiación es la siguiente:

$$HSP = \frac{\text{Radiación promedio}}{\text{Mayor radiación por } m^2}$$

$$HPS = \frac{5.050 \text{ Wh}/m^2}{1000 \text{ W}/m^2} = 5.05 \text{ horas solar pico}$$

5.3. Cálculos para determinación del número de paneles fotovoltaicos

Estudios realizados recientemente para la implementación de un proyecto de energía solar fotovoltaica en el Centro Comercial San Silvestres ha determinado que el principal aliado en la adquisición de módulos es Jinko Solar, que es una empresa líder en la fabricación de paneles solares a nivel mundial.

El proyecto busca utilizar paneles monocristalinos de celda cortada con tecnología PERC (Passivated Emitter and Rear Contact), que logra aprovechar de forma más eficiente que los paneles tradicionales la radiación haciéndolos además más resistentes a los cambios abruptos de temperatura.

Tabla 4. Propiedades módulo solar

Propiedades Módulo Jinko Solar	
Modelo	JKM535M - 72HL4 - V
Potencia Máxima	535 Wp
Voc	40.6 V
Maximum Power Current	13.07 A
Eficiencia	20,75%
STC	Irradiancia 1000W/m2, Celda Temperatura 25°C, AM=1.5
NOCT	Irradiancia 800W/m2, Ambiente Temperatura 20°C, AM=1.5, velocidad del viento 1m/s
NOCT (c°)	45±2°C
Celdas por modulo	144 (6x24)
Dimensiones	2274x1134x35mm
Peso	28.9 kg
Garantía del producto	12 años de garantía del producto

Garantía del rendimiento	0.55% Degradación por encima de 25 años
--------------------------	---

Fuente: Autores

Con el fin de calcular el número de módulos necesarios para cumplir con la carga necesaria del centro comercial con 5.05 horas de sol, se determina la potencia a instalar con la siguiente ecuación.

$$P_{ins} = \frac{\text{Consumo de energía por día}}{\text{Horas pico solar}} = \frac{163.992 \frac{\text{KWh}}{\text{mes}} \cdot \frac{1 \text{ mes}}{30 \text{ días}}}{5.05 \text{ h/día}} \cong 1.082 \text{ Kw}$$

Una vez calculada la potencia a instalar, es necesario determinar el factor de planta que tiene en cuenta las pérdidas por temperatura que para Barrancabermeja es en promedio del 28°C. La ecuación del Factor Planta es la siguiente:

$$F_p = \text{Coeficiente de temperatura a } P_{max} \times \text{Diferencia de temperatura en la celda}$$

$$F_p = 0,36 \frac{\%}{^{\circ}\text{C}} \times 28^{\circ}\text{C} = 10.1\%$$

Posterior a la determinación del factor de planta se procede a calcular la potencia corregida que considera las pérdidas de los módulos solares.

$$P_c = \left(\frac{1.082 \text{ Kw}}{1 - 0,101} \right) \cong 1.203 \text{ Kw}$$

Para finalizar, se calcula el número de módulos necesarios con la siguiente ecuación.

$$N^{\circ} \text{ de paneles solares} = \frac{\text{Potencia a instalar}}{\text{Máxima potencia generada por el panel solar}}$$

$$N \text{ de Paneles Solares} = \frac{1.203.000 \text{ W}}{535 \text{ W}} = 2.248 \text{ módulos}$$

5.4. Arreglo de los módulos

Para diseñar el arreglo adecuado de módulos en el sistema fotovoltaico es necesario conocer las especificaciones eléctricas de los inversores, que ayuden a determinar el promedio de tensión de entrada.

Los inversores utilizados para este proyecto son de la referencia CPS SCA 50KTL – DO – US 480, siendo una de las principales soluciones para sistemas fotovoltaicos que logran adaptarse a múltiples requerimientos, y soporta un 20% de sobrecarga nominal, lo que se traduce en reducción de forma eficaz de la inversión.

Tabla 5. Propiedades Inversor

Propiedades Eléctricas Del Inversor CPS SCA 50KTL – DO – US 480	
<i>Potencia nominal CA</i>	50 kW
<i>Max. Potencia aparente de CA</i>	50/55 kVA
<i>Voltaje nominal / ajustable</i>	200 - 950 V
<i>Rango de voltaje CA</i>	422 - 528 V
<i>Frecuencia de red de CA</i>	60 Hz
<i>Max. corriente de salida</i>	66.2 A
<i>Factor de potencia</i>	1

Fuente: Autores

Teniendo en cuenta las especificaciones técnicas de los inversores utilizados, se calcula el promedio de voltaje de entrada, con las especificaciones de rango de Voltaje CA obtenido de las propiedades del Inversor CPS SCA 50KTL – DO – US 480 así:

$$V_{inv} = \frac{422 V + 528 V}{2} = 475 V$$

Con el anterior valor se procede a calcular el número de filas en serie.

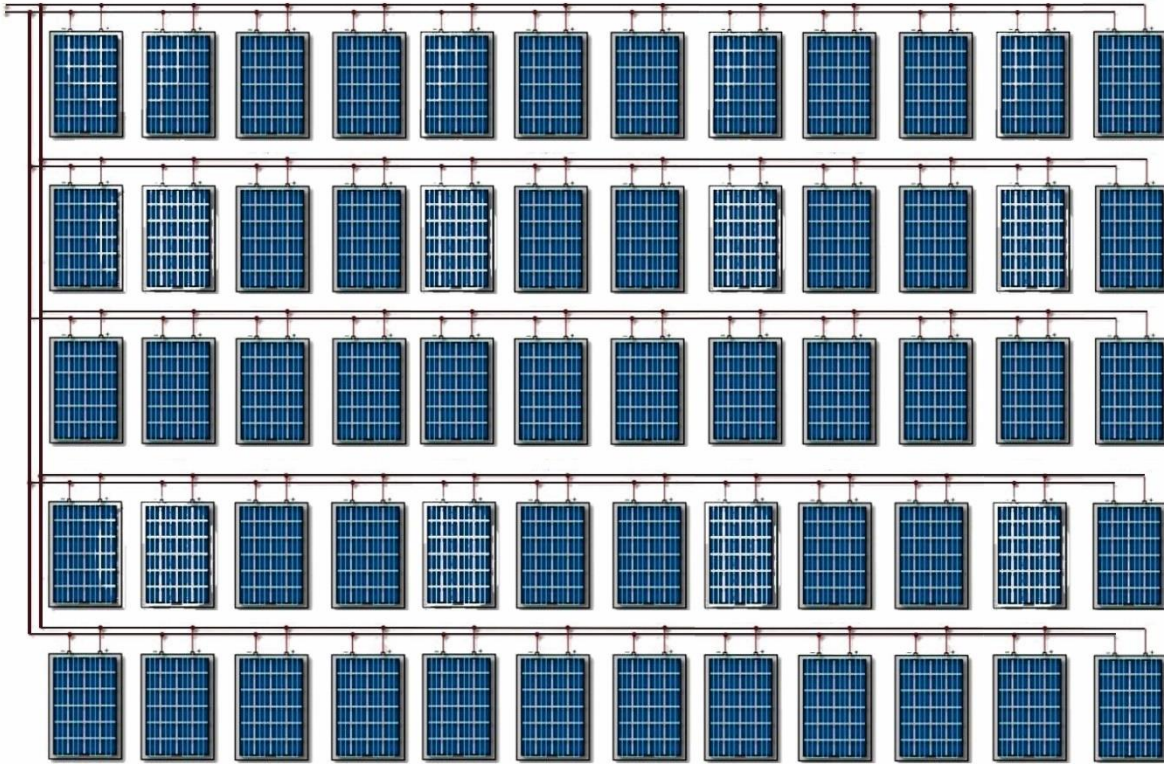
$$N^{\circ} \text{ de módulos en serie} = \frac{475 V}{40.6 V} = 12 \text{ paneles en serie}$$

Posterior al cálculo de los paneles en serie, se procede a determinar el número de columnas en paralelo de la siguiente manera:

$$N^{\circ} \text{ de módulos en paralelo} = \frac{66.2 A}{13.07 A} = 5,06 \cong 5 \text{ Modulos}$$

Los arreglos de módulos para cada inversor serán distribuidos de la siguiente manera.

