

**Factibilidad de la implementación de un sistema solar fotovoltaico en la vereda de El  
Blanquecino, La Argentina (Huila)**

**Tatiana Andrea Ortiz Quintero**

**Universidad Nacional Abierta y a Distancia**

**Programa especialización en gestión de proyectos**

**Neiva (Huila)**

**2019**

**Factibilidad de la implementación de un sistema solar fotovoltaico en la vereda de El  
Blanquecino, La Argentina (Huila)**

**Tatiana Andrea Ortiz Quintero**

**Trabajo de grado para obtener el título de especialista en Gestión de Proyectos**

**Asesor: Martha Cecilia Duran Espinosa**

**Universidad Nacional Abierta y a Distancia**

**Programa especialización en gestión de proyectos**

**Neiva (Huila)**

**2019**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

**Firma del Jurado**

---

**Firma del Jurado**

---

**Neiva (Huila), 28 de marzo del 2019**

## **Dedicatoria**

A Dios, mis padres Juan Carlos Ortiz, y Martha Cecilia Quintero, mi prometido Nicolás Manuel Cortés, mi hija Sara Lucía Cortés Ortiz, mis hermanos Juan Diego Ortiz Quintero y Paula Sofía Ortiz Quintero, con todo mi esfuerzo y dedicación.

## **Agradecimientos**

A Dios por darme sabiduría, tenacidad y fortaleza para culminar cada uno de mis proyectos, a mi familia por estar siempre acompañándome en mi caminar, por su confianza en mí y apoyo siempre, a mi prometido y a mi hija por ser la motivación constante en mi vida.

A la universidad Nacional Abierta y a Distancia por todas sus enseñanzas y mi tutora por su dedicación y acompañamiento.

## Tabla de contenido

Resumen.....	10
1. Planteamiento del problema.....	12
2. Formulación del problema .....	13
3. Objetivos .....	14
3.1 Objetivo general .....	14
3.2 Objetivos específicos.....	14
4. Justificación .....	15
5. Limitaciones de la investigación.....	16
6. Delimitación de la investigación.....	16
7. Marco teórico .....	17
7.1 Antecedentes .....	17
7.1.1 Historia de la energía solar fotovoltaica en Colombia.....	18
7.2 Bases teóricas .....	19
7.3 Marco conceptual .....	20
7.3.1. Energía solar. ....	20
7.3.2 Células fotovoltaicas .....	21
7.3.3 Sistemas fotovoltaicos .....	22
7.3.4 Evaluación de la potencia solar en Colombia.....	32
7.4. Formulación de hipótesis de trabajo.....	36
8. Marco Normativo.....	37
9. Marco Metodológico.....	41
9.1 Tipo y nivel de la investigación .....	41
9.2 Descripción del ámbito de la investigación.....	43
9.2.1 Caracterización de la zona de estudio.....	43
9.3. Población y muestra .....	47
9.4 Instrumentos y técnicas de recolección de datos.....	47
9.5. Validez y confiabilidad del instrumento utilizado .....	48
9.6. Plan de recolección y procesamiento de datos .....	48
10. Desarrollo del proyecto de investigación.....	49
10.1. Dimensionamiento del sistema solar fotovoltaico. ....	49

10.1.1. Determinar las cargas a satisfacer.....	50
10.1.2. Determinar la radiación incidente.....	52
10.1.3 Dimensionado de la batería.....	55
10.1.4. Dimensionado del generador.....	57
10.1.5 Dimensionado del Regulador.....	59
10.1.6. Dimensionado del inversor.....	61
10.1.7. Dimensionamiento del cableado.....	63
10.2. Simulación del dimensionamiento del sistema fotovoltaico autónomo.....	63
10.3. Análisis de los posibles impactos de la implementación del sistema solar fotovoltaico autónomo en la vereda El Blanquecino (La Argentina, Huila).....	76
10.3.1 Impactos ambientales.....	76
10.3.2. Impactos sociales:.....	77
11. Cronograma de actividades.....	78
11.1 Cronograma de la investigación.....	78
11.2. Cronograma de ejecución.....	79
12. Recursos necesarios para el proyecto.....	80
12.1 Presupuesto de ejecución material.....	80
12.2. Presupuesto de la investigación.....	82
Conclusiones.....	83
Referencias bibliográficas.....	85

## Tabla de ilustraciones

Célula fotovoltaica .....	22
Curva característica de corriente y voltaje para un módulo fotovoltaico .....	24
Esquema del sistema solar fotovoltaico aislado.....	31
Sistema solar fotovoltaico móvil    Ilustración 5 Sistema solar fotovoltaico aislado .....	32
Sistema solar fotovoltaico interconectado a la red .....	32
Mapa de radiación solar en Colombia .....	34
Ubicación política del municipio de La Argentina (Huila). .....	44
Vereda El Blanquecino .....	45
Coordenadas Vereda Blanquecino .....	45
Ruta de acceso a la vereda El Blanquecino .....	46
Trayectoria del sol.....	46
Factor de corrección k para superficies inclinadas .....	58
Características eléctricas del módulo fotovoltaico .....	60
Datos generales del proyecto .....	64
Definición de tipo de instalación, clima y red .....	65
Creación del perfil de carga eléctrica.....	65
Definición del generador fotovoltaico .....	66
Selección del inversor .....	67
Selección de la batería .....	68
Esquema eléctrico .....	69
Evaluación económica del sistema fotovoltaico .....	70
Resumen de la simulación .....	71
Resultados de la simulación.....	72
Resultados de la simulación 2.....	73
Resultados por superficie de módulos .....	74
Resultados de la evaluación económica.....	75



## Lista de tablas

Tabla 1 Proyectos de energía fotovoltaica en Colombia .....	19
Tabla 2 Eficiencias de los paneles solares .....	26
Tabla 3 Promedio multianual de radiación solar por regiones en Colombia.....	33
Tabla 4 Criterios para la implementación del modelo de diseño del sistema solar fotovoltaico aislado .....	35
Tabla 5 División político- administrativa de La Argentina (Huila).....	43
Tabla 6 Consumo eléctrico de una vivienda familiar .....	50
Tabla 7 Rango de Irradiación solar global mensual.....	52
Tabla 8 Irradiación solar global mensual.....	53
Tabla 9 Impactos ambientales.....	76

## Resumen

La presente investigación es un estudio de factibilidad para la implementación de un sistema solar fotovoltaico como solución alternativa a la falta de cobertura del servicio de energía eléctrica en las zonas no interconectadas (ZNI) en la vereda El Blanquecino, La Argentina (Huila), la cual no cuenta con interconexión a la red dada su ubicación geográfica y otros factores; además de ello se analizarán los efectos ambientales y sociales en la población y zona objeto de estudio.

Para el desarrollo de esta investigación es necesario analizar las condiciones geográficas, solares y ambientales de la zona de estudio, así como los costos para la implementación del sistema solar, descripción del sistema solar fotovoltaico, por lo tanto, la investigación es de tipo mixto; es decir tanto cuantitativo como cualitativo.

Adicionalmente tiene un enfoque descriptivo y explicativo, ya que describirá y explicará por qué es factible el diseño e implementación del sistema solar fotovoltaico en la vereda El Blanquecino, cuáles son las condiciones óptimas para su ejecución y los impactos de este en el ámbito ambiental y social.

**Palabras claves:** Energías renovables, Energía solar fotovoltaica, zonas no interconectadas, calidad de vida.

### Abstract

The present investigation is a feasibility study for the implementation of a photovoltaic solar system as an alternative solution to the lack of coverage of the electric power service in the non-interconnected zones (ZNI) in the village of El Blanquecino, La Argentina (Huila), which does not have interconnection to the network because of its geographical location and other

factors. In addition, the environmental and social effects on the population and study area will be analyzed.

For the development of this research it is necessary to analyze the geographical, solar and environmental conditions of the study area, as well as the costs for the implementation of the solar system, description of the photovoltaic solar system, therefore, the research is of mixed type; quantitative and qualitative.

Additionally, it has a descriptive and explanatory focus, because of it will describe and explain why is the design and implementation of the solar photovoltaic system in El Blanquecino feasible, what are the optimal conditions for its execution and its impacts in the environmental and social field.

**Key words:**

Renewable energies, photovoltaic solar energy, non-interconnected zone, quality of life

## 1. Planteamiento del problema

En el municipio de La Argentina (Huila) hay 841 viviendas sin servicio eléctrico de las 4731 viviendas según los datos del Sistema de Información Eléctrico Colombiano (SIEL) 2016; el servicio de energía eléctrica tiene una cobertura completa sobre la zona urbana, sin embargo, 7 de las 28 veredas de la zona rural no están conectadas a la red y carecen completamente del servicio, una de las afectadas es la vereda El Blanquecino (Salazar, 2015).

En la vereda El Blanquecino no se ha podido ampliar la cobertura del servicio de energía debido a la amplia distancia de la red eléctrica del casco urbano hasta la zona afectada, el alto costo que implica ampliar la red y el mínimo número de viviendas, priorizando las autoridades locales otras veredas con mayor número de habitantes y más próximas a la red.

Según los datos estadísticos de Aguas del Huila, la población de la vereda El Blanquecino es de 151 habitantes ubicados en 36 viviendas, la cual ha tenido grandes limitaciones para realizar sus actividades cotidianas, productivas, de recreación y de acceso a la información tales como refrigeración de los alimentos, iluminación en horas nocturnas para la realización de trabajos y/o actividades, carga de los celulares, el uso de la TV y demás; lo cual ha llevado a que surjan efectos desfavorables tales como el estancamiento en el desarrollo local, los altos índices de necesidades básicas insatisfechas, la baja calidad de vida y el atraso tecnológico.

De acuerdo con la información anterior, una alternativa de solución son las energías renovables, por lo tanto

## **2. Formulación del problema**

¿Es viable la implementación de un sistema solar fotovoltaico para la generación de energía eléctrica en la vereda El Blanquecino, La Argentina (Huila)?

### **3. Objetivos**

#### **3.1 Objetivo general**

Determinar la factibilidad de un sistema solar fotovoltaico para las viviendas de la vereda El Blanquecino, La Argentina (Huila)

#### **3.2 Objetivos específicos**

- 1) Identificar las condiciones óptimas y la normatividad para la implementación de un sistema solar fotovoltaico en las viviendas de los habitantes del Blanquecino.
- 2) Dimensionar el sistema solar fotovoltaico según las necesidades de las viviendas de la vereda El Blanquecino.
- 3) Analizar los impactos ambientales y sociales de la implementación de un sistema solar fotovoltaico en las viviendas de la vereda El Blanquecino.

#### 4. Justificación

En Colombia, según los datos SIEL (2016) hay en total 14.358.202 viviendas, de las cuales 427.697 no cuentan con servicio de energía eléctrica, es decir, no tiene acceso al servicio de energía eléctrica a través del Sistema Interconectado Nacional (SIN); presentándose esta situación principalmente en las zonas rurales con un total de 397.027 viviendas sin servicio (VSS), lo cual es debido a la amplia distancia de la red eléctrica del casco urbano hasta la zona afectada, el alto costo que implica ampliar la red y el mínimo número de viviendas de la zona.

En este sentido, el estudio de alternativas basadas en Fuentes No Convencionales de Energía (FNCE) podría brindar una solución de energización aprovechando los recursos renovables abundantes en la región y que a la vez sea amable con el medio ambiente. Particularmente, la Energía Solar Fotovoltaica (ESF) ha tenido gran acogida y ha sido probada exitosamente en países como Alemania, España, Estados Unidos, Italia y Corea del Sur, IPSE (2012), donde se han utilizado como generación alternativa de energía en áreas alejadas de la red principal, o para mitigar el fenómeno del calentamiento global y contribuir a la reducción de los gases de efecto invernadero.

En la zona de estudio, la radiación según el atlas de radiación solar de Colombia muestra un nivel medio anual con un promedio diario de 4 – 4,5 kWh/m<sup>2</sup>. UPME (2015). Esto permitirá generar energía eléctrica suficiente para abastecer una vivienda típica de la zona rural.

Considerando lo anterior, en este proyecto se ha considerado pertinente mejorar el servicio de energía eléctrica de la vereda El Blanquecino en el municipio de La Argentina (Huila), haciendo uso de la energía solar Fotovoltaica como estrategia alternativa de energización sostenible, debido a la abundancia del recurso, como también los impactos positivos en los ámbitos ambientales, sociales. Además de esto, este proyecto de investigación

sirve como guía para la solución energética de diversas zonas rurales no interconectadas, dando respuesta a un problema de necesidades básicas del ser humano y promoviendo el desarrollo personal y de la región y la calidad de vida de los ciudadanos.

### **5. Limitaciones de la investigación**

Las limitaciones de la investigación son las siguientes: no se realiza trabajo de campo debido a la distancia, difícil acceso a la vereda y nulo acompañamiento para ello. Por ende, para contrarrestar esta limitación se utilizan los datos de fuentes confiables como Nasa, Google Maps, Ideam, UPME, entre otros.

Otro aspecto que limita la investigación es el hecho que el simulador no presenta todos los equipos solares disponibles en el mercado por lo tanto se diseña con los que se encuentran allí.

### **6. Delimitación de la investigación**

Este proyecto se centra específicamente en las viviendas rurales de la vereda El Blanquecino, La Argentina (Huila), las cuales son en total 36 viviendas apartadas entre ellas. El sistema solar fotovoltaico es aislado y autónomo, por lo tanto, no está conectado a la red.

La investigación desarrollará el estudio, diseño y dimensionamiento de la instalación sin su construcción debido a que es un proyecto investigativo, el cual sirve de enfoque y guía para la implementación del proyecto.



## 7. Marco teórico

### 7.1 Antecedentes

El efecto fotovoltaico fue descubierto por parte del físico francés Edmond Becquerel quién en el año de 1839 observó aumento de generación de energía eléctrica entre dos electrodos metálicos sumergidos en un electrolito cuando se exponían a la luz. (Roldán, 2010). Luego, en 1873 el ingeniero eléctrico inglés Willoughby Smith descubre el efecto fotovoltaico en sólidos. En este caso sobre el Selenio.

Pocos años más tarde, en 1877, El inglés William Grylls Adams, junto con Richard Evans Day, descubrieron que cuando exponían selenio a la luz generaba electricidad. De esta forma, crearon la primera célula fotovoltaica de selenio.

Pero fue en 1953, cuando se descubrió la célula solar en silicio por parte de los físicos Calvin Fuller, Gerald Pearson, y Daryl Chapin. Esta célula producía suficiente electricidad y era lo suficientemente eficiente para hacer funcionar pequeños dispositivos eléctricos. (Orellana, s.f.)

En el año de 1946 el investigador estadounidense Rusell Ohl patentó la primera célula solar de silicio que permitió que en 1954 la compañía “Laboratorios Bell” fabricara el primer módulo fotovoltaico experimental. (Roldán, 2010). Los paneles solares se fueron perfeccionando hasta que en el año 1962 la agencia espacial de los Estados Unidos se decidió a lanzar el primer satélite comercial de telecomunicaciones.

Ya en la década de 1970 se inició su utilización industrial y en los años de 1980 y 1990 su fabricación a gran escala entro en auge en los Estados Unidos, y en la actualidad se fabrican en muchos países del mundo, especialmente en China, Japón, Alemania, Estados Unidos, India y España.

Hoy en día, los paneles solares se utilizan en innumerables aplicaciones y se estima que hay cerca de 230 GW de potencia fotovoltaica instalada en todo el mundo. (Acevedo, 2016).

