

**Supervisión del diseño, montaje y puesta en marcha de un sistema de generación eléctrico
fotovoltaico de capacidad de 10 kW**

Maria Alejandra Peña Duarte

Id. 000281353



Universidad Pontificia Bolivariana – Seccional Bucaramanga

Escuela de Ingeniería

Facultad de ingeniería Eléctrica y Electrónica

2020

**Supervisión del diseño, montaje y puesta en marcha de un sistema de generación eléctrico
fotovoltaico de capacidad de 10 kW**

María Alejandra Peña Duarte

Id. 000281353

Proyecto de grado presentado como requisito para optar al título de: Ingeniera Electronica

Director del Proyecto

Omar Pinzón

Universidad Pontificia Bolivariana – Seccional Bucaramanga

Escuela de Ingeniería

Facultad de ingeniería Eléctrica y Electrónica

2020

Dedicatoria

A mi madre Islen Duarte Blanco y a mi padre Rafael Antonio Peña Prada, por darme la oportunidad de estudiar y formarme como una buena profesional, por siempre estar a mi lado, acompañándome día y noche sin rendirse, por siempre confiar y creer en mí, sin dejarme desfallecer e ir juntos hasta el final de todos mis objetivos.

Agradecimientos

Quiero agradecerle a Dios, por darme las fuerzas y la valentía cada día de luchar por lo que quiero y por ser esa guía indispensable en mi vida. A mi mamá Islen Duarte Blanco y a mi papá Rafael Antonio Peña Prada por ser mis motores y mi mayor inspiración, por su apoyo incondicional y por forjar la mujer que soy ahora. A mis amigos y a mis compañeros de universidad por brindarme su compañía, apoyo y paciencia en los momentos difíciles que pude pasar en el transcurso de mi vida estudiantil. A mi tutor de la práctica por ser esa guía tanto académica como profesional. A mi hermana Danna Valentina Peña Galvis por estar siempre ahí para mi apoyándome en cualquier situación. A Copower LTDA por brindarme la oportunidad de realizar la práctica y poder mejorar mi formación profesional y humana. A la Universidad Pontificia Bolivariana y a los docentes por brindarme valiosos conocimientos y también por ser los encargados de enseñarme sobre valores éticos para tener una excelente convivencia laboral.

Contenido

	Pág.
Introducción	16
1. Generalidades de la Empresa	18
2. Delimitación del Problema	21
3. Antecedentes	22
4. Justificación	25
5. Objetivos	26
5.1 Objetivo general	26
5.2 Objetivos específicos:	26
6. Marco Teórico.....	27
6.1 Sistema solar fotovoltaico.....	28
6.1.1 Paneles Solares.....	29
6.1.1.1 Modulos fotovoltaicos	29
6.2 Inversor	32
6.2.1 Tipo de inversor	32
6.2.1.1 Inversor central	33
6.2.1.2 Microinversor.....	34
7. Metodología	35
7.1 Revisión de la conceptualización de los sistemas de energía fotovoltaica	36

7.1.1 Energía Solar.....	36
7.1.1.1 Sistema solar fotovoltaico.....	37
7.1.1.2 Paneles Solares.....	38
7.1.1.2.1 Módulos fotovoltaicos	38
7.1.1.3 Tipos de módulos fotovoltaicos	41
7.1.1.3.1 Monocristalinos.....	41
7.1.1.3.2 Policristalinos.....	42
7.1.1.3.3 Amorfos	43
7.1.2 Inversor	44
7.1.2.1 Tipo de inversor	45
7.1.2.2 Inversor central	45
7.1.2.3 Microinversor.....	47
7.1.2.4 Inversor cargador	48
7.1.3 Sistemas interconectados	48
7.2 Determinar las especificaciones y características de instalación de un sistema de energía fotovoltaico y dimensionamientos de equipos.	50
7.2.1 Diagnostico físico del lugar (las necesidades planteadas por el cliente). (Descripción del lugar de instalación y mirar el por qué el cliente quiere instalar eso).	50
7.2.2 Especificación de equipos a instalar (panel solar, microinversor):.....	51
7.2.2.1 Microinversores NEP de 600W:	51
7.2.2.2 Paneles AE Solar Hot-Spot FREE 335W:	53
7.2.3. Dimensionamiento y tecnología de equipos e implementación del software de ingeniería Bluesol 4.0, para simulación de sistema solares.	55

7.2.3.1. BlueSol 4.0:.....	55
7.2.4. Especificaciones de instalación del sistema solar fotovoltaico:	67
7.2.4.1 Medidor Bidireccional	68
7.2.4.2. Acometida en AC.....	69
7.2.4.3. Pantalla trifásica de monitoreo NEP	70
7.2.4.4 Tableros de sincronización de baja tensión	71
7.2.4.5. Herrajería estructural de soporte CHIKO:	72
7.2.4.6. Panel solar AE SOLAR HOT-SPOT FREE:	73
7.2.4.7 Microinversores NEP 600W:.....	74
7.3 Elaborar los procedimientos operativos para el desarrollo de un proyecto de energía solar fotovoltaica de 10 KW	80
7.4 Documentación y memoria de cálculo para la puesta a punto de un sistema solar fotovoltaico, para aplicar a los incentivos de ley de la CREG 030 como autogenerador a pequeña escala (AGPE).	82
7.4.1 Memoria de cálculo:	82
7.4.1.1 Proyecto	82
7.4.1.2 Descripción	82
7.4.1.2.1 Radiación del sitio de instalación	82
7.4.1.3 Ubicación geográfica del sistema:	83
7.4.1.4. Características del sistema:	84
7.4.1.4.1 Generación Fotovoltaica.	84
7.4.1.4.2 Grupo De Conversión DC/AC	87

7.4.1.5 Proyección de la energía generada por el sistema para consumo interno mes (KWH-MES).....	88
7.4.1.6 Proyección de energía inyectada a la red:.....	90
7.4.1.7 Proyección de la energía para autoconsumo.....	91
7.4.1.8 Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico.....	91
7.4.1.9 Cuadro de carga	95
7.4.1.9.1 Análisis de tensión requerido.....	96
7.4.1.9.2 Calculo de la Protección y cableado.....	98
7.4.1.9.3 Por lo anterior se procede a dimensionar las protecciones trifásicas en AC:.....	99
7.4.1.9.4 Cálculo del calibre de conductores AC entre el microinversor y el tablero de distribución. Se determina por dos criterios, escogiendo el mayor calibre..	99
7.4.1.10 Cálculo de sistema de puesta a tierra:.....	100
7.4.1.11 Cálculo de regulación de tensión.....	102
7.4.1.12 Calculo de barraje sección mm ²	102
7.4.1.13 Calculo de las especificaciones y equipos de medida.....	104
7.4.1.14 Cálculo de canalizaciones.....	105
7.4.1.15 Distancia minima de seguridad.....	107
7.4.2 Manual esquemas de protecciones:.....	108
7.4.2.1 Instrucciones de seguridad.....	108
7.4.2.2 Instalación.....	110
7.4.2.3 Tipo de conexión a tierra:.....	112
7.4.3 Dimensionamiento del calibre del cable.....	113

7.4.3 Disponibilidad del transformador	115
7.4.4 Instructivo para obtener los incentivos de la creg:.....	116
7.5 Implementación y verificación del sistema y de los cálculos realizados.....	120
8. Conclusiones.....	123
9. Recomendaciones:	124
Referencias Bibliográficas	125
Vita.....	127

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1 <i>Anexos de trabajos de grados relacionados</i>	22
Tabla 2 <i>Instructivo para la instalación de un SSFV</i>	76
Tabla 3 <i>Instructivo para la inscripción del proyecto ante el operador de red</i>	80
Tabla 4 <i>Radiación del sitio</i>	83
Tabla 5 <i>Ubicación del sistema</i>	83
Tabla 6 <i>Características eléctricas del SSFV</i>	85
Tabla 7 <i>Características eléctricas de las series</i>	86
Tabla 8 <i>Información de paneles</i>	86
Tabla 9. <i>Información microinversores</i>	87
Tabla 10 <i>Pérdidas en el sistema</i>	89
Tabla 11 <i>Estimado de la energía entregada a la red</i>	90
Tabla 12 <i>Proyección de la energía</i>	91
Tabla 13 <i>Normas RETIE</i>	93
Tabla 14 <i>Cuadro de carga</i>	96
Tabla 15 <i>Tabla de calibre de conductor</i>	99
Tabla 16 <i>Cálculos de las especificaciones y equipos de medida</i>	105
Tabla 17 <i>Tabla 1 del capítulo 9</i>	106
Tabla 18 <i>Selección de conductores</i>	107

Tabla 19 <i>Distancias minimas para trabajos</i>	107
Tabla 20. <i>Tabla de norma técnica colombiana</i>	114
Tabla 21 <i>Instructivo para la aplicacion a los incentivos de la creg</i>	116

Lista de Figuras

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Mapa de radiación promedio anual en Colombia	28
<i>Figura 2.</i> Célula Fotovoltaica	30
<i>Figura 3.</i> Células en serie	30
<i>Figura 4.</i> Células en paralelo	31
<i>Figura 5.</i> Grafica de conexión serie vs paralelo	31
<i>Figura 6.</i> Panel Solar	32
<i>Figura 7.</i> Inversores Centrales	33
<i>Figura 8.</i> Microinversor NEP	34
<i>Figura 9.</i> Metodología del proyecto	35
<i>Figura 10.</i> Mapa de radiación promedio anual en Colombia	37
<i>Figura 11.</i> Célula Fotovoltaica	39
<i>Figura 12.</i> Células en serie	39
<i>Figura 13.</i> Células en paralelo	40
<i>Figura 14.</i> Grafica de conexión serie vs paralelo	40
<i>Figura 15.</i> Panel Solar	41
<i>Figura 16.</i> Panel solar fotovoltaico monocristalino	42
<i>Figura 17.</i> Panel fotovoltaico policristalino	43

<i>Figura 18.</i> Panel fotovoltaico amorfo.....	44
<i>Figura 19.</i> Diferencias entre las clases de paneles fotovoltaicos	44
<i>Figura 20.</i> Inversores centrales.....	46
<i>Figura 21.</i> Microinversor NEP	47
<i>Figura 22.</i> Inversor cargador	48
<i>Figura 23.</i> Sistema interconectado	49
<i>Figura 24.</i> Microinversor NEP de 600W	51
<i>Figura 25.</i> Datasheet microinversor NEP 600W	52
<i>Figura 26.</i> Certificación UL	53
<i>Figura 27.</i> Especificaciones técnicas panel solar AE SOLAR.....	54
<i>Figura 28.</i> Datasheet panel solar	54
<i>Figura 29</i> Inicio del programador.....	57
<i>Figura 30</i> Selección de diseño para el SSFV	57
<i>Figura 31</i> Ingreso de datos del proyecto	58
<i>Figura 32</i> Ubicación dada por el BlueSol del proyecto	59
<i>Figura 33</i> Coordenadas dadas por Google Maps	59
<i>Figura 34</i> Radiación de San Alberto	60
<i>Figura 35.</i> Selección de almacenamiento de energía	61
<i>Figura 36</i> Ingreso de la producción de potencia del proyecto.....	61
<i>Figura 37</i> Potencia requerida.....	62
<i>Figura 38</i> Ángulos de inclinación	62
<i>Figura 39</i> Paso a seleccionar microinversor o Panel solar	62
<i>Figura 40</i> Lista para escoger el microinversor	63

<i>Figura 41</i> Microinversor NEP 600W	63
<i>Figura 42</i> Cantidad de microinversores a utilizar	64
<i>Figura 43</i> Panel solar AE SOLAR HOT-SPOT FREE 335W	64
<i>Figura 44</i> Resultados de la simulación.....	65
<i>Figura 45</i> Costos del Análisis económico	65
<i>Figura 46</i> Tipos de energías	66
<i>Figura 47</i> Gráfica que representa el Net present value	66
<i>Figura 48</i> Evaluación económica del sistema	67
<i>Figura 49.</i> Medidor bidireccional iskra.....	68
<i>Figura 50</i> Acometida en AC.....	69
<i>Figura 51</i> Acometida en AC.....	69
<i>Figura 52</i> Pantalla de monitoreo NEP.....	70
<i>Figura 53</i> Tablero de sincronización.....	71
<i>Figura 54</i> Riel para montaje.....	72
<i>Figura 55</i> L con sello.....	72
<i>Figura 56.</i> MID de 40mm.....	73
<i>Figura 57</i> END de 40mm	73
<i>Figura 58</i> Sistema solar AE SOLAR HOT-SPOT FREE	74
<i>Figura 59</i> Microinversor NEP 600W	75
<i>Figura 60</i> Microinversores instalados en techo.....	75
<i>Figura 61</i> Producción de energía mensual	90
<i>Figura 62</i> Factor de riesgo.....	95
<i>Figura 63</i> Microinversor NEP 600W	97

<i>Figura 64.</i> Puntos de conexión tablero de carga.....	104
<i>Figura 65.</i> Limites de aproximación	108
<i>Figura 66.</i> Microinversor NEP.....	109
<i>Figura 67.</i> Conexión microinversores	110
<i>Figura 68.</i> Pantallazo del manual de instalación.....	111
<i>Figura 69.</i> Protecciones microinversor BDM -600	112
<i>Figura 70</i> Sistema de conexión de puesta a tierra	114
<i>Figura 71</i> Disponibilidad de transformador 75 KvA	115
<i>Figura 72</i> Generación de enero tomado del BlueSol.....	120
<i>Figura 73</i> Resultados generación de enero.....	121
<i>Figura 74</i> Resultados generación de enero.....	121
<i>Figura 75</i> Resultados de generación de enero	122

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: "Supervisión del diseño, montaje y puesta en marcha de un sistema de generación eléctrico fotovoltaico de capacidad de 10 kW"

AUTOR(ES): maría alejandra peña duarte

PROGRAMA: Facultad de Ingeniería Electrónica

DIRECTOR(A): Omar Pinzón

RESUMEN

En la empresa Copower LTDA, se desarrolló el proyecto de sistema solar fotovoltaico de 10 kW en el hotel Mansión Campestre San Alberto-Cesar. Aquí se buscó satisfacer la necesidad del cliente instalando la cantidad de kW que este quería. Primero realizando visitas al sitio para tomar datos que nos sirvieran a la hora de hacer la debida programación en el BlueSol y poder obtener y mostrarle al cliente unos resultados aproximados de la generación de energía que podría tener al instalar los paneles solares. Segundo se reunió con el cliente para mostrarle la propuesta final y que él tomara la decisión de empezar a instalar el sistema, al dar la debida aprobación se instalaron los equipos solares que se necesitaban para el proyecto, en conjunto se gestionaban los permisos para que al finalizar la conexión en el hotel se pudiera realizar la inscripción de éste ante el operador de red, (ESSA); permitiendo obtener la certificación RETIE y que el proyecto quedara validado ante la ley y de esta forma evitar problemas en un futuro. Finalmente se realiza el monitoreo de la generación que obtenían los paneles solares mediante las pantallas NEP de los microinversores.

PALABRAS CLAVE:

Microinversor, Sistema Solar Fotovoltaico, Pantallas NEP, Certificación RETIE, ESSA, BlueSol.

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: "Supervision of the design, assembly and commissioning of a 10 kW photovoltaic power generation system"

AUTHOR(S): maría alejandra peña duarte

FACULTY: Facultad de Ingeniería Electrónica

DIRECTOR: Omar Pinzón

ABSTRACT

In the company Copower LTDA, the 10 kW photovoltaic solar system project was developed at Mansión Campestre San Alberto-Cesar hotel. Here we sought to satisfy the customer's needs by installing the amount of kW that he wanted. First by making visits to the site to take data that would help us to do the proper programming in the BlueSol and to be able to obtain and show the client approximate results of the energy generation that could be obtained when installing the solar panels. Second, he met with the client to show him the final proposal and for him to make the decision to start installing the system. Upon giving due approval, the solar equipment needed for the project was installed; together, permits were managed so that the at the end of the connection at the hotel, it could be registered with the network operator (ESSA); allowing to obtain the RETIE certification and the project to be validated before the law and that way avoid future issues. Finally, the monitoring of the generation obtained by the solar panels is carried out through the NEP screens of the microinverters.

KEYWORDS:

Microinverter, Photovoltaic Solar System, NEP Screens, RETIE Certification, ESSA, BlueSol.

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

Introducción

La “irreversible” crisis energética debuta hace muchos años con el agotamiento de las reservas mundiales de petróleo, afectando el funcionamiento de múltiples maquinarias cuya función depende de su fuente de energía y afectando la generación de otras energías (por ejemplo, la eléctrica), pero a su vez ha permitido la necesidad de investigar y desarrollar nuevos recursos de energías con el fin de suplir la necesidad del ser humano.

El interés general por la energía solar ha incrementado con el pasar de los años. Su capacidad de producción controlada ha permitido desarrollar sistemas completos de transformación, almacenamiento y distribución para cada uno de nuestros fines y se ha convertido en la más atractiva fuente de energía futurista, no solo por sus beneficios ambientales, sino también por su abundancia inagotable a escala humana.

Un sistema fotovoltaico consiste en un conjunto de equipos eléctricos y electrónicos capaces de producir energía eléctrica por medio de la radiación solar. Se compone principalmente por el módulo fotovoltaico integrado por células transformadoras de energía luminosa incidente en energía eléctrica de corriente continua. El resto de equipos incluidos dependen de la aplicación a la que se vaya a destinar el sistema fotovoltaico.

La empresa ESSA¹ se ha esforzado por expandir su cobertura en el sector rural, sin embargo 13.000 familias siguen sin suministro eléctrico a la fecha y suplirles esa necesidad podría superar los presupuestos máximos aprobados por la CREG para ESSA, por lo tanto el requerimiento de altas inversiones de capital comparado con el consumo esperado no recuperaría el gasto durante la vida útil de la infraestructura para solucionar el problema.

En la actualidad existen hoteles de difícil ubicación geográfica para ser interconectados a un sistema de distribución energética, esto produce una barrera a la hora de brindar una atención al cliente digna y acceso a tecnologías vigentes, por lo tanto, ESSA dentro de su política de responsabilidad ve la necesidad de implementar un modelo de energía alternativa que supla las demandas básicas de estos hoteles, preservando la sustentabilidad del medio ambiente y de futuras generaciones. Este proyecto brinda la oportunidad de realizar una metodología de paneles solares en el hotel Mansión Campestre San Alberto-Cesar, para cumplir con las expectativas requeridas por el cliente.

¹ Electrificadora de Santander

1. Generalidades de la Empresa

Copower LTDA es una empresa que fue fundada en el año 2001, desde entonces se ha caracterizado por su crecimiento continuo en la parte industrial y de generación de energía además por ser líder en el mercado energético.

Misión:

COPOWER LTDA, es una empresa fundamentada profesional y técnicamente para prestar los servicios de montaje, interventoría y puesta en servicio de proyectos Mecánicos, Eléctricos y de Telecomunicaciones.

Nuestro fin es la satisfacción de las necesidades y expectativas de nuestros clientes mediante el desarrollo de proyectos de generación eléctrica y aplicaciones industriales, para mejorar los sistemas de control en los procesos productivos del sector industrial a nivel nacional, ofreciendo tecnologías de punta, apoyándonos en una completa gama de productos y un equipo humano capacitado, dinámico y firmemente enfocado al cliente, garantizando la efectividad en los proyectos que desarrollamos, lo cual constituye una ventaja competitiva para la organización.

(Copower Ltda., 2018)

Visión:

Al año 2023 COPOWER LTDA será reconocida a nivel regional y nacional como empresa líder en brindar soluciones energéticas efectivas a través de un amplio portafolio de servicios, garantizando el mejoramiento continuo de las organizaciones y promoviendo la preservación del medio ambiente (Copower Ltda., 2018)

Política Integral HSEQ:

COPOWER LTDA se compromete a prestar servicios de diseño e ingeniería: eléctrica, mecánica y telecomunicaciones; orientado a asegurar las soluciones de las necesidades de sus clientes, apoyándose en proveedores calificados y personal competente.

Está comprometido con el cumplimiento de los requisitos legales y de otra índole vigentes aplicables a la actividad económica de la empresa, Seguridad, Salud en el trabajo y Medio Ambiente, igualmente con la identificación de los peligros, evaluación y valoración de los riesgos a los están expuestos los trabajadores, proveedores, subcontratistas y demás grupos de interés, estableciendo controles eficientes para la prevención de daños a la propiedad, accidentes de trabajo, lesiones personales, enfermedades laborales, promoción de la calidad de vida laboral, y la prevención de impactos socio-ambientales negativos por el manejo de los residuos sólidos entre otros impactos significativos.

La Alta Gerencia se compromete a disponer los recursos financieros, técnicos y logísticos necesarios para implementar, mantener y mejorar continuamente la eficacia del Sistema de Gestión de la Calidad, Seguridad y Salud en el trabajo, Ambiente y Responsabilidad social empresarial logrando el crecimiento, efectividad y rentabilidad de la Organización. (Copower Ltda., 2018)

2. Delimitación del Problema

En la práctica se realizará el seguimiento del diseño, montaje y puesta marcha de un sistema de generación eléctrico fotovoltaico de capacidad de 10 kW donde estará ubicado en San Alberto. Todos los procedimientos planteados se deberán desarrollar en el lapso de iniciación del proyecto, estas actividades contribuirán en el proceso adecuado para el propósito a realizar que al ser así se beneficiarán los procesos de la empresa y sus trabajadores

3. Antecedentes

Tabla 1

Anexos de trabajos de grados relacionados

Título del artículo	Autor(es)	Resumen	Nombre de la revista
Delineación de un cubrimiento solar fotovoltaico conectada a la red eléctrica y puesta en un edificio industrial	CLEMENTE ALFONSO, RAQUEL.	Tiene por objetivo llevar a cabo el diseño de una cubierta solar fotovoltaica conectada a una red eléctrica e integrada en un edificio auxiliar para taller, esta (energía fotovoltaica) debe producir el máximo de energía eléctrica con objeto de llevarla a la red eléctrica y obtener el consecuente beneficio económico.	UPCommons. Portal de acceso abierto al conocimiento de la UPC
Esquema de un sistema fotovoltaico conectado a red para	Sanchez Sanchez, Oscar Andres y Muñoz	Se basa en la generación de energía limpia a	Universidad Nacional

Título del artículo	Autor(es)	Resumen	Nombre de la revista
la empresa BATNICSA en el periodo 2016-2017	Pérez, Miguel Angel (2017)	través de un sistema fotovoltaico, utilizando la radiación solar como fuente de energía aprovechando sus características de ser una fuente casi ilimitada de energía.	Autónoma de Nicaragua, Managua.
Diseño de un Sistema Fotovoltaico Autónomo para la generación de energía eléctrica en la Institución Educativa N°287 de la Comunidad Nativa Villa Gonzalo, Distrito Río Santiago, Provincia Condorcanqui, Departamento de Amazonas	Hilton Jhoel; Gonzáles Silva, Victor Juan	Se basa en proponer el diseño de un sistema fotovoltaico independiente para la generación de energía eléctrica a la institución educativa de la comunidad debido a la ausencia del servicio eléctrico en redes de baja tensión, además de contribuir a la reducción de emisiones de CO ₂ .	UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO" FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
"DISEÑO DE UN SISTEMA ELÉCTRICO FOTOVOLTAICO PARA UNA	Carlos Roberto Prado Mora	Se quiere buscar alternativas para la generación de unas válvulas y sensores de alta calidad para ponerlos a funcionar	Facultad de Ingeniería Universidad de Costa Rica Costa Rica, 2008

Título del artículo	Autor(es)	Resumen	Nombre de la revista
COMUNIDAD AISLADA”		al vacío, donde la instrumentación y control de la máquina que se quiere realizar debe ser de cuidado.	

