



**ESTUDIO DE LA VIABILIDAD TÉCNICA Y FINANCIERA DE UN SISTEMA  
FOTOVOLTAICO APLICADO A UN PROCESO DE ORDEÑO MECÁNICO EN LA  
FINCA POZO COLORADO DE CERRITO SANTANDER**

**EDINSON YADHIR BASTO ROJAS 1096955002  
DEYBER RICARDO CARVAJAL MÉNDEZ 1098131617**

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍA  
PROGRAMA TECNOLOGÍA EN ELECTRICIDAD INDUSTRIAL  
BUCARAMANGA 2021**



**ESTUDIO DE LA VIABILIDAD TÉCNICA Y FINANCIERA DE UN SISTEMA  
FOTOVOLTAICO APLICADO A UN PROCESO DE ORDEÑO MECÁNICO EN LA  
FINCA POZO COLORADO DE CERRITO SANTANDER**

**EDINSON YADHIR BASTO ROJAS 1096955002  
DEYBER RICARDO CARVAJAL MÉNDEZ 1098131617**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
TECNÓLOGO EN ELECTRICIDAD INDUSTRIAL**

**DIRECTORES:  
ALFREDO RAFAEL ACEVEDO PICÓN  
JERSON ERASMO LEÓN ALMEIDA**

**GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN ENERGÍA – GIE**

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍA  
PROGRAMA TECNOLOGÍA EN ELECTRICIDAD INDUSTRIAL  
BUCARAMANGA 2021**

## Nota de Aceptación

---

---

---

---

  
Firma del Evaluador

  
Firma del Director

## DEDICATORIA

Este proyecto lo dedico primeramente a Dios por permitirme culminar los estudios, por darme salud y la perseverancia para poder seguir adelante en estos tiempos de pandemia

A mis padres por el apoyo en cada una de las decisiones que he tomado, por ser los principales promotores de mis sueños, por confiar y creer en mí, por los consejos, valores y principios que me han inculcado desde niño.

A mi familia que, con sus consejos, comprensión y apoyo, motivaron mi ser para culminar esta gran etapa y formarme como una persona responsable y correcta.

A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

### EDINSON YADHIR BASTO ROJAS

Este proyecto se lo dedico principalmente a mis padres quienes supieron guiarme, son el motor en mi vida, no lo hubiera logrado sin su amor, apoyo y consejos, me ayudaron en los momentos difíciles con los recursos necesarios para estudiar y me enseñaron a no decaer ante las dificultades que se presentaban, superar los obstáculos sin abandonar nunca mis valores, mis principios y mi carácter ni desfallecer en el intento.

### DEYBER RICARDO CARVAJAL MÉNDEZ

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a los docentes de las unidades tecnológicas de Santander, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión, de manera especial, al tutor de nuestro proyecto de investigación quien ha guiado este proceso con paciencia, y sabiduría.

**EDINSON YADHIR BASTO ROJAS**

Quiero agradecerles a mis padres y hermanos los cuales son las personas que me alientan a ser mejor y a superarme cada día agradezco de todo corazón todas las enseñanzas que me han brindado a lo largo de mi vida.

**DEYBER RICARDO CARVAJAL MÉNDEZ**

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO	10
INTRODUCCIÓN	11
1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	12
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
1.2. JUSTIFICACIÓN	13
1.3. OBJETIVOS	15
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	15
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
1.4. ESTADO DEL ARTE	16
2. MARCO REFERENCIAL	18
2.1. MARCO CONCEPTUAL	18
2.1.1. Panel Solar	18
2.1.1.1 Panel Monocristalino	19
2.1.1.2 Panel Policristalino.	19
2.1.1.3 Panel Amorfo	19
2.1.2. Tipos de Sistemas Fotovoltaicos	20
2.1.2.1 Sistema Fotovoltaico Aislado (Off Grid)	20
2.1.2.2 Sistema Fotovoltaico Conectado a la Red (On Grid)	21
2.1.3. Regulador de Carga	22
2.1.4. Inversor	22
2.1.5. Batería	23
3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	25
4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO	26
4.1 CALCULO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO MÉTODO DEL PEOR MES	26
4.1.1 Determinación de cargas	26
4.1.2 Ubicación del predio	27
4.1.3 Cálculo de la radiación en el sitio	28
4.1.4 Selección de la hora solar pico más desfavorable	29
4.1.5 Total de energía consumida	30

4.1.6	Cálculo de la energía	30
4.1.7	Cálculo de la potencia en los paneles	30
4.1.8	Cálculo del número de paneles	31
4.1.9	Selección del tipo de paneles y su conexión	31
4.1.10	Selección del regulador-cargador	34
4.1.11	Cálculo del banco de baterías	33
4.1.12	Cálculo del número de baterías	34
4.1.13	Selección del Inversor	35
4.1.14	Selección de conductores y protecciones	36
4.2	DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	37
4.3	ANÁLISIS DE COSTOS DEL SISTEMA	38
4.4	RESULTADOS	38
4.	CONCLUSIONES	40
5.	RECOMENDACIONES	41
6.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Célula Solar Fotovoltaica .....	18
Figura 2: Tipos de Paneles .....	20
Figura 3: Sistema Fotovoltaico Aislado .....	21
Figura 4: Sistema Fotovoltaico Conectado a la Red .....	21
Figura 5: Regulador de Carga.....	22
Figura 6: Inversor.....	23
Figura 7: Baterías .....	24
Figura 8: Ubicación de la Finca Pozo Colorado .....	27
Figura 9: Diseño Unifilar del Sistema Fotovoltaico .....	37
Figura 10: Panel Solar .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 11: Inversor.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 12: Batería .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 13: Controlador .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 14: Disyuntor.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 15: Fusible .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 16: Breaker .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Cuadro de Cargas.....	26
Tabla 2: Calculo de las horas solar pico (HSP) inclinación 0° .....	28
Tabla 3: Calculo de las horas solar pico (HSP) inclinación 11° .....	29
Tabla 4: Calculo de Energía de los Paneles .....	30
Tabla 5: Potencia en los Paneles.....	30
Tabla 6: Numero de Paneles .....	31
Tabla 7: Calculo de N° de Paneles en Serie y Paralelo.....	32
Tabla 8: Días de Autonomía del Sistema .....	33
Tabla 9: Calculo de Acumulador .....	33
Tabla 10: Selección de Conductores y Protecciones .....	36
Tabla 11: Costos del Sistema .....	38

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto se define como el estudio técnico y financiero de un sistema fotovoltaico, el cual tiene como sello distintivo que será aplicado a un proceso de ordeño mecánico en la finca pozo colorado en la vereda Tuli del municipio del Cerrito Santander.

Inicialmente, se obtendrá y análisis los datos de la radiación solar incidente en la zona, junto con el levantamiento de cargas de los equipos utilizados en el proceso de ordeño mecánico.

Después, se realizarán los cálculos correspondientes al sistema fotovoltaico, para establecer los equipos más adecuados a emplear, el diseño, el método de instalación del sistema y todo aquello que abarca este tipo de proyecto. Teniendo en cuenta las normas técnicas.

Para finalizar, con los datos obtenidos se consideran los costos de cada uno de los componentes del sistema y se realizar el estimado del costo total de la implementación del sistema fotovoltaico aplicado al proceso de ordeño mecánico.

**PALABRAS CLAVE.** Fotovoltaico, Paneles, Radiación, Viabilidad, Ordeño.

.

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas fotovoltaicos han tenido un gran impacto en el mundo, ya que brindan accesibilidad en lugares donde la energía convencional aún no ha llegado. Aunque es costosa su inversión en un inicio, es una alternativa que disminuye costos a largo plazo, y teniendo en cuenta que los recursos fósiles del planeta cada día disminuyen considerablemente, los sistemas fotovoltaicos presentan una solución viable, económica y ambiental.

En Colombia las energías renovables han tenido un gran avance, en especial la energía solar. Nuestro país cuenta con una reducción en los aranceles hacia la parte de este tipo de tecnología lo que lo hace más llamativo en cuestión de costos. Además por estar ubicados en la zona ecuatorial se tiene disponibilidad los 365 días del año, además de presentar un alto nivel de radiación en especial la costa norte y gran parte de los llanos orientales, por ende, estas tecnologías se han extendido aún más en nuestro territorio nacional.