### **7.1.1 Historia de la energía solar fotovoltaica en Colombia.**

La energía solar fotovoltaica en Colombia se inició con el Programa de Telecomunicaciones Rurales de Telecom a comienzos de los años 80, con la asistencia técnica de la Universidad Nacional, en donde se instalaron pequeños generadores fotovoltaicos de 60 Wp (Wp: vatio pico) para radioteléfonos rurales y ya en 1983 habían instalados 2 950 de tales sistemas. El programa continuó instalando estos sistemas y pronto se escaló a sistemas de 3 a 4 kWp para las antenas satelitales terrenas. Muchas empresas comenzaron a instalar sistemas para sus servicios de telecomunicaciones y actualmente se emplean sistemas solares en repetidoras de microondas, boyas, estaciones remotas, bases militares, entre otras aplicaciones. Según un estudio realizado, entre 1985 y 1994 se importaron 48 499 módulos solares para una potencia de 2.05 MWp. (PENSECA, 1995). De estos 21 238 módulos con una potencia de 843.6 kW en proyectos de telecomunicaciones y 20 829 módulos con 953.5 kWp en electrificación rural. El estudio anterior también indicó, sobre una muestra de 248 sistemas (con 419 módulos), que 56% de los sistemas funcionaban sin problemas, 37% funcionaban con algunos problemas y 8% estaban fuera de servicio. Como principal fuente de problemas se encontraron la falta de mínimo mantenimiento, suministro de partes de reemplazo (reguladores y lámparas) y sistemas subdimensionados. Estos problemas, que se suelen repetir aún hoy en día, indican la importancia que tiene el asegurar la sostenibilidad del suministro del servicio de energía para estos usuarios. Estas dificultades se han mostrado como una de las debilidades más graves del servicio de energía con estos sistemas. Y más que tratarse de un problema meramente técnico, el problema es de calidad del servicio y de atención al usuario. (Rodríguez, 2008)

Algunos de los diversos proyectos de energía fotovoltaica en Colombia son:

**Tabla 1**Proyectos de energía fotovoltaica en Colombia

<b>Proyecto</b>	<b>Fecha</b>	<b>Descripción</b>
<b>Planta Solar Universidad Nacional Sede San Andrés</b>	2013	Planta Solar de 25 kW, la cual atiende las necesidades de energía del complejo de Aulas localizado en el Jardín Botánico de esa institución.
<b>Sistemas Fotovoltaicos Autónomos en Paratebueno-Cundinamarca</b>	2014	Diseño, suministro e instalación de 3 proyectos de generación aislada con celdas fotovoltaicas en el municipio de Paratebueno - Cundinamarca, para familias sin acceso a la red eléctrica.
<b>Escuela educativa Punta de Arusí, Nuquí – Chocó</b>	2014	Sistema solar fotovoltaico autónomo de 4.5 kWp para la energización de la Escuela Educativa Punta de Arusí, en el municipio de Nuquí- Chocó.
<b>Solución vivienda rural municipio de Salazar de Las Palmas</b>	2016	Diseño, suministro e instalación de 15 soluciones de energía solar FV, con capacidad de 140 Wp promedio, en las veredas de Uribante y Sanguino.

**Fuente:** Upme

## **7.2 Bases teóricas**

La energía solar es la energía emitida por el sol en forma de ondas electromagnéticas en todo su espectro, ultravioleta, visible e infrarrojo, la cual se puede aprovechar de diferentes formas, una de ella es mediante sistemas solares fotovoltaicos los cuales producen energía eléctrica a partir de la radiación solar, por medio de células fotovoltaicas.

La fuente de energía solar es inagotable, limpia, respetuosa con el medio ambiente, no emiten gases contaminantes, no genera residuos peligrosos, se pueden instalar en zonas rurales, aisladas, que cuenten con radiación solar frecuente en el año, y además disminuyen la independencia de suministros externos.

Por lo tanto, los sistemas solares fotovoltaicos son una excelente alternativa para la falta de cobertura del servicio de energía eléctrica en las zonas no interconectadas (ZNI), en este caso en específico la vereda El Blanquecino, La Argentina (Huila), la cual cuenta con aproximadamente 36 viviendas sin servicio, espaciadas entre sí. Puesto que no es viable la ampliación de la red eléctrica debido a los altos costos en su inversión, la poca cantidad de viviendas y la dispersión entre las mismas.

### **7.3 Marco conceptual**

#### **7.3.1. Energía solar.**

La energía solar es la energía que emite el sol en forma de ondas electromagnéticas en todo su espectro, Ultravioleta, Visible e Infrarrojo. La emisión de energía desde la superficie del sol se denomina radiación solar; y a la energía emitida, energía radiante. La energía radiante que incide sobre la superficie terrestre por unidad de área (irradiación o insolación), se mide en kWh/m<sup>2</sup>; y la potencia radiante que incide sobre la superficie terrestre por unidad de área (irradiancia), se mide en kW/m<sup>2</sup>.

La radiación solar que incide sobre la Tierra tiene componentes directos, radiación que incide sobre la Tierra desde el sol, sin cambiar de dirección; y difusa, radiación que es dispersada en todas las direcciones debido a la presencia de moléculas y partículas; la radiación global es la suma de la componentes directa y difusa.

Existen diferentes formas de aprovechamiento de la energía solar:

Energía Solar Fotovoltaica: aprovechamiento de la radiación solar para la generación de energía eléctrica.

Energía Solar Térmica: aprovechamiento del calor solar para calentar un fluido (típicamente agua y aire). La energía solar en forma de calor es absorbida por un panel solar térmico o colector, y transferida al fluido para elevar su temperatura. Los usos más comunes son para calentar agua, climatización y calefacción; también es posible generar energía eléctrica a través evaporación del fluido mediante su calentamiento y haciendo que este mueva una turbina.

### **7.3.2 Células fotovoltaicas**

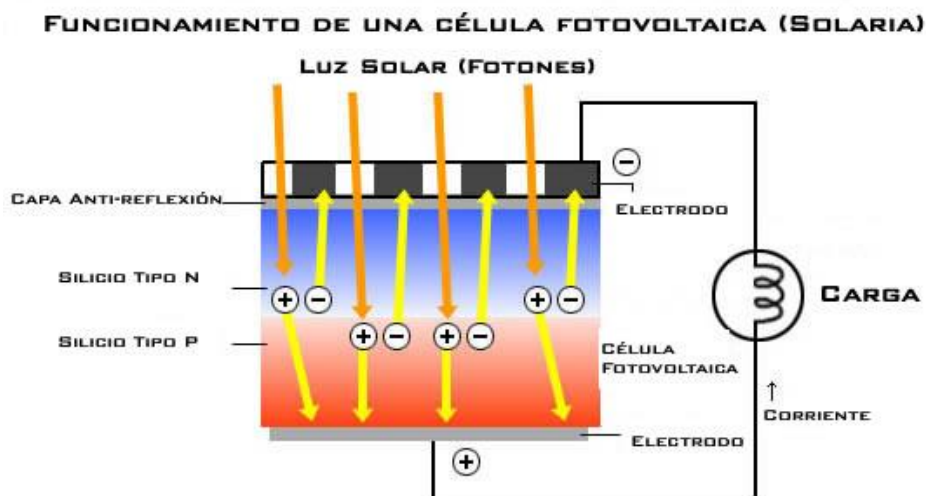
Son dispositivos formados de material semiconductor, normalmente de silicio, que son capaces transformar los rayos del sol en energía eléctrica. Aunque el silicio es el material más abundante en la tierra después del oxígeno, ya que se encuentra en casi todas las rocas, para la fabricación de las células fotovoltaicas se lo necesita en su forma cristalina y sin imperfecciones. El proceso para llevar al silicio a su forma cristalina es complejo y costoso (Fernández, 2007)

Las células fotovoltaicas están compuestas por una delgada capa de material tipo n (electrón libre) y otra de mayor espesor de material tipo p (hueco disponible), en la unión de estas capas se forma el campo eléctrico.

La luz está formada por partículas, los fotones, que transportan energía. Cuando un fotón con suficiente energía golpea la célula, es absorbido por materiales semiconductores y libera un electrón. El electrón una vez libre, deja atrás de si una carga positiva llamada hueco.

Por lo tanto, cuanto mayor será la cantidad de fotones que golpean la célula, tanto más numerosas serán las parejas electrón-hueco producidas por el efecto fotovoltaico y por lo tanto más elevada la cantidad de corriente producida.

### Ilustración 1 Célula fotovoltaica



Fuente: Bayona E., 2012

### 7.3.3 Sistemas fotovoltaicos

Un sistema fotovoltaico es el conjunto de equipos eléctricos y electrónicos que producen energía eléctrica a partir de la radiación solar. El principal componente de este sistema es el módulo fotovoltaico, a su vez compuesto por células que tienen la propiedad de absorber fotones y emitir electrones, lo cual da como resultado energía eléctrica de corriente continua. El resto de equipos incluidos en un sistema fotovoltaico depende en gran medida de la aplicación a la que está destinado. (Perpiñán, 2012).

#### 7.3.3.1 Los Componentes principales de los Sistemas fotovoltaicos.

##### 7.3.3.1.1 Panel fotovoltaico.

Un panel solar es un módulo que aprovecha la energía de la radiación solar. El término comprende a los colectores solares utilizados para producir agua caliente (usualmente domestica)

y a los paneles fotovoltaicos utilizados para generar electricidad. Los paneles fotovoltaicos están formados por numerosas celdas que convierten la luz en electricidad. Al conjunto así formado, convenientemente ensamblado y protegido contra los agentes externos, se le denomina panel o módulo fotovoltaico.

### Características Eléctricas.

La respuesta de un panel frente a la radiación solar vendrá determinada por la de las células que lo forman, pudiendo ser descrita mediante varios parámetros, que se definen a continuación:

#### Corriente de cortocircuito (ISC).

Es la intensidad máxima de la corriente que se puede obtener de un panel bajo unas determinadas condiciones (generalmente normalizadas).se mide cuando se conecta en corto circuito las terminales positivas y negativas de la celda. Su valor depende del área superficial y de la radiación luminosa. El valor típico para la corriente de cortocircuito esta dado en unidades de amperes.

#### Corriente (I)

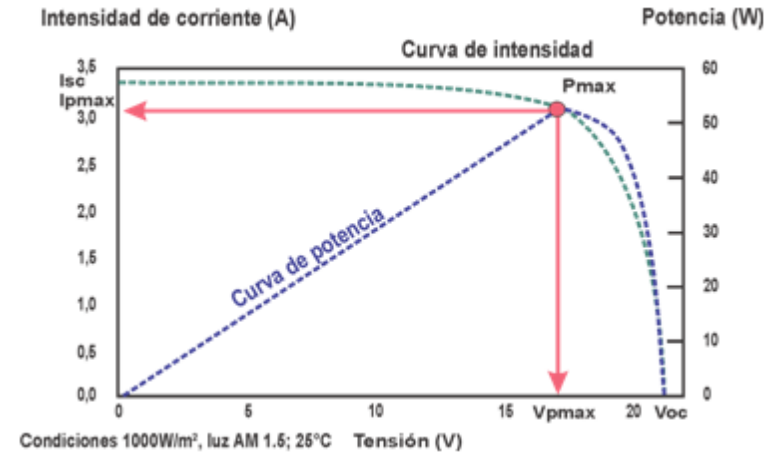
En la práctica, lo usual es que un panel produzca una determinada corriente eléctrica que fluye a través del circuito externo que une los bornes del mismo y que posee una determinada resistencia R. Si la diferencia de potencial entre los bornes es V, entonces la corriente de intensidad i se produce a un voltaje V.

#### Voltaje máxima potencia (VMP):

Según Lorenzo (2006) cuando el panel está suministrando la máxima intensidad de corriente la tensión del panel presenta una variación inversamente proporcional a la temperatura

de las células, sin que tal condición provoque cambios en la corriente de salida. La ilustración 2 muestra un ejemplo de tal curva para cinco valores de temperatura.

**Ilustración 2: Curva característica de corriente y voltaje para un módulo fotovoltaico**



**Fuente: Abad y Flores (2016)**

Corriente de máxima potencia ( $I_{MP}$ ).

Corriente suministrada a la potencia máxima. Se considera este parámetro el representativo de la corriente nominal.

La corriente proporcionada por el módulo fotovoltaico es directamente proporcional a la energía solar recibida, con escasa repercusión de la tensión de salida si la temperatura es constante.

Voltaje a circuito abierto ( $VOC$ ):

El voltaje de circuito abierto es el voltaje máximo que genera la celda solar. Este voltaje se mide cuando no existe una carga conectada a la celda. Bajo condiciones estándares de medición, el valor típico del voltaje a circuito abierto que se ha obtenido en una celda de silicio cristalino es del orden de 0.6 V.



### Potencia pico:

Es la potencia eléctrica que puede suministrar una célula y se define por el punto de la curva I-V. El producto de la intensidad producida y la tensión da como resultado un valor máximo, todos los puntos restantes de la curva generan valores inferiores.

Potencia Pico= Corriente de Corto circuito x Voltaje a circuito abierto

### ***Tipos de paneles en función de los materiales***

Existen diferentes tipos de paneles solares en función de los materiales semiconductores y los métodos de fabricación que se empleen. Los tipos de paneles solares que se pueden encontrar en el mercado son:

#### Silicio mono-cristalino:

Basados en secciones de una barra de silicio perfectamente cristalizado en una sola pieza. En laboratorio se han alcanzado rendimientos máximos del 24,7%.

La eficiencia de estos módulos para comercializarlos ha llegado hasta el 18%. Los módulos con estas celdas son los más maduros del mercado. Proporcionando con esto confiabilidad en el dispositivo de tal manera que algunos fabricantes los garantizan hasta por 25 años.

#### Silicio poli-cristalino:

Los materiales son semejantes a los del tipo anterior aunque en este caso el proceso de cristalización del silicio es diferente. Los paneles poli cristalinos se basan en secciones de una barra de silicio que se ha estructurado desordenadamente en forma de pequeños cristales. Son visualmente muy reconocibles por presentar su superficie un aspecto granulado. Se obtiene con ellos un rendimiento inferior que con los mono-cristalinos (en laboratorio del 19,8% y en los

módulos comerciales del 14%) siendo su precio también más bajo y la garantía del producto puede ser hasta por 20 años dependiendo del fabricante.

#### Silicio amorfo.

Basados también en el silicio, pero a diferencia de los dos anteriores, este material no sigue aquí estructura cristalina alguna.

Los átomos de silicio que forman el sólido no tiene el patrón ordenado característico de los cristales como es el caso del silicio cristalino.

Paneles de este tipo son habitualmente empleados para pequeños dispositivos electrónicos (Calculadoras, relojes) y en pequeños paneles portátiles. Su rendimiento máximo alcanzado en laboratorio ha sido del 13% siendo el de los módulos comerciales del 8%.

#### Teluro de cadmio.

Rendimiento en laboratorio 16% y en módulos comerciales 8%.

#### Arseniuro de Galio.

Uno de los materiales más eficientes. Presenta unos rendimientos en laboratorio del 25,7% siendo los comerciales del 20%.

Según Lorenzo (2006) en una de sus publicaciones nos da a conocer las eficiencias de los paneles solares según sea el material para elegir.

**Tabla 2 Eficiencias de los paneles solares**

<b>Material</b>	<b>Eficiencia máxima (%)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>
<b>Silicio amorfo</b>	8	0.04
<b>Sulfuro de cadmio</b>	10	1
<b>Silicio monocristalino</b>	18	2

<b>Silicio policristalino</b>	7-14	2-3
<b>Arseniuro de galio</b>	22	0.1
<b>Telurio de cadmio</b>	8-9	0.02

**Fuente: Lorenzo (2006)**

#### *7.3.3.1.2 Regulador de carga.*

El regulador de carga, como su nombre lo indica, tiene la misión de regular la corriente que absorbe la batería con el fin de que en ningún momento pueda esta sobrecargarse peligrosamente, pero, al mismo tiempo, evitando en lo posible que deje de aprovechar energía captada por los paneles (lo que inevitablemente ocurriría si el control fuese mediante un simple interruptor de accionamiento manual). Para ello, el regulador, mediante dispositivos electrónicos, debe detectar y medir constantemente el voltaje, que será una indicación del estado de carga de la batería y si este llega al valor de consigna previamente establecido, correspondiente a la tensión máxima admisible, debe actuar de forma que impida que la corriente siga fluyendo hacia la batería, o bien que fluya únicamente la justa para mantenerla en estado de plena carga, pero sin sobrepasarse.

#### *7.3.3.1.3 Batería.*

La función prioritaria de las baterías en un sistema de generación fotovoltaico es la de acumular la energía que se produce durante las horas de luminosidad para poder ser utilizada en la noche o durante periodos prolongados de mal tiempo.

A la hora de elegir el tipo y el modelo de batería a utilizar, se deberá exigir del fabricante o proveedor de estas, información detallada de sus características:

Tipo de batería y tensión nominal, dimensiones, peso, etc.

Capacidad para descarga con sus correspondientes tensiones de corte.

Rango de temperatura de funcionamiento.

Profundidad máxima de descarga.

Valor de auto descarga.

Ciclaje máximo diario permitido.

Rendimiento de carga.

Variación de la capacidad con la temperatura.

Voltajes finales en función del régimen de descarga.

### ***Tipos de baterías de plomo para aplicaciones solares***

Se usan en la mayoría dos diferentes tipos de baterías de plomo:

#### ***Baterías Liquidas***

Son las más antiguas y su simple producción permiten precios favorables. Las desventajas son que durante la carga escapa hidrógeno (explosivo), existe el peligro de perder el muy agresivo ácido, un control del nivel del agua es necesario y su corta vida típica de aproximadamente 400 ciclos de carga y descarga. Una ventilación es muy importante para estos tipos de batería y temperaturas bajo cero pueden destruirlas rápidamente.

#### ***Baterías tipo VRLA*** (Valve Regulated Lead Acid battery).

Estas baterías modernas tampoco son completamente selladas, pero contienen una tecnología que recombinan el oxígeno y hidrógeno que sale de las placas durante la carga y así eliminan la pérdida de agua si no son sobrecargadas. Estas baterías funcionan en cualquiera posición. Hay dos tipos principales: los de consistencia de Gel y los AGM, donde el ácido es fijado en fibra de vidrio (AGM - absorbed glass mat). Ambas se pueden usar en temperaturas bajas.