Fuente: biblioteca digital UPB. 2019

4. Justificación

La Universidad Pontificia Bolivariana nos brinda de muchas alternativas para formarnos como buenos profesionales, por lo que, en nuestra área como ingenieros electrónicos íntegros de sentido humano, conciencia con el impacto ambiental y grandes conocimientos académicos, debemos tomar en cuenta para poder obtener un buen resultado en nuestra vida laboral.

Hoy en día al saber cómo nuestra carrera impacta en el medio ambiente, opté por buscar una práctica la cual ayudara y me brindara nuevos saberes acerca de lo que estuviera realizando y también pudiera aplicar lo ya aprendido en la universidad y poder reforzarlos. La empresa Copower LTDA ofrecía esta oportunidad, debido a que se encarga de la generación de energía por medio de máquinas DIESEL o de gas, pero esta vez la empresa dio inicio al departamento de Energías renovables, el cual solicitaba un estudiante para que supervisara un proyecto de sistema solar fotovoltaico. Esto con el fin de obtener nuevas enseñanzas e interactuar con los sistemas de paneles solares y también reforzar los ya aprendidos.

5. Objetivos

5.1 Objetivo general

Estudio del diseño, montaje y puesta en marcha de un sistema de generación eléctrica fotovoltaico de capacidad de 10 KW.

5.2 Objetivos específicos:

- Revisión de la conceptualización de los sistemas de los sistemas de energía fotovoltaica.
- Determinar las especificaciones y características de instalación de un sistema de energía fotovoltaico y dimensionamientos de equipos.
- Elaborar los procedimientos operativos para el desarrollo de un proyecto de energía solar fotovoltaica de 10 KW
- Documentación y memoria de cálculo para la puesta a punto de un sistema solar fotovoltaico, para aplicar a los incentivos de ley de la CREG 030 como autogenerador a pequeña escala (AGPE)
- Implementación y verificación del sistema y de los cálculos realizados.

6. Marco Teórico

1. ENERGIA SOLAR

La tierra rota alrededor de una gran estrella denominado Sol donde se encuentra aproximadamente a 149 587 870 km de este, tiene una masa de 2×10^{30} kg, tiene una temperatura de 15000273 K en su interior y 6000 K en su superficie. (Significados, s.f.)

En 1839 Edmond Becquerel² cuando investigaba con las celdas electrolíticas se dio cuenta que al darle energía uno de los electrodos se generaba un voltaje, de esta manera se reveló el efecto fotovoltaico, es decir, *“la conversión directa de luz en electricidad”*. Para 1905 Albert Einstein propuso *“el efecto fotoeléctrico”*, el cual *“se refiere a que cuando la luz llega a metales como platino, los electrones pueden empezar a moverse y si los fotones de los rayos de luz tienen frecuencias y energías apropiadas, hacen saltar a los electrones de la superficie iluminada generando así una corriente eléctrica”* (Foro Historico, s.f.)

² Físico francés que estudio el espectro solar, magnetismo, electricidad y óptica.

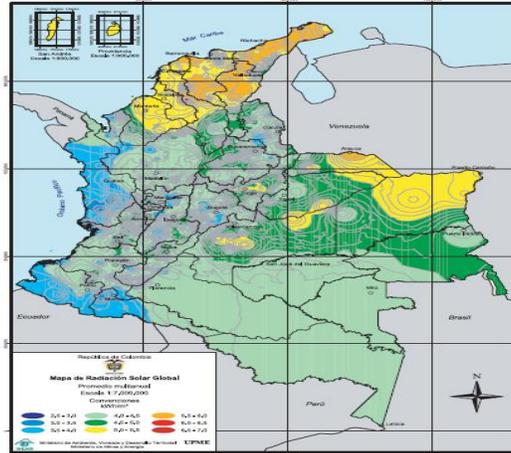


Figura 1. Mapa de radiación promedio anual en Colombia tomada de: (http://www.ideam.gov.co/documents/24277/72007220/PDF_ATLAS/83b33ddd-09ef-4fa6-9419-cdf8b26db260)

6.1 Sistema solar fotovoltaico

El sistema solar fotovoltaico es un conjunto de componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos que captan la energía solar disponible y la transforman en energía eléctrica.

La prioridad de este tipo de sistemas es estimular los electrones mediante radiación solar, donde a través del silicio se transportan generando una corriente eléctrica, esto sucede ya que fotones de la radiación solar interactúan de forma inmediata sobre los electrones del captador fotovoltaico, donde el dispositivo básico de esta forma directa de conversión es la célula solar, estas son las encargadas de generar una corriente eléctrica de valor dependiente de la energía solar que incide sobre la superficie (RES & RUE Dissemination, s.f.)

Los sistemas fotovoltaicos son únicos en las energías renovables y poseen las siguientes características:

- No tienen partes móviles que se desgasten.
- No contienen fluidos o gases que puedan derramarse o fugarse.
- No consumen combustibles para operar.
- No producen contaminación al generar electricidad.
- Requieren poco mantenimiento si están correctamente fabricados e instalados.
- El 85% de las células fotovoltaicas están fabricados de silicio el segundo elemento más abundante en la corteza terrestre.
- Tienen una eficiencia de conversión de luz solar a electricidad relativamente alta.

Estos sistemas fotovoltaicos también tienen inconvenientes al aplicarse, algunos de estos pueden ser:

- No son aun económicamente competitivos para la mayoría de las aplicaciones, especialmente en escalas intermedias y grandes.
- Las tecnologías de producción están controladas por industrializados.

6.1.1 Paneles Solares

6.1.1.1 Módulos fotovoltaicos

La célula fotovoltaica es un módulo que está hecho por una delgada lámina de un “*material semi-conductor*” que generalmente es de silicio.



Figura 2. Célula Fotovoltaica tomada de: (<https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/elementos/panel-fotovoltaico/celula-fotovoltaica>)

Un módulo fotovoltaico está constituido por varias células solares conectadas eléctricamente entre sí en serie-paralelo hasta obtener unos valores de voltaje y corriente deseados. El conjunto así definido es encapsulado de forma que está protegido por factores atmosféricos que puedan afectar su funcionamiento al operar a la intemperie³, lo cual también proporciona una rigidez mecánica y un aislamiento eléctrico. La conexión en serie de las células permitirá aumentar la tensión final en los extremos de la célula equivalente.

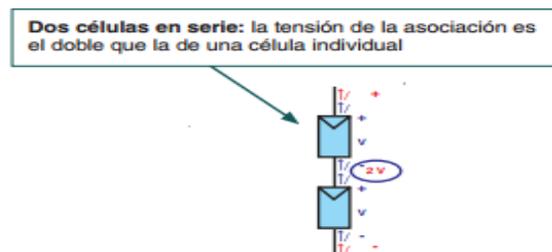


Figura 3. Células en serie tomada de: (https://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%A9lula_fotoel%C3%A9ctrica)

La conexión en paralelo permitirá aumentar la intensidad total del conjunto.

³ Ambiente atmosférico considerado como las variaciones del tiempo que afectan a los lugares o cosas no cubiertos o protegidos.

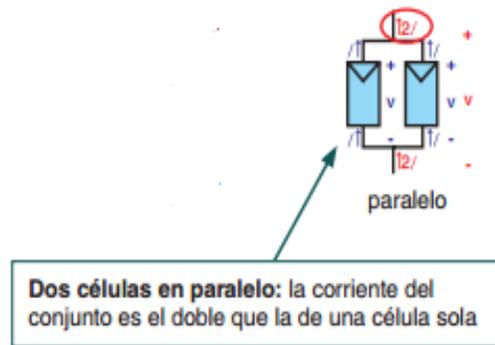


Figura 4. Células en paralelo tomada de:
(https://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%A9lula_fotoel%C3%A9ctrica)

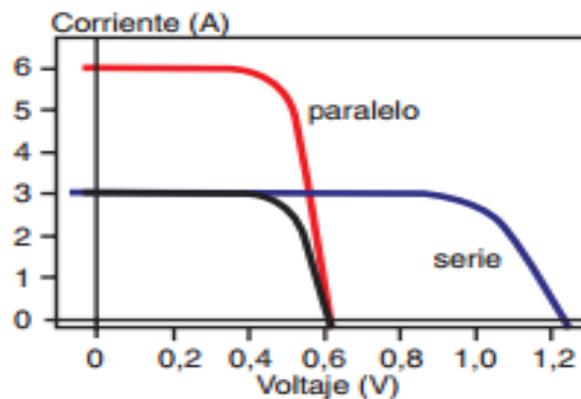


Figura 5. Grafica de conexión serie vs paralelo tomada de:
(https://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%A9lula_fotoel%C3%A9ctrica)

El parámetro estandarizado para clasificar la potencia de un panel se denomina potencia pico y corresponde a la potencia máxima que el módulo puede entregar bajo unas condiciones estandarizadas (1000 W/m^2 , 25°C). La eficiencia de un panel se determina en función del área que este ocupe, el tipo de cristal usado y la cantidad de energía que pueda captar, de esta forma las eficiencias varían entre un 10% hasta un 21%. (RES & RUE Dissemination, s.f.)

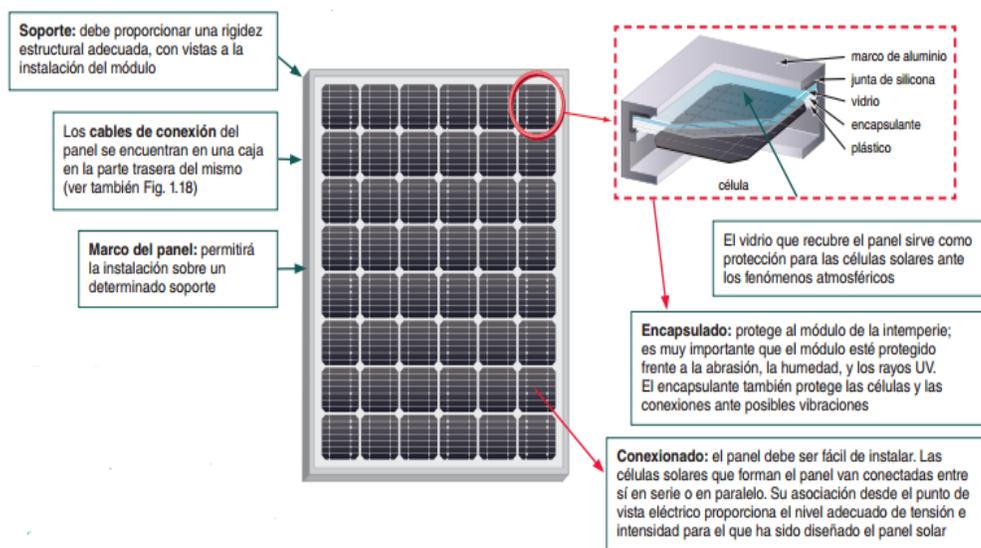


Figura 6. Panel Solar tomada de: (https://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/29115/MEMORIA_Alfredo_Iranzu_Balbuena.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

6.2 Inversor

Los inversores solares fotovoltaicos son equipos que se encargan de transformar la energía producida en una instalación fotovoltaica, que se convierte de una forma de corriente continua en una alterna para que los electrodomésticos puedan funcionar en sus niveles normales (Teknosolar, 2018)

6.2.1 Tipo de inversor

El mercado ofrece diversos inversores solares los cuales son los encargados de convertir la corriente continua en corriente alterna, donde a pesar de esto, se pueden distinguir diferentes tecnologías las cuales tienen otras funciones. (Servicios de Autoconsumo Factorenergia, s.f.)

6.2.1.1 Inversor central

El inversor solar se encarga de convertir el voltaje continuo que proviene de las baterías o de los paneles en un voltaje alterno senoidal, el cual es muy similar al que nos da la red eléctrica, en Colombia es de 120/60 Hz.

Estos operan con tensiones de entrada de 12V, 24V o 48V este último se utiliza cuando se tiene una instalación aislada a la red eléctrica. En sistemas solares fotovoltaicos es recomendable trabajar con voltajes altos y no con corrientes altas, por eso los inversores que se interconectan a la red fueron diseñados para que su voltaje de arranque sea superior a 380V (este voltaje de inicio depende la potencia del inversor). (Calsanz, s.f.)



Figura 7. Inversores Centrales tomada de: (<https://solarware.mx/inversores.html>)

6.2.1.2 Microinversor

El microinversor solar, es un inversor fotovoltaico encargado de convertir la corriente eléctrica de un panel solar o de dos paneles solares en corriente alterna. Este tiene la capacidad de combinar su salida para alimentar una red eléctrica. Unas de las ventajas de los microinversores ante los inversores centrales es que ellos pueden estar conectados a múltiples paneles solares, también cuando hay un daño o una falla ante un panel, la producción de este no se reduce de manera desproporcionada, debido a que cada uno de estos recoge la cantidad de *“energía optima mediante la realización del seguimiento del punto de máxima potencia para su panel conectado”*. El diseño y el manejo del microinversor es fácil de realizar y esto se debe a que solamente hay un único modelo de convertidor que se puede llegar a utilizar *“con cualquier tamaño de matriz o conjunto y con una amplia variedad de paneles”*. (Wikipedia Enciclopedia Libre, 2019)



Figura 8. Microinversor NEP tomada de: (<http://suneoenergy.com/index.php/product/microinversor-solar-monofasico-bifasico-nep-bdm-600/>)

7. Metodología

La práctica se desarrolló en un transcurso de 4 meses, con un horario de 7:30am a 12pm y de 1:30pm a 5:30pm esto con el fin de cumplir todos los objetivos planteados para el proyecto.

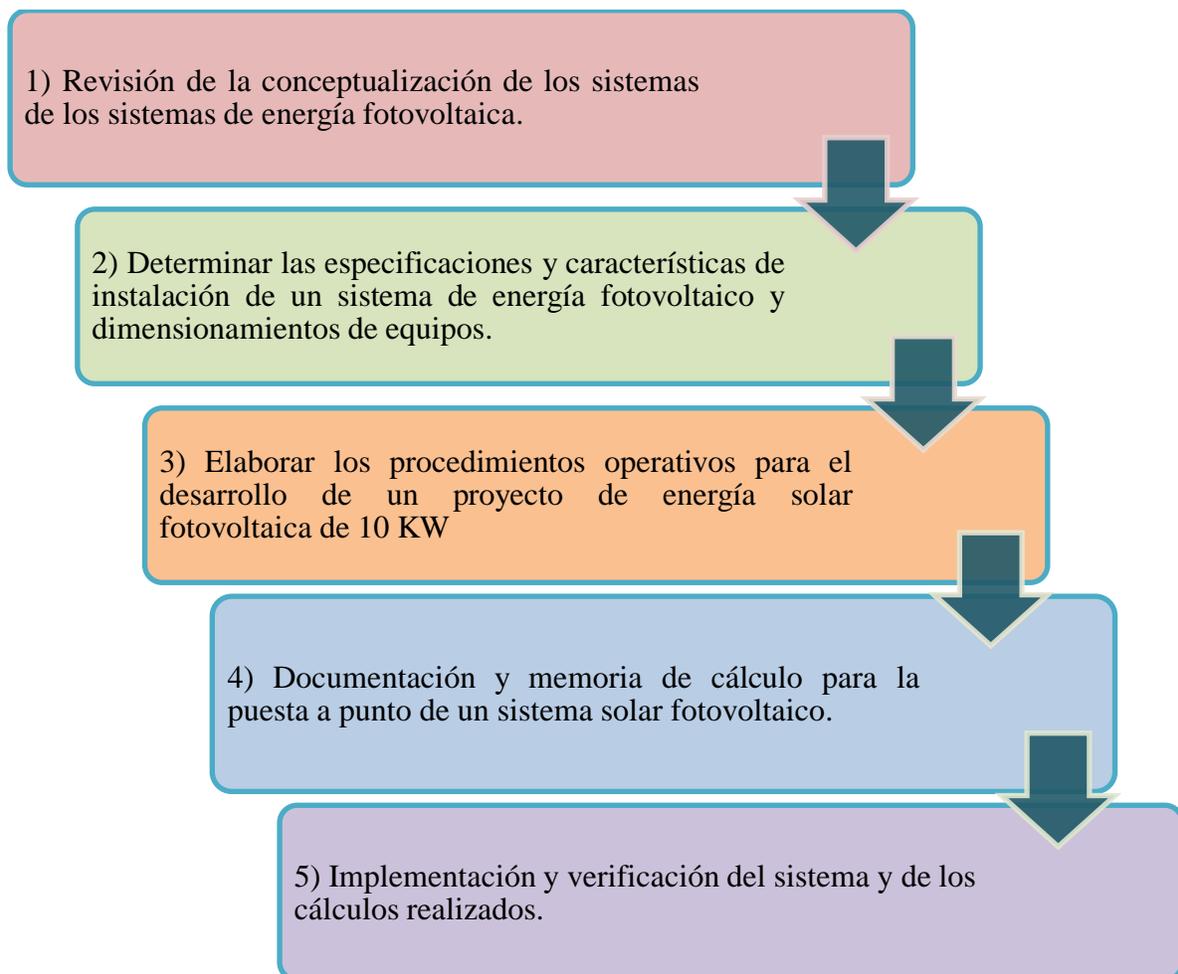


Figura 9. Metodología del proyecto

7.1 Revisión de la conceptualización de los sistemas de energía fotovoltaica

7.1.1 Energía Solar

La tierra rota alrededor de una gran estrella denominado Sol donde se encuentra aproximadamente a 149 587 870 km de este, tiene una masa de 2×10^{30} kg, tiene una temperatura de 15000273 K en su interior y 6000 K en su superficie. (Significados, s.f.)

En 1839 Edmond Becquerel⁴ cuando investigaba con las celdas electrolíticas se dio cuenta que al darle energía uno de los electrodos se generaba un voltaje, de esta manera se reveló el efecto fotovoltaico, es decir, *“la conversión directa de luz en electricidad”*. Para 1905 Albert Einstein propuso *“el efecto fotoeléctrico”*, el cual *“se refiere a que cuando la luz llega a metales como platino, los electrones pueden empezar a moverse y si los fotones de los rayos de luz tienen frecuencias y energías apropiadas, hacen saltar a los electrones de la superficie iluminada generando así una corriente eléctrica”* (Foro Historico, s.f.)

⁴ Físico francés que estudio el espectro solar, magnetismo, electricidad y óptica.

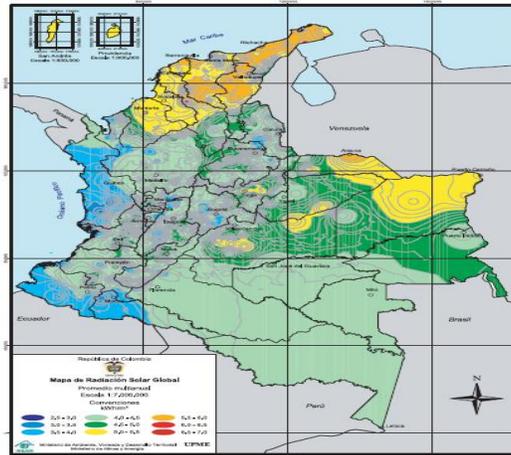


Figura 10. Mapa de radiación promedio anual en Colombia tomada de: (http://www.ideam.gov.co/documents/24277/72007220/PDF_ATLAS/83b33ddd-09ef-4fa6-9419-cdf8b26db260)

7.1.1.1 Sistema solar fotovoltaico

El sistema solar fotovoltaico es un conjunto de componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos que captan la energía solar disponible y la transforman en energía eléctrica.

La prioridad de este tipo de sistemas es estimular los electrones mediante radiación solar, donde a través del silicio se transportan generando una corriente eléctrica, esto sucede ya que fotones de la radiación solar interactúan de forma inmediata sobre los electrones del captador fotovoltaico, donde el dispositivo básico de esta forma directa de conversión es la célula solar, estas son las encargadas de generar una corriente eléctrica de valor dependiente de la energía solar que incide sobre la superficie (RES & RUE Dissemination, s.f.)

Los sistemas fotovoltaicos son únicos en las energías renovables y poseen las siguientes características:

- No tienen partes móviles que se desgasten.
- No contienen fluidos o gases que puedan derramarse o fugarse.
- No consumen combustibles para operar.
- No producen contaminación al generar electricidad.
- Requieren poco mantenimiento si están correctamente fabricados e instalados.
- El 85% de las células fotovoltaicas están fabricados de silicio el segundo elemento más abundante en la corteza terrestre.
- Tienen una eficiencia de conversión de luz solar a electricidad relativamente alta.
- Estos sistemas fotovoltaicos también tienen inconvenientes al aplicarse, algunos de estos pueden ser:
 - No son aun económicamente competitivos para la mayoría de las aplicaciones, especialmente en escalas intermedias y grandes.
 - Las tecnologías de producción están controladas por industrializados.

7.1.1.2 Paneles Solares

7.1.1.2.1 Módulos fotovoltaicos

La célula fotovoltaica es un módulo que está hecho por una delgada lámina de un material semi-conductor que generalmente es de silicio.



Figura 11. Célula Fotovoltaica tomada de: (<https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/elementos/panel-fotovoltaico/celula-fotovoltaica>)

Un módulo fotovoltaico está constituido por varias células solares conectadas eléctricamente entre sí en serie-paralelo hasta obtener unos valores de voltaje y corriente deseados. El conjunto así definido es encapsulado de forma que está protegido por factores atmosféricos que puedan afectar su funcionamiento al operar a la intemperie⁵, lo cual también proporciona una rigidez mecánica y un aislamiento eléctrico. La conexión en serie de las células permitirá aumentar la tensión final en los extremos de la célula equivalente.

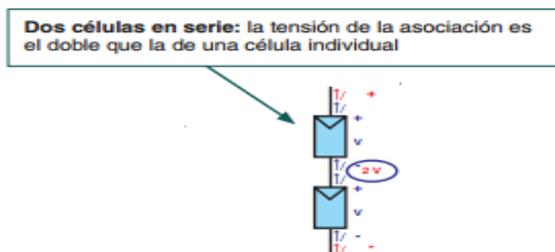


Figura 12. Células en serie tomada de: (https://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%A9lula_fotoel%C3%A9ctrica)

La conexión en paralelo permitirá aumentar la intensidad total del conjunto.

⁵ Ambiente atmosférico considerado como las variaciones del tiempo que afectan a los lugares o cosas no cubiertos o protegidos.

