

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN  
SISTEMA DE ENERGÍAS RENOVABLES EN EC GANADERÍA**

**HORACIO PLATA ESPINEL**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES  
ESPECIALIZACIÓN EN EVALUACIÓN Y GERENCIA DE PROYECTOS  
BUCARAMANGA**

**2016**

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN  
SISTEMA DE ENERGÍAS RENOVABLES EN EC GANADERÍA**

**HORACIO PLATA ESPINEL**

**Trabajo de grado para optar al título de  
Especialista en Evaluación y Gerencia de Proyectos**

**Director  
MSc. CARLOS DÍAZ BOHORQUEZ  
Ingeniero Industrial**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES  
ESPECIALIZACIÓN EN EVALUACIÓN Y GERENCIA DE PROYECTOS  
BUCARAMANGA**

**2016**

**Este trabajo de grado lo dedico aquellas personas que me apoyaron durante el desarrollo de la especialización y aquellas que permitieron que este trabajo sea una realidad, a mis padres y hermanos.**

## **AGRADECIMIENTOS**

El autor expresa su agradecimiento a:

El Ingeniero Carlos Díaz por su guía y asesoría durante la realización del trabajo como director, por su paciencia y sabiduría. Igualmente, un especial agradecimiento a EC Ganadería por su confianza, disposición y amabilidad durante las visitas a sus instalaciones y respaldo permanente.

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN .....	15
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	18
3. ALCANCE Y LIMITACIONES .....	20
4. OBJETIVOS.....	21
4.1. OBJETIVO GENERAL .....	21
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
5. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	22
5.1. MARCO DE ANTECEDENTES.....	22
5.2. MARCO TEÓRICO .....	24
6. ESTUDIO LEGAL .....	32
6.1. MARCO JURÍDICO.....	32
6.2. NECESIDADES DEL NEGOCIO .....	33
6.3. RESULTADO .....	34
7. ESTUDIO TÉCNICO .....	35
7.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO .....	35
7.1.1. Tipo de energía renovable propuesta .....	36
7.1.2. Riesgos.....	37
7.2. LOCALIZACIÓN.....	38

7.2.1. Macro-localización. ....	38
7.2.2. Micro-localización. ....	39
7.3. RECURSOS.....	41
8. EVALUACIÓN FINANCIERA .....	47
9. CONCLUSIONES .....	51
BIBLIOGRAFÍA.....	52
ANEXOS.....	54

## LISTA DE ILUSTRACIONES

	<b>Pág.</b>
Ilustración 1. Aerofotografía de la Hacienda .....	23
Ilustración 2. Quebradas y drenajes actuales .....	24
Ilustración 3. Principales fuentes de energías del mundo .....	25
Ilustración 4 Capacidad por tecnología .....	26
Ilustración 5 Generación de energía eléctrica fotovoltaica.....	28
Ilustración 6 Panel solar.....	29
Ilustración 7 Comparación de las energías renovables .....	31
Ilustración 8 Guapotá en Colombia y Santander.....	39
Ilustración 9 EC Ganadería en el casco rural de Guapotá.....	39
Ilustración 10 Ubicación de los bienes inmuebles.....	40

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1 Potencial energético del sol en Colombia .....	27
Tabla 2 Identificación de normas .....	33
Tabla 3 Matriz riesgos.....	38
Tabla 4 Consumo energía EC Ganadería.....	42
Tabla 5 Costo energía de la interconexión eléctrica proyectada .....	47
Tabla 6 Costo de la gasolina proyectada.....	48
Tabla 7 Precio promedio sistema fotovoltaico .....	48
Tabla 8 Flujos de caja.....	49

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo A. Ficha técnica panel solar.....	54
Anexo B. Ficha técnica regulador .....	55
Anexo C. Ficha técnica batería .....	56
Anexo D. Ficha técnica inversor .....	57
Anexo E. Incentivo a la capitalización rural.....	58
Anexo F Mantenimiento sistema fotovoltaico.....	59

## GLOSARIO

**CELDA FOTOVOLTAICA:** Dispositivo compuestos con un material semiconductor que convierte la luz en electricidad. Generalmente la fuente de luz utilizada es el sol, dada su presencia global y costo nulo.

**ENERGÍA RENOVABLE:** Energía cuyas fuentes se presentan en la naturaleza de modo continuo y prácticamente inagotable.

**ESTABLO:** Nombre que recibe un local cubierto donde se encierra a los animales para su descanso o para su alimentación.

**HACIENDA:** Finca o propiedad agrícola de gran extensión.

**PASTAR:** Comer el ganado el pasto o la hierba. Llevar el ganado a donde hay pasto.

**POTRERO:** Parte de terreno, generalmente cercada, donde se siembran pastos de buena calidad destinados a la alimentación de ganado de engorda. Terreno cercado donde se cría todo tipo de ganado.

**TECNOLOGÍA:** Conjunto de conocimientos, descubrimientos científicos, innovaciones, etc., que se aplican en un proceso productivo con el fin de mejorar la cantidad y/o calidad de la producción, así como para elaborar nuevos productos.

**WATIO-HORA (Wh):** unidad de energía expresada en forma de unidades de potencia por tiempo.

## RESUMEN

**TITULO:** ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ENERGÍAS RENOVABLES EN EC GANADERÍA<sup>1</sup>

**AUTOR:** HORACIO PLATA ESPINEL<sup>2</sup>

**PALABRAS CLAVE:** ENERGÍA RENOVABLE, GANADERÍA, SISTEMA FOTOVOLTAICO

### DESCRIPCIÓN:

Los sistemas de generación de energía renovable son de gran importancia hoy día a nivel mundial dado que a diferencia de los sistemas de generación de energía con combustibles fósiles estos no generan emisiones al medio ambiente e igualmente su fuente se considera inagotable, adicionalmente para casos como el presentado en este trabajo en las ganaderías colombianas estos sistemas traen otros beneficios como la recolección de aguas subterráneas, el acceso a la energía eléctrica en lugares alejados a la red de interconexión eléctrica, entre otros.

El objetivo general del proyecto plantea elaborar estudio técnico y financiero a nivel de prefactibilidad para la implementación de un sistema de energía renovable en EC ganadería

En este trabajo de grado se presenta un estudio técnico y financiero a nivel de prefactibilidad para la implementación de un sistema de energía renovable en EC ganadería, se hace el planteamiento del problema y justificación, dando paso a una revisión bibliográfica que permitió desarrollar un estudio legal donde se presenta el marco jurídico y las necesidades del negocio. Pasando a un estudio técnico donde se describe el proceso y se seleccionó la tecnología a proponer planteando su macro y micro localización y definiendo los recursos requeridos. El trabajo finaliza con una evaluación financiera por medio de un análisis costo beneficio teniendo en cuenta dos escenarios, uno con proyecto y otro sin proyecto.

---

<sup>1</sup> Trabajo de grado

<sup>2</sup> Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales.  
Director: Carlos Díaz Bohorquez, Ingeniero Industrial.

## ABSTRACT

**TITLE:** FEASIBILITY STUDY FOR THE IMPLEMENTATION OF A RENEWABLE ENERGY SYSTEM IN EC GANADERÍA<sup>3</sup>

**AUTHOR:** HORACIO PLATA ESPINEL<sup>4</sup>

**KEYWORDS:** RENEWABLE ENERGY, CATTLE RAISING, PHOTOVOLTAIC SYSTEM

**DESCRIPTION:**

The deployments of renewable energy is one of the areas of great importance today worldwide since unlike power generation systems from fossil fuels do not generate emissions to the environment and also their power supply is considered inexhaustible, in addition to the case presented in this paper systems like these in farms in Colombia, bring other benefits such as collecting groundwater, access to electricity in remote locations of the electrical interconnection network, among others.

The overall objective of this project involve the development of a technical and financial pre-feasibility level study for the implementation of a renewable energy deployment in EC Ganadería.

In this paper a technical and financial study is presented at the prefeasibility level for the implementation of a renewable energy system in EC Ganadería. The problem statement and justification are the foundations of a literature review that allowed the development of a legal study, where the legal framework and business needs is presented. The paper follows with a technical study which describes the process and the proposed technology, raising its macro and micro location and defining the resources required. The paper ends with a financial assessment comprising a multi scenery cost-benefits analysis of the project, one with the project and one without it.

---

<sup>3</sup> Specialization Thesis

<sup>4</sup> Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Director: Carlos Díaz Bohorquez, Ingeniero Industrial.

## INTRODUCCIÓN

Colombia un país de contraste, “Cerca de 32 millones de colombianos, el 68,4% de la población, son “habitantes urbanos”. Pero la mayor parte de su territorio, el 94,4%, es decir, 1.954.465 km<sup>2</sup> es rural (...), las tres cuartas partes (75,5%) de los municipios del país son predominantemente rurales. En esos 846 municipios vive el 31,6% de la población, cerca de 15 de millones de personas. Es decir, que hay 13 habitantes por km.<sup>2</sup>. En la parte “urbanizada” hay 364.”<sup>5</sup> y sin embargo las zonas con menos cobertura eléctrica son las rurales es por esto que como alternativa de solución y buscando una sinergia con la naturaleza y el entorno se realiza esta propuesta para buscar la mejor alternativa de energía renovable a una empresa del sector ganadero en Colombia, quien cuenta con gran potencial hídrico y solar.

Se plantea una fuente de energía renovable viable y confiable para el soporte de los procesos de la empresa, teniendo en cuenta el consumo y costo actual frente al de la alternativa renovable propuesta.

Esta propuesta cuenta con la siguiente estructura, inicia planteando el problema, continúa con los objetivos y justificación del proyecto, dando paso a la revisión bibliográfica, estudio legal, técnico y evaluación financiera. Finaliza con las conclusiones y bibliografía.

NOTA: Todas las cifras otorgadas por EC Ganadería han sido multiplicadas por un factor, el cual es conocido únicamente por los autores y la empresa, de acuerdo a las restricciones planteadas en el proyecto de grado.

---

<sup>5</sup> ALVAREZ. Carlos Gustavo. Colombia, un país rural. [Citado el 15 de octubre de 2015] Disponible en < <http://www.portafolio.co/opinion/blogs/507-palabras/colombia-un-pais-rural>>

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La administración y operación de una ganadería indiferentemente de su tamaño requiere un consumo permanente de energía, como por ejemplo: se requiere para el uso de maquinaria y equipo, el manejo de suelos y animales, su transporte y movilización, el manejo de cercas, entre otros, sin embargo, generalmente la ubicación del terreno no permite el uso de energía eléctrica del sistema de interconexión nacional o en oportunidades el servicio no cuenta con la infraestructura y soporte adecuados por lo tanto el servicio es irregular y se presentan constantes suspensiones; como alternativa para la generación de energía eléctrica se utilizan motores a gasolina o aceite combustible para motor (ACPM), para los cuales el transporte de combustible se dificulta por el tipo de carreteras que en su mayoría por ser zona rural son terciarias; el gas natural como otro fuente de energía igualmente es poco viable dado que la conexión a la red de gas natural es escasa y esto sumado a otros factores hacen que el acceso a fuentes de energía convencional sea costoso.