### Baterías de Gel.

En estas baterías 'selladas', el ácido tiene la forma de gel es decir se agrega al electrolito un compuesto de silicona, lo que provoca que el líquido se vuelva una masa sólida como gelatina. Al usar baterías de gel estamos atacando 4 problemas que afronta una batería que son: la corrosión, desbordamiento de líquido, la sulfatación y la temperatura excesiva.

#### Ventajas:

- Su gran ventaja es que ya no hay un líquido que se puede perder, son cerradas y funcionan en cualquier posición.
- La corrosión es reducida y son más resistentes a bajas temperaturas.
- Su vida es mucho mayor que la vida de las baterías líquidas y comparado con otras, son las menores afectadas en casos de descargas profundas.
- Protección contra el deterioro por desbordamientos.
- aumenta la vida media de las baterías
- mejora el medio ambiente alrededor de la batería.
- La vida media de las baterías de Gel y AGM en condiciones normales de uso son de 8-10 años. Estas baterías son muy utilizadas en instalaciones medias ya que permiten ir añadiendo módulos y ampliar la capacidad de carga poco a poco.

#### Desventajas:

- Mayor costo inicial que las baterías tipo líquidas.
- Mayor peso.
- Imposibilidad de sustituir el agua si se sobrecarga continuamente.
- Se deben utilizar un sensor automático de temperatura y cargadores regulados por voltaje.

### Baterías tipo AGM.

En estas baterías, desarrolladas inicialmente para la aviación, el ácido está fijado en fibras de vidrio (a veces se llaman baterías 'secas' por su reducida cantidad de ácido). Cada vez más se usan en sistemas solares y eólicos.

#### Ventajas:

- Selladas y seguras frente a posibles derrames.
- Alta potencia específica. Capacidad de ofrecer corriente muy Fuertes.
- Tiempo de carga 5 veces más rápido.
- Mejores ciclos de trabajo con cargadores avanzados.
- Retención de agua: El oxígeno e hidrógeno se combinan para producir agua
- Construcción segura que acepta Fuertes vibraciones.
- Buen comportamiento a bajas temperaturas.
- Ausencia de corrosión
- Menor costo inicial que las baterías de gel.
- Compatible con equipos electrónicos sensibles
- Muy poco o nada de gaseado (a menos que se sobrecargue)
- Admite voltajes de carga mayores que las baterías de gel

#### Desventajas:

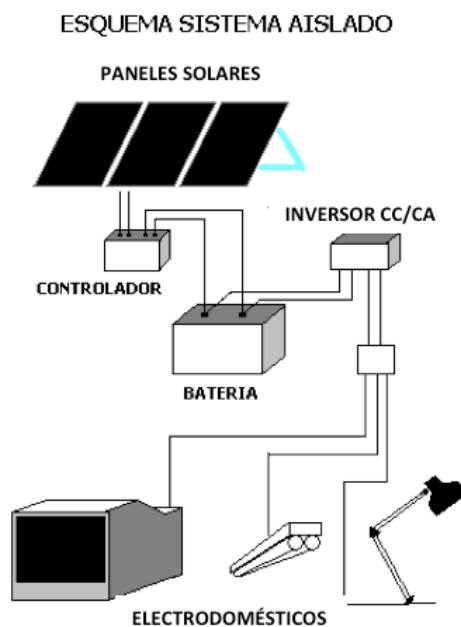
- Ciclo más corto que las baterías de gel en aplicaciones de ciclo profundo
- Se deben utilizar un sensor automático de temperatura y cargadores regulados por voltaje.
- Imposibilidad de sustituir el agua si se sobrecarga continuamente
- Mayor costo de fabricación.
- Sensible a sobrecargas. El gel se comporta mejor en este aspecto.

### 7.3.3.1.3 Inversor.

Los inversores son dispositivos capaces de alterar la tensión y características de la corriente eléctrica que reciben, transformándola de manera que resulte más apta para los usos específicos a que vaya destinada en cada caso.

Los convertidores que reciben corriente continua a un determinado voltaje y la transforman en corriente continua, pero a un voltaje diferente reciben la denominación de inversores CC-CC, y los que transforman corriente continua en alterna se denominan inversores CC-AC, onduladores y también convertidores.

#### Ilustración 3 Esquema del sistema solar fotovoltaico aislado



Fuente: “La electrificación solar fotovoltaica de hogares”, s.f

Las instalaciones fotovoltaicas se clasifican en 3 grandes grupos dependiendo de su conexión:

- Móviles, aquellas que pueden cargarse y utilizarse en diferentes lugares.

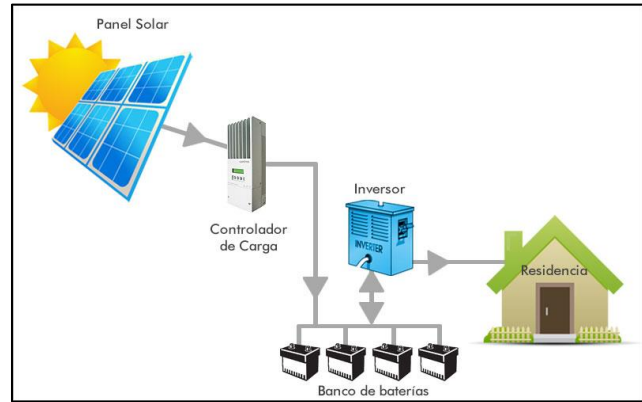
- b) Aisladas de la red eléctrica, son estacionarias y autónomas.
- c) Las interconectadas a la red eléctrica.

**Ilustración 4 Sistema solar fotovoltaico móvil**



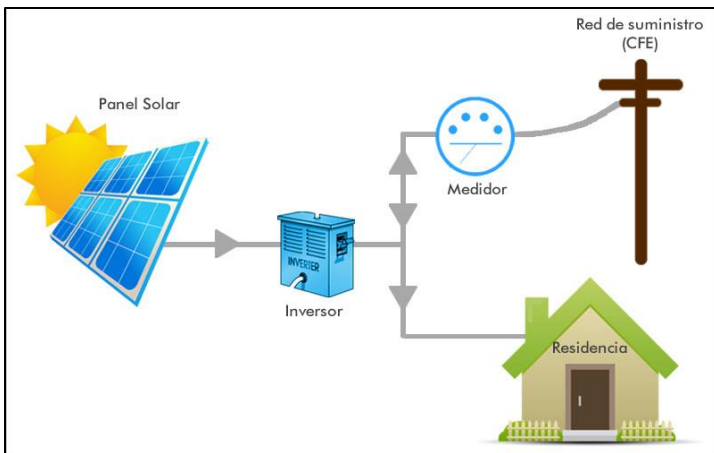
**Fuente: AGM energías renovable, s.f.**

**Ilustración 5 Sistema solar fotovoltaico aislado**



**Fuente: Iasolar, s.f**

**Ilustración 6 Sistema solar fotovoltaico interconectado a la red**



**Fuente: Iasolar, s.f**

### **7.3.4 Evaluación de la potencia solar en Colombia.**

La potencia solar en Colombia se ha realizado empleando o principalmente información de estaciones meteorológicas del IDEAM (Instituto de Estudios Ambientales), procesada para ser transformada de información meteorológica en información energética. (CORPOEMA, 2010) La publicación más reciente es el *Atlas de Radiación Solar de Colombia*, el cual es un documento de referencia para Colombia que contribuye al conocimiento de la disponibilidad de sus recursos



renovables y facilita la identificación de regiones estratégicas donde es más adecuada la utilización de la energía solar para la solución de necesidades energéticas de la población.

Si se tiene en cuenta que el máximo mundial es de aproximadamente 2 500 kWh/m<sup>2</sup>/año, el potencial en Colombia en relación con este máximo varía entre 58 % en la Costa Pacifico y 84 % en la Guajira. Pero más importante aún que los valores es que la variación mensual de la radiación global frente a la media anual es pequeña comparada con las variaciones de otras regiones del mundo, lo que permite que los sistemas de acumulación de energía sean de capacidad reducida. (CORPOEMA, 2010).

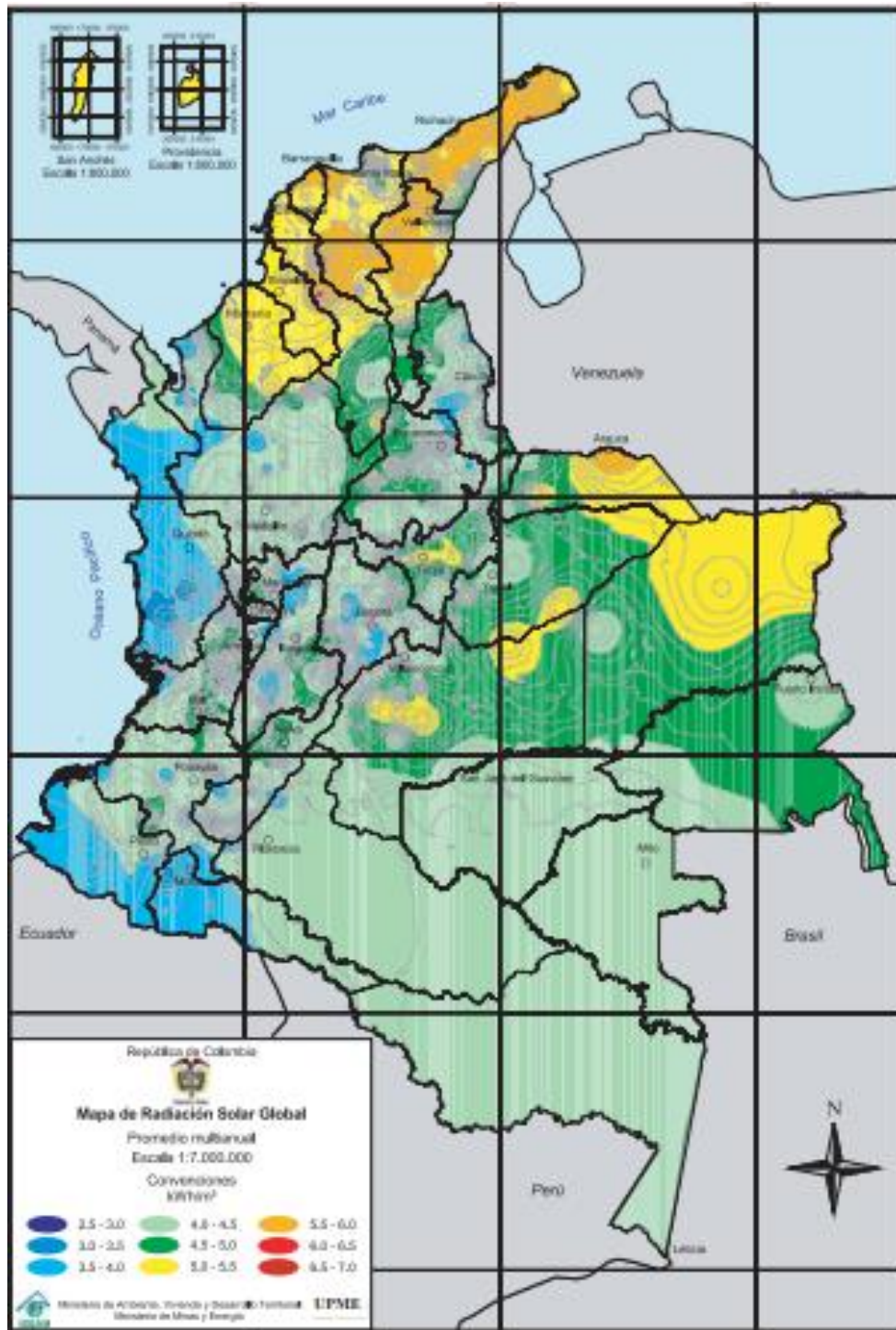
A continuación, se presenta aproximación a la disponibilidad promedio multianual de energía solar por regiones y el mapa de radiación solar en Colombia.

**Tabla 3 Promedio multianual de radiación solar por regiones en Colombia**

<b>REGIÓN</b>	<b>kWh/m<sup>2</sup>/año</b>
GUAJIRA	2.190
COSTA ATLANTICA	1.825
ORINOQUIA	1.643
AMAZONIA	1.551
AN DINA	1.643
COSTA PACIFICA	1.278

**Fuente: Atlas de radiación solar en Colombia**

Ilustración 7 Mapa de radiación solar en Colombia



Fuente: Atlas de radiación solar

Como vemos en el mapa de radiación solar, el Huila tiene un promedio de radiación solar entre 4.0 a 5.0 kWh/m<sup>2</sup> por ende es viable implementar el sistema solar fotovoltaico.

### **Condiciones para cumplir para implementar un sistema fotovoltaico aislado**

#### **autónomo:**

Los sistemas solares fotovoltaicos aislados deben permitir cierta flexibilidad en su diseño de tal manera que considere las características propias de la demanda a atender y del recurso solar disponible, por lo cual deben cumplir con ciertos criterios para su instalación según el Departamento Nacional de Planeación (DNP), las cuales se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 4 Criterios para la implementación del modelo de diseño del sistema solar fotovoltaico aislado**

<b>Criterio</b>	<b>Descripción</b>	<b>Condición</b>
<b>Ubicación</b>	Zona no interconectada o aislada	Se deberá verificar que no se encuentre en planes de interconexión en los próximos 5 años
<b>Dispersión</b>	Distancia entre los hogares a atender	Se debe verificar mediante georreferenciación que los hogares no se encuentren agrupados o concentrados.
<b>Usuarios</b>	# viviendas mínimas para ejecución del proyecto	Se deberá contar al menos con 20 usuarios
<b>Recurso</b>	Radiación solar	Utilización del mapa de radiación solar del IDEAM
<b>Piso térmico</b>	Se tendrán variaciones dependiendo del piso térmico	Menor a 1000 msnm Mayor a 1000 msnm
<b>Solución solar aislada SSA</b>	Sistema que se instalará para cada usuario	Relacionar los criterios de piso térmico y recurso solar

**Fuente: Ministerio de Minas y Energía**

#### **7.4. Formulación de hipótesis de trabajo**

La implementación del sistema solar fotovoltaico es una excelente alternativa para solucionar la falta de cobertura de energía eléctrica en la vereda El Blanquecino, La Argentina (Huila), lo cual repercute negativamente en la calidad de vida de los habitantes de la vereda.

## **8. Marco Normativo**

### **Leyes 142 y 143 de 1994**

La Ley de Servicios Públicos (Ley 142) y la Ley Eléctrica (Ley 143 de 1994), definieron los lineamientos generales para la prestación del servicio público domiciliario de energía eléctrica y el marco legal para el desarrollo de la regulación sectorial por parte de la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG).

*Incidencia en el proyecto:* Por medio de estas leyes el Estado vela porque los servicios públicos sean ofrecidos de una manera eficiente y acorde con el marco legal que este establece.

### **Ley 1715 del 13 de mayo del 2014**

En el cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional.

*Incidencia en el proyecto:* Por medio de esta ley se promueve el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, en el sistema energético nacional; debido a que establece el marco legal y los instrumentos para la promoción del aprovechamiento de las fuentes no convencionales de energía, lo mismo que para el fomento de la inversión, investigación y desarrollo de tecnologías limpias para producción de energía, la eficiencia energética y la respuesta de la demanda, en el marco de la política energética nacional, mediante incentivos tributarios de acuerdo al artículo 11 el cual indica que los inversionistas tendrán derecho a reducir anualmente de su renta, por los 5 años siguientes al año gravable en que hayan realizado la inversión, el cincuenta por ciento (50%) del valor total de la inversión realizada. Igualmente, tiene por objeto establecer líneas de acción para el cumplimiento de compromisos asumidos por Colombia en materia de energías renovables, gestión eficiente de la energía y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

### **Ley 629 de 2000**

Por medio de la cual se aprueba el "Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático", hecho en Kyoto el 11 de diciembre de 1997. El objetivo de este Protocolo era reducir las emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI).

*Incidencia en el proyecto:* Por medio de esta ley se promueve la investigación, promoción, desarrollo y aumento del uso de formas nuevas y renovables de energía, de tecnologías de secuestro del dióxido de carbono y de tecnologías avanzadas y novedosas que sean ecológicamente racionales.

### **Ley 697 de 2001**

Declaró el Uso Racional y Eficiente de la Energía (URE) como un asunto de conveniencia nación.

*Incidencia en el proyecto:* Por medio de esta ley se crea el Programa de Uso Racional y eficiente de la energía y demás formas de energía no convencionales "PROURE" (art. 5) cuyo objeto es aplicar gradualmente programas para que toda la cadena energética, esté cumpliendo permanentemente con los niveles mínimos de eficiencia energética y sin perjuicio de lo dispuesto en la normatividad vigente sobre medio ambiente y los recursos naturales renovables.

