Factibilidad en el diseño e implementación de un sistema de generación de energía fotovoltaica en la Sede Deportiva Coaviconsa de las Unidades Tecnológicas de Santander.

MODALIDAD SEMINARIO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

KEVIN ANDRÉS VILLANOVA SERRANO
1098795168
LUIS MIGUEL CORREA OLARTE
1095838531

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍA
PROGRAMA TECNOLOGÍA EN ELECTRICIDAD INDUSTRIAL
BUCARAMANGA (22-09-21)

Factibilidad en el diseño e implementación de un sistema de generación de energía fotovoltaica en la Sede Deportiva Coaviconsa de las Unidades Tecnológicas de Santander.

MODALIDAD SEMINARIO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

KEVIN ANDRÉS VILLANOVA SERRANO
1098795168
LUIS MIGUEL CORREA OLARTE
1095838531

Trabajo de Grado para optar al título de
TECNÓLOGO EN ELECTRICIDAD INDUSTRIAL

DIRECTOR
LIzeth Dayane Cortés Hernández

Grupo de Investigación en Energía – GIE

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍA
PROGRAMA TECNOLOGÍA EN ELECTRICIDAD INDUSTRIAL
BUCARAMANGA (22-09-21)

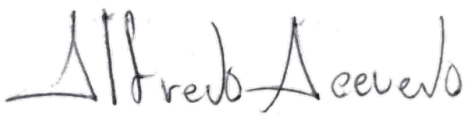
Nota de Aceptación

_____

_____

_____

_____



_____
Firma del Evaluador



_____
Firma del Director

DEDICATORIA

A Dios por permanecer siempre a mi lado cuidándome y guiándome en el transcurso de la carrera, a mis padres por regalarme la vida, por haber estado a mi lado en los tiempos difíciles y por darme el apoyo infinito, a mi hijo por ser mi motor y motivación para sacar mis proyectos adelante, a mi familia por los mejores consejos y por enseñarme el verdadero significado de hogar y de unión.

LUIS MIGUEL CORREA OLARTE

Dedico este trabajo a Dios porque ha estado conmigo en cada paso de la vida, dándome fuerza para seguir a pesar de tanta adversidad, a mis padres quienes a lo largo de la vida han velado por mi bienestar, salud y educación siendo mi gran motor en cada desafío que se me presenta sin dudar un momento en mis capacidades, habilidades e inteligencia. Es por ello que soy lo que soy ahora. Les amo con todo mi corazón. A mi grupo de amigos que me acompañaron durante esta etapa académica.

KEVIN ANDRÉS VILLANOVA SERRANO

.

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este documento expresan sus más sinceros agradecimientos a Dios nuestro señor por guiarnos por el camino correcto y ofrecernos las herramientas y personas perfectas para la culminación de este proyecto.

A Alfredo Rafael Acevedo Picón nuestro director por su comprensión, confianza y escucha por ayudarnos y orientarnos en este camino de la excelencia.

A nuestros educadores por brindarnos sus conocimientos, gracias por su paciencia y enseñanza.

A las Unidades Tecnológicas de Santander por suministrarnos oportunamente la información requerida hacia la terminación de este trabajo, y por la excelente formación académica bridada durante nuestro transcurso en ella, la cual nos ayudó a consolidar nuestros conocimientos y a forjarnos como profesionales.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO 11
INTRODUCCIÓN 12
1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN 14
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 14
1.2. JUSTIFICACIÓN 16
1.3. OBJETIVOS 18
1.3.1. OBJETIVO GENERAL 18
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 18
1.4. ESTADO DEL ARTE 19
2. MARCO REFERENCIAL 24
2.1. “Carga instalada según la norma NTC-2050”. 24
2.2. Cálculo de la demanda máxima según la NTC 2050 24
2.3. Sistema Solar Fotovoltaico Conectado a la red 25
2.4. Instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red On-Grid. 27
2.5. Características básicas de los módulos fotovoltaicos 27
2.6. Seguimiento del “Punto de Máxima Potencia” 30
2.7. Inversor de potencia. 31
2.8. Cableado 33
2.8.1. Cableado de corriente alterna 33
2.9. Protecciones en el Campo Fotovoltaico conectados a la red. 34
2.9.1 Fusibles de protección en el lado de continua. 34
3. DISEÑO DE LA INVESTIGACION 37
4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO 38
4.1 Cuadro de Cargas 39
4.1.1. Cuadro de Cargas para la Zona A 40
4.1.2. Cuadro de cargas para la Zona B 46
4.2. Diseño del sistema solar fotovoltaico 46

4.2.1. Diseño para la zona A....47
4.2.1.1. Selección del inversor Zona A....49
4.2.1.2. Cálculo de las protecciones Zona A....54
4.2.1.3. selección de los conductores Zona A....55
4.2.2. Diseño para la zona B....56
4.2.1.1. selección del inversor Zona B....57
4.2.1.2. Cálculo de las protecciones Zona B....61
4.2.1.3. selección de los conductores Zona B....62
4.3. Costos Y Presupuestos....63
4.3.1. Costos Y Presupuestos para la Zona A....63
4.3.2. Costos y Presupuestos Zona B....65
4. RESULTADOS....68
5. CONCLUSIONES....70
....70
6. RECOMENDACIONES....71
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS....72

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Componentes conectados a la red y medida 26

Figura 2. Sistema Solar Fotovoltaico 26

Figura 3. Estructura de la célula solar 28

Figura 4. Conformación de un panel solar y sus características principales 29

Figura 5. Generador con seguidor Horizontal 31

Figura 6. Bloque de Protecciones 36

Figura 7. Flujograma de etapas a desarrollar 37

Figura 8. Zona A 38

Figura 9. Zona B 39

Figura 10. Consumo Máximo Por cada Día de la Semana 44

Figura 11. Consumo de Energía por cada Hora de los Días de Máximo Consumo. 46

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Niveles de iluminancia para escenarios deportivos 25
Tabla 2. Diferencias entre los módulos solares según su fabricación 30
Tabla 3. Registro de Uso de Equipos en la Semana 42
Tabla 4. Consumo Máximo por cada día de la semana 43
Tabla 5. Consumo de Energía por cada Hora de máximo Consumo 45
Tabla 6. promedio de Consumo Diario de la Potencia Fotovoltaica 47
Tabla 7. Números de módulos preliminares 48
Tabla 8. Características del Panel Solar 530 Watts Monoperc ZNSHINE Solar 49
Tabla 9. Sobredimensionamiento del número de paneles 51
Tabla 10. Capacidad de paneles del Inversor 51
Tabla 11.Capacidad de Paneles del Inversor de 10kW 52
Tabla 12. Características del Inversor 53
Tabla 13. Voltaje de cada String 53
Tabla 14. Corriente de entrada del Inversor 54
Tabla 15. Corriente de entrada del Inversor 55
Tabla 16. Voltaje de cada String 55
Tabla 17. Cotización de los productos energéticos 63
Tabla 18. Porcentaje consumo de Energía 63
Tabla 19. Calculo del Porcentaje 64
Tabla 20. Valores que se va a comprar a la red y la que se va vender 64
Tabla 21. Valor de la factura de energía de la sede 64
Tabla 22. Promedio de Generación Diaria ..... **¡Error! Marcador no definido.**
Tabla 23. Número de Módulos Preliminares ..... **¡Error! Marcador no definido.**
Tabla 24. Características del Panel Solar Zona B ..... **¡Error! Marcador no definido.**
Tabla 25. Sobredimensionamiento del Numero de Paneles zona B **¡Error! Marcador no definido.**
Tabla 26. Características del Inversor Zona B ..... **¡Error! Marcador no definido.**
Tabla 27. Voltaje de Cada String Zona B ..... **¡Error! Marcador no definido.**
Tabla 28. Fusibles y Breakers Zona B ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 29. Voltaje de Cada String Zona B ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 30. Cotización de productos energéticos Zona B ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 31. Porcentaje generado diariamente y que se va comprar a la red Zona**¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 32. Cálculos de los Valores de porcentajes Zona B ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 33. Valores en pesos energía comprada y vendida a la red Zona B**¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 34. Valor de la Factura antes de sistema, Zona B..... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 35. Valor de la Potencia que se va a vender en la red Zona B**¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 36. Valor de excedentes de energía. Zona B ..... **¡Error! Marcador no definido.**

RESUMEN EJECUTIVO

El trabajo de grado presente contempla establecer un precedente de generación de energía eléctrica en la Sede escogida preliminarmente y ubicada en Coaviconsa Santander, mediante energías alternativas, con el objetivo de disminuir la contaminación ambiental y mejorar la calidad eléctrica del lugar para que sea un referente en el municipio y se abra la oportunidad de realizar proyectos energéticos alternativos en un futuro, así también reducir los costos en el suministro de energía eléctrica brindados por la red.

En este trabajo se muestra un estudio en el aspecto técnico y financiero en la implementación de energía solar específicamente en todo el alumbrado de dicha Sede Deportiva. Así mismo, el escrito está enfocado en los resultados encontrados en el respectivo lugar a lo que, se elaborará el cálculo parcial de la implementación de este sistema de energía solar, con estos datos obtenidos se dará un contraste de tarifas y de viabilidad para su debida venta de este nuevo método energético en un presente cercano. Así se evidenciará los beneficios financieros de la implementación del sistema.

Finalmente, el proyecto pretende contar con el conocimiento apropiado para realizar un laboratorio acreditado por la UTS y que sea reconocido por la eficacia y calidad de los campos fotovoltaicos con módulos concretos e inversores garantizados, demostrando las ventajas que tiene estas energías limpias, dando una solución a la reducción de contaminación ambiental que presentamos hoy en día y así también ampliar nuestras posibilidades laborales en el campo de energías renovables.

PALABRAS CLAVE. Contaminación ambiental, viabilidad, energía fotovoltaica, inversores, paneles solares, cableado.

INTRODUCCIÓN

Irrefutablemente los beneficios entregados por el crecimiento acelerado de la economía, ha provocado de manera contraria, retos en el aprovechamiento de las riquezas naturales, puesto que la mala técnica y el uso inadecuado de los mismos, deteriora su condición, y la de los sistemas que de estos dependen.

Y es que el cambio climático y sus consecuencias no son ajenas a ningún ser vivo, de tal manera han impactado negativamente el medio ambiente, puesto que, se ven afectadas las condiciones de vida y la salud a nivel mundial, deteriorando el capital natural afectando la economía, irónicamente constituye la hipótesis en qué se fundamenta el uso inadecuado y desmesurado los recursos naturales.

En gran medida, esta problemática guarda relación con las formas convencionales de suplir las crecientes necesidades energéticas, los fenómenos naturales que se dan en la actualidad, cómo las sequías por tiempo fluctuantes, obligan al uso de centrales térmicas que se basan en combustibles fósiles, que además de ser recursos limitados, emiten una cantidad considerable de anhídrido carbónico y otros agentes contaminantes; por otra parte las centrales de energías hidráulicas también perjudican el medio ambiente modificando los ecosistemas del lugar donde se sitúan; por esta situación es necesaria la promoción de la “energía renovable no convencional”, inagotables en el tiempo y amigables con el medio ambiente.
En este caso en especial, los sistemas fotovoltaicos, contribuyen a reducir el efecto contaminante de dichas sustancias nocivas y, además, esta energía se puede generar en el propio sitio de consumo, lo cual reduce las perdidas por transmisión y las inversiones asociadas al transporte de energía desde los puntos de producción de

energía hasta los focos de utilización. Otra ventaja de este sistema energético es la ausencia de partes móviles, esto se muestra en el mínimo mantenimiento y en periodos de vida útil entre veinticinco y cuarenta años.

Considerando lo anterior, el presente trabajo está claramente enfocado a la implementación de energías renovables, especialmente en relación con la energía fotovoltaica para amplificar el servicio de la energía eléctrica de la Sede De Las Unidades Tecnológicas De Santander (COAVICONSA). Igualmente, realizar la creación de un Laboratorio de Ensayos Fotovoltaicos en la sede de las UTS, esta labor se halla enmarcada en las tareas que desarrolla la Universidad, con el objeto de reconocer la necesidad de divulgar la energía solar fotovoltaica bajo la premisa que establecen las normas de calidad y aportar al desarrollo tecnológico del departamento de Santander. Así mismo, verificando los costos que se necesitan en el prototipo, enlazando los dos aspectos técnico y económico para la utilización de energías renovables (solar fotovoltaica).

Del mismo modo, se demuestra un resumen científico detallado del proceso de producción de esta energía fotovoltaica, las soluciones que hacen posible no sólo técnicamente el proyecto sino económicamente por las situaciones cada día más angustiosas del manejo de “energías blancas y de combustibles fósiles”.

1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La sede deportiva perteneciente a las Unidades Tecnológicas de Santander disfruta de un espacio deportivo y recreativo, con una extensión de once mil metros cuadrados, delimitado en inmediaciones de Provenza, tiene canchas de fútbol, microfútbol baloncesto, piscina y áreas recreativas que son aprovechadas por estudiantes, docentes y administrativos de las UTS (Unidades Tecnológicas de Santander, 2015). Siendo un predio amplio y de diversos espacios sociales y culturales se presenta un alto consumo de energía no renovable, implicando grandes gastos económicos reflejados en las facturas mensuales de energía.