El proyecto que se propone ejecutar tiene como finalidad el uso de energía solar fotovoltaica aplicada al ordeño mecánico, en la finca Pozo Colorado del municipio de Cerrito (Santander), con el fin de mejorar la parte productiva de los animales, las condiciones de trabajo de los empleados y una buena viabilidad de los equipos utilizados y con ello permitir que este productor del municipio tenga mayor eficiencia en su ganadería y pueda incursionar en el mercado lechero compitiendo en precios, permitiendo mayores ingresos.

## 1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El trabajo y administración de una finca ganadera enfocada a la producción de leche requiere un alto y constante consumo de energía eléctrica para gran parte de sus equipos como: cercas eléctricas, máquinas de ordeño, picadoras, tanques de enfriamiento, etc. (Plata Espinel, 2016)

Teniendo en cuenta esto las energías renovables en principal la energía solar fotovoltaica surgen como una alternativa eficaz a largo plazo para el funcionamiento de dichos equipos. Además de contribuir con un gran impacto económico ya que en nuestro país según la Ley 1715 de 2014 atribuye beneficios económicos por parte del Estado por el uso de energía solar.(Epsa Celsia, 2019)

Según(Sanabria Orozco, 2016), el consumo energético mundial el 81% proviene de energías no renovables y el 19% de energías renovables. Sabiendo que, aunque los recursos fósiles se encuentran en abundancia para su extracción estos generan gran impacto ambiental, por ende, muchos países buscan implementar energías renovables para disminuir las emisiones de efecto invernadero.

Nuestro país tiene un gran potencial energético renovable, en principal el aprovechamiento solar ya que por nuestra geografía nos encontramos en zona tropical. Según estudios en Colombia la radiación solar promedio es de 4,5 kWh/m<sup>2</sup>/d, esta supera al promedio mundial la cual es de 3,9 kWh/m<sup>2</sup>/d. Teniendo en cuenta que hay zonas que superan los 6,0 kWh/m<sup>2</sup>/d como son: la Guajira, Casanare, Meta, Vichada. Teniendo en cuenta que estos últimos en su gran mayoría

su economía se basa en la ganadería y agricultura. (Benito Molina & Ruiz Calderón, 2018)

Según estudios el 32% del territorio nacional no se encuentra incluido al sistema interconectado nacional (SIN), ya que hay zonas de pocos habitantes como también difícil acceso, por ende, la instalación presenta un alto y elevado costo el cual no es viable para las empresas prestadoras del servicio. (Gómez Ramirez et al., 2018)

### **Pregunta de investigación**

¿Cuál es la viabilidad técnica y financiera de implementar un proyecto de energías sostenibles con energía solar fotovoltaica en la finca Pozo Colorado?

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

Según (Aguilar García & Narvárez Vanegas, 2018) la energía solar es aquella energía que obtenemos del sol, el cual estudios tiene una vida limitada pero en comparación a nuestro tiempo da entender una durabilidad por mucho tiempo. Con esta energía obtenemos la energía solar fotovoltaica la cual toma la radiación del sol y la convierte en electricidad.

El estudio que se va a llevar a cabo nos ayudara a establecer el gran impacto que genera implementar un sistema solar fotovoltaico a una producción lechera, ya que en este sector es bien sabido que la producción tanto de carne como de leche presentan un gran impacto ambiental en cuanto al fenómeno de calentamiento global. (Guzmán Hernández & Obando Ulloa, 2020)

Con este sistema se va a disminuir el uso de energía convencional la cual la presta la Electrificadora de Santander (ESSA) ya que esta presenta un impacto ambiental, las hidroeléctricas que afectan el hábitat de los peces y las térmicas la emanación de gases que afectan la atmosfera.(Solar Energia, 2015)

La generación e implementación de esta presenta una economía viable a largo plazo así como también el hecho de poder suministrar una energía de calidad a lugares de difícil acceso al servicio de la red nacional, ya que la energía convencional cada día va en aumento.(Epsa Celsia, 2019)

Se prevé que los recursos fósiles a corto plazo van a disminuir considerablemente y con esto se va a generar un alto costo a la energía eléctrica que depende de estos procesos para su generación; además de el gran costo de su infraestructura, distribución y consumo. (Grupo Orion, 2013)

## **1.3. OBJETIVOS**

### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Estudiar la viabilidad técnica y financiera de un sistema fotovoltaico aplicado a un proceso de ordeño mecánico en la finca Pozo Colorado de Cerrito Santander.

### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Diseñar técnicamente un sistema fotovoltaico calculando el consumo de las cargas para verificar el óptimo funcionamiento en el proceso de ordeño mecánico.
- Calcular el costo del montaje del sistema fotovoltaico haciendo un análisis de precios para compararlo con el consumo mensual de energía de la red para determinar su viabilidad.
- Analizar los resultados de la evaluación técnica y financiera de la implementación del sistema fotovoltaico con el fin de mejorar el funcionamiento del proceso de ordeño en la finca Pozo Colorado.

## 1.4. ESTADO DEL ARTE

En el siguiente escrito se pretende mostrar algunas investigaciones sobre energías renovables aplicadas en la agricultura, en especial la energía solar fotovoltaica.

- Investigación Internacional

A nivel internacional se ha llevado una exhaustiva investigación acerca de la aplicación de energía solar fotovoltaica a procesos agrícolas. En España el señor Miguel Llopis Morales expone su tesis por título “Diseño de una instalación solar fotovoltaica para bombeo de 55kW para el riego de la huerta de Alicante de Mutxamel”, este proyecto se plantó como objetivo mitigar un gran problema que se presenta en la zona que son las sequias que se han venido presentando a causa del cambio climático y además como lo expresa en el documento, la mal organización del sistema de acueductos para los riegos agrícolas de la zona. Para solucionar este problema tuvieron en cuenta un sistema de generación fotovoltaico para alimentar un sistema de bombeo que tomara el agua en la balsa “Pantanel” y con esto abastecer la balsa “Foia Berenguer” que se encuentra en el punto más alto para luego hacer el proceso de riego mediante gravedad. Luego de haber implementado este proyecto obtuvieron una viabilidad a mediano plazo en cuestiones económicas en comparación de una conexión a la red, además el sistema de riego tuvo una mejor eficiencia ya que lograron abastecerse durante todo el año.(Llopis Morales, 2018)

En el Salvador se llevó a cabo un estudio similar llamado “Factibilidad técnica y económica para la implementación de un sistema de bombeo fotovoltaico para una zona de riego agrícola” por parte de los señores Gilberto Vladimir Delgado García, Silsa Merari Morán de Rivera y Saúl Sigfredo Reina Hernández. En este caso el sistema de bombeo ya se encontraba en funcionamiento mediante motores tipo Diesel, pero con el gran problema que se necesitaba bastante combustible y se estaban presentando sobre costos. Ellos en primer lugar estudiaron la zona para reconocer los productos que demandaban este tipo de sistema, encontraron que el tomate y la sandía eran los dos principales productos. Luego obtuvieron datos meteorológicos para saber en qué meses el verano era más intenso ya que el Salvador por estar cerca de la zona ecuatorial no presenta estaciones climáticas. Teniendo en cuenta estos datos hicieron el diseño del Sistema Fotovoltaico para el bombeo del agua, obtuvieron recursos por parte de la empresa ALBATECH GREEN ENERGY S.A. DE C.V. Finalmente pudieron concluir que el proyecto fue viable ya que la producción de sandía y tomate aumentaron un 50% debido al buen riego que se hizo por parte del sistema de bombeo alimentado por los paneles solares, así

como también se obtuvieron menores gastos en comparación al anterior sistema.(Delgado García et al., 2016)

- Investigación Nacional

A nivel local en el Departamento de Boyacá se llevó a cabo un proyecto llamado “Propuesta de un sistema de producción más limpia en el sector ganadero lechero mediante energías fotovoltaicas. Estudio de caso Hacienda la Trinidad vereda de Sabaneca, Municipio de San Miguel de Sema – Chiquinquirá, Boyacá” por parte de Cesar Augusto Aguilar García y Ana María Narváez Vanegas. Este proyecto se enfatizó en dar solución a un problema que viven los campesinos de dicha región el cual es el ineficiente servicio de energía eléctrica que les ofrecen. Debido a esto presentan fallas constantes en sus equipos de ordeño lo cual acarrea pérdidas económicas. Para esto tuvieron en cuenta un sistema solar fotovoltaico On Grid para alimentar las cargas utilizadas en la hacienda, luego de esto concluyeron que es factible la instalación de este sistema ya que ayuda a mitigar las pérdidas económicas que se venían presentando por el mantenimiento constante de las maquinas además de la no dependencia de energías provenientes de los recursos fósiles. (Aguilar García & Narváez Vanegas, 2018)