### **Plan Energético Nacional 2006 – 2025**

Este plan desarrollado por la UPME tiene como objetivo central “maximizar la contribución del sector energético al desarrollo sostenible del país, y como objetivos principales:

- Asegurar la disponibilidad y el pleno abastecimiento de los recursos energéticos para atender la demanda nacional y garantizar la sostenibilidad del sector energético en el largo plazo.
- Formación de precios de mercado que aseguren competitividad.
- Consolidar esquemas de competencia en los mercados.

- Maximizar cobertura con desarrollo local mediante proyectos que permitan ampliar la oferta energética en zonas rurales y no interconectadas.
- Consolidar la integración energética regional.

Considerando que las estrategias recomendadas para el cumplimiento de los Objetivos Principales presentan tópicos comunes, se identificaron los siguientes Temas Transversales que coadyuvan al cumplimiento de tales objetivos,

1. Fuentes no convencionales y uso racional de la energía
2. Medio ambiente y salud pública
3. Ciencia y tecnología
4. Marco institucional y normativo
5. Información, promoción y capacitación

*Incidencia en el proyecto:* Por medio de este plan se establecen los principales objetivos para el desarrollo energético nacional con el cual se pretende maximizar la contribución del sector energético al desarrollo sostenible del país, por ende se fijan unas estrategias para su cumplimiento y entre ellas se encuentra el impulso de las fuentes no convencionales de energía.

### **Normas técnicas**

GTC 114. Esta guía tiene en cuenta las características técnicas en la selección, instalación, operación y mantenimiento de la energía fotovoltaica, energía utilizada para la población rural dispersa en Colombia.

NTC 2775. Energía solar fotovoltaica, términos y definiciones.

NTC 5287 y 2959. Normas técnicas para las baterías de uso en energía fotovoltaica. Guía para caracterizar las baterías de almacenamiento fotovoltaico.

NTC 2883. Energía fotovoltaica. Módulos fotovoltaicos.

NTC 4405. Evaluación de la eficiencia de los sistemas fotovoltaicos.

*Incidencia en el proyecto:* Estas normas técnicas son importantes en el desarrollo del proyecto debido establecen las normas que rigen a los sistemas solares fotovoltaicos para su adecuado diseño, dimensionamiento y funcionamiento.



## 9. Marco Metodológico

### 9.1 Tipo y nivel de la investigación

La metodología de investigación es de tipo mixto; es decir tanto cuantitativo como cualitativo, puesto que se abordará desde temas cuantitativos como dimensionamiento del sistema solar en función del recurso solar y la demanda energética de las viviendas, y temas cualitativos como descripción del sistema solar fotovoltaico, estudio de la zona, análisis de la normatividad vigente y demás. Adicionalmente tiene un enfoque descriptivo y explicativo, ya que describe y explica por qué es factible el diseño e implementación del sistema solar fotovoltaico en la vereda El Blanquecino, cuáles son las condiciones óptimas para su ejecución y los impactos de este en el ámbito ambiental y social.

Para evaluar la factibilidad de la implementación de un sistema fotovoltaico autónomo se realizan dos fases, una exploratoria y una práctica. El componente exploratorio es el estudio de las condiciones, parámetros y normatividades relacionadas a la implementación de un sistema solar fotovoltaico autónomo; y el práctico es la aplicación de la información identificada durante la investigación.

#### Fase exploratoria

La presente fase se desarrolla en base al análisis de datos e información de fuentes secundarias. Sus actividades son las siguientes:

- a) Búsqueda, recolección y selección de la información disponible.
- b) Identificación de la oferta energética de la región y los planes de expansión de cobertura eléctrica en la zona de estudio.
- c) Identificación y análisis de los lineamientos y las normatividades referentes a las

energías renovables.

### Fase practica

En la parte práctica se deberá seleccionar la muestra, realizar los cálculos necesarios para la implementación, así como el análisis de los datos y resultados para determinar la factibilidad de este. Los pasos son los siguientes:

a) Población de la vereda el Blanquecino, son 151 habitantes, distribuidos en 36 viviendas.

b) Caracterización geográfica de la zona de estudio.

c) Recolección de los datos cuantitativos mediante el análisis de contenido cuantitativo y los datos secundarios, los cuales son los siguientes:

- Estimación de la demanda energética de las viviendas de la zona de estudio. Para ello, se debe realizar una aproximación del consumo energético de las viviendas en zonas rurales, puesto que no se cuenta con los datos específicos.

- Identificación del recurso solar disponible en kWh/m<sup>2</sup> en la zona de estudio.

- Desarrollo de los cálculos necesarios para el dimensionamiento del sistema solar fotovoltaico teniendo en cuenta la información previamente identificada.

- Simulación de los resultados en el software Pvsol

d) Análisis de los posibles impactos de la implementación del sistema solar fotovoltaico autónomo.

e) Por último, análisis de los resultados y determinación de la factibilidad del sistema solar fotovoltaico en las viviendas de la vereda El Blanquecino (Huila).

## 9.2 Descripción del ámbito de la investigación

### 9.2.1 Caracterización de la zona de estudio.

La Argentina-Huila se encuentra situado al sur occidente del Departamento del Huila, con una extensión total de 320 kilómetros cuadrados (km<sup>2</sup>), de la cual 40 km<sup>2</sup> corresponde al área urbana y 280 km<sup>2</sup> al área rural. Cuenta según el DANE (2015) con una población total de 14.021 habitantes. Tiene una cabecera Municipal conformada por los siguientes Barrios: El Centro, Las Brisas, Villa Flores, Primitivo Lozada, La Primavera, Corinto, Villa del Cambis, veinte de julio, La Esperanza, Plata Vieja, el Divino Niño y veintisiete veredas denominadas Campoalegre, Marsella, San Bartolo, Pensil, Alto Pensil, Bajo Pensil, Buenos Aires, La Esperanza, Rosario, Lourdes, Mirador, El Sinaí, El Blanquecino, Bella Vista, Las Toldas, Las Aguilas, Pescador, Santa Elena, La Pedregosa, El Carmen, Alto Carmen, Quebrada Negra, Progreso, Paraíso, Betanía, La Unión y los Milagros. (Información general).

De las veredas del municipio siete no tienen servicio de energía eléctrica. Ellas son: Quebrada Negra, Blanquecino, San Bartolo, La Esperanza, Buenos Aires, Alto Pensil y el asentamiento guambiano Alto Pensil. (Salazar, 2015)

De acuerdo a la división político-administrativa, todas las veredas mencionadas anteriormente se encuentran en el sector rural zona occidente, como lo muestra la siguiente tabla:

**Tabla 5 División político- administrativa de La Argentina (Huila)**

<b>SECTOR URBANO</b>	<b>SECTOR RURAL ZONA OCCIDENTE</b>	<b>SECTOR RURAL ZONA ORIENTE</b>	<b>SECTOR RURAL ZONA CENTRO</b>
B. Primavera	V. Las Toldas	V. Quebrada Negra	V. Pescador
B. Corinto	V. El Blanquecino	V. El progreso	V. Las Águilas
B. Centro	V. Sinaí	V. Betania	V. La Pedregosa
B. Primitivo Losada	V. Lourdes	V. Carmen	V. Bella Vista
B. Villa del Cambis	V. El mirador	V. Alto Carme	
B. Las Brisas	V. Las Minas	V. El paraíso	
B. Villa Florez	V. Buenos aires	V. Los milagros	

B. 20 de Julio	V. El rosario	V. La unión
B. Nueva Esperanza	V. Bajo Pensil	
B. Plata vieja	V. Alto pensil	
B. Divino niño	V. Marsella	
Centro poblado El pensil	V. San Bartolo	
	V. Campoalegre	

**Fuente: Plan de desarrollo de La Argentina, 2016-2019**

De acuerdo con el plan de desarrollo “LA ARGENTINA TERRITORIO DE PAZ Y EQUIDAD SOCIAL” se elaborarán 3 proyectos para la construcción y ampliación de redes eléctricas en el municipio La Argentina en el cuatrienio. Sin embargo, la vereda Blanquecino, sector rural de la zona de occidente del municipio que cuenta con una extensión territorial de 535.6 kilómetros y una población de 151 habitantes no está contemplada dentro de este.

**Ilustración 8 Ubicación política del municipio de La Argentina (Huila).**



**Fuente: Mapas municipio, 2012**

**Ilustración 98 Vereda El Blanquecino**



**Fuente: Mapas municipio, 2012**

**9.2.1.1 Caracterización geográfica de la vereda El Blanquecino.**

La vereda se encuentra ubicada en una zona montañosa con elevación promedio de 1700msnm, una temperatura promedio de 18 °C, ubicada en las siguientes coordenadas.

**Ilustración 10 Coordenadas Vereda Blanquecino**

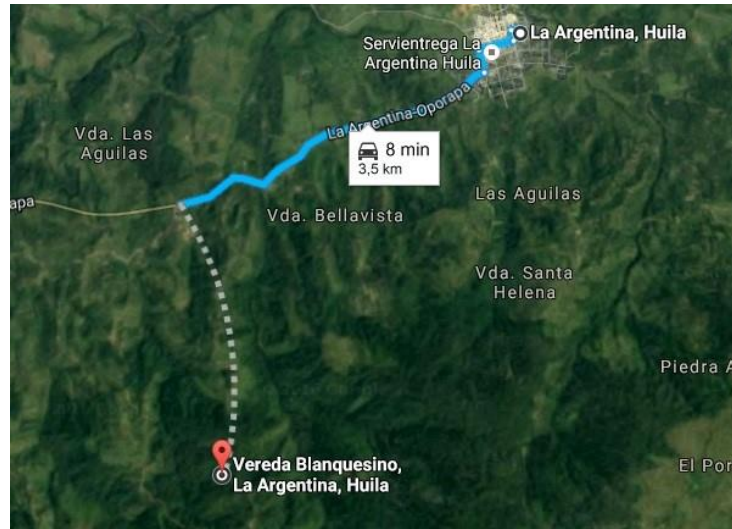


**Fuente: Google Maps, s.f.**

**Ruta de Acceso**

Para llegar a la vereda se toma la vía terciaria que conduce de La Argentina a Oporapa, en el kilómetro 3,5 se toma una desviación por un camino veredal de difícil tránsito unos 13 kilómetros aproximadamente.

### Ilustración 91 Ruta de acceso a la vereda El Blanquesino

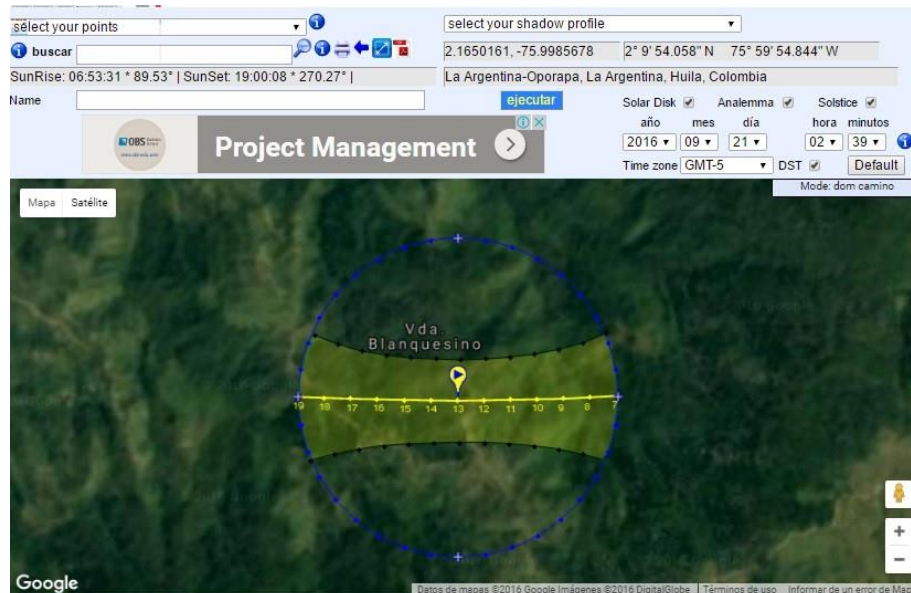


Fuente: Google Maps, s.f

### Trayectoria del Sol en la Zona Objetivo

Un factor importante en las instalaciones solares fotovoltaicas es la trayectoria del sol, en la zona objetivo por estar cerca al plano ecuatorial esta es casi recta, como se puede observar en la siguiente imagen.

### Ilustración 102 Trayectoria del sol



Fuente: Google maps, s.f.

## Potencial Aprovechamiento Solar en la Zona Objetivo

La cantidad de horas pico de solare o HPS, son claves para determinar si una locación es viable para la implementación de sistemas solares fotovoltaicos, en el caso de la vereda Blanquecino, el cual se encuentra en las siguientes coordenadas; Latitud 2.165 y longitud -75.99, tiene en el peor mes una cantidad de 3,7 Kwh/m<sup>2</sup>/día, y un promedio anual de 4,05 Kwh/m<sup>2</sup>/día, valores que hacen esta zona una locación con gran potencial de aprovechamiento solar. NASA

### **9.3. Población y muestra**

El proyecto va dirigido a todas las viviendas de la vereda El Blanquecino (La Argentina-Huila). De acuerdo con la información estadística de Aguas del Huila, la vereda El Blanquecino cuenta con 151 habitantes distribuidos en 36 viviendas que son las que podrían resultar beneficiadas con el estudio de la factibilidad y diseño del sistema solar fotovoltaico autónomo.

El tipo de muestro es no probabilístico, debido a que las características y los propósitos de la investigación es cubrir la necesidad del suministro de energía eléctrica de todos los habitantes de la vereda El Blanquecino.

### **9.4 Instrumentos y técnicas de recolección de datos**

El proyecto tiene como instrumento y técnica de recolección de datos la revisión de literatura a cerca del dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos, páginas web certificadas como NASA, Google Earth, y el simulador PvSol para verificar el previo dimensionamiento realizado.

#### **Softwares y aplicaciones**

Google Earth, simulador PvSol, NASA.

## **9.5. Validez y confiabilidad del instrumento utilizado**

Los instrumentos utilizados son de fuentes secundarias pero confiables debido a que son páginas web certificadas y de reconocimiento como por ejemplo NASA, Google Earth, IDEAM, UPME, DANE, DPN, Aguas del Huila, el cual nos arroja datos verídicos de irradiación solar de la zona de estudio, datos geográficos de la zona de estudio y demás.

Para realizar el dimensionamiento del sistema fotovoltaico se utilizó diferentes referencias bibliográficas, de las cuales se corroboraron que sus ecuaciones coincidieran en las diferentes fuentes por lo tanto las ecuaciones que se utilizaron en la investigación son válidas. También se corroboró que el dimensionamiento estuviera bien utilizando para ello el software PvSol, en donde se pudo corroborar la información obtenida por las ecuaciones.

## **9.6. Plan de recolección y procesamiento de datos**

Primero se debe buscar, recolectar y seleccionar de la información disponible y verídica de fuentes confiables.

Segundo se debe seleccionar la población y muestra, realizar los cálculos necesarios para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico y simulación de los resultados en el simulador Pvsol, para con ello realizar el análisis de los datos y resultados para determinar la factibilidad de la investigación.



## **10. Desarrollo del proyecto de investigación**

### **10.1. Dimensionamiento del sistema solar fotovoltaico.**

El dimensionado de un Sistema Fotovoltaico Autónomo consiste en decidir el tamaño del generador fotovoltaico y acumulador que serán capaces de proporcionar la energía requerida por una determinada carga a partir de la radiación disponible en la zona.

Existen gran variedad de métodos de dimensionado de sistemas fotovoltaicos autónomos.

Esta diversidad abarca desde métodos muy complicados y que necesitan de un programa informático para ejecutarse hasta métodos mucho más simples que sirven como una buena aproximación, al menos en una primera fase del diseño que permita establecer una idea de la estructura del sistema fotovoltaico al menos grosso modo.

Se desarrollará en nuestro caso un método simple denominado “método amperios-hora”, el cual calcula cuantos amperios-hora por día son necesarios del generador FV, de acuerdo con la carga de diseño y las condiciones climáticas.

Según Jorge Aguilera en su estudio “Dimensionado de sistemas fotovoltaicos Autónomos”, 2011, el procedimiento para el dimensionamiento de este tipo de es el siguiente:

- 1) Determinar las cargas a satisfacer.
- 2) Determinar la radiación incidente y el ángulo óptimo de inclinación de los módulos fotovoltaicos.
- 3) Dimensionado de la batería
- 4) Dimensionado del generador
- 5) Dimensionado del regulador
- 6) Dimensionado del inversor
- 7) Dimensionado del cableado

### 10.1.1. Determinar las cargas a satisfacer.

En primer lugar, se recomienda calcular un estimado del consumo de energía eléctrica diaria de las viviendas de los habitantes de la vereda El Blanquecino, La Argentina (Huila).

