



Unidades
Tecnológicas
de Santander

**PLANTA PILOTO SOLAR PARA UNA EXPLOTACIÓN LECHERA A PEQUEÑA
ESCALA DE 500 VATIOS DE POTENCIA**

DESARROLLO TECNOLÓGICO

AUTORES

WILLIAM FERNANDO FRANCO GUZMAN	1098788220
ELKIN MAURICIO PORTILLA VARGAS	91526166
OSCAR MAURICIO MUJICA DUARTE	1098652595

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍAS
TECNOLOGÍA EN ELECTRICIDAD**

BUCARAMANGA
Diciembre de 2019



**PLANTA PILOTO SOLAR PARA UNA EXPLOTACIÓN LECHERA A PEQUEÑA
ESCALA DE 500 VATIOS DE POTENCIA**

DESARROLLO TECNOLÓGICO

AUTORES

WILLIAM FERNANDO FRANCO GUZMAN	1098788220
ELKIN MAURICIO PORTILLA VARGAS	91526166
OSCAR MAURICIO MUJICA DUARTE	1098652595

**Trabajo de Grado para optar al título de
Tecnólogo en electricidad**

DIRECTOR

Fabio Alfonso Gonzáles

Grupo investigación en energía – GIE

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍAS
TECNOLOGÍA EN ELECTRICIDAD**

**BUCARAMANGA
Diciembre de 2019**

Nota de Aceptación

Firma del jurado

Firma del Jurado

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico principalmente a Dios, por darme la fortaleza necesaria para superar cada obstáculo que se presentó durante el proceso de formación académica, a mis padres y hermanos, por apoyarme incondicionalmente en la parte moral, económica y emocional.

William.

Dedicado a Dios por darme la capacidad y paciencia necesaria para alcanzar este nuevo logro personal, a mi mamá por toda su dedicación, amor y por creer en mí, a mi novia por su apoyo incondicional, cariño, confianza y palabras de aliento.

Elkin.

A Dios, por bendecirme porque hizo realidad este sueño, permitiéndome dar un paso importante, A mi esposa con la que siempre he contado y espero seguir contando con su amor y apoyo, A mi hija, la cual me demuestra alegría cada día y me llena dándome un amor puro y desinteresado.

Oscar.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por guiarnos y quien nos ha dado la fortaleza para seguir adelante.

A las Unidades Tecnológicas de Santander, por brindarnos la oportunidad de cursar un programa académico profesional en nuestra región.

A sus docentes por ser nuestros guías para el desarrollo de nuestra formación académica obtenida a lo largo de los años en especial a los adscritos al programa de electricidad en cada uno de sus niveles.

Al ingeniero Fabio Alfonso Gonzáles, por guiarnos en el desarrollo de este trabajo en el que se muestra los conocimientos adquiridos durante nuestra formación académica.

A nuestras familias por estar ahí apoyándonos en todos los momentos sin importar la circunstancia en el desarrollo del mismo.

William, Oscar Y Elkin.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO	8
INTRODUCCIÓN.....	9
1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	10
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	10
1.2. JUSTIFICACIÓN	11
1.3. OBJETIVOS	12
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	12
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
1.4. ESTADO DEL ARTE / ANTECEDENTES.....	12
2. MARCOS REFERENCIALES.....	16
2.1. MARCO TEÓRICO	16
2.2. MARCO CONCEPTUAL.....	19
2.3. MARCO TEÓRICO	20
3. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO.....	21
3.1. NIVEL DE RADIACIÓN EN BUCARAMANGA.....	21
3.2. NIVEL DE RADIACIÓN EN CHARALÁ- SANTANDER	21
3.3. UBICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA FINCA CAPELLANIA	21
3.4. SELECCIÓN Y DISEÑO DEL SISTEMA ENERGÉTICO A INSTALAR EN BUCARAMANGA	25
3.5. SELECCIÓN Y DISEÑO DEL SISTEMA ENERGÉTICO A INSTALAR EN CHARALÁ.....	25
3.6. CÁLCULOS	26
3.6.1. Cálculo inclinación óptima anual.....	26
3.7. CÁLCULO DEL CONSUMO PLANTA PILOTO.....	28
3.8. CÁLCULO DE LA EXPLOTACIÓN LECHERA.....	29
4.3. CENSO DE CARGA DE LOS EQUIPOS DE LA PLANTA LECHERA.....	35
4.4. CORRELACIÓN EXISTENTE ENTRE EL SISTEMA PROYECTADO Y LAS PRUEBAS REALIZADAS EN LA INSTITUCION.	38
4.5. CÁLCULOS	39
4.5.1. Cálculo inclinación óptima anual.....	39
4.6. CÁLCULO DE LA EXPLOTACIÓN LECHERA.....	42
5. CONCLUSIONES.....	54
6. RECOMENDACIONES.....	56
7. REFERENCIAS.....	57
8. ANEXOS	59

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. El panel fotovoltaico o panel solar.	16
Figura 2. Celdas fotovoltaicas	16
Figura 3. La batería.....	17
Figura 4. El controlador o regulador de carga.	18
Figura 5. El inversor y el convertidor de energía.....	19
Figura 6. Zona geográfica, Charalá Santander	22
Figura 7. Placa de la Bomba	23
Figura 8. Bomba extractora de leche	23
Figura 9. Placa del motor.....	24
Figura 10. Representación gráfica radiación solar promedio diaria 2018 de Bucaramanga.	30
Figura 11. Representación gráfica radiación solar promedio diaria 2018 de Charalá.	33
Figura 12. Gráfica de la potencia consumida	¡Error! Marcador no definido.
Figura 13. Paneles Solares.....	44
Figura 14. Inversor	44
Figura 15. Batería.....	45
Figura 16. Conexión de baterías.....	45
Figura 17. Inversor inicial y sus características.....	46
Figura 18. Forma de onda de salida del inversor inicial.....	47
Figura 19. Inversor de corriente continua a corriente alterna de 2000w-17 amperios, entrada 12vdc/166a salida 115vac con salida usb y onda sinusoidal pura.	50
Figura 20. Gráfica de las curvas de carga y descarga para baterías	51
Figura 21. Estado de carga en función del voltaje	51
Figura 22. Paneles solares.	52
Figura 23. Características del panel solar	53

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Radiación solar Promedio Mensual.	31
Tabla 2. Estado del clima bucaramanga	32
Tabla 3. Radiación solar Promedio Mensual.	33
Tabla 4. Estado del clima en Charalá	34
Tabla 5. Cuadro de cargas.....	35
Tabla 6. Estimación de cargas.....	36
Tabla 7. Potencia consumida	37
Tabla 8. Test de batería de líquido estándar	38
Tabla 9 test de batería de líquido estándar.....	39
Tabla 10. Expresiones para la inclinación optima.....	40

RESUMEN EJECUTIVO

La necesidad de obtener energía eléctrica por medios no convencionales y no contaminantes en la sociedad actual es prioritaria a causa de la gran demanda de energía y la mínima o escasez de oferta de la misma, con lo anterior se adaptó e implementó una planta piloto de generación de energía fotovoltaica, donde su funcionamiento se basa en la conversión de energía solar a eléctrica por medio de paneles fotovoltaicos, en la generación de energía eléctrica renovable.

El proyecto desarrollado se dirigió a las explotaciones lecheras a pequeña escala donde requieren una fuente de energía eléctrica en el funcionamiento de los equipos de ordeño, por lo cual el objetivo de la planta piloto es alcanzar un nivel de energía permisible para los sistemas de iluminación y manejo de los semovientes en el corral y establo con fines de obtener la mayor producción posible cumpliendo con estándares de calidad y buenas prácticas de manejo.

Es ahí donde la implementación de un sistema de generación alternativo de energía a bajo costo permitirá mitigar el impacto ambiental en generación de energía y la disminución de costos para el pequeño productor lechero, quien invierte una gran cantidad de sus ganancias en el pago de servicios de energía.

Viabilizar la implementación de esta planta piloto, el pequeño productor, obtendrá una suma de beneficios, permitiéndole entre ellos la reducción de consumos de energía, disminución de impacto ambiental, disminución de suspensión de energía sea por fallas o deficiencia de la misma.

Mediante este prototipo de planta piloto solar fotovoltaica se alcanzará una generación de máximo 500 vatios y así poder dar a conocer a la institución en general y a la sociedad que tan viable y eficiente puede llegar a ser este proyecto a futuro y ser aprovechados en lugares apartados de la región de Santander.

Palabras claves: sistema solar fotovoltaico, planta piloto, radiación energía eléctrica, generación, explotación lechera

INTRODUCCIÓN

En la actualidad se presenta una generación de energías renovables dentro de la cual las plantas solares fotovoltaicas se ha convertido en una alternativa a la que le temen los grandes generadores convencionales, sobre todo cuando los clientes se encuentran a distancias que resultan poco viables económicamente, para tender redes que brinden la calidad de vida y de energía que requiere cualquier ciudadano.

Actualmente, para zonas rurales, al tener la red de distribución local tendida y cerca de su vivienda le resulta mucho más económico conectarse a dicha red de distribución que adquirir un sistema de generación fotovoltaica, debido, principalmente al alto costo que implica una instalación de este tipo. Esto a causa de las materias primas con que son fabricados los paneles fotovoltaicos como son el silicio mono cristalino y poli cristalino y al proceso de fabricación misma, el cual requiere de un alto consumo energético.

Pero, dentro de las ventajas que tiene el uso de la energía solar, se cuenta lo amigable con el medio ambiente, la fuente inagotable, limpia y gratuita del sol, no genera ningún tipo de ruido ambiental y dependiendo del tipo de tecnología puede llegar a ser modular.

En el desarrollo del proyecto de la planta piloto de generación de energía para las instalaciones de explotaciones lecheras, se describen las características y el funcionamiento de todos los componentes que integran el sistema, por lo que se realizó una investigación en textos de consulta asociados con los sistemas fotovoltaicos.

Posteriormente, se realizó el censo de carga de cada uno de los equipos y sistemas de una explotación lechera, para estimar la carga instalada en cada ambiente, con detalle de número de equipos y elementos del mismo tipo instalados con sus respectivas demandas de potencia y el número de horas diarias de uso, en esta parte se detectó un sobredimensionamiento en el sistema de refrigeración, esto con el propósito de dimensionar la carga total que requiere ser alimentada por el sistema solar fotovoltaico, luego, se dimensionaron todos los componentes del sistema partiendo de la cantidad de paneles necesarios con su respectiva configuración de conexiones pasando por los acumuladores, el regulador hasta la capacidad del inversor teniendo en cuenta en cada uno de ellos sus respectivas eficiencias, corrección por temperaturas y pérdidas.