En el sector rural “(...) los altos costos de generación originados principalmente en el precio de los combustibles, y los costos de Operación y Mantenimiento en las distantes zonas remotas, hacen que la generación solar resulte más económica en el largo plazo y confiable.”<sup>6</sup>

Este proyecto presenta un estudio de prefactibilidad para la implementación de un sistema de energía renovable en una empresa del sector ganadero colombiano

---

<sup>6</sup> PINTO SIABATO, Flavio. Energías renovables y desarrollo sostenible en zonas rurales de Colombia. El caso de la vereda Carrizal en Sutamarchan. En: Cuadernos de Desarrollo Rural, 2004 vol 1, no. 53, p 103-132

con el cual se identificó una fuente de energía renovable viable y confiable para el soporte de sus procesos.

Partiendo del consumo actual de energía ¿Cuál es la fuente de energía renovable más económica en el largo plazo y confiable para el soporte de los procesos actuales?

## 2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Gracias a la ubicación geográfica de Colombia, donde se cuenta con dos océanos, luz solar durante todo el año, constantes masas de aire, abundantes cuerpos de agua, entre otros recursos naturales, se puede dar paso al uso de energías renovables en los procesos productivos de las ganaderías permitiendo el aseguramiento del servicio, el apoyo al medio ambiente y el aprovechamiento de los recursos propios. “Máxime si se considera la ubicación geográfica que tiene Colombia, que cuando no llueve, hace sol, y, por tanto, la complementariedad entre la energía hidráulica y la solar, se convierte en una ventaja comparativa para el país.”<sup>7</sup>

La legislación colombiana en el Artículo 13. Instrumentos para la promoción de las energías renovables de la Ley 1715 de 2014 contempla incentivos arancelarios para personas naturales o jurídicas que realicen inversiones en proyectos de fuentes no convencionales de energía, lo cual hace atractivo este estudio no solo para una ganadería sino en un futuro para toda una comunidad.

Teniendo en cuenta los incentivos de la legislación Colombiana, la ubicación geográfica de EC Ganadería, la dificultad para el transporte de combustibles y la pobre conexión al sistema de interconexión eléctrico nacional se ve la necesidad de realizar un estudio de prefactibilidad para la implementación de un sistema de energías renovables que supla la demanda de energía eléctrica en EC Ganadería, optando como alternativa la energía solar (fotovoltaica) dada las condiciones geográficas y meteorológicas de la zona.

---

<sup>7</sup> GARCIA, John J. Análisis / Por qué no aprovechar lo que tenemos: el Sol. [en línea] [Citado el 15 de octubre de 2015] Disponible en <<http://www.portafolio.co/opinion/analisis-que-no-aprovechar-lo-que-tenemos-el-sol>>

Se incluye únicamente el estudio técnico y evaluación financiera a nivel de prefactibilidad para la implementación de un sistema de energía renovable en la empresa EC Ganadería.

La implementación de esta propuesta y/u otros estudios estarán a cargo de EC ganadería si la acepta.

### **3. ALCANCE Y LIMITACIONES**

Este trabajo incluye únicamente un estudio de prefactibilidad para la implementación de un sistema de energías renovables en EC ganadería, dentro del alcance de esta propuesta se encuentra trabajar con información y procesos actuales de la ganadería. Se incluye únicamente una revisión bibliográfica sobre sistemas de energía renovable; estudio legal de acuerdo al marco jurídico y las necesidades del negocio; estudio técnico para determinar los recursos requeridos para la propuesta; y evaluación financiera por medio de un análisis costo beneficio teniendo en cuenta dos escenarios, uno con proyecto y otro sin proyecto.

Esta propuesta tiene un alcance a nivel de prefactibilidad por lo tanto la información utilizada es de fuentes secundarias y se obtuvo mediante una revisión bibliográfica de diferentes fuentes como: publicaciones en sitios web, revistas, libros, trabajos de grado, entre otros. Adicionalmente se contó con gran participación y apoyo con personal de EC Ganadería quienes cuentan con el conocimiento y experiencia en el sector ganadero.

Un estudio de factibilidad o la implementación de esta propuesta estará a cargo de EC ganadería o quien él disponga.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1. OBJETIVO GENERAL**

- Elaborar estudio técnico y financiero a nivel de prefactibilidad para la implementación de un sistema de energía renovable en EC ganadería.

### **4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar revisión bibliográfica sobre sistemas de energía renovable.
- Realizar estudio legal de acuerdo al marco jurídico regional, nacional y las necesidades del negocio.
- Realizar estudio técnico para determinar los recursos requeridos para la propuesta de acuerdo a los requerimientos de la empresa.
- Realizar evaluación financiera por medio de un análisis costo beneficio teniendo en cuenta dos escenarios, uno con proyecto y otro sin proyecto.

## **5. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

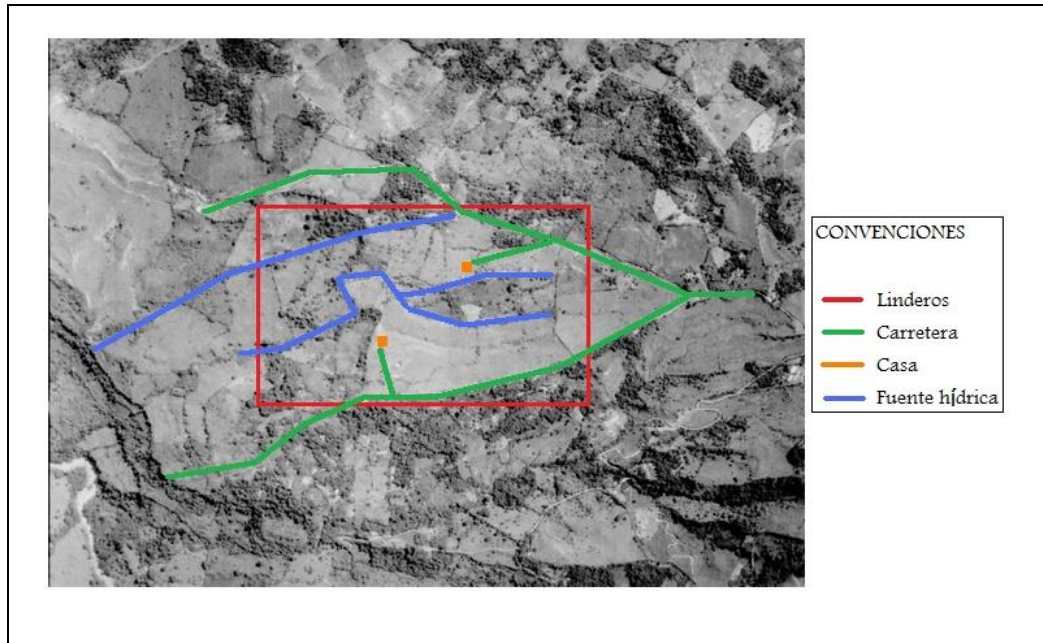
### **5.1. MARCO DE ANTECEDENTES**

EC Ganadería tiene como propósito la cría y levante o desarrollo de ganado de alta calidad para satisfacer el mercado nacional de animales reproductores Brahman puros y animales cruzados (cruces F1) para el consumo regional.

Se encuentra ubicada en la vereda Cabras del municipio de Guapotá, en el departamento de Santander, a 34 km. al sur oeste del Socorro; con altitud media de 1.250 metros sobre el nivel del mar, temperatura media de 22°C y régimen de lluvias bimodal con precipitación media anual de 2.200 mm, entre los meses de marzo a junio y septiembre a diciembre.

El ingreso a la hacienda se realiza por la carretera nacional 45A la cual comunica al Socorro con Oiba, Santander. A la altura del kilómetro 22.7 se encuentra un desvío hacia el municipio de Guapotá (carretera secundaria) que finalmente conduce a la vereda Cabras (carretera terciaria) donde se encuentra ubicada la hacienda. En ilustración 1 se observa aerofotografía de la Hacienda.

## Ilustración 1. Aerofotografía de la Hacienda

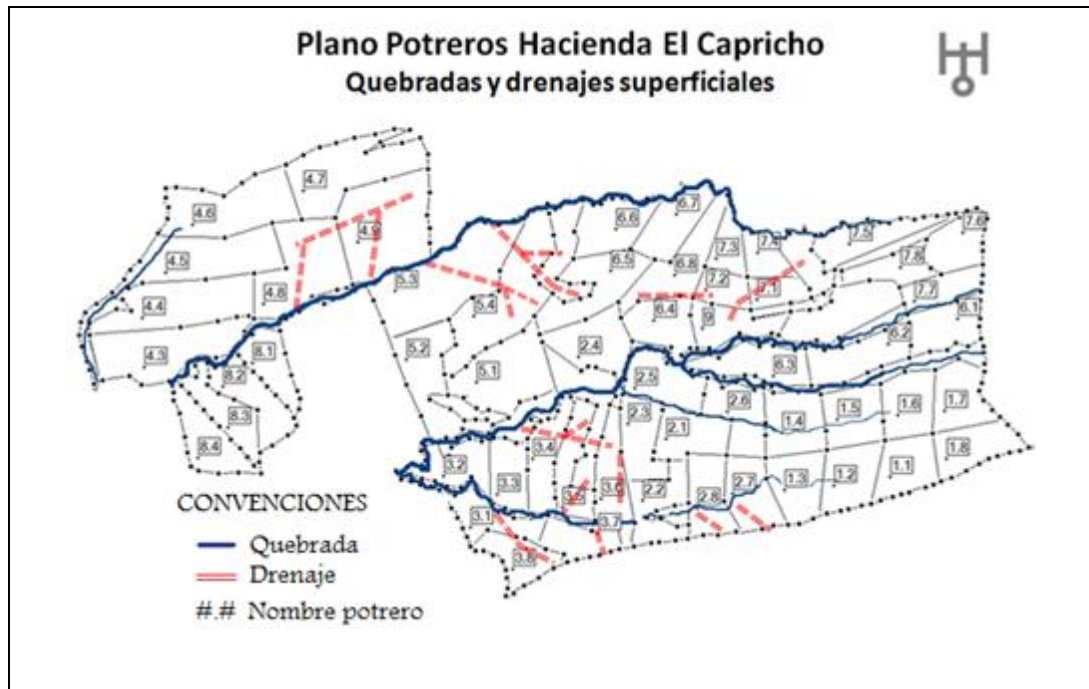


Fuente: EC Ganadería, Edición: Autor

Dado que la hacienda se encuentra sobre la cordillera oriental, frente a la Serranía de los Cobardes, cuenta con una geografía montañosa, con tierras ricas en minerales y fuentes hídricas naturales.

La misma es abastecida de agua por la red del acueducto veredal al igual que un acueducto propio, posee tres nacimientos de agua, y es atravesada por 3 quebradas veraniegas, igualmente cuenta con tres lagos dedicados a la cría de peces que a su vez funcionan como reservorios de agua (en ilustración 2 se observa plano con las quebradas y drenajes). Cuenta con suministro de energía eléctrica de la red nacional, el cual en épocas lluvias generalmente deja de funcionar y se debe dar paso a un sistema alternativo de generación con combustible fósil.