A continuación, se presenta la tabla del consumo de energía eléctrica de acuerdo con los aparatos eléctricos de corriente alterna o continua más comunes en una vivienda familiar rural de 4 personas:

**Tabla 6 Consumo eléctrico de una vivienda familiar**

Descripción	Potencia eléctrica (watts)	Cantidad	Horas diarias	Consumo diario (Wh)	Consumo diario (Kw*h/día)
Bombillo led (DC)	20	4	5	400	0,4
Televisión (AC)	100	1	5	500	0,5
Nevera (AC)	400	1	8	3200	3,2
Licuada (AC)	350	1	0,25	87,5	0,0875
Grabadora-radio (AC)	40	1	2	80	0,08
Ventilador (AC)	70	1	6	420	0,42
Plancha (AC)	1000	1	0,2	200	0,2
Cargador de celulares (AC)	5	2	1	10	0,01

**Fuente: Autoría propia**

Una vez identificados los aparatos electrónicos, se procede a realizar los cálculos de la energía de consumo tanto alterna como continua, mediante las siguientes expresiones:

$$E_{AC} = \sum P_i (AC) \cdot t_{di} \quad (1)$$

$$E_{DC} = \sum P_i (DC) \cdot t_{di} \quad (2)$$

En donde:

$E_{AC}$ : Energía consumida en AC (Wh)

$E_{DC}$ : Energía consumida en DC (Wh)

$P_i$ : Potencia Nominal (W)

$t_{di}$ : Tiempo diario de uso (h)

En este caso, los resultados son:

$E_{AC}$ : 4497.5 Wh

$E_{DC}$ : 400 Wh

Debemos también tener en cuenta los rendimientos de las etapas existentes aplicando la siguiente expresión:

$$E_T = \frac{E_{DC}}{n_{BAT}} + \frac{E_{AC}}{(n_{BAT} * n_{INV})} \quad (3)$$

Dónde:

$E_T$ : Energía real requerida por el sistema (consumo) (Wh/día)

$n_{Bat}$  : Rendimiento de la batería

$n_{Inv}$ : Rendimiento del inversor

Generalmente, para el buen dimensionamiento, tomaremos un rendimiento de la batería de un 95% y del inversor un 90%.

$$E_T = \frac{400}{0.95} + \frac{4497.5}{0.95 * 0.9}$$

$$E_T = 5681,3 \text{ Wh/día}$$

Según Alonso Abella, la tensión (voltaje) nominal del sistema es normalmente la necesaria para las cargas más elevadas. Si predominan cargas AC, debe elegirse una tensión DC

que sea compatible con la entrada del inversor. Si las demandas de potencia más elevadas son para el consumo de aparatos DC, debe elegirse el valor de la tensión de la carga mayor. Es necesario tener en cuenta que la determinación del voltaje también determina la corriente del sistema, que es necesario mantener en unos niveles aceptables. Normalmente la corriente de cada circuito debe limitarse a 20A, con un total de 100A.

Normalmente el rendimiento de los inversores es mejor para los aparatos que funcionan a tensiones más altas, como 48 y 120V. La selección del inversor es importante e influye tanto en el coste como en el funcionamiento y la fiabilidad del sistema. En general se recomiendan tensiones de 12V para potencias menores de 1.5 kW, 24 o 48V para potencias entre 1.5 y 5 kW y 48 o 120 V para potencias mayores de 5 kW.

#### **10.1.2. Determinar la radiación incidente.**

Es importante tener en cuenta el mes con menos radiación solar, puesto se debe garantizar el funcionamiento del sistema solar fotovoltaico en las condiciones más desfavorables, además con ello se podrá garantizar que en años con mayor recurso solar se tendrá un mejor comportamiento a costa de un excedente de energía en los años más favorables.

Mediante los datos suministrados por el atlas del Ideam de Colombia, teniendo en cuenta la localización de la vereda El Blanquecino- La Argentina (Huila) se obtiene el rango de irradiación solar global mensual.

De acuerdo con las convenciones extraídas de los mapas mensuales de radiación solar global los datos son los siguientes:

**Tabla 7 Rango de Irradiación solar global mensual**

<b>Mes</b>	<b>Radiación solar (Kwh/m2)</b>
<b>Enero</b>	4-4.5
<b>Febrero</b>	4-4.5

<b>Marzo</b>	3.5-4
<b>Abril</b>	3.5-4
<b>Mayo</b>	3.5-4
<b>Junio</b>	4-4.5
<b>Julio</b>	4.5-5
<b>Agosto</b>	4-4.5
<b>Septiembre</b>	4-4.5
<b>Octubre</b>	3.5-4
<b>Noviembre</b>	3.5-4
<b>Diciembre</b>	4-4.5

**Fuente:** Altas del Ideam de Colombia. Adaptado por autora

Sin embargo, para tener mayor exactitud se utiliza la aplicación de power data access viewer de Nasa, en la cual se obtiene los datos exactos de irradiación solar en una superficie horizontal mensual de diferentes años introduciendo los valores de latitud y longitud de la zona, los cuales son 2.165 y -76.001 respectivamente, además se elige el año continuamente anterior para la revisión de la data, es decir el año 2017, de la cual se extrajeron los siguientes datos:

**Tabla 8 Irradiación solar global mensual**

<b>Mes</b>	<b>Radiación solar (Kwh/m<sup>2</sup>)</b>
<b>Enero</b>	4.01
<b>Febrero</b>	4.52
<b>Marzo</b>	<b>3.7</b>
<b>Abril</b>	4.2
<b>Mayo</b>	3.86
<b>Junio</b>	3.91
<b>Julio</b>	3.84
<b>Agosto</b>	4.09
<b>Septiembre</b>	4.6
<b>Octubre</b>	3.71
<b>Noviembre</b>	4.01
<b>Diciembre</b>	4.16

**Fuente:** Power Data access viewer – Nasa

De acuerdo a los datos obtenidos, se aplica el criterio del mes crítico, por ende, se debe diseñar de acuerdo con el mes de **Marzo**, el cual tiene un promedio diario de **3.7 Kwh/m<sup>2</sup>**.

El módulo fotovoltaico deberá contar con una orientación e inclinación particularmente adaptadas al lugar y a la aplicación. Nuevamente, la orientación siempre será hacia el Sur en el hemisferio Norte y hacia el Norte en el hemisferio Sur. Sin embargo, la inclinación depende ahora, no sólo de la latitud sino también del perfil del consumo.

Según Perpiñán (2012) para instalaciones con consumos constantes o similares a lo largo del año, el objetivo es maximizar la radiación en los meses de menor radiación y por tanto la inclinación debe ser:

$$\beta = |\varnothing| + 10 \quad (4)$$

Donde  $\varnothing$  es la latitud del lugar.

Para instalaciones con consumo menor en los meses de baja radiación se busca maximizar la radiación en los equinoccios, por lo tanto:

$$\beta = |\varnothing| \quad (5)$$

Finalmente, para instalaciones con uso predominante en verano conviene emplear un ángulo inferior a la latitud:

$$\beta = |\varnothing| - 10 \quad (6)$$

En nuestro caso, utilizaremos la primera ecuación puesto que dimensionaremos en los casos más desfavorables para garantizar la energía eléctrica todos los meses y además de esto las condiciones de consumo eléctrico de las viviendas se asumen constantes durante todo el año.

En nuestro caso, el ángulo óptimo de inclinación de los módulos fotovoltaicos es

$$\beta = |\varnothing| + 10^\circ = 12.165^\circ$$

El cual se aproxima a  $12^\circ$

Y la orientación de los módulos fotovoltaicos es hacia el sur.

### 10.1.3 Dimensionado de la batería.

De acuerdo con Aguilera (2011), para definir el tamaño de la batería, se deberán tener en cuenta los siguientes parámetros:

- Máxima Profundidad de Descarga ( $Pd$ ): es el nivel máximo de descarga que se le permite a la batería antes de la desconexión del regulador, para proteger la duración de la misma. La cual se asume un 60% de profundidad de descarga.

- Días de Autonomía ( $N$ ): es el número de días consecutivos que, en ausencia de sol el sistema de acumulación es capaz de atender el consumo, sin sobrepasar la profundidad máxima de descarga de la batería. Los días de autonomía posibles, dependen entre otros factores del tipo de instalación y de las condiciones climáticas del lugar. La cual es nuestro caso será equivalente a 3 días de autonomía.

La capacidad de las baterías es la cantidad de energía que debe ser capaz de almacenar, para asegurar los días de autonomía.

Para dimensionar las baterías se halla la capacidad útil necesaria  $Cu$  con base en la energía total necesaria diariamente  $E$ , y el número de días de autonomía estimado  $N$ .

$$Cu = N * E \quad (7)$$

$$Cu = 5681,3 * 3 = 17043.86 \text{ Wh}$$

Como la tensión del sistema  $Vs$  será de 24V, es posible obtener  $Cu$  en Ah de la siguiente manera:

$$Cu (Ah) = \frac{Cu}{Vs} \quad (8)$$

$$Cu (Ah) = \frac{17043.86}{24v} = 710.1 \text{ Ah}$$

La capacidad nominal de la batería  $C_n$  será igual al cociente entre  $C_u$  y la máxima profundidad de descarga admisible  $P_d$ , por lo tanto:

$$C_n = \frac{C_u}{P_d} \quad (9)$$

$$C_n = \frac{710.1}{0.6} = 1183.6 \text{ Ah}$$

La batería se elegirá de forma que se aproxime al valor de capacidad nominal  $C_n$  calculado. Igualmente se tenderá a elegir la batería redondeando el valor  $C_n$  por exceso para obtener mejor margen de seguridad, es decir 1184 Ah.

El número de baterías conectadas en serie ( $N_{bs}$ ) viene determinado por el cociente entre el voltaje nominal de las cargas del consumo y el voltaje nominal de la batería.

El número de baterías conectadas en paralelo ( $N_{bp}$ ) viene determinado por el cociente entre la capacidad necesaria de batería y la capacidad nominal de una sola batería.

$$N_{bp} = \frac{\text{Capacidad necesaria de la batería } C_n}{\text{Capacidad de la batería } C_b} \quad (10)$$

$$N_{bs} = \frac{\text{Voltaje nominal del sistema}}{\text{Voltaje de la batería}} \quad (11)$$

Eligiendo una batería con las siguientes especificaciones: Capacidad de 820 Ah y tensión de 6 voltios, daría lugar al siguiente diseño:

$$N_{bp} = 1184 \text{ Ah} / 820 \text{ Ah} = 1,46 = 2$$

$$N_{bs} = 24 \text{ v} / 6 \text{ v} = 4$$

Se aproxima el número de baterías en paralelo a 2 por efectos de cumplir con la capacidad requerida por el sistema. Por lo tanto, se necesitan 4 baterías de 820 Ah conectadas en paralelo; y por otra parte, debido a la tensión de las baterías disponibles será necesario conectar 4 baterías en serie para conseguir que el sistema funcione a 24 voltios. Así, se deberán emplear 8 baterías de 820 Ah conectando 2 ramas en paralelo de 4 baterías en serie.



Los anteriores parámetros son características de la batería ***Rolls 6 cs25ps -6v 1156 Ah***  
**@C100**

#### **10.1.4. Dimensionado del generador.**

El número total de módulos fotovoltaicos que se deben instalar se puede calcular a partir de la siguiente expresión:

$$N_T = E_T / (P_p * G_{m\beta} * P_G) \quad (12)$$

$E_T$ : Energía real requerida (Wh)

$P_p$ : Potencia Pico del Módulo (W / kW / m<sup>2</sup>)

$G_{m\beta}$ : Radiación Global sobre una superficie inclinada un ángulo  $\beta$  (kWh / m<sup>2</sup>)

$P_G$ : Factor Global de Pérdidas (suele variar entre 0.65 y 0.9)

Para dimensionar los módulos fotovoltaicos, primero se debe hallar la radiación global sobre la superficie inclinada al ángulo  $\beta$  de 12° anteriormente indicado, para lo cual se debe utilizar un factor de corrección K de acuerdo con la latitud del lugar, la cual corresponde a 2,165° se utilizan las tablas de latitud a 2°

**Ilustración 113 Factor de corrección  $k$  para superficies inclinadas**

**Latitud = 2°**

Inc	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1.02	1.01	1	.98	.97	.96	.97	.98	1	1.02	1.02	1.03
10	1.04	1.02	.99	.96	.93	.92	.93	.96	.99	1.02	1.04	1.05
15	1.05	1.02	.98	.93	.89	.87	.89	.93	.98	1.02	1.05	1.06
20	1.05	1.01	.96	.89	.84	.82	.84	.89	.96	1.02	1.06	1.07
25	1.04	1	.93	.85	.79	.76	.78	.84	.93	1.01	1.06	1.07
30	1.03	.98	.9	.8	.73	.69	.72	.8	.89	.99	1.05	1.06
35	1.02	.95	.86	.75	.66	.62	.65	.74	.85	.96	1.03	1.05
40	.99	.92	.81	.69	.59	.55	.58	.68	.81	.93	1.01	1.03
45	.96	.88	.77	.63	.52	.47	.51	.62	.75	.89	.98	1
50	.93	.84	.71	.57	.45	.39	.43	.55	.7	.84	.94	.97
55	.89	.79	.65	.5	.37	.31	.35	.48	.64	.79	.9	.93
60	.84	.74	.59	.42	.29	.23	.27	.4	.57	.74	.85	.88
65	.79	.68	.53	.35	.2	.14	.19	.32	.5	.68	.8	.84
70	.73	.62	.46	.27	.13	.12	.11	.24	.43	.61	.74	.78
75	.67	.56	.39	.19	.12	.11	.11	.16	.36	.55	.68	.72

**Fuente: “Tablas: Factor de corrección de  $k$  para superficies inclinadas”, s.f.**

Interpolando los valores de la tabla para encontrar el respectivo valor de  $k$  al ángulo de 12.2°, da como resultado 0,986

Por lo tanto, la radiación solar del mes más crítico sobre una superficie inclinada a un de ángulo de 12°, es igual a:

$$G_m = 3,7 * 0,986 = 3,65$$

Considerando la potencia pico del módulo  $P_p$  250 Watts de 24 voltios se determinó el número de paneles necesarios mediante la expresión:

$$N_T = 5681,3 / (250 * 3.65 * 0.9)$$

$$N_T = 6,92 = 7$$

Según Aguilera (2011), conociendo el número de total de paneles que forman el generador fotovoltaico y la tensión nominal de la instalación, se puede determinar si es necesario agrupar los módulos en serie y en paralelo. El número de módulos que habrá que conectar en serie, se calcula así:

$$N_s = V_s / V_m \quad (13)$$

$$N_s = 24 \text{ V} / 24 \text{ V}$$

$$N_s = 1$$

Donde:

$N_s$ : número de módulos en serie por rama

$V_s$ : tensión nominal del sistema (V)

$V_m$ : tensión nominal de los módulos (V)

Y el número de ramas en paralelo a conectar para suministra la potencia necesaria, viene dado por:

$$N_p = N_T / N_s \quad (14)$$

$$N_p = 7/1$$

$$N_p = 7$$

Por lo tanto, se necesitan 7 paneles solar en paralelo.

El generador fotovoltaico que cumple con las condiciones previamente dichas es **SIMAX 156 SP660 -250w**, el cual es de tipo policristalino.

### **10.1.5 Dimensionado del Regulador.**

A la hora de dimensionar un regulador, el objetivo principal es obtener la corriente máxima que va a circular por la instalación. Por lo tanto, se habrá de calcular la corriente que

produce el generador, la corriente que consume la carga, es decir, la corriente de salida, y la máxima de estas dos corrientes será la que deba soportar el regulador en funcionamiento.

La corriente de corte a la que debe actuar el regulador será fijada en el propio dispositivo, pero ha de soportar la máxima posible que la instalación pueda producir.