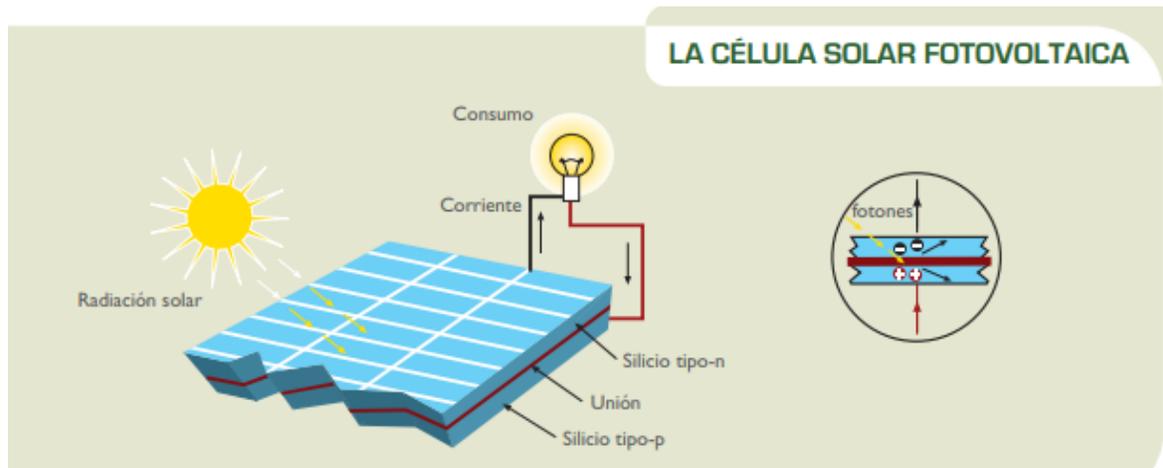
En el municipio de Subachoque se encuentra un caso particular de la finca La Quinta Villa Catalina que tiene como misión “promover la innovación tecnológica y desarrollo ecoeficiente, sostenible y competitivo del cultivo de fresa y otros cultivos”. Los señores Andrea Carolina Benítez Soler e Iván Darío Tello tuvieron en cuenta este caso y les plantearon a los dueños de la finca una propuesta llamada “Estudio de factibilidad de la implementación de un sistema solar fotovoltaico en la finca Villa Catalina”. Esta propuesta tiene como finalidad abastecer la demanda energética de la finca que cuenta con 4 habitantes mediante paneles solares y que sea autosuficiente como lo promueve su misión. Ellos diseñaron un sistema On Grid ya que según sus cálculos tienen energía sobrante que pueden entregar a la red. Una vez terminaron concluyeron que es viable la instalación ya que en 5 años y 5 meses se recuperara la inversión, además de satisfacer los objetivos planteados en su misión.(Benítez Soler & Tello, 2018)

## 2. MARCO REFERENCIAL

### 2.1. MARCO CONCEPTUAL

Uno de los métodos de generación de energía eléctrica renovable es el sistema fotovoltaico, el cual consiste en captar la radiación lumínica del sol mediante paneles solares bien sean monocristalinos y/o policristalinos y transformarla en corriente eléctrica. Estos paneles solares presentan una particularidad la cual es el tipo de célula con el que están hechos, la base de su construcción es el silicio junto al arseniuro de galio. Aunque presentan similitud en su diseño, se ha de aclarar que sus características varían y por ende su rendimiento se diferenciara según en las condiciones donde se encuentre. (Forero Garcia et al., 2018).

*Figura 1: Célula Solar Fotovoltaica*



Fuente: (Forero Garcia et al., 2018)

#### 2.1.1. Panel Solar

Los paneles solares son dispositivos diseñados para captar la energía solar y convertirla en electricidad, estos están constituidos por múltiples celdas solares, las cuales son producidas a base de silicio (Si) y arseniuro de galio (GaAs). Las celdas logran una corriente que oscila entre 2 a 4 Amperios (A) y un voltaje entre 0,46 y 0,48 voltios (V). Los paneles fotovoltaicos albergan radiación directa como también radiación difusa, logrando generar electricidad en los días con alta nubosidad;

actualmente hay 3 tipos: monocristalinos, policristalinos y amorfos.(Arencibia Carballo, 2016)

### **2.1.1.1 Panel Monocristalino**

Las celdas solares monocristalinas son las que presentan el mayor rendimiento en la actualidad, logrando una eficiencia entre el 15 y 21% aunque son las que presentan un costo más elevado debido a la complejidad en su fabricación. Su elaboración se basa en purificar el silicio, luego se funde y se cristaliza en lingotes circulares u octogonales estos se cortan en laminas uniformes y se crean las células solares. Estos se distinguen por su color uniforme que es azul oscuro o negro, algunas de sus particulares son: lograr su máxima eficiencia en lugares con temperaturas bajas y aprovechar la radiación solar en zonas nubladas.

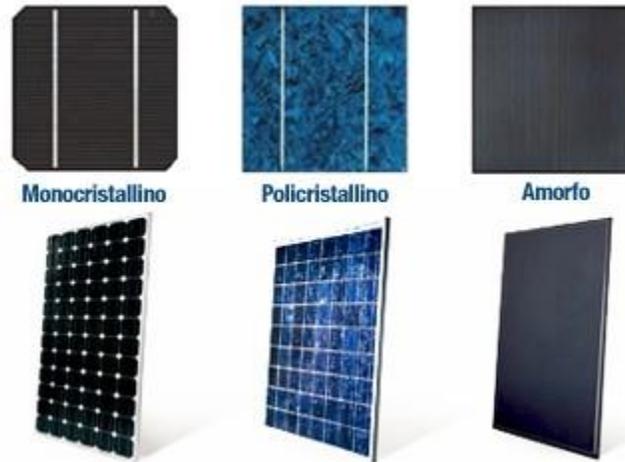
### **2.1.1.2 Panel Policristalino.**

Las celdas solares policristalinas presentan una eficiencia entre el 13 y 16% mucho menor a las monocristalinas, además su fabricación es más económica la cual se basa en fundir con impurezas el silicio y verterlo en moldes cuadrados como consecuencia se obtienen celdas totalmente cuadradas. A diferencia del monocristalino estas presentan mayor eficiencia en lugares cálidos debido a su color azul con manchas el cual se debe a la unión de numerosos cristales de silicio.

### **2.1.1.3 Panel Amorfo**

El panel amorfo en comparación a los anteriores es el que presenta menor eficiencia que se comprende entre el 4 y 11%, estos solo están constituidos por una única estructura la cual absorbe la energía solar, su estructura está hecha a base de silicio no cristalino. Su precio es el más módico en el mercado, aunque presenta mayor deterioro en menor tiempo, se utilizan principalmente en relojes y calculadoras. (Guarín Echavez & Sánchez Parra, 2021)

*Figura 2: Tipos de Paneles*



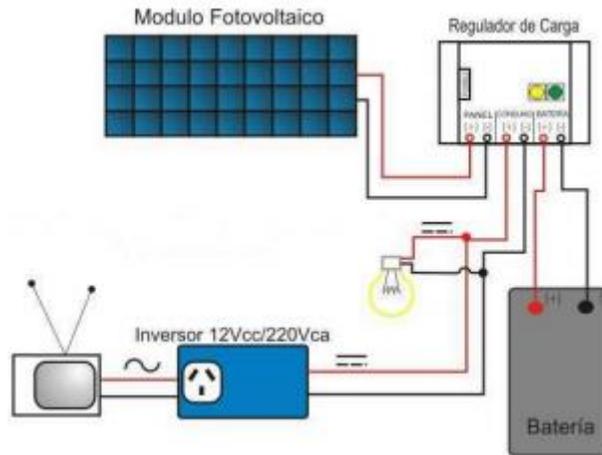
Fuente: (GreenDates, 2017)

## 2.1.2. Tipos de Sistemas Fotovoltaicos

### 2.1.2.1 Sistema Fotovoltaico Aislado (Off Grid)

Este tipo de sistema tiene como objetivo suministrar la demanda de electricidad a cuyos lugares no se encuentran conectados a red o que presentan difícil acceso. Estos tienen como particularidad un módulo de almacenamiento grande para así lograr suplir las necesidades que el sistema requiera en los días donde la demanda sea superior a la oferta.