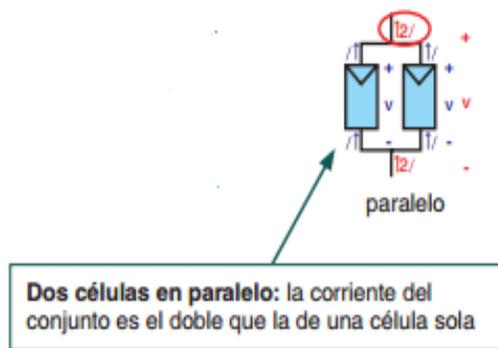


Figura 13. Células en paralelo tomada de: https://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%A9lula_fotoel%C3%A9ctrica

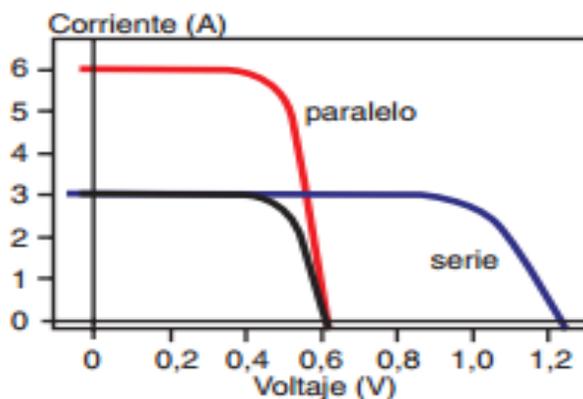


Figura 14. Grafica de conexión serie vs paralelo tomada de: https://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%A9lula_fotoel%C3%A9ctrica

El parámetro estandarizado para clasificar la potencia de un panel se denomina potencia pico y corresponde a la potencia máxima que el módulo puede entregar bajo unas condiciones estandarizadas (1000 W/m^2 , 25°C). La eficiencia de un panel se determina en función del área que este ocupe, el tipo de cristal usado y la cantidad de energía que pueda captar, de esta forma las eficiencias varían entre un 10% hasta un 21%. (MH Education, s.f.)

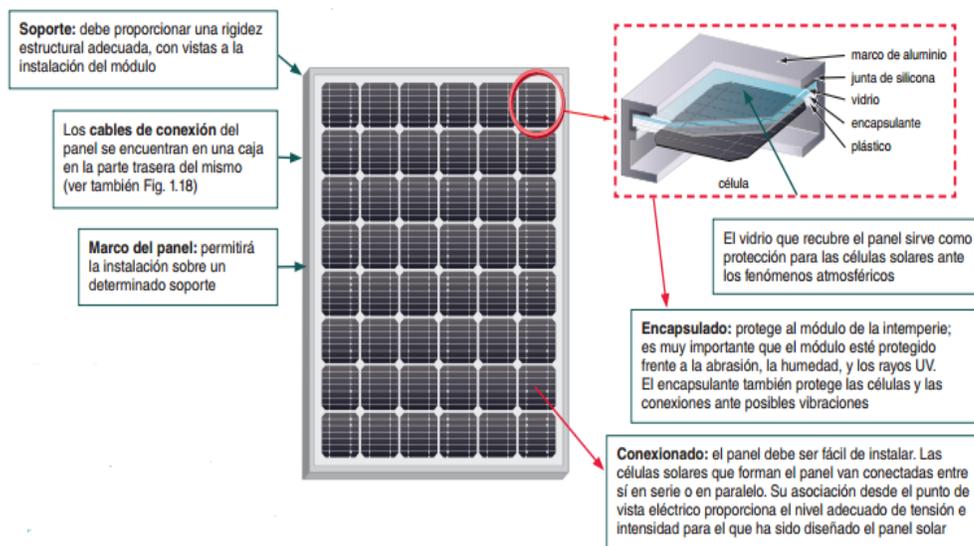


Figura 15. Panel Solar tomada de: (https://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/29115/MEMORIA_Alfredo_Iranzu_Balbuena.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

7.1.1.3 Tipos de módulos fotovoltaicos

Existen diferentes tipos de paneles en función de los materiales empleados, los métodos de fabricación y la forma, estos son monocristalinos, policristalinos y amorfos.

7.1.1.3.1 Monocristalinos

Este tipo de celda tiene una estructura cristalina ordenada, con cada átomo idealmente situado en una posición pre-ordenada y muestra un comportamiento predecible y uniforme. Estas celdas normalmente se crean en una forma circular o un “cuadrado-sin-esquinas”. A partir de un lingote,

la única forma de crear estructuras cristalinas de alta pureza es extruido del líquido fundido y la gravedad hace el resto. Por lo general los fabricantes dejan las células en una forma circular, sin embargo, debido a los avances en el reciclaje, las células están cortadas en cuadrados-sin-esquinas para maximizar la densidad de empaquetamiento de los módulos. (Universidad Politécnica de Valencia, s.f.)



Figura 16. Panel solar fotovoltaico monocristalino tomada de: (<https://autosolar.es/panel-solar-24-voltios/panel-solar-370w-24v-monocristalino-era>)

7.1.1.3.2 Policristalinos

Este tipo de celdas contienen varias regiones de silicio cristalino que se mantienen juntas a través de un enlace covalente, los materiales son parecidos a los monocristalinos aunque en este caso el proceso de cristalización del silicio es diferente, los paneles policristalinos se basan en secciones de una barra de silicio que se ha estructurado desordenadamente en forma de pequeños

cristales, menos espesor y las células están conformadas por diminutos cristales que presentan diversas tonalidades de color azul. (Universidad Politécnica de Valencia, s.f.)



Figura 17. Panel fotovoltaico policristalino tomada de: (<https://www.cosmoplas.cl/0012396-panel-fotovoltaico-policristalino-250w-2/>)

7.1.1.3.3 Amorfos

Los paneles solares de silicio amorfo se forman mediante el depósito de diferentes tipos de silicio tratado sobre un sustrato de vidrio. En primer lugar, un óxido de conductor transparente se aplica a un sustrato de vidrio seguido de un trazado con láser para establecer los límites de las celdas. A diferencia de los monocristalinos y policristalinos, este material no sigue estructura cristalina y muestran un color marrón homogéneo.

Esta tecnología utiliza silicio de menor calidad y su eficiencia disminuye con el aumento de la temperatura. Está disponible en formato de módulos, tiene baja eficiencia, pero menor costo. Es el más utilizado y se encuentra en diversas aplicaciones, desde calculadoras hasta proyectos de generación eléctrica. (WikicharliE, s.f.)

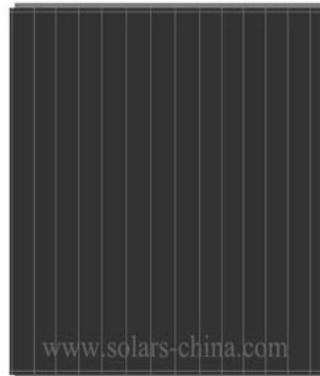


Figura 18. Panel fotovoltaico amorfo tomada de: (<https://spanish.alibaba.com/product-detail/waterproof-mini-customized-amorphous-silicon-solar-panel-60776079863.html>)

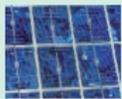
Células	Silicio	Rendimiento laboratorio	Rendimiento directo	Características	Fabricación
	Monocrystalino	24 %	15 - 18 %	Son típicos los azules homogéneos y la conexión de las células individuales entre sí (Czochralski).	Se obtiene de silicio puro fundido y dopado con boro.
	Policristalino	19 - 20 %	12 - 14 %	La superficie está estructurada en cristales y contiene distintos tonos azules.	Igual que el del monocrystalino, 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.

Figura 19. Diferencias entre las clases de paneles fotovoltaicos tomada de: (<https://es.slideshare.net/ayalin/sistemas-de-energia-fotovoltaica>)

7.1.2 Inversor

“Los inversores solares fotovoltaicos son quipos que se encargan de transformar la energía producida en una instalación fotovoltaica, que se convierte de una forma de corriente continua en una alterna para que los electrodomésticos puedan funcionar en sus niveles normales”
 (Teknosolar, 2018)

7.1.2.1 Tipo de inversor

El mercado ofrece diversos inversores solares los cuales son los encargados de convertir la corriente continua en corriente alterna, donde a pesar de esto, se pueden distinguir diferentes tecnologías las cuales tienen otras funciones. (Servicios de Autoconsumo Factorenergia, s.f.)

7.1.2.2 Inversor central

El inversor solar se encarga de convertir el voltaje continuo que proviene de las baterías o de los paneles en un voltaje alterno senoidal, el cual es muy similar al que nos da la red eléctrica, en Colombia es de 120/60 Hz.

Estos operan con tensiones de entrada de 12V, 24V o 48V este último se utiliza cuando se tiene una instalación aislada a la red eléctrica. En sistemas solares fotovoltaicos es recomendable trabajar con voltajes altos y no con corrientes altas, por eso los inversores que se interconectan a la red fueron diseñados para que su voltaje de arranque sea superior a 380V (este voltaje de inicio depende la potencia del inversor). (Calsanz, s.f.)



Figura 20. Inversores centrales tomada de: (<https://solarware.mx/inversores.html>)

7.1.2.3 Microinversor

El microinversor solar, es un inversor fotovoltaico encargado de convertir la corriente eléctrica de un panel solar o de dos paneles solares en corriente alterna. Este tiene la capacidad de combinar su salida para alimentar una red eléctrica. Unas de las ventajas de los microinversores ante los inversores centrales es que ellos pueden estar conectados a múltiples paneles solares, también cuando hay un daño o una falla ante un panel, la producción de este no se reduce de manera desproporcionada, debido a que cada uno de estos recoge la cantidad de “*energía optima mediante la realización del seguimiento del punto de máxima potencia para su panel conectado*”. El diseño y el manejo del microinversor es fácil de realizar y esto se debe a que solamente hay un único modelo de convertidor que se puede llegar a utilizar “*con cualquier tamaño de matriz o conjunto y con una amplia variedad de paneles*”. (Wikipedia Enciclopedia Libre, 2019)



Figura 21. Microinversor NEP tomada de: (<http://suneoenergy.com/index.php/product/microinversor-solar-monofasico-bifasico-nep-bdm-600/>)

7.1.2.4 Inversor cargador

Los inversores cargadores son los encargados de convertir la corriente continua en corriente alterna, además regulan la carga de las baterías, es decir el inversor lleva el regulador incorporado. (Calsanz, s.f.)



Figura 22. Inversor cargador tomada de: (<https://www.todoensolar.com/Inversores/cargadores-PoweramP-con-regulador>)

7.1.3 Sistemas interconectados

La energía solar puede ser manipulada de dos maneras, como un sistema separado o un sistema interconectado a la red.

Un sistema separado consiste en que los paneles generan energía en forma de corriente directa, “la cual se almacena en un banco de baterías pasando por medio de un regulador. Las cargas eléctricas se conectan mediante un inversor que transforma la corriente a 120 V AC. Como

consecuencia del uso de acumuladores, reguladores e inversores la eficiencia global del sistema se sitúa solamente alrededor del 60%.

En el sistema interconectado, el producido de los paneles solares se inyecta directamente a la red eléctrica local mediante un inversor sincrónico de alta eficiencia sin utilizar baterías. Es así como la eficiencia global de un sistema interconectado se ubica alrededor del 77%.”.

Esquema elemental:

Esta forma de conectarse además de ser eficiente es de menor costos y más fácil para entender, esto se debe ya que la forma de conexión solamente contiene ciertos elementos básicos los cuales son: Modulos fotovoltaicos, desconexiones DC entre paneles e inversor, inversor sincrónico, medidor de energía para registrar la producción total y desconexión AC. (Todo Aire, s.f.)



Figura 23. Sistema interconectado tomada de: (<http://www.gruposolarmex.com/10-productos-y-servicios/17-sistemas-fotovoltaicos-interconectados-a-la-red>)

7.2 Determinar las especificaciones y características de instalación de un sistema de energía fotovoltaico y dimensionamientos de equipos.

7.2.1 Diagnostico físico del lugar (las necesidades planteadas por el cliente). (Descripción del lugar de instalación y mirar el por qué el cliente quiere instalar eso).

El solicitante para la instalación de los paneles solares fue el señor Jhon Lemus identificado con el número de cedula de ciudadanía 88141568 Representante legal del Hotel Mansión campestre- San Alberto Cesar domiciliada en calle 1 No 3-05. El solicitante a la hora de hacer la compra presentó unas necesidades claras por las que quería comprar el sistema solar fotovoltaico, entre esas estaban el ahorrar en el consumo de energía eléctrica ya que al tener un hotel este presentaba picos de consumos altos debido a los aires acondicionados y equipos eléctricos, los cuales requieren una demanda alta de energía, adicionalmente el costo de kilovatio hora del operador de red (ESSA) es elevado y el señor Jhon quería ser un pionero de las energías renovables y contribuir con el planeta. Debido a las necesidades planteadas por el cliente, él decidió instalar los 10 kW para revisar el comportamiento y el ahorro conseguido con los sistemas fotovoltaicos.

Se analizó el lugar donde se debía instalar los paneles solares, ubicado en el Hotel Mansión Campestre en San Alberto municipio del Cesar, que cuenta con una radiación de 5,15 kWh/m², con una temperatura que varía desde 26 a 32 °C y con una ubicación en longitud de 7.7620567 y Latitud de -73.3918551, con esto un aprovechamiento de los paneles solares instalados al nivel de la cubierta superior del parqueadero en un sentido sur, con el fin de tener el máximo aprovechamiento de la radiación del sol.

7.2.2 Especificación de equipos a instalar (panel solar, microinversor):

7.2.2.1 Microinversores NEP de 600W:

Northern Electric & Power Inc. (NEP), creada en Estados Unidos, donde su centro de investigación y desarrollo se encuentra en San José- California. *“La misión de la empresa es desarrollar tecnologías de energía limpia de vanguardia y proporcionar productos de última generación de inversores solares a sus clientes. NEP tiene una línea completa de productos de inversores solares conectados a la red, que incluyen microinversores, inversores solares monofásicos y trifásicos, cajas combinadoras de PV y software de monitoreo. La mayor confiabilidad y eficiencia hacen que los inversores solares NEP sean adecuados para BAPV, BIPV y centrales fotovoltaicas a gran escala”.* (Airhouse, 2020)



Figura 24. Microinversor NEP de 600W tomada de: (<http://suneoenergy.com/index.php/product/microinversor-solar-monofasico-bifasico-nep-bdm-600/>)

Ficha técnica:



BDM-600-D
Grid-tie Micro Inverter System

MODEL		BDM-600-D (a.k.a. BDM-300X2-D)		
INPUT(DC)	Max Recommended PV Power (Wp)	360 x 2		
	Max DC Open Circuit Voltage (Vdc)	60		
	Max DC Input Current (Adc)	12 x 2		
	MPPT Tracking Accuracy	>99.5%		
	MPPT Tracking Range (Vdc)	22-55		
	Isc PV (absolute maximum) (Adc)	14 x 2		
	Maximum Inverter Backfeed Current to the Array (Adc)	0		
OUTPUT(AC)	Peak AC Output Power (Wp)	550		
	Rated AC Output Power (Wp)	500		
	Nominal Power Grid Voltage (Vac)	240	208	230
	Allowable Power Grid Voltage (Vac)	211-264*	183-229*	configurable*
	Allowable Power Grid Frequency (Hz)	59.3-60.5*		configurable*
	THD	<3% (at rated power)		
	Power Factor (cos phi, fixed)	>0.99 (at rated power)		
	Rated Output Current (Aac)	2.08	2.40	2.17
	Current (inrush) (Peak and Duration)	24A, 15us		
	Nominal Frequency (Hz)	60		50
	Maximum Output Fault Current (Aac)	4.4A peak		
	Maximum Output Overcurrent Protection (Aac)	10		
	Maximum Number of Units Per Branch (20A) (All NEC adjustment factors have been considered)	7/5	6/5	7/5
	SYSTEM EFFICIENCY	Weighted Averaged Efficiency (CEC)	95.5%	
Night Time Tare Loss (Wp)		0.11		

Figura 25. Datasheet microinversor NEP 600W tomada de: <https://www.syscom.mx/producto/BDM-600-NEP-158008.html>

El microinversor NEP de 600W fue utilizado debido a las grandes ventajas que tiene ante los inversores, como, por ejemplo, no hay perdidas en el cableado DC, contienen Plug and Play, evitan puntos calientes en el panel haciendo más eficiente el sistema, además según el RETIE al instalar estos microinversores, no se tienen que colocar protecciones adicionales como DPS ya que los tienen incorporados ahorrando dinero en la instalación total del sistema.

Certificaciones: Este microinversor cuenta con la certificación UL1741.



AUTHORIZATION TO MARK

This authorizes the application of the Certification Mark(s) shown below to the models described in the Product(s) Covered section when made in accordance with the conditions set forth in the Certification Agreement and Listing Report. This authorization also applies to multiple listee model(s) identified on the correlation page of the Listing Report.

This document is the property of Intertek Testing Services and is not transferable. The certification mark(s) may be applied only at the location of the Party Authorized To Apply Mark.

Applicant: Northern Electric & Power Co., Ltd Address: No.1 Anhe Road, Hetao Street, Qingdao Export Processing Zone, Chengyang District, Qingdao, Shandong, 266113 Country: P.R. China Contact: Mr. Fan Wang Phone: 0532-87963900 FAX: 0532-81100917 Email: fanw@northernep.com.cn	Manufacturer: Northern Electric & Power Co., Ltd Address: No.1 Anhe Road, Hetao Street, Qingdao Export Processing Zone, Chengyang District, Qingdao, Shandong, 266113 Country: P.R. China Contact: Mr. Fan Wang Phone: 0532-87963900 FAX: 0532-81100917 Email: fanw@northernep.com.cn
---	--

Party Authorized To Apply Mark: Same as Manufacturer
Report Issuing Office: Intertek Testing Services Shenzhen Ltd. Guangzhou Branch

Control Number: 4005622 **Authorized by:** 
Thomas J. Patterson, Certification Manager



This document supersedes all previous Authorizations to Mark for the noted Report Number.

This Authorization to Mark is for the exclusive use of Intertek's Client and is provided pursuant to the Certification agreement between Intertek and its Client. Intertek's responsibility and liability are limited to the terms and conditions of the agreement. Intertek assumes no liability to any party, other than to the Client in accordance with the agreement. For any task, separate or otherwise, determined by the use of this Authorization to Mark, Only the Client is authorized to permit copying or distribution of this Authorization to Mark and then only in its entirety. Use of Intertek's Certification mark is restricted to the conditions set out in the agreement and in this Authorization to Mark. Any other use of the Intertek name for the sale or advertisement of the tested material, product or service must first be approved in writing by Intertek. Initial Factory Assessments and Follow-up Services are for the purpose of assuring appropriate usage of the Certification mark in accordance with the agreement, they are not for the purpose of production quality control and do not remove the Client of their obligations in this regard.

Intertek Testing Services NA Inc.
 545 East Algonquin Road, Arlington Heights, IL 60005
 Telephone 800-345-3851 or 847-439-5667 Fax 312-263-1672

Standard(s):	Inverters, Converters, Controllers and Interconnection System Equipment for Use With Distributed Energy Resources (UL 1741 Issue:2010/01/28 Ed.2 2015/01/07) General Use Power Supplies (CSA C22.2 No. 107.1-01 Issue:2001/09/01 Ed:3(R2011) 2011/1/1)
Product:	Micro Grid-connected PV Inverter
Brand Name:	NEP NORTHERN ELECTRIC
Models:	BDM-300X2-240A, BDM-300X2-208A

ATM for Report 150428103GZU-001

Page 1 of 1

ATM Issued: 15-Jul-2015
ED 16.3.15 (1-Jan-13) Mandatory

Figura 26. Certificación UL tomada de: (<http://solarpeople.co/product/microinversor-nep-bdm-600-d/>)

7.2.2.2 Paneles AE Solar Hot-Spot FREE 335W:

AE SOLAR es una empresa fundada desde el año 2003 que se encarga de fabricar paneles solares de alta calidad, su sede central *AE Alternative Energy GmbH* está ubicada en Alemania-Baviera.



Figura 27. Especificaciones técnicas panel solar AE SOLAR tomada de: (http://solarpeople.co/product/panel-solar-ae-smm6-72_335w/)

SPECIFICATIONS		AE330SMM6-72	AE335SMM6-72	AE340SMM6-72	AE345SMM6-72
Nominal Max. Power	Pmax (Wp)	330	335	340	345
Maximum power voltage	Vmp(V)	38,72	38,85	39,09	39,34
Maximum power current	Imp (A)	8,52	8,62	8,70	8,77
Open-circuit voltage	Voc(V)	46,74	46,84	46,94	47,08
Short-circuit current	Isc (A)	9,38	9,43	9,48	9,51
Module efficiency	(%)	16,63	16,89	17,14	17,39
Power tolerance	Pmax (Wp)	0 / + 5			
Maximum system voltage DC	(V)	1000			
Operating temperature	(°C)	-40 to +85			
Temp. coefficients of Pmax	(%/°C)	-0.38			
Temp. coefficients of Voc	(%/°C)	-0.29			
Temp. coefficients of Isc	(%/°C)	0.05			
Nom. Operating cell temp.(NOCT)	(°C)	45±2			

The electrical data apply to standard test conditions (STC): Irradiance of 1000 W/m² with spectrum AM 1.5 and a cell temperature of 25°C.

Figura 28. Datasheet panel solar tomada de: (http://solarpeople.co/product/panel-solar-ae-smm6-72_335w/)

Certificados: Certificación CE, Certificación TUV.

La tecnología Hot-Spot FREE se decidió utilizar debido a las grandes ventajas que ofrece a la hora de estar en funcionamiento. A pesar de que las celdas estén a la sombra, un panel sin puntos calientes puede llegar a generar hasta un 80% más de energía, también procura disminuir las caídas abruptas en la salida del panel que pueden llegar a ser causadas por los puntos calientes o por el sombreado de este.

7.2.3. Dimensionamiento y tecnología de equipos e implementación del software de ingeniería Bluesol 4.0, para simulación de sistema solares.

7.2.3.1. BlueSol 4.0:

Es un programador encargado del diseño de los sistemas solares fotovoltaicos en todo el mundo. Todos los procesos de una instalación de un sistema solar se pueden realizar por medio de él, es decir, abarca desde la evaluación preliminar de productividad hasta la realización de los documentos del proyecto. (BlueSol, 2020)

Para inicializar el proyecto, el cliente expresó su interés de contar con un sistema solar fotovoltaico de 10 kW instalados con paneles solares y con posibilidad de ampliación del sistema. Al tener esta información se buscó el arreglo más óptimo tanto en tecnología como en eficiencia de los equipos. Debido a esto se instaló el sistema con paneles Hot-Spot Free de 335W y microinversores NEP de 600W.

El número de paneles requerido se puede calcular con una potencia requerida de 10 kW y asumiendo que cada panel es de 335W se tiene:

$$\frac{10.000}{335} = 29.85 \approx 30 \text{ Paneles}$$

Los microinversores NEP de 600W están diseñados para conectar dos paneles con una potencia por panel menor de 350W, lo cual requiere 15 microinversores de esta característica para conectar los 30 paneles.

A continuación, se mostrará un paso a paso del proceso de simulación de un sistema en el software BlueSol, obteniendo resultados como la energía producida anualmente, el retorno de la inversión y el ahorro mensual en su facturación los cuales son de vital importancia para el cliente:

Primero paso: Abrir el programador para crear un nuevo proyecto.