Figura. 8 Arreglo de módulos



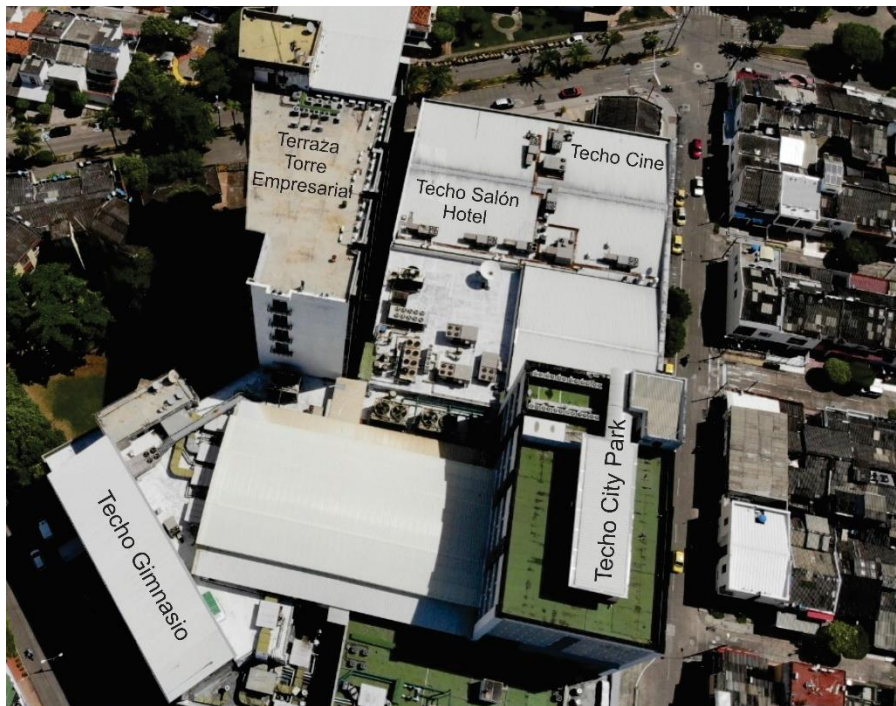
Fuente: Autores

Con la disposición anterior, el número de módulos por arreglo es de 60, para cubrir con la carga de las zonas comunes del centro comercial es necesario contar con 27 arreglos.

5.5. Instalación de los paneles solares en el espacio disponible

El espacio disponible para la instalación de los arreglos de módulos solares fotovoltaicos para el centro comercial puede apreciarse en la siguiente imagen.

Figura. 9 Espacio disponible para instalación



Fuente: Autores

El área en cada espacio disponible del centro comercial se puede resumir en la siguiente tabla.

Tabla 6. Áreas disponibles para instalación

Ubicación	Área aproximada
Techo city park	182 m2
Techo gimnasio	168 m2
Techo cine y salón del hotel	348 m2
Terraza torre empresarial	348 m2
Área total	1046 m2

Fuente: Autores

Teniendo en cuenta las dimensiones del módulo solar fotovoltaico seleccionado y el espacio disponible, la distribución de los módulos solares se realizará de la siguiente manera.

$$\text{Área de un arreglo} = 60 \text{ Módulos} \cdot 2,6 \text{ m}^2 = 156 \text{ m}^2$$

$$\text{Techo City Park} = \frac{12,15 \text{ m} \cdot 15 \text{ m}}{156 \text{ m}^2} \cong 1 \text{ arreglo}$$

$$\text{Techo Gimnasio} = \frac{14 \text{ m} \cdot 12 \text{ m}}{156 \text{ m}^2} \cong 1 \text{ arreglo}$$

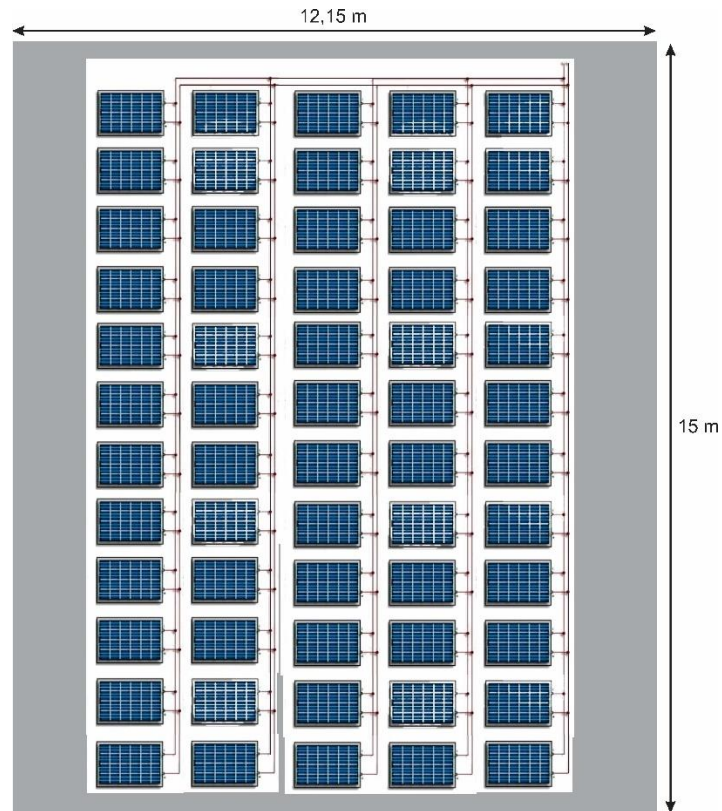
$$\text{Techo Cine} = \frac{22 \text{ m} \cdot 16 \text{ m}}{156 \text{ m}^2} \cong 2 \text{ arreglos}$$

$$\text{Techo Torre y Hotel} = \frac{22 \text{ m} \cdot 16 \text{ m}}{156 \text{ m}^2} \cong 2 \text{ arreglos}$$

Teniendo en cuenta la anterior distribución, el espacio es óptimo para la instalación de 6 arreglos, con un total de 360 módulos. Teniendo en cuenta el área de cada módulo, y el espacio disponible en el centro comercial, los esquemas de instalación en cada techo se presentan a continuación.

Techo City Park

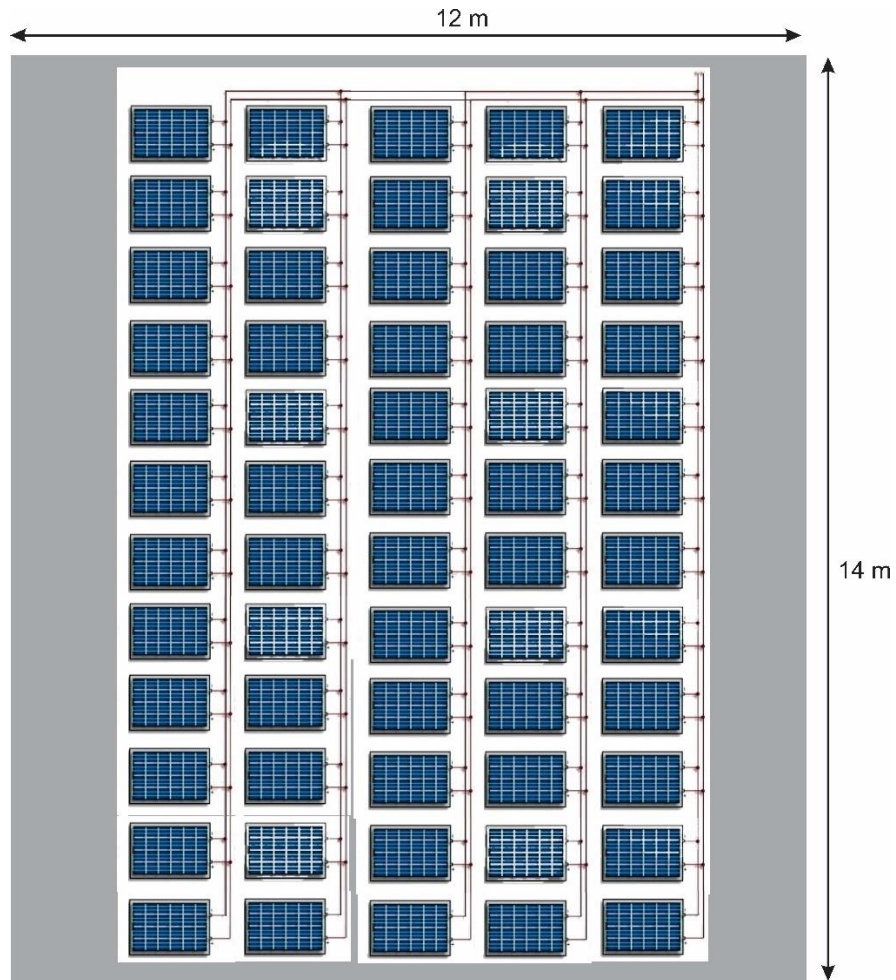
Figura. 10 Distribución de módulos techo City Park



