

**EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL DE LA INSTALACIÓN DE UN  
SISTEMA FOTOVOLTAICO EN LA FINCA HOTEL SANTA HELENA EN  
RESTREPO- META (COLOMBIA)**

MARYI DANIELA CASTRILLON ACERO

64162016

JUAN DAVID CARRILLO HERRERA

64162015

UNIVERSIDAD LIBRE  
FACULTAD DE INGENIERIA  
INGENIERIA AMBIENTAL  
BOGOTA, COLOMBIA  
2021

**EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL DE LA INSTALACIÓN DE UN  
SISTEMA FOTOVOLTAICO EN LA FINCA HOTEL SANTA HELENA EN  
RESTREPO- META (COLOMBIA)**

MARYI DANIELA CASTRILLON ACERO  
64162016  
JUAN DAVID CARRILLO HERRERA  
64162015

PROPUESTA DE GRADO

TUTOR: ING. CAMILO ANDRÉS ARIAS HENAO

UNIVERSIDAD LIBRE  
FACULTAD DE INGENIERIA  
INGENIERIA AMBIENTAL  
BOGOTA, COLOMBIA  
2021

“El trabajo de grado titulado realizado por los estudiantes Juan David Carrillo Herrera y Maryi Daniela Castrillón Acero y con códigos 64162015 y 64162016 respectivamente, cumple con todos los requisitos legales exigidos por la Universidad Libre para optar al título de Ingeniero Ambiental.

Phd. Camilo Andrés Arias Henao  
Director De Proyecto

Rafael Nikolay Agudelo  
Evaluador 1

Edwin Bulla Pereira  
Evaluador 2

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a la Universidad Libre por permitirnos crecer de manera intelectual y personal para el desarrollo óptimo en nuestras vidas.

Agradecemos al PhD. Camilo Andrés Arias Henao quien nos ha brindado su conocimiento, guiándonos en cada paso que se realizó en la realización de este proyecto.

Agradecemos el apoyo familiar incondicional por parte de nuestros padres y su intención continua por medio del ejemplo para ser personas con valores que sirvan a la sociedad para su progreso.

**GRACIAS**

## **Resumen**

La energía rural de Colombia ha sido afectada por la falta de electricidad y se recurre a maneras alternativas de satisfacer la demanda energética del diario vivir. En general, hay alternativas de hidrocarburos que traen consecuencias a los factores ambientales. Sin embargo, usar energías renovables representan menor impacto al ambiente.

En este caso, la Finca Hotel Santa Helena en Restrepo- Meta, desea implementar un sistema Fotovoltaico para reemplazar las necesidades energéticas del hotel, ya que conectado a la red de electricidad presenta deficiencia, afectando la comodidad de los turistas. Por esto, los propietarios deciden evaluar acciones de inversión, y se desarrolló el proyecto enfocado en el impacto ambiental que presentaría una instalación fotovoltaica en dicha Finca Hotel, mediante un dimensionamiento previo, donde se demostró la viabilidad meteorológica y espacial del proyecto, y por medio de estrategias mitigar los impactos ambientales generados en la construcción y operación del proyecto.

**Palabras Claves:** Energía Solar Fotovoltaica, Factores Ambientales, Demanda Energética, Energías Alternativas, Mitigación de Impactos, Impactos Energías Alternativas.

## **Abstract**

Colombia's rural energy has been affected by the lack of electricity and alternative ways are used to meet the energy demand of daily life. In general, there are hydrocarbon alternatives that bring consequences to environmental factors. However, using renewable energies has less impact on the environment.

In this case, the Finca Hotel Santa Helena in Restrepo-Meta, wants to implement a Photovoltaic system to replace the energy needs of the hotel, since connected to the electricity network presents deficiency, affecting the comfort of tourists. For this reason, the owners decide to evaluate investment actions, and the project was developed focused on the environmental impact that a photovoltaic installation would present in said Finca Hotel, through an earlier dimensioning, where the meteorological and spatial viability of the project was proved, and through strategies to mitigate the environmental impacts generated in the construction and operation of the project.

**Keywords:** Photovoltaic Solar Energy, Environmental Factors, Energy Demand, Alternative Energies, Impact Mitigation, Alternative Energy Impacts.

## Tabla de contenido

<b>Resumen</b>	5
<b>Abstract</b>	5
<b>INTRODUCCIÓN</b>	10
<b>JUSTIFICACIÓN</b>	11
<b>1. GENERALIDADES</b>	12
<b>1.1. Problema</b>	12
<b>1.2. Objetivos</b>	12
<b>1.2.1. Objetivo general</b>	12
<b>1.2.2. Objetivos específicos</b>	12
<b>1.3. Alcance del Estudio</b>	12
<b>1.4. Metodología</b>	13
<b>1.4.1. Tipo de investigación</b>	13
<b>1.4.2. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos</b>	13
<b>1.4.2.1. Selección de Equipos para el Dimensionamiento de la Red Mixta del Sistema Fotovoltaico</b>	13
<b>1.4.2.2. Selección de Matriz de Evaluación Ambiental</b>	15
1.4.4. Marco Referencial	22
<b>1.4.4.1. Generalidades de la empresa</b>	22
<b>1.4.4.2. Antecedentes</b>	23
<b>1.4.4.3. Marco Histórico</b>	27
<b>1.4.4.4. Marco Teórico</b>	29
<b>1.4.4.5. Marco Conceptual</b>	30
<b>2. DESARROLLO DEL PROYECTO</b>	33
<b>2.1. Localización</b>	33
<b>2.2. Características del proyecto</b>	33
<b>2.2.1. Infraestructura Existente</b>	33
<b>2.2.2. Fases del proyecto</b>	35
<b>2.2.2.1. Actividades Previas</b>	35
<b>2.2.2.1.1. Caracterización biótica</b>	35
<b>2.2.2.1.2. Caracterización abiótica</b>	38
<b>2.3. Adecuación y Construcción: instalación de la infraestructura.</b>	41
<b>2.3.1. Operación del sistema</b>	41

2.3.2. <b>Mantenimiento</b>	42
<b>3. ANÁLISIS DE RESULTADOS</b>	42
<b>3.1. Dimensionamiento</b>	42
3.1.1. <b>Inventario</b>	42
3.1.2. <b>Selección de equipos</b>	42
3.1.3. <b>Meteorología</b>	43
3.1.5. <b>Balance Económico</b>	50
<b>3.2. Caracterización de los Efectos Positivos y Negativos de la Instalación Fotovoltaica en la Finca Hotel Santa Helena</b>	51
<b>3.3. Matriz de Identificación de Impactos en Etapa de Construcción</b>	53
<b>3.4. Operación</b>	54
3.4.1. <b>Matriz de identificación de impactos en etapa de operación</b>	55
<b>3.5. Estrategias para mitigar, prevenir y compensar los impactos identificados</b>	56
3.5.1. <b>Construcción</b>	56
3.5.2. <b>Operación</b>	57
<b>3.6 Presupuestos</b>	58
3.6.1. <b>Presupuesto de Inversión inicial</b>	58
3.6.2. <b>Presupuesto de Programas de Estrategias</b>	59
3.6.3. <b>Presupuesto Total</b>	60
<b>CONCLUSIONES</b>	61
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b>	63

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Diferencias entre los paneles según su tecnología de fabricación [23].	14
Tabla 2. Valoración Intensidad.	16
Tabla 3. Valoración Extensión.	17
Tabla 4. Valoración Momento.	17
Tabla 5. Valoración Persistencia	17
Tabla 6. Valoración Reversibilidad	18
Tabla 7. Valoración Sinergia	18
Tabla 8. Valoración Acumulación	18
Tabla 9. Valoración Efecto.	19
Tabla 10. Valoración Periodicidad	19
Tabla 11. Valoración Recuperabilidad	19
Tabla 12. Tipo de Impacto según la Importancia	20
Tabla 13. Normatividad (Autores, 2021).	22
Tabla 14. Taxonomía Fauna de la zona (Autores & POMCA Guatiquia).	38
Tabla 15. Taxonomía Flora de la zona (Autores & POMCA Guatiquia)	38
Tabla 16. Demanda socioeconómica por zonas [46]	41
Tabla 17. Matriz MIIA Etapa de Construcción. (Autores)	54
Tabla 18. Matriz MIIA Etapa de Operación. (Autores)	55
Tabla 19. Presentación tipos de residuos	57
Tabla 20. Presupuesto económico (Autores)	59
Tabla 21. Presupuesto Estrategia Construcción (Autores)	59
Tabla 22. Presupuesto Estrategia Operación (Autores)	60
Tabla 23. Presupuesto Total (Autores)	60



## Lista de Figuras

Figura 1. Gráfica de eficiencia Paneles Solares	13
Figura 2. Mapa Área de Influencia	33
Figura 3. Levantamiento predio Finca Santa Helena (Propietarios Finca, 2021)	34
Figura 4. Mapa Zonas de Vida. (POMCA Rio Guatiquia)	35
Figura 5. Uso del Suelo (Autores)	39
Figura 6. Mapa ubicación caño Bonito. (Propietarios de la finca)	39
Figura 7. Grafica Radiación Solar Global y Difusa Mensual Multianual	43
Figura 8. Gráfica Radiación Solar Global Diaria Multianual. (Autores)	44
Figura 9. Grafica Precipitación Mensual Multianual. (Autores)	45
Figura 10. Gráfica Temperatura Anual Multianual. (Autores)	45
Figura 11. Gráfica Diaria Multianual. (Autores)	46
Figura 12. Visualización 3D Localización Paneles y Finca Georreferenciada	47
Figura 13. Esquema red eléctrica de conexión de paneles baterías, y la red eléctrica pública	47
Figura 14. Pronóstico de rendimiento con consumo	48
Figura 15. Irradiación Superficie por modulo	49
Figura 16. Temperatura por superficie de módulo	50
Figura 17. Flujo de caja de la inversión al sistema	51

## INTRODUCCIÓN

En el presente proyecto se desea exponer una aproximación a las alternativas, que se muestran hoy en día con los avances tecnológicos en el mundo, logrando de esta manera una mejor accesibilidad de recursos a poblaciones aisladas.

En el contexto nacional, es un hecho que Colombia está muy lejos de lograr el objetivo del abastecimiento correcto de energía en todo su territorio, ya que son las zonas rurales aisladas las que se ven mayormente afectadas debido a la falta de suministros energéticos [1]. Por lo cual las personas del lugar presentan alternativas convencionales para obtener energía principalmente de hidrocarburos, trayendo consigo consecuencias a nivel ambiental de calidad de aire, suelo, agua, la fauna y flora. Pese a lo anterior, existen zonas rurales con acceso eléctrico proveniente de plantas energéticas municipales, pero la calidad energética se ve afectada presentando pérdidas por conducción en distancias tan amplias lo cual hace más costosa y por tanto inaccesible para este tipo de poblaciones.