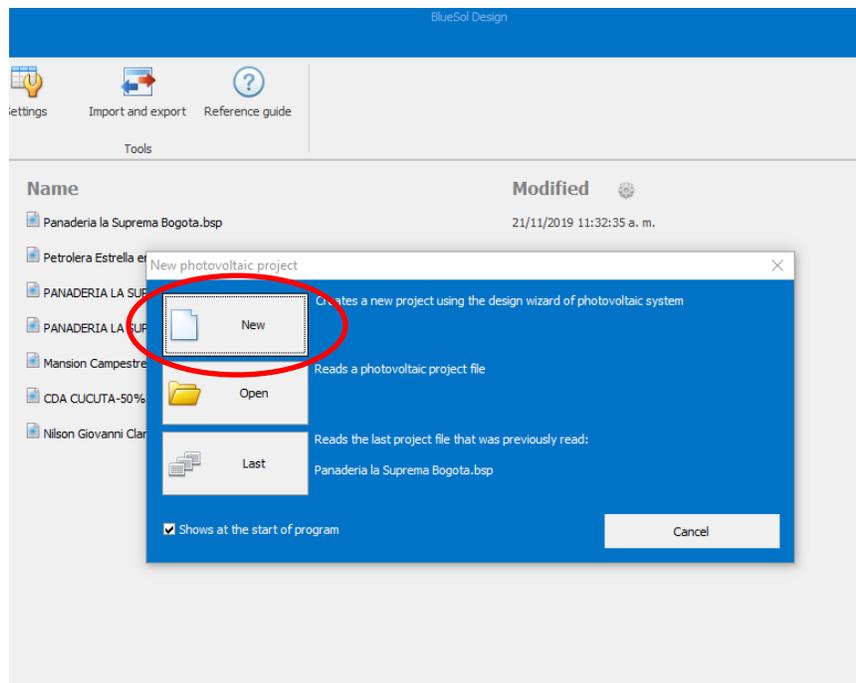


Figura 29 Inicio del programador

Segundo paso: Seleccionar el sistema que se va a diseñar, en este caso como va a ser un sistema interconectado entonces se escogió esa opción y la otra que aparece es la del sistema autónomo, pero esa no aplica para nuestro proyecto.

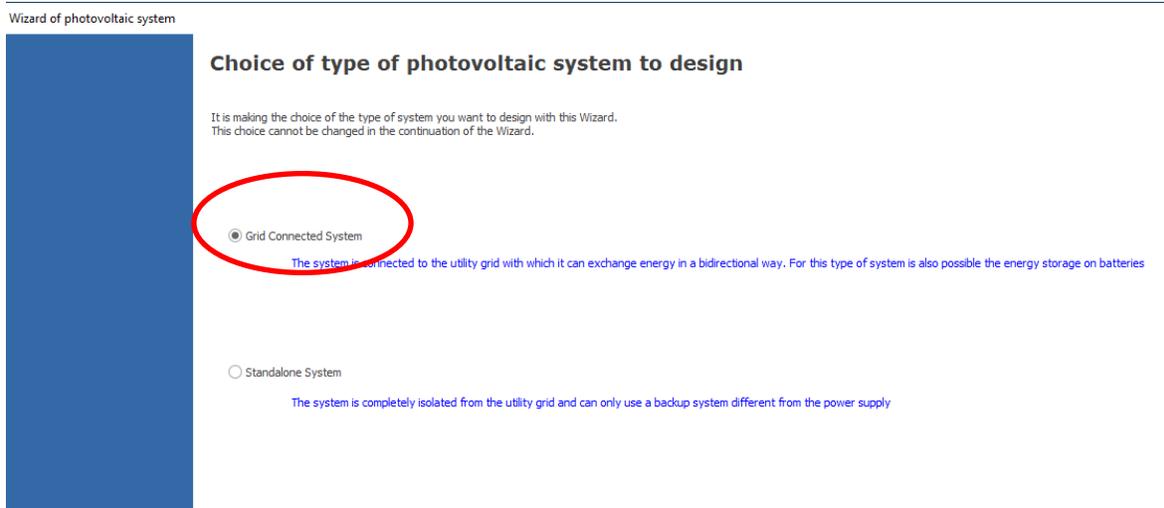


Figura 30 Selección de diseño para el SSFV

Tercer paso: Se ingresa el nombre del proyecto junto con la dirección donde se encuentra ubicado, esto se hace con el fin de que el software arroje exactamente las coordenadas donde se encuentra el sitio, para poder determinar la radiación de ese lugar y luego se verifican esas coordenadas en Google Maps para revisar si son las correctas.

Wizard of photovoltaic system grid-connected

Properties
Definition of some general properties of the project and location of system

Project

Project name:

Location of system

Description:

Address: (***) City:

State: (***) Zip Code: (*) Country:

Customer

Name: Surname: Company:

(*) The "Country" field must be entered mandatorily
(**) The "City" and "Zip Code" fields can be entered alternately

Figura 31 Ingreso de datos del proyecto



Figura 32 Ubicación dada por el BlueSol del proyecto

El software arroja unas coordenadas de latitud 7.7613 y longitud -73.3914 y en Google Maps:

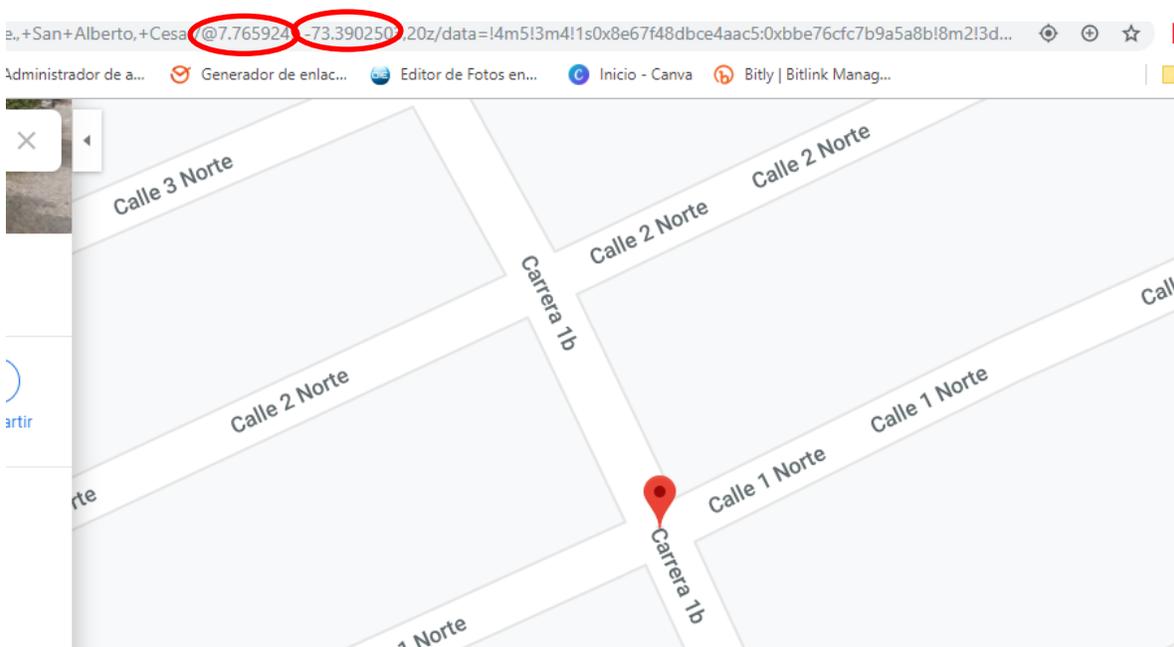


Figura 33 Coordenadas dadas por Google Maps

Google Maps marcó unas coordenadas similares a la del software lo que significa que es el punto correcto donde se va a desarrollar el proyecto, ahora la radiación anual del lugar se muestra en una tabla, la cual debemos tener en cuenta:

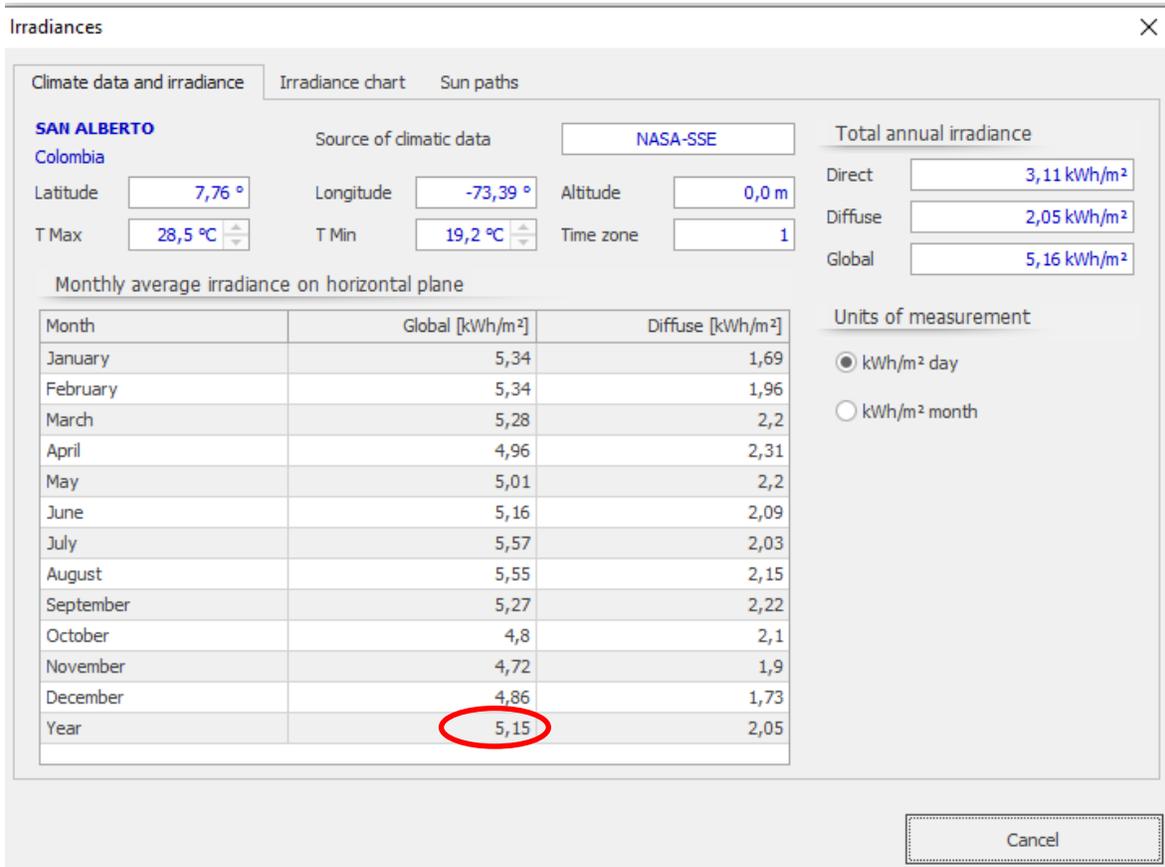


Figura 34 Radiación de San Alberto

Cuarto paso: Seleccionamos la opción que diga, no almacena producción de energía y le damos continuar.

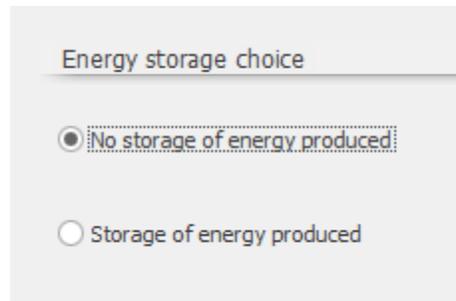


Figura 35. Selección de almacenamiento de energía

Quinto paso: Debido a que nosotros trabajamos con la potencia del sistema se debe escoger la opción de de “power or energy production definited by designer” que es la producción de potencia definida por el diseñador, luego de esto ingresamos los valores que piden en cada casilla.

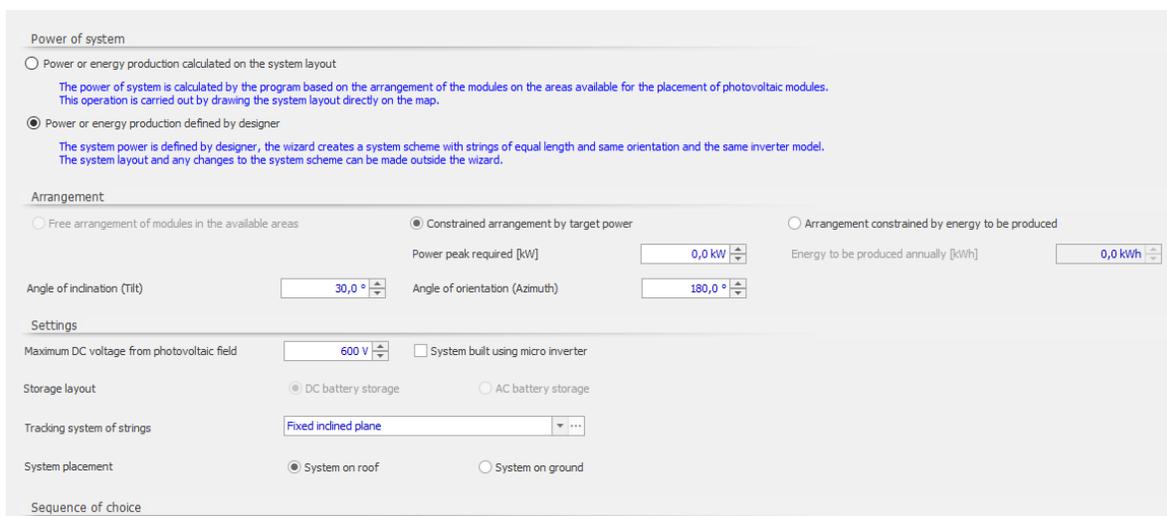


Figura 36 Ingreso de la producción de potencia del proyecto.

Primero registramos el valor de la potencia requerida, en este caso la potencia que teníamos para el proyecto era de 10kW.

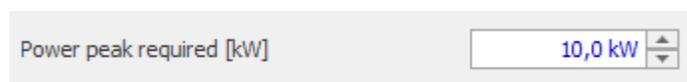


Figura 37 Potencia requerida

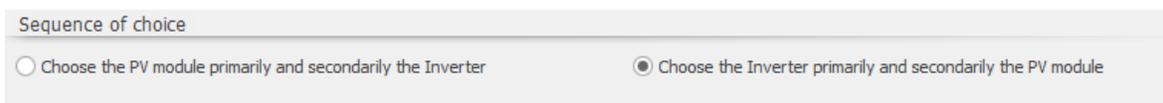
Segundo nos aseguramos que el ángulo de inclinación y el Azimut estén bien. El ángulo de inclinación lo dejamos en 15° debido a que al estar a 7 grados a la línea del ecuador debemos ajustar un ángulo que esté perpendicular a este, para poder obtener la mayor eficiencia de los paneles y aprovechar la mayor radiación posible del sol. El azimut es la orientación de 0° con respecto al norte, por tal motivo el software tiene un azimut por defecto de 180° debido a que los paneles deben estar orientados al sur.



Angle of inclination (Tilt) Angle of orientation (Azimuth)

Figura 38 Ángulos de inclinación

Sexto paso: Luego de ingresar todos los datos se procede a seleccionar el microinversor para poder continuar con la simulación y le damos seguir.



Sequence of choice

Choose the PV module primarily and secondarily the Inverter Choose the Inverter primarily and secondarily the PV module

Figura 39 Paso a seleccionar microinversor o Panel solar

Séptimo paso: Aquí escogemos el microinversor que vamos a usar, como ya sabemos, cuál es, nos dirigimos solamente a buscarlos en el software:

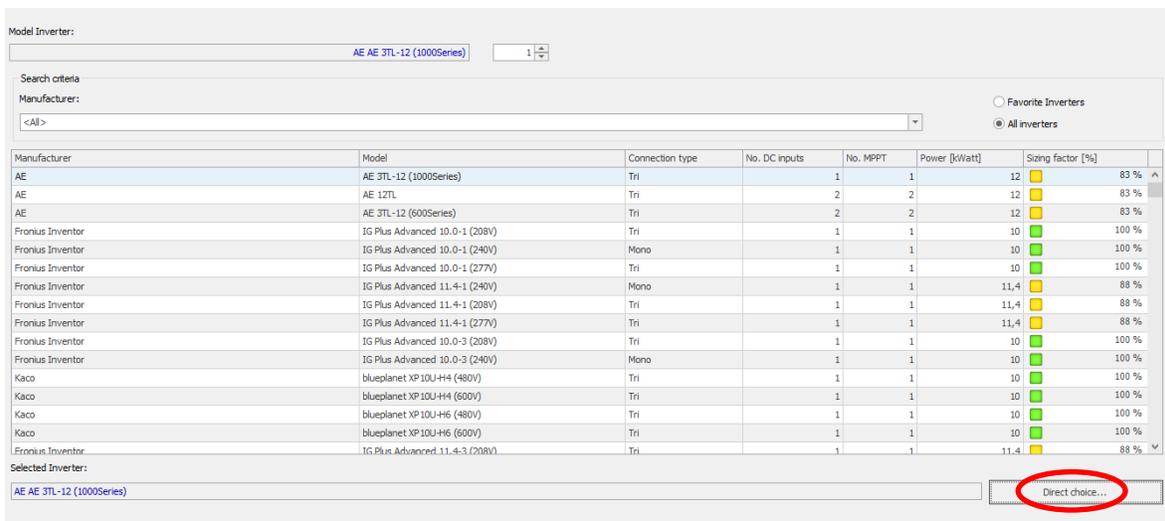


Figura 40 Lista para escoger el microinversor

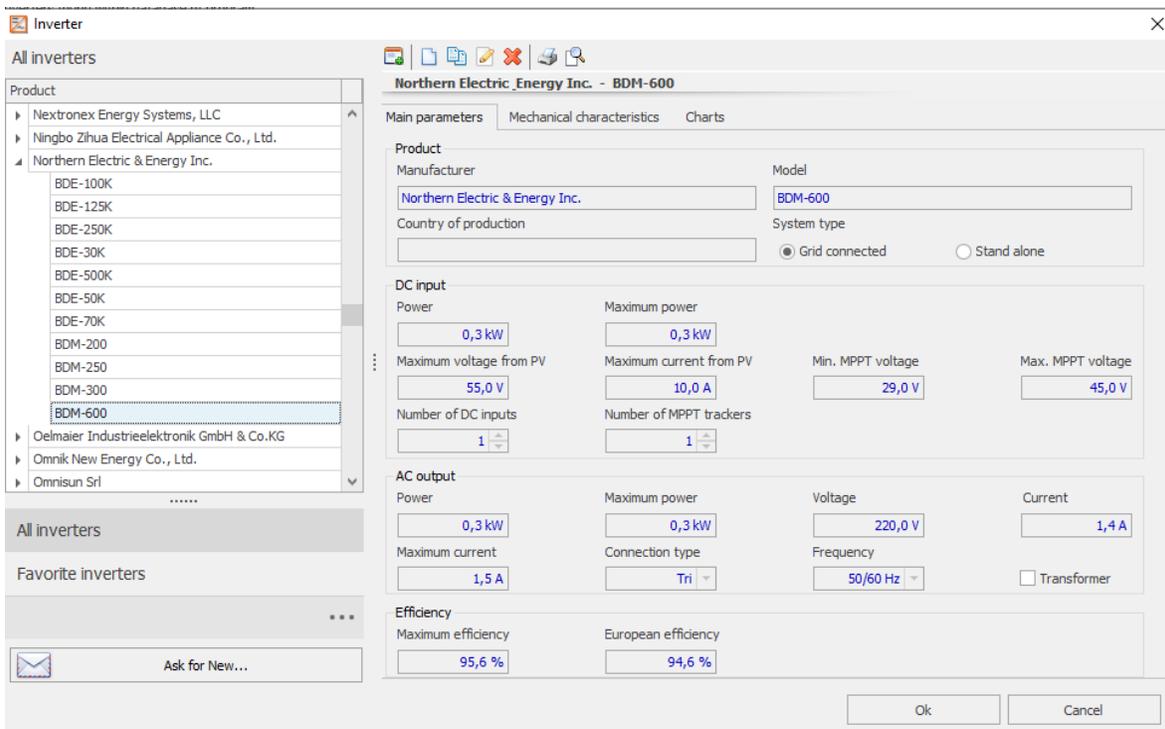


Figura 41 Microinversor NEP 600W



Model Inverter:

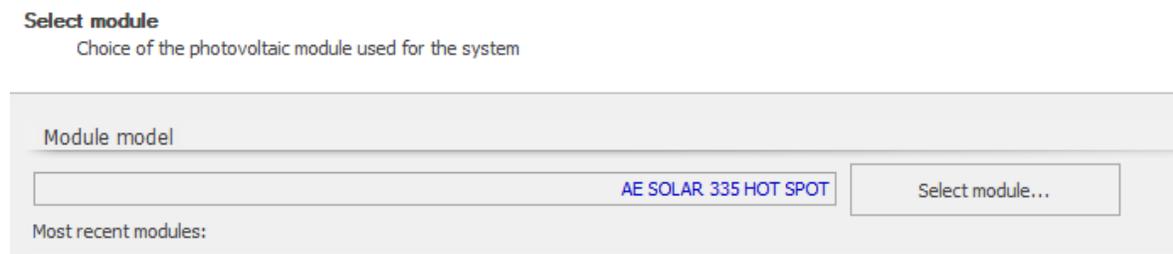
Northern Electric & Energy Inc. BDM-600

15

Figura 42 Cantidad de microinversores a utilizar

Le damos ok para continuar.

Octavo paso: Ahora seleccionamos el panel previamente seleccionado Hot-Spot Free de 335W



Select module
Choice of the photovoltaic module used for the system

Module model

AE SOLAR 335 HOT SPOT

Select module...

Most recent modules:

Figura 43 Panel solar AE SOLAR HOT-SPOT FREE 335W

Al finalizar el software arroja la simulación y muestra los datos de operación.

Noveno paso: Se procede a revisar los resultados de simulación, donde nos indica la cantidad de paneles que se requiere instalar, la producción de energía anual, la productividad anual y área que se necesita para la instalación de los paneles además de la reducción anual que hay de CO₂.



Figura 44 Resultados de la simulación

La tabla dada en esta foto, es la producción de energía mensual que se consigue con la instalación de los paneles.

Decimo paso: Observamos el “Economic Analysis” y se revisó el costo total del sistema, el valor del kW, la ganancia que tiene el sistema a los 25 años y el costo de kWh producido.