*Figura 3: Sistema Fotovoltaico Aislado*



Fuente: (Paredes Vazquez et al., 2018)

### 2.1.2.2 Sistema Fotovoltaico Conectado a la Red (On Grid)

Este sistema en comparación con el Off Grid en su gran mayoría no cuentan con módulo de almacenamiento ya que como su nombre lo indica, siempre están conectados a la red. Cuando su generación excede a la demanda este sobrante se inyecta a la red y por ende se recibe un beneficio económico. (Paredes Vazquez et al., 2018)

*Figura 4: Sistema Fotovoltaico Conectado a la Red*



Fuente: (Paredes Vazquez et al., 2018)

### 2.1.3. Regulador de Carga

Es un equipo electrónico que se encarga de controlar las sobrecargas y descargas que inciden en la batería. Estos van conectados entre el panel solar y las baterías con el fin de preservar la durabilidad de esta. Existen dos tipos de reguladores de carga: los reguladores lineales y los reguladores conmutados.

*Figura 5: Regulador de Carga*



Fuente: (AreaTecnologia, n.d.)

### 2.1.4. Inversor

El inversor para algunos es llamado el corazón del sistema fotovoltaico, es el encargado de obtener la energía eléctrica en este caso corriente continua (DC) y transformarla en corriente alterna (AC). En algunos casos no se hace necesario en especial en Europa ya que allí algunos aparatos electrónicos ya se están trabajando con corriente continua. (Perpiñan Lamigueiro, 2020)

Existen tres tipos de inversores:

- Inversor central: “un único inversor dedicado a todo el generador (o a un conjunto de ramas)”
- Inversor orientado a rama (string-inverter): “un inversor dedicado a una rama del generador.”
- “Módulo-AC”: “un inversor dedicado a un módulo del generador.”

*Figura 6: Inversor*



Fuente: (Portillo, n.d.)

### 2.1.5. Batería

El proceso de generación de energía eléctrica no siempre es constante por parte del sistema fotovoltaico, esto se debe a múltiples problemas uno de ellos es la nubosidad que se presenta en gran medida en invierno, debido a esto se hacen necesarias las baterías las cuales son las encargadas de almacenar la energía para cuando el sistema lo demande. En los sistemas autónomos que funcionan en horas nocturnas se toma la energía de la batería para suplir la necesidad del sistema y en horas diurnas se cargan como su funcionamiento lo indica. Las baterías reciben la energía eléctrica y la almacenan como energía electroquímica y nuevamente la

transforman para entregar energía eléctrica. Además, ayudan a estabilizar el voltaje que requiere el sistema.(McGraw Hill, n.d.)

*Figura 7: Baterías*

TIPO	VENTAJAS	INCONVENIENTES	ASPECTO
<b>Tubular estacionaria</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ciclado profundo.</li> <li>• Tiempos de vida largos.</li> <li>• Reserva de sedimentos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Precio elevado.</li> <li>• Disponibilidad escasa en determinados lugares.</li> </ul>	
<b>Arranque (SLI, automóvil)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Precio.</li> <li>• Disponibilidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mal funcionamiento ante ciclado profundo y bajas corrientes.</li> <li>• Tiempo de vida corto.</li> <li>• Escasa reserva de electrolito.</li> </ul>	
<b>Solar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fabricación similar a SLI.</li> <li>• Amplia reserva de electrolito.</li> <li>• Buen funcionamiento en ciclados profundos y prolongados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiempos de vida medios.</li> <li>• No recomendada para ciclados profundos y prolongados.</li> </ul>	
<b>Gel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Escaso mantenimiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deterioro rápido en condiciones de funcionamiento extremas de VI.</li> </ul>	

Fuente: (McGraw Hill, n.d.)

### 3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Para conocer la viabilidad técnica y financiera del sistema fotovoltaico aplicado en el proceso de ordeño mecánico, se debe realizar un dimensionamiento, se aplicará el método del peor mes, el cual está enfocado en conseguir que el sistema fotovoltaico supla completamente la necesidad de las cargas instaladas en el mes donde los paneles reciben menor radiación solar durante el año. Este proyecto tendrá una metodología tipo descriptiva mediante un proceso de 7 fases.

Por lo tanto,

Fase 1: se inicia estimando el consumo en corriente alterna, la cual se obtiene sumando las cargas implicadas en el proceso de ordeño mecánico, esto se ve expuesto en un cuadro de cargas.

Fase 2: se busca la ubicación de la finca Pozo Colorado para tener claro los datos de longitud, latitud y altitud; los cuales pueden ser suministrados por Google Earth.

Fase 3: con los datos de la fase 2 se procede a identificar la radiación solar que se presenta en la finca, ingresando al sitio web PVGIS y con las coordenadas geográficas antes mencionadas, y determinando el ángulo de los paneles, se puede descargar los históricos de las horas solar pico (HSP) del peor mes.

Fase 4: Por otro lado, se debe calcular el rendimiento del sistema ya que para el cálculo de la energía lo tendremos en cuenta igual que a los días de autonomía, al tipo de batería y la profundidad de descarga de la batería.

Fase 5: se calcula el acumulador teniendo en cuenta los días de autonomía, con esto trataremos de que con las baterías suplamos largos periodos de tiempo en el que los paneles prácticamente recogen casi nada de energía y todo el consumo sea cubierto por las reservas del banco de baterías.

Fase 6: Con los datos de radiación que se obtuvo en la fase 3 se determinan las horas solar pico (HSP) del peor mes y con ello proceder a calcular la potencia de

los paneles y el tipo de instalación más conveniente para el sistema, conociendo la cantidad de paneles en serie y la cantidad de paneles en paralelo.

Fase 7: Ya con los datos de las fases anteriores se escoge el número de paneles, el banco de baterías, el inversor, los conductores y las protecciones adecuadas para poder determinar el costo total y la viabilidad del proyecto.

## 4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

### 4.1 CALCULO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO MÉTODO DEL PEOR MES

#### 4.1.1 Determinación de cargas

Tabla 1: Cuadro de Cargas

Equipo	Cantidad	Potencia Unitaria W	Potencia Total W	Horas/Día	Consumo Diario W(Hora)	Consumo Mensual W(Mes)
Máquina de Ordeño Motor monofásico 2 HP	1	1491,4	1491,4	2,5	3728,5	111855
Tanque de Enfriamiento Trifásico. Capacidad de 1000 L 2HP	1	1491,4	1491,4	19	28336,6	850098
Electrobomba. Motor trifásico 1.5 HP	1	1118,5	1118,5	1	1118,5	33555
Cercas Eléctricas	1	6,5	6,5	24	156	4680
Iluminacion	20	12	240	4	960	28800
Hidrolavadora. Capacidad 6 L 1 HP	1	745,7	745,7	1	745,7	22371
Picapapa 2 HP	1	1491,4	1491,4	0,5	745,7	22371
Ensiladora 5 HP	1	3728,5	3728,5	0,5	1864,25	55927,5
Picapasto. Motor monofásico 2HP	1	1491,4	1491,4	0,5	745,7	22371
TOTAL			11805		38401	1152029