1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Tras pasar los años la energía eléctrica ha sido una fuente muy importante para nuestras vidas teniendo como requerimiento satisfacer necesidades del hombre, y en la gran mayoría de estas soluciones impactan negativamente al medio ambiente, afectando la calidad de vida tanto humana como de otros seres vivos. (Epsa Celsia, 2019)

Las fuentes de generación de energía eléctrica existentes en la actualidad presentan dos situaciones importantes, de afectación social y económica, como lo es la cantidad limitada de generación de energía eléctrica y su transporte a sitios o lugares requeridos para su uso final. (Lamiguero, 2018)

Como segunda falencia es los costos elevados de generación, transporte, distribución y comercialización de la energía eléctrica en nuestro país, adicionalmente y no de menor grado encontramos los efectos causados por los gases de invernadero que influyen en cambios climáticos en la tierra. (Energía solar, 2017)

La necesidad de obtener energía eléctrica por medios no convencionales y no contaminantes en la sociedad actual es prioritaria a causa de la gran demanda de energía y la mínima escasez de oferta de la misma, mediante el uso de energías alternativas a través de sistemas fotovoltaicos se generará energía para el uso y mejoramiento de sistemas de iluminación y procesos productivos necesarios en las explotaciones lecheras a pequeña escala. (Sun Supply, 2018)

En el área rural de nuestro territorio nacional, es sabido de la dificultad por el acceso a la energía eléctrica en ciertas zonas geográficas y especialmente en el departamento de Santander, sea por limitación de acceso, zonas en conflicto o de no prioridad nacional para este servicio por los altos y elevados costos de producción, transporte, distribución y mantenimiento de la red nacional interconectada. (Lamiguero, 2018)

Por lo anterior surge la pregunta, ¿Qué impacto tendría en la explotación lechera a pequeña escala, la implementación de un sistema fotovoltaico el cual se desarrolla en la franja, desde las 2 a.m. a 6 a.m. el cual demanda una carga de energía alta?

1.2. JUSTIFICACIÓN

(Santos, 2018) refiere a la energía solar, la que se puede extraer por las diferentes formas de captar la luz y el calor que produce la estrella solar. Cuando la radiación llega a la tierra se puede absorber por medio de dispositivos generalmente ópticos; todo esto se conoce como una de las energías renovables, verdes y limpias.

La generación de energía eléctrica a través de la planta piloto solar ayudara a la conservación del medio ambiente, debido a que la energía fotovoltaica no emite gases de invernadero y especialmente dióxido de carbono (CO₂). (Carspa New Energy , 2017)

Por lo tanto, se reducirán enfermedades por vías respiratorias además de la disminución de consumo de energía convencional transmitida por la electrificadora de Santander, generadas por hidroeléctricas y centrales térmicas quienes contribuyen a un impacto ambiental negativo para la región de Santander y el país. (Energía solar, 2017)

La generación, transmisión y distribución de esta energía será muy económica para que los productores lecheros puedan acceder y cuente con el servicio de energía eléctrica en especial en explotaciones lecheras más apartadas del departamento de Santander. (Sun Supply, 2018)

Se estima que en pocos años las energías de origen fósil se van a acabar, y no solo eso sino también la dificultad por los procesos químicos y dificultades ambientales, el transporte y su costo cada día más elevados hacen que en realidad las energías renovables sean la mejor opción para nuestro futuro, y claramente éstas incluyen la energía fotovoltaica o solar por su practicidad a la hora de producirse con un recurso inagotable como es el sol y también aprovecharse en el mismo lugar donde se genera. (MUI en Ingeniería y Arquitectura. , 2017)

Por lo anterior, la planta piloto solar va dirigida hacia las explotaciones lecheras a pequeña escala, donde serán beneficiados los productores lecheros quienes dispondrán de recursos para mejorar los procesos productivos y sistemas de iluminación, reduciendo costos y aumentando la calidad de vida y de medio ambiente en la región de influencia de la planta piloto con capacidad inicial de carga de 500w. Con el fin de prestar un servicio como punto de partida para futuras investigaciones en la institución contribuyendo a una de las ramas

de estudio del grupo de investigación en energía – GIE y el semillero AGE, perteneciente a las Unidades Tecnológicas de Santander; en la que se estudian diferentes alternativas de sistemas de energía renovables, ya que, estos temas crecen a diario y toman cada vez más fuerza a nivel no solo institucional o regional sino también internacional.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Implementar una planta piloto solar de 500 vatios de potencia para los sistemas de iluminación y producción en instalaciones lecheras a pequeña escala en el departamento de Santander.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar un marco teórico de las tecnologías limpias existentes implementadas en la temática, para conocer experiencias en otros entornos, evaluando la literatura disponible.
- Diseñar una planta piloto solar fotovoltaica para la generación de energía eléctrica renovable mediante el estudio de las necesidades energéticas de este tipo de comunidades.
- Implementar y desarrollar pruebas de funcionamiento de la planta piloto solar para validar su funcionamiento mediante pruebas de carga y descarga del sistema de almacenamiento.

1.4. ESTADO DEL ARTE / ANTECEDENTES

La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía cuyo propósito es producir electricidad de origen renovable, según la demanda se puede producir a gran escala a través de redes de distribución, pero también puede alimentar innumerables aplicaciones, aparatos autónomos, abastecer refugios de montaña o viviendas aisladas de la red eléctrica instalada.

PROYECTOS DE INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS RURALES Y DE EXPLOTACIONES LECHERAS:

- **MANUAL DE IMPLEMENTACIÓN DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN VIVIENDA “ECO”**

OBJETIVO: Desarrollo de un manual técnico que contiene los parámetros de diseño para la implementación de energía solar fotovoltaica en proyectos de vivienda rural y sus costos en Colombia.

ALCANCE: conocer los componentes de una instalación solar fotovoltaica, realizando los cálculos necesarios de cada elemento que compone dicha instalación. Determinando los costos de inversión para la implementación del sistema de energía solar fotovoltaica. (Cristina & Manuel, 2016)

- **ESTUDIO ENERGÉTICO DE RENOVABLES EN UNA EXPLOTACIÓN LECHERA.**

OBJETIVO: Estudio del ahorro energético en una explotación ganadera. Donde se contempla la posibilidad de sustituir los sistemas actuales por otros alimentados de energía solar, geotérmica o eólica.

ALCANCE: Estudiar la posibilidad de sustituir los sistemas energéticos. De modo que ese estudio requiere hacer cálculos previos sobre los consumos de los sistemas energéticos actuales para calcular los requerimientos de la explotación.

Luego de desarrollar los cálculos del terreno para cada fuente de energía en estudio, observar cuáles de ellos son viables y eficientes que garanticen el mayor ahorro económicamente posible. (Carabias, 2012)

- **LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA COMO FACTOR DE DESARROLLO EN ZONAS RURALES DE COLOMBIA.**

OBJETIVO: Describir las implicaciones sociales, ambientales, económicas y políticas del uso de energía solar fotovoltaica y su incidencia en el desarrollo rural.

Caso: Vereda Carúpano, municipio de Tauramena, Departamento de Casanare.

ALCANCE: El proyecto busca establecer indicadores sociales, políticos, ambientales y económicos en la vereda carupana, municipio taurame en el departamento de Casanare. Describiendo las incidencias en el desarrollo rural alrededor de la implementación de la energía solar fotovoltaica y plantea las recomendaciones necesarias para este tipo de proyectos de una red no interconectada. (Peralta, 2011)

- **ESTUDIO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA AISLADA PARA UNA EXPLOTACIÓN GANADERA.**

OBJETIVO: Se pretende hacer un estudio de la implementación de una instalación solar fotovoltaica aislada a la red. se busca comprobar la viabilidad técnica y económica de dicha instalación para poder ser auto eficientes.

ALCANCE: La instalación abastecerá una explotación ganadera de vacas lecheras. Es necesario conocer los hábitos energéticos en la propia explotación, para poder así asegurar en todo momento el abastecimiento de electricidad, con energía solar fotovoltaica en la medida de lo posible. El presente estudio puede servir de punto de partida para hacer que más instalaciones con características similares se planteen adoptar esta solución para el suministro de electricidad. Además, podrá servir para extrapolar a instalaciones que no tienen la posibilidad de disponer de la red pública de electricidad o está a una distancia considerable, lo que obliga a realizar una gran inversión. (Vicente, 2017)

La planta piloto solar fotovoltaica puede ser utilizada en ámbitos laborales uno de ellos es la agricultura. La investigación está dirigida al uso de la energía solar para las explotaciones lecheras a pequeña escala, donde uno de los pilares fundamentales es la iluminación para el mejoramiento de productividad de los semovientes.

2. MARCOS REFERENCIALES

2.1. MARCO TEÓRICO

EL PANEL FOTOVOLTAICO O PANEL SOLAR.

El panel fotovoltaico también conocido como panel solar se puede apreciar en la Figura 1, dicho panel permite la transformación de energía solar a eléctrica. Dicha energía se produce como corriente continua (CC). Este módulo se compone de varias celdas fotovoltaicas las cuales se observan en la Figura 2. Cabe destacar que estas celdas son compuestas de varios materiales semiconductores a través de un tratamiento.

Figura 1. El panel fotovoltaico o panel solar.



Fuente: (Proyecto EnDev/GIZ, 2013)

Figura 2. Celdas fotovoltaicas



Fuente: (Proyecto EnDev/GIZ, 2013)

Características del Panel Solar que usamos

Vmp: siglas que se refieren al voltaje máximo del panel.

IMP: siglas que indican la corriente máxima del panel.

WP: siglas que muestra la potencia esperada del panel en condiciones ideales de radiación y temperatura.

COMPONENTES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

La batería es el componente que almacena la energía eléctrica que recibe del panel fotovoltaico para luego distribuir la electricidad en el momento que se necesite, como se puede observar en la Figura 3. Las baterías tienen tres funciones importantes en este sistema de producción de energía renovable:

- Almacenar
- Proporcionar
- Distribuir

Estas funciones son importantes ya que cuando hay mucha radiación solar ella la puede almacenar y también ocurre así cuando es muy bajo el consumo de energía. En las noches se necesita mayormente para alimentar los televisores, las bombillas, etc. Como la capacidad de distribuirla en los diferentes aparatos eléctricos. (Proyecto EnDev/GIZ, 2013)

Las baterías de ciclo profundo están diseñadas para hacer frente a las exigencias de continuos procesos de carga y descarga –ciclos.

Figura 3. La batería.