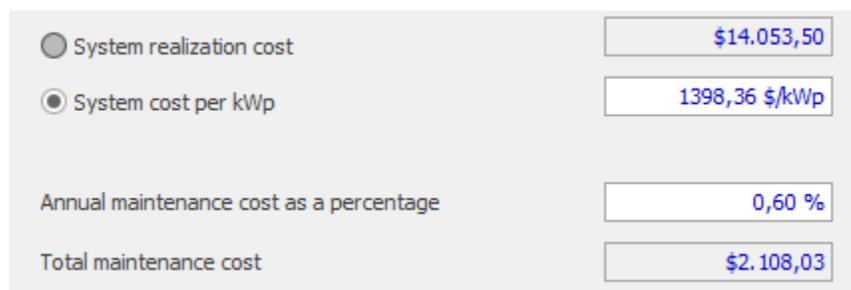


Figura 45 Costos del Análisis económico

Energy consumption			
Total annual consumption	<input type="text" value="49524,0 kWh"/>	Share of self-consumption	<input type="text" value="100,00 %"/>
Annual increase of consumption	<input type="text" value="0,00 %"/>	Annual self-consumption	<input type="text" value="13574,9 kWh"/>
Average cost of electricity withdrawn	<input type="text" value="0,2 \$/kWh"/>		
Energy price inflation	<input type="text" value="6,00 %"/>		

Figura 46 Tipos de energías

A partir de estos datos se generó la gráfica de la ganancia neta:

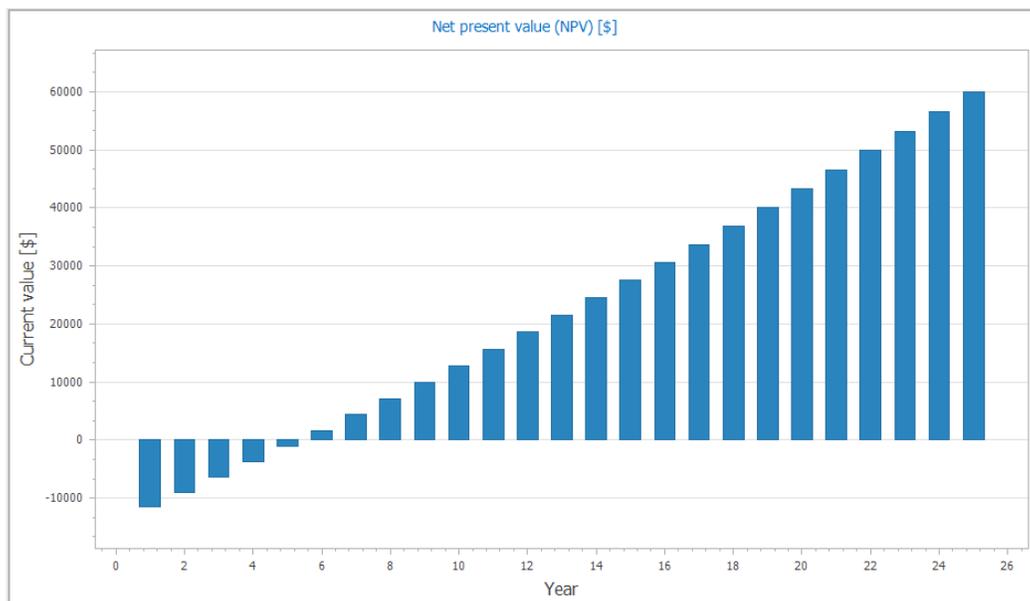


Figura 47 Gráfica que representa el Net present value

Economic evaluation	
Cost of system	\$14.053,50
Payback period	4,8 years
Economic return after 25 years	\$117.529,76
NPV to 25 years	\$60.002,56
Cost of kWh produced	0,054 \$/kWh
Assessment period	25 years

Figura 48 Evaluación económica del sistema

Esta grafica representa la ganancia neta que el cliente va a tener durante los 25 años del proyecto incluido el costo de mantenimiento anual que por norma se debe hacer en estos sistemas, para su óptimo funcionamiento, este valor esta dado en USD.

7.2.4. Especificaciones de instalación del sistema solar fotovoltaico:

La ejecución técnica de la instalación del sistema fotovoltaico de mansión campestre 10,5 kW (30 Paneles de 335 Hot-Spot FREE); se llevó a cabo de la siguiente manera:

Los equipos que se decidieron utilizar fueron, el medidor bidireccional, Herrajería estructural de soporte CHIKO, acometida eléctrica en AC, Tableros de sincronización y pantalla de monitoreo NEP.

7.2.4.1 Medidor Bidireccional



Figura 49. Medidor bidireccional iskra

De acuerdo al consumo mensual del cliente se seleccionó el tipo de medidor bidireccional, según la normal CREG 038 del 2014. Posteriormente se retiró el medidor unidireccional existente con sus respectivos transformadores de corriente con la finalidad de registrar por sistema de teledemanda los excedentes energéticos entregados a la red.

7.2.4.2. Acometida en AC



Figura 50 Acometida en AC



Figura 51 Acometida en AC

Inicialmente se instaló un tablero de distribución eléctrico en AC, que servirá como sistema de corte para el sistema solar fotovoltaico que estará sincronizado con el circuito de red eléctrico del hotel. Posteriormente se instaló la tubería desde el tablero de distribución hasta el punto de salida de los microinversores a 220V en AC. La tubería que se utilizó por normativa RETIE fue IMC 1 1/2”.

7.2.4.3. Pantalla trifásica de monitoreo NEP



Figura 52 Pantalla de monitoreo NEP

Se ubicó la pantalla de monitoreo NEP en el espacio apropiado junto a los tableros de distribución de baja tensión, ya que este sistema de comunicación funciona por PLC (Power Line Communication), es decir las señales de comunicación se transmiten por las mismas líneas de energización, por tanto, no es conveniente instalar estas pantallas lejos de los tableros de distribución, esta pantalla tiene un interruptor termomagnético trifásico de protección de 2A

7.2.4.4 Tableros de sincronización de baja tensión



Figura 53 Tablero de sincronización

Se diseñó un tablero de sincronización de acuerdo a las especificaciones eléctricas del sistema solar fotovoltaico que contiene un totalizador sincronizado (conexión entre la red y el sistema solar fotovoltaico) de 200 A al totalizador principal del hotel y 3 interruptor magnetotérmico que protegen las 3 líneas de voltaje del SSFV⁶. El tablero de distribución en AC tiene su respectivo barraje de protección de tierra en caso de sobretensiones y barraje de neutro para sobrecorrientes.

⁶ Sistema solar fotovoltaico

Como puede observarse en la imagen se conectó la salida de los 3 interruptor magnetotérmico de la siguiente manera:

El primer interruptor magnetotérmico tiene dos salidas, las cuales se conectaron al barraje 1 y al barraje 2, la salida del segundo interruptor magnetotérmico se conectó al barraje 2 y al barraje 3, la salida del tercer interruptor magnetotérmico se conectó al barraje 1 y al barraje 3 y la salidas del totalizador de 200 A se conectó a la línea del barraje correspondiente (L1,L2,L3 del barraje), posteriormente se conectó un cable que iba desde nuestro barraje hasta el tablero de distribución del hotel.

7.2.4.5. Herrajería estructural de soporte CHIKO:



Figura 54 Riel para montaje tomada de: (<http://solarpeople.co/product-category/estructuras/>)

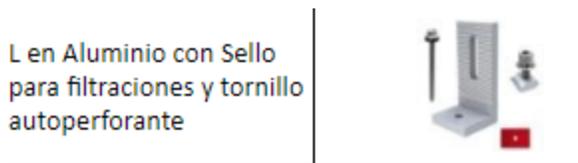


Figura 55 L con sello tomada de: (<http://solarpeople.co/product-category/estructuras/>)



Figura 56. MID de 40mm tomada de: (<http://solarpeople.co/product-category/estructuras/>)



Figura 57 END de 40mm tomada de: (<http://solarpeople.co/product-category/estructuras/>)

La herrajería estructural requerida para el tipo de techo del hotel misión campestre fue:

- L en aluminio con sello: esta L se adhiere a la viga metálica de la estructura por medio de perforaciones con taladro.
- MIDclam de 40mm: Es la pieza que permite sujetar un panel con otro.
- ENDclam de 40mm: Es la pieza que sujeta el final de los arreglos de paneles.
- Riel: Es el elemento principal de aluminio al que se adhiere todas las piezas estructurales del sistema fotovoltaico.

7.2.4.6. Panel solar AE SOLAR HOT-SPOT FREE:



Figura 58 Sistema solar AE SOLAR HOT-SPOT FREE

Conociendo anteriormente la potencia de los paneles solares de 335W y los microinversores de 600W, se solicitó instalar 10 kW, por lo tanto el modelo de conexión que se utilizó fue de 3 grupos, cada uno conformado por 10 paneles solares y 5 microinversores, para obtener las 3 líneas y conectar el modelo trifásico al usuario.

7.2.4.7 Microinversores NEP 600W:

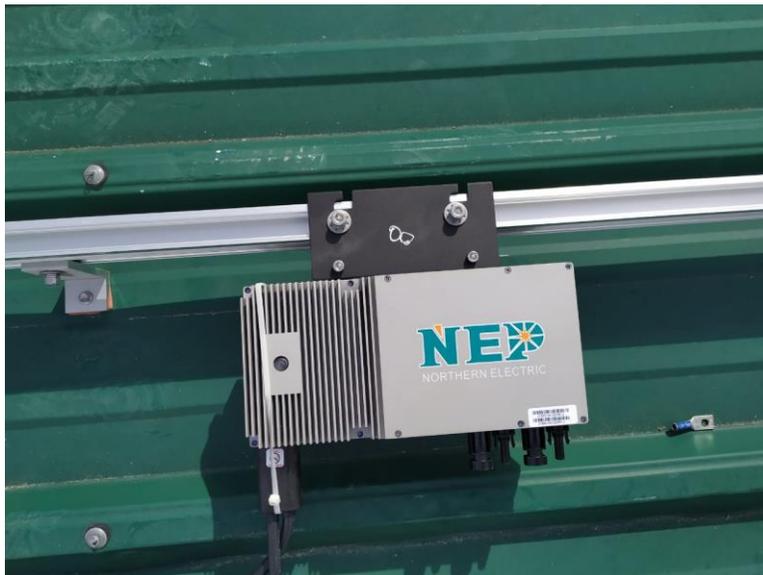


Figura 59 Microinversor NEP 600W



Figura 60 Microinversores instalados en techo

Los microinversores NEP BDM600 permiten la entrada de los 2 paneles de 335W, teniendo una potencia máxima de salida de 550W es decir 275Wp por panel eficaces, para ello se instalaron específicamente en este sistema 15 microinversores divididos en 3 grupos de 5, cada grupo protegido por un interruptor automatico de 15 A bifásico y un totalizador principal de 50 A; los microinversores tiene un LED de alerta, cuando enciende el rojo indica que la conexión está mal y el microinversor no está generando energía, cuando enciende color naranja quiere decir que está entregando energía pero no se está comunicando con el sistema de monitoreo, cuando enciende color verde quiere decir que el sistema está generando y esta comunicado con el sistema de monitoreo.

Tabla 2

Instructivo para la instalación de un SSFV

N°	Actividad	Responsable	Descripción	Documentos o registros
1	Instalar acometida en AC	Equipo de trabajo externo contratado	Se revisa la contratación de técnicos electricistas para la canalización de la acometida AC hasta el tablero de llegada de red y generación solar con acrílico y facilidad para instalación de sellos con protecciones de red (sistema solar y acometida existente). Nota: Toda la instalación debe cumplir RETIE.	Registro fotográfico
2	Inspeccionar el área de trabajo	Profesional de proyectos de Energías Renovables Equipo de trabajo asignado	Se debe verificar que el lugar en donde se va a instalar el sistema fotovoltaico cuente con las condiciones para trabajo seguro en alturas y que además los elementos de protección personal, herramienta menor se encuentren en buen estado. De igual forma, el personal cumpla con todos los requisitos para el desarrollo de esta labor y se encuentre en condiciones óptimas para trabajar.	Permiso de trabajo en alturas FO-HSE-50 Formato de inspección de arnés y eslingas FO-HSE-003 Registro de inspección general de elementos y equipos de protección contra caídas FO-HSE-031

N°	Actividad	Responsable	Descripción	Documentos o registros
3	Instalar el soporte	Profesional de proyectos de Energías Renovables Equipo de trabajo asignado	Con base a la medición previamente hecha en el dimensionamiento del sistema, se realiza una configuración para el área en donde se va a realizar la instalación del sistema. Posteriormente, se procede a instalar las bases ó el soporte en aluminio dependiendo del tipo de cubierta en donde se van a instalar el sistema.	Registro fotográfico
4	Instalar los paneles solares	Profesional de proyectos de Energías Renovables Equipo de trabajo asignado	Una vez instalado el soporte ó la base, se colocan las “L” y el riel y a partir de ahí se instalan sobre estas los paneles solares.	Registro fotográfico
5	Anclar paneles	Profesional de proyectos de Energías Renovables Equipo de trabajo asignado	Se inicia con la instalación de las grapas para unión entre paneles en aluminio. Generalmente, se colocan dos en cada panel y así sucesivamente se van uniendo panel trans panel. Finalmente, se instalan las grapas de finalización en aluminio la cual debe ir al	Registro fotográfico

Nº	Actividad	Responsable	Descripción	Documentos o registros
			momento en que se termina de anclar el último panel.	
6	Conectar los strings de paneles	Profesional de proyectos de Energías Renovables Equipo de trabajo asignado	De acuerdo con la tensión permisible del inversor por cada MPPT, se realiza una configuración para conectar los paneles en serie ó en paralelo según convenga. La manera de conectar los paneles es unir el cable positivo del número uno (1) con el negativo del número dos (2) y así sucesivamente hasta terminar la instalación de todos los paneles.	Registro fotográfico
7	Aterrizar paneles y estructura	Profesional de proyectos de Energías Renovables Equipo de trabajo asignado	Instalar un cable de color verde, generalmente con terminales de ojo a todos los paneles existentes y también la estructura de soporte de los paneles. Este se debe conectar a un barraje de Tierra que se debe instalar al lado del inversor (este debe ser recubierto.)	Registro fotográfico
8	Conectar los strings al inversor	Profesional de proyectos de Energías Renovables	Una vez hechas las conexiones de los paneles solares, se conecta la cantidad de strings que se	

N°	Actividad	Responsable	Descripción	Documentos o registros
		Equipo de trabajo asignado	realizaron para esa configuración al inversor. Nota: Los cables DC, deben ir encintados con el color blanco para positivo y negro para negativo.	
9	Sincronizar el inversor a la red	Profesional de proyectos de Energías Renovables Equipo de trabajo asignado	Se inicia verificando que todas las conexiones se encuentren correctas y midiendo tensión en AC como en DC antes de energizar el sistema solar, posteriormente se energiza la parte de DC, luego la parte de AC y se inicia a hacer la configuración del inversor dependiendo del nivel de tensión existente en el lugar de la instalación.	Registro fotográfico
10	Verificación del funcionamiento	Profesional de proyectos de Energías Renovables Equipo de trabajo asignado	Una vez, se ha realizado la sincronización del inversor a la red y configurar el inversor, se verifica que el sistema este generando la energía de manera correcta; de esta forma se prueba que la instalación del sistema solar fotovoltaico se	

N°	Actividad	Responsable	Descripción	Documentos o registros
			encuentra funcionando adecuadamente.	

7.3 Elaborar los procedimientos operativos para el desarrollo de un proyecto de energía solar fotovoltaica de 10 KW

En el proyecto se decidió elaborar este paso a paso, debido a que se quería tener control de los documentos a necesitar a la hora de ir a la ESSA.

Tabla 3

Instructivo para la inscripción del proyecto ante el operador de red.

item	descripcion de actividad o recurso	Responsable	Departamento	Datos			observaciones
				Contacto	Requisitos	Tiempo	
1	información previa						
2	realizar diagrama unifilar del sistema fotovoltaico						
3	realizar las memorias de calculo (selección de conductores, caracteirsticas del sistema, protecciones, sistema de puesta a tierra, calculos de energia consumida y exportada)						

ítem	descripcion de actividad o recurso	Responsable	Departamento	Datos		observaciones
				Contacto	Requisitos Tiempo	
4	realizar el esquema de proteccion de voltaje y frecuencia del punto de conexión					se cumple con manual del inversor
5	informacion tecnica y certificaciones de los equipos (inversor y paneles)					
6	realizar captura de la imagen de la disponibilidad de la cuenta donde se instalarà el sistema					sacar de la web http://www.essa.com.co/site/clientes/es-es/nuestrosproductosyservicios/autogeneradores.aspx#
7	inscripcion del proyecto ante la comercializadora			alexander caro / sara	repsu esta en 5 dias habil es	se realiza via web, la respuesta llega via correo según la inscripcion en la pagina
8	almacenamiento de informacion: carpeta del proyecto en comunicaciones					

7.4 Documentación y memoria de cálculo para la puesta a punto de un sistema solar fotovoltaico, para aplicar a los incentivos de ley de la CREG 030 como autogenerador a pequeña escala (AGPE).

7.4.1 Memoria de cálculo:

7.4.1.1 Proyecto

Sistema Solar Fotovoltaico conectado a la red para abastecer la tercera parte de energía de la carga del Hotel Mansión Campestre.

7.4.1.2 Descripción

El sistema solar fotovoltaico interconectado a la red se situará en el del Hotel Mansión Campestre y podrá proporcionar la tercera parte de energía eléctrica para las cargas instaladas.

7.4.1.2.1 Radiación del sitio de instalación

En este lugar tenemos la siguiente radiación incidente sobre una superficie horizontal obtenido de acuerdo con la fuente de la NASA-SSE.

Tabla 4

Radiación del sitio

Month	Diffuse daily [kWh/m²]	Direct daily [kWh/m²]	Global daily [kWh/m²]
January	1,69	3,65	5,34
February	1,96	3,38	5,34
March	2,20	3,08	5,28
April	2,31	2,65	4,96
May	2,20	2,81	5,01
June	2,09	3,07	5,16
July	2,03	3,54	5,57
August	2,15	3,40	5,55
September	2,22	3,05	5,27
October	2,10	2,70	4,80
November	1,90	2,82	4,72
December	1,73	3,13	4,86
Yearly	2,05	3,11	5,16

7.4.1.3 Ubicación geográfica del sistema:

Tabla 5

Ubicación del sistema

Installation site	
Location	San Alberto
Address	Calle 2 # 3-20
Latitude	7,76°
Longitude	-73,39°
Altitude	0 metri
Maximum temperature	28,51 °C

Installation site	
Minimum temperature	19,22 °C
Global irradiation on a horizontal plane	5,16 kWh/m ²
Albedo	20%

7.4.1.4. Características del sistema:

El sistema fotovoltaico con Potencia nominal de 10,05 kW se conectará a la red de distribución eléctrica en corriente trifásica de baja tensión en corriente alterna de tipo Tri competente de 230,0 V.

Las características del Sistema se resumen a continuación,

- 30 cadenas de 1 módulos conectados en serie
- El grupo de conversión formado por 15 microinversores bifásicos
- El grupo de interfaz
- Los sistemas de medición de energía.

7.4.1.4.1 Generación Fotovoltaica.

Consistirá en:

- Módulos PV conectados en serie para la realización de la cadena.
- Cables eléctricos para la conexión entre los módulos y estos a los paneles eléctricos.

A continuación, se presentan las características del generador fotovoltaico y de sus componentes principales, llamados cadenas y módulos.

Tabla 6

Características eléctricas del SSFV

Características eléctricas del sistema solar fotovoltaico	
Nominal power	10,05 kWp
Number of PV modules	30
Intercepting surface	59,4 m ²
Number of strings	30
Maximum voltage @STC (Voc)	46,84 V
Voltage at maximum power @STC (Vmpp)	38,85 V
Short circuit current @STC (Isc)	18,86 A
Current at maximum power @STC (Impp)	17,24 A

En el caso de la planta en cuestión, el generador fotovoltaico presenta una sola exposición (ángulo de inclinación, y el ángulo de azimut igual para todos los módulos fotovoltaicos), a saber:

Exposición del generador fotovoltaico:

Azimut: 180°

Inclinación : 15°

La potencia nominal de la generación fotovoltaico de 10,05 kW utiliza la configuración serie-paralelo y se dividirá en 30 cadenas de módulos conectados en serie. A continuación, se enumeran las composiciones de las cadenas del sistema.

Tabla 7

Características eléctricas de las series

Características eléctricas de las series	
Number of PV modules in series	1
Nominal power	0,335 kW
Open circuit voltage (Voc)	46,84 V
Short circuit current (Isc)	9,43 A
Current at maximum power (Impp)	8,62 A

Datos de la construcción de los módulos:

Tabla 8

Información de paneles

Información de la construcción de los módulos	
Manufacturer	AE SOLAR
Model	HOT SPOT
Tecnology	Si-Mono
Nominal power	335,00 W
Tolerance	0,00%
Open circuit voltage (Voc)	46,84 V
Voltage at maximum power (Vmpp)	38,85 V
Short circuit current (Isc)	9,43 A
Current at maximum power (Impp)	8,62 A
Área	1,98 m ²
Efficiency	16,9%

7.4.1.4.2 Grupo De Conversión DC/AC

El grupo de conversión del sistema fotovoltaico consistirá en 15 micro inversores bifásicos para una potencia total de aproximadamente 10,05 kW.

Las principales características técnicas del microinversor se resumen a continuación.

Tabla 9.

Información microinversores

Detalles de los microinversores	
Manufacturer	Northern Electric & Energy Inc.
Model	BDM-600
Nominal power	0,60 kW
Maximum power	0,72 kW
Maximum efficiency	95,50%
European efficiency	95,50%
Maximum voltage from PV	60,00 V
Minimum voltage MPPT	22,00 V
Maximum voltage MPPT	55,00 V
Maximum input current	24,00 A
Number of MPPT	2
AC output voltage	208,00 V
Output	two-phase
Isolation transformer	True
Frequency	60 z

7.4.1.5 Proyección de la energía generada por el sistema para consumo interno mes (KWH-MES)

Teniendo en cuenta la radiación diaria promedio mensual y el número de días que conforman los doce meses del año, se puede determinar el valor de la radiación global anual sobre una superficie horizontal para la ubicación de san Alberto. Este valor es igual a 5.16 [kWh / m²].

Sombras lejanas

Normalmente, en un sistema fotovoltaico el sombreado debe evitarse, ya que causa pérdida de potencia y por tanto de la energía producida. Sin embargo, los fenómenos limitados se podrán permitir cuando se evaluaron adecuadamente. En el caso de la planta en cuestión no existe sombra.

Cálculo de productividad

La producibilidad del sistema se calculó sobre la base de datos, derivados de cualquier fuente de datos climáticos de la NASA-SSE, del lugar de la instalación en relación con el promedio global mensual de la radiación solar incidente sobre la superficie horizontal.

El procedimiento para el cálculo de la energía producida por el sistema toma en cuenta la potencia nominal (10,05 kW), el ángulo de inclinación y acimut (15, 180°) de la generación fotovoltaica, las pérdidas de este (pérdidas resistivas, las pérdidas por diferencia de temperatura de los módulos, de reflexión y de una mala adaptación entre los strings), la eficiencia del inversor, así como el coeficiente de reflexión de la tierra delante de los módulos (20%) (albedo).

Por lo tanto, *la energía producida por el sistema sobre una base anual* ($E_{p,y}$) se calcula:

$$E_{p,y} = P_{nom} * Irr * (1 - Losses) = 13.574,93 \text{ kWh}$$

Dónde:

- P_{nom} = Potencia Nominal del sistema: 10,05 kW
- Irr = Radiación anual sobre la superficie de los módulos: 1879,35 kWh/m²
- $Losses$ = Pérdidas de potencia: 24 %

Las pérdidas de potencia son debido a varios factores. La tabla siguiente muestra estos factores de pérdidas y sus valores asumidos por el procedimiento para el cálculo de la producción del sistema.

Tabla 10

Pérdidas en el sistema

Pérdidas	
Pérdidas por temperatura	4,50 %
Pérdidas no coincidentes	5,50 %
Pérdidas resistivas	5,00 %
Pérdidas por conversión DC/AC	5,50 %
Otras pérdidas	3,50 %
Pérdidas por sombreado	0,00 %
Total, de pérdidas	24 %

El siguiente gráfico muestra la evolución de la producción mensual de energía que se espera durante el año.