#### Ilustración 124 Características eléctricas del módulo fotovoltaico

Parameters	SP660-230		SP660-235		SP660-240		SP660-245		SP660-250	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Peak power [Wp] $P_{mpp}$	230W	163W	235W	163W	240W	170W	245W	176W	250W	182W
Open circuit voltage [V] $V_{oc}$	36.6	34.0	37.2	34.1	37.2	34.2	37.2	34.3	37.8	34.4
Maximum Power Voltage [V] ( $V_{mpp}$ )	29.5	27.0	30.0	27.1	30.0	27.1	30.0	27.2	30.5	27.3
Maximum Power Current [A] ( $I_{mpp}$ )	7.80	6.04	7.83	6.17	8.00	6.28	8.17	6.41	8.20	6.52
Short circuit Current [A] ( $I_{sc}$ )	8.42	6.47	8.46	6.59	8.65	6.71	8.74	6.83	8.85	6.97
Power Tolerance	0~+3%		0~+3%		0~+3%		0~+3%		0~+3%	
Module Efficiency (%)	14.3%		14.5%		14.8%		15.2%		15.5%	

STC: Irradiance : 1000 W/m<sup>2</sup>; Spectrum AM 1.5; Cell temperature: 25°C; Wind 0 m/s  
 NOCT: Irradiance: 800W/m<sup>2</sup>; Spectrum AM 1.5; ambient temperature 20 °C, wind speed 1 m/s

**Fuente: Directorio de paneles solares ENF, s.f.**

La intensidad de corriente que produce el generador es la suma de las intensidades que producen los módulos funcionando a pleno rendimiento:

$$IG = 1.2 * I_{mpp} * N_p \quad (15)$$

Siendo

IG: Corriente producida por el generador (A)

$I_{mpp}$ : Corriente producida por cada rama en paralelo del generador (A)

$N_p$ : Número de ramas en paralelo del generador

$$IG = 1.2 * 8.20 A * 7$$

$$IG = 68.9 A$$

**Para el cálculo de la corriente de salida** hemos de valorar las potencias de las cargas **DC** y las cargas **AC**:

$$I_{salida} = \frac{1,2 * (P_{DC} + \frac{P_{AC}}{\eta_{inv}})}{V_{BAT}} \quad (16)$$

Donde:

I salida: Corriente que consume la carga (A)

P<sub>DC</sub>: Potencia de las cargas en DC (W)

V<sub>bat</sub>: Tensión nominal de la batería (V)

P<sub>AC</sub>: Potencia de las cargas en AC (W)

η<sub>inv</sub> = rendimiento del inversor

$$I_{salida} = \frac{1,2 * (20 + \frac{1965}{0.9})}{24} = 110 A$$

De estas dos corrientes, la máxima de ambas será la que el regulador deberá soportar, y será la que se utilice para su elección.

$$I_R = \max (I_G, I_{SALIDA}) \quad (17)$$

$$I_R = \max (68.9, 110.1)$$

$$I_R = \mathbf{110 A}$$

El regulador deberá tener una capacidad mínima de 110 A.

### 10.1.6. Dimensionado del inversor

Las características de funcionamiento que definen un inversor o convertidor DC –AC son:

- Potencia Nominal (kW)
- Tensión Nominal de Entrada (V)
- Tensión Nominal de Salida (V)
- Frecuencia de operación (Hz)
- Rendimiento (%)

A la hora de dimensionar el inversor se tendrá en cuenta la potencia que demanda la carga AC, de forma que se elegirá un inversor cuya potencia nominal sea algo superior a la máxima demandada por la carga. Sin embargo, se debe evitar el sobredimensionamiento del inversor para tratar de hacerlo trabajar en la zona donde presenta mejores eficiencias.

Se puede resumir la potencia del inversor con esta expresión

$$P_{inv} = \frac{P_{AC}}{n_{inv}} \quad (18)$$

Tensión nominal de entrada:  $V_s = 24V$ .

Tensión nominal y frecuencia de salida:  $V_{ac} = 110V_{ac}$  a 60Hz

Estas son la tensión y la frecuencia nominales en Colombia y por tal razón, todas las cargas funcionan con estas características.

Esta tensión fue la seleccionada para el dimensionamiento del sistema.

Rendimiento del inversor = 90%

$$P_{inv} = 1965W/0.9$$

$$P_{inv} = 2183.3 W$$

Por ende, el inversor debe de tener una potencia mínima de 2183.3 Watts.

El inversor que cumple con las características es el ***IBC ServeMaster 1650MV***.

### **10.1.7. Dimensionamiento del cableado.**

El dimensionamiento del cableado se realiza en función a la forma como están distribuidas las cargas y la ubicación de los equipos, tratando de encontrar la ruta más corta para reducir las pérdidas por longitud del cableado.

Hay que diferenciar entre la tensión que alimenta al circuito de corriente continua y el de corriente alterna.

#### **Dimensionado de los conductores de las líneas de corriente continúa**

Las secciones de los conductores deben ser tales que las caídas de tensión en ellos sean inferiores al 3 % entre el generador fotovoltaico y el regulador de carga, inferiores al 1 % entre la batería y el regulador de carga, e inferiores al 5 % entre el regulador de carga y las cargas.

**Fuente:** el ministerio de Energía y Minas - dirección general de electricidad. Ecuación para el dimensionamiento de la sección de conductor.

### **10.2. Simulación del dimensionamiento del sistema fotovoltaico autónomo.**

La verificación del dimensionamiento del sistema solar fotovoltaico autónomo se ha hecho mediante en el programa PVsol, el cual simula y permite ver el comportamiento del sistema bajo diferentes condiciones y, en base a los resultados, tomar las medidas pertinentes.

Antes de simular el sistema es necesario ingresar en el en el programa los datos climatológicos del emplazamiento, ingresar un perfil de cargas, seleccionar la topología del sistema e introducir los equipos que se deben usar.

Primer paso: Ingreso de los datos generales del proyecto.

## Ilustración 135 Datos generales del proyecto

The screenshot displays the PvSol 2018 software interface. The main window is titled "PvSOL 2018 (R9) Versión de prueba - [sistema fotovoltaico vereda el blanquecino.pvprj]". The interface is divided into several sections:

- Datos del proyecto:** Includes fields for "Número de oferta", "Autor" (filled with "tatiana ortz"), "Puesta en marcha" (26/11/2018), "Nombre del proyecto" (sistema fotovoltaico vereda el blanquecino), and "Representación del proyecto" (empty text area).
- Datos del cliente:** Includes fields for "Número de cliente", "Persona de contacto", "Empresa", "Teléfono", "Fax", "E-mail", and "Dirección".
- Descripción del proyecto:** A text area for project description.
- Dirección de la instalación:** A text area for the installation address.
- Summary Sidebar (Derecha):** Provides a quick overview of project data, including:
  - Datos del proyecto:** Nombre del proy..., Número de oferta, Autor, Puesta en marcha.
  - Tipo de instalación, clima y red:** Tipo de instalación (Sistema FV autónomo), Datos climáticos (blanquecino, COL), Resolución de los... (1 h), Red de CA (110 V, 1-fásico, cos φ = 1).
  - Consumo:** Consumo total (1787 kWh), Pico de carga (0,5 kW), Resolución de los... (1 h).
  - Módulos FV:** Superficie fotovolta..., Datos del módulo (SP660-250), Fabricante (Simax Green New Ener...), Número de módulos (7), Potencia generad... (1,75 kWp), Incl. de los mód... (2°), Orientación (180°), Situación de mon... (Sobre soportes - superf...).
  - Inversores:** Superficie fotovolta..., 1 x Inversor 1 (IBC ServeMaster 1650MV), Fabricante (IBC Solar AG).

Fuente: Simulador PvSol - Autoría propia

Segundo paso: Definir el tipo de instalación, es decir si es un sistema fotovoltaico autónomo o conectado a la red; el clima el cual lo genera el software mediante las coordenadas geográficas del sitio, en este caso la vereda El Blanquecino.



## Ilustración 146 Definición de tipo de instalación, clima y red

**Tipo de instalación, clima y red**

Tipo de instalación: Sistema FV autónomo

Datos climáticos:

País		Ubicación	
Colombia		blanquecino	
Latitud	2° 9' 54" (2,16°)	Suma anual de irradiación global	1742 kWh/m <sup>2</sup>
Longitud	-75° 59' 42" (-76°)		
Huso horario	UTC-5	Media anual de temperatura	14,3 °C
Periodo de tiempo	1991 - 2010		
Resolución	Por hora		

Red de CA:

Tensión (N+L)	110 V
Número de fases	1-fásico
cos φ	1

Datos del proyecto:

- Nombre del proy... sistema fotovoltaico ve...
- Número de oferta 26/11/2018
- Autor tatiana ortíz
- Puesta en marcha 26/11/2018

Tipo de instalación, clima y red:

- Tipo de instalación Sistema FV autónomo
- Datos climáticos blanquecino, COL
- Resolución de los... 1 h
- Red de CA 110 V, 1-fásico, cos φ = 1

Consumo:

- Consumo total 1787 kWh
- Pico de carga 0,5 kW
- Resolución de los... 1 h

Módulos FV:

- Superficie fotovol... SP660-250
- Datos del módulo Simax Green New Ener...
- Fabricante Simax Green New Ener...
- Número de módulos 7
- Potencia generad... 1,75 kWp
- Inclin. de los mód... 2°
- Orientación 180°
- Situación de mon... Sobre soportes - superf...

Inversores:

- Superficie fotovol... IBC ServeMaster 1650MW
- 1 x Inversor 1 IBC Solar AG
- Fabricante IBC Solar AG
- Conexión MPP 1:
- 1 x 7

Fuente: Simulador PvSol - Autoría propia

Tercer paso: Definir las cargas eléctricas individualmente en donde se incluye en cada una el funcionamiento, la potencia y los periodos en que se activará.

## Ilustración 157 Creación del perfil de carga eléctrica

Definición de la carga eléctrica por consumidores individuales

Bombilla (habitación oscur...)	132.3 kWh	nevera	636.0 kWh
Bombilla (habitación oscur...)	132.3 kWh		
Bombilla (habitación oscur...)	132.3 kWh		
Bombilla (habitación oscur...)	132.3 kWh		
Radio (uso frecuente)	184.6 kWh		
Televisión (uso frecuente)	175.2 kWh		
ventilador	153.3 kWh		
plancha	73.0 kWh		
cargador de celular	3.7 kWh		
licuadora	31.9 kWh		

Demanda de energía anual total: 1,787 kWh

Valor horario máximo: 525 W

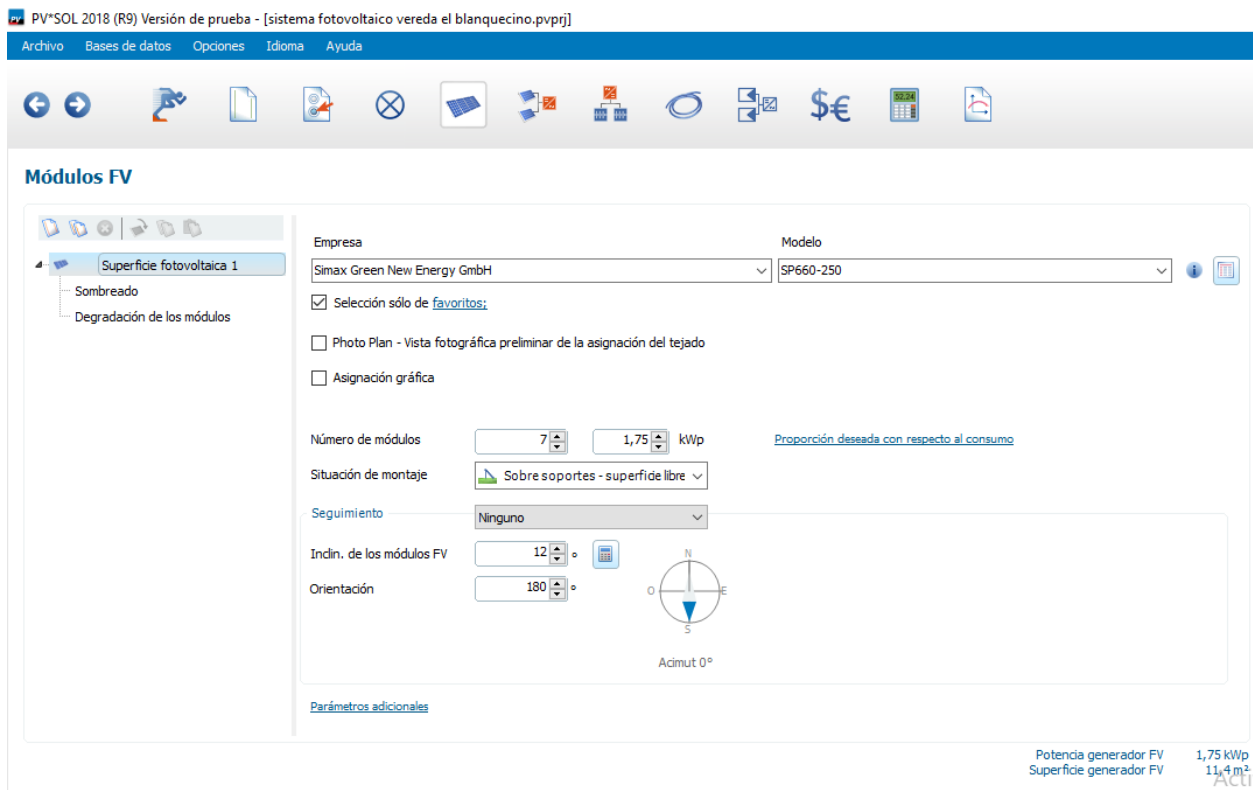
Botones: Nuevo, Cargar, Borrar, Cerrar

Fuente: Simulador PvSol - Autoría propia

De acuerdo con nuestro proyecto se han ingresado once cargas con comportamientos variados, con los cuales el programa puede definir un perfil de carga y calcular tanto la potencia pico consumido puntualmente como el total de la energía consumida después de todo el año.

Cuarto paso: Selección del generador fotovoltaico a emplear que cumpla con los parámetros definidos previamente en el dimensionamiento. Aquí se hace la selección del panel, la orientación e inclinación del campo fotovoltaico, el número de paneles y el tipo de interconexión entre ellos.

### Ilustración 168 Definición del generador fotovoltaico



**Fuente: Simulador PvSol - Autoría propia**

Quinto paso: Selección del inversor a utilizar que cumpla con los parámetros del diseño, en este caso fue el IBC ServerMaster 1650MV, el cual fue aceptado correctamente por el programa.

## Ilustración 1917 Selección del inversor

**Fuente: Simulador PvSol - Autoría propia**

Sexto paso: Selección de la batería de acuerdo con los resultados del dimensionamiento y el número de baterías a emplear, así como el inversor de batería que en este caso cumple también con la función de regulador de carga.

## Ilustración 180 Selección de la batería

PV\*SOL 2018 (R9) Versión de prueba - [sistema fotovoltaico vereda el blanquecino.pvprj]

Archivo Bases de datos Opciones Idioma Ayuda

**Inversor de baterías y batería**

Configuración del sistema  
Cluster 1

Inversor de baterías 1 x Sunny Island 5048U **Seleccionar**

Batería 8 x 6 CS 25PS - 6V 1156Ah @ **Seleccionar**

Número de baterías en serie 8

Número de líneas 1

Energía de la batería [kWh] 31,94 (665,34 Ah)

Tensión de la batería [V] 48

[Funcionamiento en modo ahorro de](#)

**Información**

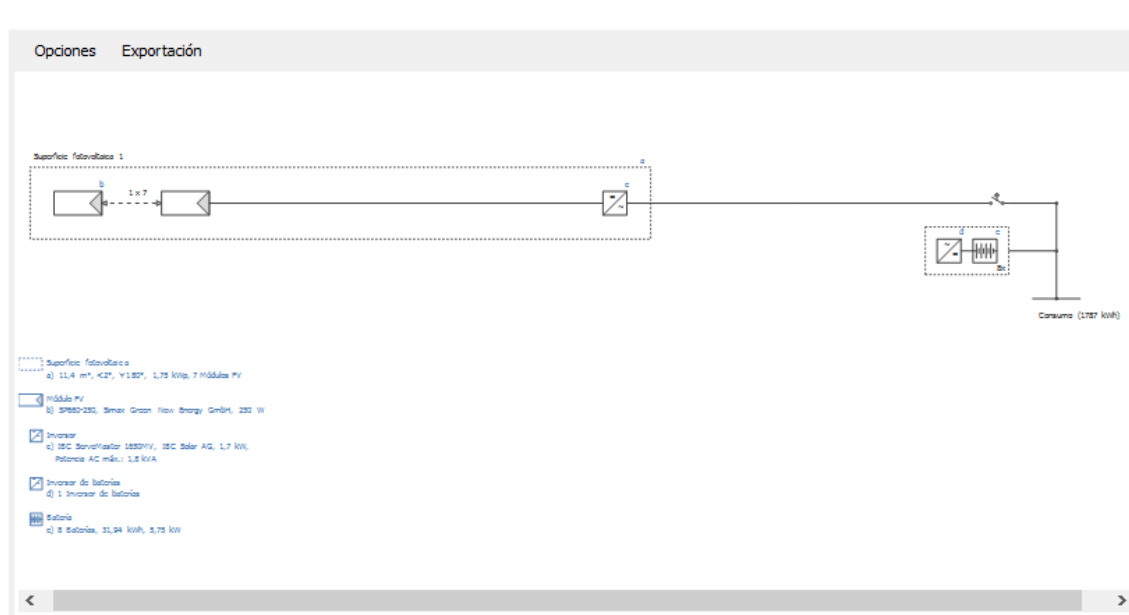
Potencia total 5,8 kW Potencia total [kW] 5,75

Tiempo d'autonomía 5,2 días Energía total de la batería [kWh] 31,94 (665,34 Ah)

**Fuente: Simulador PvSol - Autoría propia**

Séptimo paso: El simulador muestra el esquema eléctrico de la instalación fotovoltaica con todos equipos implementados.