De acuerdo a lo dicho anteriormente, debemos tener en cuenta que la energía solar fotovoltaica es una fuente de energía que produce electricidad de origen renovable, utilizando la radiación solar mediante un dispositivo semiconductor denominado célula fotovoltaica, o mediante una deposición de metales sobre un sustrato denominada célula solar [2]. Por lo tanto, este tipo de generación eléctrica depende de la radiación específica en el sitio que se desee instalar, por ejemplo, se conoce que la energía solar se estima como buena opción de producción energética debido a que Villavicencio la capital del Meta (Cerca a Restrepo), recibe 4,5 - 5.0 KWh/m<sup>2</sup> de radiación solar por día [3].

Por su potencial global, en las últimas décadas, los sistemas fotovoltaicos se han convertido en una forma de producción de energía eléctrica efectiva, especialmente en lugares con buena radiación [4], esto gracias a que su instalación es fácil y el mantenimiento posterior es de bajo costo, lo que permite que los sistemas fotovoltaicos se usen con más frecuencia. [5]

Actualmente en el municipio de Villavicencio según el último censo realizado por el DANE en el 2019 cuentan con el servicio de energía eléctrica el 92,3% de la población, en algunos sectores como veredas, corregimientos y lugares apartados de la zona urbana, no alcanza a suministrar el servicio, para mantener constante su consumo de energía de la demanda pública. Debido a esta problemática y a la viabilidad meteorológica del sitio, surge la idea de desarrollar un sistema de energía solar fotovoltaica en los techos de las instalaciones de la Finca Hotel Santa Helena, el cual se modeló a través de programas de diseño y simulación.

Por lo tanto, se implementó una evaluación de Impacto Ambiental a través de la metodología Conesa mediante el uso de la matriz de interacción de impactos ambientales, por medio de esta se evaluaron los cambios que se van a producir en el medio ambiente debido a un proyecto, obra o actividad. Para llevar a cabo la valoración de estos impactos se definió, analizó y valoró desde la visión medioambiental entendiéndolo como espacio físico, biológico y socioeconómico donde se va a localizar la obra proyectada, mitigando los impactos ambientales generados mediante técnicas sostenibles implementadas en las estrategias de mitigación propuestas.

## JUSTIFICACIÓN

En la evaluación de Impacto Ambiental, se busca conocer los cambios que se van a producir en el medio ambiente debido a una actuación antrópica. Debido a esto, el presente estudio tiene como objetivo evaluar los impactos que genera la instalación de un sistema de energía con paneles solares fotovoltaicos en la Finca Hotel Santa Helena, por medio del programa de simulación PV-Sol, que proporciona la información para dimensionar el sistema y permita la obtención de los datos necesarios para la selección de medidas pertinentes, para que los impactos que se vayan a producir por la instalación de estos paneles solares, y al finalizar su vida útil del proyecto sean mínimos. Es por eso por lo que al llevar a cabo la valoración de estos impactos se debe definir, analizar y valorar desde la visión ambiental entendiéndolo como espacio de interacción física, biológica y socioeconómica donde se va a localizar la obra proyectada.

Una vez llevado a cabo lo anterior, se pueden establecer medidas de protección y corrección, que permitan minimizar los posibles impactos ambientales que se podrían generar sobre los factores socioeconómico, biótico y abiótico. A partir del diseño de un programa de mitigación y prevención, en el que se pueda realizar un seguimiento y control, que establezcan si las medidas optadas son las correctas. Los impactos ambientales se generan cuando alguna acción produce una alteración, que puede ser favorable o desfavorable, que a su vez pueden ser directos o indirectos, a largo o corto plazo, de corta o larga duración, acumulativos o sinérgicos, reversibles o irreversibles, positivos o negativos, permanentes o temporales, periódicos o de aparición irregular, continuos o discontinuos, [6] etc.

Por ende, el presente Estudio de Impacto Ambiental responde a la obligación de la legislación vigente, cuyo objetivo es la protección del Medio Ambiente y realizar una gestión sostenible del territorio y de los recursos naturales. También tiene como finalidad adoptar soluciones viables, eficaces y respetuosas con el medio ambiente, sin impedir el desarrollo social y económico. A su vez este beneficiará a los propietarios del inmueble, de manera social debido a la generación de empleos, y económicamente ahorrando costos y proveyendo energía de mejor calidad al hotel. Según el dimensionamiento que se realizó, se podrán conocer los determinantes que el proyecto tendrá a su disposición durante la construcción y operación.

## **1. GENERALIDADES**

### **1.1. Problema**

La principal problemática que se busca solucionar a través del proyecto es la inyección de energía inconstante a la red interna del hotel, en consecuencia, este frena sus servicios, a su vez incrementa las inconformidades por parte de los clientes, perdiendo credibilidad y calidad por parte del hotel. Por consiguiente, se utilizan de métodos convencionales de generación de energía a base de hidrocarburos, sin embargo, los propietarios buscan reemplazar este sistema a partir de la solución de energía alternativa por medio de módulos fotovoltaicos, lo cual generaría beneficios sostenibles al medio ambiente y al hotel sin embargo no están seguros de su decisión y los cambios que esta podría tener en las diferentes variables debido a la falta de información y falsa información del medio en el municipio.

De acuerdo con lo anterior, ¿Qué impactos ambientales generaría la realización de dicho proyecto y cómo se mitigarían?

### **1.2 Objetivos**

#### **1.2.1 Objetivo general**

Determinar estrategias de mitigación en función de los impactos ambientales significativos que se generarían en un sistema de paneles solares fotovoltaicos para la Finca Hotel Santa Helena en Restrepo- Meta (Colombia).

#### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Dimensionar la cantidad de energía que generaría el sistema fotovoltaico en carga parcial mediante el uso de programas de simulación.
- Evaluar los impactos ambientales que produciría el sistema fotovoltaico por la relación causa-efecto en la instalación y operación a través de la Matriz de Importancia de Impactos Ambientales.

### **1.3 Alcance del Estudio**

El principal enfoque que se tuvo en la ejecución de este proyecto fue la de realizar la evaluación de impacto ambiental de las diferentes actividades del proyecto, si los propietarios accedieran a la instalación de esta infraestructura. Esto con la finalidad de proponer estrategias que permitan la prevención, minimización y mitigación, que a la vez permita controlar aspectos ambientales claramente negativos, debido a las actividades de construcción y operación, asegurando el desarrollo bajo el cumplimiento de la legislación actual vigente.

## 1.4. Metodología

### 1.4.1. Tipo de investigación

La investigación se desarrolló a partir del paradigma positivista, ya que se orientó con una visión nomotética de la investigación, con un enfoque mixto, porque se implementan técnicas estadísticas y de cálculo para determinar numéricamente los factores influyentes, además de técnicas de gestión ambiental, enfocadas a la mitigación de los problemas ambientales de la cotidianidad del proyecto.

### 1.4.2. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Esta metodología se desarrolló de acuerdo con los objetivos que se han desarrollado para este proyecto:

#### 1.4.2.1. Selección de Equipos para el Dimensionamiento de la Red Mixta del Sistema Fotovoltaico

- **Modulo Fotovoltaico**

Las celdas solares de silicio pueden ser de tipo monocristalina, policristalina o amorfas. La diferencia entre estas es cómo se da la estructura cristalina, ósea la disposición de los átomos de silicio para formar los enlaces entre ellos. Existe, además, una diferencia en la eficiencia se entiende el porcentaje de luz solar que dichas celdas transforman en energía eléctrica. Las celdas solares de silicio y policristalino tienen mayor eficiencia en la conversión de energía solar en eléctrica con respecto a las de silicio amorfo. [21]

A continuación, se puede observar la eficiencia para diferentes fabricantes:



Figura 1. Gráfica de eficiencia Paneles Solares

**Paneles monocristalinos:** “Este tipo de paneles se caracteriza en el mercado por ser el más eficiente de todos, esto es debido a que los paneles monocristalinos de silicio son los paneles solares más viejos que se han desarrollado y además estos paneles han tenido un alto desarrollo tecnológico a lo largo de los años. Este tipo de paneles son manufacturados usando el método Czochralsky, creando cada módulo a partir de un solo cristal de silicio puro”. [22]

**Paneles policristalinos** “Este tipo de paneles se caracterizan por tener el mejor precio en el mercado, pero su eficiencia es mala, está hecha de una numerosa cantidad de cristales de silicio unidos entre sí, es por esto que su eficacia es menor a los paneles monocristalinos. Este tipo de planes pueden ser reconocidos a simple vista por el color azul de sus celdas.” [22]

**Paneles capa fina** “Estos tipos de paneles no están hechos de silicio, de tal forma que su eficiencia no es alta, el uso de este tipo de paneles es muy interesante ya que estos paneles están hechos para situaciones donde no se requiere mucha energía eléctrica pero que sí se requiere mucha flexibilidad y portabilidad.” [22]


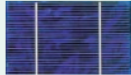
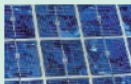
Células	Silicio	Rendimiento laboratorio	Rendimiento directo	Características	Fabricación
	Monocristalino	24 %	15 - 18 %	Son típicos los azules homogéneos y la conexión de las células individuales entre sí (Czochralski).	Se obtiene de silicio puro fundido y dopado con boro.
	Policristalino	19 - 20 %	12 - 14 %	La superficie está estructurada en cristales y contiene distintos tonos azules.	Igual que el del monocristalino, pero se disminuye el número de fases de cristalización.
	Amorfo	16 %	< 10 %	Tiene un color homogéneo (marrón), pero no existe conexión visible entre las células.	Tiene la ventaja de depositarse en forma de lámina delgada y sobre un sustrato como vidrio o plástico.

Tabla 1. Diferencias entre los paneles según su tecnología de fabricación [23].