Fuente: Autores

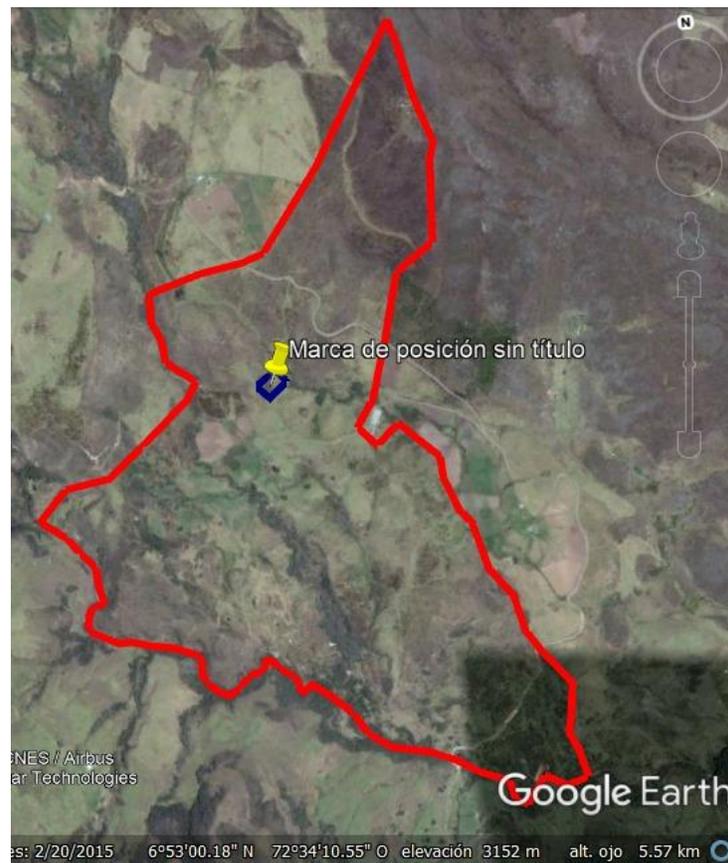
En la tabla 1 se ve reflejada las maquinas que son necesarias en el proceso de ordeño mecánico y el tiempo en que están encendidas, estos datos se recolectaron mediante la experiencia obtenida en fincas donde existen sistemas similares. Dando como resultado un total de consumo de 38,401 KWh día y 1.152,030 KWh día. Estos

datos son necesarios para calcular la potencia de los paneles y en general la capacidad del sistema fotovoltaico

#### 4.1.2 Ubicación del predio

El predio que ha sido elegido para la aplicación del proyecto está ubicado en el municipio de Cerrito, Santander Colombia en las coordenadas  $6^{\circ}53'00,10$  N -  $72^{\circ}34'10,55$  O a una altura de 3152 msnm. La Figura 8 muestra de color rojo el perímetro de la finca Pozo Colorado y el cuadro azul es el sitio escogido para la instalación del proyecto

*Figura 8: Ubicación de la Finca Pozo Colorado*



Fuente: Google Earth

### 4.1.3 Cálculo de la radiación en el sitio

La radiación solar que incide en el sitio fue proporcionada por el sitio web PVGIS arrojando los siguientes datos que están relacionados a los ángulos opcionales para la instalación de los paneles fotovoltaicos

La tabla N°2 muestra los datos del PVGIS para un ángulo de 0° (la escala de color relaciona de color rojo los meses de mayor radiación de azul los de menor radiación).

Tabla 2: Calculo de las horas solar pico (HSP) inclinación 0°

inclinacion 0°														
mes	dias	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	promedio mes	hsp/dia
ENERO	31	154,06	163,49	163,24	170,44	152,39	196,64	184,25	179,72	184,15	169,53	162,66	170,96	5,51
FEBRERO	28,25	170,61	180,53	193,73	152,47	124,77	161,31	138,98	177,72	128,67	161,72	141,65	157,47	5,57
MARZO	31	194,95	141,53	144,68	177,05	135,36	151,81	135,42	120,47	135,80	180,04	159,62	152,43	4,92
ABRIL	30	128,50	117,46	155,33	141,45	148,03	145,16	137,05	131,25	138,47	120,80	109,04	133,87	4,46
MAYO	31	140,08	142,18	136,78	146,23	137,12	144,20	131,24	138,44	147,72	140,51	125,89	139,13	4,49
JUNIO	30	138,59	143,69	138,64	151,27	130,78	141,11	136,17	146,76	147,50	125,45	128,97	138,99	4,63
JULIO	31	162,14	143,96	151,97	141,94	131,94	143,75	147,10	136,82	147,77	137,93	145,10	144,58	4,66
AGOSTO	31	145,85	151,75	135,08	146,53	158,78	138,94	154,47	142,08	149,61	151,88	127,77	145,70	4,70
SEPTIEMBRE	30	141,91	157,57	145,62	144,08	149,28	138,09	137,81	78,18	146,51	140,97	143,65	138,52	4,62
OCTUBRE	31	152,27	148,61	145,74	147,60	140,94	154,51	148,09	145,00	159,30	132,08	143,78	147,08	4,74
NOVIEMBRE	30	148,75	146,35	147,84	146,04	154,40	139,39	131,41	160,17	150,34	134,49	121,57	143,70	4,79
DICIEMBRE	31	178,37	162,85	162,29	187,40	169,27	158,00	137,65	164,69	145,94	155,71	130,72	159,35	5,14

Fuente: Autores

La tabla N°3 muestra los datos del PVGIS para el ángulo más favorable recomendado por la página web el cual es de 11° (la escala de color relaciona de color rojo los meses de mayor radiación de azul los de menor radiación)

*Tabla 3: Calculo de las horas solar pico (HSP) inclinación 11°*

inclinacion mas optima ( 11°)														
mes	dias	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	promedio mes	hsp/dia
ENERO	31	165,77	177,36	176,33	183,95	163,36	216,03	201,06	195,26	200,33	183,76	175,79	185,36	5,98
FEBRERO	28,25	179,30	190,95	205,83	158,80	129,49	169,71	144,93	187,02	133,50	170,11	147,27	165,17	5,85
MARZO	31	197,43	142,46	145,94	178,75	136,03	152,54	136,10	120,43	136,29	182,06	160,59	153,51	4,95
ABRIL	30	125,64	115,49	151,46	138,10	145,04	141,47	134,05	128,74	135,82	118,68	107,00	131,04	4,37
MAYO	31	134,30	135,82	131,35	140,12	131,57	138,31	126,83	133,37	141,70	134,63	121,44	133,59	4,31
JUNIO	30	131,37	135,84	130,29	142,04	123,72	133,11	129,04	137,84	139,69	119,44	123,28	131,42	4,38
JULIO	31	153,06	137,06	143,72	135,35	124,84	136,64	139,85	131,31	139,57	131,80	138,43	137,42	4,43
AGOSTO	31	141,53	146,54	131,11	141,78	153,16	135,03	148,96	137,86	144,96	146,88	124,46	141,12	4,55
SEPTIEMBRE	30	141,00	156,51	144,96	143,40	148,05	137,20	137,01	77,23	145,45	140,25	142,65	137,61	4,59
OCTUBRE	31	155,83	152,22	149,15	151,81	144,21	158,76	151,28	148,18	163,90	134,62	147,46	150,67	4,86
NOVIEMBRE	30	158,42	154,01	157,08	154,84	163,81	146,64	137,52	171,32	159,83	142,25	126,91	152,06	5,07
DICIEMBRE	31	197,09	177,62	177,35	207,01	185,75	172,30	148,87	179,92	158,80	169,84	139,66	174,02	5,61

Fuente: Autores

#### 4.1.4 Selección de la hora solar pico más desfavorable

Después de estudiar las tablas 2 y 3 se determinó que el mes con menor radiación fue mayo con hora solar pico (HSP) de tan solo 4.31 y se tuvo en cuenta el ángulo sugerido por el sitio web (11°) porque con este ángulo se obtuvo la hora solar pico (HSP) más baja.

$$\frac{HSP}{dia} = 4,31$$

Con este dato se calcula la potencia de los paneles, la cantidad y el tipo de conexión.

#### 4.1.5 Total de energía consumida

El total de energía teórica es la suma de las cargas diarias y es 38,401 kWh, este dato sirve para calcular la energía en los paneles.

#### 4.1.6 Cálculo de la energía

*Tabla 4: Calculo de Energía de los Paneles*

$$E = \frac{Et}{R}$$

Et	Consumo total de energía teórica	38401
R	Rendimiento de la instalación	0,716875

$$E = \frac{38401}{0,716875}$$

$$E = 53567,22$$

La energía de los paneles es de 53567,22Wh o 53,567kWh, y con esta se calcula el acumulador.