Dicha energía eléctrica está relacionada directamente con el combustible, el mineral, el vapor, utilizables en cuantías que llegan a ser estimadas en exuberantes pero limitadas, y desde luego, las circunstancias financieras, geográficas y políticas incorporadas, con su comercialización y su potestad, se ha creado la necesidad de inventar una transformación en pro al uso de caudales energéticos de forma renovable, en ese mismo sentido, ayuden a la disminución de exposiciones de “efecto invernadero y a la mitigación del cambio climático que viene experimentando el planeta”. (Garcia, corredor, Calderon, & Gomez, 2013)

A fin de afrontar esta problemática la actual exploración propone un estudio orientado a lo técnico y financiero para la aplicación de paneles solares en la luminaria en la Sede deportiva de la UTS, con el pensamiento de disminuir precios y hacer mantenimientos muy pocas veces a los sistemas de alumbrado y así, la empresa generadora de luz se

vea motivada a adquirir y utilizar estas alternativas de iluminación en el lugar. (Fernández & Cervantes, 2017).

Evidenciando que el desarrollo sostenible de energías limpias trae al crecimiento económico, el ascenso de los estilos de vida y a la prosperidad social, sin explotar de manera acelerada los recursos nativos limpios en que se conservan, ni perjudicando la madre naturaleza o el derecho de las próximas generaciones a aprovecharlo para la complacencia de sus necesidades (Vélez & Figueroa, 2015). Y es que la “energía solar” disfruta también de muchos beneficios situándola como la más competente puesto que, no es contaminante y aprovechable en el mundo, forja empleos con el “desarrollo sostenible”, es modificable y variable, adaptable a otras condiciones, reconoce tensiones para “generación eléctrica a gran escala y también para pequeños núcleos aislados de la red” (Peña, Gutiérrez, & Caldas, 2017, pág. 13).

De modo que, aportemos a la universidad estrategias y conocimiento en cuanto beneficios de utilizar, producir y poner en venta este prototipo energético, promoviendo la sensibilización y la utilización de diversos mecanismos amigables al ambiente. Por esto, la propuesta de este trabajo enfatiza en la pregunta problema

¿Para implementar un sistema de generación de energía solar fotovoltaica que tipo de dispositivos son lo más beneficiosos para la realización de este diseño en la sede deportiva de las UTS, contemplando el costo y la eficiencia?

1.2. JUSTIFICACIÓN

El progreso de nuevas tecnologías en la producción de energía ha forjado una mayor competitividad en la industria. La industria petrolera no ha sido antagónica a este cambio y por el contrario ha predestinado una gran porción de sus recursos de indagación y desarrollo a descubrir nuevas alternativas de producción de energía. Por esto, la energía solar muestra una opción para suplir parte de la demanda energética que viene en aumentó cada vez más. (Carreño, 2020).

Los paneles solares fotovoltaicos son una reciente alternativa en la generación de energía renovable ya que se produce por el aprovechamiento de los rayos producidos del sol, estos paneles transforman la radiación solar en energía alterna que es utilizada en lugares específicos y que nutre a los sitios eléctricos. En los recientes estudios, la obtención de “energía a través de paneles solares” se ha elevado debido a su superioridad en la deflación en el costo de energía, y a su vez el precio de los paneles ha caído por la demanda que tienen para suplir las insuficiencias de energía tanto en la ciudad como en los espacios donde la red eléctrica no logra llegar. (Ossa, 2016, pág. 10)

Los prototipos de paneles solares pueden ser: Fotovoltaicos que forman bastante energía para proveer las necesidades de los lugares donde se diseñan y necesitan para su funcionamiento, los inversores junto con los cargadores fotovoltaicos que se manejan para transitar la “corriente continua a una corriente alterna”. (Peña, Gutiérrez, & Caldas, 2017, pág. 16)

Los Paneles Térmicos: Estos paneles se proponen cuando allá recepción inmediata del Sol con grandes temperaturas y ostenten un área grande para instalarlos. Operan similarmente que los fotovoltaicos, pero estos vienen con un “líquido que absorbe el calor”, cambiando la “energía del Sol” en “energía térmica” con este líquido trasladan esta

energía térmica hacia las zonas de instalación. (Peña, Gutiérrez, & Caldas, 2017, pág. 17)

Finalmente, el autor nombra los paneles termodinámicos: se utilizan frecuentemente en viviendas porque son más efectivos, más económicos y se usan para más cosas. Su superioridad radica en que logra absorber energía, aunque “llueva o esté nublado o sea de noche, etc.” Estos paneles están elaborados de aluminio y tienen unos canales por donde transita un “líquido refrigerante”, en otros términos, un “líquido de bajo punto de ebullición” idóneo para absorber cantidades altas de calor al provocar en él un cambio de estado “gas, líquido o sólido”. (Peña, Gutiérrez, & Caldas, 2017, pág. 17)

Esta innovadora alternativa de generación de energía ha aumentado en el país, surgiendo como una necesidad de aportar al medio ambiente contemplando los escenarios del calentamiento global y de antecedentes de escasez de combustibles fósiles en tiempo pasado y futuro. (Díaz & Carmona, 2010) Con la implementación de paneles Solares fotovoltaicos en la sede deportiva de las UTS, ubicado en la ciudad de Bucaramanga, se espera alimentar las balas de iluminación de las áreas comunes, reduciendo el consumo de energía y el valor pagado mes a mes en la factura de este servicio público, promoviendo el uso de energías limpias ampliando este campo que es una alternativa de contribución con el cuidado de los recursos naturales.

Por esta razón, la actual investigación adquiere importancia porque los resultados del trabajo permitirán comprimir el gasto de “energía”, bajar el precio de la factura, crear espacios de conocimiento como el laboratorio del campo fotovoltaico y concientizar en el cuidado del medio ambiente y nuevas alternativas para un desarrollo sostenible eficaz del departamento.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar un estudio de viabilidad en la implementación de un sistema de generación fotovoltaica, a través de una evaluación técnica y financiera, que permita su instalación en la Sede Deportiva de las Unidades Tecnológicas de Santander ubicada en Coaviconsa para una posible venta de excedentes de dicha energía renovable.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar el cuadro de cargas por medio de unos cálculos en Excel para determinar la potencia que es consumida en el sitio y cuantificar los posibles excedentes

- Diseñar el sistema de generación fotovoltaica tipo On-grid mediante la especificación del campo fotovoltaico, el inversor, las protecciones y el medidor

- Calcular el presupuesto real de costos económicos para la implementación del proyecto de forma que se pueda evaluar la posible implementación.

1.4. ESTADO DEL ARTE

Desde hace unos años se ha abordado el estudio de las energías alternativas como la solar, siendo esta, una parte necesaria para la supervivencia de los seres humanos y el equilibrio de la naturaleza, la demanda de energía en Colombia cada día crece más, por esto, la energía solar fotovoltaica es un bálsamo para disminuir los problemas causados por la generación eléctrica actual, debido a esto, es necesario conocer la función y la conformación de cada dispositivo que pertenece este sistema de energía fotovoltaica.

(Frasquet, 2015). en *"Instalación eléctrica de un polideportivo por medio de placas solares"* en Venecia España, realiza un estudio de instalación eléctrica mediante energía solar fotovoltaica aislada a "la red en el polideportivo municipal de Palma de Gandía" en Valencia esta instalación es de una propiedad de 40.5 KW en placa y una potencia de 50 KW; Utilizando fuente de información o recolección de datos con el fin de obtener pesquisa de la radiación solar de esta zona.

Así mismo, para la construcción de este campo fotovoltaicos utilizo seis instrumentos fundamentales para la construcción de esta energía alternativa llamados; primero, Módulos Solares, hecho con materiales de "panel de silicio policristalino y una potencia de pico de 250wp, 8.2AP a 24V nominales y dimensiones de" 1650x992mm. (Frasquet, 2015, pág. 15)

Junto con los módulos van los soportes, manipulados para la instauración de los paneles sobre el tejado.

El segundo, son los reguladores esto un modelo regulador y maximizador especifico.

El tercero es, las baterías, el autor afirma que escogió este modelo de baterías hechas en gel que suministran una alta conservación de duración y volumen superior de ciclo que las AGM. (Frasquet, 2015, pág. 16)

El cuarto, los inversores este es el cargador fundamental en instalaciones de esta índole. El quinto, equipo de monitorización, el autor configuro dichas herramientas como inversores, probando así la elevación de carga de las baterías experimentado por Victron Energy, otra ocupación principal de este equipo, es automatizar los “amperios/hora” usados y el período de carga de estas. (Frasquet, 2015, pág. 16)

El sexto y último es el cableado para instalación fotovoltaica con una tensión de tipo RV-K. Los cables que utilizó el autor para líneas generales de la instalación fueron producidos por el productor “Prysmian, en su modelo P-Sun 2.0”, prestando el servicio por 30 años en condiciones de energía fotovoltaica (Frasquet, 2015, pág. 16).

Finalmente, el autor muestra las protecciones externas de los elementos e instrumentos de la instalación.

Los patrones fotovoltaicos poseen unos “diodos de bloqueo” que impiden la disolución de energía en condición de “defecto eléctrico”.

Los reguladores incluyen interruptor eléctrico de cambio sólido previniendo la “inversión de polaridad”, las sobretensiones, sobre-corrientes y cortocircuitos.

“El inversor” tiene protección para disminución de tensión de ingreso, sobretensión de acceso, clima, “cortocircuito en la salida y sobrecarga”. (Frasquet, 2015, pág. 16).

(Ossa, 2016, pág. 10) en “*Estudio técnico y financiero para la implementación de sistemas solares de alumbrado público en las zonas comunes de conjuntos residenciales”,* ubicados en Pereira*,* expone un estudio detallado utilizando paneles solares en la luminaria pública de zonas comunes en tres conjuntos de vivienda para remplazar las insuficiencias energéticas y así demostraron que se disminuyó los costos en el uso de energía.

El diseño del sistema fotovoltaico de las áreas comunes que utilizo (Ossa, 2016) consistió en un análisis energético, puesto que, sintetiza la carga que se tenía que sustituir con el

"sistema fotovoltaico" apoyando la reserva energética solar que haya en la zona del conjunto y el consumo del sistema a suplir.

La ocupación de energía obedece al espacio que se obtenga disponible, así como el tipo de paneles que se van a manipular, como las que utilizo (Ossa, 2016, pág. 139) en el conjunto "Portal del Sol" manejando 8 cabestros en paralelo con 2 paneles por cabestro y los dispositivos que lo conforman, como las doce baterías que colocó en paralelo, el regulador de carga MPPT resistiendo corriente de 74 A y un inversor PWM con cabida de 2156 W.

(Gómez, Blanco, & Colmenares, José, 2021) en *"Propuesta del diseño de un sistema fotovoltaico para los parqueaderos del conjunto residencial portal del sol de la ciudad de Bogotá para demostrar los beneficios sociales, económicos y ambientales de su implementación".* en términos generales, el escrito se basa en la propuesta del diseño de un sistema fotovoltaico para los parqueaderos del conjunto residencial Portal del Sol de la ciudad de Bogotá demostrando beneficios sociales, económicos y ambientales de su ejecución. La metodología está estructurada en las siguientes fases; primero, obtención de la información y recolección de datos, segundo, análisis y diagnóstico de la situación determinada; tercer, situación en software y búsqueda de proveedores y cuarto análisis y diseño del proyecto; sin embargo, nuestro principal enfoque es el componente técnico y económico, en cuanto a lo técnico diseñaron un campo fotovoltaico para 20 postes de luz con una estructura de fijación, una luminaria solar led de 50w, con encendido apagado automático, caja de protección, batería, sistema de control, protección y fijadores al poste, un cableado luminaria al rack. De acuerdo a unos resultados que realizaron por medio de análisis y recolección de datos concluyeron implementar específicamente, el sistema con 18 módulos fotovoltaicos, un inversor, 3 inversores de baterías, 72 baterías.

(Fernández & Cervantes, 2017) En "*Proyecto de diseño e implementación de un sistema fotovoltaico de interconexión a la red eléctrica en la Universidad Tecnológica de Altamira".* Hecho en México, los autores presentan una propuesta de bosquejo e ejecución de un prototipo fotovoltaico interconectado a la red eléctrica de la "Universidad Tecnológica de Altamira"; identificando el elemento necesario para la ejecución de esta energía fotovoltaica con el objetivo que, actúe y genere un laboratorio para ciertas asignaturas de profesiones en sostenimiento Industrial y mecatrónica pero también de "energía renovables", Comprendiendo lo anterior, los autores (Fernández & Cervantes, 2017) exponen el cálculo de la mayor potencia de generación del sistema FV unido al punto dieléctrico de "500 kW", manipulando "2.000 módulos (FV) de 250W" (Fernandez & Cervantes, 2017).

Los lugares que implementaron y sus correspondientes datos técnicos que utilizaron para el protofito fotovoltaico fueron:

Instalación del poste tipo seguidor necesitaron; "6 métodos FV atendidos por 12 modelos FV cada uno (72 medidas), contribuyendo cada división una potencia de 3 KVA; dando un total de 18 KVA productor. 6 inversores de marca Kaco modelo Blueplanet 3.0TL 1, 72 módulos de marca ERDM, modelo "ERDM250P6" de 250 W. 80 m de cable calibre 10 y 240 m de cable calibre 8".

Instalación en dos techos edificios de docencia (Fernandez & Cervantes, 2017) requirieron; "4 sistemas FV conformados por 120 módulos de 250 W cada uno, aportando cada arreglo una potencia de 30 kVA; dando un general de 120 kVA generados".