## Ilustración 2. Quebradas y drenajes actuales



Fuente: EC Ganadería

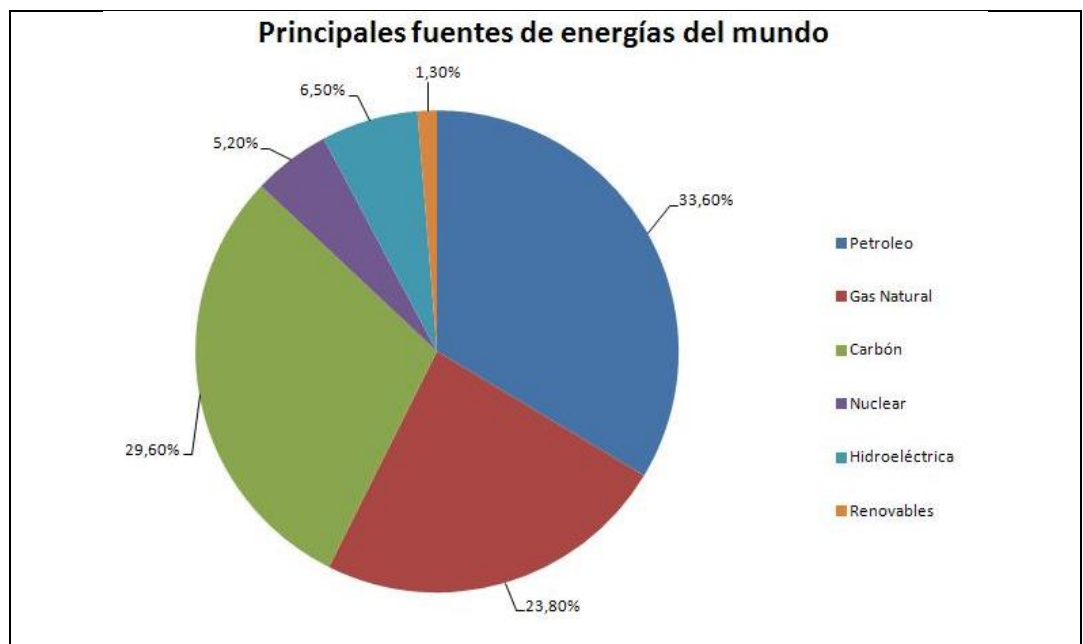
## 5.2. MARCO TEÓRICO

La energía es esencial para el desarrollo de la humanidad, si bien no es considerada un derecho fundamental, permite el desarrollo de las sociedades, el acceso a oportunidades como la educación, el transporte, la alimentación, ocio y diversión, entre otros. Sin embargo, siendo de tan gran importancia no toda la población tiene acceso a ella, “(...) según la Agencia Internacional de la Energía 2.600 millones de personas carecen de acceso a instalaciones limpias para cocinar y 1.300 millones de personas no tienen acceso a la electricidad, en su mayoría habitantes de zonas rurales. (...)”<sup>8</sup>

<sup>8</sup> SÁNCHEZ ESCALONILLA, Miriam y CASAS VILLAVE, Ignacio. Sin energía no hay desarrollo. [Citado el 15 de octubre de 2015] Disponible en < [http://www.ongawa.org/wp-content/uploads/2013/07/Art-energ%C3%ADa-para-todos\\_ene2013.pdf](http://www.ongawa.org/wp-content/uploads/2013/07/Art-energ%C3%ADa-para-todos_ene2013.pdf)>

Si bien a nivel mundial la mayor cantidad de energía eléctrica es generada por medio de fuentes convencionales (ver ilustración 3), como lo son el petróleo, el carbón, el gas natural, en Colombia la mayor cantidad de energía eléctrica es generada por medio hidráulico (ver ilustración 4).

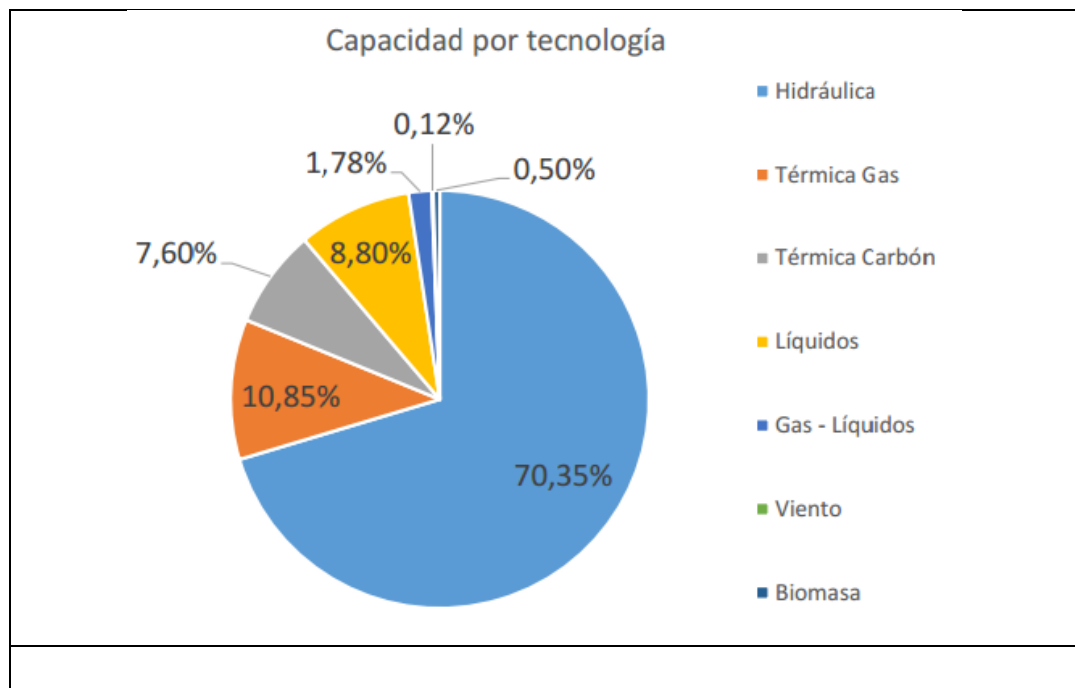
### Ilustración 3. Principales fuentes de energías del mundo



Fuente: ESPADA, Blanca<sup>9</sup>

<sup>9</sup> ESPADA, Blanca. ¿Cuáles son las principales fuentes de energías del mundo? [Citado el 15 de octubre de 2015] Disponible en < <http://erenovable.com/principales-fuentes-de-energia-del-mundo/>>

#### Ilustración 4 Capacidad por tecnología



Fuente: Unidad de Planeación Minero Energética<sup>10</sup>

Para entender lo anterior, es importante comprender las fuentes para la generación de energía, por un lado, se tienen las fuentes convencionales que son aquellas fuentes que se han formado con el paso de miles e incluso millones de años y bajo condiciones geológicas especiales y que una vez liberada su energía deben transcurrir miles de años para que vuelvan a producirse (se agotan). Dentro de los combustibles convencionales se tienen: Sólidos (Carbón), Líquidos y gaseosos (Petróleo, gas natural), entre otros.

Por otro lado, se tienen las fuentes no convencionales o renovables que son aquellas fuentes que no se agotan una vez liberada su energía. Dentro de las

<sup>10</sup> UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA. Informe mensual de variables de generación y del mercado eléctrico colombiano – junio de 2015. [Citado el 15 de octubre de 2015] Disponible en [http://www.siel.gov.co/portals/0/generacion/2015/Seguimiento\\_Variables\\_Junio\\_2015.pdf](http://www.siel.gov.co/portals/0/generacion/2015/Seguimiento_Variables_Junio_2015.pdf)

fuentes de energía no convencionales se tienen: Solar, Eólica, Biomasa, Hidráulica, Geotermia y de los Océanos.

### **Energía solar:**

La energía del sol es transmitida al espacio por medio de radiación solar la cual se produce al interior del sol por reacciones nucleares irradiando suficiente energía para que la tierra reciba en promedio  $1367 \text{ W/m}^2$ .

De acuerdo a la Unidad de Planeación Minero Energética<sup>11</sup> Colombia cuenta con buen potencial energético del sol, cuenta con un promedio diario de  $4,5 \text{ kWh/m}^2$  y es de resaltar para este proyecto que la región Andina donde se encuentra ubicada EC Ganadería cuenta con un promedio de energía solar de  $1643 \text{ kWh/m}^2$  anual (ver tabla 1).

**Tabla 1 Potencial energético del sol en Colombia**

Región del país	Radiación Solar ( $\text{kWh/m}^2/\text{año}$ )
Guajira	2 000 - 2 100
Costa Atlántica	1 730 - 2 000
Orinoquía-Amazonía	1 550 - 1 900
Región Andina	1 550 - 1 750
Costa Pacífico	1 450 - 1 550

Fuente: RODRIGUEZ MURCIA, Humberto<sup>12</sup>

De la energía solar se puede obtener la energía solar fotovoltaica y solar térmica. De la energía solar fotovoltaica se obtiene electricidad por medio de celdas compuestas de materiales semiconductores y su uso comúnmente es en hogares;

<sup>11</sup> UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA. Atlas de Radiación Solar de Colombia. [Citado el 15 de octubre de 2015] Disponible en <[http://www.upme.gov.co/Docs/Atlas\\_Radiacion\\_Solar/1-Atlas\\_Radiacion\\_Solar.pdf](http://www.upme.gov.co/Docs/Atlas_Radiacion_Solar/1-Atlas_Radiacion_Solar.pdf)>

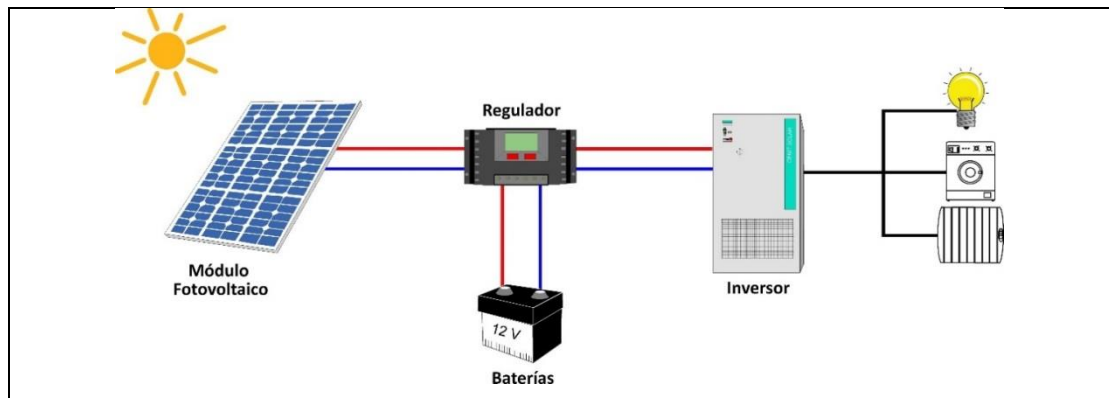
<sup>12</sup> RODRIGUEZ MURCIA, Humberto. Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas. En: Revista de Ingeniería Universidad de los Andes, noviembre de 2008, no.28, p 83-89

de la energía solar térmica se obtiene electricidad a través de la captación de radiación por medio de concentradores y su uso comúnmente es para suplir grandes demandas.