Fuente: Autores

Techo gimnasio

Figura. 11 Distribución de módulos techo gimnasio



Fuente: Autores

Techo cine, salón del hotel y torre empresarial

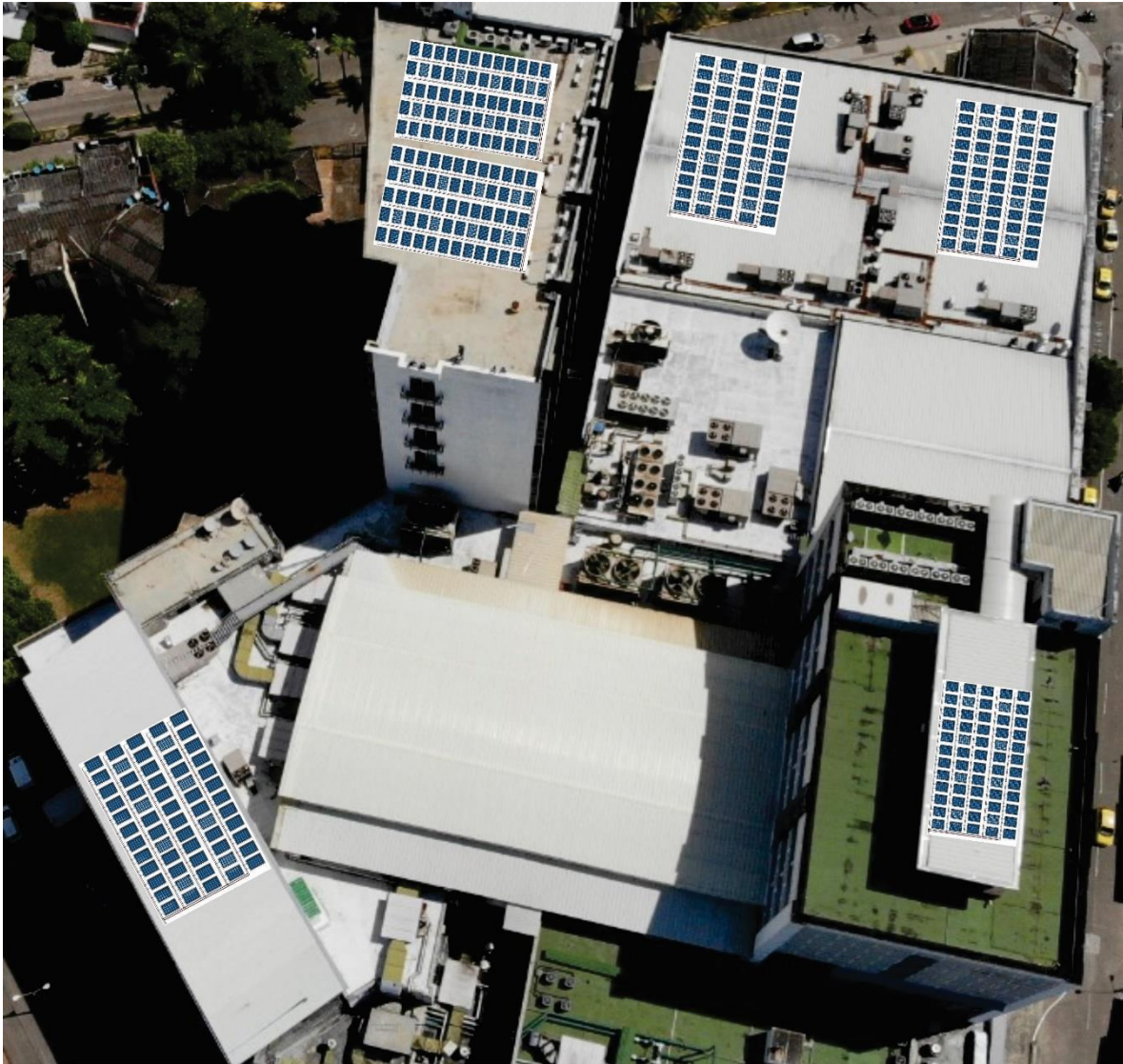
Figura. 12 Distribución módulos en cine, hotel y torre empresarial



Fuente: Autores

En los anteriores esquemas se puede observar que el Centro Comercial San Silvestre tiene capacidad para la instalación de 6 arreglos de 60 módulos cada uno, cumpliendo con cerca del 22% de la carga de las zonas comunes del centro comercial, estando un 6% por encima de los estudios realizados por empresas del sector energético en los últimos años.

Figura. 13 Ubicación módulos fotovoltaicos



Fuente: Autores

5.6. Equipos de medida en el sistema fotovoltaico

Los equipos de medición son de gran ayuda en la planificación y mantenimiento de los sistemas fotovoltaicos. Estos permiten establecer la mejor ubicación de los módulos y la reducción en el consumo energético convencional. En el desarrollo del

sistema fotovoltaico en el centro comercial San Silvestre se utilizarán medidores bidireccionales ISKRA de tipo multifuncional, para aplicaciones de carácter industrial y comercial. Este medidor permite el registro en 4 cuadrantes y puede instalarse en sistemas bifásicos o monofásicos (Díaz, 2020).

Figura. 14 Medidor bidireccional ISKRA



Fuente: (EPM, 2019)

Las características técnicas se resumen a continuación.

Tabla 7. Características medidor

Características Técnicas	
Tipo de medida	Directa
Clase de precisión	1
Voltaje	3x120/227
Frecuencia	60 Hz
Corriente Máxima	120 A
Comunicación	Puerto Óptico/ RS 485

Fuente: Autores

5.7. Equipos de protección

Estos equipos son esenciales en el adecuado funcionamiento de un sistema fotovoltaico, ya que se encargan de protegerlos de sobre corrientes o cortos circuitos, fundamentando su funcionamiento en la interrupción segura del flujo de corriente ante fallas eléctricas, dicho de otra manera, corta el paso de corriente y da apertura al circuito bajo falla, esta operación se logra a través de la separación mecánica de los terminales internos de entrada y salida de la protección bajo diferentes estrategias de extinción del arco eléctrico (Díaz, 2020).

La Corriente de Impulso (Iimp) y la Corriente máxima (Imax) garantizan la máxima robustez que los DPS son capaces de soportar una sola vez en condiciones severas. Sin embargo, las situaciones más comunes frente a sobretensiones en la vida real son las producidas por la propia actividad interna de la red eléctrica, tales como “switcheos” de grandes cargas propias o próximas, o bien inducciones debido a descargas atmosféricas sobre la red eléctrica.

Teniendo en cuenta los estudios realizados por la empresa EME Green en el centro comercial San Silvestre, las protecciones adecuadas para esta instalación corresponden a dispositivos de protección contra tensiones DPS DC Tipo 2, que serán instalados entre los paneles y los inversores para protección de los equipos electrónicos.