- **Conexión de los Módulos:**

Existen dos conexiones típicas de las celdas para formar los módulos. El primero es conectar las celdas en serie para aumentar el voltaje, las celdas deben de ser de las mismas características en corriente. En el segundo caso, es conectar las celdas en paralelo, para obtener un aumento en la corriente, la característica de estas celdas es que deben ser del mismo voltaje en la salida. [24]

- **Regulador de Carga:**

Para un correcto funcionamiento de una instalación FV, se instala un sistema de regulación de carga, lo que permite la unión entre los paneles solares y las baterías, tiene como misión evitar situación de carga y sobre descarga de la batería. [25]

- **Inversores:**

Los inversores son dispositivos que convierten la corriente continua que proporcionan los módulos en corriente alterna (DC/AC). A partir de la corriente continua, estos inversores generan una onda de impulsos, y la filtran para eliminar los armónicos indeseados. [26]

- **Baterías:**

Las baterías cumplen la función de almacenar la energía generada por los módulos y esta energía se utiliza en los ciclos del día donde se presente menor radiación, como días lluviosos, nubosos y en las noches. Las baterías aplicadas para sistemas fotovoltaicos son de ciclo profundo, estas se descargan a baja velocidad, pero se recargan irregularmente debido a la varianza de radiación durante el día. Por esto en el diseño se incluyó un banco de baterías, el cual no permite la descarga total del sistema a valores inferiores al 20%. [35]

- **Validación del simulador**

- **PV Sol Premium 7.5**

A través de este software y con la información obtenida de la base de datos del mismo, fue posible realizar el modelamiento respectivo de toda la instalación fotovoltaica en la Finca Hotel Santa Helena desde el modelamiento 3d se logró designar los espacios para el montaje de los módulos para posteriormente cablearlos, este programa realiza una simulación de sombras día a día durante todo el año para tener en cuenta los movimientos angulares que ofrece el sol a la tierra en el punto geográfico designado, además de proporcionar una aproximación financiera y un periodo de retorno de la inversión en tal caso que se realizara.

- **Caracterización y Zonificación Ambiental**

Para realizar un diagnóstico inicial de los factores ambientales se realizaron caminatas de observación durante la visita de campo con toma de registro fotográfico de lo que apareció en el momento de realizar la caminata y para complementar la información finalmente se realizó una revisión del POMCA del Rio Guatiquia, donde se encontraron aspectos e información fundamental para la zonificación ambiental del proyecto.

#### **1.4.2.2. Selección de Matriz de Evaluación Ambiental**

Para la selección de la matriz de impactos para realizar la evaluación de los factores ambientales, fueron considerados los componentes ambientales en función de tres variables propias que definen ambientalmente el proyecto: Complejidad, Entorno, y Sociedad.

De acuerdo con lo anterior, el proyecto seleccionado no genera mayor complejidad ya que no abarca una gran cantidad de impactos ambientales al ser una solución renovable, que aparte se desarrollaría en un entorno rural, pero sin realizar ninguna modificación significativa en la naturaleza y finalmente en el aspecto social, este tendría beneficios laborales y posiblemente energéticos para la población aledaña del sector veredal donde se ubica el proyecto.

A partir del análisis anterior, se realizó una preselección de dos matrices predeterminadas: Matriz de Leopold y Matriz MIIA, las cuales se ajustan de mejor manera a las condiciones del proyecto

según la revisión del manual de Estudio de Impacto Ambiental de Jorge Arboleda [34], en consecuencia, la seleccionada fue la matriz MIIA debido a la simplicidad que abarcaba en los factores, pero la cuantificación establecida proporcionaba más información en la identificación de impactos a partir de los ítems que esta establece para este tipo de proyecto.

Por lo tanto, esta matriz creada por Vicente Conesa Fernández en 1993 utiliza una calificación numérica de los diferentes impactos ambientales contra ciertos ítems específicos para así calcular el grado de afectación que está teniendo cada acción sobre los factores ambientales mediante la siguiente formula:

$$I = \pm [3IN + 2 EX + MO + PE + PV + SI + AC + EF + PR + RC]$$

Formula Matriz MIIA. [34]

Para explicar detalladamente el método de valoración que aplica esta matriz, se describen a continuación los ítems tenidos en cuenta para el cálculo de la Importancia del impacto.

- Intensidad

Describe el grado de afectación de la acción en general, abreviado en la matriz como IN, puede ser tomada una clasificación determinada por peligrosidad de la actividad frente al factor ambiental descrito, los valores tomados se relacionan a través de la siguiente tabla:

Intensidad	Valor
Destrucción total	1
Afectación mínima	12

*Tabla 2. Valoración Intensidad.*

- Extensión

Determina el área de afectación del impacto, este está determinado en función de la propagación de la actividad generadora del impacto, este se abrevia en la matriz con E y relaciona los valores siguientes según lo descrito en la siguiente tabla:

Extensión	Valor
Puntual	1
Parcial	2
Extenso	4



Total	8
-------	---

Tabla 3. Valoración Extensión.

- Momento

Establece que tan pronto el impacto comenzará a notarse en el factor ambiental, establece un corto plazo si es en un periodo menor a un año, mediano menor a cinco años y largo a 10 o más años, se relaciona con la abreviatura M y los valores según lo anterior se detallan en la siguiente tabla:

Momento	Valor
Corto plazo	4
Mediano plazo	2
Largo plazo	1

Tabla 4. Valoración Momento.

- Persistencia

Determina la estancia del impacto en el factor ambiental evaluado, este será fugaz si el tiempo de estancia es menor a 6 meses, temporal si es menor a 2 años y permanente si se mantiene dentro del factor ambiental, este se abrevia con P en la matriz y relaciona los siguientes valores:

Persistencia	Valor
Fugaz	1
Temporal	2
Permanente	4

Tabla 5. Valoración Persistencia

- Reversibilidad

Establece el tiempo dentro del cual la afectación por la actividad será reversible en periodos de Corto plazo; menor a un año, Mediano plazo; Menor a 5 años, y Largo Plazo; mayor que 5 años. De acuerdo a lo anterior los valores relacionados en la matriz de impactos son:

Reversibilidad	Valor
Corto plazo	1
Mediano plazo	2

Irreversible	4
--------------	---

Tabla 6. Valoración Reversibilidad

- Sinergia

Determina el grado de interacción con otros contaminantes y acciones intervinientes que puedan potenciar el efecto nocivo para el factor evaluado, a continuación, se establecen los valores que se relacionan en la matriz:

Sinergia	Valor
No sinérgico	1
Sinérgico moderado	2
Altamente sinérgico	4

Tabla 7. Valoración Sinergia

- Acumulación

Este ítem respecta a la posible retención y acomodación del impacto en el factor ambiental, aumentando poco a poco su concentración dentro del factor hasta contaminarlo completamente, la acumulación puede ser simple cuando se produce muy poco o no se produce ningún tipo de retención del contaminante o puede llevar un producido acumulativo dentro del mismo, de acuerdo a esto se relacionan los siguientes valores:

Acumulación	Valor
Acumulación simple	1
Producido Acumulativo	4

Tabla 8. Valoración Acumulación

- Efecto

Determina el grado de la influencia directa o indirecta de una actividad sobre el factor u otros factores ambientales, este relaciona una distribución de acuerdo con la peligrosidad del contaminante. Lo anterior se detalla en la siguiente tabla:

Efecto	Valor
Indirecto	1

Directo	4
---------	---

Tabla 9. Valoración Efecto.

- Periodicidad

Relaciona la probabilidad de ocurrencia del hecho durante el tiempo, este puede ser discontinuo si se presenta ocasionalmente o para eventos únicos, de aparición irregular si tiene una frecuencia de ocurrencia de al menos un 50% y continuo si se presenta periódicamente. Este se abrevia con PR y se los valores se detallan a continuación:

Periodicidad	Valor
Discontinuo	1
Aparición irregular	2
Continuo	4

Tabla 10. Valoración Periodicidad

- Recuperabilidad

Establece el tiempo de recuperación mediante estrategias de mitigación del factor evaluado frente a la actividad, de acuerdo con esto relaciona un corto plazo con tiempos de un año o menos, mediano plazo con acciones de 5 años o menos, mitigables si se presenta continuamente el tratamiento del factor e irrecuperable si no existe posibilidad de recuperarlo. Se abrevia en la tabla con RC y lo anterior se describe a continuación en la siguiente tabla:

Recuperabilidad	Valor
Corto plazo	1
Mediano plazo	2
Mitigables	4
Irrecuperable	8

Tabla 11. Valoración Recuperabilidad

- Signo

El signo relaciona el impacto a la naturaleza de este y respecto a los ítems anteriores, multiplicando por 1 cuando el impacto trae consigo aptitudes positivas o nulas y por -1 cuando el impacto traiga consecuencias negativas.

- Tipo de Impacto

Este es el resultado final luego de calcular la Importancia del impacto mediante la formula presentada anteriormente, de acuerdo con el valor obtenido se relaciona el tipo de impacto de acuerdo con la siguiente tabla:

Importancia	Tipo de Impacto
<-25	Irrelevante
-25 a -50	Moderado
-50 a -75	Severo
>-75	Muy Severo
+	Positivo o nulo

Tabla 12. Tipo de Impacto según la Importancia

### 1.4.3. Marco Normativo y legal

Norma	Artículo	Descripción
<b>Constitución Política de Colombia 1991</b>	Título II, Capítulo III De los derechos colectivos y del ambiente 80	Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución.
	Título XII Capítulo II De los Planes de Desarrollo 339	Las entidades territoriales elaborarán y adoptarán de manera concertada entre ellas y el gobierno nacional, planes de desarrollo, con el objeto de asegurar el uso eficiente de sus recursos y el desempeño adecuado de las funciones que les hayan sido asignadas por la Constitución y la ley.
	Título XII Capítulo IV De la finalidad social del estado y de los servicios públicos 365	Los servicios públicos estarán sometidos al régimen jurídico que fije la ley, podrán ser prestados por el Estado, directa o indirectamente, por comunidades organizadas, o por particulares. En todo caso, el Estado mantendrá la regulación, el

		control y la vigilancia de dichos servicios.
<b>Ley 143 de 1994</b>	Capítulo I Principios generales	En relación con el servicio público de electricidad, al estado le corresponde asegurar la adecuada incorporación de los aspectos ambientales en la planeación y gestión de las actividades del sector
<b>Ley 697 de 2001</b>	-	Mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía y se promueve la utilización de energías alternativas
<b>Ley 1151 de 2007</b>	Título II Capítulo II Descripción de los principales programas de inversión  6, sección 3.6 infraestructura para el desarrollo	Se promoverán proyectos piloto de generación de energía eléctrica que estén soportados en la implementación de tecnologías que utilicen fuentes de energía alternativa.
<b>Ley 1715 de 2014</b>	-	Promover el desarrollo y la utilización de fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable en el sistema energético nacional.
<b>Decreto 2119 de 1992</b>	Título III Capítulo IV De la unidad de planeación minero-energética  13, numeral 4	Evaluar la conveniencia económica y social del desarrollo de fuentes y usos energéticos no convencionales, así como el desarrollo de energía nuclear para usos pacíficos
<b>Decreto 2492 de 2014</b>	-	Por el cual se adoptan disposiciones en materia de implementación de mecanismos de respuesta de la demanda
<b>Decreto 2469 de 2014</b>	-	Por el cual se establecen los lineamientos de política energética en materia de entrega de excedentes de autogeneración
<b>Decreto 1623 de 2015</b>	-	Por el cual se modifica y adiciona el Decreto 1073 de 2015, en lo que respecta al establecimiento de los lineamientos de política para la expansión de la cobertura del servicio de energía eléctrica en el