"4 inversores de marca Kaco modelo Powador 36.0 TL3, 480 módulos de marca ERDM modelo "ERDM250P6 de 250 W. 720 m de cable calibre 8 y 360 m de cable calibre 2"

Disposición en colocación de "estacionamiento" requirieron; "2 sistemas FV atendidos por 120 módulos de 250 W" uno por uno, contribuyendo cada ajuste una "potencia de 30 Kva"; proporcionando un harmónico de "60 Kva" formados.

“2 inversores de marca Kaco modelo Powador 36.0 TL3, 240 módulos de marca ERDM modelo ERDM250P6 de 250 W. 540 m de cable calibre 8 y 360 m de cable calibre 2” (Fernandez & Cervantes, 2017).

Instalación de una granja fotovoltaica se gestionó: “10 sistemas FV atendidos por 120 módulos de 250 W por cada elemento, colaborando cada ajuste una potencia de 30 Kva”; dando un integral de “300 Kva” formados.
diez “inversores de marca Kaco modelo Powador 36.0 TL3, 1200” cánones de marca “ERDM modelo ERDM250P6 de 250 W”. “Material: 1440 m de cable calibre 8 y 360 m de cable calibre 2” (Ossa, 2016)

(Martinez, 2014) *en “Implementación de un sistema de celdas fotovoltaicas para el alumbrado del laboratorio de la facultad de ingeniería de la UAQ”* en México, la autora diseño un sistema fotovoltaico de 15 paneles FV conexos en serie con una capacidad de 200W y analizo el retorno de inversión de este diseño. Sus resultados estaban en función de los cálculos previos de iluminación, y cálculos para el cableado y las protecciones, tomo en cuenta los datos de los paneles, así como el del inversor. concluyó que, el rendimiento y la eficiencia de esta nueva energía limpia iba a tener resultados positivos en la inversión ya que, retornaría en los 9 años próximos, y reduciría la energía eléctrica que se originaba por restos fósiles que contaminaban (Martínez, 2014, pág. 120).

2. MARCO REFERENCIAL

2.1. "Carga instalada según la norma NTC-2050".

La carga instalada se refiere a los dispositivos y salidas de alumbrado y fuerza que disponen la instalación eléctrica. Esta carga instalada está en relación del tipo de actividad ya sea en vivienda, industria o comercio y del lugar o extensión de la misma.

La NTC-2050 en la sección 220 ordena que las cargas de los circuitos ramales y salidas precisas para conectar las diferentes cargas en una instalación eléctrica.
Las cargas se distribuyen en diferentes tipos: alumbrado por tipo de ocupación, motores, salidas de portalámparas de servicio pesado, rieles de alumbrado, avisos eléctricos e iluminación de contorno, cargas de pequeños artefactos en unidades de viviendas y otras cargas.

2.2. Cálculo de la demanda máxima según la NTC 2050.

La NTC 2050 da cuenta de los factores de demanda dependiendo el tipo de carga e instalación como, por ejemplo, los factores para iluminación general, pequeños artefactos, estufas eléctricas entre otros, el apartado 220-37 accede a calcular la capacidad del transformador o alimentador para edificios específicos conforme a los métodos establecidos por las empresas locales del suministro de energía.
La normatividad en cuanto a los niveles de iluminancia en escenarios deportivos se pueden reflejar en la Tabla 1

Tabla 1. Niveles de iluminancia para escenarios deportivos

Los niveles de iluminancia para escenarios deportivos se presentan en la tabla 3.2.

TIPO DE DEPORTE	ILUMINANCIA HORIZONTAL [lux]		Uniformidad E_{min}/E_{med}	
	Distracción y entretenimiento	Competición	Distracción y entretenimiento	Competición
Fútbol	75	200 - 600 *	1 : 3	1 : 1,5
Baloncesto	75	400 - 600	1 : 3	1 : 1,5
Voleibol	75	400 - 600	1 : 3	1 : 1,5
Gimnasia	75	150	1 : 2	1 : 1,5
Béisbol	200	400	1 : 2	1 : 1,5
Natación	200	400	1 : 2	1 : 1,5
Saltos de trampolín	200	500	1 : 2	1 : 1,5
Patinaje (interior)	150	300	1 : 3	1 : 1,5
Patinaje (exterior)	75	150	1 : 3	1 : 1,5
Tenis	200	400 – 600 *	1 : 2	1 : 1,5
Bolera	200	200	1 : 2	1 : 2
Tiro	150	150	1 : 3	1 : 3

Tabla 3.2 Niveles de iluminancia para escenarios deportivos

Fuente: Extraído de la Tabla 3.2. Niveles de iluminancia para escenarios deportivos. pg. 29. "*Normas para Cálculo y Diseño de Sistemas de Distribución"*. (ESSA, 2021, pág. 29)

2.3. Sistema Solar Fotovoltaico Conectado a la red

En este documento simplificaremos este concepto de "Sistema Solar Fotovoltaico Conectado a la red" como (SFCR), dicho sistema se forma con un productor (FV) y un "inversor" convirtiendo "corriente continua" DC relacionada por los paneles en corriente Alterna AC, con particularidades similares de punto eléctrico, de igual manera los compendios de salvaguardia y disposiciones necesarias.

Estos prototipos de instalaciones (FV) se enlazan en paralelo en las redes del operador de red u compañía prestadora de servicio.

La principal estimulación es la introducción de "energía eléctrica" de la RED con el esfuerzo de consumir o vender una energía producida o como apoyo a la red eléctrica

En el dimensionado de un SFCR existen algunos factores que juegan un papel importante para estimar la producción anual de energía, entre estos están: La irradiación, está puede ser en días con lluvia o nublados afectando directamente la corriente generada por el generador. La temperatura, está afecta los valores de la tensión en el generador estableciendo una relación inversa con esta.

La energia prodicuda por un SFCR enb un sistema de distribucion, debe ser para consumo en las cercanioas y la sobrant debe ser introducida a la red o de inyeccion total a la red.

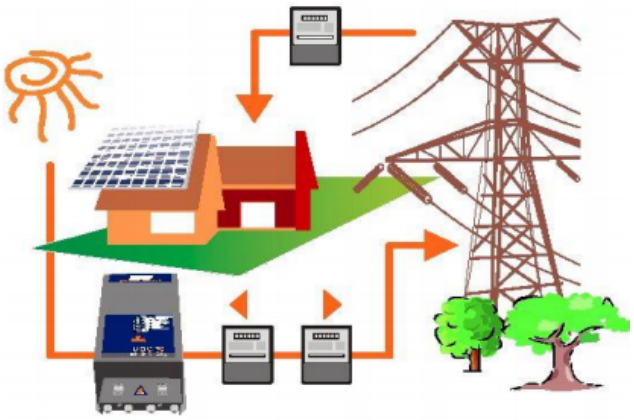


Figura 1. Componentes conectados a la red y medida

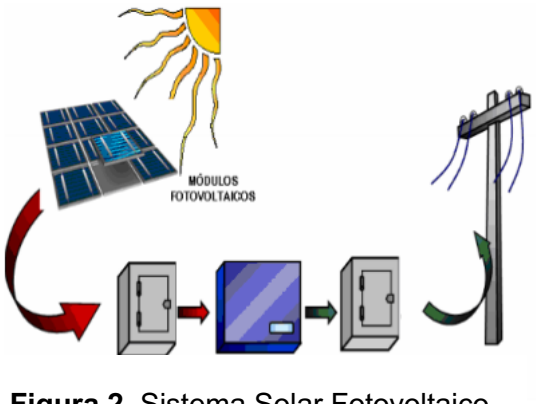


Figura 2. Sistema Solar Fotovoltaico

2.4. Instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red On-Grid.

El método del sistema On-Grid radica en aquella energía que se forma por paneles solares estos se introducen espontáneamente al punto de ronda automatizada.

Eso quiere expresar aquella maniobra en recíproco con esta cadena, lo que la crea un procedimiento muy enérgico y de bajo costo, por lo que, no es necesario el uso de muchas “baterías” esto le accede a tener un precio constante en el tiempo para su energía menos el de la representante.

Posee herramientas que no son exclusivamente para preservar la disposición, sino, que además controla el carácter y la calidad de proporcionar la fuerza eléctrica a la red concentrada, asegurando la cuantía de elasticidad, el prototipo de periodicidad y la propiedad de transmisión (Ossa, 2016, pág. 36).

2.5. Características básicas de los módulos fotovoltaicos.

El componente fundamental de cualquier instalación fotovoltaica es un generador o célula solar, que emite una corriente eléctrica cuando sobre él incurre la luz del sol, por medio del principio del efecto fotoeléctrico, Basándose en el resultado eléctrico de algunos materiales semiconductores cuando están expuestos a la luz. “Una célula solar se constituye como un diodo: la parte expuesta a la radiación solar es la N, y la parte situada en la zona oscuridad es la P, metalizado por completo”. (Díaz & Carmona, 2010, pág. 12)

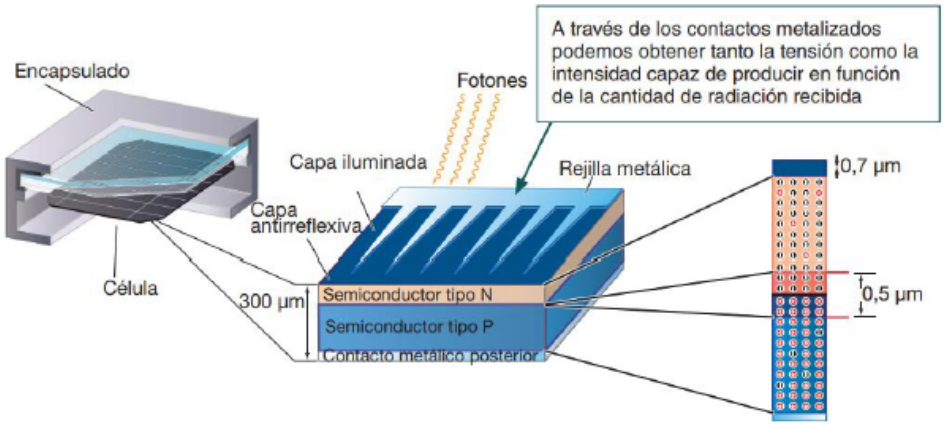


Figura 3. Estructura de la célula solar

Fuente: Extraído del libro instalaciones solares fotovoltaicas (Díaz & Carmona, 2010)

Dos variables referentes se definen para la célula solar: primero, la tensión alta de la célula solar (ausencia de carga), conocida como "Tensión de circuito abierto (V_{oc})", y segundo, la corriente alta que pueda circular por la célula llamada corriente de cortocircuito (I_{cc}). Una vez se enlaza una carga a la célula solar, los valores de tensión y corriente varían.

Los valores máximos en tensión y corriente (V_m e I_m) originan también un valor máximo de potencia, esto permite limitar una medida importante de una célula, el "factor de forma (FF)", calculando con una ecuación los valores de FF son 0,7 o 0,8 (Díaz & Carmona, 2010, pág. 18)

$$P_m = V_m I_m$$

$$FF = \frac{V_m I_m}{V_{oc} I_{cc}}$$

Un panel solar está constituido por un grupo de células solares unidas con energía eléctrica contenidas y acopladas sobre una armadura de soporte, su final es una "tensión

continúa" diseñada para bienes de tensión concretos "(6V, 12V, 24V)" (Ríos & Peralta Alirio, 2020, pág. 19)

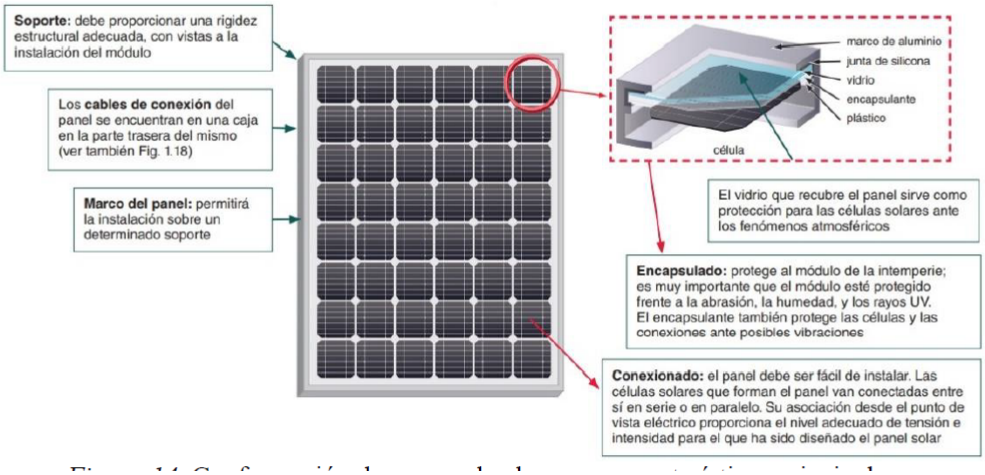
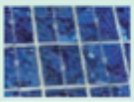


Figura 4. Conformación de un panel solar y sus características principales

Fuente: Extraído del Proyecto de grado Técnico económico implementación de un gasificador de biomasa y solares para suplir la energía un silo de café (Ríos & Peralta Alirio, 2020)

Hay variedades en paneles solares que pueden clasificarse según tecnología de producción de las células, que frecuentemente pueden ser de "silicio monocristalino, policristalino o amorfo". (Díaz & Carmona, 2010, pág. 14)

Tabla 2. Diferencias entre los módulos solares según su fabricación

Células	Silicio	Rendimiento laboratorio	Rendimiento directo	Características	Fabricación
	Monocristalino	24 %	15 - 18 %	Son típicos los azules homogéneos y la conexión de las células individuales entre sí (Czochralski).	Se obtiene de silicio puro fundido y dopado con boro.
	Policristalino	19 - 20 %	12 - 14 %	La superficie está estructurada en cristales y contiene distintos tonos azules.	Igual que el del monocristalino, pero se disminuye el número de fases de cristalización.
	Amorfo	16 %	< 10 %	Tiene un color homogéneo (marrón), pero no existe conexión visible entre las células.	Tiene la ventaja de depositarse en forma de lámina delgada y sobre un sustrato como vidrio o plástico.