## Ilustración 191 Esquema eléctrico

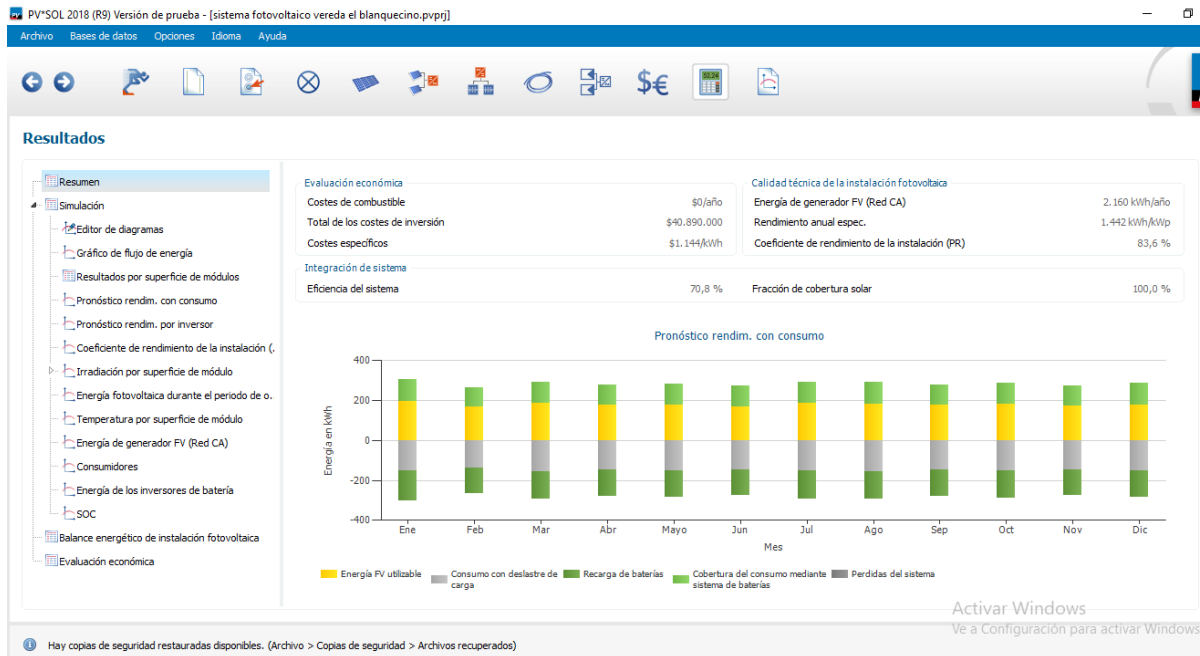


**Fuente: Simulador PvSol – autoría propia**

Octavo paso: El simulador también realiza la evaluación económica del proyecto, en cual se deben ingresar los valores de cada equipo del sistema fotovoltaico como también los costes de cableado, de trabajo y otros que se derivan del proyecto. Los precios de los equipos son obtenidos de internet.



## Ilustración 213 Resumen de la simulación



Fuente: Simulador PvSol – autoría propia

## Ilustración 224 Resultados de la simulación

PV SOL 2018 (R9) Versión de prueba - [sistema fotovoltaico vereda el blanquecino.pvprj]

Archivo Bases de datos Opciones Idioma Ayuda

**Resultados**

- Resumen
- Simulación**
  - Editor de diagramas
  - Gráfico de flujo de energía
  - Resultados por superficie de módulos
  - Pronóstico rendim. con consumo
  - Pronóstico rendim. por inversor
  - Coefficiente de rendimiento de la instalación (
  - Irradiación por superficie de módulo
  - Energía fotovoltaica durante el periodo de o.
  - Temperatura por superficie de módulo
  - Energía de generador FV (Red CA)
  - Consumidores
  - Energía de los inversores de batería
  - SOC
- Balance energético de instalación fotovoltaica
- Evaluación económica

**Instalación FV**

Potencia generador FV	1,8 kWp
Rendimiento anual espec.	1.442,30 kWh/kWp
Coefficiente de rendimiento de la instalación (PR)	83,6 %
Máxima energía fotovoltaica posible	2.524 kWh/año
Energía FV utilizable	2.160 kWh/año
Cobertura del consumo	538 kWh/año
Carga de baterías	1.622 kWh/año

**Consumidores**

Consumo	1.787 kWh/año
Consumo con deslastre de carga	1.787 kWh/año
Consumo Standby (Inversor)	8 kWh/año
Pérdida de cables	0 kWh/año
Consumo total	1.795 kWh/año
cubierto mediante energía fotovoltaica	538 kWh/año
cubierto mediante batería	1.257 kWh/año
Fracción de cobertura solar	100,0 %

**Instalación de batería**

Recarga de baterías	1.622 kWh/año
Cobertura del consumo mediante sistema de baterías	1.257 kWh/año
Pérdidas debido a la carga/descarga	0 kWh/año


Fuente: Simulador PvSol – autoría propia



## Ilustración 235 Resultados de la simulación 2

PV\*SOL 2018 (R9) Versión de prueba - [sistema fotovoltaico vereda el blanquecino.pvprj]

Archivo Bases de datos Opciones Idioma Ayuda



### Resultados

- Resumen
- Simulación**
  - Editor de diagramas
  - Gráfico de flujo de energía
  - Resultados por superficie de módulos
  - Pronóstico rendim. con consumo
  - Pronóstico rendim. por inversor
  - Coefficiente de rendimiento de la instalación (.
  - Irradiación por superficie de módulo
  - Energía fotovoltaica durante el periodo de o..
  - Temperatura por superficie de módulo
  - Energía de generador FV (Red CA)
  - Consumidores
  - Energía de los inversores de batería
  - SOC
- Balance energético de instalación fotovoltaica
- Evaluación económica

Carga de baterías	1.622 kWh/año
<b>Consumidores</b>	
Consumo	1.787 kWh/año
Consumo con deslastre de carga	1.787 kWh/año
Consumo Standby (Inversor)	8 kWh/año
Pérdida de cables	0 kWh/año
Consumo total	1.795 kWh/año
cubierto mediante energía fotovoltaica	538 kWh/año
cubierto mediante batería	1.257 kWh/año
Fracción de cobertura solar	100,0 %
<b>Instalación de batería</b>	
Recarga de baterías	1.622 kWh/año
Cobertura del consumo mediante sistema de baterías	1.257 kWh/año
Pérdidas debido a la carga/descarga	0 kWh/año
Pérdidas en batería	0 kWh/año
Carga de cidos 1	1,3 %
Vida útil 1	>12 Años
<b>Sistema completo</b>	
Eficiencia del sistema	70,8 %
Emisiones de CO <sub>2</sub> evitadas	1.072 kg / año

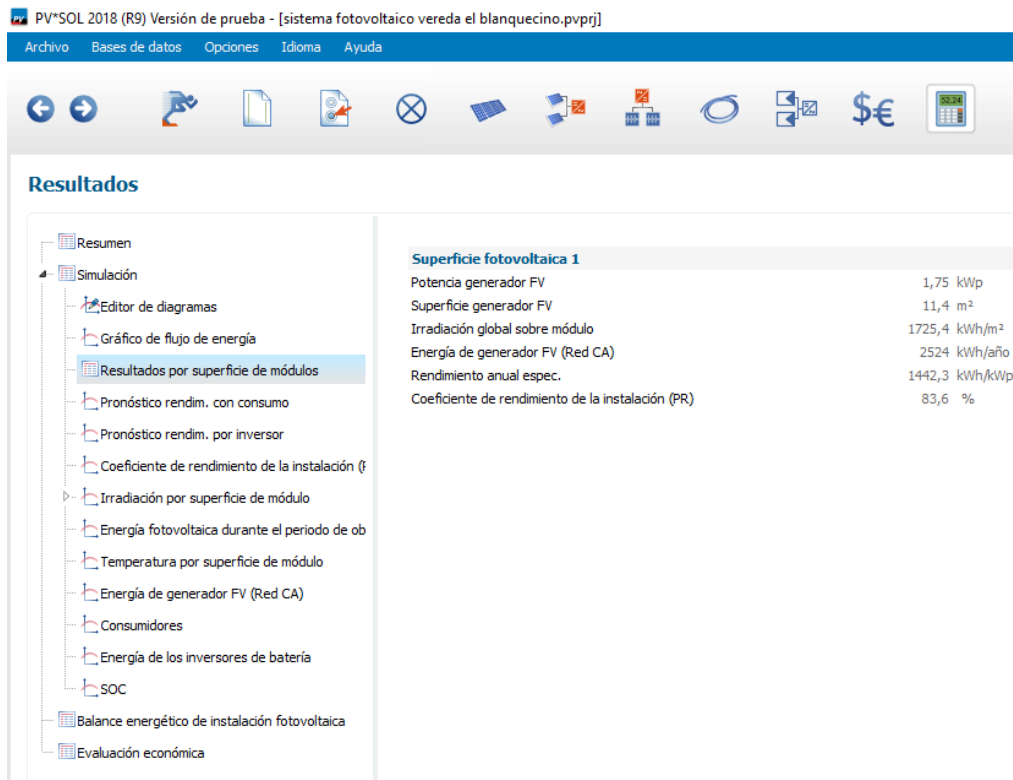
Hay copias de seguridad restauradas disponibles. (Archivo > Copias de seguridad > Archivos recuperados)

Fuente: Simulador PvSol – autoría propia

## Ilustración 246 Resultados por superficie de módulos

PV\*SOL 2018 (R9) Versión de prueba - [sistema fotovoltaico vereda el blanquecino.pvprj]

Archivo Bases de datos Opciones Idioma Ayuda




Superficie fotovoltaica 1	
Potencia generador FV	1,75 kWp
Superficie generador FV	11,4 m <sup>2</sup>
Irradiación global sobre módulo	1725,4 kWh/m <sup>2</sup>
Energía de generador FV (Red CA)	2524 kWh/año
Rendimiento anual espec.	1442,3 kWh/kWp
Coefficiente de rendimiento de la instalación (PR)	83,6 %

Fuente: Simulador PvSol – autoría propia

## Ilustración 257 Resultados de la evaluación económica

PV\*SOL 2018 (R9) Versión de prueba - [sistema fotovoltaico vereda el blanquecino.pvprj]

Archivo Bases de datos Opciones Idioma Ayuda



### Resultados

- Resumen
- Simulación
  - Editor de diagramas
  - Gráfico de flujo de energía
  - Resultados por superficie de módulos
  - Pronóstico rendim. con consumo
  - Pronóstico rendim. por inversor
  - Coefficiente de rendimiento de la instalación (
  - Irradiación por superficie de módulo
  - Energía fotovoltaica durante el periodo de o..
  - Temperatura por superficie de módulo
  - Energía de generador FV (Red CA)
  - Consumidores
  - Energía de los inversores de batería
  - SOC
- Balance energético de instalación fotovoltaica
- Evaluación económica

Datos del sistema	
Periodo de consideración	20 Años
Número de componentes de instalación	
Número de módulos FV	7
Número de inversores	1
Número de inversores de baterías	1
Número de baterías	8
Análisis de rentabilidad	
Total de los costes de inversión	40890000 \$
Costes específicos	1144.1 \$/kWh

Hay copias de seguridad restauradas disponibles. (Archivo > Copias de seguridad > Archivos recuperados)

Fuente: Simulador PvSol – autoría propia

### 10.3. Análisis de los posibles impactos de la implementación del sistema solar fotovoltaico autónomo en la vereda El Blanquecino (La Argentina, Huila)

#### 10.3.1 Impactos ambientales.

En la siguiente tabla se analizarán los impactos ambientales, teniendo en cuenta el tipo, nivel, calificación del impacto, así como las medidas de mitigación.

**Tabla 9 Impactos ambientales**

<b>Impacto</b>	<b>Tipo de impacto</b>	<b>Nivel de impacto</b>	<b>Calificación del impacto</b>	<b>Medidas de mitigación</b>
Agotamiento de recursos naturales	Negativo	Local	Medio	Contar con un programa de compras responsables con el medio ambiente en donde los distribuidores que proveen los materiales sean obtenidos de organizaciones con programas de sostenibilidad
Generación de conciencia ambiental	Positivo	Local	Alto	n/a
Reducción de afectación al medio ambiente	Positivo	Local	Alto	n/a
Reducción de consumo de energía	Positivo	Local	Alto	n/a
Contaminación de agua, suelo y aire por la generación de residuos tipo RESPEL durante la implementación, mantenimiento de los sistemas fotovoltaico	Negativo	Regional	Alto	Contar con prácticas de cambio de acumuladores por medio de los proveedores el cual deben hacer uso de los programas de posconsumo, por otra parte, como alternativas se puede implementar acciones de reciclaje por medio de empresas con licencias ambientales Contar con un programa de gestión de residuos durante el proyecto de implementación

**Fuente: Autora**

Además de ello, se puede observar en la simulación que con este sistema se evitan 1072 Kg de CO<sub>2</sub> por año, lo cual también es un efecto positivo de este sistema energético.

### **10.3.2. Impactos sociales:**

Educación: Los posibles impactos a nivel educativo son significantes debido a que los estudiantes podrán contar con luz para estudiar en las noches, y mayor acceso a la información debido al uso del internet, radio y televisor.

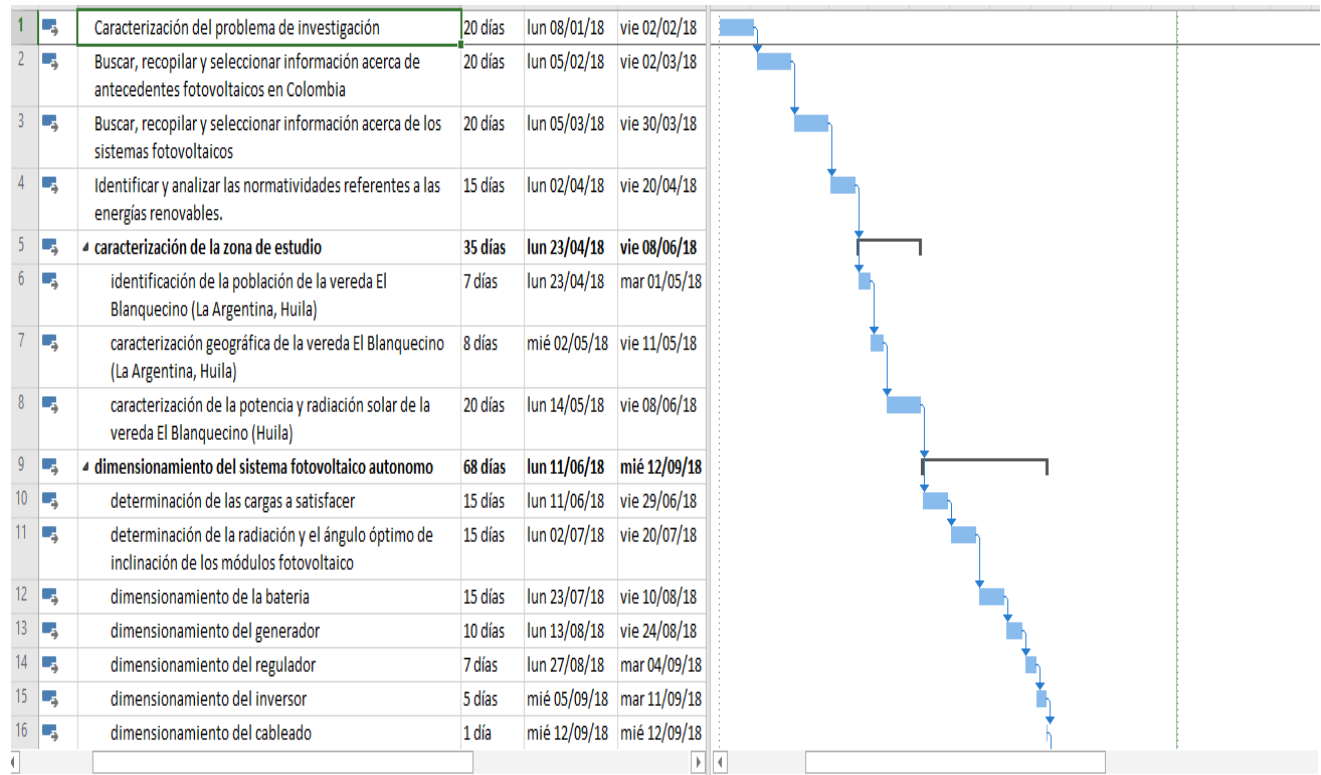
Vivienda: Sus posibles impactos son de tipo positivo debido a que con el sistema fotovoltaico obtendrán la energía requerida para desarrollar todas las actividades cotidianas y dar el uso necesario a los equipos fundamentales en el diario vivir como lo son la nevera, licuadora, cargadores de celulares, televisor y demás. En adición a ello, se aprovechará más el día debido a la luz nocturna generada por el sistema fotovoltaico.