		Sistema Interconectado Nacional y en las Zonas No Interconectadas
<b>Decreto 348 de 2017</b>	-	Por el cual se adiciona el Decreto 1073 de 2015, en lo que respecta al establecimiento de los lineamientos de política pública en materia de gestión eficiente de la energía y entrega de excedentes de autogeneración a pequeña escala
<b>Resolución UPME 0281 de 2015</b>	-	Por la cual se define el límite máximo de potencia de la autogeneración a pequeña escala
<b>Resolución Ministerio de Ambiente 1283 de 8 agosto de 2016</b>	-	Por la cual se establece el procedimiento y requisitos para la expedición de la certificación de beneficio ambiental por nuevas inversiones en proyectos de fuentes no convencionales de energías renovables – FNCER y gestión eficiente de la energía, para obtener los beneficios tributarios de que tratan los artículos 11, 12, 13 y 14 de la Ley 1715 de 2014 y se adoptan otras determinaciones
<b>Decreto 2041 de 2014</b>	Artículo 14, 19, 21, 30, 35	La licencia ambiental global, se refiere a la autorización para el desarrollo de obras y actividades relacionadas con proyectos de explotación minera y de hidrocarburos. Esta licencia abarca toda el área de explotación que se solicite.

Tabla 13. Normatividad (Autores, 2021).

#### 1.4.4. Marco Referencial

##### 1.4.4.1. Generalidades de la empresa

La Finca Hotel Santa Helena es un hotel con 16 años de trayectoria, dedicado a la prestación de diferentes servicios y espacios aparte del alojamiento ya que cuenta con canchas múltiples, zonas de descanso, caminatas ecológicas, este se encuentra ubicado en el sector del turismo del Meta y se encuentra registrado ante Cámara y comercio y el registro nacional de turismo.

#### **1.4.4.2. Antecedentes**

### **Análisis del ciclo de vida de un sistema Fotovoltaico Integrado en Funcionamiento en Bogotá, Colombia**

Este estudio Sierra en 2019, se basa en el comportamiento caracterizado de una construcción fotovoltaica integrada de 840 Wp instalado en el departamento de física de la facultad de ciencias de la Universidad Nacional de Colombia específicamente en el campus de Bogotá.

La metodología fue enfocada en la aplicación internacional de técnicas estándar para el análisis del ciclo de vida desde la aparición hasta la deposición basada en las normas NTC ISO 14040 y NTC ISO 1401, las cuales regulan el procedimiento metodológico.

Este artículo fue basado comparando el potencial de los impactos ambientales de cinco escenarios de generación de energía, tomando como referencia la instalación del sistema fotovoltaico en la Universidad. Durante este análisis fue posible determinar que la generación de energía con carbón tiene un mayor impacto ambiental en comparación a los fotovoltaicos, donde el impacto del carbón oscila entre el 84%, a comparación de la energía solar fotovoltaica que tiene un 6% respectivamente. [10]

### **Métodos de Evaluación de Impacto Ambiental en Colombia**

Este estudio aborda la metodología de la Evaluación de Impacto Ambiental en Colombia, sosteniendo que es un proceso tanto técnico como administrativo y utilizando obras o actividades para realizar este estudio, llamando al EIA como herramienta de prevención y control.

Para realizar la elección, aplicar los métodos, las herramientas de para identificación y valoración de impactos ambientales, esto determinara que tan significativos son los impactos y el tipo de actividad del plan de manejo ambiental, de acuerdo a este modo un método favorece la subjetividad la cual es necesaria para que se le otorgue un valor real al impacto cuando se generen las calificaciones del mismo, debido a que si este no es subjetivo puede hacer que la actividad para corregir no sea efectiva, produciendo pérdida de patrimonio ambiental y disminuir el bienestar humano.

En Colombia no existen métodos oficiales para el EIA, permitiendo que el solicitante de la licencia ambiental escoja el método, se analiza los métodos para la valoración, para recoger la información y para finalizar las autoridades ambientales y el público en general, tomara una decisión de acuerdo con el reglamento del uso de métodos y a los investigadores ideando propuestas más eficientes. [27]

## **Evaluación Del Potencial Energético, Solar Fotovoltaico De Las Cubiertas De Los Edificios De La Sede Ciencia De La Salud De La Universidad Cooperativa De Colombia, Sede Villavicencio**

En este estudio, habla de los privilegios que tiene la ciudad de Villavicencio, cuenta como esta ciudad tiene un excelente clima, la duración de los veranos, estas características permiten desarrollar proyectos energéticos autosostenibles, donde se pueden aprovechar el potencial energético.

En primer lugar, hace referencia a cómo funcionan las celdas solares, debido a que están hechas de semiconductores, son materiales que pueden comportarse como conductores o aislantes de electricidad, dependiendo del estado en que se encuentren. Las celdas solares están compuestas principalmente de silicio cristalino y arseniuro de galio.

En segundo lugar, el sistema de baterías o almacenadores energéticos, para permitir suministrar energía independiente de la producción eléctrica. También toma en cuenta la vida útil de la batería esta consiste en el número de ciclos de carga y descarga que esta puede ser sometida a una determinada profundidad de descarga habitual.

En tercer lugar, se describe el funcionamiento de los paneles solares, debido a que estos utilizan los rayos del sol como energía. Lo que hacen estos dispositivos es recoger energía térmica o fotovoltaica del astro y convertirla en un recurso que puede generar electricidad. También se debe aclarar que existen dos tipos de instalaciones solares, una de ellas es almacenarla para uso posterior y la segunda es conectándola directamente red de distribución eléctrica. Como resultado obtuvo que el sistema de módulos fotovoltaicos es una alternativa bastante eficiente, pero la única que presenta un retorno en la inversión, antes de cumplir la vida útil de los paneles fotovoltaicos y por lo tanto el periodo de diseño de estos, es la propuesta de inyección directa a red eléctrica, el cual presenta un periodo de retorno a los seis (6) años. [28]

### **Diseño y Evaluación de un Panel Solar Fotovoltaico y Térmico para Poblaciones Dispersas en Regiones de Gran Amplitud Térmica (Argentina)**

En este estudio según Cabezas en 2018, se presenta la evaluación de un panel solar en zonas que presentan una alta incidencia solar, este dispositivo además de producir energía eléctrica y térmica disminuye la pérdida eléctrica actuando como refrigerador de las celdas, evitando la elevación de la temperatura. Los resultados de este artículo se presentaron teniendo en cuenta la metodología de experimentación implementada sobre un prototipo en un laboratorio de Buenos Aires, por lo cual según los resultados esto mejora la eficiencia en general de los paneles solares, además de incentivar su uso al mejorar el proceso, disminuir pérdidas y ayudar a las poblaciones dispersas no concentradas ya sea para



consumo familiar, guarda parques, puestos de control que poseen una demanda diaria para tener una mejor calidad de vida.

También se concluyó que el sistema propuesto demostró tanto en teoría como en la práctica su capacidad de proveer agua caliente y energía eléctrica en forma simultánea en lugares con considerable amplitud térmica entre el día y la noche. Con un correcto dimensionamiento, de acuerdo con las condiciones del clima de la zona de instalación, el sistema mejora el rendimiento fotovoltaico. El dispositivo propuesto mejora el rendimiento de la captura de energía solar por unidad de área, satisfaciendo mediante la producción de electricidad y agua caliente necesidades básicas de los usuarios. [29]

### **Evaluación Ambiental de Sistemas de Producción de Electricidad Renovable**

En este estudio se realizó una evaluación desde la perspectiva ambiental de sistemas de producción eléctrica alternativos no convencionales en los cuales describe desde un contexto histórico los principios que rigen cada proceso, así mismo, los impactos ambientales derivados de cada etapa de proceso de estos sistemas, entre estos se encuentra el solar fotovoltaico, la biometanización, la eólica, la Metodología ACV, ACV-Fotovoltaico y ACV-Biometanización.

De acuerdo a esto, se extrajo el análisis importante que aporta al proyecto actual el cual es únicamente el solar fotovoltaico, la información detalla componentes químicos tales como CIGS, CdTe, GaAs que se emplean en la fabricación de las celdas fotovoltaicas para producir la electricidad, aparte ofrece una mirada a los diferentes tipos de celdas solares, paneles teniendo una perspectiva de ciclo de vida, es decir, desde el proceso de fabricación hasta su disposición final. [30]

### **Modelamiento y Simulación Solar Fotovoltaica: Como una Solución de Energía Renovable (Haryana, India)**

En este estudio según Vinod, en la generación de energía renovable, como la solar fotovoltaica y tecnología de energía verde juega un rol vital para proveer la energía demandada de un país. El modelamiento, simulación y análisis de un generador solar fotovoltaico es una fase vital para establecerlo en cualquier ubicación, lo cual de este modo ayudaría a entender el comportamiento y características en condiciones climáticas reales de esta ubicación seleccionada. En este caso, se presenta un único diodo equivalente al modelo del circuito con el paso a paso detallado de la simulación de un módulo solar fotovoltaico que se presenta en Matlab a partir de gráficos que describen y referencian investigadores, fabricantes y comunidades sociales, para su mejor entendimiento.

El resultado de la simulación del módulo fotovoltaico fue verificado con el manual del fabricante del módulo y el máximo error relativo encontrado fue de 1.65% lo cual demuestra una buena relación entre los valores del fabricante y los simulados. Aparte de todo, el rendimiento del módulo fotovoltaico para datos meteorológicos reales (radiación y temperatura) muestran buenos resultados, además es asumido como herramienta de estudio para evaluar el funcionamiento de cualquier módulo solar fotovoltaico. [31]

### **Impactos Ambientales de los Sistemas Solares Fotovoltaicos: Una Revisión Crítica del Progreso Reciente y a un Futuro (EEUU)**

En este estudio se realiza una crítica a la visión convencional de los sistemas fotovoltaicos como una alternativa perfecta limpia y sostenible, en parte, es cierto durante su fase de operación, pero en general los impactos ambientales desde los procesos de manufactura del producto hasta la disposición final son los verdaderos interrogantes; la producción de contaminantes peligrosos, contaminación de fuentes hídricas y las emisiones al aire durante los procesos de manufactura.