Fuente: Modificado y extraído del libro Instalaciones solares fotovoltaicas (Díaz & Carmona, 2010, pág. 14)

2.6. Seguimiento del "Punto de Máxima Potencia".

En siglas inglesas significa "Máximum Power Point Tracking (MPPT)", el rastreo preliminar del espacio de mayor fuerza se ejecuta en 2 fragmentos.

Como primera parte de producción, se cumple un alcance automático del sol, para poder alcanzar la mayor irradiación al situar las molduras (FV) derechamente al sol.

En la segunda parte de transformación, se plasma un "MPPT" eléctrico usado por los inversores, accediendo a otorgar la mayor potencia posible en todo momento, salvo en cualquier situación de carga.

Existen Varios métodos de seguimiento solar en un SFCR. Sin embargo, el que se escogió es el de "seguimiento punto máxima potencia de generación", este por su base de traslación es plano en proporción al suelo. La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** muestra la configuración de este tipo de seguidor.



Figura 5. Generador con seguidor Horizontal

2.7. Inversor de potencia.

El inversor modifica la “corriente continua” que transfieren sus paneles, “en corriente alterna igual a la red eléctrica (120 V AC)”.

Asimismo, modula la onda de salida y la tensión para hacerla coincidente con la red (Díaz & Carmona, 2010, pág. 24) exponiendo que, los parámetros asociados a estos inversores son;

Primero, potencia, la cual es la mayor que logrará proveer a la red en situaciones óptimas. en el mercado hay desde 50 W para uso doméstico y hasta 400w para pequeños Campos fotovoltaicos; algunos con la oportunidad de conexión en serie para aumentar la potencia.

Segundo fases, esos inversores que su eficacia es menos a “5 KW”.

“son monofásicos los mayores de 15 KW suelen ser trifásicos”.

Tercero, rendimiento energético en el mercado actual el rendimiento de los inversores es de alrededor de 90% aumentando a medida que se acerca su potencial nominal por lo tanto debe concordar la energía cúspide del “campo fotovoltaico y la potencia nominativa de este inversor”.

Cuarto, “Umbral de arranque” hace referencia la radiación incidente de ingreso forzoso en un generador con el fin de que el “inversor” inicie el paso de transformación.

El inversor posee algunas fases en el transcurso de convertir DC/AC y se ajusta de esta manera; “filtro de entrada” mitiga un ondulado causando polución en la “corriente” de acceso, el “convertidor DC/DC” ajusta la resistencia de salida del generador a la tensión del puente conmutador para que ejecute así mismo puntos de exploración del sitio de mayor potencia, “filtro de salida” separa y mitiga esos integrales no codiciados, el convertidor ajusta el monto de “tensión de salida” del canal a la red y suministra recogimiento eléctrico del segmento AC e inspección, este supervisa el ingreso y terminación del transformador DC/DC y del puente inversor, muestra el patrón oportuno para localizar y seguir el puente de mayor potencia del generador y lograr una indicación elíptica con contenido de armónicos en la terminación del inversor. (Monterroza, 2016, pág. 76) Los Inversores vienen con protecciones mínimas que optimizan la operación y aseguran la integridad de los equipos y las personas; Algunos inversores favorecen su seguimiento mediante un monitoreo remoto. Si en la creación incluyen sensores, se pueden extraer “antecedentes de emisión, generación solar, energía transformada a corriente alerta alterna, eficiencia y muchos otros”. (Ríos & Peralta Alirio, 2020, pág. 36).

El inversor, cuando se trata de sistemas con conexión de red, llevan un algoritmo incorporado para la búsqueda de un espacio mayor de resistencia. El método de control actúa sobre la tensión DC en la entrada del inversor, así el prototipo de revisión de convertidos asigna el productor un costo de rigidez de labor.

El proceso de conmutación del convertidor elevador y el puente inversor produce en la entrada un rizado que debe ser filtrado. Para reducir este rizado, los inversores incorporan unos capacitores en su entrada que sirven para filtrar a señal de tensión; Por esto, se asume que la entrada del puente conmutación se comporta como una fuente de tensión. Para obtener un buen funcionamiento del inversor se recurre a una buena composición de registro de corriente y algunos componentes inductivos en la terminación. Esto se hace con el fin que la corriente de salida guarde un parte del ciclo con la resistencia de red, y que su extensión esté acorde a la (corriente de entrada del inversor).

2.8. Cableado

Es lo más esencial del sistema y su selección tiene un rol transcendental en la reducción de pérdidas de energía

2.8.1. Cableado de corriente alterna.

El cableado de este tipo se realiza con trazado de la línea alterna, es corto y rectilíneo, va comprendido en conducción plana, incluso alcanzando el segmento extremo del patrón de medidor. Así mismo, esta (puesta a tierra) que se implementa restringe la rigidez que pueda demostrar en ciertas situaciones dada las concentraciones metálicas de los componentes, concretando el compromiso que se presume el mal trabajo o deterioro de alguno de los equipos utilizados. Las armaduras metálicas de los equipos van a ir unidas a un enlace a tierra como disposición de protección ante contactos indirecto.

En la línea directa del sistema de puesta a tierra se reinstala en semejanza a los preceptores dinámicos de “corriente continua y a los de corriente alterna”.

> El tipo y profundidad de enterramiento de los electrodos del sistema de puesta a tierra deben ser tales que la posible pérdida de humedad del suelo, o efectos climáticos, no aumenten la resistencia del sistema por encima del valor previsto, la profundidad nunca será inferior a 0,50m. Los cables del sistema de puesta a tierra del sistema de generación deben ir interconectados con el sistema de puesta a tierra total del sistema del edificio logrando fortalecer la instalación y cumpliendo con las normas y pertinentes tensiones de paso y de contacto establecidos en la ley.
>
> la tierra debe ser tal que no se ve afectada la resistencia mecánica y eléctrica por efecto de la corrosión, de forma que comprometa las características del diseño de la instalación, la malla a tierra debe cumplir con lo establecido y el electrodo debe estar por encima de15 cm de la superficie. (Monterroza, 2016, pág. 86).

2.9. Protecciones en el Campo Fotovoltaico conectados a la red.

Las protecciones de esta energía solar fotovoltaica se llevan a cabo en dos partes, la inicial está situadas en lado de continua, es decir, primero que el inversor y la segunda parte de las protecciones están en la parte de alterna, es decir, abajo del inversor. (Monterroza, 2016).

2.9.1 Fusibles de protección en el lado de continua.

Actualmente la configuración más utilizada y que ofrece mayor confianza es la de un productor flotable o (generador flotante) [T-T], que radica en la conexión seguida de un sitio de provisión a tierra, en el cual las concentraciones están acopladas concisamente

a tierra, independiente si esta conexión de alimentación, esta es la más usada, la carcasa es la parte del sistema FV que está conectada al sistema de puesta a tierra.

Se instalan fusibles en una caja de unión DC del generador, que puede ubicarse en la terraza y al sitio del “generador fotovoltaico” con el objetivo de preservar el sistema de cables de (corriente continua hasta el inversor).

Estos fusibles deben ser de “16A / 1000 VCD” y se colocan en las dos polaridades de este sistema energético.

2.6.2. Interruptores de protección en el lado de continua.

Cuando se habla de “corriente” podemos también relacionar un interruptor universal en lado continuo por medio de un cuadro de área situado con un inversor en el que conjuntamente se integran “los preservadores” de un sobre-voltaje de corriente continua. Esto con el fin de poder ejecutar las cisuras en cargas del trazo con la debida confianza y sin necesidad de maniobrar ningún tipo de preceptor activo.

2.6.3. Protección de sobretensiones de corriente continua. En esta protección mencionada se refiere cuando en el tablero Habitual “DC”, junto con los cargadores que se utilizan son destinados en la dirección frontal en formas de honda “8/20”, tasando aquellas elasticidades que quedan como residuos a datos reales factibles con las tensiones suficientes por los dispositivos que se ubicaron.

2.6.3. Protección de sobretensiones de corriente alterna. Las protecciones en la redecilla alterna, aguas arriba en la unión del “inversor”, se protegen teniendo en cuenta dos aspectos fundamentales: proteger la instalación interna con dispositivos e individuos, y el segundo aspecto, resguardar el punto exterior de repartición donde se encuentran enlazados, para impedir que ocurran daños y deterioros en dicha red y no reducir sus entornos de seguridad en caso que no haya falla.

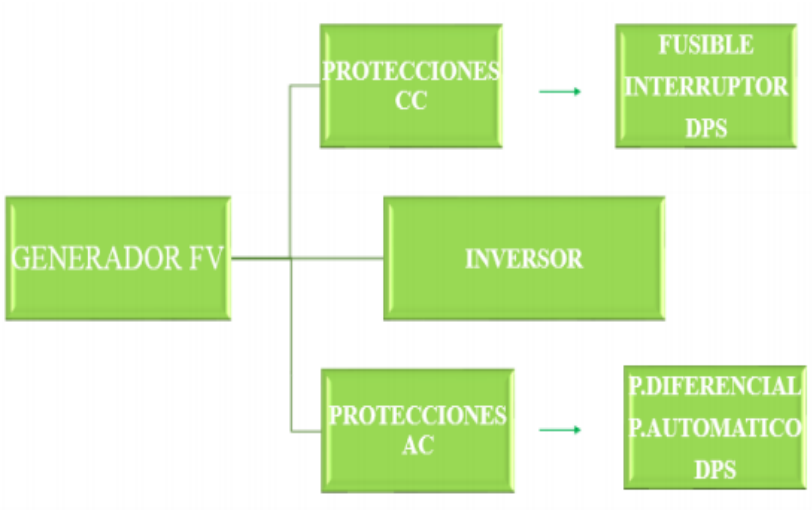


Figura 6. Bloque de Protecciones

Fuente: Extraído del Proyecto de grado un caso de estudio sobre el dimensionamiento de un sistema de generación solar fotovoltaico conectado a la red de distribución y energía eléctrica en la ciudad de Bucaramanga (Monterroza, 2016, pág. 90)

3. DISEÑO DE LA INVESTIGACION

Se presenta un flujograma sobre las etapas que se desarrollaron en el plan y la información requerida para un proceso optimo del trabajo hecho en la sede escogida.

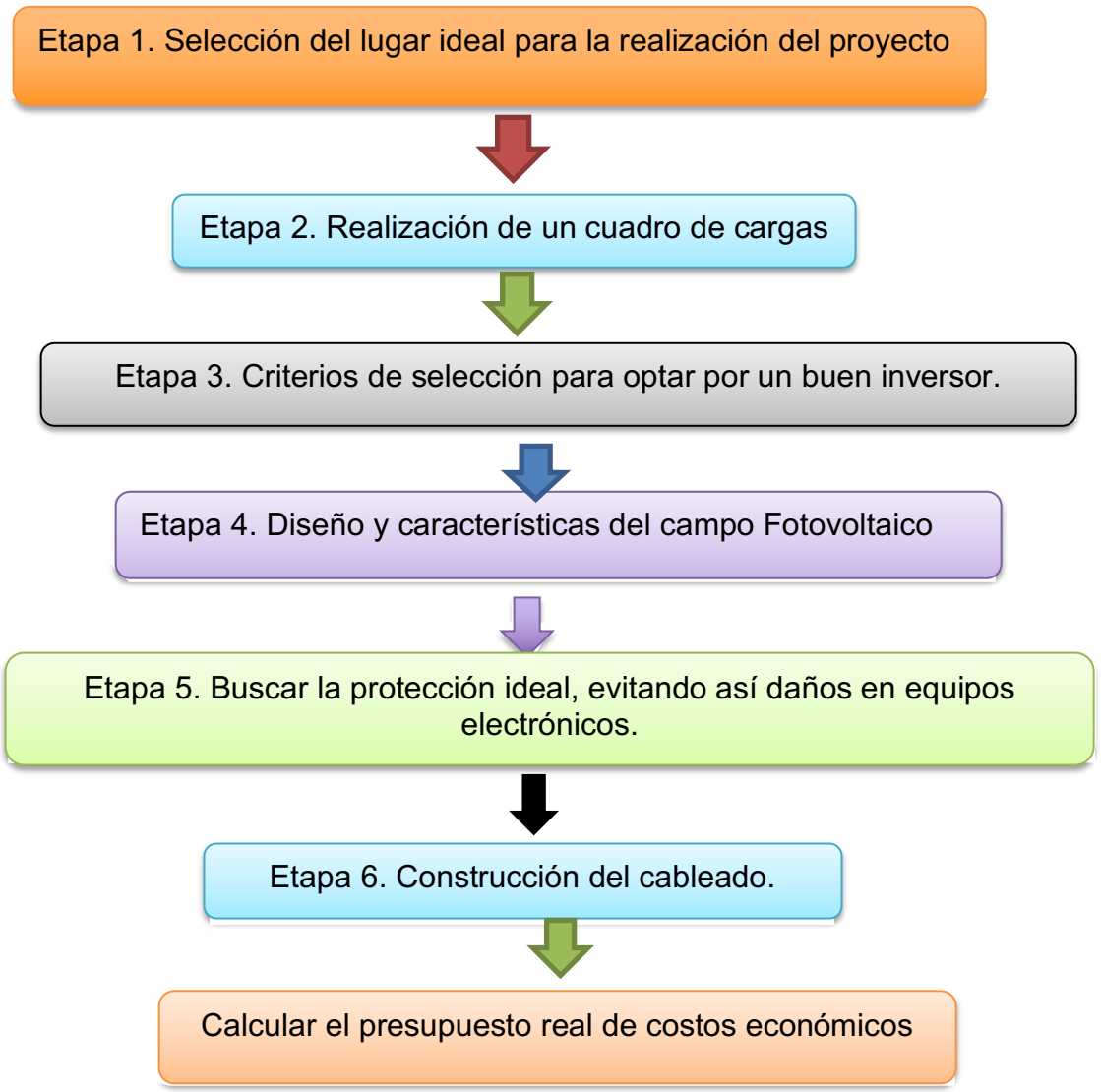


Figura 7. Flujograma de etapas a desarrollar

4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

La indagación generada en la visita técnica permitió explorar las zonas que iban hacer intervenidas y dicha exploración arrojo que a la sede era necesario hacerle el estudio energético en dos zonas para poder encontrar la más adecuada para esta implementación.