Comunicación: La comunicación es otro aspecto de tipo positivo, debido a que permite comunicarse a través de la telefonía celular, lo que ha permite a los habitantes usar este tipo de tecnología con la implementación de los SFV en las casas, y que en forma cómoda se puedan recargar. La televisión y la radio son otras bondades de este SFV. Los habitantes de la vereda El Blanquecino acceden a la información en tiempo real y están más actualizados en todos los ámbitos.

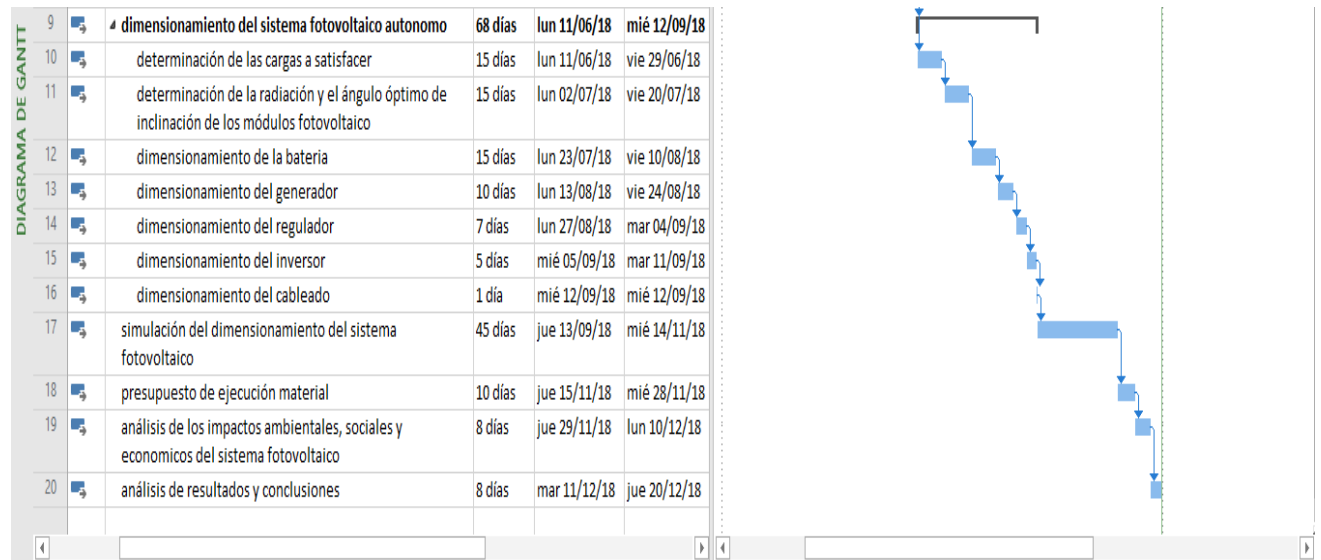
Agricultura: También tiene un efecto positivo puesto que con la energía se puede utilizar tecnologías que permitan desarrollar de manera más eficiente los cultivos.

# 11. Cronograma de actividades

## 11.1 Cronograma de la investigación



Fuente: MS Project- autora



Fuente: MS Project- autora

## 11.2. Cronograma de ejecución

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>MES 1</b>	<b>MES 2</b>	<b>MES 3</b>
<b>Compra de equipos y materiales</b>	X		
<b>Transporte de equipos</b>	X		
<b>Montaje de paneles solares</b>		X	
<b>Construcción de instalaciones eléctricas</b>		X	
<b>Montaje banco de baterías</b>			X
<b>Montaje del regulador, inversor Y cableado</b>			X
<b>Pruebas y puesta en marcha</b>			X

Fuente: MS Project- autora

## 12. Recursos necesarios para el proyecto

### 12.1 Presupuesto de ejecución material

PRESUPUESTO				
Gastos	Unidad	# Unidades	Coste unitario (pesos)	Costes (en pesos)
1. Recursos Humanos				
<b>1.1 Salarios (importes brutos, personal local)</b>				
<b>1.1.1 Ingeniero</b>	Por mes	2	\$ 3.500.000	\$8.000.000
<b>1.1.2 Personal técnico</b>	Por mes	2	\$ 1.500.000	\$3.000.000
<b>1.1.3 Personal administrativo y de apoyo (secretaria)</b>	Por mes	1	\$ 800.000	\$800.000
Subtotal Recursos Humanos				<b>\$11.800.000</b>
3. Equipos y Material				
<b>3.1 Compra o alquiler de vehículos</b>	Por vehículo	2	\$ 2.000.000	\$4.000.000
<b>3.3 Maquinaria, herramientas</b>	Kit	1	\$ 1.000.000	\$1.000.000
<b>3.6 Panel modular policristalino SP660-250 250W @ 24V</b>	Para 36 viviendas	252	\$ 700.000	\$ 176.400.000
<b>3.7 Controlador de carga Sunny Island 5048U</b>	Para 36 viviendas	36	\$ 5.000.000	\$180.000.000
<b>3.8 Batería Rolls 6 CS 25PS – 6 V 1156Ah @ C100</b>	Para 36 viviendas	288	\$ 3.500.000	\$ 1.008.000.000
<b>3.9 Inversor de corriente IBC ServeMaster 1650MV</b>	Para 36 viviendas	36	\$ 1.500.000	\$54.000.000
<b>3.10 Soporte fijo para panel solar de 250W</b>	Para 36 viviendas	252	\$ 50.000	\$12.600.000
<b>3.11 Cable dúplex 7 hilos número 14 AWG</b>	50 metros por vivienda	36	\$ 66.500	\$ 2.394.000
<b>3.12 Conector MC4 Par Macho-Hembra</b>	Para 36 viviendas	160	\$ 15.000	\$2.400.000
<b>3.13 Cuchilla de doble tiro @ 40ª</b>	Para 36 viviendas	36	\$ 40.000	\$1.440.000
<b>3.14 Interruptor de 2 polos @ 40A</b>	Para 36 viviendas	36	\$ 90.000	\$3.240.000



<b>3.15 Varilla de toma a tierra</b>	Para 36 viviendas	36	\$ 70.000	\$2.520.000
Subtotal Equipos y Material				<b>\$\$1,447,994,000</b>
7. Subtotal costes directos elegibles de la Acción (1.-6.)				<b>\$1,459,794,000</b>
<b>8. Provisión la reserva de imprevistos (máximo 5% del punto 7, subtotal de los costes directos elegibles de la Acción)</b>	Se aplica el 3%			\$43,793,820.0
9. Total de costo del proyecto				<b>\$\$1,503,587,820</b>

**Fuente: Autora**

## 12.2. Presupuesto de la investigación

<b>GASTOS</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>COSTOS UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
<b>Recursos humanos</b>			
Líder del proyecto-ejecutante (Tatiana Andrea Ortiz)	1	2.500.000	2.500.000
Asesor de proyecto	1	2.000.000	2.000.000
<b>Equipos y Software</b>			
Computadora	1	2.000.000	2.000.000
Impresora	1	1.000.000	1.000.000
Simulador PvSol	1	3.100.000	3.100.000
Microsoft office	1	180.000	180.000
<b>Materiales y suministros</b>			
Papelería	1	100.000	100.000
<b>Bibliografía</b>			
Revista de ciencia y tecnología y papers	1	100.000	100.000
<b>TOTAL</b>		<b>10.980.000</b>	<b>10.980.000</b>

Fuente: Autora

## Conclusiones

Con este proyecto se genera un estudio guía de la ejecución del sistema fotovoltaico solar, el cual ofrecería una mejor calidad de vida para esas 36 familias de la vereda El Blanquecino, lo cual no solo será para su domicilio, sino de igual forma para la aplicación en sus cultivos para los dispositivos eléctricos que se utilicen en esta área.

El estudio de las energías renovables cierra la brecha inmensa del desarrollo social de los habitantes de estas zonas.

Realizar un buen dimensionado del sistema es muy importante debido a que garantiza la generación energética requerida por las viviendas, por otra parte, se tiene que tener cuidado con el sobredimensionamiento del sistema puesto que con ello no se tienen problemas en la generación y almacenamiento eléctrico, existen límites técnicos y económicos que hacen necesario encontrar un punto de equilibrio óptimo.

Para la implementación de sistemas con paneles solares se requiere determinar una potencia promedio de energía para todas las viviendas, para con ello obtener la capacidad de suplir las necesidades básicas, es decir la demanda de consumo.

En la simulación se obtuvieron muy buenos resultados y se pudo verificar el dimensionamiento previamente realizado, pero es necesario resaltar que la radiación solar es un recurso muy variable, por lo tanto, el sistema puede tener diferente comportamiento, por esto se le recomendaría al usuario hacer un control y uso eficientes de los consumos para que así sea también más eficiente el sistema fotovoltaico.

Los costos del sistema solar fotovoltaicos especificados en el proyecto pueden variar de acuerdo con el proveedor y la marca del producto.

Los equipos seleccionados en el proyecto de investigación tienen una limitante la cual es que solo se utilizan los que el software dispone en su plataforma, por lo tanto, no se pudieron seleccionar y analizar más opciones de equipos solares.

La falta de estudios para desarrollo e inclusión de las energías limpias o renovables al sistema energético nacional no ha permitido aún, que se desarrolle la evolución de este tipo de tecnología debido a los costos y a la gran oferta de la hidroelectricidad.

Los posibles patrocinadores del proyecto de investigación son la alcaldía de La Argentina (Huila) y la gobernación del Huila, quienes son los entes encargados de garantizar los servicios públicos de los ciudadanos.

Un beneficio muy importante de los paneles solares es la inversión única inicial, la cual da cierre a los costos futuros, la energía que produce según la vida útil del sistema será completamente gratis, puede ser de 20 a 25 años, dependiendo de la calidad del sistema.

## Referencias bibliográficas

- Abad, P. & Flores, E., (2016). *Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico autónomo para reducir el consumo de combustible en la plataforma de descarga de la pesquera Exalmar-Chimbote Perú*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Santa, Perú. Recuperado de <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/2637>
- Acevedo, F. (2016) *Diseño de una instalación solar fotovoltaica con capacidad para 3 kilovatios*. (Proyecto de grado de tecnólogo). Universidad Abierta y a Distancia. Bogotá, Colombia. Recuperado de <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/10597/ANTEPROYECTO.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Aguas del Huila (s.f.). *Veredas del departamento del Huila*. Recuperado de <https://dsr.aguasdelaHuila.gov.co/?p=/Reporte&ID=e713aa94-f1b1-417f-a0dc-9feb486ee3b4>
- Aguilera, J. & Hontoria, L. (s.f.). *Dimensionado de sistemas fotovoltaicos autónomos*. Universidad de Jaén. Recuperado de <https://manuelberaun.files.wordpress.com/2011/12/dimensionado-de-sfv-autonomos.pdf>
- AGM Energías Renovables. (s.f).Trailer. Recuperado de [www.agmrenovables.com.ar](http://www.agmrenovables.com.ar)
- Bayona, E., (2012). *Atlas de aceleraciones del cuerpo humano en movimiento de carrera y trabajo en escaleras* (Tesis de pregrado) Universidad de Cantabria, España. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/233425138\\_Acceleration\\_Atlas\\_of\\_the\\_Human\\_Body\\_in\\_Running\\_and\\_Stair\\_Climbing\\_Movements](https://www.researchgate.net/publication/233425138_Acceleration_Atlas_of_the_Human_Body_in_Running_and_Stair_Climbing_Movements)

Consortio Energético Corpoema (2010). *Formulación de un plan de desarrollo para las fuentes no convencionales de energía en Colombia (PDFNCE)*. Volumen 2 – diagnóstico de las FNCE en Colombia.

Departamento Nacional de Planeación (DPN) (2016). *Proyecto Tipo - Instalación de sistemas solares fotovoltaicos individuales en zonas no interconectadas*

Directorio de paneles solares ENF. (s.f.) Recuperado de <https://es.ensolar.com/pv/panel-datasheet/crystalline/35580>

Fernández, J., (2007). *Guía completa de la energía solar fotovoltaica*, Madrid, España: Antonio Madrid Vicente

Google Maps. Aplicación de ubicación geográfica en internet. Disponible en <https://www.google.es>

Iasolar. (s.f) ¿Cómo funciona? Recuperado de <http://www.iasolar.com/productos>

Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales. (IDEAM). Mapas de radiación solar global sobre una superficie plana. Recuperado de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/019649/2-RadiacionSolar.pdf>

IPSE (2012). Energía social para la prosperidad. Recuperado de <http://www.ipse.gov.co/ipse/2-uncategorised/427-avanza-energia-social-para-la-prosperidad>

Lorenzo, E. (2006). Radiación solar y dispositivos fotovoltaicos. España: Progenisa.

La electrificación solar fotovoltaica de hogares (s.f.). Recuperado de <http://www.sitiosolar.com/la-electrificacion-solar-fotovoltaica-de-hogares/>

La Argentina Huila. (2016). Sitio oficial del municipio, Territorios. Recuperado de <http://www.laargentina-huila.gov.co/territorios.shtml?apc=bbxx-3-&x=2903052>

Normatividad SIEL. Recuperado de

<http://www.siel.gov.co/Inicio/Normatividad/tabid/65/Default.aspx>

Orellana, E. (s.f). *La experiencia en la implementación de proyectos solares fotovoltaicos en el Salvador*. Recuperado de

[http://www.cienciaytecnologia.edu.sv/eventos\\_realizados/nanotecnologia\\_2016/Ing\\_Orellana.pdf](http://www.cienciaytecnologia.edu.sv/eventos_realizados/nanotecnologia_2016/Ing_Orellana.pdf)

Perpiñán, O., (2012). *Energía solar fotovoltaica*. Recuperado de

<https://procomun.wordpress.com/documentos/libroesf/>

Plan de desarrollo “La Argentina territorio de paz y equidad social” (2016-2019). Recuperado de

<http://laargentina-huila.gov.co/apc-aa-files/30333032656461303963616332393164/plan-de-desarrollo-2016-2019.pdf>

Power Data access viewer – Nasa. Aplicación de internet. Disponible en

<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>

Rodríguez, H. (2008). Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas. *Revista de ingeniería*. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/ring/n28/n28a12.pdf>

Roldán, J. (2010). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. Madrid, España: Paraninfo. Recuperado de

[https://books.google.com.co/books?id=1c5eSuLbAL0C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.co/books?id=1c5eSuLbAL0C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)

Salazar, L.M. (2015). En zona rural de La Argentina todavía planchan con carbón. *Diario del Huila*. Recuperado de [http://www.diariodelhuila.com/regional/en-zona-rural-de-la-](http://www.diariodelhuila.com/regional/en-zona-rural-de-la-argentina-todavia-planchan-con-carbon-cdgint20151226214148150)

[argentina-todavia-planchan-con-carbon-cdgint20151226214148150](http://www.diariodelhuila.com/regional/en-zona-rural-de-la-argentina-todavia-planchan-con-carbon-cdgint20151226214148150)

Sistema de Información Eléctrico Colombiano (2016). *Consultas estadísticas*. Recuperado de <http://www.siel.gov.co/Inicio/CoberturadelSistemaInterconectadoNacional/ConsultasEstadisticas/tabid/81/Default.aspx>

Sunearthtools. "Posición Del Sol." Cálculo De La Posición Del Sol En El Cielo Para Cada Lugar En Cualquier Momento. Disponible en [http://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos\\_sun.php?lang=es#top](http://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=es#top)

Santa, S. (2014). *Diseño de una instalación fotovoltaica autónoma para la finca Mis Delirios en Pereira – Colombia*. (Tesis de maestría). Universidad Pública de Navarra, Pamplona. Recuperado de <http://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/13683/TFM-Sergio%20Santa%20Garcia.pdf?sequence=1>

Tablas: Factor de corrección de K para superficies inclinadas (s.f.). Recuperado de <https://renovablesconsaburum.files.wordpress.com/2015/12/tablas-factor-correccion-k.pdf>

UPME. Proyectos Colombia. Recuperado de [http://www.upme.gov.co:81/sgic/?q=listado-de-proyectos&field\\_tipo\\_de\\_proyecto\\_tid%5B%5D=192&field\\_fuentes\\_tid%5B%5D=8&field\\_ejecutor\\_value](http://www.upme.gov.co:81/sgic/?q=listado-de-proyectos&field_tipo_de_proyecto_tid%5B%5D=192&field_fuentes_tid%5B%5D=8&field_ejecutor_value)

UPME (2015). Atlas de radiación solar. Recuperado de [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)