Debido a esto, se busca desarrollar un análisis comprensivo de todos los posibles retos ambientales, presentando respuesta con diseños innovadores de mitigación de dichos impactos, desde la raíz general, proponiendo alternativas que disminuya los gases efecto invernadero los cuales pueden ser mitigados con diseños optimizados, el desarrollo de nuevos materiales, la minimización de materiales peligrosos y reciclar tanto como sea posible. Al atacar la raíz, disminuirá considerablemente la acumulación de residuos sólidos y ayudará a la preservación del recurso hídrico.

En cuanto a la huella de carbono, se encontró que puede ser de 10 a 53 veces menor en magnitud de emisión que la de la quema de petróleo, y el reciclaje de los materiales de las celdas solares puede disminuir en un 42% las emisiones efecto invernadero. [32]

### **Estudio de Impacto Ambiental y Social del Proyecto Solar Fotovoltaico en Tafilalt, Marruecos**

Bajo un programa de la oficina nacional de electricidad y agua potable, visiona el objetivo de alcanzar un 42% de capacidad instalada en energías renovables en Marruecos, a partir de esto, el estudio concierne a la fase uno del proyecto de central fotovoltaica Noor-Tafilalt, compuesto de tres centrales fotovoltaicas en Enfoud, Zagora y Missouri. Se propone este proyecto debido a la ausencia de electricidad en las zonas mencionadas.

En este estudio, se realizó una Evaluación de Impacto Ambiental a un proyecto aún no desarrollado, tomando en cuenta los aspectos antes durante y después del proyecto, es decir, las fases de construcción y operación de los paneles fotovoltaicos por medio del análisis potencial de impactos ambientales sobre cada factor ambiental influyente en el mismo, para posteriormente y con objetivo de encontrar el ciclo PHVA de la mejora continua, proponer planes de gestión ambiental frente a los impactos más significativos del proyecto, los cuales

según el estudio, se encuentran focalizados sobre todo en la fase de construcción, la cual implicaría un corto periodo de tiempo de impactos negativos lo cual lo definen como impactos temporales, y durante su fase de operación el reto son los residuos sólidos no convencionales provenientes de la central de carga, a lo cual le proponen planes de reutilización y de aprovechamiento a partir del desmontaje de piezas que puedan ser recicladas luego de su fase de operación. [33]

#### **1.4.4.3. Marco Histórico**

Los primeros registros escritos de la utilización de la energía solar provienen de los antiguos griegos, romanos y chinos, quienes conocían el arte de prender fuego utilizando lentes y espejos “quemantes”, parece que uno de los primeros en intentarlo fue Leonardo da Vinci, quien pretendió construir un concentrador a base de espejos cóncavos para la producción de vapor y calor en grande escala. En los siglos XVII y XVIII se construyeron un gran número de hornos solares que usaban la radiación solar concentrada para experimentación en cerámica, metalurgia y química. En términos generales, las tecnologías de aprovechamiento de la energía solar pueden clasificarse en solares térmicas y solares fotovoltaicos además se debe tener en cuenta que la energía solar fotovoltaica consiste en celdas solares, donde la radiación solar se convierte directamente en electricidad, por el efecto conocido como el efecto fotovoltaico [7].

Debido a que el efecto fotovoltaico consiste en que la luz puede generar una corriente eléctrica al iluminar ciertos materiales, este fenómeno fue descubierto hasta 1839 por el físico francés Alexandre-Edmond Becquerel. A pesar de este temprano descubrimiento, fue hasta la década de los años cincuenta del siglo XX y gracias a la investigación consecuente sobre el tema, se encontró un material que presentaba el efecto fotovoltaico de manera eficiente: el silicio [7].

Más adelante los científicos de los Laboratorios Bell en Nueva Jersey demostraron de este modo su invención, la primera célula solar fotovoltaica de silicio cristalino aplicada a un caso práctico. Este avance allanó el camino para la revolución solar que se celebra hoy en los techos ya sea con paneles fotovoltaicos anclados sobre el suelo o instalados sobre las cubiertas de todo tipo de edificios [8].

Por otra parte, considerando que actualmente la demanda energética en Colombia y en el mundo cada vez es mayor, como resultado de un gran crecimiento poblacional e industrial, aumentando el consumo energético y trayendo consigo problemas económicos, sociales y ambientales. Una posible solución para suplir esta demanda y disminuir los problemas causados por la generación eléctrica actual, es la energía solar fotovoltaica, dado que Colombia cuenta con un buen nivel de potencial de radiación solar en todo su territorio, podría sacar provecho de esta fuente energética con diferentes tecnologías [9].

Sin embargo, estos beneficios podrían traer algunos impactos ambientales, en el estudio Sierra, se basa en el comportamiento caracterizado de una construcción fotovoltaica integrada de 840 Wp instalado en el departamento de física de la facultad de ciencias de la Universidad Nacional de Colombia específicamente en el campus de Bogotá [10]. La metodología fue enfocada en la aplicación internacional de técnicas estándar para el análisis del ciclo de vida desde la aparición hasta la deposición basada en las normas NTC ISO 14040 y NTC ISO 1401, las cuales regulan el procedimiento metodológico. Este artículo fue basado comparando el potencial de los impactos ambientales de cinco escenarios de generación de energía, tomando como referencia la instalación del sistema fotovoltaico en la Universidad. Durante este análisis les fue posible determinar que la generación de energía con carbón tiene un mayor impacto ambiental en comparación a los fotovoltaicos [10].

También hay una variedad de artículos que han realizado revisiones bibliográficas acerca de las diferentes metodologías de evaluación de impacto ambiental, como el estudio titulado “Métodos de Evaluación de Impacto Ambiental en Colombia”, donde este estudio aborda la metodología de la Evaluación de Impacto Ambiental en Colombia, sosteniendo que es un proceso tanto técnico como administrativo y utilizando obras o actividades para realizar este estudio, nombrando al EIA como una herramienta de prevención y control. Lo anterior con fin de realizar la elección, aplicar los métodos y las herramientas, para la identificación y valoración de impactos ambientales, esto determinará que tan significativos son los impactos y el tipo de actividad de las estrategias de manejo ambiental, de acuerdo a este modo, un método favorece la subjetividad la cual es necesaria para que se le otorgue un valor real al impacto cuando se generen las calificaciones del mismo, debido a que si este no es subjetivo puede hacer que la actividad para corregir no sea efectiva, produciendo pérdida de patrimonio ambiental y disminución el bienestar humano.

Algunos de los estudios que se adelantan en materia energética en el país son desarrollados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) que en conjunto con la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) desarrollan desde 2004 un documento de referencia en el país que contiene 13 mapas específicos en “Energía Solar”, uno para cada mes del año y uno adicional que compila el promedio anual; este documento se conoce como “Atlas de Radiación Solar de Colombia”, definido como un compendio de mapas que evidencian el valor promedio diario de radiación solar global, brillo y radiación ultravioleta por metro cuadrado [11]. Este instrumento permite:

i) Identificación de zonas estratégicas para desarrollar este tipo de energía, logrando con éxito la implementación de tecnologías de sistemas fotovoltaicos o térmicos que transformen tal potencial energético en electricidad o calor.

ii) Determinación de zonas más favorables al interior del territorio colombiano para el desarrollo de esta energía, dentro de las cuales el informe destaca La Guajira y la Orinoquia.

iii) Establecer el documento con referencias técnicas y científicas para las áreas de: biología, agronomía, ecología, ingeniería energética, y medicina, entre otras [12]

#### **1.4.4.4. Marco Teórico**

Las energías alternativas renovables son aquellas que, a diferencia de las convencionales, usan como fuente de generación recursos que la naturaleza suministra de fuentes prácticamente inagotables en relación al tiempo de vida del hombre en el planeta. Se producen de manera continua y tienen su origen en los procesos ambientales y atmosféricos naturales. [39]

Uno de estas fuentes y más conocida, es la energía solar, donde se ha estudiado como se convierte la luz solar en electricidad. Este proceso se consigue con algunos materiales como el silicio que tienen la propiedad de absorber fotones y emitir electrones. Cuando estos electrones libres son capturados, el resultado es una corriente eléctrica que puede ser utilizada como electricidad [40], así funcionan los paneles solares, los cuales ya vienen compuestos por módulos ubicados en serie dentro del panel, además de estar compuesto de membranas que permiten el flujo de energía de positivo a negativo. [38]

A pesar de que la producción de electricidad mediante fuentes alternativas es un punto fundamental en el desarrollo energético sostenible mundial, ya que su uso puede asegurar el suministro de energía a mediano y largo plazo en condiciones ambientales aceptables [41]. No obstante, conocemos que, cada interacción antrópica con algún ecosistema puede presentar un impacto tanto negativo como positivo, por esto, se requiere conocer de forma previa, cuáles serán esas condiciones ambientales, que tendrán un cambio, debido a la instalación de paneles solares, para ello, existen diferentes estudios de acuerdo al tamaño del proyecto, entre otros. Uno ejemplo de esto es el Estudio de Impacto Ambiental (EIA).

El Estudio de Impacto Ambiental, es un documento técnico de carácter interdisciplinar que está destinado a predecir, identificar, valorar y considerar medidas preventivas o corregir las consecuencias de los efectos ambientales que determinadas acciones antrópicas pueden causar sobre la calidad de vida del hombre y su entorno [42]. Debido a que con este se busca la reversión, y en gran medida de la prevención de la degradación ambiental, se creó el mecanismo de la evaluación de impacto ambiental (EIA), promovido en el plano mundial desde hace cuatro décadas y aceptado ampliamente a partir de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo en 1992. [43]

Actualmente, 191 países de las Naciones Unidas contemplan este proceso dentro de sus agendas políticas [44]; esto demuestra que la EIA se ha convertido en una herramienta indispensable de política pública ambiental. [45] Debido a que a través de los estudios de impacto ambiental se prevé la viabilidad de un Proyecto, Obra o Actividad, lo cual en Colombia se ha venido implementando en los últimos años de acuerdo con el desarrollo del país en obras significativas en su mayoría.