Fuente: (Proyecto EnDev/GIZ, 2013)

Por otra parte, se encuentra el controlador o regulador de carga el cual se muestra en la Figura 4, encargado de conectar y desconectar el panel, según el fabricante ponga el nivel de descarga y carga, cuando sucede la desconexión el inmediatamente deja al panel en circuito abierto (Proyecto EnDev/GIZ, 2013)

El papel de los reguladores cumple las siguientes funciones:

- Limitar la carga de la batería.
- Tener protecciones contra: sobre intensidad, polaridad inversa, corto circuito, y diodo de bloqueo, el cual previene la descarga de la batería durante la noche.
- Indicadores (LED's) o una pantalla que informa sobre el estado de carga de la batería.
- Controlar la descarga, para que la batería no se descargue totalmente y se dañe.

Figura 4. El controlador o regulador de carga.



Fuente: (Proyecto EnDev/GIZ, 2013)

El regulador no deja que baje el 40% de carga en la batería. Esto con el fin de no dañarla.

En muy pocos sistemas fotovoltaicos se encuentran el inversor y el convertidor de energía, el convertidor el cual se muestra en la Figura 5, reduce el voltaje de dicho sistema de 12V para conectar diferentes dispositivos o aparatos que funcionan con voltajes menores a 12V. En la mayoría de los casos se usan para dispositivos que usan pilas de 3V.

Figura 5. El inversor y el convertidor de energía.



Fuente: (ENDEV/GIZ, 2013).

2.2. MARCO CONCEPTUAL

Los siguientes componentes por lo general no se encuentran en todos los sistemas fotovoltaicos, pero es necesario conocerlos y saber su funcionamiento.

El primer componente es el **convertidor**, encargado de bajar el nivel de tensión del sistema para poder lograr una conexión de carga para diferentes aparatos generalmente alimentados con 3V. (Energía solar, 2017)

El segundo componente es el **inversor** cuya función adapta y transforma de corriente continua CC a corriente alterna CA. Hay tres tipos de inversores según su onda:

- Inversor de onda cuadrada: No son para uso doméstico, porque no se tiene control en el voltaje de salida y no pueden limitar la sobretensión.
- Inversor de onda cuadrada modificada: Estos inversores si son de bastante uso doméstico porque se pueden manejar las grandes sobretensiones, pero su defecto es que produce ruido eléctrico lo que puede afectar algunos artefactos electrónicos.
- Inversor de onda sinusoidal: Normalmente se usan para aquellos equipos electrónicos muy sensibles. Por su alta capacidad de sobretensión les da la virtud de hacer arrancar muchos tipos de motores fácilmente. (Energía solar, 2017)

2.3. MARCO TEÓRICO

(Paneles Solares & soluciones con energías renovables., 2013) infiere en que la energía solar también presenta ventajas y desventajas, las cuales se exponen así:

➤ VENTAJAS

- 1- No produce emisiones de CO₂.
- 2- No provoca erosión.
- 3- No produce contaminación de aguas.
- 4- No tiene repercusión en flora y fauna.

➤ DESVENTAJAS

- 1- Su producción produce emisiones de efecto invernadero.
- 2- Los materiales que los conforman pueden ser nocivos.
- 3- El uso de terrenos para grandes paneles solares amenaza el medio ambiente ya que perjudica al cultivo, por ende, toda una cadena alimenticia.

La energía solar es benigna y no produce ningún tipo de combustión, no genera poluciones, y lo más interesante es que la producción de las celdas fotovoltaicas no afectan la topografía, ni terrenos en su estructura, no hay contaminantes físico-químicos, ni erosiones del suelo, ya que están conformadas principalmente por silicio, extraído de la arena, el detalle está en el espacio requerido para generar la suficiente energía, para tener una idea, se producen de 20 a 60 mega watts se necesitaría de un kilómetro cuadrado de paneles solares, esto influye en una negativa muy relevante porque amenazaría al medio ambiente. (Lucio, 2012)

3. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

3.1. NIVEL DE RADIACIÓN EN BUCARAMANGA.

Para determinar el potencial de radiación solar en la zona de Bucaramanga Santander el cual se realizará el desarrollo del estudio, se accede a la plataforma POWER Data Access Viewer, de acceso libre en la cual satelitalmente se puede referenciar la zona de trabajo o ingresando los datos de Latitud y longitud.

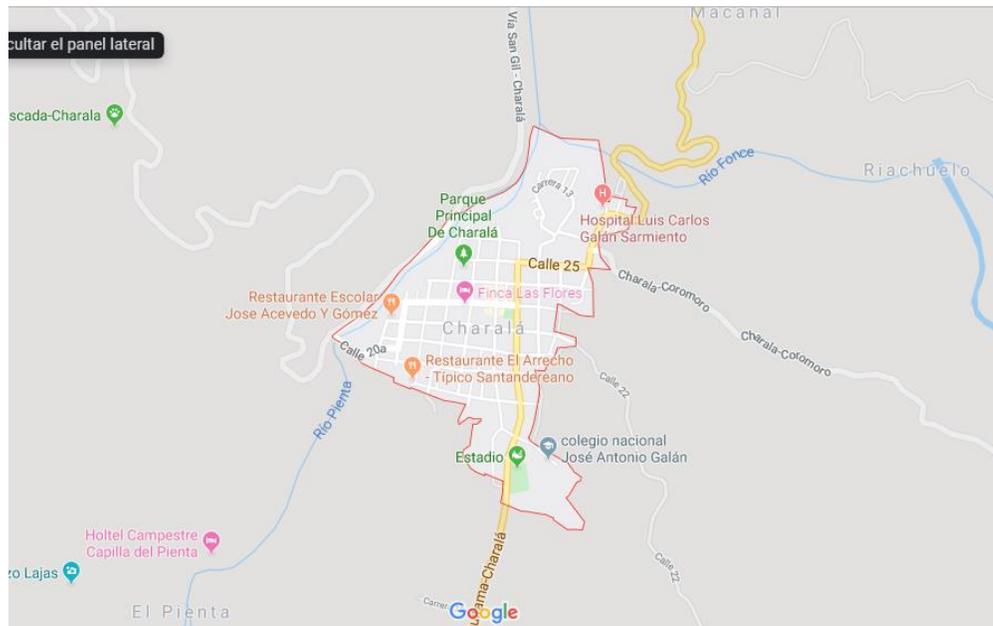
3.2. NIVEL DE RADIACIÓN EN CHARALÁ- SANTANDER

De igual forma se realiza, por medio de la plataforma POWER Data Access Viewer, de acceso libre, en la cual satelitalmente se puede referenciar la zona de trabajo o ingresando los datos de Latitud y longitud, determinando el potencial de radiación solar en la zona de Charalá Santander donde se realizará el desarrollo el Módulo, Figura 11. Representación gráfica radiación solar promedio diaria 2018 de Charalá. la cual, refleja la gráfica de radiación solar promedio diario durante el año 2018.

3.3. UBICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA FINCA CAPELLANIA

Para la realización de la planta piloto de generación de energía para las instalaciones de explotaciones lecheras, la cual se encuentra ubicada en Charalá Santander como se muestra en la Figura 6, donde su propietario se llama Johan Enrique Paéz, con una Latitud de 6.282, longitud de -73.15 y altitud: 1290 metros.

Figura 6. Zona geográfica, Charalá Santander



Fuente: (Google Maps, 2019)

La cual cuenta con:

- Semovientes: 115
- Semovientes en producción: 35
- Cantidad litros de ordeño en promedio por semovientes: 10 litros.
- Hora de ordeño: 2-6am.
- Área del sitio de ordeño: 20mx30m.
- Iluminación: deficiente.
- Máquina de ordeño Delaval VP 74: En la Figura 7 y Figura 8 se evidencian la placa de la bomba y de la máquina extractora de leche con las siguientes especificaciones:

R.P.M: 1050 / 1250

KPa (InHg): 50 (14,8) / 50 (14,8)

l/min (C.F.M): 410 (14,5) / 510 (18,0)

KW (HP): 1,1 (1,5) / 1,5 (2,0)

Figura 7. Placa de la Bomba



Fuente: Autor

Figura 8. Bomba extractora de leche



Fuente: Autor

- En la Figura 9, se muestra la placa del Motor Siemens el cual consta de las siguientes especificaciones:

Potencia: 3 HP.

Frecuencia: 50/60 Hz.

220 triángulo.

Nivel de tensión: 127-220 v.

1410/1700 rpm.

Figura 9. Placa del motor.



Fuente: Autor

No cuenta con un sistema de refrigeración.

3.4. SELECCIÓN Y DISEÑO DEL SISTEMA ENERGÉTICO A INSTALAR EN BUCARAMANGA

Para el diseño de un sistema de generación fotovoltaico se inicia por analizar las sombras y la inclinación óptima del sistema fotovoltaico a instalar. Debido a lo anterior, se deduce que el análisis de sombras no se hace necesario, ya al que realizar una inspección en la zona de instalación, no existen puntos más altos de edificaciones o arborización, el cual, hace que el sistema de paneles esté en la parte más alta de la zona y no incida ningún tipo de sombra que afecte el sistema.

Se realizó la indagación de las características y el funcionamiento de todos los componentes que integran el sistema, mediante manuales, documentos, guías de instalación, informes, así como páginas en la web de fabricantes de los diferentes componentes, además, consultas a personal capacitado en sistemas fotovoltaicos, con el objetivo de comprender inicialmente como es el proceso de generación de energía eléctrica a partir de la energía proveniente del sol y la operación que tiene cada componente dentro del sistema, tales como paneles solares fotovoltaicos, reguladores, acumuladores e inversores.

3.5. SELECCIÓN Y DISEÑO DEL SISTEMA ENERGÉTICO A INSTALAR EN CHARALÁ.

Para el diseño a instalar en Charalá del sistema fotovoltaico se procede por analizar las sombras y la inclinación optima del sistema fotovoltaico a instalar. Por lo anterior, se verifica la zona a instalar por lo que se observa que no hay presencia de sombras, ya que no existen puntos más altos como arborización o edificaciones, que afecten el sistema fotovoltaico, por lo que los paneles estarán en la parte más alta de la zona y no incida ningún tipo de sombra que afecte el sistema, por lo cual no se hizo necesario el análisis de sombra.