Energía solar fotovoltaica: consiste en la transformación de la energía solar en energía eléctrica a través de paneles solares. Los paneles solares están compuestos de celdas fabricadas con elementos semiconductores, el más común actualmente es el silicio dado que es el segundo elemento semiconductor más abundante en el planeta. “La célula fotovoltaica une dos semiconductores generando un campo eléctrico debido a la difusión de los electrones; esta célula transforma la energía de la radiación solar en corriente eléctrica.”<sup>13</sup>

En la ilustración 5 se pueden observar los elementos que componen un sistema de generación de energía eléctrica fotovoltaica y en la ilustración 6 se puede observar un panel solar.

### Ilustración 5 Generación de energía eléctrica fotovoltaica



Fuente: Cenit Solar<sup>14</sup>

<sup>13</sup> LADINO PERALTA, Rafael Eduardo. La energía solar fotovoltaica como factor de Desarrollo en zonas rurales de Colombia. Caso: vereda Carupana, municipio de Tauramena, Departamento de Casanare. Tesis Maestría en Desarrollo Rural. Bogotá D.C., Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Estudios Ambientales y Rurales, 2011. 136 p.

<sup>14</sup> CENIT SOLAR. Fotovoltaica aislada [Citado el 16 de abril de 2016] Disponible en <[http://www.cenitsolar.com/fotovoltaica\\_esquema.php](http://www.cenitsolar.com/fotovoltaica_esquema.php)>

## Ilustración 6 Panel solar



Fuente: *erenovable*<sup>15</sup>

### **Energía Eólica:**

La energía eólica es energía cinética y es producida por el viento gracias a movimientos de masas de aire los cuales se transforman en energía eléctrica por medio de aerogeneradores o turbinas de viento.

Las turbinas de viento son de gran importancia no solo para la generación de energía eléctrica sino también para otros usos especialmente en el área rural, el “Abastecimiento de agua limpia para uso doméstico, suministro de agua para ganadería, irrigación, drenaje, movimiento de agua en granjas piscícolas.”<sup>16</sup>

---

<sup>15</sup> ERENOVABLE. ¿Cómo funcionan los paneles solares? [Citado el 16 de abril de 2016] Disponible en <<http://erenovable.com/como-funcionan-los-paneles-solares/>>

<sup>16</sup> RODRIGUEZ MURCIA, op.cit, p. 83-89

### **Energía de la Biomasa:**

La energía de la biomasa es producida por la descomposición de material orgánico que produce gas, generalmente se aprovechan los residuos orgánicos. En zonas rurales residuos como el bagazo de la caña, la cascarilla de arroz, boñiga y orín de animales, pulpa de café entre otros son utilizados para este fin. Como resultado del proceso de generación de energía de la biomasa no solo se obtiene gas, también se obtiene abono orgánico, energía eléctrica y térmica. “Energía térmica en una estufa de gas, Energía mecánica en un motor de explosión, Iluminación con una lámpara de gas, Producción alterna de fertilizantes.”<sup>17</sup>

### **Energía Hidráulica:**

La energía hidráulica es energía cinética producto de los movimientos de masas de agua y energía potencial en las caídas de agua de las afluentes con la cual se puede generar energía eléctrica. Es la segunda más usada en el mundo y la primera fuente de generación de energía en Colombia.

### **Energía de los Océanos:**

Muy similar al concepto de energía hidráulica, la energía de los océanos se da producto del movimiento de masas de agua como corrientes marinas y olas (energía mareomotriz) e igualmente generada desde energía térmica aprovechando la diferencia térmica entre la superficie calentada por la radiación solar y el fondo marino.

De acuerdo con Rodríguez Murcia, Colombia cuenta con un buen potencial: “Un primer inventario en el Pacífico colombiano arrojó un potencial de energía

---

<sup>17</sup> RODRIGUEZ MURCIA, op.cit, p. 83-89

mareomotriz de 500 MW. El potencial estimado para los 3 000 km de costas colombianas respecto a la energía de las olas es de 30 GW.”<sup>18</sup>

En ilustración 7 cuadro comparativo de las energías renovables planteado por la unidad de planeación minero energética de Colombia.

### Ilustración 7 Comparación de las energías renovables

Recurso	Tecnología	Elementos	Aplicación
SOLAR	Fotovoltaica Térmica Pasiva	Celdas solares Colectores Muros, ventanas, etc.	Electricidad Calor, electricidad Calor, iluminación
EÓLICA	Generación eléctrica Fuerza motriz	Aerogeneradores Aerobombear	Electricidad Fuerza motriz
BIOMASA	Digestión anaerobia Gasificación Pirólisis Fermentación alcohólica Esterificación Combustión	Biodigestor Gasificador Pirolisador Destilería Unidad de esterificación Hornos, calderas	Biogás combustible Gas combustible Combustible Bioetanol Biodiesel Calor, electricidad
HIDRÁULICA	Centrales hidroeléctricas Pequeños aprovechamientos	Pequeñas centrales hidráulicas Ruedas	Electricidad Fuerza motriz
OCÉANOS	Mareas Olas Diferencia de temperatura Corrientes marinas	Barreras, turbinas Flotadores, columnas, aparatos focalizantes Turbinas, condensadores	Electricidad Electricidad Electricidad Electricidad
GEOTERMIA	Generación eléctrica Usos directos	Plantas de energía Aguas termales	Electricidad Calor, recreación, salud

Fuente Unidad de Planeación Minero Energética<sup>19</sup>

<sup>18</sup> RODRIGUEZ MURCIA, Humberto. Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas. En: Revista de Ingeniería Universidad de los Andes, noviembre de 2008, no.28, p 83-89

## 6. ESTUDIO LEGAL

### 6.1. MARCO JURÍDICO

Organización social donde se va a desarrollar:

El proyecto se va a desarrollar en EC Ganadería.

Marco jurídico aplicable en esa organización social:

El marco aplicable en esta organización social es el sistema normativo colombiano regido por: Tratados internacionales sobre derechos humanos, normas constitucionales, leyes, decretos presidenciales, ordenanzas departamentales, decretos de gobernador de Santander, acuerdos municipales, decretos de alcalde de Guapotá y resoluciones, al igual que los reglamentos de EC Ganadería y las normas técnicas del proyecto.

Área donde se va a ejecutar:

El proyecto se va a ejecutar en el sector de la ganadería, específicamente en la cría de ganado bovino.

Identificación de normas:

---

<sup>19</sup> UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA. Energías renovables: descripción, tecnologías y usos finales. [Citado el 15 de octubre de 2015] Disponible en <<http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Iluminacion/CarFNCE.pdf>>

**Tabla 2 Identificación de normas**

<b>Norma</b>	<b>Aplica</b>	<b>Disposición</b>
Ley 1715 de 2014	SI	Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional.
Ley 1665 de 2013	SI	Por medio de la cual se aprueba el “Estatuto de la Agencia Internacional de Energías Renovables (Irena)”, hecho en Bonn, Alemania, el 26 de enero de 2009.

Fuente: Autor

**Conclusión:**

Las normas identificadas facilitan la ejecución del proyecto, dado que aceptan y promueven el uso de fuentes no convencionales de energía y plantean incentivos a la inversión en proyectos de fuentes no convencionales de energía como incentivos tributarios, arancelarios y contables (depreciación acelerada de activos)

**6.2. NECESIDADES DEL NEGOCIO**

**Tipo de sociedad:**

EC Ganadería es una ganadería familiar que no se encuentra constituida como sociedad y por su naturaleza y dimensión no requiere que sea constituida como sociedad de ningún tipo. Para la implementación del proyecto, no se requiere la constitución de ninguna sociedad dado que de ser implementado este puede ser ejecutado por la ganadería bajo el mismo esquema actual.

Organización:

La ganadería es de tipo familiar, cuenta con dos empleados directos y algunos trabajos contratados según necesidad. De ser ejecutado el proyecto la organización de la ganadería continuaría siendo la misma, para la ejecución se recomienda la contratación por la duración del proyecto de un obrero.

Localización:

EC Ganadería se encuentra ubicada en La Hacienda El Capricho en el municipio Guapotá (ver marco de referencia).

### **6.3. RESULTADO**

Teniendo en cuenta los puntos anteriores, se aprueba el proyecto desde el estudio legal, dado que resulta que existen normas que facilitan la ejecución del proyecto, que aceptan y promueven el uso de fuentes no convencionales de energía y plantean incentivos a la inversión en proyectos de fuentes no convencionales de energía como incentivos tributarios, arancelarios y contables (depreciación acelerada de activos).

## **7. ESTUDIO TÉCNICO**

### **7.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO**

En EC Ganadería se usa maquinaria y elementos que funcionan mediante energía eléctrica como lo son: computador, impulsores cerca eléctrica, hidrolavadora, iluminación, neveras, pica pasto, televisor, teléfono, entre otros; los cuales tienen un consumo promedio de 136 kWh mensuales.

La ganadería se encuentra conectada al sistema de interconexión nacional sin embargo el servicio no cuenta con la infraestructura y soporte adecuados por lo que es irregular y se presentan constantes suspensiones; como alternativa para la generación de energía eléctrica se utilizan motores a gasolina y dinamos, aunque este sistema cuenta con el inconveniente que el transporte del combustible se dificulta por el tipo de carreteras que en su mayoría por ser zona rural son terciarias y los cuales no son amigables con la naturaleza por las emisiones que generan y son ruidosos generando estrés en los animales.

Como alternativa de solución EC Ganadería se puede autoabastecer de energía eléctrica mediante un sistema de energía renovable, el cual le permitirá asegurar su consumo mínimo y no dependiendo de la energía del sistema de interconexión eléctrica sino tomando está como una segunda alternativa o sistema de soporte en caso de una falla.

Teniendo en cuenta la ubicación geográfica de la ganadería (región Andina), donde durante todo el año se cuenta con la presencia de la luz solar y se tiene un promedio de energía solar de 1643 kWh/m<sup>2</sup> anual, se da la facilidad de generar la

energía consumida actualmente mediante un sistema de energía solar fotovoltaico.

**7.1.1. Tipo de energía renovable propuesta.** Como se mencionó en la revisión bibliográfica, existen varias alternativas renovables para la generación de energía eléctrica de las cuales, teniendo en cuenta la ubicación geográfica, los recursos naturales presentes y las condiciones climáticas de la región, en la Ganadería se podría acceder a la energía solar, energía eólica, energía de la biomasa y la energía hidráulica, sin embargo, no todas son convenientes por la regularidad de su fuente en el transcurso del año, la extensión de tierra requerida para su implementación y los costos.

La energía eólica es una alternativa atractiva dado que permite la generación de energía eléctrica y la extracción de aguas subterráneas para uso en la ganadería, sin embargo, teniendo en cuenta que su fuente es el viento (movimientos de masas de aire), esta alternativa no es confiable para EC Ganadería, dado que durante todo el año estos movimientos de masas de aire no hacen presencia con la misma velocidad y en el mismo terreno de la Hacienda, adicionalmente para esta tecnología se requiere contar con un terreno amplio para la ubicación de los molinos.