A nivel mundial se han desarrollado con efectividad estudios de impacto ambiental de energía solar, como en este estudio que se presentan los resultados de la evaluación de impacto ambiental para dos tecnologías distintas de producción de energía solar en Tailandia. Se consideraron flujos de masa y energía en el proceso total de generación energética y se compararon dos tipos de celda solar de silicio: multicristalino y amorfo. También se aborda la factibilidad económica mediante el análisis de costos de inversión y tasa interna de retorno, lo cual influyó positivamente en la salud humana y la calidad del ecosistema sin embargo se resalta la inversión inicial que necesita el sistema. [37]

Un estudio público en Colombia es el EIA de Hidro Ituango, donde se valoran todos los aspectos ambientales, y basados en su viabilidad, se decide realizar el proyecto, aun así, este fracasa por variables geológicas y se retira el proyecto, generando consecuencias ambientales, sociales y económicas. [36] La importancia del caso anterior radica en la puntualidad que debe marcar el estudio de impacto ambiental frente a las diferentes condiciones que afectan los sitios donde se realizarían los Proyectos Obras o Actividades.

Otro ejemplo muy relevante de un estudio de impacto ambiental, con resultados positivos es el caso del parque solar en Valledupar, donde realizaron el proceso de evaluación del trámite de licenciamiento ambiental donde se tuvo en cuenta el Estudio de Impacto Ambiental- EIA para los medios físico, biótico y social del área de influencia del proyecto. También se realizó y evaluó el análisis de los impactos ambientales que se pueden generar por el desarrollo de las obras y actividades del proyecto, así como las medidas de manejo y de monitoreo establecidas dentro del Plan de Manejo Ambiental -PMA.

#### **1.4.4.5. Marco Conceptual**

A continuación, se presentan algunos de los términos más importantes para entender mejor el proyecto de investigación, además de enmarcar los conceptos básicos para delimitarlo.

#### **Radiación solar**

*“Al interior del sol se da una secuencia de reacciones que producen continuamente una reducción de masa la cual es transformada en energía. Este flujo energético se libera en*

*forma de radiación solar llegando al exterior de la atmosfera terrestre con un valor aproximado de 1353 W/m<sup>2</sup> y variará según la distancia entre la Tierra y el Sol, así como por la elipticidad de la órbita terrestre y la posición geográfica en la tierra [13].”*

## **Energía**

*“La energía se define un sistema aislado como el que no transfiere energía al entorno por medio de trabajo, calor, ondas mecánicas o electromagnéticas, o cualquier otro proceso de transferencia. Para determinar la energía total de un sistema consideraremos las siguientes clases de energía: energía de las partículas libres (la cinética y la energía en reposo), energía de los campos libres, energía de las interacciones entre partículas y campos (que es potencial si los campos son conservativos) [14].”*

## **Energía solar**

*“La energía solar es la energía radiante del sol recibida en la tierra, es una fuente de energía que tiene varias importantes ventajas sobre otras y que, para su aprovechamiento, también presenta varias dificultades. Entre sus ventajas se destacan principalmente su naturaleza inagotable, renovable y su utilización libre de polución. Pero, para su utilización, es necesario tener en cuenta su naturaleza intermitente, su variabilidad fuera del control del hombre y su baja densidad de potencia. Estas dificultades conllevan entonces la necesidad de transformarla a otra forma de energía para su almacenamiento y posterior uso [15].”*

## **Energías limpias**

*“Las energías limpias son aquellas que pueden producirse con un mínimo de perjuicios sociales, culturales, para la salud y el medio ambiente. La energía limpia también se conoce como energía renovable o sostenible porque se puede producir a partir de fuentes que no se agotan, tales como: Caídas de agua de pequeñas represas, rayos del sol y Propulsión humana mediante pedales de bicicleta. Si utilizamos la energía limpia reducimos los daños que los combustibles fósiles y otras tecnologías contaminantes de producción de energía no renovable causan a la salud humana y al medio ambiente. Gracias a la energía limpia las zonas rurales, las ciudades grandes y las fábricas pueden abastecerse de electricidad sin causar daños [16].”*

## **Impacto Ambiental**

*“Por impacto ambiental se entiende el efecto que produce una determinada acción humana sobre el medio ambiente en sus distintos aspectos. El concepto puede extenderse, con poca utilidad, a los efectos de un fenómeno natural catastrófico. Técnicamente, es la*

*alteración de la línea de base (medio ambiente), debido a la acción antrópica o a eventos naturales [17]”.*

## **Evaluación de Impacto Ambiental**

*“Una Evaluación de Impacto Ambiental, EIA, es un instrumento de gestión que permite que las políticas ambientales puedan ser cumplidas y, más aún, que ellas se incorporen tempranamente en el proceso de desarrollo y de toma de decisiones. Por ende, evalúa y permite corregir las acciones humanas y evitar, mitigar o compensar sus eventuales impactos ambientales negativos, actuando de manera preventiva en el proceso de gestión [18]”.*

## **Factores Ambientales**

*“Son los distintos componentes del Medio Ambiente entre los cuales se desarrolla la vida en nuestro planeta. Pueden ser modificados por las acciones humanas, en ocasiones, provocando grandes alteraciones que pueden ocasionar graves problemas generalmente difíciles de valorar [19]”.*

## **Medio Biótico**

*“Comprende todos los seres vivos existentes en un ecosistema, y las interrelaciones que se forman entre ellos, plantas, animales (incluido el hombre) y microorganismo.*

*Los factores bióticos y los factores abióticos, también conocidos como biocenosis y biotopo, se relacionan de una manera muy estrecha, como bien lo dijo el filósofo ambiental Augusto ángel Maya “El sistema vivo es una unidad y es muy difícil trazar una línea de separación entre la materia inerte y la vida. Los elementos abióticos no están en el universo como en un depósito... están articulados al sistema de la vida”, de esta manera los seres vivos dependen de todos los factores físicos que componen el ambiente, conformando lo que se conoce como ecosistema [20]”.*

## **Medio Abiótico**

*“Lo comprende todos los fenómenos físicos (presión atmosférica, lluvia, aire, suelo, etc.) y químicos (componentes de las rocas, minerales, salinidad del agua, etc.) que afectan a los organismos [20]”.*

## **Medio socioeconómico**



“Sistema constituido por las estructuras y condiciones sociales, histórico culturales y económicas en general, de las comunidades humanas o de la población de un área determinada. [19]”.

## 2. DESARROLLO DEL PROYECTO

### 2.1 Localización

La Finca Hotel Santa Helena se encuentra en Colombia ubicado en el Restrepo – Meta en el Km 1 vía a Cumaral, Vereda Caney Bajo, Restrepo, Meta. Esta tiene un área de dos hectáreas, cuenta con una capacidad aproximada de 40 personas.

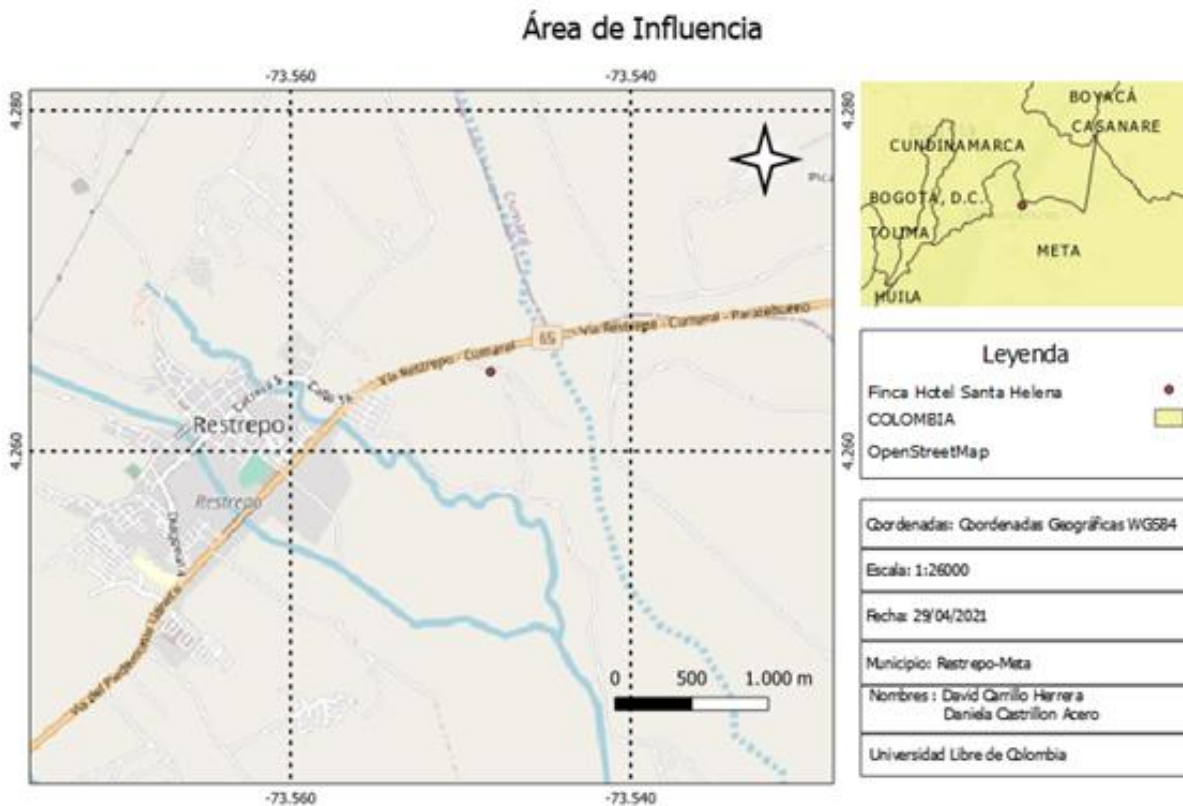


Figura 2. Mapa Área de Influencia

### 2.2. Características del proyecto

#### 2.2.1. Infraestructura Existente

En la Finca Hotel Santa Helena, se vienen desarrollando actividades turísticas y hoteleras desde el 2007 por lo cual existen construcciones adecuadas para suplir la demanda de turistas, esta cuenta con una construcción que consta de ocho habitaciones multifamiliares, es decir, de diferente acomodación según el grupo visitante, y dos cabañas pequeñas, cuenta con un salón de eventos

donde se encuentra el bar y la cocina, y finalmente una bodega para almacenamiento de camas colchones toallas etc.

Dentro de estos espacios mencionados anteriormente se encuentran los consumidores eléctricos, los cuales fueron tenidos en cuenta en el inventario de cargas para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico.