#### 4.1.7 Cálculo de la potencia en los paneles

*Tabla 5: Potencia en los Paneles*

$$Pp = \frac{Et}{HSP}$$

Pp	Potencia en los paneles	W
Et	Consumo total de energía teórica	38401 W
HSP	Horas solar pico	4,31

$$Pp = \frac{38401}{4,31}$$

$$Pp = 8911,38 W$$

Fuente: Autores

En la tabla 5 se calcula la potencia de los paneles, esta potencia es útil para calcular la cantidad de paneles del sistema.

#### 4.1.8 Cálculo del número de paneles

Tabla 6: Numero de Paneles

$$NP \geq \frac{PP}{Pmax}$$

NP	Numero de paneles	
Pp	Potencia en los paneles	8911,38 W
Pmax	Potencia nominal de los paneles	450 W

$$NP \geq \frac{8911,38}{450}$$

$$NP \geq 19,803 \approx NP \geq 20$$

Fuente: Autores

Según la tabla 6 se empleará un total de 20 paneles.

#### 4.1.9 Selección del tipo de paneles y su conexión

Para seleccionar la cantidad de paneles y su respectiva conexión se tiene en cuenta la tabla 6 y lo ofrecido en el mercado.

A continuación se muestra el proceso para determinar el tipo de conexión.

*Tabla 7: Calculo de N° de Paneles en Serie y Paralelo*

$$P_s \geq \frac{V_{maxdc}}{V_{max}}$$

Ps	Paneles en serie	
Vmaxdc	Voltaje máximo en DC del controlador	150 V
Vmax	Voltaje máximo del panel	41.5 V

$$P_s \geq \frac{150}{41,5}$$

$$P_s \geq 3,61 \quad \approx \quad P_s \geq 4$$

$$P_{pl} \geq \frac{P_t}{P_s}$$

Ppl	Paneles en paralelo	
Pt	Total de paneles	20
Ps	Paneles en serie	4

$$P_{pl} \geq \frac{20}{4}$$

$$P_{pl} \geq 5$$

Fuente: Autores

Para el tipo conexión de los paneles tenemos en cuenta la tabla 7, se necesitaron 20 paneles monocristalinos marca LONGI de 450 W con un costo unitario de \$684000 distribuidos en 5 secciones conectadas en paralelo y cada sección comprende 4 paneles en conexión serie.

#### 4.1.10 Cálculo del acumulador

Para calcular el banco de baterías se tiene en cuenta los días de autonomía que debe tener el sistema.

*Tabla 8: Días de Autonomía del Sistema*

Zona	Tipo de instalación	
	Inst. Domestica	Inst. Critica
Muy nuboso	6	10
Variable	5	8
Soleado	4	6

Fuente:(Ortega Lisón, 2011)

De los datos de la tabla 8, los datos de nubosidad de la zona y el tipo de sistema se escoge una autonomía de 5 días.

*Tabla 9: Calculo de Acumulador*

$$C = \frac{E * n * Kt * Mseg}{Vb * Pdmax}$$

C	Capacidad nominal de las baterías	Ah
E	Energía real demandada	53567,22 Wh
n	Días de autonomía	5
Pdmax	Profundidad de descarga de las baterías	80%
Kt	Coficiente de corrección aplicable $Kt=1-\Delta t^0/160$	1
Vb	Voltaje del banco de baterías	48 V
Mseg	Factor de seguridad de la entidad	15%

$$C = \frac{(53567,22)(5)(1)(0,15)}{(48)(0,8)}$$

$$C = 1046,23 Ah$$

Con este dato del acumulador se puede seleccionar el banco de baterías que cumpla con lo requerido que según la tabla 9 es de 1046,23 Ah.

#### 4.1.11 Cálculo del número de baterías

Según el dato del acumulador obtenido en la tabla 8 el cual es de 1046,23 Ah determinaremos la cantidad de baterías necesarias para el banco de baterías.

$$Nb \geq \frac{(V_{ban} \times Ah_{ban})}{(V_{bac} \times Ah_{bac})}$$

Nb	Numero de baterías	
Vban	Voltaje total del banco de baterías	48 V
Ahban	Capacidad de corriente del banco de baterías	1046,23 Ah
Vbac	Voltaje de la batería	48 V
Ahbac	Capacidad de corriente de la batería	100 Ah

$$Nb \geq \frac{(48V \times 1046,23Ah)}{(48V \times 100Ah)}$$

$$Nb \geq 10,47 \text{ Ah} \approx Nb \geq 11 \text{ Ah}$$

Aproximando al valor mayor más cercano sería necesario 11 baterías de litio 48 V de 100Ah con un costo de \$4,990,000 cada una.

#### 4.1.12 Selección del controlador-cargador

Para el cálculo del controlador-cargador se tuvo en cuenta la tecnología MPPT ya que presenta mayor eficiencia y rangos de voltaje y potencia más elevados.

$$Ich = C * 10\%$$

Ich	Corriente de carga	A
C	Capacidad nominal de las baterías	1046,23 Ah
10%	Factor de carga de las baterías	

$$Ich = 1046,23 * 10\%$$

$$Ich = 104,623 \text{ A}$$

Se selección un controlador-cargador MPPT 100A 12 – 48 150 V MASTER IPANDA con un valor de \$1'890.000.

#### 4.1.13 Selección del inversor

Para la selección del inversor se tendrá en cuenta los siguientes datos

$$Scarga = Fs \left( \frac{Pcarga\_AC}{FP \times Eff\_inv} \right)$$

Scarga	Potencia del inversor	
Fs	Factor de seguridad	1.25
FP	Factor de potencia	0.8
Eff_inv	Eficiencia del inversor	0.95
Pcarga_AC	Cargas consumidas en 1 hora	11805 W

Para calcular la potencia del inversor se utiliza la siguiente formula

$$Scarga = 1.25 \left( \frac{11805}{0.8 * 0.95} \right)$$

$$Scarga = 19416,11 \text{ w}$$

Por tanto, se decide instalar un inversor de **20 kW TL3 KACO** con un costo de \$12'300.000 pesos colombianos.

#### 4.1.14 Cálculo de conductores y protecciones

Las protecciones y conductores se seleccionaron teniendo en cuenta la capacidad de corriente en cada una de las secciones del sistema fotovoltaico.

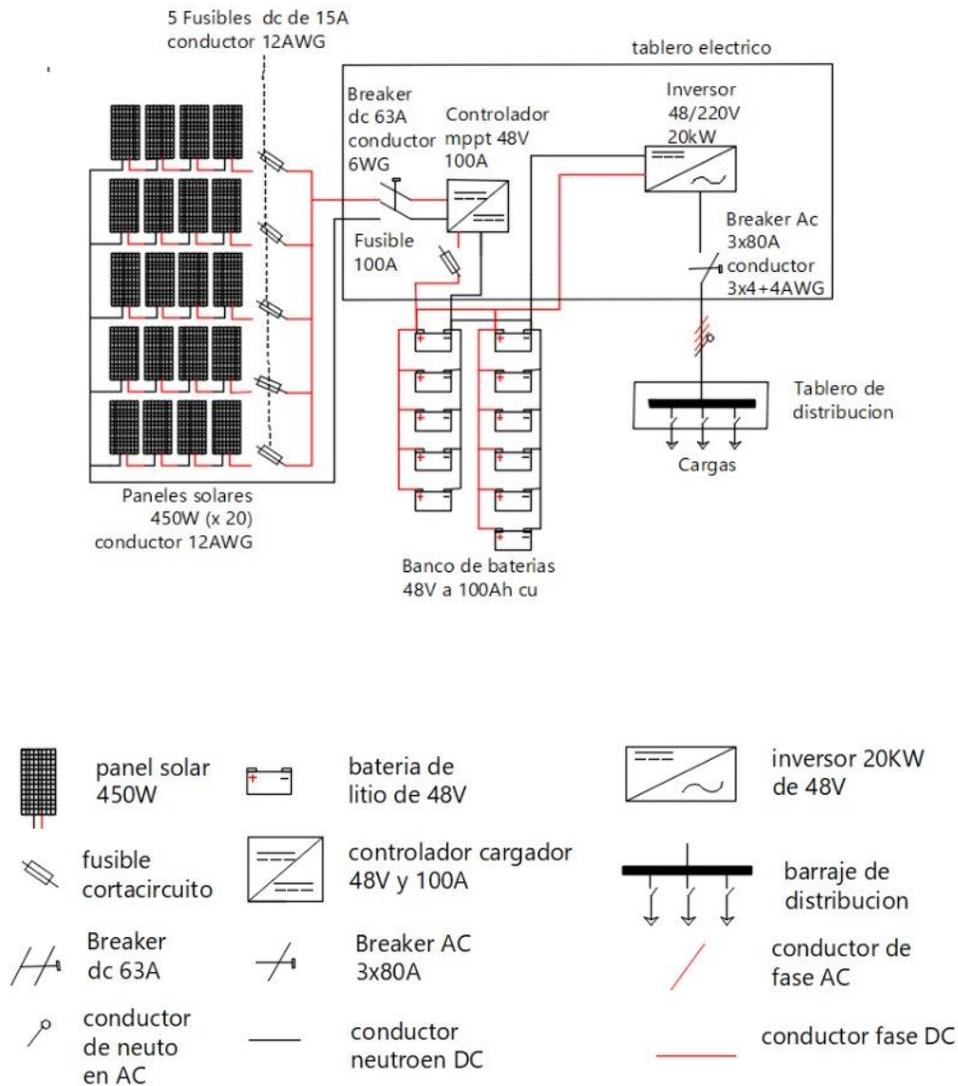
*Tabla 10: Calculo de Conductores y Protecciones*