Entre tanto, en la Sede Coviconsa se localizaron dos opciones atractivas para la implementación del sistema fotovoltaico;
La primera es la superficie que se encuentra encima de los baños y los cuartos de máquinas y la llamaremos Zona A y la segunda es la zona de la cancha de microfútbol que se encuentra al lado de la cancha de futbol y la llamaremos Zona B.

A continuación, se muestra la ubicación de las dos superficies con su área expresada en metro cuadrados:



Figura 8. Zona A

En la Figura 8. Zona AFigura 8. Zona A, se muestra el área de 100 metros cuadrados y está ubicada encima de los baños, vestidores y cuarto de máquinas de dicha sede.



Figura 9. Zona B

La Figura 9. Zona B es la más significativa de las dos, por ende, será la zona determinada para el proyecto energético; ya que, cuenta con un área de 600 metros cuadrados y se considera un espacio extenso para aprovechar al máximo la implementación de un sistema de energía solar fotovoltaico a escala real.

4.1 Cuadro de Cargas

4.1.1. Cuadro de Cargas para la Zona A

A continuación, se presenta un cuadro de cargas para obtener el registro de datos, que se utilizaron a lo largo de la semana, para así poseer el valor exacto de las horas de uso semanal de estas cargas.

Una vez alcanzado este valor se realiza una sistematización o cálculos específicos para conseguir el promedio de uso en horas diarias, con dichos criterios se considera relevante clasificar la sede por pequeños sectores entre las cuales están:

- Caseta De Portería
- Caseta Primeros Auxilios
- Zonas Húmedas
- Baños Damas
- Baños Hombres
- Cuarto De Químicos
- Cuarto De Maquinas
- Aula Pequeña1
- Tejo Y Banquitas
- Quiosco
- Cancha De Tenis
- Piscina
- Cafetería
- Vistieres Zona Verde
- Asador
- Cancha De Futbol 11
- Aula Pequeña 2
- Cancha De Micro

- Cámaras
- Zonas Verdes

Luego de aplicar esta clasificación por sectores o espacios ubicados en la sede elegida se seleccionó todas las cargas en cada una de estos espacios, detallando la cantidad y consumo en vatios de cada una de estas cargas, para así conseguir un gasto general de cada carga, realizando la operación de multiplicar la cantidad de cargas por el consumo de energía.

Una vez realizado este paso, se analiza el uso de las cargas en horas durante el transcurso del día y así con todos los días de la semana, para así conseguir el resultado del uso semanal en horas y finalmente el uso promedio de horas al día.

Tabla 3. Registro de Uso de Equipos en la Semana

REGISTRO DE USO DE EQUIPOS EN LA SEMANA														
ZONA	EQUIPOS	CANTIDAD	CONSUMO C/u (w)	CONSUMO GENERAL (w)	USO DE HORAS AL DIA DE LOS EQUIPOS							USO SEMANAL EN HORAS	PROMEDIO DE USO DIARIO (h/día)
					LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO		
caseta de portería	panel led de sobreponer circular	2	12	24	12	12	12	12	13	13	13	87	12,42857143
	ventilador de pared	1	45	45	10	10	10	10	10	10	10	70	10
	monitor para camaras 24 pulgadas	1	14	14	24	24	24	24	24	24	24	168	24
	DVR de las camaras de seguridad	1	35	35	24	24	24	24	24	24	24	168	24
caseta primeros auxilios	ventilador de pared	1	45	45	0	0	0	0	7	7	7	21	3
	televisor	1	45	45	0	0	0	0	7	7	7	21	3
	lampara led de sobreponer circular	2	12	24	0	0	0	0	4	4	4	12	2
	minicomponente de sonido	1	25	25	0	0	0	0	4	4	4	12	2
zona humeda	lampara de empotrar	3	12	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0
baños damas	lampara de empotrar	4	14	56	0	0	0	0	5	5	5	15	2
baños hombres	lampara de empotrar	4	14	56	0	0	0	0	5	5	5	15	2
cuarto de quimicos	lampara de empotrar	1	12	12	0	0	0	0	2	2	2	6	1
cuarto de maquinas	lampara de empotrar	1	12	12	0	0	0	0	2	2	2	6	1
	motor de la pisicina	1	2237	2237	0	0	0	0	9	9	9	27	4
Aula pequeña	lampara de empotrar	2	12	24	0	0	0	0	9	9	9	27	4
	ventilador de pared	1	45	45	0	0	0	0	9	9	9	27	4
tejo y banquitas	lampara led de sobreponer	5	36	180	0	0	0	0	3	3	3	9	1
quiosco	lampara de empotrar	1	12	12	0	0	0	0	3	3	3	9	1
	ventilador de pared	1	45	45	0	0	0	0	10	10	10	30	4
cancha de tenis	luminaria tipo led 200w	8	200	1600	0	0	0	0	4	4	4	12	2
	luminaria tipo led de 100	3	100	300	0	0	0	0	4	4	4	12	2
piscina	luminaria tipo led 200w	3	200	600	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	luminaria tipo led de 100	1	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
cafeteria	luminaria tipo led de empotrar	4	12	48	0	0	0	0	2	2	2	6	1
	licuadora	1	700	700	0	0	0	0	4	4	4	12	2
	enfriador	2	800	1600	0	0	0	0	5	5	5	15	2
	ventilador de pared	2	45	90	0	0	0	0	10	10	10	30	4
	televisor	1	45	45	0	0	0	0	5	5	5	15	2
	lampara led de sobreponer	6	36	216	0	0	0	0	3	3	3	9	1
vestieres zona verde	panel led de sobreponer circular	4	12	48	0	0	0	0	3	3	3	9	1
azador	panel led de sobreponer circular	2	12	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0
cancha de futbol 11	luminarias	24	400	9600	0	0	0	0	2	2	2	6	1
Aula pequeña 2	lampara de empotrar	1	12	12	0	0	0	0	10	10	10	30	4
	ventilador de pared	1	45	45	0	0	0	0	10	10	10	30	4
cancha de micro	luminarias	4	400	1600	0	0	0	0	0	0	0	0	0
camaras	camara bala metalica de vigilancia	17	7	119	24	24	24	24	24	24	24	168	24
zonas verdes	luminarias led	9	100	900	5	5	5	5	5	5	5	35	5

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se puede evidenciar que los usos de horas de las cargas no eran los mismo todos los días, por lo que el consumo de energía iba hacer mayor en algunos días de la semana. Para saber qué días se consumía más energía se realizó otro cuadro utilizando el consumo general de energía de cada una de las cargas que ya se había calculado en la tabla anterior y se multiplico por el uso de horas en cada uno de los días obteniendo así el consumo máximo de energía de cada día de la semana.

Tabla 4. Consumo Máximo por cada día de la semana

CONSUMO GENERAL (w)	CONSUMO MAXIMO (w) POR CADA DIA DE LA SEMANA						
	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
24	288	288	288	288	312	312	312
45	450	450	450	450	450	450	450
14	336	336	336	336	336	336	336
35	840	840	840	840	840	840	840
45	0	0	0	0	315	315	315
45	0	0	0	0	315	315	315
24	0	0	0	0	96	96	96
25	0	0	0	0	100	100	100
36	0	0	0	0	0	0	0
56	0	0	0	0	280	280	280
56	0	0	0	0	280	280	280
12	0	0	0	0	24	24	24
12	0	0	0	0	24	24	24
2237	0	0	0	0	20133	20133	20133
24	0	0	0	0	216	216	216
45	0	0	0	0	405	405	405
180	0	0	0	0	540	540	540
12	0	0	0	0	36	36	36
45	0	0	0	0	450	450	450
1600	0	0	0	0	6400	6400	6400
300	0	0	0	0	1200	1200	1200
600	0	0	0	0	0	0	0
100	0	0	0	0	0	0	0
48	0	0	0	0	96	96	96
700	0	0	0	0	2800	2800	2800
1600	0	0	0	0	8000	8000	8000
90	0	0	0	0	900	900	900
45	0	0	0	0	225	225	225
216	0	0	0	0	648	648	648
48	0	0	0	0	144	144	144
24	0	0	0	0	0	0	0
9600	0	0	0	0	19200	19200	19200
12	0	0	0	0	120	120	120
45	0	0	0	0	450	450	450
1600	0	0	0	0	0	0	0
119	2856	2856	2856	2856	2856	2856	2856
900	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
ENERGIA CONSUMIDA (w)	9270	9270	9270	9270	72691	72691	72691

Los resultados que se conocen en la Tabla 4. Consumo Máximo por cada día de la semana se pueden expresar de forma gráfica obteniendo que los días de mayor consumo son los viernes, sábado y domingo ya que es el día donde se realizan más actividades en la sede deportiva de las unidades tecnológicas de Santander.

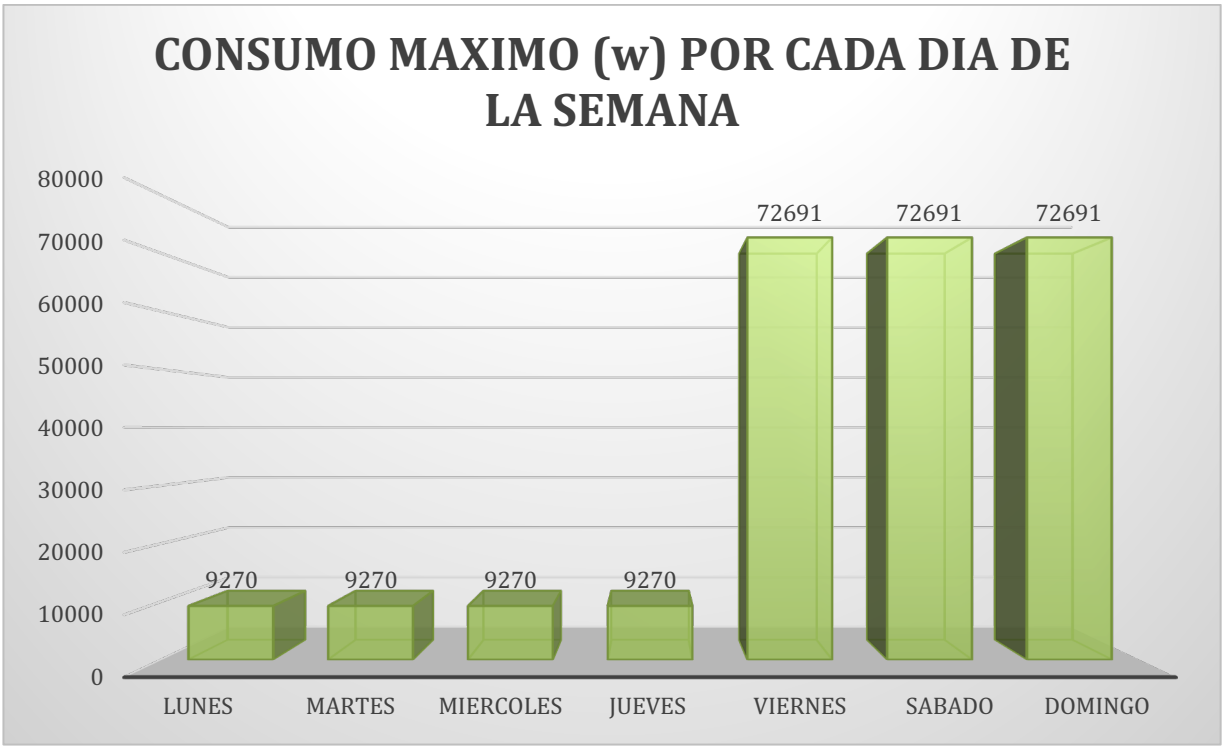


Figura 10. Consumo Máximo Por cada Día de la Semana

Luego de saber qué días eran los de máximo consumo pasamos a analizar las horas de más uso.