Al igual, que en Bucaramanga se realizó la indagación de las características y funcionamiento de todos los componentes que integran el sistema, mediante manuales, documentos, guías de instalación, informes, así como páginas en la web de fabricantes de los diferentes componentes, además, consultas a personal capacitado en sistemas fotovoltaicos

3.6. CÁLCULOS

Seguido a esto se realiza el cálculo de inclinación óptimo del panel fotovoltaico, el cual se procede a realizar de la siguiente manera:

3.6.1. Cálculo inclinación óptima anual

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69 * |\varphi|$$

Ecuación 1. B (óptimo)

Siendo:

$$\beta_{opt} = \text{ángulo de inclinación óptima (Grados)}$$

$$\varphi = \text{Latitud del lugar, sin signo (grados)}$$

Teniendo el valor de la potencia pico siendo de 500 W, se procede a realizar el diseño de la instalación fotovoltaica más adecuada para este proyecto, el cual, al verificar la norma de instalaciones eléctricas RETIE, y la norma técnica Colombiana NTC 2050, los transformadores de distribución más cercanos no cumplen con las especificaciones para realizar un sistema interconectado con la red nacional, por tanto, se procede a estandarizar un sistema único de generación fotovoltaica el cual tenga un sistema de transferencia de energía que permita consumir la energía generada por el sistema fotovoltaico, pero al momento de este sistema no ser capaz de abastecer la demanda, se realice una conmutación y se pueda tomar energía de la red nacional.

Para el cálculo de la energía total requerida se realizó la siguiente fórmula partiendo de lo anterior se tendrán los siguientes cálculos:

$$\text{Rendimiento de la instalación} = 0,8$$

$$\text{Total Energía Necesaria} = \text{Energía} \frac{\text{total}}{\text{rendimiento}} = 2500\text{Wh/día}$$

HB= 8 horas; Panel Fotovoltaico = 100 W

$$\text{Factor de pérdidas por suciedad} = 0,8$$

$$\# \text{ de módulos} = \frac{\text{Total Energía Necesaria}}{\text{HBS} * \text{Factor de suciedad} * \text{Potencia del panel}}$$

Procede a calcular el valor de la batería a usar en el kit Solar:

$$\text{Capacidad} = \frac{\text{Energía Necesaria} * \text{Días de autonomía}}{\text{Voltaje módulo} * \text{profundidad de la descarga}}$$

Para calcular el Inversor de la estación solar, se realizan los siguientes cálculos:

$$\text{Factor de Utilizacion de los equipos en simultaneidad} = 0,7$$

$$\text{Potencia Nominal Total de los Equipos} = 500W$$

$$\text{Potencia del Inversor} = \text{Suma Potencia Nominal de Equipos} * 0,6$$

3.6.2. CÁLCULO DEL TIEMPO DE RESPALDO DE LA BATERIA.

El tiempo de respaldo de la batería depende de la capacidad de la batería (Ah) y la potencia aplicada (Watts).

$$\text{Horas de Respaldo} = \frac{\text{Capacidad de la Batería (Ah)} * \text{IN voltaje}}{\text{Potencia de Carga (W)}}$$

Por último, se realiza la redacción del protocolo de uso del módulo solar instalado, con el fin de realizar una adecuada maniobra de los equipos, evidenciado en el ANEXO 2.

3.7. CÁLCULO DEL CONSUMO PLANTA PILOTO

Teniendo como base las fórmulas anteriores se realizó el mismo procedimiento para la planta piloto.

3.7.1. Cálculo de energía necesaria

Sabiendo que la planta piloto cuenta con un consumo de 500 Wh/ día se tuvieron en cuenta las siguientes fórmulas

$$\text{Consumo} = 500 \text{ Wh/día}$$

$$\text{Total energía necesaria} = \frac{\text{Consumo}}{0,75}$$

3.7.2. Cálculo de Número de módulos.

$$\text{Factor de pérdidas por suciedad} = 0,8$$

$$\# \text{ de módulos} = \frac{\text{Total Energía Necesaria}}{\text{HB} * \text{Factor de pérdidas por suciedad} * \text{Potencia consumida}}$$

3.7.3. Cálculo de baterías para la planta según carga 500w

Profundidad descarga = 0,5

$$\text{Capacidad} = \frac{\text{Energía Necesaria} * \text{Días de autonomía}}{\text{Voltaje modulo} * \text{profundidad de la descarga}}$$

3.8. CÁLCULO DE LA EXPLOTACIÓN LECHERA.

3.8.1. Cálculo de energía necesaria

Igualmente, para el cálculo de la energía necesario se tendrá en cuenta el consumo de la explotación lechera.

$$\text{Total energía necesaria} = \frac{\text{Consumo}}{0,75}$$

3.8.2. Cálculo de Número de módulos.

HB= 4,27 horas; Panel Fotovoltaico = 500 W

Factor de pérdidas por suciedad = 0,8

$$\# \text{ de módulos} = \frac{\text{Total Energía Necesaria}}{\text{HB} * \text{Factor de pérdidas por suciedad} * \text{Potencia consumida}}$$

3.8.3. Cálculo de baterías para la planta según carga 500w

Profundidad descarga = 0,5

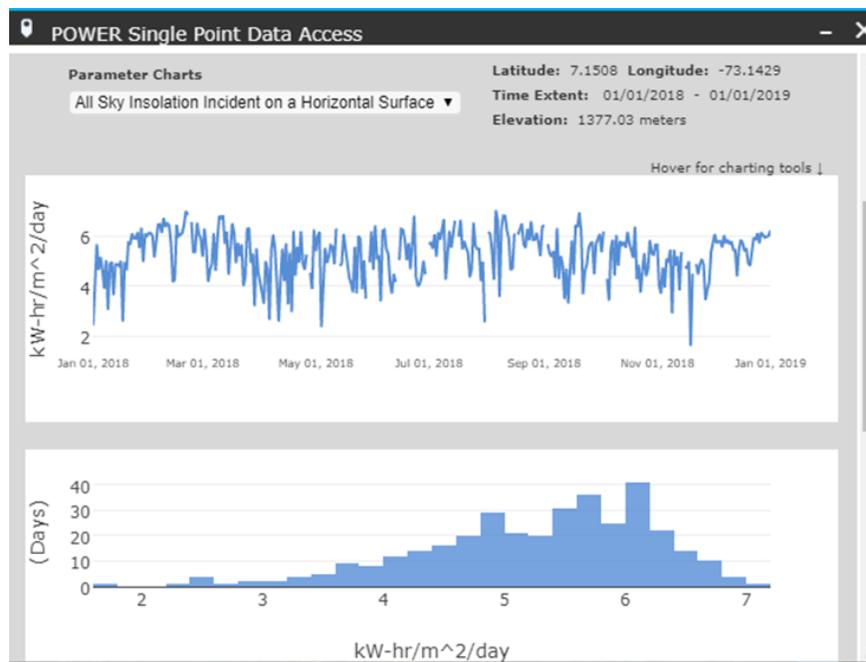
$$\text{Capacidad} = \frac{\text{Energía Necesaria} * \text{Días de autonomía}}{\text{Voltaje módulo} * \text{profundidad de la descarga}}$$

4. RESULTADOS

4.1. RADIACIÓN EN BUCARAMANGA

Referente al nivel de radiación, se refleja la gráfica de radiación solar promedio diario durante el año 2018, la cual se evidencia en la Figura 10.

Figura 10. Representación gráfica radiación solar promedio diaria 2018 de Bucaramanga.



Fuente: POWER Data Access Viewer

Tomando como base los datos suministrados por la NASA de radiación solar promedio diaria, se calcula el promedio mensual de radiación mes a mes de la zona en la que está ubicada la zona de pruebas del kit fotovoltaico, evidenciado en la Tabla 1.

Tabla 1. Radiación solar Promedio Mensual.

RADIACIÓN SOLAR PROMEDIO	
MES	kw-hora/m2
ENERO	4,97
FEBRERO	5,82
MARZO	5,42
ABRIL	4,50
MAYO	4,68
JUNIO	4,73
JULIO	5,35
AGOSTO	5,49
SEPTIEMBRE	5,04
OCTUBRE	5,07
NOVIEMBRE	4,68
DICIEMBRE	4,73

Fuente: Autor (Datos tomados de la página de la NASA)

Posteriormente en la Tabla 2, se evidencia los datos referentes al estado del clima en Bucaramanga en el cual será la zona donde se realizó la instalación, con fecha del diecinueve de octubre del año presente. Donde no se necesitan fórmulas ya que los datos se obtienen por medio a la plataforma POWER Data Access Viewer.

Tabla 2. ESTADO DEL CLIMA BUCARAMANGA

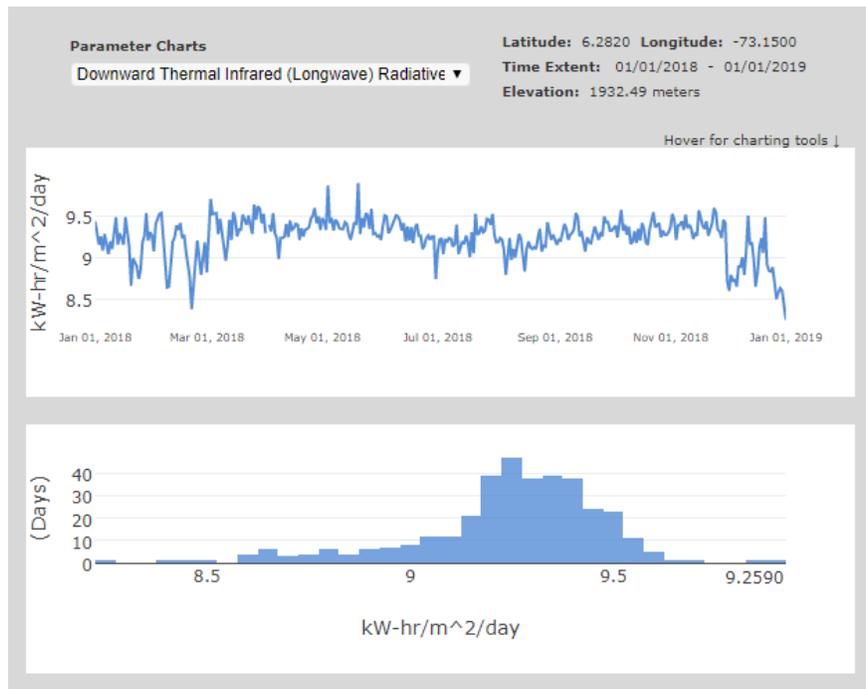
ESTADO DEL CLIMA BUCARAMANGA							
HORA	NUBOSIDAD %	VIENTO km/h		HUMEDAD %	INDICE UV MÀX	TEMPERATURA Cº	PRECIPITACION %
07-30 am	70	6	SE	78	0 bajo	20	16
08-00 am	93	6	S	70	1 bajo	22	7
09-00 am	65	6	S	63	3 moderado	23	6
09-30 am	51	6	SO	57	3 moderado	23	6
10-00 am	93	6	SO	57	6 alto	24	5
10-30 am	51	6	O	57	6 alto	25	5
11-00 am	49	7	OS	54	9 muy alto	25	5
11-30 am	48	7	ONO	52	9 muy alto	25	8
12-00 pm	45	7	ON	50	11 extremo	26	7
12-30 pm	49	7	ONO	52	11 extremo	27	45
01-00 pm	50	7	ONO	54	11 extremo	28	42
01-30 pm	48	7	ON	54	9 muy alto	28	49
02-00 pm	60	7	ONO	87	8 muy alto	27	53
02-30 pm	65	7	ONO	75	3 moderado	23	50
03-00 pm	88	7	ONO	77	3 moderado	23	22
03-30 pm	87	7	ONO	70	2 bajo	24	10
04-00 pm	80	7	ONO	70	2 bajo	22	8
MAYORMENTE NUBLADO	TEMPERATURA 24 ºC						
HUMEDAD 77%	INDICE UV 7		PRESION 1014.90 mbar		VIENTO 12 km/h NNO		
RAFAGAS 15km/h	NUBOSIDAD 76%		VISIBILIDAD 10 km		SABADO 19 OCTUBRE 2019		

Fuente: Autor

4.2. NIVEL DE RADIACIÓN EN CHARALÁ

Igualmente se determinó el potencial de radiación solar en la zona de Charalá Santander donde se realizará el desarrollo del módulo, como se evidencia en la Figura 11, la cual, refleja la gráfica de radiación solar promedio diario durante el año 2018.