Los dispositivos de protección contra tensiones DPS DC Tipo 2 tienen en cuenta los siguientes criterios de selección:

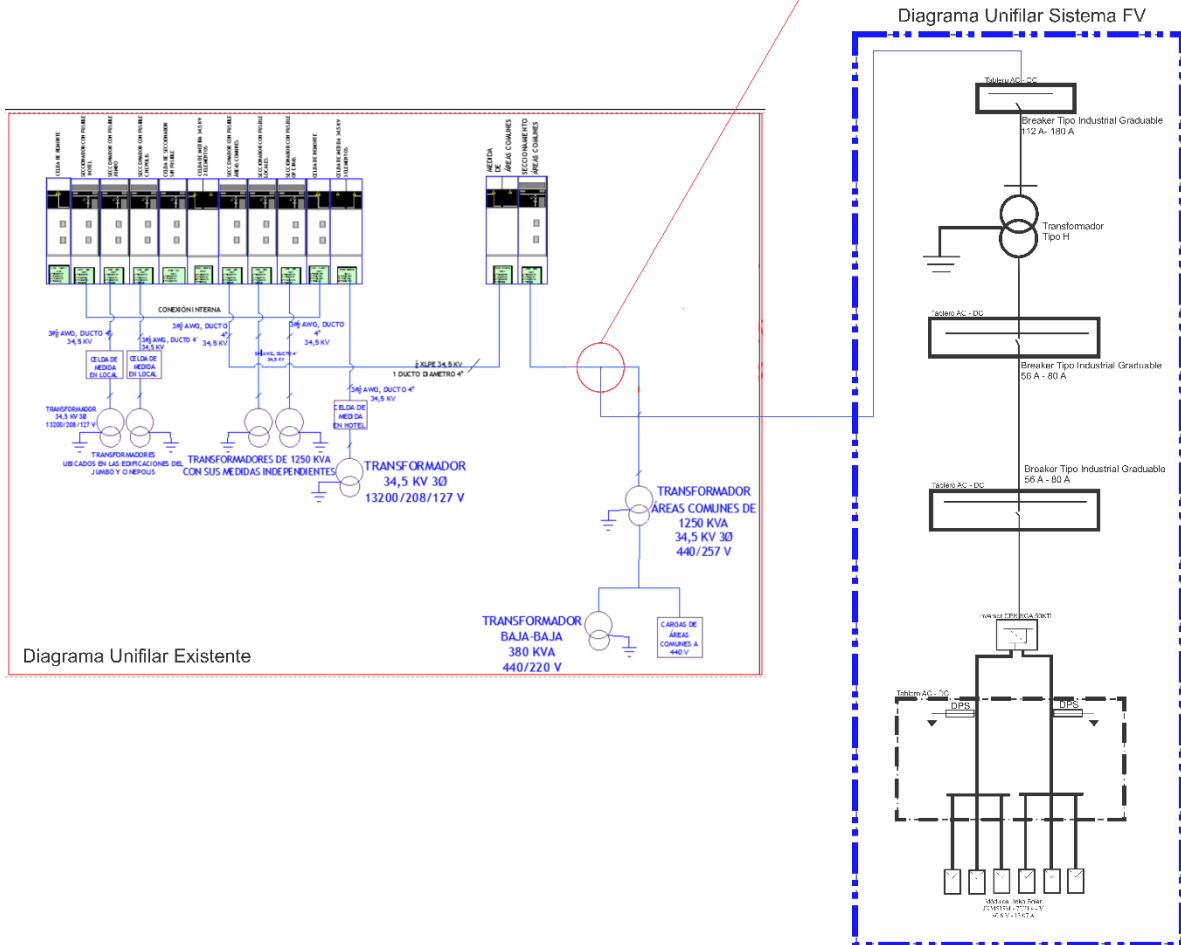
- Alta capacidad de descarga en curva 10/350 μ s: 12,5 kA por fase.
- Idóneo para aplicaciones cualquier tipo de aplicación residenciales y terciarias o industrial.

- Ofrece protección hasta en los equipos más sensibles.
- Amplia gama para protección de las diferentes redes colombianas: 120 V; 120/240 V; 120/208 V; 127/220 V; 254/440 V; 266/460 V; 277/480 V.
- Cumple con todas las normativas nacionales e internacionales vigentes: IEC61643 y certificado RETIE.

5.8. Esquema de la instalación fotovoltaica

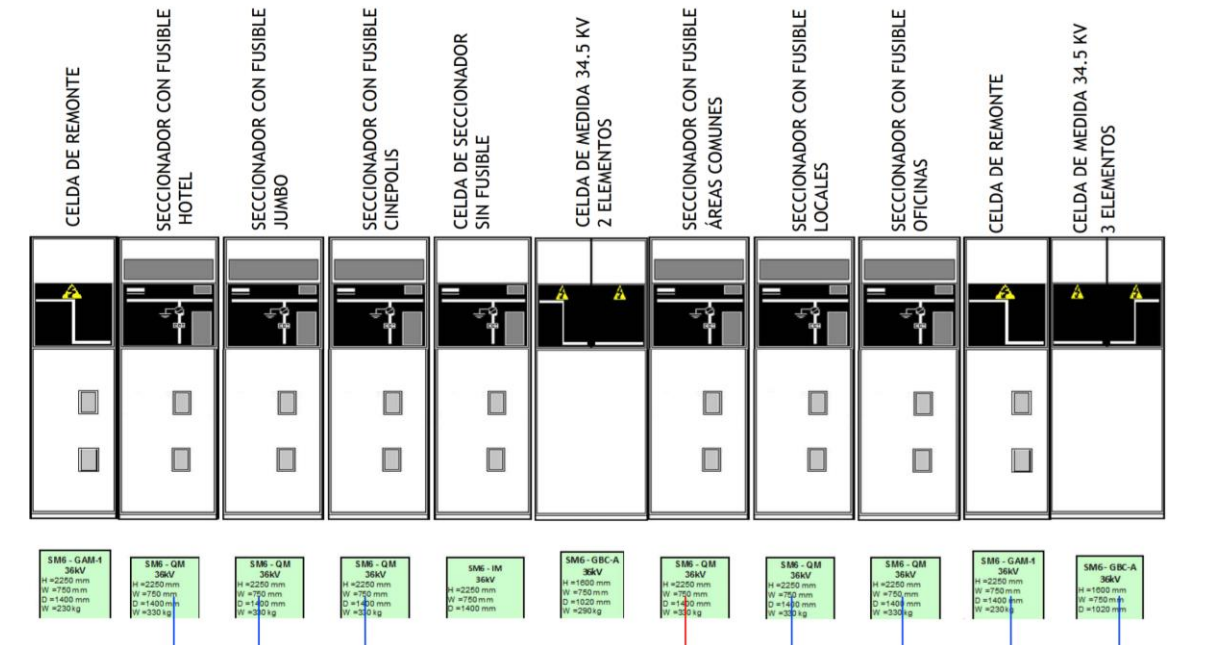
Teniendo en cuenta la topología determinada para el sistema fotovoltaico, donde se tiene por cada arreglo un inversor, el esquema de la instalación puede ser descrito a través del siguiente diagrama unifilar.