Estas horas pico de consumo para esto realizamos otro cuadro donde llevamos el reporte de las 24 horas del día y el uso de las cargas durante estas 24 horas.

Tabla 5. Consumo de Energía por cada Hora de máximo Consumo

ZONA	EQUIPOS	CONSUMO DE ENERGIA (w) POR CADA HORA DE LOS DIAS DE MAXIMO CONSUMO																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
caseta de porteria	panel led de sobreponer circular	24	24	24	24	24	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	24	24	24	24	24	24
	ventilador de pared	0	0	0	0	0	0	0	0	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	0	0	0	0	0	0
	monitor para camaras 24 pulgadas	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	DVR de las camaras de seguridad	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
caseta primeros auxilios	ventilador de pared	0	0	0	0	0	0	0	0	45	45	45	45	45	45	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	televisor	0	0	0	0	0	0	45	45	45	45	45	45	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	lampara led de sobreponer circular	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	24	24	24	0	0	0	0	0	0
	minicomponente de sonido	0	0	0	0	0	0	0	25	0	25	0	0	0	25	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0
zona humeda	lampara de empotrar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
baños damas	lampara de empotrar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56	56	56	56	56	0	0	0	0	0	0
baños hombres	lampara de empotrar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56	56	56	56	56	0	0	0	0	0	0
cuarto de quimicos	lampara de empotrar	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0
cuarto de maquinas	lampara de empotrar	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	motor de la pisicina	0	0	0	0	0	0	2237	2237	2237	2237	2237	2237	2237	2237	2237	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aula pequeña	lampara de empotrar	0	0	0	0	0	0	24	24	24	24	24	24	0	0	24	24	24	0	0	0	0	0	0	0
	ventilador de pared	0	0	0	0	0	0	45	45	45	45	45	45	0	0	45	45	45	0	0	0	0	0	0	0
tejo y banquitas	lampara led de sobreponer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180	180	180	0	0	0	0	0	0	0
quiosco	lampara de empotrar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	12	12	0	0	0	0	0	0	0
	ventilador de pared	0	0	0	0	0	0	0	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	0	0	0	0	0	0	0
cancha de tenis	luminaria tipo led 200w	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1600	1600	1600	1600	0	0	0	0	0	0
	luminaria tipo led de 100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	300	300	300	300	0	0	0	0	0	0
piscina	luminaria tipo led 200w	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	luminaria tipo led de 100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
cafeteria	luminaria tipo led de empotrar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48	48	0	0	0	0	0	0
	licuadora	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	700	700	700	700	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	enfriador	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1600	1600	1600	1600	1600	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ventilador de pared	0	0	0	0	0	0	0	0	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	0	0	0	0	0	0
	televisor	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45	45	45	45	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	lampara led de sobreponer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	216	216	216	0	0	0	0	0	0
vestieres zona verde	panel led de sobreponer circular	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48	48	48	0	0	0	0	0	0
azador	panel led de sobreponer circular	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
cancha de futbol 11	luminarias	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9600	9600	0	0	0	0
Aula pequeña 2	lampara de empotrar	0	0	0	0	0	0	12	12	12	12	12	0	0	12	12	12	12	12	0	0	0	0	0	0
	ventilador de pared	0	0	0	0	0	0	45	45	45	45	45	0	0	45	45	45	45	45	0	0	0	0	0	0
cancha de micro	luminarias	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
camaras	camara bala metalica de vigilancia	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119
zonas verdes	luminarias led	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	900	900	900	900	900	0	0
ENERGIA TOTAL	72691	192	192	192	192	192	192	2600	2646	2801	2871	5146	5089	5020	5169	6608	2991	3014	3632	10692	10692	1092	1092	192	192

Los resultados obtenidos de la Tabla 5. Consumo de Energía por cada Hora de máximo Consumo se ubican de una manera más detallada en la Figura 11:



Figura 11. Consumo de Energía por cada Hora de los Días de Máximo Consumo.

En la figura 11 se arrojan y se pueden observar los resultados de las horas en que más consumo de energía hay, estas oscilan entre las 6 de la tarde y 10 de la noche.

4.1.2. Cuadro de cargas para la Zona B

En este apartado se empleó los mismos cuadros y gráficos (previamente realizados) que se usaron para el diseño de la zona A, ya que, la carga no va a cambiar y lo único que se va a cambiar es el área y ubicación del sistema.

Diseño y características del campo

4.2. Diseño del sistema solar fotovoltaico

4.2.1. Diseño para la zona A

Teniendo en cuenta las disposiciones presentadas anteriormente del diseño y caracterización del campo fotovoltaico es importante realizar unos cálculos; empezando por definir la potencia fotovoltaica del sistema, para ello se calculó el promedio de consumo diario en kWh y se divide en el número de horas solares pico. El consumo diario se logró de los cuadros previamente realizados sumando la potencia consumida en cada uno de los días y dividendo por 7 que son los días que tiene una semana obteniendo así un consumo promedio de 36.45 kWh.

Las horas picos se seleccionaron en la página de climatología de la nasa, donde orienta que para el sector de Provenza arroja un promedio de 5.3 horas solares pico realizando la operación de división y se consigue que la potencia del sistema fotovoltaico para cumplir con el promedio de consumo diario debe ser de 6.76 kW

Tabla 6. promedio de Consumo Diario de la Potencia Fotovoltaica

PROMEDIO DE CONSUMO DIARIO (kWh)	36,45042857
POTENCIA FOTOVOLTACIA (kW)	6,762602703
PROMEDIO DE CONSUMO DIARIO (kWh)	36,45042857
HORAS SOLAR PICO	5,39

Una vez obtenido el dato de la Tabla 6. promedio de Consumo Diario de la Potencia Fotovoltaica, se inicia a calcular el número de módulos preliminares del sistema para ello se requirió la potencia fotovoltaica de nuestro sistema que es de 6.76 kW y la potencia de los módulos que se va a utilizar en este proyecto.

En esta parte cabe resaltar que deben ser módulos comerciales para ello se empleó el catálogo de solartex Colombia y se tomó la decisión de utilizar módulos de 530W, luego de tener estos datos se ejecuta la división entre la potencia fotovoltaica del sistema y la potencia de los paneles a emplear para así obtener un valor de 13 paneles solares de 530 Watts Monoperc Znshine solar.

Tabla 7. Números de módulos preliminares

NUMERO DE MODULOS PRELIMINARES	12,75962774
POTENCIA FOTOVOLTAICA (kW)	6,762602703
POTENCIA DEL MODULO (W)	530

Tabla 8. Características del Panel Solar 530 Watts Monoperc ZNSHINE Solar

CARACTERISTICAS DEL PANEL SOLAR 530 WATTS MONOPERC ZNSHINE SOLAR	
No. DE MODELO	ZXM7-SP144-530
GARANTIA	12 AÑOS
GARANTIAS DE ENERGIA	25 AÑOSDE 84,8% DE POTENCIA DE SALIDA
POTENCIA MAXIMA (Pmax)	396,30 Wp
VOLTAJE A MAXIMA POTENCIA (Vmpp)	38,20 V
CORRIENTE A MAXIMA POTENCIA (Impp)	10,39 A
VOLTAJE DE CIRCUITO ABIERTO(Voc)	46,10 V
CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO(Isc)	11,03 A
EFICIENCIA DEL PANEL	20,74%
TOLERANCIA DE POTENCIA (positiva)	1%
DATOS DE MATERIAL	
DIMENSION DEL PANEL (H/W/D)	2256X1133X40 (Milimetros)
PESO	28,5 Kilogramos
TIPO DE CEDULA	MONOCRISTALINO

Estos datos se extrajeron de la ficha técnica del panel solar y más adelante se considerará alguno de estos datos para realizar otro tipo de cálculos.

4.2.1.1. Selección del inversor Zona A

Una de las decisiones más importantes que se deben tomar para una instalación del sistema fotovoltaico es la elección del tipo de Inversor. Ya que, la función de un inversor fotovoltaico es la de convertir la corriente continua generada por los paneles en corriente alterna, como ya se habían explicado anteriormente, alimentando la carga y/o interconectar el sistema fotovoltaico con la red.

El mercado ofrece gran variedad de inversores para elegir, por lo que se determinaron una serie de criterios como base para la elección de la mejor alternativa, entre ellos están:

- Potencia Fotovoltaica
- Perdidas y Factores de Corrección
- Sobredimensionamiento
- Rango de Voltaje de Funcionamiento
- Rango de Corriente de Funcionamiento

El primer factor para elegir el inversor es la potencia fotovoltaica del sistema que en este caso es de 6.76kW lo que quiere decir que se debe elegir un inversor de 6 o de 7 kW y cerciorarse que el inversor que se decida sea comercial y sea fácil de encontrar en dicho mercado y en sus catálogos de tiendas solares.
En este caso el inversor de 6kW se quedaría corto ya que la potencia es de 6.76kW y el inversor que se encuentra comercial por encima de los 6kW es el de 7.5Kw, por esta razón se optó por elegir le inversor de 7.5kW preliminarmente.

Una vez elegido el tamaño del inversor se dispone a analizar los factores de pérdidas y factores de corrección que son los siguientes:

I. coeficientes de temperatura del modulo
II. nubosidad
III. eficiencia del inversor
IV. condiciones atmosféricas

Todos estos factores acumulan un total de perdidas entre el 20% y 30% para este proyecto se destacó un 30% en pérdidas para tener un sistema mucho más confiable, al elegir este porcentaje se hace un sobredimensionamiento del sistema y terminar escogiendo la cantidad de módulos necesaria para tener un sistema en óptimas condiciones, esta operación consiste en multiplicar el número de paneles preliminares por el factor de corrección que en este caso seria 1.3. como lo refleja la Tabla 8. Características del Panel Solar 530 Watts Monoperc ZNSHINE Solar.

Tabla 9. Sobredimensionamiento del número de paneles

SOBREDIMENSIONAMIENTO DEL No. DE PANELES	16,58751606
NUMERO DE MODULOS PRELIMINARES	12,75962774
PERDIDAS Y FACTORES DE CORRECION	1,3

Lo que indica que el número final de paneles a escoger seria entre 16 y 17 por lo que finalmente se escogió 16 paneles para poder realizar una buena distribución de estos mismos.

Una vez realizado el sobredimensionamiento del sistema el siguiente paso es analizar si el inversor calculado soporta la cantidad de paneles calculados para esto se toma la potencia del inversor y se divide en la potencia de cada módulo fotovoltaico para así saber la cantidad total de paneles que soporta el inversor escogido por los autores de este proyecto.

Tabla 10. Capacidad de paneles del Inversor

CAPACIDAD DE PANELES DEL INVERSOR	14,1509434
POTENCIA DEL INVERSOR(W)	7500
POTENCIA DE LOS PANELES (W)	530

Como podemos observar el inversor de 7.5kW no soporta los 16 paneles anteriormente calculados por lo que se escoge un inversor mucho más grande, el siguiente en la lista comercial es el inversor de 10kW, para el cual también vamos a realizar el mismo cálculo.

Tabla 11. Capacidad de Paneles del Inversor de 10kW

CAPACIDAD DE PANELES DEL INVERSOR	18,86792453

POTENCIA DEL INVERSOR(W)	10000
POTENCIA DE LOS PANELES (W)	530

Al realizar el cálculo con el inversor de 10 kW vemos en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, que se ajusta de una manera perfecta a la cantidad de módulos por lo que continuamos a analizar nuestro siguiente aspecto que es el rango de voltaje operacional del inversor.

Tabla 12. Características del Inversor

CARACTERISTICAS DEL INVERSOR FRONIUS PRIMO 10KVA 208-240 WEBSERVICE	
NUMERO DE MPPT	2
Max. TOTAL DE CORRIENTE DE ENTRADA UTILIZABLE	51 A
MAX CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO EN LA MATRIZ	49,5/27 A
VOLTAJE DE ENTRADA NOMINAL	655 V
RANGO DE VOLTAJE DE FUNCIONAMIENTO	80-1000 V
MAX VOLTAJE DE ENTRADA	1000V

Para esto, debemos calcular el voltaje de cada uno de los strings y se compara con el rango de voltaje de funcionamiento del inversor; para calcular el voltaje dé cada string se multiplica el número de paneles en serie de cada string, por el voltaje en circuito abierto del panel, este dato se obtiene en la ficha técnica de cada módulo.

Tabla 13. Voltaje de cada String

VOLTAJE DE CADA STRING (V)	368,8

NUMERO DE PANELES EN SERIE	8
VOLTAJE DE CIRCUITO ABIERTO (Voc) DEL PANEL	46,1

Como vemos en la Tabla 13. Voltaje de cada String se puede comparar el rango de funcionamiento del inversor que esta entre 80-1000V y el valor de voltaje de cada string es de 368.8V por lo que si se encuentra dentro de este rango es decir que este ítem se cumple con claridad y el inversor de 10kV sigue siendo la mejor opción. Por último, se debe calcular y comparar la corriente de entrada del inversor con la corriente de entrada generada por el sistema para este paso hay que tener en cuenta que los string están formados por líneas de paneles conectados en serie y

que cada línea cuenta con un número de 8 paneles y que cada MPPT cuenta con un string para este diseño en específico, teniendo claro esta información se opera multiplicando el número de líneas de paneles en serie de cada MPPT y multiplicarlo por el número de MPPT del inversor escogido.