<b>CALCULO DE CONDUCTORES Y PROTECCIONES DEL SISTEMA</b>			
Voc	Panel 450 W	46,2	V
Isc	Panel 450 W	9,38	A
Tramo de los string	Fusible	5	Unidades
	Corriente del fusible	11,725	A
	Fusible	15	A
	Conductor		12 AWG
Tramo Paneles - Regulador	Breaker	58,625	A
	Breaker	63	A
	Conductor		6 AWG
Tramo Regulador - Baterías	Fusible	100	A
	Conductor		4 AWG
Tramo Baterías - Inversor	Corriente	416,7	A
	Conductor		500 kcmil
Tramo Inversor - Carga	Breaker	75,8	A
	Breaker	80	A
	Conductor		4 AWG

Fuente: Autores

## 4.2 DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

Figura 9: Diseño del Sistema Fotovoltaico



Fuente: Autores

### 4.3 ANÁLISIS DE COSTOS DEL SISTEMA

*Tabla 11: Costos del Sistema*

Cantidad	Descripcion	Costo Unitario	Costo Total
20	Paneles	\$ 684.000	\$ 13.680.000
11	Baterias	\$ 4.990.000	\$ 54.890.000
1	Inversor	\$ 12.300.000	\$ 12.300.000
1	Controlador	\$ 1.890.000	\$ 1.890.000
5	Fusibles 15 A	\$ 25.000	\$ 125.000
2	Breaker 63 A	\$ 81.890	\$ 163.780
1	Fusible 100 A	\$ 38.000	\$ 38.000
1	Breaker 80 A	\$ 128.000	\$ 128.000
1	Trasporte	\$ 400.000	\$ 400.000
	TOTAL		\$ 83.614.780

Fuente: Autores

### 4.4 RESULTADOS

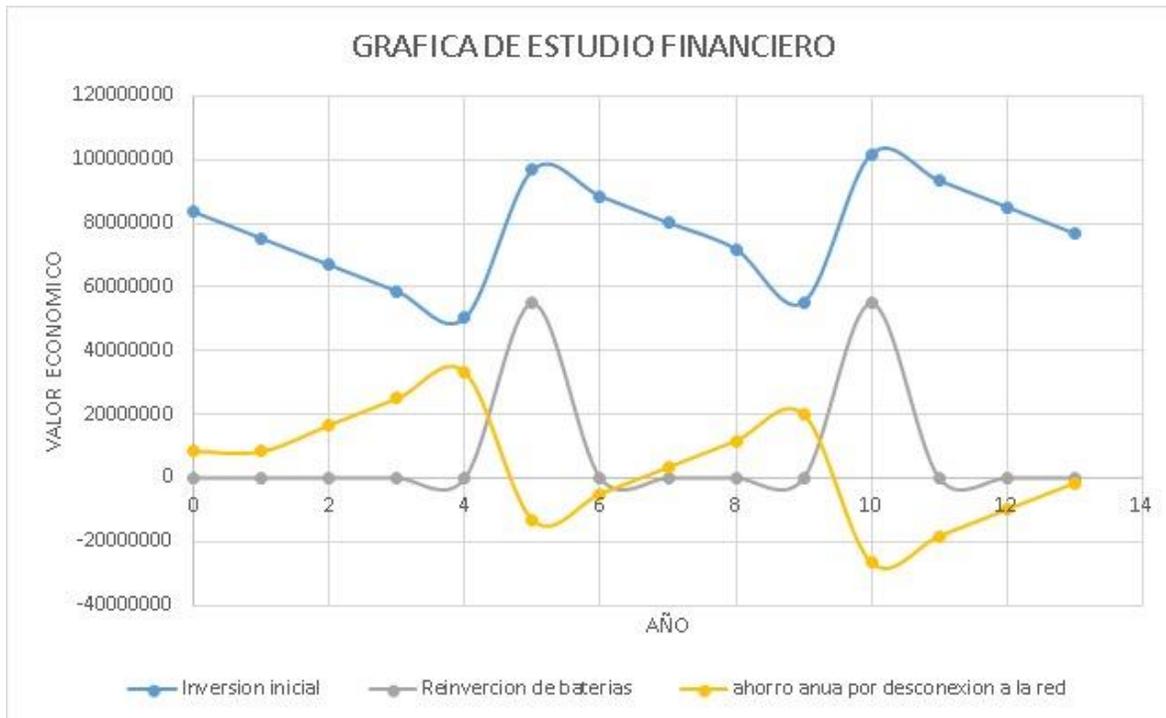
Se logró determinar las cargas que intervienen en el proceso de ordeño mecánico dando como total de consumo 38401 W/h por día y 1152.030 kW/h al mes.

El cual se suple con un sistema fotovoltaico compuesto de 20 paneles solares de 450 W conectados en ramas de 4 paneles en serie y 5 ramas conectadas en paralelo.

De igual manera se determinó que harían falta 11 baterías de 48 voltios y 100 A/h y un inversor de 20000 W.

En la figura 10 se muestra la grafica del estudio financiero llevado a cabo en el proyecto, haciendo una comparación entre el costo de la inversión inicial del sistema fotovoltaico y el posible costo de la energía del proceso de ordeño mecánico si estuviese conectado a la red de alimentación local.

Figura 10: Grafica de estudio financiero



Fuente: Autores

Se tuvo como resultado una inversión inicial del sistema fotovoltaico de \$83'614.780.

Según el estudio realizado en la zona de cobertura del proyecto se determinó que el precio del kilovatio por hora es de \$602 pesos, y con un consumo final mensual de 1152,030kwh teniendo así un costo mensual de \$693.522 y anual de \$8'322.264 si el proceso de ordeño mecánico estuviese conectado a la red eléctrica de la zona.

Ya con estos datos se pudo determinar que en 10 años se podría recuperar la inversión del sistema fotovoltaico, pero debido a la corta vida útil de las baterías se hace necesario reinvertir en estas cada 5 años.

Siendo las baterías el componente mas costoso, el proyecto se vuelve inviable como lo muestra la figura 10. La cual nos muestra que cada vez que se invierte en baterías la inversión inicial se aumenta y el ahorro por la no conexión a la red se pierde e incluso se debe buscar otra fuente de inversión para satisfacer el sistema.

## 4. CONCLUSIONES

- Los sistemas solares fotovoltaicos gracias al uso continuo, sencillo mantenimiento, y accesibilidad, su implementación son una gran oportunidad en zonas rurales apartadas donde no se pueda realizar una conexión al sistema interconectado nacional.
- Las instalaciones solares fotovoltaicas garantizan energía continua y calidad de servicio en iluminación, comunicación, entretenimiento y preservación de alimentos mejorando considerablemente la calidad de vida de las comunidades rurales dispersas.
- Se pudo concluir que el sistema de ordeño mecánico por el tipo de equipos utilizados y el tiempo de funcionamiento generan un consumo elevado de potencia lo cual provoca un alto costo de energía convencional.
- Para la implementación de un sistema fotovoltaico no resulta ser viable por el alto costo de inversión inicial, unido a esto la garantía y vida útil de las baterías de litio a utilizar no superan los 5 años, por lo tanto, se debe hacer nuevamente el cambio e instalación.
- Teniendo en cuenta lo anterior solo sería viable económicamente si el sistema se encuentra en una zona retirada de las zonas electrificadas, teniendo en cuenta que la instalación de líneas para llegar a esos sitios es complicado y costoso por las malas condiciones topográficas,
- Finalmente se concluye que, si la empresa electrificadora mejorar el servicio y puede realizar la instalación convencional hasta el sitio, no se lograría obtener la viabilidad deseada para el sistema.