Figura 11. Representación gráfica radiación solar promedio diaria 2018 de Charalá.



Fuente: POWER Data Access Viewer

Como se realizó anteriormente en la zona de Bucaramanga se calcula el promedio mensual de radiación mes a mes de la zona en Charalá, evidenciado en la Tabla 3. Radiación solar Promedio Mensual.

Tabla 3. Radiación solar Promedio Mensual.

RADIACIÓN SOLAR PROMEDIO	
MES	kw-hora/m ²
ENERO	5
FEBRERO	4.25
MARZO	5.58
ABRIL	4.33
MAYO	4.26
JUNIO	4.25
JULIO	5.27
AGOSTO	5.15
SEPTIEMBRE	5.49
OCTUBRE	5.3
NOVIEMBRE	4.45
DICIEMBRE	4.45

Fuente: POWER Data Access Viewer

Igualmente, en la Tabla 4 , se muestran los datos referentes al estado del clima en Charalá, donde se realizó la instalación, con fecha del diecinueve de octubre del año presente, la cual presenta alta similitud con el clima de Bucaramanga. Donde tampoco, se necesitan fórmulas ya que los datos se obtienen por medio a la plataforma POWER Data Access Viewer.

Tabla 4. Estado del clima en Charalá

ESTADO DEL CLIMA CHARALÁ							
HORA	NUBOSIDAD %	VIENTO km/h		HUMEDAD %	INDICE UV MÁX	TEMPERATURA C°	PRECIPITACION %
07-30 am	60	7	SE	75	0 bajo	23	14
08-00 am	90	7	S	70	1 bajo	20	5
09-00 am	63	7	S	60	3 moderado	21	6
09-30 am	59	7	SO	50	3 moderado	24	6
10-00 am	90	7	SO	55	6 alto	25	5
10-30 am	60	7	O	58	6 alto	26	5
11-00 am	45	6	OS	53	9 muy alto	28	5
11-30 am	50	6	ONO	50	9 muy alto	27	8
12-00 pm	40	6	ON	51	11 extremo	29	8
12-30 pm	50	6	ONO	55	11 extremo	23	45
01-00 pm	50	7	ONO	53	11 extremo	26	42
01-30 pm	60	7	ON	52	9 muy alto	29	50
02-00 pm	60	7	ONO	84	8 muy alto	27	51
02-30 pm	68	7	ONO	73	3 moderado	23	50
03-00 pm	87	7	ONO	77	3 moderado	23	23
03-30 pm	88	7	ONO	70	2 bajo	24	10
04-00 pm	80	7	ONO	70	2 bajo	22	7
MAYORMENTE NUBLADO		TEMPERATURA 24 °C					
HUMEDAD 77%		INDICE UV 7		PRESION 1014.90 mbar		VIENTO 12 km/h NNO	
RAFAGAS 15km/h		NUBOSIDAD 76%		VISIBILIDAD 10 km		SABADO 19 OCTUBRE 2019	

Fuente: Autor

De acuerdo con el atlas de radiación solar, ultravioleta y ozono de Colombia de IDEAM, la región centro oriente norte de los departamentos de Santander, y Norte de Santander, se tiene una Radiación que promedia anualmente entre 4,5 - 5,5 kWh/m², con una inclinación de paneles de acuerdo con la latitud de la región andina que es de 12°60´.

Teniendo en cuenta, los datos suministrados en las tablas de nivel de radiación solar, Bucaramanga y Charalá, se deduce que las instalaciones y pruebas a realizar de ambas zonas logran ser similares debido a su nivel de radiación muy similar.

Por otro lado, según el mapa de Brillo solar en el departamento de Santander el cual es la zona donde se desarrollará la planta piloto, se tiene un promedio de 7a 6 horas de brillo, por lo que habrá influencia de las horas pico solares, así como las horas de radiación difusa que también aportará al sistema. Donde la información fue suministrada de IDEAM por medio del atlas de radiación solar, ultravioleta y ozono de Colombia. (IDEAM, 2019)

4.3. CENSO DE CARGA DE LOS EQUIPOS DE LA PLANTA LECHERA.

Posteriormente, se realizó el censo de carga de cada uno de los equipos y sistemas de una explotación lechera, para estimar la carga instalada en cada ambiente, con detalle de número de equipos y elementos del mismo tipo instalados con sus respectivas demandas de potencia y el número de horas diarias de uso, esto con el propósito de dimensionar la carga total que requiere ser alimentada por el sistema solar fotovoltaico, las cuales se evidencian en la Tabla 5 y Tabla 6.

Tabla 5. Cuadro de cargas

EQUIPO	CANTIDAD	POTENCIA UNITARIA (W)	POTENCIA TOTAL (W)	TIEMPO USO (h-Dia)	TOTAL DE ENERGÍA (W- h/Dia)	TOTAL, ENERGÍA (W-h/Dia) Margen de seguridad 20%
Máquina ordeño	1	3737.1	3737.1	3	11211.3	13453.56
		TOTAL	13453.56 (WH/DIA)			

Fuente: Autor

Tabla 6. Estimación de cargas.

ESTIMACIÓN DE CARGAS				
EQUIPO	CANTIDAD	CONSUMO EN VATIOS	HORAS DE USO	CONSUMO DE ENERGÍA EN VATIOS
MÁQUINA ORDEÑO	1	3737,1	3	11211,3
	POTENCIA MÁXIMA	5521,1		
TOTAL, CONSUMO ENERGÍA				11211,3
FACTOR PÉRDIDAS DE CONEXIÓN 10%		=	11211,3	

Fuente: Autor

Para un buen dimensionamiento del sistema SFV incorporado en la planta piloto de generación de energía, se debe tener en cuenta que la situación crítica se presenta en el mes de menor radiación solar y es aquí donde el generador fotovoltaico, debe, como mínimo, tener una generación igual a la demanda de la carga.

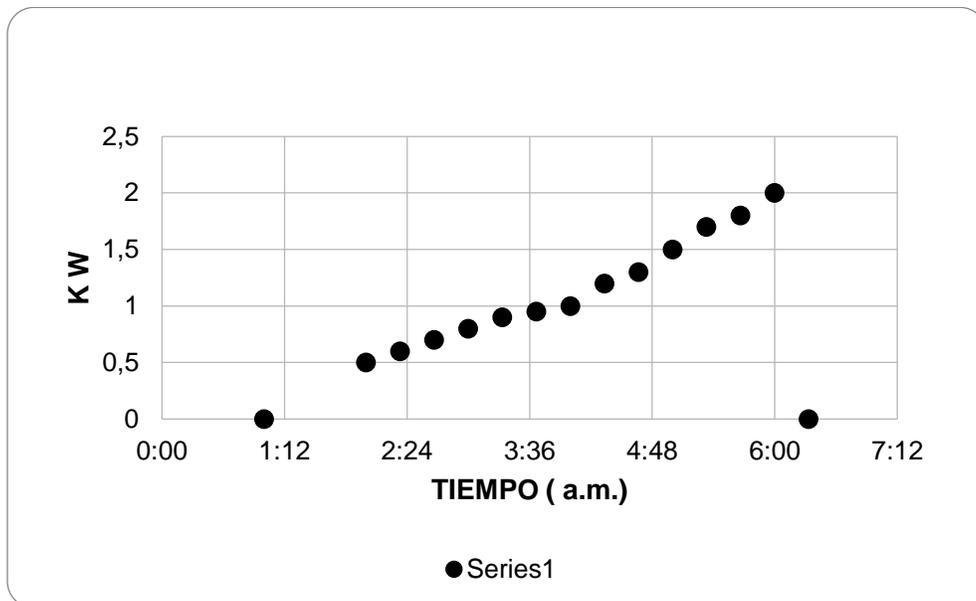
En la Tabla 7, Corriente consumida en el tiempo estipulado. Se ingresan los datos obtenidos de las mediciones de la potencia consumida en la hora de 1:00 A.M hasta las 6:00 A.M con su respectiva grafica la cual se muestra en la Figura 12.

Tabla 7. Potencia consumida

TIEMPO	KW
1:00 a.m.	0
2:00 a.m.	0,5
2:20 a.m.	0,6
2:40 a.m.	0,7
3:00 a.m.	0,8
3:20 a.m.	0,9
3:40 a.m.	0,95
4:00 a.m.	1
4:20 a.m.	1,2
4:40 a.m.	1,3
5:00 a.m.	1,5
5:20 a.m.	1,7
5:40 a.m.	1,8
6:00 a.m.	2
6:20 a.m.	0

Fuente: Autor

Figura 12. Gráfica de la potencia consumida



Fuente: Autor

4.4. CORRELACIÓN EXISTENTE ENTRE EL SISTEMA PROYECTADO Y LAS PRUEBAS REALIZADAS EN LA INSTITUCION.

Debido a los datos obtenidos en la Tabla 8 y Tabla 9, teniendo como resultado la carga deseada para cubrir las necesidades requeridas para la planta, teniendo en cuenta que el motor trabaja cuatro horas.

FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR DURANTE 4 HORAS CON LAS BATERIAS.