Igualmente, la energía de la biomasa es una alternativa interesante dado el sector productivo de EC Ganadería, ya que esta es producida por la descomposición de material orgánico (en este caso boñiga y orín de animales) y como resultado del proceso de generación de energía de la biomasa no solo se obtiene gas, también se obtiene abono orgánico, energía eléctrica y térmica. Sin embargo, esta alternativa no es viable en EC Ganadería dado que los animales no se encuentran en el establo sino pastando en los diferentes potreros de la hacienda y por su extensión no es viable recoger la boñiga y el orín de todos los animales y transportarlos a un lugar o centro de acopio para procesarlos.

En la Hacienda El Capricho se cuenta con nacimientos de agua y quebradas las cuales solo permiten el abastecimiento de las casas y la operación diaria por su caudal y su condición veraniega (lo que implica que en los veranos se sequen y no se cuente con este recurso), por lo anterior la energía hidráulica no es una alternativa viable.

Por lo anterior y teniendo en cuenta que en la Hacienda El Capricho se cuenta con buen potencial energético del sol, que esté hace presencia en toda la extensión de tierra (no se requiere transportar) durante todo el año, la extensión de tierra requerida es mínima, que la energía producida será consumida únicamente por EC Ganadería y por decisión de la Ganadería, se opta por esta como la mejor alternativa.

**7.1.2. Riesgos.** Existen múltiples riesgos asociados con la instalación de sistemas fotovoltaicos, sin embargo, teniendo en cuenta que el consumo promedio de energía no es elevado y el sistema no es de gran envergadura, estos riesgos disminuyen. En gran mayoría estos riesgos impactan en la calidad del servicio, en la siguiente tabla se registran los riesgos identificados con mayor probabilidad de ocurrencia:

**Tabla 3 Matriz riesgos**

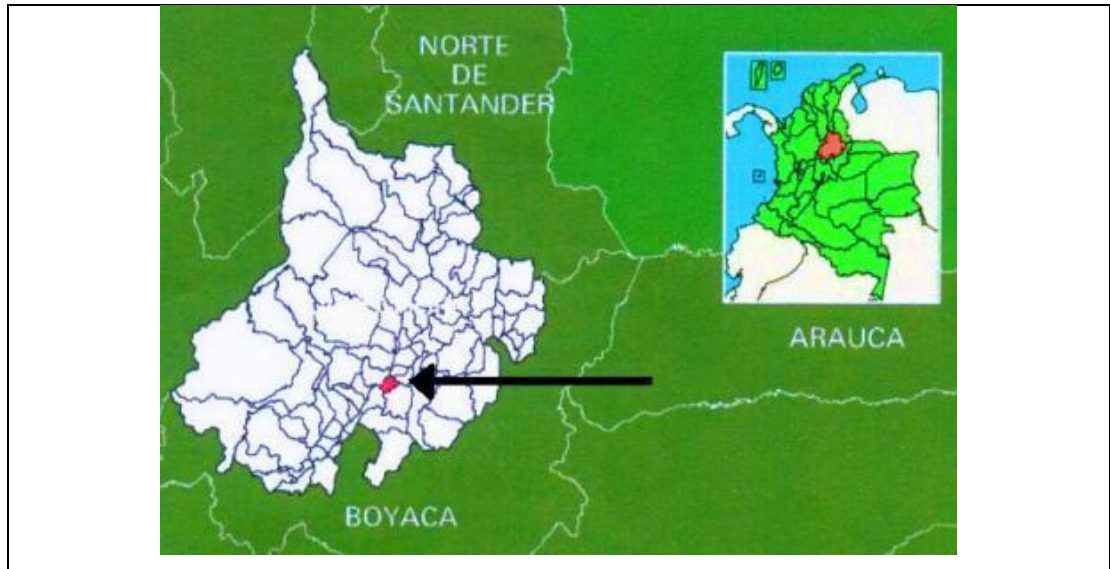
RIESGO	CAUSA	IMPACTO	DISPARADORES	RESPUESTAS POTENCIALES
Fisura de los paneles	Golpe durante el transporte a la Hacienda	Retraso del proyecto	Anomalías en el aspecto físico de los paneles	Cambio con el proveedor, transportador
Error en la instalación de los dispositivos	Falta de capacitación	Reprocesos	Nulo o bajo rendimiento del sistema	Revisión de las conexiones y elementos del sistema
Desprendimiento de los paneles	Ráfagas de viento y/o tormentas	Reprocesos	Cambio de ángulo de los paneles	Ajustar las uniones
Aumento demanda energética	Conexión de nuevos aparatos eléctricos	Escases de energía	Descargas profundas de las baterías	Regular el consumo y/o calcular picos de consumo
Disminución radiación solar	Nubosidad	Retraso en la carga de las baterías	Cambio condición meteorológica	Cambiar orientación de los paneles
Disminución rendimiento sistema	Polvo o barro	Disminución energía generada	Exceso de polvo en los dispositivos	Realizar limpieza a los dispositivos
Desconexión de cables	Enredo de los cables con animales o persona	Apagado del sistema	Perdida de la energía	Atravesar los cables vía aérea y no sobre suelo

Fuente: Autor

## 7.2. LOCALIZACIÓN

**7.2.1. Macro-localización.** EC Ganadería se encuentra ubicada en la Hacienda El Capricho en la vereda Cabras del municipio de Guapotá, en el departamento de Santander (ver marco de referencia). En ilustración 8 se observa la ubicación de Guapotá en Colombia y en ilustración 9 la ubicación satelital de la Hacienda El Capricho en el casco rural de Guapotá.

### Ilustración 8 Guapotá en Colombia y Santander



Fuente: Alcaldía de Guapotá disponible en <[http://www.guapota-santander.gov.co/mapas\\_municipio.shtml?apc=bcxx-1-&x=1363926](http://www.guapota-santander.gov.co/mapas_municipio.shtml?apc=bcxx-1-&x=1363926)>

### Ilustración 9 EC Ganadería en el casco rural de Guapotá



Fuente: Google maps Edición: Autor

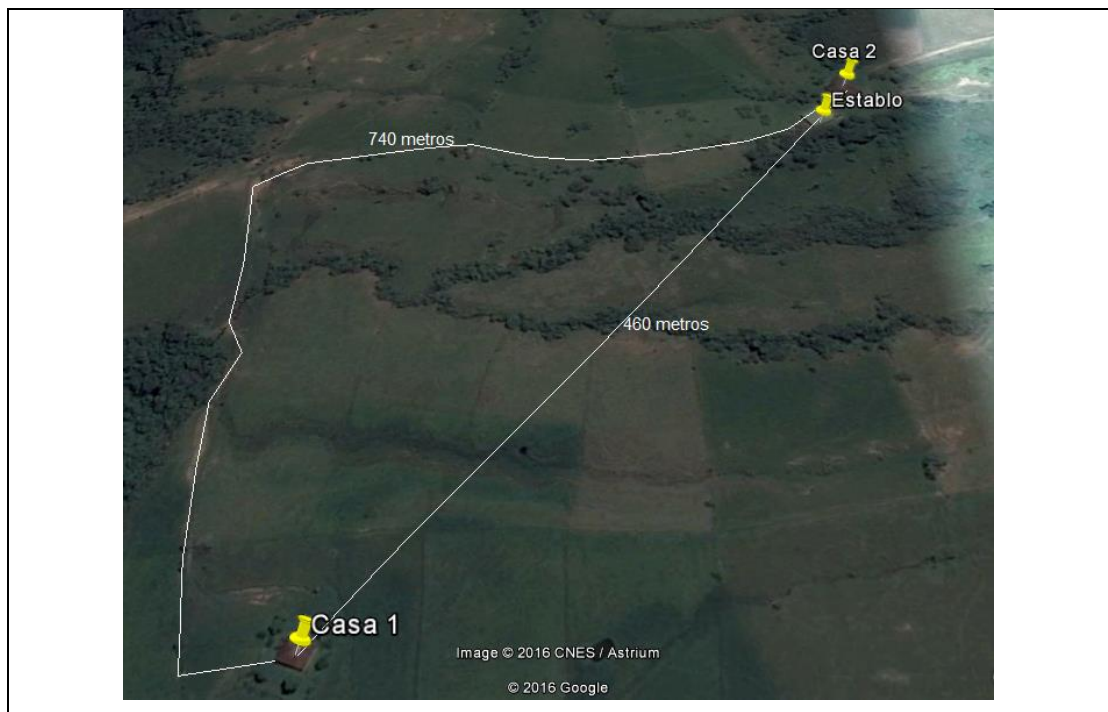
**7.2.2. Micro-localización.** EC Ganadería cuenta con dos casas, una de ellas exclusivamente para uso habitacional (Casa 1) y otra para uso habitacional y centro de operaciones (Casa 2), junta a esta se encuentra un Establo. En estos tres inmuebles se encuentran ubicados materiales, herramientas, equipos,

computador, impulsores cerca eléctrica, neveras, hidrolavadora, medicamentos, televisor, picapastos, sistema de iluminación, teléfono, entre otros.

Como se observa en la ilustración 10, El establo y la Casa 2 se encuentran ubicados al noreste de la Casa 1, separados una distancia aproximada de 460 metros lineales o 740 metros por un camino interno. Igualmente, a ambas se puede acceder por carretera veredal (terciaria).

Teniendo en cuenta: que la mayoría de elementos y herramientas que funcionan con energía eléctrica se encuentran ubicados entre la Casa 2 y el Establo, que alrededor de estos se cuenta con más de dos hectáreas de tierra plana y despejada y de acuerdo con la Ganadería, se opta porque el sistema se ubique en esta parte de la Hacienda.

### **Ilustración 10 Ubicación de los bienes inmuebles**



Fuente: Google maps Edición: Autor

### 7.3. RECURSOS

Un sistema fotovoltaico está compuesto por elementos que captan la energía producida por el sol y la convierten en energía eléctrica, los elementos requeridos para que el sistema funcione son:

- Paneles solares: transforman la energía solar en energía eléctrica.
- Regulador de carga: controla la carga y descarga de las baterías, evita que estas sean excesivas y regula su intensidad para alargar la vida útil.
- Baterías: acumulan la energía eléctrica generada por el sistema. Este tipo de baterías pueden permanecer largos periodos de tiempo cargadas y soportar descargas profundas esporádicamente.
- Inversor de voltaje: transforma la corriente continua procedente del regulador en corriente alterna dado que la energía generada en el sistema es continua.

En promedio estos sistemas tienen una vida útil de 20 años dependiendo del fabricante, de los cuidados y las condiciones externas.

Para el cálculo de los recursos requeridos para un sistema fotovoltaico en EC Ganadería primero se debe tener en cuenta el consumo promedio de energía (ver tabla 3)

**Tabla 4 Consumo energía EC Ganadería**

Mes	Consumo casa 1 (kWh/mes)	Consumo casa 2 (kWh/mes)	Consumo Total (kWh/mes)
Mes 1	43	96	139
Mes 2	48	86	134
Mes 3	50	91	141
Mes 4	45	83	128
Mes 5	52	92	144
Mes 6	49	81	130
<b>Promedio</b>	48	88	136
<b>Total</b>	287	529	816

Fuente: EC Ganadería Edición: Autor

El consumo promedio mensual de energía en EC Ganadería es 136 kWh/mes lo que es equivalente a un consumo de 4,533 kWh/día. Por cuestiones de seguridad para los cálculos del sistema, se tiene en cuenta un margen de seguridad igual al 20%, por lo que se tiene:

- Consumo promedio mes: 163200 Wh/mes
- Consumo promedio día: 5440 Wh/día

Para el dimensionamiento se tiene en cuenta un rendimiento de la batería de un 95% y del inversor de un 95%.