Figura. 15 Diagrama instalación fotovoltaica
Punto de Conexión

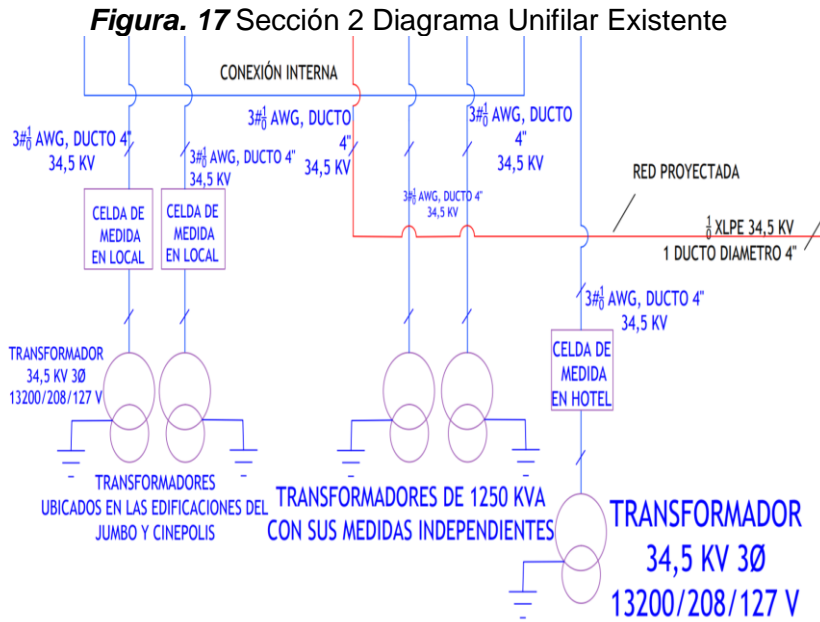


Fuente: Autores

Figura. 16 Sección 1 Diagrama Unifilar Existente

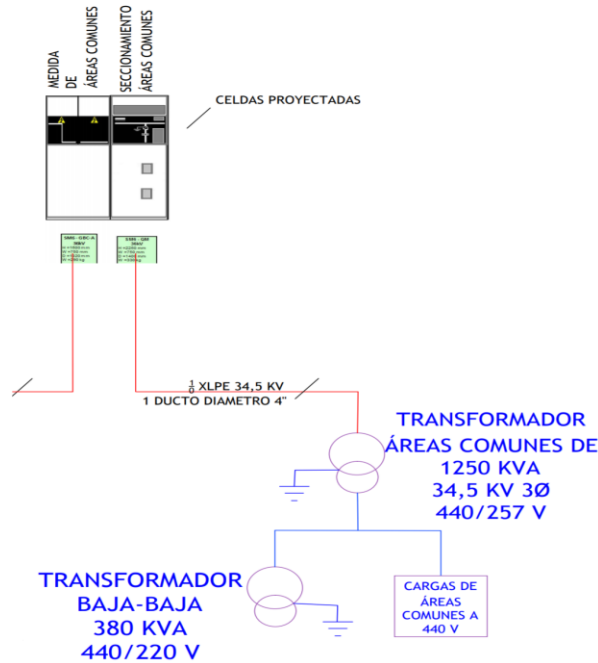


Fuente: Autores



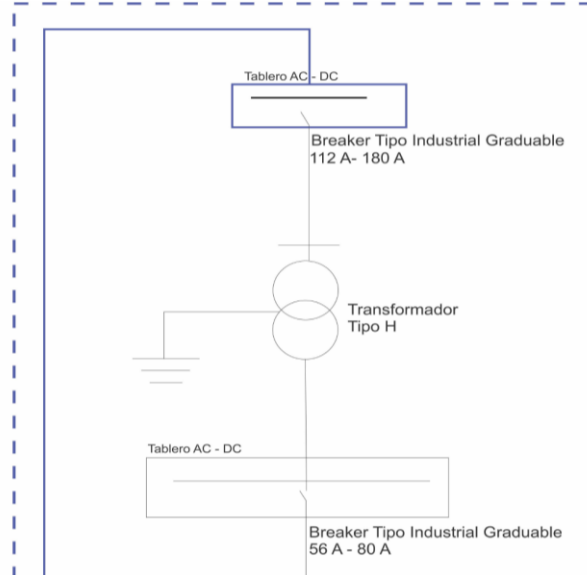
Fuente: Autores

Figura. 18 Sección 3 Diagrama Unifilar Existente



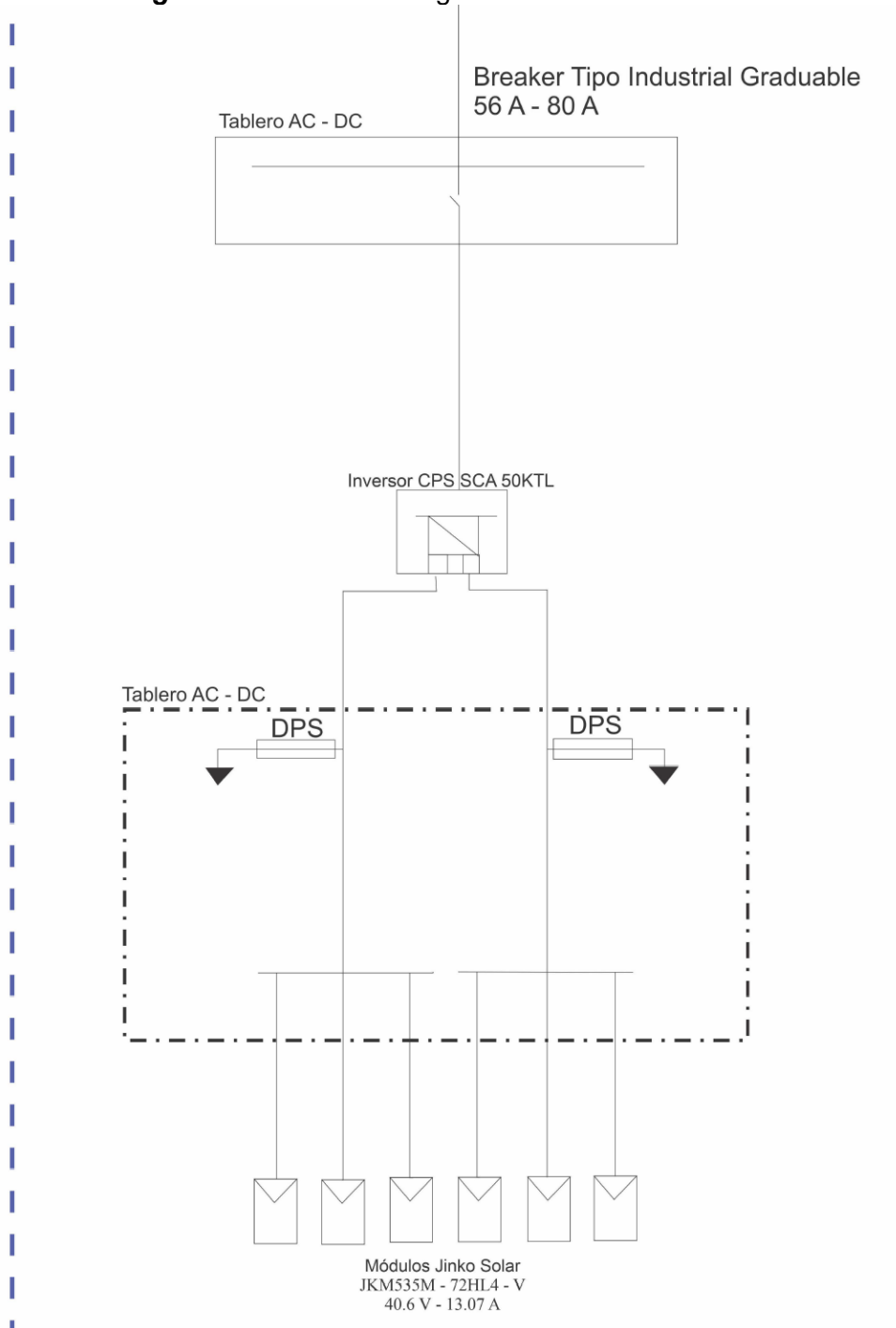
Fuente: Autores

Figura. 19. Sección 1 Diagrama Unifilar Sistema FV
Diagrama Unifilar Sistema FV



Fuente: Autores

Figura. 20 Sección 2 Diagrama Unifilar Sistema FV



Fuente: Autores

5.9. Reducción de CO₂

Teniendo en cuenta que el factor de emisión de CO₂ de acuerdo con la generación de electricidad en el Sistema Interconectado en Colombia es de 164,38 gramos de CO₂ por kilovatio hora (KWh), es posible calcular la emisión de gases de efecto invernadero en el sistema convencional actual de energía eléctrica del Centro Comercial San Silvestre y su reducción al utilizar un sistema fotovoltaico conectado a la red.

La carga total anual de las zonas comunes del Centro Comercial San Silvestre es de 1.745.603 KWh; al utilizar el sistema fotovoltaico diseñado en este proyecto la carga utilizada será de 1.361.570,34 KWh, teniendo en cuenta esto, es posible calcular las emisiones antes y después de la instalación del sistema fotovoltaico.

$$\begin{aligned} \text{Producción de } CO_2 \text{ sin el sistema fotovoltaico} &= 1.745.603 \text{ KWh} \frac{164,38 \text{ gramos}}{\text{KWh}} \\ &= 286,94 \text{ toneladas anuales de } CO_2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Producción de } CO_2 \text{ con el sistema fotovoltaico} &= 1.361.570 \text{ KWh} \frac{164,38 \text{ gramos}}{\text{KWh}} \\ &= 223,81 \text{ toneladas anuales de } CO_2 \end{aligned}$$

$$\text{Reducción toneladas de } CO_2 = 286,94 - 223,81 = 63,13 \text{ toneladas de } CO_2$$

Los anteriores cálculos permiten establecer que la reducción anual en la producción de CO₂ es cercana a las 63,13 toneladas, una reducción considerable que hace del Centro Comercial San Silvestre una construcción amigable con el medio ambiente y que apunta a reducir la huella del carbono en un municipio donde la industria

genera emisiones de CO₂ muy altas en comparación con demás municipios de Colombia.