Tabla 8. Test de batería de líquido estándar

INFORME DE TEST							P R U E B A D E S C A R G A
TEST DE BATERIA DE LIQUIDO ESTÁNDAR							
HORA	BATERIA 31H-1200	BATERIA 30H-1150	VOLTIOS	NORMA SAE	ESTADO	NIVEL DE CARGA	
08:00 a.m.	777 A	642 A	12.74	800 A	BUENA	100%	
08:20 a.m.	729 A	731 A	12.63	800 A	BUENA	100%	
08:40 a.m.	750 A	711 A	12.61	800 A	BUENA	100%	
09:00 a.m.	775 A	774 A	12.82	800 A	BUENA	100%	
09:20 a.m.	804 A	790 A	12.74	800 A	BUENA	100%	
09:40 a.m.	835 A	784 A	12.56	800 A	BUENA	100%	
10:00 a.m.	890 A	800 A	12.19	800 A	BUENA	100%	
10:20 a.m.	895 A	790 A	12.21	800 A	BUENA- RECARGAR	51%	
10:40 a.m.	902 A	770 A	12.22	800 A	BUENA- RECARGAR	56%	
11:00 a.m.	898 A	750 A	12.17	800 A	BUENA- RECARGAR	50%	
11:20 a.m.	887 A	637 A	12.11	800 AMP	BUENA- RECARGAR	45%	
11:40 a.m.	757 A	673 A	12.06	800 AMP	BUENA- RECARGAR	42%	
12:00 p.m.	798 A	704 A	11.98	800 AMP	BUENA- RECARGAR	26%	

Fuente: Autor.

Tabla 9 test de batería de líquido estándar

INFORME DE TEST						
TEST DE BATERIA DE LIQUIDO ESTÁNDAR						
HORA	BATERIA 31H-1200	BATERIA 30H-1150	VOLTIOS	NORMA SAE	ESTADO	NIVEL DE CARGA
12:20 p.m.	859 A	776 A	12.50	800 A	BUENA	50%
12:40 p.m.	743 A	780 A	12.64	800 A	BUENA	65%
01:00 p.m.	752 A	750 A	12.70	800 A	BUENA	83%
01:20 p.m.	785 A	789 A	12.80	800 A	BUENA	87%
01:40 p.m.	772 A	790 A	12.98	800 A	BUENA	90%
02:00 p.m.	752 A	786 A	13.01	800 A	BUENA	91%
02:20 p.m.	798 A	790 A	13.05	800 A	BUENA	97%
02:40 p.m.	801 A	793 A	13.11	800 A	BUENA	100%
03:00 p.m.	811 A	793 A	13.50	800 A	BUENA	100%

Fuente: Autor.

4.5. CÁLCULOS

Seguido con las fórmulas ya mencionadas anteriormente en el capítulo 3, se realizó el cálculo de inclinación óptimo del panel fotovoltaico.

4.5.1. Cálculo inclinación óptima anual

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69 * |\varphi|$$

Ecuación 2. B (óptimo)

Siendo:

$$\beta_{opt} = \text{ángulo de inclinacion optima (Grados)}$$

$$\varphi = \text{Latitud del lugar, sin signo (grados)}$$

Existen expresiones que permiten calcular la inclinación óptima dependiendo del uso, utilizando distintos criterios, como se muestra en la Tabla 10.

Tabla 10. Expresiones para la inclinación óptima

Tipo de instalación	Uso	Máxima captación	Inclinación óptima
Conectadas a la red	Anual	Anual	$\beta_{opt} = \phi - 10$
Bombeo de agua	Anual	Verano	$\beta_{opt} = \phi - 20$
Autónomas de consumo anual constante	Anual	Período de menor radiación	$\beta_{opt} = \phi + 10$

Latitud Bucaramanga: 7,1508 °

Para el cálculo de β_{opt} , $\phi = 7,1508^\circ + 10^\circ$, debido a que el sistema a dimensionar será autónomo de consumo anual se tendrá que:

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69 * |17,1508|$$

$$\beta_{opt} = 15,53^\circ$$

El ángulo de inclinación óptimo para la ubicación de los paneles solares es de 15,53°.

Para el cálculo de la energía total requerida se realizó la siguiente fórmula

$$\text{Energía Total} = \text{Potencia consumida por la granja} * \text{horas de trabajo}$$

$$\text{Energía total} = 500 \text{ W} * 4 \text{ h}$$

$$\text{Energía total} = 2000 \text{ Wh} - \text{dia}$$

Siendo así se realizará un diseño que sea capaz de abastecer 2000 [kwh-dia] es decir un promedio, partiendo de lo anterior se tendrán los siguientes cálculos:

$$\text{Rendimiento de la instalación} = 0,8$$

$$\text{Total Energía Necesaria} = \text{Energía} \frac{\text{total}}{\text{rendimiento}} = 2500 \text{ Wh/dia}$$

HB= 8 horas; Panel Fotovoltaico = 100 W

$$\text{Factor de pérdidas por suciedad} = 0,8$$

$$\# \text{ de módulos} = \frac{\text{Total Energía Necesaria}}{HBS * 0,8 * 270W} = 3,9 = 4$$

Se hizo uso de cinco módulos de 100 W.

Procede a calcular el valor de la batería a usar en el kit Solar:

$$\text{Capacidad} = \frac{\text{Energía Necesaria} * \text{Días de autonomía}}{\text{Voltaje módulo} * \text{profundidad de la descarga}}$$

$$= \frac{\frac{2500Wh}{\text{día}} * 2 \text{ día}}{24V * 0,8}$$

$$= 260Ah$$

Se seleccionará dos baterías de 185 Ah, lo cual brindará una autonomía del sistema de 3 días aproximadamente, lo cual, suplirá aquellos días con condiciones climáticas diferentes al estándar.

Para calcular el Inversor de la estación solar, se realizan los siguientes cálculos:

$$\text{Factor de Utilizacion de los equipos en simultaneidad} = 0,7$$

$$\text{Potencia Nominal Total de los Equipos} = 500W$$

$$\text{Potencia del Inversor} = \text{Suma Potencia Nominal de Equipos} * 0,6$$

$$\text{Potencia del Inversor} = 800W$$

Se escogió un Inversor de 1200W.

El regulador de carga será de una I=100A a 24V.

4.5.2. CÁLCULO DEL TIEMPO DE RESPALDO DE LA BATERÍA.

El tiempo de respaldo de la batería depende de la capacidad de la batería (Ah) y la potencia aplicada (Watts).

$$\text{Horas de Respaldo} = \frac{\text{Capacidad de la Batería (Ah)} * \text{IN voltaje}}{\text{Potencia de Carga (W)}}$$

$$\text{Horas de Respaldo} = \frac{105 \text{ Ah} * 12 \text{ v}}{550 \text{ W}}$$

$$\text{Horas de respaldo} = 4,5 \text{ h}$$

Por último, se realiza la redacción del manual de funcionamiento del módulo solar instalado, con el fin de realizar una adecuada maniobra del equipo, evidenciado en el ANEXO 2.

4.6. CÁLCULO DE LA EXPLOTACIÓN LECHERA.

4.6.1. Cálculo de energía necesaria

$$\text{Consumo} = 13453,56 \text{ Wh/día}$$

$$\text{Total energía necesaria} = \frac{13453,56 \text{ Wh/día}}{0,75}$$

$$\text{Total energía} = 17938,08 \text{ Wh/día}$$

4.6.2. Cálculo de Número de módulos.

Longitud finca: -73.15 6° 16'59

Latitud finca: 6,283

Horas sol pico día (HSP) = 4,27

Módulo o panel fotovoltaico a utilizar = 110 w

HB= 4,27 horas; Panel Fotovoltaico = 110 W

Factor de pérdidas por suciedad = 0,8

$$\# \text{ de módulos} = \frac{17938,08 \frac{Wh}{\text{día}}}{HB * 0,8 * 110W} = 47,73 = 48$$

Se hará uso de 48 módulos de 110 W con las siguientes especificaciones:

TOTAL, ENERGIE

Tipo de módulo: TE1250

Potencia Pico: 110 W

Voltaje Pico: 17,3 V

Corriente Pico: 6,3 A

Corriente de cortocircuito: 6,8A

Voltaje de circuito abierto: 21,7 V

Potencia mínima: 105 W

4.6.3. Cálculo de baterías para la planta según carga

Profundidad descarga = 0,5

$$\text{Capacidad} = \frac{17938,08 \text{ Wh/día} * 3 \text{ días}}{24V * 0,5}$$

$$\text{Capacidad} = 4484,52 \text{ Ah}$$

Se seleccionará una batería de C100 (100 horas ciclo carga), entonces el número de baterías a utilizar es igual a una (45) de C100.

4.7. INSTALACIÓN EN BUCARAMANGA

El kit fotovoltaico instalado en la institución, contiene cinco paneles fotovoltaicos mono cristalinos de 100W, un inversor con potencia de 1100W y dos baterías marca FAICO de 185 A. Los cuales se evidencian en la Figura 13, Figura 14, Figura 15, Figura 16.

Figura 13. Paneles Solares



Fuente: Autor.

Figura 14. Inversor



Fuente: Autor.

Figura 15. Batería.



MODELO: 31H1300
APLICACIÓN: 12 VOLTIOS
CA: 185 AMP
CCA: 1050 AMP

Fuente: Autor.

Figura 16. Conexión de baterías



Fuente: Autor.

4.8. CORRELACIÓN EXISTENTE ENTRE LAS PRUEBAS REALIZADAS Y EL SISTEMA DESEADO

Una vez realizado el montaje y las debidas conexiones de los equipos a instalar en la planta piloto, se procede a trasladar el Módulo hasta un área abierta, en este caso se determina que la cancha se de tierra la cual se encuentra ubicada en el edificio A en la zona nor-oriental de las Unidades Tecnológicas de Santander es la adecuada, por lo cual se realizó la instalación de las bases de los paneles solares, con el objetivo de generar la potencia necesaria del proyecto.

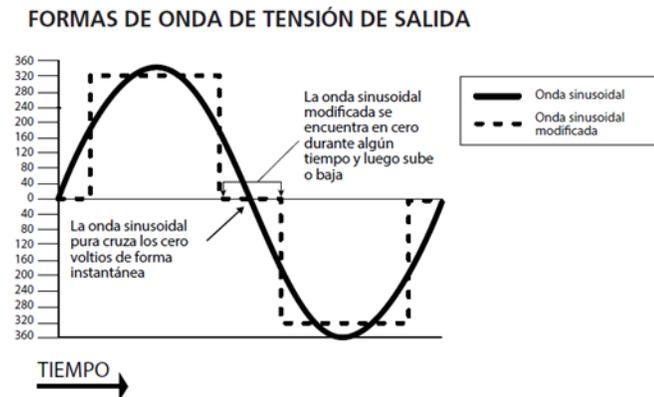
Por otra parte, se presentaron inconvenientes, ya que en la zona escogida se desempeñaban diversas actividades referentes al deporte, donde también, posteriormente se iniciaron obras y edificaciones, lo cual genero atrasos en las pruebas, debido al desplazamiento del módulo hasta la plazoleta central de la institución. Por otro lado, se iniciaron las pruebas de funcionamiento una vez cargadas las baterías, junto con los motores monofásicos de ¼ HP ,nos permitieron simular la máquina de ordeño, se pudo observar que el inversor utilizado (POWER BRIGHT 1100 WATT 12V DC TO 110V AC POWER INVERTER), el cual se evidencia en la Figura 17, el cual, opera con una onda cuadrada la cual funciona únicamente para proporcionar corriente a iluminaciones, la cual se puede observar en la Figura 18, pero, debido a que en este proyecto se requieren para motores, lo que significa que este inversor no está capacitado para proporcionar la corriente necesario y hacer trabajar los motores.