Consumo de energía medio diario ( $L_{md}$ ):

$$L_{md} = \frac{L_{md,DC} + \frac{L_{md,AC}}{n_{inv}}}{n_{bat}} = \frac{0 + \frac{5440}{0,95}}{0,95} = 6028Wh/día$$

Dónde:  $L_{dDC}$  = consumo medio diario corriente continua,  $L_{mdAC}$  = consumo medio diario corriente alterna,  $n_{inv}$  = rendimiento inversor y  $n_b$  = rendimiento baterías.

El consumo promedio de energía diario para los cálculos es de 6028Wh/día

Número de paneles requeridos ( $N_T$ ):

$$N_T = \frac{L_{md}}{P_{MPP} * HPS * PR} = \frac{6028}{260 * 4,5 * 0,9} = 6$$

Dónde:  $L_{dDC}$  = consumo medio diario,  $P_{MPP}$  = potencia pico del módulo<sup>20</sup>, HPS = Horas de sol pico<sup>21</sup> y PR = factor global de funcionamiento

El número total de paneles a instalar será de 6, la referencia utilizada para los cálculos corresponde a la Marca GH Solar modelo GH260M156.

Conexión de los módulos:

$$N_{SERIE} = \frac{V_B}{V_M} = \frac{24}{37,92} = 0,63 \equiv 1$$

$$N_{PARALELO} = \frac{N_T}{N_{SERIE}} = \frac{6}{1} = 6$$

Dónde:  $N_{SERIE}$  = Número de paneles conectados en serie,  $N_{PARALELO}$  = Número de paneles conectados en paralelo,  $V_B$  = Volteje de la batería  $V_M$  = Voltaje máximo del modulo<sup>22</sup>

---

<sup>20</sup> Corresponde a la potencia de un panel solar Marca GH Solar modelo: GH260M156. Disponible en < [http://www.ghsolar.be/solar\\_panels/panel.php?product=GH260M156%20EnduroLine&line=EnduroLine&series=White%20Series&lang=EN#.VyZdcjDhDIU](http://www.ghsolar.be/solar_panels/panel.php?product=GH260M156%20EnduroLine&line=EnduroLine&series=White%20Series&lang=EN#.VyZdcjDhDIU)>

<sup>21</sup> Promedio para la zona de Santander donde se encuentra ubicada EC Ganadería. Disponible en <[http://www.upme.gov.co/Docs/Atlas\\_Radiacion\\_Solar/2-Mapas\\_Radiacion\\_Solar.pdf](http://www.upme.gov.co/Docs/Atlas_Radiacion_Solar/2-Mapas_Radiacion_Solar.pdf)>

Por lo que la conexión de los módulos se debe realizar en 6 ramas en paralelo con un panel por rama.

Número de baterías requeridas:

Para no incurrir en una insuficiencia estacional o diaria se debe calcular la capacidad nominal necesaria de las baterías en función de la profundidad de descarga estacional y diaria y tener en cuenta la mayor.

Capacidad nominal de la batería en función de la descarga máxima diaria (Cnd):

$$C_{nd} = \frac{L_{md}}{PD_d} = \frac{6028}{0,15} = 40187Wh$$

$$C_{nd} = \frac{C_{nd}(Wh)}{V_B} = \frac{40187}{24} = 1675Ah$$

Capacidad nominal de la batería en función de la descarga máxima estacional (Cne):

$$C_{ne} = \frac{L_{md} * N}{PD_e} = \frac{6028 * 2}{0,7} = 17223Wh$$

$$C_{ne} = \frac{C_{ne}(Wh)}{V_B} = \frac{17223}{24} = 718Ah$$

Dónde: Profundidad de Descarga Máxima Estacional (PDe) = 70% = 0,7, Profundidad de Descarga Máxima Diaria (PDd) = 15% = 0,15 y Número de días de Autonomía (N) = 2

---

<sup>22</sup> Corresponde al voltaje de un panel solar Marca GH Solar modelo: GH260M156. Disponible en <[http://www.ghsolar.be/solar\\_panels/panel.php?product=GH260M156%20EnduroLine&line=EnduroLine&series=White%20Series&lang=EN#.VyZdcjDhDIU](http://www.ghsolar.be/solar_panels/panel.php?product=GH260M156%20EnduroLine&line=EnduroLine&series=White%20Series&lang=EN#.VyZdcjDhDIU)>

La capacidad nominal de las baterías debe ser como mínimo de 718Ah y se recomienda baterías estacionarias, ya que la esperanza de vida útil de estas baterías ronda los 20 años.

Corriente del regulador: se debe calcular cuál es la máxima corriente que debe soportar el regulador, a su entrada, y a su salida

Corriente de entrada ( $I_E$ ):

$$I_E = F_S * I_{SC} * N_{PARALELO} = 1,25 * 8,85A * 6 = 66,38A$$

Dónde:  $F_S$  = Factor de seguridad,  $I_{SC}$  = corriente unitaria del módulo fotovoltaico en condiciones de cortocircuito,  $N_{PARALELO}$  = Número de paneles conectados en paralelo.

Corriente de salida ( $I_S$ ):

$$I_S = \frac{F_S * (P_{DC} + \frac{P_{AC}}{n_{inv}})}{V_B} = \frac{1,25 * (0 + \frac{567}{0,95})}{24} = 31,09A$$

Dónde:  $F_S$  = Factor de seguridad,  $P_{DC}$  = potencia de las cargas en continua,  $P_{AC}$  = potencia de las cargas en alterna,  $n_{inv}$  = rendimiento inversor y  $V_B$  = Voltaje batería

El regulador debe soportar una corriente como mínimo de 66,38A a su entrada y 31,09A a su salida y debe ser un regulador con seguimiento de punto de máxima potencia MPPT dado que estos "(...) ajustan su voltaje de entrada para conseguir la máxima potencia del panel solar y luego transformar esta energía para suministrar un voltaje variable requerido por la batería, así como para la carga".<sup>23</sup>

Potencia del inversor ( $P_I$ ):

---

<sup>23</sup> ENERNAVAL. Reguladores de carga solar. [Citado el 16 de abril de 2016] Disponible en <<http://www.enersaval.es/PDF/Solar/Comparativa%20reguladores%20EnerNaval.pdf>>

$$P_I = F_S * P_{AC} * F_{SD} = 1,2 * 567 * 4 = 2721,6W$$

Dónde:  $F_S$  = Factor de seguridad,  $P_{AC}$  = potencia de las cargas en alterna,  $F_{SD}$  = Factor sobredimensionamiento por picos de arranque.

Inversor debe cubrir, al menos, 2721,6W de demanda para cubrir las necesidades del sistema, incluyendo los picos de demanda por arranque de motores.

El inversor debe ser de onda senoidal pura dado que estos simulan la forma de onda de la red eléctrica lo que minimiza riesgos para los equipos eléctricos y electrónicos.

En conclusión, EC Ganadería se puede proveer la energía eléctrica de acuerdo a su consumo promedio actual, mediante un sistema de energía fotovoltaico compuesto por un total de 6 paneles conectados en paralelo con una potencia nominal de 260W cada uno, un grupo de 4 baterías estacionarias a 24 voltios con capacidad nominal de 200Ah, un regulador MPPT a 70 amperios y un inversor de onda senoidal pura de 3000W.

## 8. EVALUACIÓN FINANCIERA

Se supone: un incremento lineal del precio del kWh/mes para el sistema de interconexión eléctrica teniendo en cuenta el promedio del IPC de los últimos 10 años (4,16%); un incremento lineal del precio de la gasolina teniendo en cuenta el promedio de la variación de últimos 10 años (2,66%); la vida útil de todo el sistema es de 20 años (con baterías estacionarias); los costos de mantenimiento se consideran nulos dado que este consiste en limpiar los paneles con agua y una bayetilla trimestralmente al igual que rotar las baterías (ver anexo 6); para la inversión se tiene en cuenta el Incentivo a la Capitalización Rural (ver anexo 5) de Finagro que es un abono que ayuda a disminuir el saldo del crédito de algunas inversiones, la otra parte de la inversión es asumida por la ganadería.

Precio del kWh del sistema de interconexión eléctrica:

El Costo Unitario Variable (Cuv) es el costo total por kWh consumido en un periodo, el cual se factura hoy a \$483,17 pesos para EC Ganadería, suponiendo que el consumo promedio año de EC Ganadería se mantiene (1632kWh/año) se tiene que el costo promedio por la energía de la red de interconexión eléctrica para los siguientes 20 años se relaciona en la siguiente tabla:

**Tabla 5 Costo energía de la interconexión eléctrica proyectada**

Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
\$788.533	\$821.336	\$855.504	\$891.093	\$928.162	\$966.774	\$1.006.99 2	\$1.048.88 3	\$1.092.51 6	\$1.137.96 5
Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
\$1.185.30 4	\$1.234.61 3	\$1.285.97 3	\$1.339.46 9	\$1.395.19 1	\$1.453.23 1	\$1.513.68 6	\$1.576.65 5	\$1.642.24 4	\$1.710.56 1

Fuente: Autor

Ahora si se instala un sistema de energía fotovoltaica con las características mencionadas en el estudio técnico, la ganadería se abastecería del 100% de energía por lo que el costo que pagaría por está a la red de interconexión eléctrica se supone como un ahorro (beneficio) al igual que el combustible que deja de comprar para abastecerse en los eventos que el sistema de interconexión eléctrica falla.

De acuerdo con la información proporcionada por personal de la Hacienda, no se tienen registros históricos del número de veces que falla el sistema de interconexión eléctrica, sin embargo, se cuenta con el consumo promedio mensual de gasolina que es de 8 galones. El costo promedio por la gasolina para los siguientes 20 años se relaciona en la siguiente tabla:

**Tabla 6 Costo de la gasolina proyectada**

Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
\$731.424	\$750.870	\$770.834	\$791.328	\$812.367	\$833.965	\$856.138	\$878.900	\$902.267	\$926.256
Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
\$950.882	\$976.163	\$1.002.117	\$1.028.760	\$1.056.112	\$1.084.190	\$1.113.016	\$1.142.607	\$1.172.986	\$1.204.172

Fuente: Autor

Como se mencionó al principio de este capítulo, la totalidad de la inversión es asumida por la ganadería y esta se considera como el costo para la ganadería, donde el precio promedio de los elementos requeridos para el sistema fotovoltaico se relaciona en la siguiente tabla:

**Tabla 7 Precio promedio sistema fotovoltaico**

Producto	Precio total
Paneles solares	\$3.580.000
Baterías	\$3.920.000
Reguladores	\$730.000
Inversor	\$1.274.000
Cable	\$205.000
Mano de obra	\$500.000
<b>TOTAL</b>	<b>\$10.209.000</b>

Fuente: Autor

Aplicando el Incentivo a la Capitalización Rural de Finagro, la ganadería asumiría un 70% de la inversión lo que equivale a \$7.146.300.