5.10. Reducción en el pago del servicio eléctrico.

Teniendo en cuenta que el promedio mensual del consumo eléctrico de las zonas comunes en el Centro Comercial San Silvestre es de 163.992 KWh, con un costo del KWh cercano a los 400 COP, el valor anual pagado por el centro comercial en la factura del servicio eléctrico es aproximadamente 1.040.892.732 COP. Mediante la implementación del sistema fotovoltaico, el consumo energético se reduce hasta 127.915 KWh mensuales, que genera anualmente un costo aproximado de 613.989.792 COP, teniendo una reducción en la factura anual del pago de servicio eléctrico de 426.902.940 COP.

Con este análisis, se logra determinar que el proyecto de instalación fotovoltaica para el Centro Comercial no solo constituye una alternativa para reducir el impacto ambiental, sino también, como una forma directa de obtener recursos extra asociados a una reducción en el costo de la factura del servicio eléctrico.

6. CONCLUSIONES

El trabajo realizado permitió estudiar en primera medida los principales avances tecnológicos en el uso de energías alternativas, como es el caso de la energía solar fotovoltaica, con el fin no solo de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero por el uso de electricidad, sino también por el beneficio económico que el uso de estas energías trae. Partiendo de lo anterior, fue necesario conocer las concepciones teóricas más importantes en la instalación de sistemas fotovoltaicos, argumentando las teorías más importantes y que explican el funcionamiento de las celdas solares y sus componentes.

Considerando la importancia de los sistemas fotovoltaicos en la actualidad, se hace necesario seleccionar los equipos óptimos para implementar esta tecnología. Realizando una revisión de investigaciones llevadas a cabo en el centro comercial, se determinó que los equipos para el proyecto son el módulo solar de referencia JKM535M - 72HL4 – V de la marca Jinko Solar, el inversor de referencia CPS SCA 50KTL – DO – US 480, protecciones contra tensión DPS DC Tipo 2 y medidores ISKRA de tipo multifuncional. Los equipos mencionados anteriormente presentan la mayor eficiencia para los requerimientos del proyecto y tienen los mejores precios del mercado.

Con el conocimiento de los más importantes principios físicos de los equipos de la instalación fotovoltaica, es importante decir que este estudio permitió concluir que no es posible satisfacer el 100% de las necesidades de las zonas comunes del Centro Comercial San Silvestre, ya que se requiere 1.745.603 KWh anuales que se alcanzarían con la instalación de 27 arreglos de 60 módulos fotovoltaicos cada uno,

algo que no es técnicamente viable, ya que el espacio disponible para la instalación únicamente permite contar con 6 arreglos que equivale al 22% de la carga.

El estudio permitió determinar que, aunque las instalaciones fotovoltaicas son una buena alternativa para reducir los costos del servicio eléctrico, constituyen la mejor alternativa en cuanto a reducción de gases de efecto invernadero. El motivo principal de la investigación y de estudios anteriores realizados para el centro comercial han buscado establecer estrategias de mitigación de efectos ambientales adversos en un municipio donde la emisión de contaminantes es innegable; partiendo de esto, se determinó que se reduce la emisión de CO₂ aproximadamente 63,13 toneladas anuales, haciendo que el proyecto de implementación de un sistema fotovoltaico sea la mejor alternativa no solo por costos sino también por seguir el camino de políticas internacionales frente a sostenibilidad ambiental y cambio climático.

7. RECOMENDACIONES

Esta investigación permitió establecer que es posible proporcionar el 22% de la energía eléctrica requerida por las zonas comunes del centro comercial San Silvestre de la ciudad de Barrancabermeja utilizando arreglos de módulos solares fotovoltaicos monocristalinos, sin embargo, se recomienda realizar estudios relacionados que utilicen módulos solares policristalinos, buscando que se alcance a proporcionar un porcentaje mayor de la carga requerida.

Se recomienda realizar un estudio financiero detallado que permita determinar las formas de inversión, los recursos obtenidos, la estructura de capital del proyecto y sobre todo la tasa interna de retorno y el valor presente neto, que son indicadores que ayudan a describir el tiempo en el que se recupera el dinero invertido.

Es necesario desarrollar estudios que tengan en cuenta un catalogo de productos más variados, teniendo en cuenta opciones de equipos importados que sean más eficiente y que tengan un menor precio en el mercado.