Figura 17. Inversor inicial y sus características.



Fuente: (dcacpowerinverters, 2018)

Figura 18. Forma de onda de salida del inversor inicial.



Fuente: (dcacpowerinverters, 2018)

Debido a lo anterior, se realizó el cambio de inversor por un inversor de onda sinusoidal pura a la salida y las características necesarias, donde se seleccionó un inversor de corriente continua a corriente alterna de 2000w-17 amperios, entrada 12vdc/166a salida 115vac con salida usb y onda sinusoidal pura, el cual generó un costo adicional ya que estaba fuera del presupuesto.

Una vez adquirido el inversor se procedió con la conexión en la zona establecida, la cual presenta interferencia de sombra, lo que generó alteración en los valores de las variables de generación (voltaje, corriente y potencia), ocasionando pérdidas de tiempo, por este motivo, se termina instalando el módulo en la terraza del edificio B de la institución, ya que cuenta con un área libre de sombras y personal circulante.

Cabe destacar que, debido a la carencia de conocimiento y experiencia en las conexiones de los equipos del regulador, surgió una falla e inmediatamente dejó de funcionar. Por consiguiente, se hizo necesario la compra de un nuevo regulador con las mismas características.

Finalmente, se logró la instalación en la zona escogida, donde se realizaron las pruebas requeridas para el desarrollo del proyecto, por ende, se dejará el Módulo a disposición de la institución de modo didáctico y con el fin de aprendizaje, en pruebas de laboratorios requeridas en los procesos de energías renovables, teniendo en cuenta que, el inversor instalado en el módulo es el power bright 1100 watt 12v dc to 110v ac power inverter.

4.9. FICHA TÉCNICA DE LOS EQUIPOS

1. Con base a lo anterior se describen los equipos utilizados en la instalación, teniendo en cuenta que el inversor deseado no fue el empleado debido a que su forma de onda de salida, no era la adecuada para el desarrollo del proyecto, por esto se realizó el cambio del inversor donde se puede evidenciar en la

Figura 19, el cual se adquirió e implementó, teniendo en cuenta sus características y especificaciones.

Cinco ventajas de los inversores de onda sinusoidal pura son las siguientes:

2. La onda de salida posee una muy baja distorsión armónica y es una onda sinusoidal.
3. Son más rápidas, cero ruidosas y muy frescas porque son cargas inductivas así también conocidas por los microondas, motores, etc.
4. Más adecuados para la alimentar dispositivos que contengan condensadores para corregir el facto de potencia como los fluorescentes, motores monofásicos, etc.
5. Reducen el ruido audible y eléctrico de los ventiladores, luces fluorescentes, amplificadores de audio, tv, fax y contestadores automáticos, etc.
6. No afectan ni producen problemas técnicos en los monitores, computadores, entre otros.

Figura 19. Inversor de corriente continua a corriente alterna de 2000w-17 amperios, entrada 12vdc/166a salida 115vac con salida usb y onda sinusoidal pura.



■ SPECIFICATION:

MODEL		P2000U-121	P2000U-241	P2000U-481	P2000U-122	P2000U-242	P2000U-482
OUTPUT	AC VOLTAGE	100/110/120 VAC			220/230/240 VAC		
	RATED POWER	2000W					
	SURGE POWER	400W (for few seconds)					
	USB	5V, 500mA (optional)					
	WAVEFORM	Pure Sine Wave (THD<3%)					
	FREQUENCY	50/60Hz ±3Hz					
	AC REGULATION	±5%					
	STANDARD RECEPTACLES	A, B, C, D, E, F, G, H, I, GFCI (optional as above)					
	LED INDICATOR	Green for power on, red for failure / protection status indication					
	NO LOAD CURRENT DRAW	≤1.2A					
INPUT	DC VOLTAGE	12V	24V	48V	12V	24V	48V
	VOLTAGE RANGE	10.5-15.0VDC	21.0-30.0VDC	42-60V DC	10.5-15.0VDC	21.0-30.0V DC	42-60VDC
	EFFICIENCY (Typ.)	>87.0%	>90.0%	>90.0%	>87.0%	>90.0%	>90.0%
	FUSE	40A*6	20A*6	10A*6	40A*6	20A*6	10A*6
	DC CABLE	BVR4*2	BVR4*2	BVR4*2	BVR4*2	BVR4*2	BVR4*2
	BAT LOW ALARM	11±0.5V DC	22±1V DC	44±2V DC	11±0.5V DC	22±1V DC	44±2V DC
PROTECTION	BAT LOW SHUTDOWN	10.5±0.5V DC	21.0±1V DC	42±2V DC	10.5±0.5V DC	21.0±1V DC	42±2V DC
	OVERLOAD	Shutdown					
	OVER VOLTAGE	14.8±0.5V DC	29.6±1V DC	58.4±2V DC	14.8±0.5V DC	29.6±1V DC	58.4±2V DC
	OVER TEMPERATURE	Shut-off output voltage, recover automatically after temperature goes down					
	SHORT CIRCUIT	Shut-off output voltage, repower on to recover					
	BAT REVERSE POLARITY	By fuse open					
	SOFT START	Yes 5-10s					
	EARTH LEAKAGE	Yes					

Fuente: (Carspa New Energy , 2017)

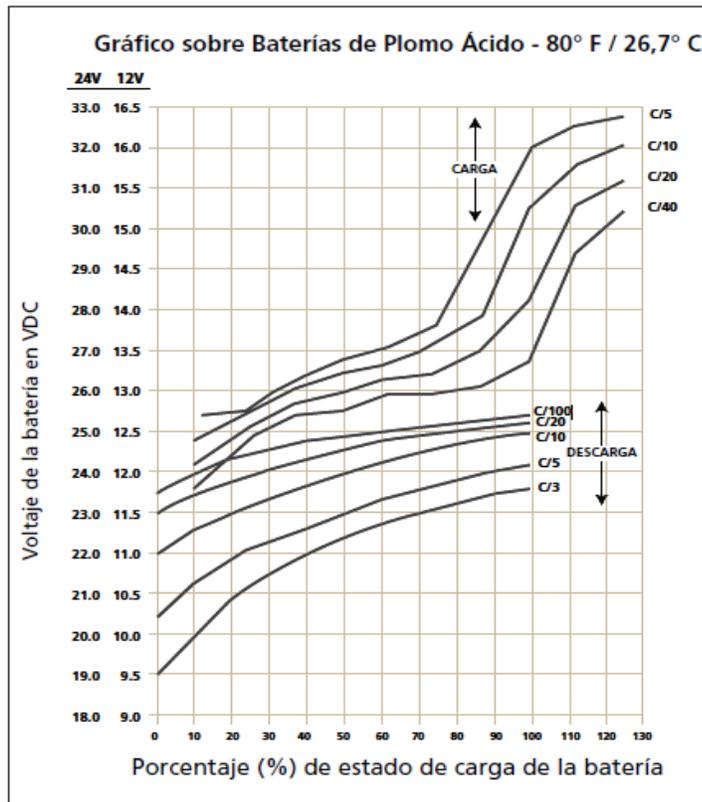
En el caso de las baterías se emplearon, Baterías Faico con 120 v y corriente de 185A.

En la

Figura 20, se evidencia la curva generada debido al estado de carga/descarga. Teniendo como base la información suministrada por el voltaje como se muestra en la Figura 21 , las cuales demuestran el estado de carga en función del voltaje y el voltaje terminal de la batería cargada.

Figura 20. Gráfica de las curvas de carga y descarga para baterías de plomo ácido de 12 v.

Información General sobre Baterías de Plomo Ácido



Fuente: (Carspa New Energy , 2017)

Figura 21. Estado de carga en función del voltaje

Porcentaje de carga completado	Células de voltaje estacionario individuales	Voltaje estacionario de batería de 12 V	Voltaje estacionario de batería de 24 V
100%	2.105V	12.63V	25.26V
90%	2.10V	12.6V	25.20V
80%	2.08V	12.5V	25.00V
70%	2.05V	12.3V	24.60V
60%	2.03V	12.2V	24.40V
50%	2.02V	12.1V	24.20V
30%	1.97V	11.8V	23.60V
20%	1.95V	11.7V	23.40V
10%	1.93V	11.6V	23.20V
0%	= / < 1.93V	= / < 11.6V	= / < 23.20V

Fuente: (Carspa New Energy , 2017)

En la mayoría de los inversores calculan el estado de descarga de la batería mediante el cálculo de la tensión en los terminales de entrada de DC del inversor (teniendo en cuenta que los conductores de entrada de DC no tienen el diámetro correcto para permitir una caída de tensión despreciable entre la batería y el inversor). Los inversores disponen de un timbre de alarma el cual advierte cuando la batería se ha descargado aproximadamente hasta 80% de la capacidad nominal.

Para calcular el estado de descarga de una batería se tiene en cuenta el voltaje medido en el terminal de la batería. Dicho voltaje en bornes depende de lo siguiente:

- Temperatura del electrolito de la batería: es la que provoca reacciones electroquímicas dentro de la batería, llegando a tener un coeficiente de tensión negativo. Así que durante el proceso de la carga y/o descarga, el voltaje terminal cae cuando aumenta la temperatura y pasa lo contrario, es decir, el voltaje en el terminal aumenta cuando disminuye la temperatura.
- Cantidad de corriente de descarga o “c-rate”: La resistencia en la batería es de tipo no lineal interna, es, por tanto, que según aumente la corriente de descarga, el nivel de la tensión en los bornes de la batería caerá de forma no lineal.