De punto de partida se tomó la visita a las instalaciones del hotel, allá fue posible determinar los espacios y recopilar la información necesaria para el correcto desarrollo del proyecto, a continuación, se muestra el mapa oficial de levantamiento del predio, donde se puede corroborar posteriormente los espacios y medidas de los techos en los cuales se implantarían los paneles y en los cuales se basó el ingreso de datos para la simulación en el programa PV-Sol.

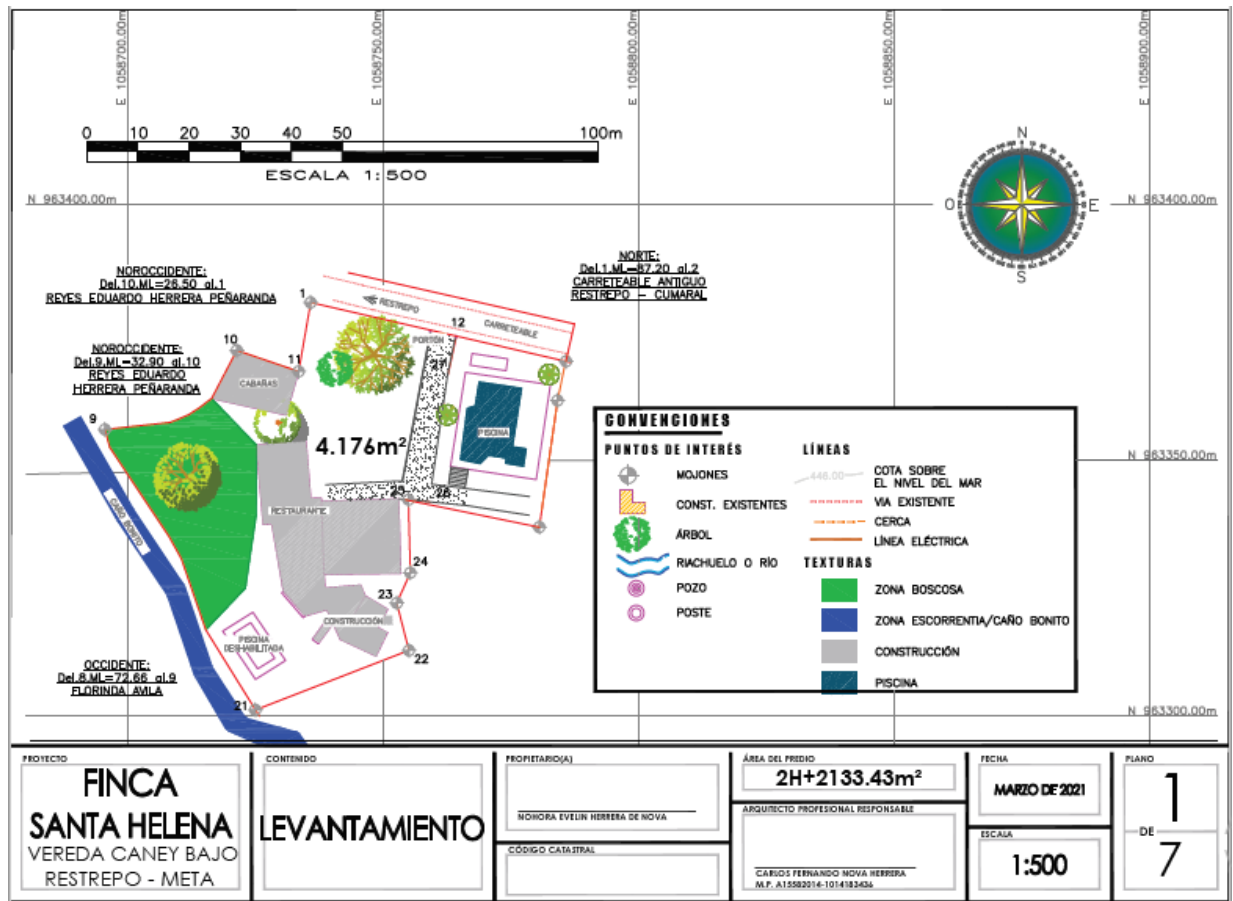


Figura 3. Levantamiento predio Finca Santa Helena (Propietarios Finca, 2021)

Revisando los espacios, la instalación es adecuada ya que posee el área suficiente para la instalación del sistema, además no va a ocupar espacios que estén libres sino por el contrario áreas ya ocupadas.

## 2.2.2. Fases del proyecto

### 2.2.2.1. Actividades Previas

En esta etapa, relacionada a la planificación, se constituye por las actividades de selección del sitio, ubicación de predios, georreferenciación de usuarios y levantamiento de necesidades en materia energética, así como la caracterización socioeconómica y ambiental, la elaboración o estructuración del proyecto de acuerdo con las metodologías exigidas por las entidades para su viabilidad.

#### 2.2.2.1.1. Caracterización biótica

- Zonas de Vida

Se encuentran presentes en la cuenca del Rio Guatiquia las zonas Andina, ecuatorial, paramuna y sub-andina, esta variedad debido a la cercanía del comienzo del llano a la cordillera, la zona que incluye a Restrepo y la finca hotel se divide en color rojo en el siguiente mapa:

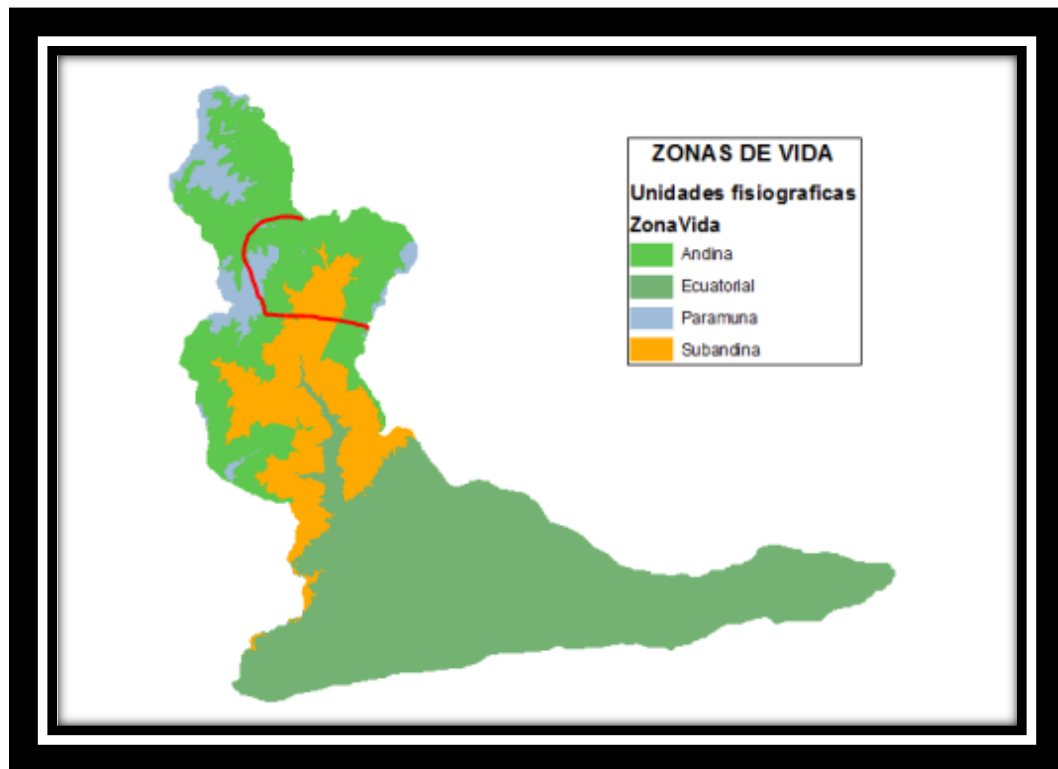


Figura 4. Mapa Zonas de Vida. (POMCA Rio Guatiquia)

En la zona que incluye al proyecto se identifica la presencia biótica de especies de las regiones: andina, sub andina y paramuna.

- Fauna

Existe una gran biodiversidad dentro de las instalaciones de la Finca Hotel Santa Helena, esta se compone principalmente de aves, reptiles, anfibios, y mamíferos salvajes que

habitan dentro del Hotel, esto debido a un mini-ecosistema que genera la cercanía a la corriente de agua Caño Bonito y la presencia del bosque protector.

Para tener una perspectiva más clara del panorama respecto a los animales que pasan y habitan el hotel, se realizaron avistamientos recorriendo las áreas verdes y boscosas, dentro y en los alrededores de la finca, además se recopiló información con los cuidanderos y propietarios de avistamientos a lo largo del tiempo, y se complementó con la información del POMCA del río Guatiquia a continuación, se presentan en la siguiente tabla la información recuperada.

Especie	Familia	Nombre Científico	Nombre común
Mamíferos	Didelphidae	Caluramys lanatus	Chucha Rata
	Myrmecophagidae	Vermilingua	Oso hormiguero
	Emballonuridae	Centronycteris maximiliani	Murciélago
		Peropteryx leucoptera	Murciélago
		Saccopteryx leptura	Murciélago
	Cebidae	Aotus Brumbacki	Mico Nocturno
	Muridae	Mus musculus	Ratón casero
	Hydrochaeridae	Hydrochaeris	Chigüiro
Reptiles	Iguanidae	Anolis chrysolepis	Iguana
		Ploca plica	Iguana
		Iguana Iguana	Iguana

	Boidae	Eunectes murinus	Güio Verde
	Teiidae	Tupinambis teguixin	Mato
	Typhlonectidae	Potomotyphlus kaupli	cecilia de rio
	Bufonidae	Bufo glanulosus	
		Dendrophryniscus	
		Atelopus minutulus	
Anfibios	Hylidae	Dendropsophus brevifrons	
		Hyla mathiassoni	
		Osteocephalus carri	
		Phyllomedusa hypocondrialis	
		Scinax kennedy	
		Trachycephalus venulosus	
Aves	Corvidae	Cyanocorax Violaceus	Pitico
	Icteridae	Gymnomystax Mexicanus	Turpial lagunero
	Fringillidae	Serinus canaria	Canario

	Cardinalidae	Passerina cyanea	Gorrión azul
	Ardeidae	Ardea Alba	Garza Blanca

Tabla 14. Taxonomía Fauna de la zona (Autores & POMCA Guatiquia).

- Flora

La biodiversidad de flora abunda también en el hotel, allí se encuentra gran variedad de especies del llano especialmente flores y debido al lecho de agua cercano, existe flora propia de bosque protector.