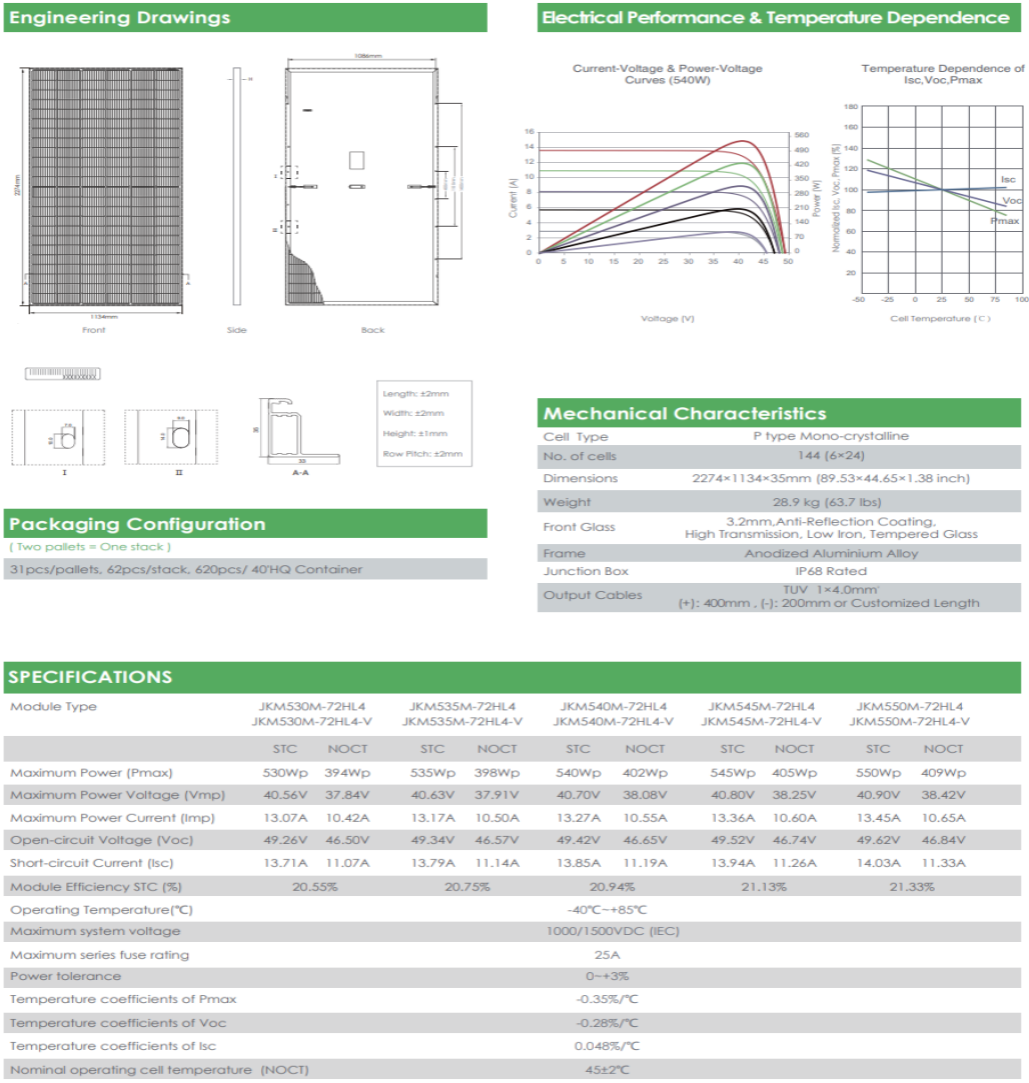
8. REFERENCIAS

- Alcaldía Municipal de Barrancabermeja. (2021). *Informe de Consumo Energetico en el Municipio*. Barrancabermeja.
- Badía, E. (2020). La crisis de la energía provocará transformaciones en las formas de vida de los países industrializados. *EL PAIS*.
- Báez, J. (2018). Energía solar fotovoltaica, una alternativa sustentable para el futuro. *USTA*.
- Baraño, J. (12 de 10 de 2010). *Central Energía*. Obtenido de Central de Información y Discusión de Energía en Chile: <http://www.centralenergia.cl/2010/10/12/potencial-solar-de-chile/>
- Díaz, T. (2020). *Unidad 1. Componentes de una instalación solar fotovoltaica*. Madrid: McGraw Hill.
- Energiza. (28 de abril de 2021). *Efecto fotoeléctrico e instalaciones fotovoltaicas*. Obtenido de https://www.energiza.org/index.php?option=com_k2&view=item&id=625:efecto-fotoel%C3%A9ctrico-e-instalaciones-fotovoltaicas
- EPM. (2019). *Mundo Electrico*. Medellín.
- García, M. (2015). Pasado, presente y futuro de los vehículos electricos. Pereira: Universidad Tecnologica de Pereira.
- Giraudit, C., Massipe, I., & Rodriguez, R. (2014). Factibilidad de instalación de sistemas fotovoltaicos conectados a red. *Ingeniería Energética XXXV*, 141-148.
- Google. (11 de 07 de 2021). *Google Maps*. Obtenido de [https://www.google.com.co/maps/place/MIRADOR+DEL+MAR+\(pozos+colorados\)/@11.164011,-74.2219121,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x8ef45979f19f7937:0x5749f3d36f2f66d8!8m2!3d11.16395!4d-74.2197307?hl=es-419&authuser=0](https://www.google.com.co/maps/place/MIRADOR+DEL+MAR+(pozos+colorados)/@11.164011,-74.2219121,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x8ef45979f19f7937:0x5749f3d36f2f66d8!8m2!3d11.16395!4d-74.2197307?hl=es-419&authuser=0)
- Hernández, A. (2019). *Estudio de Viabilidad Operativa de un Sistema de Energía Solar Fotovoltaico Para la Sostenibilidad Energética De La Estación De Servicio Coostransgigante LTDA*. Neiva: Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- Hernandez, J., Velasco, D., & Trujillo, C. (2017). Analysis of the effect of the implementation of photovoltaic systems like option of distributed generation in Colombia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(5), 2290-2298. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032111000451>
- IDEAM. (2019). *Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia*. Bogotá: IDEAM.
- Instituto de Ciencias Nucleares y Energías Alternativas INEA. (2016). *Evaluación de sistemas energeticos no convencionales*. Bogotá.
- Jäger, A., Kougiyas, I., & Taylor, N. (2020). How photovoltaics can contribute to GHG emission reductions of 55% in the EU by 2030. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 126.
- Malcervelli, D., & Fischman, M. (2017). Biomasa y biogás. Una alternativa ambiental para la producción de energía. *La UBA y le*, 28-32. Obtenido de

- http://cyt.rec.uba.ar/piubaes/SiteAssets/Documentos%20del%20sitio/publicaciones/PIUBAES_2017_LA%20UBA%20Y%20LA%20ENERGIA_FINAL.pdf#page=28
- Maloberti, F. (2015). Revisión teórica electrónica y física de un transistor de efecto de campo de unión pn. *Ciencia, Innovación y Tecnología*, 2. Obtenido de <https://www.jdc.edu.co/revistas/index.php/rciyt/article/view/110>
- Martinez, G. (2018). Limitaciones de la física clásica y nacimiento de la física cuántica. “La ley del efecto fotoeléctrico de Albert Einstein”. *Revista de Innovación en Enseñanza de las Ciencias*, 2(1). Obtenido de <http://www.reinnec.cl/index.php/reinnec/article/view/35>
- Memming, R. (1988). Photoelectrochemical Solar Energy Conversion. *Topics in Current Chemistry*, 143-452.
- National Renewable Energy Laboratory. (2020). Best Research-Cells Efficiencies. *nrel*.
- Ocampo, L. (2019). *Estudio de prefactibilidad de un sistema solar fotovoltaico de 1Mw para generación de energía eléctrica*. Cali: Universidad Autonoma de Occidente.
- Qiu, S., Wang, K., Lin, B., & Lin, P. (2021). Economic analysis of residential solar photovoltaic systems in China. *Journal of Cleaner Production*, 282, 52-97. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652620353427>
- Rivas, E. (2020). Analisis del Codigo electrico Colombiano . *Academia y Desarrollo*.
- Rodríguez, M. (2019). *Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas*. Bogotá: UniAndes.
- Rodríguez, M. (2020). Estrategias para la reducción de emisiones del Centro Comercial San Silvestre. *UPB*.
- Rodriguez, M., & Cervantes, J. (2006). El efecto Fotoelectrico. *Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva*, 13(3), 303-311. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10413309>
- Sullivan, M., Uzquiano, C., & Sandy, X. (2015). Capacitación e instalación de sistemas fotovoltaicos en las comunidades de Carmen del Emero y Yolosani. *Energía y Ambiente Andina*, 20-26. Obtenido de <http://energiayambienteandina.net/pdf/WCS%20-%20CAPACITACI%C3%92N%20E%20INSTALACI%C3%92N%20DE%20SISTEMAS%20FOTOVOLTAICOS.pdf>
- UPME. (2019). *Proyección de la demanda de energía eléctrica y potencia máxima en Colombia*. Bogotá: Ministerio de Energía.

9. ANEXOS

9.1. Anexo 1. Ficha técnica módulos Jinko Solar



9.2. Ficha técnica inversor CPS SCA 50KTL – DO – US 480

Nombre del modelo	CPS SCA50KTL-DO/US-480	CPS SCA60KTL-DO/US-480
Entrada de CC		
Potencia fotovoltaica máxima	90kW (33kW por MPPT)	
Tensión máxima de entrada de CC	1000Vcc	
Rango operativo de tensión de entrada de CC	200-950Vcc	
Tensión/Potencia de arranque de entrada de CC	330V / 80W	
Número de MPPTs	3	
Rango de tensión de los MPPTs @ PF>0.99 ¹	480-850Vcc	540-850Vcc
Corriente máxima de corto circuito fotovoltaica (Isc x 1.25)	204A (68A por MPPT)	
Número de entradas de CC	15 entradas, 5 por MPPT	
Tipo de desconexión de CC	Interruptor de carga nominal de CC	
Protección contra sobretensiones de CC	Tipo II MOV, 2,800V _{CC} , 20kA I _{TM} (8/20µs)	
Salida de CA		
Potencia nominal de salida de CA @ F P>0.99 a ±0.91 ²	50kW	60kW
Potencia máxima aparente de CA (seleccionable)	50/55kVA	60/66kVA
Tensión nominal de salida	480Vca	
Rango de tensión de salida ³	422 - 528Vca	
Tipo de conexión de red	3Ø/ PE/ N (Neutro opcional)	
Corriente máxima de salida de CA @ 480Vca	60.2/66.2A	72.2/79.4A
Frecuencia nominal de salida	60Hz	
Rango de frecuencia de salida ³	57 - 63Hz	
Factor de potencia	>0.99 (±0.8 ajustable)	
Distorsión armónica total de corriente @ carga nominal	<3%	
Contribución máxima de corriente de falla (1 ciclo RMS)	64.1A	
Máxima capacidad del dispositivo de protección contra sobrecorriente	110A	125A
Tipo de desconexión de CA	Interruptor de carga nominal de CA	
Protección contra sobretensiones de CA	Tipo II MOV, 1,240V _{CA} , 15kA I _{TM} (8/20µs)	
Sistema y rendimiento		
Topología	Sin transformador	
Eficiencia máxima	98.8%	
Eficiencia CEC	98.5%	
Consumo de energía en Modo Espera / Nocturno	<1W	
Medio ambiente		
Clasificación de protección de la carcasa	NEMA Tipo 4X (IP66)	
Método de enfriamiento	Ventiladores de enfriamiento de velocidad variable	
Rango de temperatura de operación ⁴	-22°F a +140°F / - 30°C a +60°C ⁴	
Rango de temperatura de no operación ⁵	Sin temperatura mínima hasta +158°F / +70°C máxima ⁵	
Humedad de funcionamiento	0 a 100%	
Altitud de funcionamiento	13,123 4ft/ 4,000m (reducción de potencia desde 9,842.5ft/3,000m)	
Ruido audible	<60dBA @ 1m y 25°C	
Pantalla y comunicación		
Interfaz de usuario y pantalla	LCD+LED	
Monitoreo del inversor	Modbus RS485	
Monitoreo del nivel de sitio	Flex Gateway de CPS (1 por 32 inversores)	
Mapo de datos Modbus	CPS	
Diagnósticos y actualizaciones de Firmware remotos	Estándar con el Flex Gateway (opcional)	
Características mecánicas		
Dimensiones (alto x ancho x profundo)	39.4 x 23.6 x 10.24 pulgadas (1,000x 600x 260mm)	
Peso	Inversor: 123.5lbs/56kg; Caja de Cableado: 33lbs/15kg	
Ángulo de montaje/instalación ⁶	0 a 90 grados desde la horizontal (instalación vertical, inclinada o plana) ⁶	
Borne de CA ⁷	Bloque terminal tipo roscado M8 (rango de cable: #6 - 3/0AWG CU/AL ² , terminales no incluidas)	
Borne de CC	Portafusibles de pinza de tornillo (rango de cable: #14 - #6AWG CU), opcional H4 (Amphenol)	
Entradas de cadenas con fusibles (5 por MPPT) ⁸	Fusibles de 15A incluidos (valores aceptables de hasta 30A) ⁸	
Seguridad		
Certificaciones y normas	UL1741SA-2016, UL1699B, CSA-C22.2 NO.107.1-01, IEEE1547a-2014; FCC PARTE15	
Norma de red seleccionable y SRD	IEEE1547a-2014, Regla 21 de California	
Características de red inteligente	Tensión y Frecuencia Ride-Through, Arranque Suave, Volt-Var, Frecuencia-Watt, Volt-Watt	
Garantía		
Estándar	5 años	
Garantía ampliada	Consultar a fábrica	