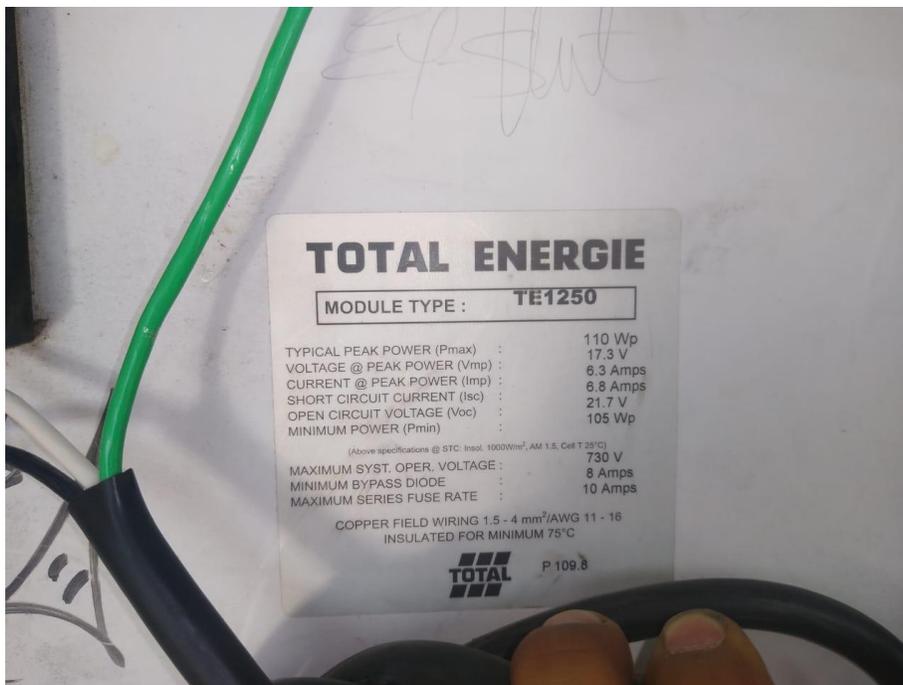
Seguido de esto, se hizo la interconexión de cinco paneles solares, los cuales cuentan con una potencia pico de 110 Wp, voltaje pico de 17,3 v, corriente pico de 6,3 A, lo cual se demuestra en la Figura 22 y Figura 23.

Figura 22. Paneles solares.



Fuente: Autor

Figura 23. Características del panel solar



Fuente: Autor

Finalmente, se terminó el módulo el cual se evidencia en la Figura 24. donde será entregado a la institución para fines educativos.

Figura 24. Módulo Solar.



Fuente: Autor

5. CONCLUSIONES

- Al realizar el cálculo de la radiación promedio del sistema fotovoltaico se obtiene que la radiación promedio en la zona donde se realizaron las pruebas es de 5.04 kw-hora/m² el cual hace que la radiación sea un punto importante y eficiente para la generación fotovoltaica en la zona.
- Para el diseño del prototipo de generación se seleccionó un sistema basado en una potencia de 500W con un factor de suciedad de 0.8 para una utilización de 4 horas diarias lo que refleja una Energía total=2000 Wh-día, siendo así la necesidad de instalar 4 módulos fotovoltaicos, agregado a esto se da un soporte mayor al sistema y se instalaron 5 módulos fotovoltaicos para dar la potencia pico deseada.
- Para dar soporte al suministro continuo de energía se realizó el cálculo de las baterías con un soporte energético de 2 días sin alimentación fotovoltaica, el cual esta energía será suplida por dos baterías de 200 A, controlando en sistema un regulador de 1100W a 110 amperios.

- La planta piloto en sus inicios de implementación presento un promedio de carga generada hasta 1000wh, lo que nos permite alcanzar un nivel de entrega del sistema de iluminación en el área de ordeño del 90%, economizando costos de producción para el ganadero.
- Los paneles de 110W utilizados se instalaron en las cubiertas del establo propiamente, facilitando así su mantenimiento por la accesibilidad con un sistema de escalera o andamios según sea el caso que se requiera trabajar por parte del propietario.
- De los resultados obtenidos se puede apreciar en beneficio utilizar paneles poli cristalinos para generar energía por sobre los monos cristalinos, primero por sus bajos costos, y segundo, la eficiencia de ambos tipos es parecida (15,4% monos cristalinos y 14,14% poli cristalino). Sin embargo, se debe considerar que el costo de los paneles es una variable muy volátil, que depende de las eventuales ofertas que existan en el mercado y se podría dar que exista una oferta temporal en que los paneles monocristalinos resulten más económicos que el policristalino y entonces, el proyecto con paneles monocristalinos sea más rentable.
- La ubicación de los paneles no presenta inconvenientes con la estructura física de la explotación a pequeña escala o establo y se adecuan de forma correcta.

6. RECOMENDACIONES

- Al realizar pruebas futuras se hace necesario hacer el estudio en zona, por lo cual al determinar la radiación-generación en la ubicación exacta se debe utilizar POWER Data Access Viewer ya que esta plataforma de la nasa es la más confiable para determinar el estudio de zonas diferentes o a la rquerida.
- Analizar el sistema con paneles solares de diferentes tecnológicas y materiales, para identificar que panel fotovoltaico se hace más eficiente en estas circunstancias.

7. REFERENCIAS

- Alcaldía de Bucaramanga. (2015). *Bucaramanga.gov*. Obtenido de <https://www.bucaramanga.gov.co/el-mapa/division-politico-urbana/>
- Alcaldía de Bucaramanga. (2017). *Santander*. Obtenido de <http://versionantigua.bucaramanga.gov.co/Contenido.aspx?Param=9>
- Carabias, E. R. (2012). *ESTUDIO ENERGÉTICO DE RENOVABLES EN UNA EXPLOTACIÓN LECHERA*. Obtenido de http://oa.upm.es/15042/1/PFC_Eva_Rivas_Carabias.pdf
- Carspa New Energy . (2017). *Alibaba.com*. Obtenido de <https://spanish.alibaba.com/g/carspa-2000w-power-inverter.html>
- Cristina, I. G., & Manuel, O. P. (2016). *repository.ucatolica.edu.co*. Obtenido de RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE -: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/14053/2/MODELO%20RAE.pdf>
- dcacpowerinverters. (2018). *DCACpowerinverters.com*. Obtenido de <https://www.dcacpowerinverters.com/product/pw1100-12/>
- Energía solar. (2017). *solar-energia.net* . Obtenido de <https://solar-energia.net/que-es-energia-solar/panel-solar>
- EPSA CELSIA. (2019). *Todo lo que debes saber sobre energía solar en Colombia*. Obtenido de <https://eficienciaenergetica.celsia.com/todo-lo-que-debes-saber-sobre-energia-solar-en-colombia/>
- Google Maps. (2019). *Google*. Obtenido de <https://www.google.com/maps/place/Charal%C3%A1,+Santander/@6.2859499,-73.1562198,15z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x8e69f26560be38e9:0x36a3d48993b63a54!8m2!3d6.28595!4d-73.147465>
- Google Maps. (2019). Localización .
- IDEAM. (2019). *ATLAS DE RADIACIÓN SOLAR, ULTRAVIOLETA Y OZONO DE COLOMBIA*. Obtenido de <http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/Distribucion-espacial-y-temporal-del-Brillo-Solar-en-Colombia.pdf>
- Lamiguero, O. P. (2018). *ENERGÍA SOLAR Fotovoltaica*.
- Lucio, M. S. (2012). *IMPACTO AMBIENTAL DE LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA-PANELES SOLARES*.
- MUI en Ingeniería y Arquitectura. . (2017). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. Obtenido de <http://grupoorion.unex.es:8001/rid=1LDD295FR-23978Q1-282G/Presentacion%20fotovoltaica.pdf>
- Paneles Solares y soluciones con energías renovables. (2013). <http://www.panelessolares.com/>. Obtenido de <https://paneles-inv-solares-equipo9.weebly.com/marco-teorico.html>
- PERALTA, R. E. (2011). *LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA COMO FACTOR DE DESARROLLO EN ZONAS RURALES DE COLOMBIA*. CASANARE. Obtenido de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/1085/;jsessionid=990FF337010176245B3E1508DAE0B9FD?sequence=1>
- Proyecto EnDev/GIZ. (2013). *INSTALACIÓN DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS*. Obtenido de Manual de instalación de un sistema fotovoltaico domiciliario: https://energypedia.info/images/0/0b/Gu%C3%ADa_de_instalaci%C3%B3n_de_SF_-_2013.pdf
- Santos, D. B. (2018). *Introducción a la Energía Fotovoltaica*. Obtenido de

- A+LA+ENERG%C3%8DA+FOTOVOLTAICA%252FIntroducci%C3%B3n+a+la+En
 erg%C3%ADa+Fotovoltaica.pdf
- Sun Supply. (2018). *Energía Solar más cerca de las personas*. Obtenido de <https://www.sunsupplyco.com/>
- Vicente, S. M. (2017). *Estudio de una instalación solar fotovoltaica aislada para explotación ganadera*. Valladolid. Obtenido de <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/24389/TFG-P-584.pdf;jsessionid=DA892C5E972C0CC440F5C64C0E68831A?sequence=1>
- altas, b. (s.f.). tipo de paneles fotovoltaicos. *características de paneles*, 4.
- Carabias, E. R. (diciembre de 2012). *Estudio energético de renovables en una explotación ganadera*. Salamanca.
- CIAD.A.C. (s.f.). Buenas Prácticas de Producción Lechera en Establos. Obtenido de <http://docplayer.es/7518673-Buenas-practicas-de-produccion-lechera-en-establos.html>
- Elaboración, r. y. (s.f.). MANUAL DE APLICABILIDAD DE BUENAS PRACTICAS PECUARIAS. 123. Obtenido de <http://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/pdf/inocuidad/manuales-aplicabilidad/manual-leche.pdf>
- ENDEV/GIZ, P. (2013). Manual de instalación de un sistema fotovoltaico domiciliario. *ENERGY PEDIA*, 48. Obtenido de https://energypedia.info/images/0/0b/Gu%C3%ADa_de_instalaci%C3%B3n_de_SF_-_2013.pdf
- Fuente: Dahl, G.E. y D. Petitclerc: Gestión del fotoperíodo en. (s.f.). *delaval*, 1.
- Ladino, R. E. (marzo de 2011). *La energía solar como factor de desarrollo en zonas rurales de Colombia*. BOGOTA D.C.
- MACIAS, S. (julio de 2017). *Estudio de una instalación solar fotovoltaica aislada para una explotación ganadera*. Valladolid.
- NASA, L. (s.f.). *ATMOSPHERIC SCIENCE DATA CENTER*. ESTADOS UNIDOS. Obtenido de <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?email=skip@larc.nasa.gov>
- sources, g. (s.f.). congeladores de baja temperatura. 1. Obtenido de <https://spanish.globalsources.com/gsol/I/Medical-refrigerator/p/sm/1153606104.htm#1153606104>
- tipos de paneles fotovoltaicos. (s.f.). *bandasaltas.com.ar*, 4.
- Victor manuel ospino, I. i. (2016). *Manual de implementación de energía solar fotovoltaica en vivienda*. Bogota dc.

8. ANEXOS

ANEXO 2. PROTOCOLO DE USO DEL MÓDULO SOLAR FOTOVOLTAICO AISLADO.