Teniendo en cuenta lo anterior, en la siguiente tabla se presentan los flujos de caja

**Tabla 8 Flujos de caja**

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
<b>BENEFICIO</b>	\$0	\$1.519.957	\$1.572.207	\$1.626.338	\$1.682.421	\$1.740.529	\$1.800.739
<b>GASTO</b>	\$7.146.300	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
<b>UTILIDAD</b>	-\$7.146.300	\$1.519.957	\$1.572.207	\$1.626.338	\$1.682.421	\$1.740.529	\$1.800.739
	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13
<b>BENEFICIO</b>	\$1.863.130	\$1.927.783	\$1.994.784	\$2.064.221	\$2.136.187	\$2.210.776	\$2.288.089
<b>GASTO</b>	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
<b>UTILIDAD</b>	\$1.863.130	\$1.927.783	\$1.994.784	\$2.064.221	\$2.136.187	\$2.210.776	\$2.288.089
	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
<b>BENEFICIO</b>	\$2.368.229	\$2.451.303	\$2.537.421	\$2.626.701	\$2.719.262	\$2.815.230	\$2.914.733
<b>GASTO</b>	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
<b>UTILIDAD</b>	\$2.368.229	\$2.451.303	\$2.537.421	\$2.626.701	\$2.719.262	\$2.815.230	\$2.914.733

Fuente: Autor

Para la inversión, la ganadería indica una tasa de 12% con lo cual se calcularon los siguientes indicadores financieros:

VPN: \$ \$7.013.711

TIR: 24,18%

B/C: 6,00

Payback: La recuperación de la inversión se da antes de finalizar el año 4

Teniendo en cuenta los indicadores relación Beneficio/Costo, VPN, TIR y Payback, se aconseja invertir en el proyecto, dado que:

- El VPN da positivo por lo tanto en el número de periodos evaluados se recupera la inversión.

- La TIR es mayor que la tasa por lo tanto genera una rentabilidad mayor a la mínima requerida.
- La relación Beneficio/Costo es mayor a 1 por lo que los ingresos son mayores a los egresos.
- La recuperación de la inversión se da antes de finalizar el año 4.

## 9. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta la necesidad de EC Ganadería de mantener su operación diaria sin verse afectada por los constantes fallos en el sistema de interconexión eléctrica ni tener la necesidad de transportar otro tipo de combustible dadas las condiciones de las carreteras de acceso, se opta por que un sistema fotovoltaico supla la demanda de energía eléctrica primando la operación de la Ganadería.

Se define de acuerdo al consumo promedio actual de EC Ganadería que el sistema fotovoltaico debe estar compuesto por un total de 6 paneles conectados en paralelo con una potencia nominal de 260W cada uno, un grupo de 4 baterías a 24 voltios con capacidad nominal de 200Ah, un regulador MPPT a 70 amperios y un inversor de onda senoidal pura de 3000W.

Teniendo en cuenta los indicadores relación Beneficio/Costo, VPN, TIR y Payback, se aconseja invertir en el proyecto, ya que: El VPN da positivo por lo tanto en el número de periodos evaluados se recupera la inversión; la TIR es mayor que la tasa por lo tanto genera una rentabilidad mayor a la mínima requerida; la relación Beneficio/Costo es mayor a 1 por lo que los ingresos son mayores a los egresos y la recuperación de la inversión se da antes de finalizar el año 4.

Las anteriores conclusiones se dan teniendo en cuenta que este trabajo se elaboró a nivel de prefactibilidad.

## BIBLIOGRAFÍA

ADINO PERALTA, R. La energía solar fotovoltaica como factor de desarrollo en zonas rurales de Colombia. Caso: vereda Carupana municipio de Tauramena, Departamento de Casanare. 136. 2011

ALVAREZ, C. G. Colombia, un país rural. 17 de Mayo de 2012. [en línea] [citado 18 de marzo 2016] Disponible en Obtenido de <http://www.portafolio.co/opinion/blogs/507-palabras/colombia-un-pais-rural>

CENIT SOLAR. Fotovoltaica aislada. 16 de Abril de 2016. [en línea] [citado 8 de marzo 2016] Disponible en Obtenido de [http://www.cenitsolar.com/fotovoltaica\\_esquema.php](http://www.cenitsolar.com/fotovoltaica_esquema.php)

ENERNAVAL. Reguladores de carga solar. 16 de Abril de 2016. [en línea] [citado 18 de abril 2016] Disponible en <http://www.enersolar.es/PDF/Solar/Comparativa%20reguladores%20EnerNaval.pdf> dferenovable.¿CÓMO FUNCIONAN LOS PANELES SOLARES? Obtenido de <http://erenovable.com/como-funcionan-los-paneles-solares/>

ESPADA, B. ¿Cuáles son las principales fuentes de energías del mundo? 11 de Septiembre de 2015 [en línea] [citado 10 de abril de 2016] Disponible en: <http://erenovable.com/principales-fuentes-de-energia-del-mundo/>

GARCÍA, J.. Análisis / Por qué no aprovechar lo que tenemos: el Sol. 25 de Junio de 2014. [en línea] [citado 18 de abril 2016] Disponible en: Obtenido de Portafolio.co: <http://www.portafolio.co/opinion/analisis-que-no-aprovechar-lo-que-tenemos-el-sol>

PINTO SIABATO, F. Energías renovables y desarrollo sostenible en zonas rurales de Colombia. Cuadernos de Desarrollo Rural, 103-132. 2004

RODRÍGUEZ MURCIA, H. Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas. Revista de ingeniería. Universidad de los Andes, 83-89. 2008

SÁNCHEZ ESCALONILLA, M., & CASAS VILLAVE, I. (s.f.). Sin energía no hay desarrollo. [en línea] [citado 10 de abril de 2016] Disponible e; Obtenido de [http://www.ongawa.org/wp-content/uploads/2013/07/Art-energ%C3%ADa-para-todos\\_ene2013.pdf](http://www.ongawa.org/wp-content/uploads/2013/07/Art-energ%C3%ADa-para-todos_ene2013.pdf)

UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA (UPME). Energías renovables: descripción, tecnologías y usos finales. Bogotá: Icontec.

UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGETICA. ). Atlas de Radiación Solar de Colombia. [en línea] [citado 15 de abril de 2016. Disponible en: [http://www.upme.gov.co/Docs/Atlas\\_Radiacion\\_Solar/1-Atlas\\_Radiacion\\_Solar.pdf](http://www.upme.gov.co/Docs/Atlas_Radiacion_Solar/1-Atlas_Radiacion_Solar.pdf)

UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA. Informe mensual de variables de generación y del mercado eléctrico colombiano. 2015

## ANEXOS

### Anexo A. Ficha técnica panel solar

GH260M156	
<b>Mechanical Data</b>	
Solar Cell	High Efficiency Monocrystalline Cell
Cell Efficiency	18.80%
Cell Size	6"
Number of Cells	60 ( 6x10)
Dimensions (new)	1650x992x40mm
Weight	19kg
Cable Lengths	1000mm
Connectors	IP67, MC4 Compatible
Number of Bypass Diodes	3
<b>Electrical Data</b>	
Rated Current (Imp)	8.21A
Rated Voltage (Vmp)	31.68V
Short Circuit Current (Isc)	8.85A
Open Circuit Voltage (Voc)	37.92V
Fill Factor	0.78
Rated Power (Pmax)	260Wp (0%/+3% tolerance)
Module Efficiency	15.9%
Maximum Forward Current	30A
Maximum System Voltage	1000V DC
<b>Warranties &amp; Certifications</b>	
Product Warranty	12 years
Power Warranty (90% of Pmax)	12 years
Power Warranty (80% of Pmax)	25 years
Certificates	IEC 61215, IEC61730, CE
<b>Operating Conditions</b>	
Operating Temperature	-40°C to +85°C
Mechanical Load	>5400Pa
<b>Temperature Data</b>	
Nominal Operation Cell Temperature (NOCT)	45°C
Current Temperature Coefficient	0,04%/°C
Voltage Temperature Coefficient	-0,32%/°C
Power Temperature Coefficient	-0.35%/°C

Fuente:

[http://www.ghsolar.be/solar\\_panels/panel.php?product=GH260M156%20EnduroLine&line=EnduroLine&series=White%20Series&lang=EN#.VyftdDDhDIV](http://www.ghsolar.be/solar_panels/panel.php?product=GH260M156%20EnduroLine&line=EnduroLine&series=White%20Series&lang=EN#.VyftdDDhDIV)

## Anexo B. Ficha técnica regulador

Marca	MakeSkyBlue
Modelo No.	S3-40A
Modo de carga	Seguimiento del punto de máxima potencia MPPT automáticamente
Carga	Etapas: corriente constante (mppt), tensión constante (tensión de absorción), la carga de flotación
Tipo de sistema	Dc12v/24 v/36 v/48 V reconocimiento de forma automática
Sistema de reconocimiento automático del voltaje	12 V sistema (DC9V-DC15V) 24 V sistema (DC18V-DC29V) 36 V sistema (DC30V-DC39V) 48 V sistema (dc40v ~ dc60v)
Tiempo de arranque suave	≤1s
Respuesta dinámica y tiempo de recuperación	100us
Eficacia máxima	≥ 1% (voc es 1.5 o 2 veces de batería, entonces es mejor eficiencia)
Utilización PV	≥
<b>Especificación de entrada</b>	
Voc de PV (Asegúrese de que el voc de PV cumple los requisitos como derecho. Voc es 1.5 o 2 veces de batería, entonces es mejor eficiencia.)	12 V sistema (dc20v ~ dc80v) 24 V sistema (dc37v ~ dc105v) 36 V sistema (dc50v ~ dc160v) 48 V sistema (dc72v ~ dc160v)
El Voltaje de entrada máxima PV (voc)	Dc190v (El controlador no puede trabajar en este Controlador Voltaje de larga duración que se rompa. por favor refiérase a la tensión de entrada de pv.)
La energía de entrada máxima PV (La potencia total nominal de PV no pueden ser más de esta vatios que se rompa el controlador.)	12 V sistema (480 w) 24 V sistema (960 w) 36 V sistema (1400 w) 48 V sistema (1700 w)
<b>Especificación de salida</b>	
Tipo de batería seleccionable (por defecto está sellado)	Ventilación/sellado/gel/nicd/batería de litio (definido voltaje para otro tipo de batería por el usuario)
Tensión de carga de absorción	Refiérase a las baterías de carga de referencia
Tensión de carga flotante	Refiérase a las baterías de carga de referencia
Tensión de protección de la sobrecarga	12 V sistema (15 v) 24 V sistema (30 v) 36 V sistema (45 v) 48 V sistema (60 v)
Corriente nominal de salida	40A
Coefficiente de temperatura	± 02%/centi-grados
Compensación automática de temperatura	14.2 v-(max temperatura centi-grados ) * 0.3
Tensión de salida de ondulación pico	100mV
Voltaje de salida Precisión	±1%
Fuente	<a href="http://es.aliexpress.com/store/product/40A-MPPT-Solar-Controller-for-12V-24V-36V-48VDC/1759821_32348248377.html?spm=2114.04010208.3.2.1P7zdZ&amp;ws_ab_test=searchweb201556_10,searchweb201602_1_10017_10034_10021_507_10022_10020_10009_10008_10018_10019,searchweb201603_2&amp;btsid=8b30d66d-3ea8-40aa-93f3-ec4e3c0baa41">http://es.aliexpress.com/store/product/40A-MPPT-Solar-Controller-for-12V-24V-36V-48VDC/1759821_32348248377.html?spm=2114.04010208.3.2.1P7zdZ&amp;ws_ab_test=searchweb201556_10,searchweb201602_1_10017_10034_10021_507_10022_10020_10009_10008_10018_10019,searchweb201603_2&amp;btsid=8b30d66d-3ea8-40aa-93f3-ec4e3c0baa41</a>

## Anexo C. Ficha técnica batería



### Batería estacionaria BAE Secura 3 PVS 210 12v. 215 Ah. C100

[Opina sobre este producto](#)

Acumulador solar formado por 6 elementos de 2 voltios cada uno y 210Ah conectados en serie para formar la batería estacionaria BAE 3 PVS 210 de 12 voltios y 215 Ah en C100 para instalaciones solares fotovoltaicas aisladas. Las baterías estacionarias son ideales para instalaciones solares en viviendas de uso habitual con consumos elevados y continuos. Con más de 8000 ciclos con profundidades de descarga del 20%, estas baterías estacionarias tienen una vida útil de más de 20 años. Prácticamente sin mantenimiento, tan solo hay que rellenar el nivel de electrolito con agua destilada cada 3 años. Envoltura de **Estireno Acrilonitrilo** de alta resistencia capaz de soportar fuertes impactos y con el sistema de válvula reguladora llamada Panzerpole que evita el levantamiento del polo positivo por sulfatación y que acaba rompiendo la batería.