## 5. RECOMENDACIONES

- Para lograr obtener un correcto análisis de consumo se debe tener en cuenta la potencia de cada equipo del proceso de ordeño y el tiempo que estos están encendidos como también el costo del KWh en la zona de incidencia del proyecto.
- Se aconseja tener en cuenta el costo de traslado de los componentes del sistema ya que por el difícil acceso a la zona, se necesita de vehículos adecuados para este tipo de senderos.
- Los equipos que conformaran la carga del proceso de ordeño mecánico se sugieren que posean una eficiencia alta de ahorro de energía, por ejemplo la utilización de bombillos led.
- Se recomienda utilizar baterías con largos tiempos de vida útil para evitar el cambio muy seguido de los bancos de baterías y por ende disminuir costos a largo plazo.
- Es muy importante tener un control estricto con el mantenimiento preventivo del sistema fotovoltaico, por lo menos 2 veces al año para evitar fallas.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar García, C. A., & Narváez Vanegas, A. M. (2018). *PROPUESTA DE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL SECTOR GANADERO LECHERO MEDIANTE ENERGÍAS FOTOVOLTAICAS. ESTUDIO DE CASO “HACIENDA LA TRINIDAD” VEREDA DE SABANECA, MUNICIPIO DE SAN MIGUEL DE SEMA - CHIQUINQUIRÁ, BOYACÁ.*

AreaTecnologia. (n.d.). *Regulador de Carga Solar.*  
<https://www.areatecnologia.com/electricidad/regulador-de-carga-solar.html>.

Arencibia Carballo, G. (2016). La importancia del uso de paneles solares en la generación de energía eléctrica. *17*, 5.

Benítez Soler, A. C., & Tello, I. D. (2018). *ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO EN LA FINCA VILLA CATALINA.*

Benito Molina, G. M., & Ruiz Calderón, K. J. (2018). *ANÁLISIS BENEFICIO-COSTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN EL CAMPUS AGUAS CLARAS DE LA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS SEDE VILLAVICENCIO, META.*

Delgado García, G. V., Morán de Rivera, S. M., & Reina Hernandez, S. S. (2016). *FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO PARA UNA ZONA DE RIEGO AGRÍCOLA.*

Epsa Celsia. (2019). *Todo lo que debes saber sobre energía solar en Colombia.*  
<https://eficienciaenergetica.celsia.com/todo-lo-que-debes-saber-sobre-energia-solar-en-colombia/>.

- Forero Garcia, E. F., Segura, D. A., & Gomez Barbosa, J. S. (2018). *Plataforma de aprendizaje para dimensionamiento técnico e informativo financiero de proyectos fotovoltaicos en Colombia.*
- Gómez Ramirez, J., Murcia Murcia, J. D., & Cabeza Rojas, I. (2018). *LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN COLOMBIA: POTENCIALES, ANTECEDENTES Y PERSPECTIVAS.*
- GreenDates. (2017). *Los tipos de paneles solares que debes conocer.*
- Grupo Orion. (2013). *Instalaciones solares fotovoltaicas.*  
[Http://Grupoorion.Unex.Es:8001/Rid=1LDD295FR-23978Q1-282G/Presentacion%20fotovoltaica.Pdf.](http://Grupoorion.Unex.Es:8001/Rid=1LDD295FR-23978Q1-282G/Presentacion%20fotovoltaica.Pdf)
- Guarín Echavez, D. M., & Sánchez Parra, M. D. (2021). *Estudio de factibilidad para la implementación de energía limpia con paneles solares.*
- Guzmán Hernández, T. de J., & Obando Ulloa, J. M. (2020). *USO DE TECNOLOGÍA SOLAR en actividades agropecuarias de la Región Huetar Norte de Costa Rica (II Parte).*
- Llopis Morales, M. (2018). *Diseño de una Instalacion Solar Fotovoltaica para bombeo de 55kW para el riego de la huerta de Alicante de Mutxamel.*
- McGraw Hill. (n.d.). Componentes de una Instalacion Solar Fotovoltaica.  
[Https://Www.Mheducation.Es/Bcv/Guide/Capitulo/8448171691.Pdf](https://Www.Mheducation.Es/Bcv/Guide/Capitulo/8448171691.Pdf), 1, 30.
- Mercadolibre. (2021). *Breaker.* [Https://Articulo.Mercadolibre.Com.Co/MCO-586835489-Breaker-Acdc-Siemens-2polos-6a-63a-400vac144vdc-\\_JM?SearchVariation=65436273224#searchVariation=65436273224&position=15&search\\_layout=stack&type=item&tracking\\_id=59359fde-6abc-46d2-9269-93051d480bf7.](https://Articulo.Mercadolibre.Com.Co/MCO-586835489-Breaker-Acdc-Siemens-2polos-6a-63a-400vac144vdc-_JM?SearchVariation=65436273224#searchVariation=65436273224&position=15&search_layout=stack&type=item&tracking_id=59359fde-6abc-46d2-9269-93051d480bf7)
- Ortega Lisón, L. (2011). *Energía Solar Fotovoltaica.*
- Paredes Vazquez, C. P., Fletes Camacho, N. G., & Dibene Arreola, L. M. (2018). *Comparativa de panel solar monocristalino 0 y 20° vs policristalino 0 y 20° de*

*inclinación en Puerto Vallarta.*

Perpiñan Lamigueiro, O. (2020). Energía Solar Fotovoltaica.  
[Https://Oscarperpinan.Github.io/Esf/ESF.Pdf](https://Oscarperpinan.Github.io/Esf/ESF.Pdf), 180.

Plata Espinel, H. (2016). *Estudio de prefactibilidad para la implementación de un sistema de energías renovables en ec ganaderia.*

Portillo, G. (n.d.). *Qué es y para qué sirve un inversor de corriente.*  
[Https://Www.Renovablesverdes.Com/Inversor-Corriente/](https://Www.Renovablesverdes.Com/Inversor-Corriente/).

Sanabria Orozco, A. F. (2016). *ANÁLISIS COSTO/BENEFICIO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGIAS DE ENERGÍA CON PANELES SOLARES EN LA ESE HOSPITAL SAN CRISTÓBAL.*

Solar Energia. (2015). *Ventajas y desventajas de la energía solar.* [Https://Solar-Energia.Net/Que-Es-Energia-Solar/Ventajas-Desventajas](https://Solar-Energia.Net/Que-Es-Energia-Solar/Ventajas-Desventajas).

Solartex. (n.d.). *Inversor.* [Https://Www.Solartex.Co/Tienda/Producto/Inversor-Grid-Tie-Blueplanet-20kw-TI3-Kaco/](https://Www.Solartex.Co/Tienda/Producto/Inversor-Grid-Tie-Blueplanet-20kw-TI3-Kaco/).

Solartex. (2021a). *Bateria.* [Https://Www.Solartex.Co/Tienda/Producto/Bateria-Litio-48v-100ah-2500-Ciclos-Lifepo4-Kijo/](https://Www.Solartex.Co/Tienda/Producto/Bateria-Litio-48v-100ah-2500-Ciclos-Lifepo4-Kijo/).

Solartex. (2021b). *Controlador.*  
[Https://Www.Solartex.Co/Tienda/Producto/Controladora-Mppt-85a-12-48v-250v-Srne/](https://Www.Solartex.Co/Tienda/Producto/Controladora-Mppt-85a-12-48v-250v-Srne/).

Solartex. (2021c). *Fusible.* [Https://Www.Solartex.Co/Tienda/Producto/Fusible-Protector-10x38mm-30a-1000vdc/](https://Www.Solartex.Co/Tienda/Producto/Fusible-Protector-10x38mm-30a-1000vdc/).