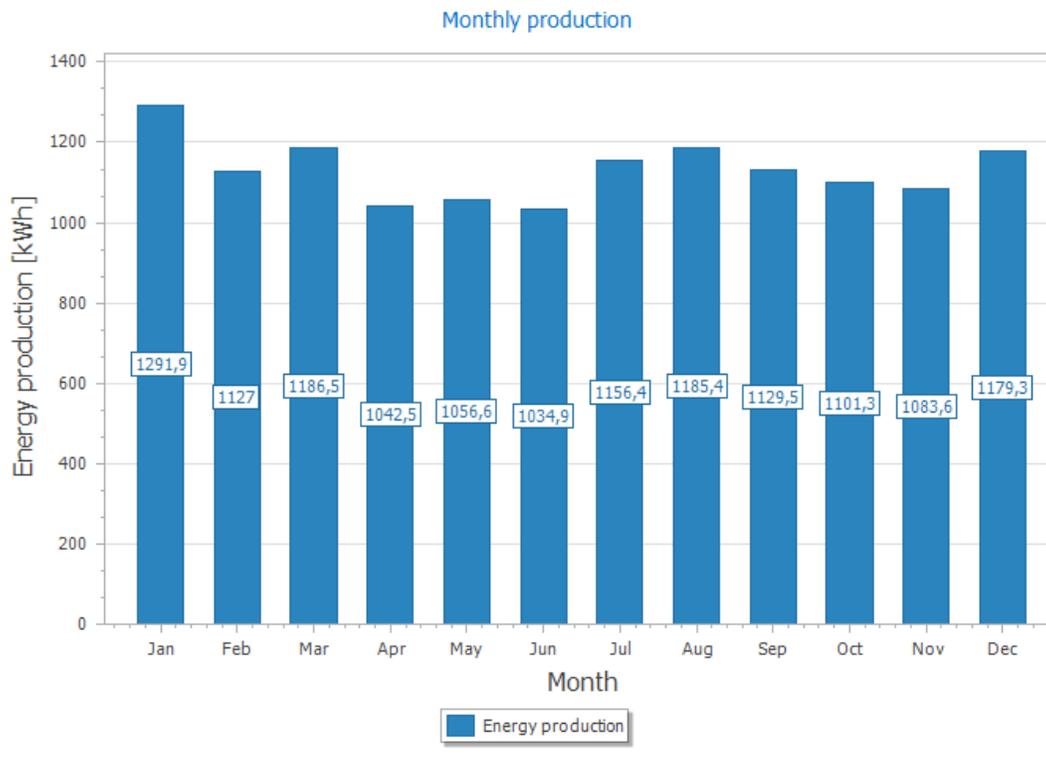


Figura 61 Producción de energía mensual

7.4.1.6 Proyección de energía inyectada a la red:

Tabla 11

Estimado de la energía entregada a la red

Mes	Potencia Inyectada [kWh]
Enero	227
Febrero	198.5
Marzo	208.9
Abril	183.6
Mayo	186.15
Junio	182.2
Julio	203.7
Agosto	208.8

Mes	Potencia Inyectada [kWh]
Septiembre	119.05
Octubre	193.9
Noviembre	190.9
Diciembre	207.80

7.4.1.7 Proyección de la energía para autoconsumo

Tabla 12

Proyección de la energía

Mes	Potencia Inyectada [kWh]
Enero	1112
Febrero	969.5
Marzo	1021
Abril	897.1
Mayo	909.05
Junio	890.6
Julio	995
Agosto	1020
Septiembre	1051.85
Octubre	947.7
Noviembre	932.4
Diciembre	1014.6

7.4.1.8 Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico.

El análisis de coordinación de aislamiento para este proyecto no aplica debido a que es un proyecto de Media y baja tensión, y la coordinación de aislamiento es un análisis requerido para

los sistemas de transmisión, es decir para alta tensión, tensiones mayores o iguales a 57.5 kV. Retie 2013 (Artículo 12. Clasificación de los niveles de tensión).

Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos.

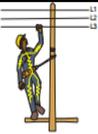
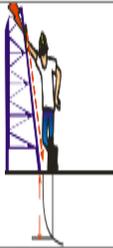
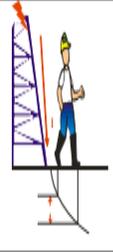
Se debe seguir lo establecido en el artículo 9.3 “*Factores de riesgo eléctrico más comunes*”, en la siguiente tabla 9.5 tomada del RETIE 2013, establece las medidas de protección.

En lo que respecta a los requisitos de protección contra rayos, en su artículo 42 del capítulo VII, el RETIE adopta la metodología para evaluar el riesgo debido a descargas eléctricas atmosféricas y las disposiciones de la NTC 4552 y la IEC 62305. En el reglamento, se establece que todas las instalaciones nuevas deben cumplir con el artículo mencionado.

- NO APLICA EN ESTE CASO ES UNA AMPLIACIÓN EN UN EDIFICIO EXISTENTE, NO ES UNA INSTALACIÓN NUEVA, NI HAY AMPLIACIÓN DE CARGAS. CON PROTECCIONES PARA RAYOS EN SU ENTORNO, SIN EMBARGO, SE CONTEMPLAN LAS MEDIDAS NECESARIAS DE EVALUACIÓN DE RIESGO.

Tabla 13

Normas RETIE tomada de: (<https://tu-pweb.wixsite.com/retie-ntc2050/single-post/2016/02/29/RETIE-Cap%C3%ADtulo-1-1>)

	<p style="text-align: center;">ARCOS ELÉCTRICOS.</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Malos contactos, cortocircuitos, aperturas de interruptores con carga, apertura o cierre de seccionadores con carga, apertura de transformadores de corriente, apertura de transformadores de potencia con carga sin utilizar equipo extintor de arco, apertura de transformadores de corriente en secundarios con carga, manipulación indebida de equipos de medida, materiales o herramientas olvidadas en gabinetes, acumulación de óxido o partículas conductoras, descuidos en los trabajos de mantenimiento.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Utilizar materiales envolventes resistentes a los arcos, mantener una distancia de seguridad, usar prendas acordes con el riesgo y gafas de protección contra rayos ultravioleta.</p>		<p style="text-align: center;">CONTACTO DIRECTO</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Negligencia de técnicos o impericia de no técnicos, violación de las distancias mínimas de seguridad.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Establecer distancias de seguridad, interposición de obstáculos, aislamiento o recubrimiento de partes activas, utilización de interruptores diferenciales, elementos de protección personal, puesta a tierra, probar ausencia de tensión, doble aislamiento.</p>
	<p style="text-align: center;">AUSENCIA DE ELECTRICIDAD (EN DETERMINADOS CASOS)</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Apagón o corte del servicio, no disponer de un sistema ininterrumpido de potencia - UPS, no tener plantas de emergencia, no tener transferencia. Por ejemplo: Lugares donde se exijan plantas de emergencia como hospitales y aeropuertos.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Disponer de sistemas ininterrumpidos de potencia y de plantas de emergencia con transferencia automática.</p>		<p style="text-align: center;">CONTACTO INDIRECTO</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Fallas de aislamiento, mal mantenimiento, falta de conductor de puesta a tierra.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Separación de circuitos, uso de muy baja tensión, distancias de seguridad, conexiones equipotenciales, sistemas de puesta a tierra, interruptores diferenciales, mantenimiento preventivo y correctivo.</p>
			<p style="text-align: center;">CORTOCIRCUITO</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Fallas de aislamiento, impericia de los técnicos, accidentes externos, vientos fuertes, humedades, equipos defectuosos.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Interruptores automáticos con dispositivos de disparo de máxima corriente o cortacircuitos fusibles.</p>
			<p style="text-align: center;">ELECTRICIDAD ESTÁTICA</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Unión y separación constante de materiales como aislantes, conductores, sólidos o gases con la presencia de un aislante.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Sistemas de puesta a tierra, conexiones equipotenciales, aumento de la humedad relativa, ionización del ambiente, eliminadores eléctricos y radiactivos, pisos conductivos.</p>
	<p style="text-align: center;">TENSIÓN DE CONTACTO</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de distancias de seguridad.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Puestas a tierra de baja resistencia, restricción de accesos, alta resistividad del piso, equipotencializar.</p>		<p style="text-align: center;">EQUIPO DEFECTUOSO</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Mal mantenimiento, mala instalación, mala utilización, tiempo de uso, transporte inadecuado.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Mantenimiento predictivo y preventivo, construcción de instalaciones siguiendo las normas técnicas, caracterización del entorno electromagnético.</p>
	<p style="text-align: center;">TENSIÓN DE PASO</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de áreas restringidas, retardo en el despeje de la falla,</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Puestas a tierra de baja resistencia, restricción de accesos, alta resistividad del piso, equipotencializar.</p>		<p style="text-align: center;">RAYOS</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Fallas en: el diseño, construcción, operación, mantenimiento del sistema de protección.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Pararrayos, bajantes, puestas a tierra, equipotencialización, apantallamientos, topología de cableados. Además suspender actividades de alto riesgo, cuando se tenga personal al aire libre.</p>
			<p style="text-align: center;">SOBRECARGA</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Superar los límites nominales de los equipos o de los conductores, instalaciones que no cumplen las normas técnicas, conexiones flojas, armónicos, no controlar el factor de potencia.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Uso de Interruptores automáticos con relés de sobrecarga, interruptores automáticos asociados con cortacircuitos, cortacircuitos, fusibles bien dimensionados, dimensionamiento técnico de conductores y equipos, compensación de energía reactiva con banco de condensadores.</p>

Para los equipos de protección y aislamiento se utiliza (según norma NTC 2050) de baja tensión, se plantea la matriz de niveles de riesgo indicada en el RETIE, teniendo en cuenta los parámetros de la zona y la gravedad estipulada por la norma. Con el fin de evaluar el nivel o grado

de riesgo de tipo eléctrico, aplica la matriz para los 11 factores de riesgo eléctrico más comunes para las instalaciones eléctricas, sus posibles causas, algunas medidas de protección y conclusiones (RETIE 2013 ARTÍCULO 10.1.1 (e)).

Se debe entregar la matriz de riesgos diligenciada para cada uno de los 11 factores de riesgo, conclusiones y recomendaciones.

- NO APLICA POR EL BAJO NIVEL DE RIESGO POR LA NATURALEZA DE LOS MICROINVERSORES CONECTADOS EN PARALELO CON 1.35 AMPERIO CON UN ÚNICO PUNTO DE FALLA Y EN CUALQUIER EVENTO EL FUEGO SE EXTINGUE. Se realiza matriz de riesgo por contacto directo.

FACTOR DE RIESGO POR CONTACTO DIRECTO										
TECHO SOLAR LAS DELICIAS										
POSIBLES CAUSAS: En el desarrollo de la instalación se puede presentar electrocución por negligencia de técnicos y violación de las distancias mínimas de seguridad.										
MEDIDAS DE PROTECCIÓN: establecer las distancias de seguridad, utilizar los elementos de protección personal, verificar ausencias de tensión e instalar puestas a tierras sólidas.										
RIESGO A EVALUAR:	Electrocución			por	Contacto directo			(al) o (en)	Instalación BT	
	EVENTO O EFECTO				FACTOR DE RIESGO (CAUSA)				FUENTE	
	(E): Quemaduras)				(E): Arco eléctrico)				(E): celda de 13,8 V)	
POTENCIAL		REAL		FRECUENCIA						
	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>							
	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la empresa	Sucede varias veces en el año en la empresa	Sucede varias veces en el mes en la empresa
CONSUENCIAS	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura Interrupción	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores, salida de subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos, interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes, interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta el rendimiento laboral)	Daños leves, no interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
EVALUADOR:	Luis Fernando Barros-Suarez			MP:	AN-205-5198			FECHA:	nov-18	

Figura 62 Factor de riesgo tomada de: (<https://tu-pweb.wixsite.com/retie-ntc2050/single-post/2016/02/29/RETIE-Cap%C3%ADtulo-1-1>)

7.4.1.9 Cuadro de carga

Para el diseño del proyecto se partió de la solicitud del cliente de obtener un 45% del ahorro del consumo promedio.

Tabla 14

Cuadro de carga

Item	Parametro	Cantidad	Unidad
1	Consumo Promedio Mensual	4127	kWh/mes
2	Generación Mensual Estimada	1172	kWh/mes
3	Generación Diaria Estimada	40	kWh/día
4	Factor de Generación	3.98	kWh/día/Kw
5	Capacidad Máxima a Instalar en DC	10.05	KW
6	Capacidad a Instalar en AC	10.05	KW
7	Potencia de cada Panel	335	W
8	Cantidad de Paneles a Instalar	30	unidades
9	Cantidad de Microinversores a Instalar	15	unidades
10	Potencia de cada Microinversor	600	W
11	Potencia de planta en dc	10.05	10

7.4.1.9.1 Análisis de tensión requerido

Presentar el análisis del nivel de tensión requerido para el proyecto en baja tensión se debe asegurar que la tensión de operación no exceda la normal del equipo.

- Nivel de Tensión: Baja Tensión con energía de corriente Alterna, con frecuencia de 60HZ
- Tensión Nominal: sistema de dos conductores 120 / 208 V, tensión máxima de la nominal en %+5, tensión mínima de la nominal en %+10
- El sistema fotovoltaico tiene sus paneles y microinversores conectados en paralelo y todo el sistema desde los microinversores dos debajo de los paneles, en AC los microinversores emulan la red por lo tanto su máximo nivel de tensión es el mismo del perfil de la red pública, 240 / 208V.

•Margen de voltaje: si el voltaje de servicio es crónicamente alto, el operador de red algunas veces realizará un cambio de toma en el transformador de distribución. Esto puede proporcionar un porcentaje de margen de voltaje adicional.

•Voltaje de la red pública: la empresa debe mantener el voltaje en el PCC dentro de +/- 5% del nominal y en algunos estados dentro de +/- 3% del nominal. Las funciones de protección de los microinversores se configuran en +10% / - 12% por defecto. El extremo de alto voltaje de la tolerancia es de mayor preocupación porque los inversores son una fuente y no una carga. Si el operador de red es consistentemente 5% alto, eso deja menos del 5% para todas las pérdidas de cableado e interconexión, así como la precisión de la medición del inversor.



BDM-600-D
Grid-tie Micro Inverter System

MODEL		BDM-600-D (a.k.a. BDM-300X2-D)		
INPUT(DC)	Max Recommended PV Power (Wp)	360 x 2		
	Max DC Open Circuit Voltage (Vdc)	60		
	Max DC Input Current (Adc)	12 x 2		
	MPPT Tracking Accuracy	>99.5%		
	MPPT Tracking Range (Vdc)	22-55		
	Isc PV (absolute maximum) (Adc)	14 x 2		
	Maximum Inverter Backfeed Current to the Array (Adc)	0		
OUTPUT(AC)	Peak AC Output Power (Wp)	550		
	Rated AC Output Power (Wp)	500		
	Nominal Power Grid Voltage (Vac)	240	208	230
	Allowable Power Grid Voltage (Vac)	211-264*	183-229*	configurable*
	Allowable Power Grid Frequency (Hz)	59.3-60.5*		configurable*
	THD	<3% (at rated power)		
	Power Factor (cos phi, fixed)	>0.99 (at rated power)		
	Rated Output Current (Aac)	2.08	2.40	2.17
	Current (inrush) (Peak and Duration)	24A, 15us		
	Nominal Frequency (Hz)	60		50
	Maximum Output Fault Current (Aac)	4.4A peak		
	Maximum Output Overcurrent Protection (Aac)	10		
	Maximum Number of Units Per Branch (20A) (All NEC adjustment factors have been considered)	7/5	6/5	7/5

Figura 63 Microinversor NEP 600W tomada de: (<http://solarpeople.co/product/microinversor-nep-bdm-600-d/>)

Los Microinversores NEP BDM 600, uno cada dos paneles, están conectados en paralelo el revolucionario cable de dos conductores, formando circuitos independientes y se conectan todo en

AC directamente al panel principal de la edificación, alimentando todos los circuitos, Los Microinversores tienen su propio sistema de protección y desconexión

Los Microinversores NEP se comunican en ambas direcciones al portal de comunicación NEPVIEWER quien envía datos y recibe actualizaciones, comunica los perfiles de la red al Microinversor NEP, El Microinversor Emula los parámetros de Energía y activa la generación. Si la red está fuera de los parámetros de energía permisibles por la norma el microinversor NEP abre sus protecciones y deja de generar energía, hasta que no se restablezcan los parámetros de los perfiles de la red. Esta tecnología de última generación simplifica enormemente el diseño de desconexión y anti isla.

NEP Garantiza que los circuitos independientes de Microinversores conectados en paralelo, se integren a la red con una protección de 20 A cable #12 AWG hasta un número de 7 Microinversores por circuito para la serie BDM en sistemas 208VAC monofásico, gracias a que cada Microinversor tiene una Corriente nominal de salida 2.4 A.

7.4.1.9.2 Calculo de la Protección y cableado

Micro Inversor bifásico diseñado con tecnología digital avanzada, para lograr una conversión eficiente y garantizar un voltaje de salida óptimo independiente del número de módulos solares disponibles y de las condiciones ambientales. La unidad está conformada por un conector que recibe la salida de las 3 fases del inversor conformando el bus AC.

7.4.1.9.3 Por lo anterior se procede a dimensionar las protecciones trifásicas en AC:

La corriente nominal de salida de cada micro inversor es 3 A, se protegerán 15 A, Por arreglo

a) Protección de 2x20 A con protección por falla a tierra (GFCI) en el gabinete existente ubicado en el punto de conexión.

7.4.1.9.4 Cálculo del calibre de conductores AC entre el microinversor y el tablero de distribución. Se determina por dos criterios, escogiendo el mayor calibre.

a) Criterio de máxima intensidad admisible por el cable: El cable de alterna debe soportar 1,25 veces la intensidad nominal a la salida del microinversor. En este caso $1.25 I_{INV,AC} = 1.25 * 15 = 18.8[A]$. Con base en la siguiente tabla se tiene que el calibre 12 AWG es idóneo.

Tabla 15

Tabla de calibre de conductor tomada de: (<https://co.pinterest.com/pin/788059634767689762/>)

Tabla 310-16 Capacidad de corriente permisible en conductores aislados para 0 a 2 000 V nominales y 60 °C a 90 °C. No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización, cable o tierra (directamente enterrados) y temperatura ambiente de 30 °C.

Sección transv.	Temperatura nominal del conductor (ver Tabla 310-13)						Calibre
	60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C	
	TIPOS TW*, UF*	TIPOS FEPW*, RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*, ZW*	TIPOS TBS,SA,SS,FEP*, FEPB*,MI,RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*,THW-2*, THWN-2*, USE-2, XHH, XHHW*, XHHW-2, ZW-2	TIPOS TW*, UF*	TIPOS RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW, USE*	TIPOS TBS,SA,SS, THHN*, THHW*, THW-2, THWN-2, RHH*, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	
mm²	COBRE			ALUMINIO o ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE			AWG o kcmils
0,82	--	--	14	--	--	--	18
1,31	--	--	18	--	--	--	16
2,08	20*	20*	25	--	--	--	14
3,30	25*	25*	30*	20*	20*	25*	12
5,25	30	35*	40*	25	30*	35*	10

b) Criterio de la máxima caída de tensión permisible en el cable: El inversor es trifásico con un factor de potencia $> 0,8$: este último se supondrá igual a la unidad (caso más desfavorable). Adicionalmente con base en la ITC-BT40 “Instalaciones generadoras de baja tensión”, la caída en la parte de alterna no ha de exceder el 1,5% de la tensión de salida nominal del inversor, por lo tanto, se tiene:

$$S_{m,AC} = \frac{\sqrt{3} * L_{AC} * I_{INV,AC} * \cos\varphi}{\Delta V_{AC} * \sigma}$$

- $S_{m,AC}$ = sección mínima del conductor en mm^2
- L_{AC} = 15m longitud simple del cable en alterna hasta el punto de conexión.
- $V_{INV,AC}$ = tensión nominal a la salida del inversor = 208 V
- $I_{INV,AC}$ = Intensidad nominal a la salida del inversor = 15 A.
- ΔV_{AC} = Caída de tensión = 6.24 [V]
- σ = Conductividad del cobre (56)

$$S_{m,AC} = \frac{\sqrt{3} * 15 * 15 * 0.8}{6.24 * 56} = 0.89 \text{ mm}^2$$

7.4.1.10 Cálculo de sistema de puesta a tierra:

Realizar el diseño del sistema de puesta a tierra de acuerdo con la Metodología IEEE 80 o la metodología que mejor se adapte al diseño.

Garantizar que el sistema de puesta a tierra cumpla con el artículo 15 de RETIE 2013.

Para el proyecto en específico no se requiere sistema de pararrayos, ya que el nivel de riesgo no lo exige acorde con la evaluación del nivel de riesgo de acuerdo RETIE 2013 ARTÍCULO 10.1.1 (d).

El análisis de coordinación de aislamiento eléctrico, en nuestro sistema de Microinversores inteligentes no es necesario, debido a que la tensión a la salida del Inversor es constante en caso de fallas el microinversor interrumpe o apaga el suministro eléctrico de los paneles solares.

Para facilitar el diseño la tecnología del Microinversor NEP se toman las siguientes consideraciones.

- En NEC 2014, se aplica la Sección 690.12 a conductores PV de más de 10 pies de la matriz FV y requiere que los conductores bajen a 30 voltios y 240 voltios-amperios dentro de 10 segundos de inicio rápido de apagado.
- Se agregó en la edición 2014 del Código Eléctrico Nacional (NEC 2014) nuevos requisitos de cierre rápido para sistemas fotovoltaicos instalados en edificios. Los Microinversores NEP cumplen completamente con los requisitos de desconexión rápida en nuevo código sin la necesidad de instalar ningún equipo eléctrico adicional.

7.4.1.11 Cálculo de regulación de tensión

Los cálculos de regulación se deben hacer por el método de momento eléctrico y en ellos se debe incluir: (Nivel de tensión, Constantes de regulación de los conductores proyectados de acuerdo con el tipo y calibre, distancia en metros, carga en kVA, capacidad del AGPE o GD).

Regulación: Circuitos secundarios o acometidas desde bornes del transformador: 3 %
Acometida hasta el medidor: 1 %

NO APLICA, LA CONEXIÓN SOLAR EN EL PROYECTO ESTÁ POR EL LADO DE LAS CARGAS

Para los conductores a utilizar indicar las especificaciones técnicas, donde se establezcan las constantes de regulación, nivel de tensión, resistencia equivalente, aislamiento etc. Los cálculos deben incluir mínimo los datos de las siguientes tablas:

VER TABLA DE SELECCIÓN DE CONDUCTOR

7.4.1.12 Calculo de barraje sección mm²

Para determinar la corriente del barraje de fase, neutro y tierra, se utiliza la especificación técnica de la NTC 2050.

De acuerdo con el RETIE para evitar el sobrecalentamiento de conductores, en sistemas trifásicos de instalaciones de uso final con cargas no lineales, los conductores de neutro deben ser dimensionados por lo menos al 173% de la corriente de fase según los lineamientos de las normas IEEE 519 o IEEE1100.

Con la corriente del barraje, se determina las dimensiones de este último, utilizando la tabla de la norma NTC3444. Presentar características de los barrajes de tablero general de acometidas, tablero general de distribución y armario de medidores.

NO APLICA: El sistema de energía Solar con microinversores alimenta al edificio existente por el lado de las cargas, cada panel se conecta a su microinversor a un circuito en paralelo que deriva hasta el subpanel de protecciones y del panel de protecciones hasta el panel principal de la vivienda por el lado de las cargas. Se instala el barraje del tablero del punto de conexión para sumar todas las corrientes.

NOTA ESPECIAL N° 1: DEL PUNTO DE CONEXIÓN POR EL LADO DE LAS CARGAS
NEC 705.12 Esquema de conexión al sub-panel.