#### Número de ciclos de una batería y profundidad de descarga

Se denomina ciclo de una batería a la sucesión de una descarga seguida de su posterior recarga hasta recuperar completamente la energía extraída. Se denomina profundidad de descarga a la relación entre la capacidad nominal de la batería y la capacidad descargada.

Cuanto mayor sea la profundidad de descarga, menor será la cantidad de ciclos que la batería podrá entregar. Además profundidades de descarga elevadas pueden llegar a deteriorar la batería. Por ejemplo, una batería de coche que haya sido descargada al 80% sufrirá daños irreversibles y acortará su vida significativamente. Las baterías especiales para instalaciones solares se denominan de descarga profunda, pudiendo tener descargas de hasta el 80% sin dañarse.

Las baterías estacionarias Bae son capaces de soportar:

- más de 8000 ciclos con profundidades de de descarga del 20%. Más de 20 años de vida útil
- unos 3000 ciclos con profundidades de descarga del 50%. Más de 8 años de vida útil
- unos 1500 ciclos con profundidades de descarga del 80%. Más de 4 años de vida útil

Por lo tanto es muy importante diseñar la batería para que la mayoría de los ciclos se realicen con profundidades de descarga cercanas al 20%. Y esto es equivalente a diseñar la batería con una autonomía de 3-4 días.

Si la batería es capaz de almacenar 4 veces la energía que voy a utilizar cada día, significa que solamente voy a utilizar 1/4 parte de la batería. Lo que es lo mismo que utilizar diariamente el 25% de la capacidad de la batería. Teniendo en cuenta que no todos los días vamos a consumir lo mismo si no que habrá días donde el consumo será mayor y otros donde será menor, podemos decir en base a nuestros años de experiencia que las profundidades de descarga serán cercanas al 20%.

De esta forma alargamos la vida útil de la batería hasta los 20 años o más.

#### Características técnicas

- Profundidad de descarga - Máx.80% (Ue = 1.91 V/celto para periodos de descarga >10h; 1.74 V/celto para 1h)
- Descargas profundas de más del 80% deben evitarse
- Corriente de carga ilimitada, la mínima corriente de carga debe de ser 5A/100 Ah C10
- Voltaje de carga en operación cíclica- Restringido entre 2.30 V a 2.40 V por elemento. Revisar las instrucciones de operación.
- Voltaje de flotación- 2.23 V/elemento
- Ciclos- 3150 conforme a IEC 61427
- Temperatura -20°C a 55°C, rango de temperatura recomendado entre 10°C y 30°C
- Autodescarga- Aprox 3% por mes a 20°C

#### Technical data (Reference temperature 20 °C)


Type	C <sub>1h</sub> Ah	C <sub>10h</sub> Ah	C <sub>20h</sub> Ah	C <sub>72h</sub> Ah	C <sub>100h</sub> Ah	C <sub>120h</sub> Ah	C <sub>240h</sub> Ah	R <sub>i</sub> 1)	I <sub>k</sub> 2)	Length (L) mm	Width (W) mm	Height (H) mm	Weight dry kg	Weight filled kg
U <sub>e</sub> V/cell	1.67	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	mΩ	kA					
2 PVS 140	63	111	127	141	143	144	148	1.52	1.37	105	208	420	9.1	14.5
3 PVS 210	95	167	191	211	215	217	222	1.06	1.96	105	208	420	11.2	16.4
4 PVS 280	127	223	254	282	287	289	295	0.84	2.46	105	208	420	12.8	18.0
5 PVS 350	159	279	318	352	359	361	369	0.70	2.98	126	208	420	15.3	21.7
6 PVS 420	191	334	382	424	431	434	444	0.60	3.47	147	208	420	18.1	25.7
5 PVS 550	223	389	432	486	496	500	513	0.57	3.61	126	208	535	20.0	28.8
6 PVS 660	267	467	518	583	595	601	616	0.49	4.18	147	208	535	23.5	34.0
7 PVS 770	310	544	604	681	694	700	720	0.44	4.69	168	208	535	26.8	39.1
6 PVS 900	352	665	748	856	877	888	916	0.47	4.41	147	208	710	33.0	47.4
7 PVS 1050	415	777	872	993	1,020	1,033	1,065	0.36	5.66	215	193	710	42.1	61.5
8 PVS 1200	473	886	996	1,137	1,160	1,178	1,216	0.32	6.36	215	193	710	46.6	65.4
9 PVS 1350	522	992	1,116	1,274	1,300	1,320	1,365	0.33	6.20	215	235	710	51.4	75.4
10 PVS 1500	585	1,100	1,240	1,418	1,450	1,464	1,516	0.28	7.25	215	235	710	56.0	79.4

Fuente: <http://www.monsolar.com/bateria-estacionaria-bae-secura-3-pvs-210-12v-215ah-c100.html>

## Anexo D. Ficha técnica inversor

Marca	RELIABLE
Modelo	RBP-3000S-LED
DC Voltaje	12 V o 24 V o 48 V
Rango de voltaje	10-15VDC o 21-30VDC o 42-60VDC
Sin carga de corriente	<1.5a
Eficiencia	>85%
Conector DC	Cables con los clips o el adaptador del coche
AC Voltaje	100/110/120vac o 220/230/240vac
Potencia continua	3000 W
Energía de la oleada	6000 W
Forma de onda	De onda sinusoidal pura
Frecuencia	50 Hz o 60 Hz
Reglamento AC	3%
Alarma de baja tensión	10DC $\pm$ 5 V o 20.5DC $\pm$ 1 V o 44VDC
Bajo voltaje cerrado	9.5DC $\pm$ 5 V o 19.5DC $\pm$ 1 V o 42VDC
Sobre carga	Apague la salida
Sobre el voltaje cerrado	15.5 V o 30.5 V o 61.2 V
Sobre la termal	Apague la salida automáticamente
Fusibles	Cortocircuito
Temperatura de trabajo	Entre-10 y + 50 centi
Humedad de trabajo	20% ~ 90% de humedad relativa sin condensación
Temperatura de almacenamiento	Entre-30 y + 70 centi
Inicio	Arranque suave
Maneras de refrigeración	Ventilador de refrigeración
Distorsión armónica total THD	<5%
Tamaño de la máquina (mm)	450*240*95mm
Tamaño del embalaje (mm)	550*325*185mm
Peso neto (kgs)	5.18 Kg
Peso bruto (kgs)	7.5 kg
Tipo de embalaje	Embalaje del cartón
Fuente	Tomado de: <a href="http://es.aliexpress.com/item/LED-digital-display-12v-3000-watt-inverter-pure-sine-wave-110v-ac-converter-car-power-inverter/1000001985426.html?spm=2114.04010208.8.4.EdCoJW">http://es.aliexpress.com/item/LED-digital-display-12v-3000-watt-inverter-pure-sine-wave-110v-ac-converter-car-power-inverter/1000001985426.html?spm=2114.04010208.8.4.EdCoJW</a>

## Anexo E. Incentivo a la capitalización rural



Inversiones	Producto	Municipios	Tipo productor	ICR	FAG	ISA
Siembra	Brevo, café renovación, ciruelo, cítricos, cocotero, durazno, fique, guanábana, guayaba, lima tahití, manzano, palma de chontaduro, pero, pitahaya, renovación cacaoales envejecidos, renovación cafetales envejecidos y vid.	A nivel nacional	PEQUEÑO	30%	80%	80% (x)
			MEDIANO	20%	60%	70% (x)
INFRAESTRUCTURA (Pecuaría, Agrícola, Bodegas, Transformación, Beneficiaderos de Café y Trapiches)	Todos los productos		GRAN		50%	70% (x)
MAQUINARIA Y EQUIPOS DE (transformación, Transporte especializado, Unidades y redes de frío)			ASOCIATIVO	30%	80%	
MEJORAMIENTO DE SUELOS			INTEGRACIÓN	Según tipo de Productor	70%	
ADQUISICIÓN DE ANIMALES PUROS Y EMBRIONES						

(x) con crédito o productos exportables

Fuente: <https://www.finagro.com.co/productos-y-servicios/icr-programa-general>

## Anexo F Mantenimiento sistema fotovoltaico

DETERMINACIÓN DE INVERSIONES Y GASTOS DE ADMINISTRACIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA LA ACTIVIDAD DE GENERACIÓN EN ZONAS NO INTERCONECTADAS UTILIZANDO RECURSOS RENOVABLES

---

### 7.5.3 Mantenimiento de SFV

Los SFV son sistemas pobres en mantenimiento pero requieren efectivamente de él para asegurar la confiabilidad del suministro de energía. La Tabla 5 muestra que las labores de mantenimiento pueden ser adelantadas por el usuario de SFV aislados para lo cual se requiere que el usuario sea apropiadamente capacitado.

**Tabla 5. Requerimientos de mantenimiento de SFV y su periodicidad**

SFV - Mantenimiento		
Componente	Acción mantenimiento	Periodicidad
Modulo solar	Limpieza	Trimestral, de acuerdo a grado suciedad
Regulador Carga	Ajuste terminales	Cada revisión, p.e. cada 6 meses
Baterías	Para baterías abiertas, recargar agua desmineralizada	Mensual
Inversor	Ajuste terminales	Cada revisión, p.e. cada 6 meses

Fuente: [http://www.corpoema.com/web/IMG/pdf/informe\\_zni\\_renovables.pdf](http://www.corpoema.com/web/IMG/pdf/informe_zni_renovables.pdf)

Nota: Teniendo en cuenta que el sistema propuesto tiene baterías estacionarias, estas no requieren agua desmineralizada.