Tabla 14. Corriente de entrada del Inversor

CORRIENTE DE ENTRADA AL INVERSOR (A)	22,06
NUMERO DE MPPT DEL INVERSOR	2
NUMERO DE LINEAS DE PANELES EN SERIE POR MPPT	1
CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO (Isc) DEL PANEL	11,03

Como podemos ver la corriente de entrada al inversor no supera la corriente Max de funcionamiento del inversor por lo que alcanzamos a decir con total confianza que el inversor de 10 kW es la mejor opción para el sistema Fotovoltaico a implementar.

4.2.1.2. Cálculo de las protecciones Zona A

Para el dimensionamiento y cálculo de las protecciones en un sistema conectado a la red se hace necesario tener los siguientes parámetros:

I. fusibles
II. breakers
III. DPS

Estas protecciones se calculan con la corriente en el caso de fusibles y breakers y con el voltaje en el caso de los DPS para el caculo de los fusibles y breakers debemos multiplicar la corriente total de entrada de cada MPPT (de cada uno por aparte) por el factor de corrección que es de 1.25 para protecciones.

Tabla 15. Corriente de entrada del Inversor

FUSIBLES Y BREAKERS	13,7875
CORRIENTE DE CADA STRING	11,03
FACTOR DE CORRECION PARA PROTECCIONES FOTOVOLTAICAS	1,25

Como la corriente para fusibles y breakers aplicando el factor de corrección es de 13.78A se prefirió los fusibles y breakers de 15 amperios y para el caso de los DPS es por el voltaje de los strings (de cada uno por aparte).

Tabla 16. Voltaje de cada String

VOLTAJE DE CADA STRING (V)	368,8

NUMERO DE PANELES EN SERIE	8
VOLTAJE DE CIRCUITO ABIERTO (Voc) DEL PANEL	46,1

Como el voltaje de cada string es de 368.8V se escogió el DPS de 600V que son los que comercialmente se encuentran en el mercado.

4.2.1.3. selección de los conductores Zona A

Para seleccionar el conductor del sistema fotovoltaico es pertinente tener en cuenta la corriente que va a transportarse por él y compararla por la corriente admisible del conductor.

Como este cálculo de la corriente ya se elaboró previamente y la corriente arrojo protecciones de 15A consideramos un conductor que soporte 15A, para ello,

consultamos al catálogo y comercialmente el conductor más pequeño para sistemas fotovoltaicos es el de 6mm con una capacidad Max de corriente de 55A por lo cual nuestro cable va ser de 6mm.

4.2.2. Diseño para la zona B

Como el diseño de la zona A es para cumplir la demanda en dicho esquema se puede calcular el promedio de generación diaria para ello se multiplica la potencia del sistema por el número de horas solares pico como es un sistema de 36kW lo multiplicamos por 5.39 que son las horas solares promediadas anteriormente para el sector de Provenza.

Tabla 17. Promedio de Generación Diaria

PROMEDIO DE GENERACION DIARIA (kWh)	194,04

POTENCIA FOTOVOLTAICA(Kw)	36
HORAS SOLAR PICO	5,39

Ejecutando esta operación da un promedio de generación diaria de 194.04kWh, una vez calculado esto se pasa a calcular el número de paneles preliminares de la misma manera que se hizo en el diseño de la zona A, dividiendo la potencia fotovoltaica por la potencia que tiene el panel correspondiente para este diseño escogiendo así el mismo panel del diseño anterior.

Tabla 18. Número de Módulos Preliminares

NUMERO DE MODULOS PRELIMINARES	67,9245283

POTENCIA FOTOVOLTAICA (kW)	36
POTENCIA DEL MODULO (W)	530

Este da un resultado de aproximadamente 68 paneles de 530 Watts Monoperc Znshine solar.

Tabla 19. Características del Panel Solar Zona A

CARACTERISTICAS DEL PANEL SOLAR 530 WATTS MONOPERC ZNSHINE SOLAR	
No. DE MODELO	ZXM7-SP144-530
GARANTIA	12 AÑOS
GARANTIAS DE ENERGIA	25 AÑOSDE 84,8% DE POTENCIA DE SALIDA
POTENCIA MAXIMA (Pmax)	396,30 Wp
VOLTAJE A MAXIMA POTENCIA (Vmpp)	38,20 V
CORRIENTE A MAXIMA POTENCIA (Impp)	10,39 A
VOLTAJE DE CIRCUITO ABIERTO(Voc)	46,10 V
CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO(Isc)	11,03 A
EFICIENCIA DEL PANEL	20,74%
TOLERANCIA DE POTENCIA (positiva)	1%
DATOS DE MATERIAL	
DIMENSION DEL PANEL (H/W/D)	2256X1133X40 (Milimetros)
PESO	28,5 Kilogramos
TIPO DE CEDULA	MONOCRISTALINO

4.2.1.1. selección del inversor Zona B

Para la selección del inversor debemos tener en cuenta los siguientes factores:

- potencia fotovoltaica de nuestro sistema
- perdidas y factores de corrección
- sobredimensionamiento
- rango de voltaje de funcionamiento
- rango de corriente de funcionamiento

El primer factor para elegir el inversor es la potencia fotovoltaica del sistema que en este caso es de 36kW lo que quiere decir que se debe optar por un inversor de 36kW y asegurar que el inversor que se seleccione sea comercial factible al buscarlo en los catálogos de tiendas solares, en este caso el inversor de 36kW se encuentra en catálogos comerciales por lo que decidiremos este inversor preliminarmente.

Una vez designado el tamaño del inversor se requiere analizar los factores de pérdidas y factores de corrección que son los siguientes:

I. coeficientes de temperatura del modulo
II. nubosidad
III. eficiencia del inversor
IV. condiciones atmosféricas

Todos estos factores acumulan un total de perdidas entre el 20% y 30% para este proyecto se prefirió un 20% en pérdidas, para tener un sistema mucho más confiable, al elegir este porcentaje se hizo un sobredimensionamiento del sistema para terminar escogiendo la cantidad de módulos necesaria para tener un sistema en óptimas condiciones, esta operación consiste en multiplicar el número de paneles preliminares por el factor de corrección que en este caso seria 1.2.

Tabla 20. Sobredimensionamiento del Numero de Paneles zona B

SOBREDIMENSIONAMIENTO DEL No. DE PANELES	81,50943396
NUMERO DE MODULOS PRELIMINARES	67,9245283
PERDIDAS Y FACTORES DE CORRECION	1,2

Lo que indico que el número final de paneles a seleccionar serian entre 80 y 82 por lo que se pudo preferir y escoger fue el de 80 paneles para así realizar una buena distribución de estos mismo.

Tabla 21. Características del Inversor Zona B

CARACTERISTICAS DEL INVERSOR GRID TIE 36kW SUN 2000-36KTL-M3 HUAWEI	
NUMERO DE MPPT	4
Max. TOTAL DE CORRIENTE POR MPPT	22 A
MAX CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO EN LA MATRIZ	30/30/30/30
VOLTAJE DE ENTRADA NOMINAL	620
RANGO DE VOLTAJE DE FUNCIONAMIENTO	200-1000 V
MAX VOLTAJE DE ENTRADA	1100V

Una vez definido el inversor se puede examinar el siguiente ítem que es el rango de voltaje operacional del inversor; Para ello hay que calcular el voltaje de cada uno de los strings y compararlo con el rango de voltaje de funcionamiento del inversor, para calcular el voltaje dé cada string multiplicamos el número de paneles en serie de

cada string por el voltaje en circuito abierto del panel, este dato se obtiene en la ficha técnica de cada módulo.

Tabla 22. Voltaje de Cada String Zona B

VOLTAJE DE CADA STRING (V)	922

NUMERO DE PANELES EN SERIE	20
VOLTAJE DE CIRCUITO ABIERTO (Voc) DEL PANEL	46,1

Como se puede apreciar el rango de funcionamiento del inversor esta entre 200-1000V y el valor de voltaje de cada string es de 922V por lo que si se encuentra dentro de este rango es decir que este ítem se cumple con claridad y el inversor de 36kV sigue siendo la mejor opción.

Finalmente, se calcula y comparar la corriente de entrada permitida del inversor por MPPT y la corriente de entrada generada por el sistema por MPPT para este paso hay que tener en cuenta que los string están formados por líneas de paneles conectados en serie y que cada línea cuenta con un numero de 20 paneles y que cada MPPT cuenta con un string para este diseño en específico, teniendo claro esto se puede empezar a calcular la corriente de entrada por MPPT para esto se multiplica la corriente del panel por el número de string de cada MPPT, aclaramos que todos los string son exactamente igual para los 4 MPPT lo que quiere decir que basta con hacer el cálculo para uno solo.

CORRIENTE DE ENTRADA AL INVERSOR POR MPPT (A)	11,03

NUMERO DE MPPT DEL INVERSOR	4
NUMERO DE LINEAS DE PANELES EN SERIE POR MPPT	1
CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO (Isc) DEL PANEL	11,03

Como podemos ver la “corriente de entrada” al inversor por MPPT no supera la corriente Max de funcionamiento del inversor por MPPT, por lo que se afirma con total confianza es que el inversor de 36kw es la mejor opción para sistema Fotovoltaico.

4.2.1.2. Cálculo de las protecciones Zona B

Las protecciones para utilizar en un sistema conectado a la red son las siguientes:

I. fusibles
II. breakers
III. DPS

Estas protecciones se calculan con la corriente en el caso de fusibles y breakers y con el voltaje en el caso de los DPS para el caculo de los fusibles y breakers, se debe multiplicar la corriente total de entrada de cada MPPT (de cada uno por aparte) por el factor de corrección que es de 1.25 para protecciones.

Tabla 23. Fusibles y Breakers Zona B

FUSIBLES Y BREAKERS	13,7875
CORRIENTE DE CADA STRING	11,03

FACTOR DE CORRECION PARA PROTECCIONES FOTOVOLTAICAS	1,25

Como la corriente para fusibles y breakers aplicando el factor de corrección es de 13.78A se escoge fusibles y breakers de 15 amperios y para el caso de los DPS es por el voltaje de los strings (de cada uno por aparte).

Tabla 24. Voltaje de Cada String Zona B

VOLTAJE DE CADA STRING (V)	922

NUMERO DE PANELES EN SERIE	20
VOLTAJE DE CIRCUITO ABIERTO (Voc) DEL PANEL	46,1

Como el voltaje de cada string es de 922V escogemos DPS de 1000V que son los que comercialmente se encuentran en el mercado.

4.2.1.3. selección de los conductores Zona B

Para seleccionar el conductor del sistema energético alternativo se debe tener en cuenta la corriente que va a transportarse por él y compararla por la corriente admisible del conductor.

Como este cálculo de la corriente se realizó previamente y la corriente dio protecciones de 15A se prefirió un conductor que soporte 15A, para ello, se direcciona al catálogo y comercialmente el conductor más pequeño para sistemas fotovoltaicos es el de 6mm con una capacidad Max de corriente de 55A por lo cual el cable va ser de 6mm.

Costos y presupuestos

4.3. Costos Y Presupuestos

4.3.1. Costos Y Presupuestos para la Zona A

Tabla 25. Cotización de los productos energéticos

CANT	DETALLE DEL PRODUCTO	STOCK	IVA	UNIDAD	VALOR NETO
2	kit cable fotovoltaico20 mmts exhzellent solar zz-f 6mm	SI	19%	$ 223.000,00	$ 446.000,00
4	caja fusible tipo riel con fusible 15A 1000VDC	SI	19%	$ 69.300,00	$ 277.200,00
1	medidor bidireccional iskra MT-174-D2 bifasico/directa	SI	19%	$ 748.000,00	$ 748.000,00
1	inversor fronnius primo 10KVA 208-240 webservice	SI	0%	$ 9.860.000,00	$ 9.860.000,00
16	panel solar 530 watts Monoperc znshine solar	SI	0%	$ 746.000,00	$ 11.936.000,00
2	DPS 2P 600V 20-40Ka FEEO con RETIE	SI	19%	$ 149.500,00	$ 299.000,00
2	breaker FEED 500VDC 16A con RETIE	si	19%	$ 129.000,00	$ 258.000,00
				NETO	$ 23.824.200,00
				IVA	$ 385.358,00
				TOTAL	$ 24.209.558,00

Una vez que se muestran los precios del sistema completo, se realiza el estudio de viabilidad, sin embargo, se definió en primera instancia cuanto es el porcentaje de la potencia generada diariamente que se va a consumir en la sede y cuanto es el porcentaje que se va a comprar a la red.

Tabla 26. Porcentaje consumo de Energía

porcentaje de consumo de la energía generada por el sistema FV	56%
porcentaje de energía que se va a comprar a la red	44%

Teniendo claro los porcentajes se calculó los valores de estos porcentajes.

Tabla 27. Calculo del Porcentaje

potencia generada diariamente por el sistema (kWh)	36,45042857
valor de la potencia consumida de la energía generada por el sistema FV (kW)	20,41224
valor de la potencia que se va a comprar a la red (kW)	16,03818857

Ahora se direcciona el valor en pesos colombianos de la potencia que se va a comprar a la red y la que se va a vender, para esta parte cabe recalcar que la resolución 030 de la CREG (comisión de regulación de energía y gas) dice que para vender los excedentes a la red los compra al 40% del precio establecido es decir 243.09 pesos.