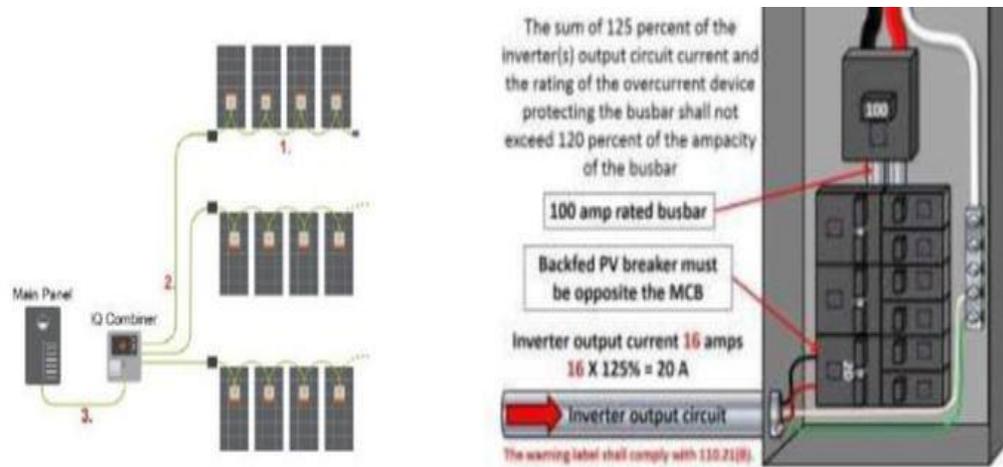


Figura 64. Puntos de conexión tablero de carga tomada de: (<https://www.jadelearning.com/blog/2014-nec-705-12d2-understanding-pv-interconnections/>)

La serie BDM 600 de NEP sólo se lleva hasta 7 micros en sistemas trifásicos por fase por lo tanto nunca se superarán 16.8 amperios para los disyuntores de protección de 20 amperios, los microinversores son un generador y no una carga por lo tanto nunca se presentará una falla hacia el lado de los microinversores.

Los Microinversores NEP no tienen ni necesitan una calificación kAIC, y sus salidas de potencia tienen una distorsión total muy inferior a la requerida por IEEE 1547 o UL 1741. Esto, minimizará los problemas de la calidad de la energía relacionados en su experiencia comercial de instalación de Microinversor NEP.

7.4.1.13 Cálculo de las especificaciones y equipos de medida

Indicar en el plano como en las memorias, la selección del equipo de medida según las resoluciones CREG 038-2014 y CREG 030-2018. Incluir las características del medidor, de

acuerdo a la carga, tensión, configuración del sistema (trifásico, bifásico o monofásico), y calibre máximo de la acometida para el medidor. En el caso de medida semidirecta, indicar los cálculos de los CT'S.

El autogenerador que inyecte energía a la red y el generador distribuido, deben proyectar un medidor bidireccional que registre en cada hora del día la energía que consume de manera separada de la energía que se inyecta, de acuerdo a lo establecido en las resoluciones CREG 030 de 2018 y 038 de 2014. Garantizar que en el diseño (plano y memorias) queden las características del medidor.

Tabla 16

Cálculos de las especificaciones y equipos de medida

Marca	ISKRA
Tipo de medida	SEMIDIRECTA
Clase	ACTICA 1; REACTIVA 2
Tipo de sistema	FOTOVOLTAICO INTEGRADO A LA RED
Cuidad	BARRANCABERMEJA
dirección	CALLE 1 No 3-05

Los cálculos relacionados con el punto de apoyo no aplican para este tipo de proyectos de generación fotovoltaico

7.4.1.14 Cálculo de canalizaciones

El procedimiento se detalla a continuación los cálculos se encuentra en el Anexo A

Tabla 17

Tabla 1 del capítulo 9 tomada de: (<http://www.centelsa.com.co/archivos/da8f871a.pdf>)

Tabla 1. Porcentaje de la sección transversal en tubos conduit y tuberías, para el llenado de conductores.

Número de conductores	1	2	Más de 2
Todos los tipos de conductores	53%	31%	40%

Nota. Esta Tabla 1 se basa en las condiciones más corrientes de instalación y alineación de los conductores, cuando la longitud de los tramos y el número de curvas de los cables caen dentro de límites razonables. Sin embargo, en determinadas condiciones se podrá ocupar una parte mayor o menor de los tubos conduit

Nota: “Para combinaciones de conductores de diferentes secciones transversales (calibres), se aplican las Tablas 5 y 5A del Capítulo 9 para dimensiones de los conductores; la Tabla 4 del mismo Capítulo 9 se aplica para las dimensiones de los conductores o tuberías”.

Para combinación 3 o más conductores del mismo calibre en el ducto, se usa la siguiente fórmula:

$$d_a = \sqrt{\frac{n}{0,4}} \cdot d_c$$

d_a : Diámetro del ducto

n : Número de conductores

del mismo calibre

d_c : Diámetro del conductor

Tabla 18

Selección de conductores

CANALIZACIÓN	NÚMERO DE CONDUCTORES	TIPO	CALIBRE DEL CONDUCTOR (AWG)	DIAMETRO DEL CONDUCTOR (mm)	DUCTO SUGERIDO (in)	DUCTO SELECCIONADO (in)	¿CUMPLE?
AG	5	3F+1N+1T	4	8,2	1,14139	1,5	SI
Q1, Q2	8	6F+2T	10	4,2	0,73949	0,75	SI
Q3	5	4F+1T	12	3,3	0,45934	0,75	SI
Q4, Q5, Q6	9	4F+2N+3T	12	3,3	0,61627	0,75	SI
Q7, Q8	6	2F+2N+2T	10	4,2	0,64041	0,75	SI

7.4.1.15 Distancia mínima de seguridad

Según la tabla, para una tensión del sistema entre 50 V y 300 V no se sugiere una distancia mínima de trabajo para partes energizadas con corriente alterna, pero se exige evitar contacto con la parte energizada.

Tabla 19

Distancias mínimas para trabajos tomada de:

(<https://firestation.wordpress.com/2014/09/11/distancias-de-seguridad-ante-riesgo-electrico/>)

Tensión nominal del sistema (fase - fase)	Limite de aproximación seguro (m)		Limite de aproximación restringida (m) Incluye movimientos involuntarios.	Limite de aproximación técnica (m)
	Parte móvil expuesta	Parte fija expuesta		
50 V - 300 V	3,0	1,0	Evitar contacto	Evitar contacto
301 V - 750 V	3,0	1,0	0,30	0,025
751 V - 15 kV	3,0	1,5	0,7	0,2
15,1 kV - 36 kV	3,0	1,8	0,8	0,3
36,1 kV - 46 kV	3,0	2,5	0,8	0,4
46,1 kV - 72,5 kV	3,0	2,5	1,0	0,7
72,6 kV - 121 kV	3,3	2,5	1,0	0,8
138 kV - 145 kV	3,4	3,0	1,2	1,0
161 kV - 169 kV	3,6	3,6	1,3	1,1
230 kV - 242 kV	4,0	4,0	1,7	1,6
345 kV - 362 kV	4,7	4,7	2,8	2,6
500 kV - 550 kV	5,8	5,8	3,6	3,5

Tabla 13.7. Distancias mínimas para trabajos en o cerca de partes energizadas en corriente alterna

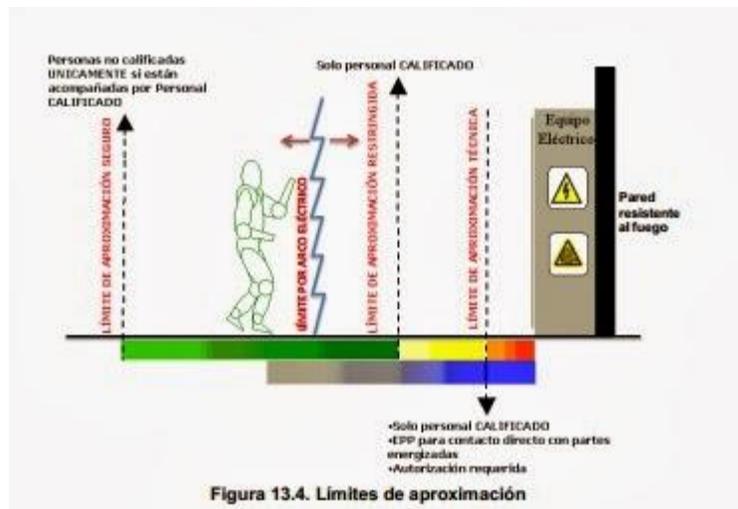


Figura 65. Límites de aproximación tomada de: (<https://kotkoff.com/servicios/estudios-de-arco-electrico/>)

7.4.2 Manual esquemas de protecciones:

Las especificaciones eléctricas de protección interna del circuito del microinversor se especifican en la certificación UL 1741 ETL BDM-600 (ANEXO) especificando para esta solicitud los numerales 2 Y además de una tabla información técnica sobre las protecciones internas de voltaje y frecuencia del microinversor.

7.4.2.1 Instrucciones de seguridad

Toda instalación puede seguir los códigos locales de electricidad, incluidos en micro inversores de cableado A.C Como los BDM-600, Esta protección para la corriente de dispositivos es buena para incluir monitores de falla de tierra y breakers de protección del circuito.

2. SAFETY INSTRUCTION



WARNING:

PLEASE READ THIS MANUAL BEFORE INSTALLATION. ANY DAMAGE TO THE PRODUCT DUE TO NOT FOLLOWING THIS MANUAL IS NOT COVERED BY THE WARRANTY.

ALL THE INSTALLATION SHOULD BE DONE BY CERTIFIED ELECTRICIAN.

BESIDES THE CABLE CONNECTORS, NOTHING INSIDE THE INVERTER SHOULD BE MODIFIED.

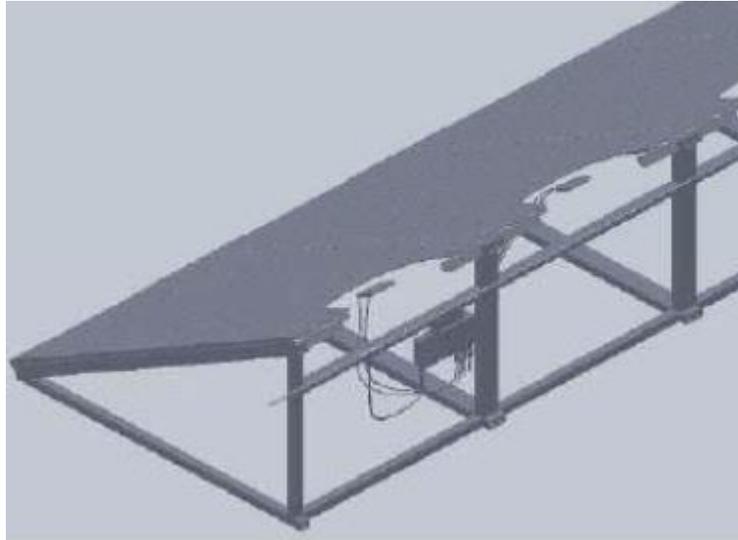


Figura 66. Microinversor NEP tomada de: (<http://solarpeople.co/product/microinversor-nep-bdm-600-d/>)

Si una corriente residual es operada para proteger un dispositivo (RCD, Dispositivo de corriente residual) Visualmente sirve para proteger en caso de contacto directo o indirecto, solamente un RCD o RMC de tipo B Es permitido sobre el lado A.C de este dispositivo.)

Nunca desconecte el módulo de microinversor sin primero dividir el conector macho A.C de todos los conectores de módulos fotovoltaicos y de A.C) está prohibido desconectar bajo carga y antes de apagar la rama, desconectar el circuito de micro inversores.

Por favor contacte un agente de servicio en caso de alguna falla.

Si nuevos microinversor se van a agregar a la distribución eléctrica es necesaria la aprobación del operador de red, cuando la distribución fotovoltaica es expuesta a la luz este supe el voltaje del microinversor.

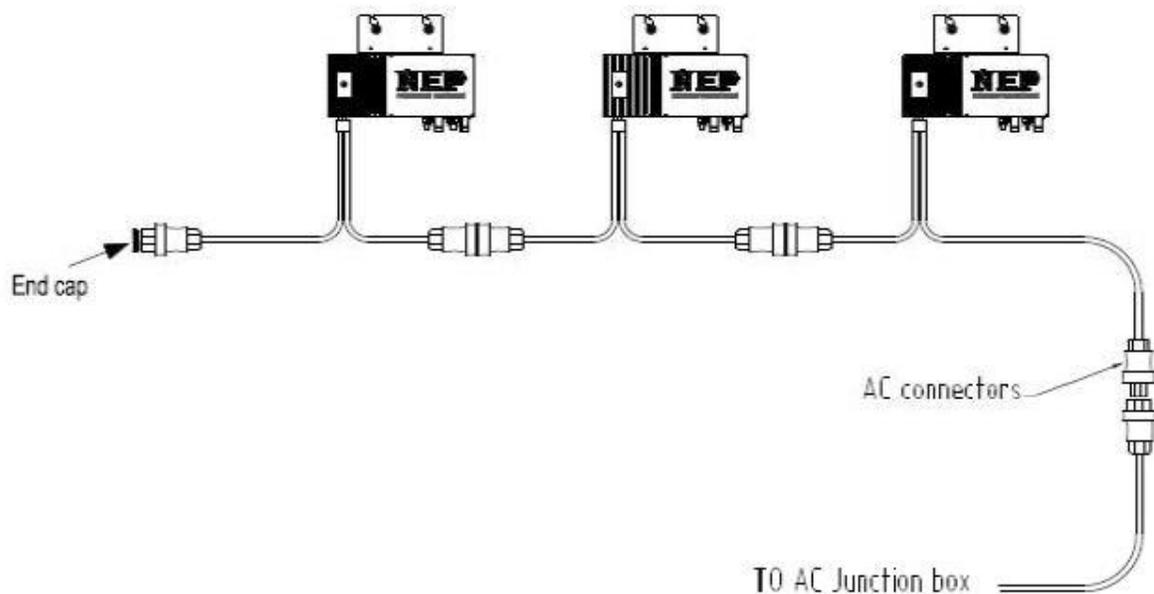


Figura 67. Conexión microinversores tomada de: (<http://solarpeople.co/product/microinversor-nep-bdm-600-d/>)

7.4.2.2 Instalación

El microinversor está integrado con una onda de protección de esta manera pueden agregarse más series si es necesario la producción construida dentro del BDM-600 ¿puede ser requerida pero especificada por datos de fábrica.

4. INSTALLATION



WARNING: BE AWARE THAT INSTALLATION OF THIS EQUIPMENT INCLUDES RISK OF ELECTRIC SHOCK. NORMALLY GROUNDED CONDUCTORS MAY BE UNGROUNDED AND ENERGIZED WHEN A GROUND FAULT IS INDICATED.

Figura 68. Pantallazo del manual de instalación tomada de:
(<http://solarpeople.co/product/microinversor-nep-bdm-600-d/>)

Step 3

No exceder el número máximo de BDM-600 en una rama de circuito, como se muestra en la etiqueta de la unidad, para calibre 12 AWG, se selecciona una protección para máximo 20 A. Con interruptor automático de protección

DATOS DE PROTECCION SEGÚN DATA SHEET DEL BDM-600

PROTECTION FUNCTIONS	Over/Under Voltage Protection	Yes	
	Over/Under Frequency Protection	Yes	
	Anti-Islanding Protection	Yes	
	Over Current Protection	Yes	
	Reverse DC Polarity Protection	Yes	
	Overload Protection	Yes	
	Protection Degree	NEMA-6 / IP-66 / IP-67	
	Ambient Temperature	-40°F to +149°F (-40°C to +65°C)	
	Operating Temperature	-40°F to +185°F (-40°C to +85°C)	
	Display	LED LIGHT	
	Communications	Power Line	
	Dimension (W-H-D)	10.91'x5.20'x1.97' (277x132x50 mm)	
	Weight (including AC cable)	8.8 lbs. (4.0 kg)	
	Environment Category	Indoor and outdoor	
	Wet Location	Suitable	
	Pollution Degree	PD 3	
	Overvoltage Category	II(PV), III (AC MAINS)	
	Product Safety Compliance	UL 1741 CSA C22.2 No. 107.1	IEC/EN 62109-1 IEC/EN 62109-2
	Grid Code Compliance* (Refer to the label for the detailed grid code compliance)	IEEE 1547	VDE-AR-N 4105* VDE V 0126-1-1/A1 G83/2, CEI 021 AS 4777.2 & AS 4777.3.EN50438

Figura 69. Protecciones microinversor BDM -600 tomada de: (<http://solarpeople.co/product/microinversor-nep-bdm-600-d/>)

7.4.2.3 Tipo de conexión a tierra:

CONEXIÓN A TIERRA

El diseño del sistema de puesta a tierra se realiza de acuerdo con la Metodología IEEE 80 o la metodología que mejor se adapte al diseño, garantizando que el sistema de puesta a tierra cumpla con el artículo 15 de RETIE 2013.

Para el proyecto en específico no se requiere sistema de pararrayos, ya que el nivel de riesgo no lo exige de acuerdo a RETIE 2013 ARTÍCULO 10.1.1 (d).

El análisis de coordinación de aislamiento eléctrico, en nuestro sistema de inversores inteligentes no es necesario, debido a que la tensión a la salida del Inversor es constante en caso de fallas el inversor interrumpe o apaga el suministro eléctrico de los paneles solares.

Para facilitar el diseño la tecnología del microinversor NEP BDM 600 se toman las siguientes consideraciones.

Se agregó la edición 2014 del Código Eléctrico Nacional (NEC 2014) nuevos requisitos de cierre rápido para sistemas fotovoltaicos instalados en edificios. Los microinversores NEP cumplen completamente con los requisitos de desconexión rápida en nuevo código sin la necesidad de instalar ningún equipo eléctrico adicional.

7.4.3 Dimensionamiento del calibre del cable

Para el dimensionamiento y selección de cable de protección a tierra utilizamos el siguiente modelo.

$$\frac{kW \times 1000}{V \times fp}$$

Formula capacidad de corriente protección a tierra

Para el caso de la instalación fotovoltaica tenemos; $\frac{10.05 \times 1000}{220 \times 0.9} = 50.75 \text{ A}$

$$\frac{50.75}{3} = 16.91 \text{ A}$$

Tabla 20.

Tabla de norma técnica colombiana

Calibre AWG o kcmil	Área de la sección transversal nominal mm ²	Temperatura nominal del conductor					
		60°C	75°C	90°C	60°C	75°C	90°C
		TW TWD CCE	THW, RHW THW-LS THWN XHHW	RHH, RHW-2 THHN, THW-2 THHW-LS, XHHW-2	UF	RHW XHHW	RHW-2 XHHW XHHW-2 DRS
14	2,08	20*	20*	25*	-	-	-
12	3,31	25*	25*	30*	-	-	-
10	5,26	30	35*	40*	-	-	-
8	8,37	40	50	55	-	-	-
6	13,3	55	65	75	40	50	60
4	21,2	70	85	95	55	65	75

Tanto los marcos de los paneles, la estructura de montaje, como los inversores estarán debidamente conectados mediante un conductor 12 AWG al punto de tierra existente en el punto de conexión.

El cable de distribución de puesta a tierra está distribuido físicamente sobre el riel de la estructura en DC y puesto a punto de conexión a la salida A.C.

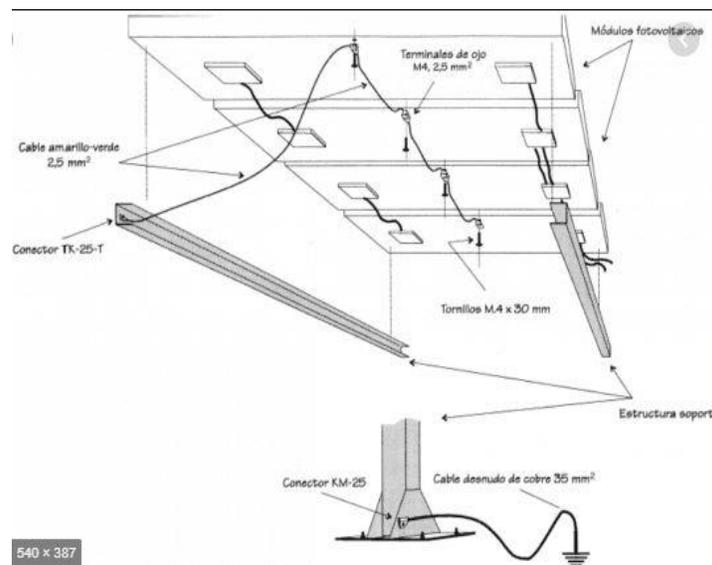


Figura 70 Sistema de conexión de puesta a tierra

7.4.3 Disponibilidad del transformador

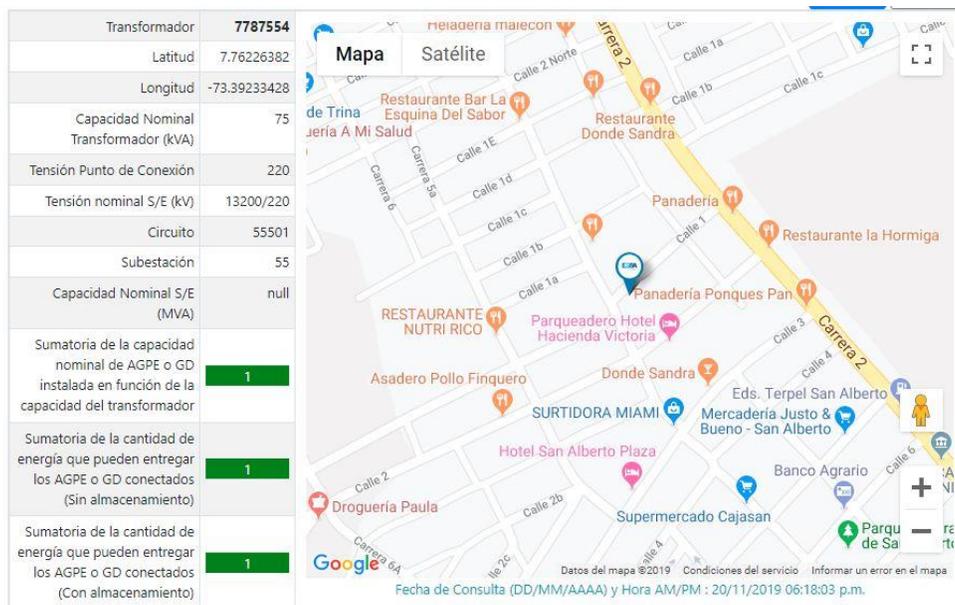


Figura 71 Disponibilidad de transformador 75 KvA

La disponibilidad del transformador para cada proyecto de energía solar fotovoltaica siempre se debe realizar ya que se necesita conocer la capacidad instalada de paneles solares pueda llegar a necesitar.

Para saber la potencia máxima para poder instalar se debe sacar el 15% de la capacidad nominal del transformador:

$$75 * 15\% = 11.25 \text{ kW}$$

11.25 kW sería la potencia máxima que se podría instalar en este sistema, pero como en este caso el cliente quiso una potencia de 10 kW, se pudo realizar ya que entraba en el rango de la potencia máxima requerida.