¹ Consulte el manual de usuario para obtener más información sobre el rango de tensión de los MPPTs cuando el Factor de Potencia se establece como menor a 1.
² La Reducción de Potencia Activa comienza @ F P=±0.91 a ±0.8 cuando la Máxima Potencia Aparente se establece en 55 o 66kVA.
³ El "Rango de Tensión de Salida" y el "Rango de Frecuencia de Salida" pueden variar de acuerdo con la norma estándar específica de la red.
⁴ La Reducción de Potencia Activa comienza @ 40°C cuando F P=±0.9 y MPPT V_{min}, @ 45°C cuando F P=1 y MPPT V_{min}, y @ 50°C cuando F P=1 y MPPT V_z700Vcc.
⁵ Consulte el manual de usuario para obtener otros requisitos adicionales relacionados con las condiciones de no operación.
⁶ Se requiere el accesorio de cubierta de sombra para instalaciones con ángulos de 75 grados o menores.
⁷ AL requiere terminal de compresión bimetalica o adaptador bimetalico.
⁸ Fusibles mayores a 20A tienen requerimientos adicionales de espacio o requieren el uso del adaptador Y-comb. Consulte el manual de usuario para mayores detalles.



9.3. Ficha Técnica medidor ISKRA MECO Básico MT-174



BÁSICO MT -174

Medidor Polifásico Multitarifa



- KWH Kvarh KVAh Energías Activa, Reactiva y Aparente
- BS DIN Caja DIN
- Y V I Múltiples tipos de conexión
- CT VT Conexión directa o a transformadores de corriente
- IP54 Clase de Protección
- W Perfil de carga
- Puerto óptico
- 🕒 Reloj calendario RTC
- 📖 Bitácora de eventos
- RS485 Interfaz RS485
- 📄 4 Registros para múltiples tarifas
- MID5 IEC 1 Clase de Exactitud
- 🧲 Detección de campo magnético
- ☀️ Apto para la medición fotovoltaica
- max Demanda máxima
- Q I P Medición en 4 cuadrantes

Con un diseño futurista, el medidor polifásico MT174 está preparado para adaptarse a los diversos requerimientos de los clientes. La elevada calidad en el proceso de fabricación permiten al medidor ofrecer un desempeño esperado en entornos residenciales y pequeña industria. El medidor cuenta con una amplia variedad de funcionalidades:

- Extensas características antifraude.
- Amigable diseño fotovoltaico.
- Interfaz de comunicación RS (RS 485).
- Hasta cuatro esquemas tarifarios.
- Perfil de carga extendido.
- Planes tarifarios (TOU) - tarificación interna.

Diagrama de conexiones



a. Diagrama de conexión directa MT174

b. Diagrama de conexión a través de TC

Dimensiones del medidor (mm)



9.4. Ficha técnica protecciones DS252C-48DC/G

Características eléctricas		
Tipo de protección (después de la prueba IEC)		1+2
Red		48 Vdc
Tensión nominal continua	Un-dc	48 Vdc
Tensión DC máx. de operación	Uc	75 Vdc
Corriente residual (Corriente fuga a la Tierra)	Ipe	Ninguna
Corriente serie	If	Ninguna
Corriente de descarga nominal (15 impulsos 8/20µs)	In	25 kA
Corriente de descarga máxima (Capacidad máx. En onda 8/20µs por polo)	Imax	70 kA
Corriente de descarga máxima total (Capacidad máx. total en onda 8/20µs)	Imax Total	140 kA
Corriente de rayo máximo por polo (1 impulso 10/350µs por polo)	Iimp	25 kA
Corriente de rayo máximo total (1 impulso 10/350µs)	Itotal	50 kA
Energía específica por polo (soportado max. 10/350 µs)	W/R	156 kJ/ohm
Modo(s) de conexión		+/- y +/-PE
Modo(s) de protección		Modo común/diferenciado
Nivel de protección +/- (@ In (8/20µs))	Up	0.5 kV
Nivel de protección +/-PE (-/PE) (@ In (8/20µs))	Up	1.5 kV
Características mecánicas		
Tecnología		MOV + GDT
Configuración protección		2 polos
Conexión a la red		por terminales de tornillos : 6-35 mm ² / por bus
Formato		cajas modular unipolar ensamblados
Montaje		Carril DIN simétrico 35 mm (EN 60715)
Material plástico		Termoplástico UL94 V-0
Temperatura de operación	Tu	-40/+85°C
Clase de protección		IP20
Modo de fallo		Desconexión
Indicador de desconexión		1 indicador mecánico
Módulo(s) enchufable		DSM70R-48DC
Teleseñalización		Por contacto seco
Dimensiones		Ver esquema
Peso		0.205 kg
Desconectores		
Desconectores térmicos		Interno
Fusibles		Fusible tipo gG - 315 A
Normas		
Conformidad con las normas		IEC 61643-11 / EN 61643-11 / UL1449 ed.4
Certificación		UL / EAC
Código		
3415		



CENTRO COMERCIAL Y EMPRESARIAL SAN SILVESTRE
NIT 900.341.222-6

CERTIFICA

Que los docentes investigadores **FABIO ALFONSO GONZÁLEZ** y **ALFREDO RAFAEL ACEVEDO PICÓN** identificados con cédulas de ciudadanía número 91.478.573 de Bucaramanga y 91.292.021 de Bucaramanga, respectivamente y los estudiantes: **YOAN ANDRE PIAMONTE RODRIGUEZ**, identificado con cédula de ciudadanía número 1.096.207.611 y **JESUS ALBERTO GALVIS BELEÑO**, identificado con cédula de ciudadanía número 1.096.215.606, quienes hacen parte en su mayoría del grupo de investigación en Energía GIE del programa de Ingeniería Eléctrica articulado por ciclos propedéuticos con el programa de Tecnología en Electricidad Industrial de las Unidades Tecnológicas de Santander; ofrecieron un servicio de consultoría ad honorem en la empresa, con el objeto de realizar el análisis técnico y viabilidad para implementar un sistema de generación de energía fotovoltaica en las instalaciones del centro comercial; entregando como producción de su labor los resultados de dicha consultoría.

Dicha labor fue realizada en el mes de junio del año 2021, siendo esta satisfactoria en su totalidad.

Se expide a solicitud del interesado a los nueve (9) días del mes de Julio del año 2021.



CARLOS AUGUSTO CARREÑO DIAZ
Representante Legal

Contactos:

Centro Comercial y Empresarial San Silvestre
Diagonal 56 No 18A-88 Barrio Galán, Barrancabermeja - Santander - Colombia
PBX: 603 4848 - info@misansilvestre.com