Tabla 28. Valores que se va a comprar a la red y la que se va vender

valor en pesos de la energia comprada a la red	$ 9.746,89
valor en pesos de la energia vendida a la red	$ 3.898,76

Para realizar una comparativa se debe tener el valor de la factura de energía de la sede antes de implementar el sistema y después de implementar el sistema para ver cuánto se ahorra y en cuanto tiempo se recupera la inversión.

Tabla 29. Valor de la factura de energía de la sede

valor de la factura de energia antes del sitema FV (mensual)	$ 664.560,57
valor de la factura de energia despues del sitema FV (mensual)	$ 175.443,99

Como alcanzamos a observar, se presenta un ahorro de 489.116 pesos al mes. Pero, se sigue pagando un valor en la factura de la energía eléctrica

4.3.2. Costos y Presupuestos Para La Zona B

Tabla 30. Cotización de productos energéticos Zona B

CANT	DETALLE DEL PRODUCTO	STOCK	IVA	UNIDAD	VALOR NETO
4	kit cable fotovoltaico20 mmts exhzellent solar zz-f 6mm	SI	19%	$ 223.000,00	$ 892.000,00
8	caja fusible tipo riel con fusible 15A 1000VDC	SI	19%	$ 69.300,00	$ 554.400,00
1	medidor bidireccional iskra MT-174-D2 bifasico/directa	SI	19%	$ 748.000,00	$ 748.000,00
1	INVERSOR GRID TIE 36kW SUN 2000-36KTL-M3 HUAWEI	SI	0%	$ 15.950.000,00	$ 15.950.000,00
80	panel solar 530 watts Monoperc znshine solar	SI	0%	$ 746.000,00	$ 59.680.000,00
4	DPS 3P 1000V 20-40Ka FEEO con RETIE	SI	19%	$ 192.500,00	$ 770.000,00
4	breaker FEED 1000VDC 16A con RETIE	si	19%	$ 129.000,00	$ 516.000,00
				NETO	$ 79.110.400,00
				IVA	$ 661.276,00
				TOTAL	$ 79.771.676,00

Una vez determinado el precio del sistema completo se puede realizar el estudio de viabilidad, por ende, se define cuanto es el porcentaje de la potencia generada diariamente que se va a consumir en la sede y cuanto es el porcentaje que se va a comprar a la red.

Tabla 31. Porcentaje generado diariamente y que se va comprar a la red Zona B

porcentaje de consumo de la energía generada por el sistema FV	11%
porcentaje de energía que se va comprar a la red	8%

Teniendo claro los porcentajes se calcula los valores de estos porcentajes.

Tabla 32. Cálculos de los Valores de porcentajes Zona B

potencia generada diariamente por el sistema (kWh)	194,04
valor de la potencia consumida de la energía generada por el sistema FV	21,3444
valor de la potencia que se va a comprar a la red	15,5232

Ahora bien, en las observaciones de los valores en pesos colombianos de la potencia que se va a comprar a la red y la que se va a vender para esta parte cabe recalcar que la resolución 030 de la "CREG (comisión de regulación de energía y gas)" dice que para vender los excedentes a la red la red los compra al 40% del precio establecido es decir 243.09 pesos.

Tabla 33. Valores en pesos energía comprada y vendida a la red Zona B

valor en pesos de la energia comprada a la red	$ 9.433,91
valor en pesos de la energia vendida a la red	$ 38.207,35

Para realizar esta comparativa hay que saber el valor de la factura de energía de la sede antes de implementar el sistema y después de implementar el sistema para ver cuánto se ahorra y en cuanto tiempo se recupera la inversión.

Tabla 34. Valor de la Factura antes de sistema, Zona B

valor de la factura de energia antes del sitema FV (mensual)	$ 664.560,57
valor de la factura de energia despues del sitema FV (mensual)	-

En este caso se puede apreciar que la factura después del sistema FV es de cero es decir que no se va a pagar recibo de energía, esto es porque el valor de la energía que se compra a la red es cubierto por el valor de la energía que se vende a la red lo que quiere decir que van a existir excedentes de energía y para calcularlos hay que saber el valor de la potencia que se va vender a la red este valor lo hallamos restando la potencia generada diariamente por el sistema menos la potencia consumida menos la potencia comprada.

Tabla 35. Valor de la Potencia que se va a vender en la red Zona B

valor de la potencia que se va a vender a la red	157,1724

Y finalmente se calculó cuanto es el valor en pesos colombianos de los excedentes de energía.

Tabla 36. Valor de excedentes de energía. Zona B

valor de los excedentes vendidos a la red	$ 28.773,44
valor de dinero extra de los excedentes vendidos (mensual)	$ 863.203,16

Lo que quiere decir que con este sistema se va a cubrir la demanda energética del lugar y además se puede generar ingresos mensuales por la venta de energía de aproximadamente 863.203 pesos lo que ayudara a recuperar nuestra inversión en aproximadamente 8 años.

4. RESULTADOS

Se realizó un estudio técnico y detallado para poder diseñar dos posibles soluciones para cubrir la demanda energética de la sede deportiva de las “Unidades Tecnológicas de Santander” y llevar una posible venta de excedentes, a través de unos cálculos eléctricos para determinar la cantidad de equipos y componentes del sistema solar fotovoltaico ON-GRID.

La primera solución consta de los siguientes componentes:
AREA: 100m^2
POTENCIA GENERADA DIARIAMENTE: 36,450 kWh
POTENCIA FOTOVOLTAICA: 10Kw
INVERSOR: 1 inversor Fronius primo 10 KVA 208-240 webservice
No. DE PANELES: 16 panel solar 530 watts monoperc znshine solar
STRING: 2 String de 8 paneles en Serie cada uno
CAJA FUSIBLE: 4 caja fusible tipo riel con fusible 15A 1000VDC
BREAKER: 2 breaker FEED 500vdc 16A con RETIE
DPS: 2 DPS 2P 600V 20-40 Ka FEEO con RETIE
MEDIDOR: 1 medidor bidireccional iskra MT-174-D2 bifásico/directa
CANDUCTOR: 2 kit cable fotovoltaico 20 mmts exzhellent solar 6mm
PRECIO DEL SISTEMA: $24.209.558
DESCRIPCION: este diseño genera diariamente la demanda energética de la sede, pero de esta energía generada solo es consumida un 56% y el 44% restante es vendido a la red y a su vez comprado para suplir con el consumo de energía nocturno, este sistema nos va a generar mensualmente un ahorro de $489.116 pero se deberá seguir pagando una factura de energía de $175.443.

La segunda solución consta de los siguientes componentes:

AREA: 600m^2

POTENCIA GENERADA DIARIAMENTE: 194,04 kWh

POTENCIA FOTOVOLTAICA: 36 kW

INVERSOR: 1 inversor GRID TIE 36kW SUN 2000-36KTL-M3 HUAWEI

No. DE PANELES: 80 panel solar 530 watts monoperc znshine solar

STRING: 4 String de 20 paneles en Serie cada uno

CAJA FUSIBLE: 8 caja fusible tipo riel con fusible 15A 1000VDC

BREAKER: 4 breaker FEED 1000VDC 16A con RETIE

DPS: 4 DPS 3P 1000V 20-40 Ka FEEO con RETIE

MEDIDOR: 1 medidor bidireccional iskra MT-174-D2 bifásico/directa

CANDUCTOR: 4 kit cable fotovoltaico 20 mmts exzhellent solar 6mm

PRECIO DEL SISTEMA: $79.771.676

DESCRIPCION: este diseño genera diariamente 194,04 kWh pero de esta energía generada solo es consumida un 11% y un 8% es comprado a la red para suplir la demanda energética nocturna el otro 89% restante es vendido a la red, con este sistema cubrimos totalmente la factura de energía y además nos genera ingresos mensuales de $863.203 lo que quiere decir que en aproximadamente 8 años la universidad ha recuperado su inversión y va disponer de un laboratorio de energía solar fotovoltaica a disposición de la comunidad para así impulsar materias y electivas que tengan que ver con energías renovables como lo es la electiva de fuentes alternativas de energía.

5. CONCLUSIONES

Una vez realizado el cuadro de cargas se puede evidenciar que existe un consumo de energía alto en las horas de la noche por lo que no basta tan solo con cumplir la demanda energética del lugar para poder realizar una venta de excedentes

Posteriormente en este proyecto podemos evidenciar que el diseño de la zona A no es conveniente para suplir las necesidades de la universidad en cuanto a energía nos referimos, porque si bien se genera un ahorro en la factura de energía se seguirá pagando un valor mensual de consumo de energía.

No es suficiente con diseñar un sistema on-grid que cumpla el promedio de consumo diario porque al ser un sistema que no posee baterías no se puede almacenar la energía para cumplir con la demanda de energía en las horas de la noche.

Por otra parte, la opción más interesante y la recomendada es implementar el diseño de la zona B ya que con este diseño podemos suplir la demanda de energía total y además realizar la venta de excedente para que a fin de mes la universidad reciba un dinero extra por la venta de estos mismo.

Con el diseño para la zona B es posible recuperar la inversión en un lapso de 8 años y tener en sus instalaciones un sistema solar fotovoltaico a escala real que puede ser utilizado como laboratorio para impulsar materias de profundidad donde se pueden realizar prácticas de mantenimiento, mediciones y todo lo necesario para el aprendizaje de energías renovables en este caso la energía solar.

6. RECOMENDACIONES

Una vez puesta en marcha la implementación del sistema fotovoltaico se encomienda:

- Iniciar con campañas de publicidad e impulso correspondiente a beneficios de este nuevo tipo de fuentes opcionales para “generación de energía”

- Promover un continuo control del servicio, principalmente lo que los que están relacionados con control calidad y dependencias de revisión medio ambiental para determinar que se genere cambios positivos o por el contrario negativos (si es que las hay)

- Plantear nuevas y creativas tácticas que permitan atraer posibles compradores

- Valorar habitualmente los efectos que se produzcan por los beneficiarios con el objetivo de revisar si fue beneficioso este tipo de energía limpia

- Realizar las debidas modificaciones si es pertinente, mediante la extracción de los resultados

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Carreño, W. (2020). Análisis técnico económico de la implementación de energía solar para optimizar el consumo energético de unidades móviles tipo Fast- Moving en actividades petroleras. *(tesis de maestría).* Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga.

Díaz, T., & Carmona, G. (2010). *Instalaciones solares fotovoltaicas.* McGraw-Hill Interamericana de España S.L.; 1er edición.

ESSA. (07 de 03 de 2021). *Normas para cálculo y diseño de sistema de distribución*. Obtenido de Norma Técnica ESSA: https://www.essa.com.co/site/Portals/14/Docs/Norma%20tecnica/Norma%20T%C3%A9cnica%20ESSA.pdf

Fernández, L., & Cervantes, A. (3 de 2017). *Proyecto de diseño e implementación de un sistema fotovoltaico de interconexión a la red eléctrica en la Universidad Tecnológica de Altamira.* Obtenido de https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/1927/1/TESIS%20MER.pdf

Frasquet, I. (2015). *Instalación eléctrica de un polideportivo por medio de placas solares*. Obtenido de riunet.upv.e: https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/54199/TFG%20-%20Frasquet%20Parets%2C%20I..pdf?sequence=1

García, Helena; corredor, Alejandra; Calderón, Laura; Gómez, Miguel; (10 de 2013). *Análisis costo beneficio de energías renovables.* Obtenido de https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/331/Repor_Octubre_2013_Garcia_et_al.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Gómez, Y., Blanco, J., & Colmenares, José. (07 de 03 de 2021). *Propuesta del diseño de un sistema fotovoltaico para los parqueaderos del conjunto residencial portal del sol de la ciudad de Bogotá para demostrar los beneficios sociales, económicos y ambientales de su implementación*. Obtenido de https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/31133/jblancoc.pdf?sequence=3

Martínez, J. (03 de 2014). *Implementación de un sistema de celdas fotovoltaicas para el alumbrado del laboratorio de la facultad de ingeniería de la UAQ*. Obtenido de http://ri.uaq.mx/bitstream/123456789/2374/1/RI000800.pdf

Monterroza, J. (2016). Un caso de estudio sobre el dimensionamiento de un sistema de generación solar fotovoltaico conectado a la red de distribución y energía eléctrica en la ciudad de Bucaramanga. *(monografía de especialización sistemas de distribución eléctrica).* Universidad industrial de Santander, Bucaramanga.

Ossa, G. L. (2016). *Estudio técnico y financiero para la implementación de sistemas solares de alumbrado público en las zonas comunes de conjuntos residenciales.* Obtenido de http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/6603/62131244O84.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Peña, A., Gutiérrez, D., & Caldas, F. (2017). Diseño e implementación de un sistema solar fotovoltaica para la generación de energía eléctrica con potencia activa de 1KW. *(título ingeniería civil).* Universidad Cooperativa de Colombia, Villavicencio.

Ríos, D., & Peralta Alirio. (2020). *Estudio técnico- económico de la implementación de un gasificador de biomasa y paneles solares para suplir la energía de un silo de café.* Bucaramanga.

Unidades Tecnológicas de Santander. (06 de 02 de 2015). *boletín no. 204.* Obtenido de boletín no. 204: http://uts.edu.co/portal/files/boletines/2015/boletin%20no.%20204-Febrero%206%20de%202015.pdf

Vélez, J., & Figueroa, J. (2015). *DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO CON SUMINISTRO DE.* Obtenido de https://repository.uniminuto.edu/bitstream/handle/10656/4785/T.TE%20VELEZ%20SARMIENTO%20JORGE%20ARMANDO%202015.pdf?sequence=1&i