7.4.4 Instructivo para obtener los incentivos de la creg:

Tabla 21

Instructivo para la aplicacion a los incentivos de la creg

		ACTIVIDADES APLICACIÓN INCENTIVOS DE LA CREG					
FECHA: 09 de Mayo de 2019			CODIGO: FO-ER-002		VERSION: 01		
PROCESO: ENERGIAS RENOVABLES			PAGINA: 1 DE 1				
ITEM	DESCRIPCION DE ACTIVIDAD O RECURSO	RESPONSABLE	ADJUNTOS	DATOS		TIEMPO	OBSERVACIONES
				CONTACTO	REQUISITOS		
1	PROCEDIMIENTO Y REGISTRO ANTE LA UPME (CERTIFICACION DE REGISTRO)	SERGIO FAIBER					CERTIFICADO DE REGISTRO
	1.1 ADJUNTAR LOS ARCHIVOS CORRESPONDIENTES PARA RADICAR LA INFORMACION EN LA VENTANILLA DE LA UPME					15 días	
	1.2 SUBSANAR LOS REQUISITOS INCUMPLIDOS PARA VOLVER A PEDIR EL REGISTRO						
	1.3 CUMPLIENDO LOS REQUISITOS, EL COMITÉ EVALUADOR DE LA UPME TENDRA 15 DIAS CALENDARIO PARA DECIDIR SOBRE EXPEDIR O NO, CON SU RESPECTIVO ARGUMENTO EL CERTIFICADO QUE AVALA LA SOLICITUD CON UNA VIGENCIA DE 18 MESES					45 Días	LA RESPUESTA SERÁ MEDIANTE UNA CARTA Y/O CORREO ELECTRONICO.
2	PROCEDIMIENTO UPME-CERTIFICACION SOBRE EL AVAL DEL PROYECTO (CERTIFICADO UPME)	SERGIO FAIBER					CERTIFICADO UPME (CONCEPTO) INFORMACIÓN QUE HAY QUE TENER PARA INICIAR EL TRAMITE DE LA OBTENCION DE LA CERTIFICACIÓN DE INCENTIVO AMBIENTAL
	2.1 FORMATO DE PRESENTACION PARA SOLICITAR LA OBTENCION QUE INCENTIVA LA EXCLUSION DEL IVA Y/O AGRAVAMIENTOS ARANCELARIOS						
	2.2 FORMATO DE ESPECIFICACIONES DEL ELEMENTO, EQUIPO, MAQUINARIA Y/O SERVICIOS						
	2.3 COPIA DE LA CEDULA DE CIUDADANIA Y/O EXTRANJERA						
	2.4 CERTIFICADO DE EXISTENCIA Y REPRESENTACION LEGAL CON FECHA DE EXPEDICIÓN MENOR A UN MES. EN PERSONAS JURIDICAS						
	2.5. DESCRIBIR EL PROYECTO DE LA NUEVA INVERSION JUNTO A ELEMENTOS, EQUIPOS, MAQUINAS Y SERVICIOS A ADQUIRIR						
	2.6 DESCRIBIR LA FUNCIÓN DE CADA ELEMENTO, EQUIPO, MAQUINARIA Y/O SERVICIOS A ADQUIRIR						
	2.7 CADA ELEMENTO, EQUIPO, MAQUINA Y SERVICIO SOLICITADO DEBE CONTAR CON SU CATALOGO, ESPECIFICACIONES TECNICAS Y PLANOS DESCRIPTIVOS DEBIDAMENTE FIRMADOS						

3	PROCEDIMIENTO ANLA- CERTIFICACION DE BENEFICIO AMBIENTAL (CERTIFICADO ANLA)					CERTIFICACIÓN AMBIENTAL ANLA
	3.1 PARA FINES DE LA EXCLUSION DEL IVA	SERGIOFAIBER				
	3.2 PARA FINES DE LA DEDUCCION ESPECIAL DE RENTA Y COMPLEMENTARIOS	SERGIOFAIBER				EL PROCEDIMIENTO DE SOLICITUD SE DEBE REALIZAR MEDIANTE EL SIGUIENTE LINK http://www.minambiente.gov.co/images/homai/ai/ai/app/
	3.3 PROCEDIMIENTO DE SOLICITUD					
	3.3.1 RADICAR ANTE LA AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES (ANLA), LA SOLICITUD CON LOS REQUISITOS GENERALES Y ESPECIALES PREVISTOS EN LA RESOLUCIÓN 1283 DE 2016.					
	3.3.2 LA ANLA EXPEDIRÁ EL ACTO DE INICIO AL TRAMITE O EN SU DEFECTO, REQUERIRÁ MEDIANTE UN OFICIO EL CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS PARA INICIAR EL TRÁMITE				5 días	
	3.3.3 LA ANLA EVALUARÁ LA INFORMACIÓN PRESENTADA Y DADO EL CASO, PODRÁ REQUERIR INFORMACION ADICIONAL OTORGANDO UN PLAZO MAXIMO DE 1 MES A PARTIR DE LA NOTIFICACION. ESTE TÉRMINO PODRÁ SER PRORROGADO POR LA ANLA.				35 días	ESTE TERMINO PUEDE SER PRORROGADO POR LA ANLA , PREVIO A LA SOLICITUD DEL INTERESADO ANTES DEL VENCIMIENTO DEL PLAZO INICIAL .
	3.3.4 SI EL SOLICITANTE NO CUMPLE CON LOS PLAZOS ESTABLECIDOS, LA ANLA DECLARARÁ EL DEISISTIMIENTO DE LA SOLICITUD Y ORDENARÁ SU ARCHIVO, SIN PREJUICIO DE QUE LA MISMA SOLICITUD PUEDA SER NUEVAMENTE PRESENTADA CON EL LLENO DE LOS REQUISITOS LEGALES					
	3.3.5 LA ANLA UTILIZARA LOS DIAS NECESARIOS PARA CERTIFICAR O NO EL INCENTIVO AMBIENTAL DEPENDIENDO DEL CASO DESDE EL MOMENTO EN QUE SE SOLICITA LA INFORMACION .				25 días	LA CERTIFICACIÓN EMITIDA TENDRÁ UNA VIGENCIA DE 1 AÑO
4	CHECKLIST: REQUISITOS GENERALES	SERGIOFAIBER				
	4.1. COPIA DE LA CEDULA DE CIUDADANÍA Y/O EXTRANJERÍA					
	4.2. 2.4 CERTIFICADO DE EXISTENCIA Y REPRESENTACION LEGAL CON FECHA DE EXPEDICIÓN MENOR A UN MES. EN PERSONAS JURIDICAS,					
	4.3. PODER DEBIDAMENTE OTORGADO CUANDO SE ACTUE MEDIANTE APODERADO					
	4.4. DESCRIBIR Y CUANTIFICAR LOS BENEFICIOS AMBIENTALES ASOCIADOS A LA NUEVA INVERSION DEL PROYECTO EN CUANTO A:					
	4.4.1. CALCULO DE LA CANTIDAD DE ENERGÍA MEDIA GENERADA EN KWH / AÑO CON EL PROYECTO OBJETO DE LA NUEVA INVERSIÓN					

4.4.2. VALOR EN KILOGRAMOS POR AÑO DE CO2EQ QUE SE GENERARÍAN SIN LA NUEVA INVERSIÓN, SE PUEDE CALCULAR TOMANDO COMO LÍNEA DE BASE UN ESCENARIO HIPOTÉTICO CON FUENTES CONVENCIONALES DE ENERGÍA, UTILIZANDO LOS FACTORES DE EMISIÓN PUBLICADOS POR LA UPME						
4.4.3. VALOR EN KILOGRAMOS POR AÑO DE CO2EQ QUE SE GENERARÍAN CON LA NUEVA INVERSIÓN						
4.4.4 LA GESTIÓN EFICIENTE DE LA ENERGÍA DEBERA INDICAR LA EFICIENCIA EN TÉRMINOS DE LA CANTIDAD DE ENERGÍA USADA COMO UNIDAD DE PRODUCTO ANTES Y DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO, LA EFICIENCIA DEL EQUIPO, EL AHORRO DE ENERGÍA, EL DESTINO FINAL DE LOS EQUIPOS Y ELEMENTOS O MAQUINARIAS A SUSTITUIR CUANDO APLIQUE						
4.5 EL DESARROLLADOR DEL PROYECTO DEBERA FIRMAR LOS CATALOGOS, PLANOS, DESCRIPTIVOS Y DOCUMENTOS QUE ESPECIFIQUEN LA TÉCNICA DE LOS ELEMENTOS, EQUIPOS Y MAQUINARIA SOLICITADA						
4.6 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA NUEVA INVERSIÓN EN PROYECTOS DE FNCER O GESTIÓN EFICIENTE DE LA ENERGÍA, SEGÚN EL CASO, LA CUAL DEBE INCLUIR COMO MÍNIMO:						
4.6.1 OBJETO Y FINALIDAD DE LA NUEVA INVERSIÓN						

4.6.2 DESCRIBIR LAS ETAPAS DEL PROYECTO FNCER O GESTIÓN EFICIENTE DE LA ENERGÍA SEGÚN EL CASO CON LO ESTABLECIDO EN EL ART. 2.2.3.8.1.1 DEL DECRETO 1073 DE 2015 O LA NORMA QUE LOS MODIFIQUE O SUSTITUYA, INCLUYENDO EL TIEMPO DE EJECUCIÓN, LAS INVERSIONES EN CADA ETAPA Y EL EVALUADOR DE ESAS INVERSIONES						
4.6.3 DESCRIBIR LA FUNCIÓN QUE CUMPLIRA CADA ELEMENTO, EQUIPO Y MAQUINARIA A ADQUIRIR						
4.6.4 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA NUEVA INVERSIÓN, INDICANDO LA DIRECCIÓN Y COORDENADAS DE ACUERDO CON EL SISTEMA MAGNA SIRGAS						
4.6.5 CUANDO LA SOLICITUD CORRESPONDA A IMPLEMENTAR LOS EQUIPOS, ELEMENTOS O MAQUINARIA PARA AUTOGENERAR PROYECTOS DE ENERGÍA A PARTIR DE FNCER SE DEBE SEÑALAR LA FUENTE NO CONVENCIONAL QUE SE UTILIZARÁ PARA LA CAPACIDAD EN KW Y DESCRIBIR LA TECNOLOGÍA A UTILIZAR, CUANDO LA FUENTE DE ENERGÍA SEA BIOMASA RESIDUAL, INDICANDO EL ORIGEN, CANTIDAD Y USO O FORMA DE DISPOSICIÓN ACTUAL DE LA BIOMASA						
4.6.6. CUANDO SE TRATE DE SISTEMAS DE MONITOREO DESTINADOS A LA CARACTERIZACIÓN DE LOS POTENCIALES DE ENERGÍA PROVENIENTES DE LAS FNCER SE DEBE EXPLICAR EL DESTINO QUE SE LE DARÁ A LA INFORMACIÓN OBTENIDA, VERIFICADA O PROCESADA, SOBRE EL ESTADO, CALIDAD O COMPORTAMIENTO DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES.						
4.6.7. SI SE SOLICITA LA SUSTITUCIÓN DE EQUIPOS DE USO FINAL DE ENERGÍA, PRIMERO SE DEBE INDICAR LA EFICIENCIA DEL EQUIPO SOLICITADO, SEGUNDO LA EFICIENCIA DEL EQUIPO A REEMPLAZAR, TERCERO LA DEMANDA DE ENERGÍA KWH/AÑO ANTES Y DESPUÉS DE LA OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE LA DESINTEGRACIÓN O DE LA CHATARRIZACIÓN DEL EQUIPO A CAMBIAR.						

4.6.8 CUANDO LA SOLICITUD CORRESPONDA A OPTIMIZAR EL PROCESO DE COMBUSTIÓN SE DEBE SEÑALAR LA CANTIDAD DE COMBUSTIBLE UTILIZADA POR UNIDAD DE PRODUCTO ANTES Y DESPUÉS, EL AHORRO Y LA DISMINUCIÓN EN LA CANTIDAD DE EMISIONES						
4.6.9. CUANDO LA SOLICITUD SE ENMARQUE EN LOS SUBPROGRAMAS RECONVERSIÓN TECNOLÓGICA DEL PARQUE AUTOMOTOR Y EL DE TRANSPORTE, SE DEBE SUMINISTRAR LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:						
4.6.9.1 CONSUMO DE COMBUSTIBLES ANTES Y DESPUÉS DE LA SUSTITUCIÓN DE LOS VEHÍCULOS						
4.6.9.2 AHORRO DE COMBUSTIBLE						
4.6.9.3 DISMINUCIÓN EN LA CANTIDAD DE EMISIONES FRENTE A LAS YA EXISTENTES O FRENTE A LA QUE SE GENERARÍAN EN CASO DE IMPLEMENTAR VEHÍCULOS CONVENCIONALES.						
4.6.9.4 DÍGITOS DEL NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN VEHICULAR (VIN) DEL 4 AL 5						
4.6.9.5 ADICIONALMENTE PARA LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE MASIVO, SE DEBE SEÑALAR A QUÉ COMPONENTE DEL SISTEMA SE VINCULARÁN LOS EQUIPOS SOLICITADOS Y PRESENTAR EL CERTIFICADO ACORDE CON EL PROGRAMA DE DESINTEGRACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO.						
4.7 PARA LOS NUEVOS PROYECTOS QUE SE ENCUENTRAN EN LAS ETAPAS DE INVERSIÓN (FASES DE MONTAJE E INICIO DE OPERACIÓN) SE DEBERÁ APORTAR COPIA DE LAS AUTORIZACIONES AMBIENTALES VIGENTES EXPEDIDAS POR LA AUTORIDAD AMBIENTAL COMPETENTE PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO AL QUE SE VINCULARÁN LOS ELEMENTOS, EQUIPOS Y/O MAQUINARIA.						

4.8 PARA NUEVAS INVERSIONES EN LOS PROYECTOS (FASE DE MONTAJE E INICIO DE OPERACIÓN) O DE OPERACIÓN QUE NO REQUIERAN DE NINGUNA AUTORIZACIÓN AMBIENTAL, SE DEBE ANEXAR LA COMUNICACIÓN EXPEDIDA POR LA AUTORIDAD AMBIENTAL COMPETENTE EN LA QUE CERTIFIQUE ESTE HECHO. EN LOS PROYECTOS QUE SE ENCUENTREN EN LAS ETAPAS DE PRE INVERSIÓN O DE INVERSIÓN (EN SUS FASES DE ESTUDIOS TÉCNICOS, FINANCIEROS, ECONÓMICOS Y AMBIENTALES DEFINITIVOS), NO SE REQUIERE PRESENTAR LAS AUTORIZACIONES AMBIENTALES.						
--	--	--	--	--	--	--

5. REMISION DE CERTIFICADO ANLA A LA VUCE						
NOTIFICACIÓN A LA DIAN DEL ACCESO A LOS BENEFICIOS DE IVA Y ARANCELES.						
5.1 IVA: SE PRESENTA COMO DOCUMENTO SOPORTE EN EL CERTIFICADO ANLA PARA LA SOLICITUD DE EXCLUSIÓN DE COMPRAS NACIONALES DE MAQUINARIA, COMO EN LA PRESENTACIÓN DE DECLARACIÓN DE IMPORTACIÓN EN ADQUISICIONES INTERNACIONALES.						
5.2A ARANCEL: CON EL REGISTRO ANTE LA VUCE SE ENTIENDE YA NOTIFICADA A LA DIAN DE LA EXENCIÓN. ESTE REGISTRO DEBE DARSE AL MENOS 15 DÍAS ANTES DE LA NACIONALIZACIÓN DE LOS BIENES IMPORTADOS						
5.3 DIAN-RENTA: SE APLICAN LOS INCENTIVOS EN LAS DECLARACIONES DE RENTA, TENIENDO COMO SOPORTE EL CERTIFICADO ANLA. PUEDE DARSE DURANTE O POSTERIOR A LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO.						

7.5 Implementación y verificación del sistema y de los cálculos realizados.

Para la verificación de generación de energía del sistema planteado anteriormente en el BlueSol, se pudo comprobar mediante la instalación ya hecha en el Hotel mansión campestre por medio de las pantallas de monitoreo NEP, llevando el registro de generación de energía producido en los meses de diciembre y enero.

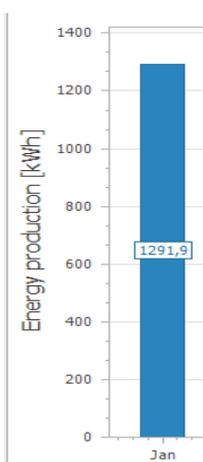


Figura 72 Generación de enero tomado del BlueSol

Como referencia, se tomó la generación del mes de enero del Software BlueSol con un valor de 1.291,9 kWh, esto con el fin de poderlo comparar con la generación real del sistema solar fotovoltaico que se instaló en el Hotel, este resultado se muestra en las imágenes que a continuación se adjuntarán en el documento.

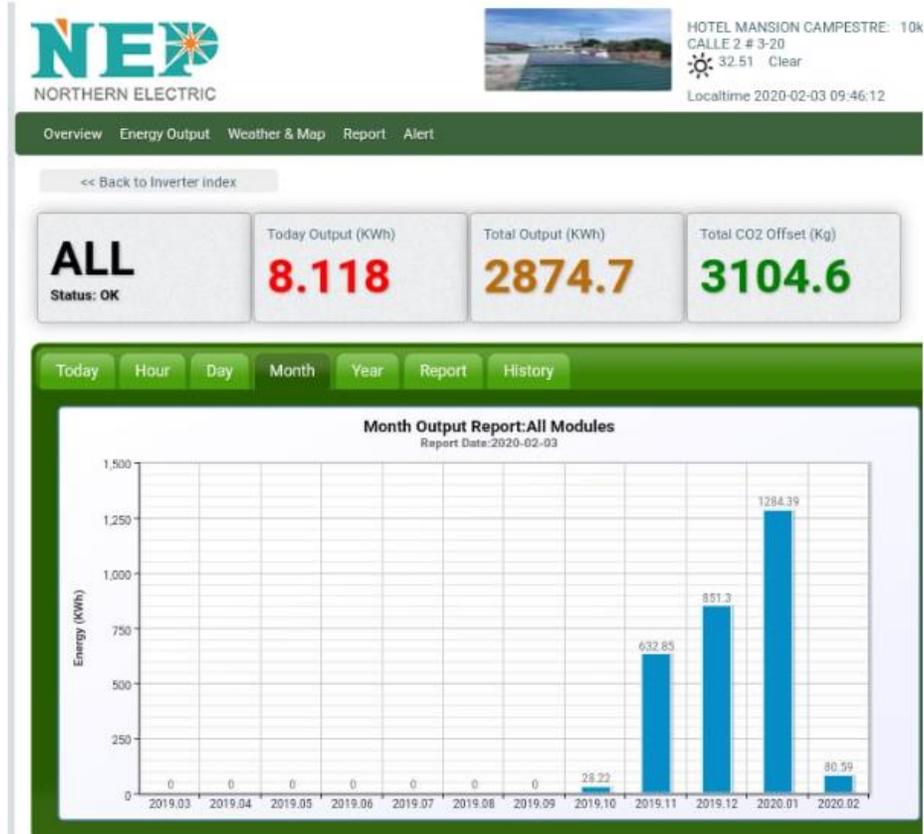


Figura 73 Resultados generación de enero



Figura 74 Resultados generación de enero



Figura 75 Resultados de generación de enero

La generación mensual del Sistema fue de 1.284,39 kWh, comparado con la simulación del Software 1.291,9 kWh nos da un porcentaje de error de 0.58% debido a los factores ambientales y perdidas miselánias que pudo llegar a presentar SSFV, por lo tanto, el programador BlueSol sirve para dar y esperar un valor aproximado de generación de energía en el sistema.

8. Conclusiones

- El trabajo permite definir hallazgos detallados en el Proyecto solar fotovoltaico Hotel Masion Campestre, el cual nos permitió implementar el conocimiento adquirido de los sistemas solares interconectados a la red y establecer formatos de verificación.
- De acuerdo a la visita del lugar de instalación se puede determinar que el proceso establecido es apropiado y cumple con los diseños preliminares del Software refiriéndonos a diseño y generación.

9. Recomendaciones:

- Colombia es un lugar apropiado para la instalación de sistemas solares fotovoltaicos dada su ubicación a tan solo 7° sobre la línea del Ecuador.
- El ahorro energético que nos brindan los paneles solares fotovoltaicos nos brinda oportunidades de ahorro.
- Las energías renovables nos ofrece grandes ventajas ambientales ya que no trabajan con generación Diesel o Gas, por lo que gracias al Proyecto instalado se tuvo una reducción de CO₂ de 8.144,96 kg y una disminución de tala de árboles de 100.

Referencias Bibliográficas

- Airhouse. (2020). *Micro inversores NEP*. Airhaus.com.mx.[En línea] Consultado 13 Marzo 2020, disponible en: https://www.airhaus.com.mx/shop/1_nep.
- BlueSol. (2020). *PV Software, Software design photovoltaic systems*. [En línea] consultado 13 de Marzo 2020, disponible en: <http://www.bluesolpv.com/dnnsite/default.aspx>.
- Calsanz. (s.f.). *Inversor Central*. Obtenido de <http://www.calsanz.es/servicios/autoconsumo/inversor-central/>
- Copower Ltda. (2018). *Misión, visión, políticas y valores*. Obtenido de <http://www.copower.com.co/nosotros/mision-vision-politicas-y-valores/>
- Foro Historico. (s.f.). *Becquerel, Alexandre Edmond*. Obtenido de <http://forohistorico.coit.es/index.php/personajes/personajes-internacionales/item/becquerel-alexandre-edmond>
- MH Education. (s.f.). *Guide Capitulo*. Obtenido de <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf>
- RES & RUE Dissemination. (s.f.). *Energía Solar Fotovoltaica*. Obtenido de https://cecu.es/campanas/medio ambiente/res&rue/htm/dossier/2_fotovoltaica.htm
- Servicios de Autoconsumo Factorenergia. (s.f.). *Qué es un Inversor Solar*. Obtenido de <https://www.factorenergia.com/es/blog/eficiencia-energetica/que-es-un-inversor-solar/>
- Significados. (s.f.). *Significado de Energía solar (Qué es, Concepto y Definición)*. Obtenido de <https://www.significados.com/energia-solar/>
- Teknosolar. (2018). *¿Qué es y cómo funciona un Inversor solar?* Obtenido de <https://www.teknosolar.com/community/index.php?p=/discussion/14/que-es-y-como-funciona-un-inversor-solar>

Todo Aire. (s.f.). *Cómo funciona la energía solar?* Obtenido de <https://www.todoaire.net/energia-solar>

Universidad Politécnica de Valencia. (s.f.).

WikicharliE. (s.f.). *Paneles fotovoltaicos*. Obtenido de https://wikicharlie.cl/w/Paneles_fotovoltaicos

Wikipedia Enciclopedia Libre. (2019). *Microinversor solar*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Microinversor_solar

Vita

María Alejandra Peña Duarte nacida el 7 de julio de 1996 en la ciudad de Bucaramanga, Colombia. Hija de Islen Duarte Blanco y Rafael Antonio Peña Prada. Cursó su primaria en la Escuela Normal Superior de Bucaramanga, cursó su bachillerato en el colegio Sagrado Corazón de Jesús Hermanas Bethlemitas, culminando sus estudios en el año 2013.

En el año 2014 se presenta a la Universidad Pontificia Bolivariana para ingresar a la carrera de Ingeniería Electrónica participando en las diversas actividades que su carrera brindaba. En el año 2019 María Alejandra Peña Duarte ingresa a la empresa Copower LTDA para hacer una práctica empresarial donde le permitió aprender y conocer nuevos temas acerca de las energías renovables, esto con el fin de fortalecer los conocimientos que ya había adquirido en la universidad y poder aplicarlos en el campo laboral.

Correo electrónico: mariaalejpd13@hotmail.com