Lo anterior se relaciona a través de la siguiente tabla:

Nombres Científicos	Familia	Nombre Común
Psychotria sp.1	Rubiaceae	Café amargo
Inga sp.11	Mimosaceae	Guamo
Piper obliquum	Piperaceae	Limoncillo
Cyathea sp.	Cyatheaceae	Coacha
Virola sebifera	Myristicaceae	Anón Llanero
	Socratea exorrhiza	Palma de Agua
Urera Baccifera	Urticaceae	Ortigo muelón
n.n.2	Arecaceae	Palma Real
Protium cf. opacum	Burseraceae	Mango Silvestre
ssp.	Heliconiaceae	Heliconia

Tabla 15. Taxonomía Flora de la zona (Autores & POMCA Guatiquia)

### 2.2.2.1.2. Caracterización abiótica

- Suelo

Respecto al uso del suelo, no se realizará ninguna modificación ya que como se ha explicado, la instalación se realizaría sobre las construcciones designadas ya existentes, el grafico de uso de suelo se relaciona a continuación:

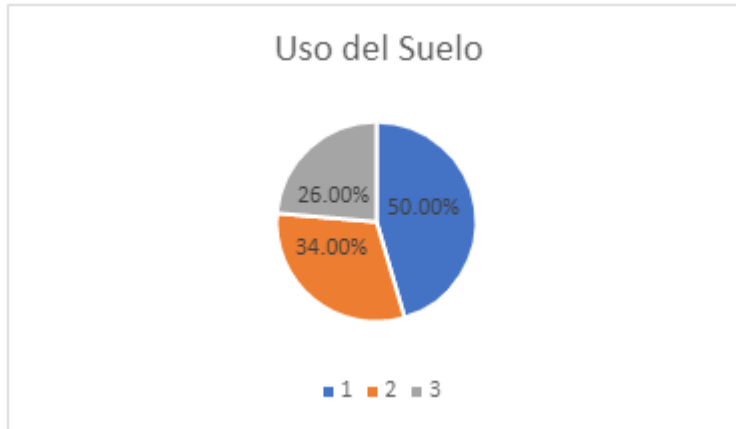


Figura 5. Uso del Suelo (Autores)

Los usos del suelo presentes en la finca en la actualidad representan aproximadamente el 50% destinado al turismo, el 34% de cobertura vegetal de bosque protector y el 26% restante está destinado a cultivo de frutales dentro de espacios abiertos como la piscina y ecoturismo.

- Agua

Se identifica en el plano del levantamiento un acuífero llamado Caño Bonito pasando por el lindero del hotel, y respecto a la calidad del agua del mismo, según los propietarios en décadas pasadas río arriba, trabajadores de marraneras vertían los desechos fecales de la limpieza de estas al caño, y gracias a acciones de la CAR no se presentan vertimientos actualmente, aun así, el acuífero no se encuentra completamente recuperado, se observaron en la visita de campo diminutos peces en el agua, significando la recuperación gradual natural después de varios años.



Figura 6. Mapa ubicación caño Bonito. (Propietarios de la finca)

- Aire

Según AccuWeather (2021) Restrepo cuenta con un ICA de 14 lo cual refleja que es una calidad excelente, las concentraciones más importantes de contaminantes son de Ozono son de aproximadamente 34 ug/m<sup>3</sup> y PM 2.5 con 7ug/m<sup>3</sup> pero estos no logran sobrepasar los límites de concentraciones máximas por contaminante.

- Paisajismo

La finca hotel está ubicada en el piedemonte llanero, esto significa que, a pesar de ser llano, por su cercanía a la cordillera se cuenta con apreciables cambios entre relieve y planicie, entre llano y sabana, donde dos climas distintos crean un sub-clima agradable, húmedo y de amplia naturaleza verde.

### 2.2.2.1.3. Caracterización socioeconómica

- Disponibilidad de servicios públicos

La finca y las zonas aledañas cuentan con disponibilidad los servicios de agua, electricidad, sanidad y en el último año se ha venido expandiendo el internet ruralmente, a pesar de los inconvenientes que suele tener la red eléctrica del meta en ese sector, todo el área cercana cuenta con disponibilidad de acceso a la electricidad y los servicios de agua, alcantarillado en la zona urbana, recolección y disposición de residuos sólidos, prestan un adecuado servicio con una gran zona de acogimiento.

- Demanda Socioeconómica

Para tener una idea general sobre la disponibilidad de personal al momento de ejecutar el proyecto y sus condiciones sociodemográficas, es necesario conocer el entorno completo para determinar por medio de una zonificación por barrios o sectores, de acuerdo a esto se presenta la siguiente tabla indicando la demanda de cada sector urbano y rural de Restrepo-Meta.

Restrepo	Cabecera Municipal Restrepo	15	9	24	Zona de demanda socioeconómica ALTA
Restrepo	Caney Alto	9	11	20	Zona de demanda socioeconómica MEDIA
Restrepo	Caney Bajo	8	13	21	Zona de demanda socioeconómica MEDIA
Restrepo	Choapal	8	13	21	Zona de demanda socioeconómica MEDIA
Restrepo	San Isidro	8	11	19	Zona de demanda socioeconómica



Restrepo	Sardinata	6	13	19	Zona de demanda socioeconómica MEDIA
Restrepo	Salinas	7	11	18	Zona de demanda socioeconómica MEDIA
Restrepo	Restrepo	6	11	17	Zona de demanda socioeconómica BAJA
Restrepo	Brisas del Upín	5	11	16	Zona de demanda socioeconómica BAJA
Restrepo	Marayal	6	10	16	Zona de demanda socioeconómica BAJA
Restrepo	Balcones	8	7	15	Zona de demanda socioeconómica BAJA
Restrepo	La Floresta	5	10	15	Zona de demanda socioeconómica BAJA
Restrepo	Los Medios	5	9	14	Zona de demanda socioeconómica BAJA
Restrepo	Vega Grande	4	11	15	Zona de demanda socioeconómica BAJA
Restrepo	Puente Amarillo	8	5	13	Zona de demanda socioeconómica BAJA
Restrepo	Miralindo	6	7	13	Zona de demanda socioeconómica BAJA
Restrepo	San Jorge	4	9	13	Zona de demanda socioeconómica BAJA
Restrepo	Santa Cecilia	4	6	10	Zona de demanda socioeconómica MUY BAJA (No Significativa)
Restrepo	Santa Lucía	5	5	10	Zona de demanda socioeconómica MUY BAJA (No Significativa)
Restrepo	Caibe	3	6	9	Zona de demanda socioeconómica MUY BAJA (No Significativa)

Tabla 16. Demanda socioeconómica por zonas [46]

Como se puede observar en la anterior tabla, Caney bajo que la vereda es donde está ubicada la Finca Hotel Santa Helena posee una demanda socioeconómica media, esto indica que existe una densidad mediana donde se desarrollan diferentes actividades rurales y se presencian distintos tipos de impactos, además promete una fuerte proyección a futuro de desarrollo y expansión de actividades socioeconómicas.

### 2.3. Adecuación y Construcción: instalación de la infraestructura.

La segunda es la etapa de construcción, en el cual se preparará el área, se instalará la infraestructura correspondiente.

- Preparación del área: modificación de techos para soldadura de estructura de paneles a vigas, excavaciones y demoliciones para la conexión a la red interna.
- Traslado de equipos: El equipo será transportado por las vías de acceso existentes, evitando la apertura de caminos o trochas.

#### 2.3.1. Operación del sistema

La instalación y proceso de puesta en funcionamiento:

- Puesta en marcha: El funcionamiento de los equipos se producirá una vez sistema eléctrico esté completamente instalado.
- Limpieza y recuperación: Los residuos sólidos y los escombros generados durante las actividades de construcción serán recolectados y dispuestos en un almacenamiento temporal para su posterior envío a un gestor ambiental (acorde con el tipo de desecho).

### 2.3.2. Mantenimiento

- **Mantenimiento de rutina:** El mantenimiento se realiza generalmente a toda la infraestructura del servicio e inspeccionando sus sistemas eléctricos, de control y de mecánica en la matriz, con la frecuencia definida por el estructurador en el plan de mantenimientos y limpieza general que se realiza únicamente con agua y secado con membrana.
- **Mantenimiento no planificado de las instalaciones:** Se realiza por fallas inesperadas en el sistema, estas reparaciones pueden ser llevadas por un solo grupo técnico. Los estándares ambientales a considerarse serán los vigentes a la fecha de la ejecución de esta fase, cumpliendo con los requisitos técnicos - administrativos de la Autoridad Ambiental competente.

## 3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para llevar a cabo el análisis de resultados, fue necesario establecer los datos necesarios para lograr los objetivos del proyecto, es debido a esto que se planeó de manera ordenada un plan para obtener los datos necesarios que orientaran los resultados obtenidos en calidad de obtener trabajo direccional.

### 3.1. Dimensionamiento

#### 3.1.1. Inventario

En el anexo 1. Se presenta el conteo de equipos, realizado en las instalaciones de la Finca Hotel Santa Helena, donde a partir de este se determinó la demanda energética anual, con la cual se dio el punto de partida, para ingresar los datos requeridos para la simulación.

Con base en lo anterior, el resultado obtenido fue de 6599 KW/año.

#### 3.1.2. Selección de equipos

De acuerdo con la información recolectada por medio de bibliografía se pudo obtener que:

- **Modulo Fotovoltaico:** Se eligió el *Panel Solar Trina Solar 240W Monocristalino*, porque posee un costo acorde y su descripción fue apta. Su funcionamiento se verá reflejado en la simulación.
- **Conexión de módulos:** Se eligió conectar las celdas en serie para aumentar el voltaje, las celdas deben de ser de las mismas características en corriente.
- **Regulador de Carga:** Se eligió el regulador MPPT es capaz de aprovechar al máximo un panel fotovoltaico de tensión muy superior al banco de baterías y, por lo tanto, permite producir más energía.
- **Inversores:** Se eligió el Inversor de Conexión a Red FRONIUS Galvo 1.5-1 1.5kW, debido a que es un inversor monofásico de conexión a red. Es idóneo para viviendas y gracias al relé de gestión de la energía que lleva integrado, permite la maximización del autoconsumo, además de poderse instalar en interiores o exteriores gracias a su protección

IP55 y también puede interconectarse con la red eléctrica sin necesidad de baterías, esto permite que sea una instalación más económicas y rentables a largo plazo.

- **Baterías:** Se eligió la Batería Fronius International de 1.5 KW, es AGM (Absorption Glass Mat), esta funciona mediante absorción de ácido, mejor y más rápido, a través de placas de plomo.

### 3.1.3. Meteorología

La meteorología es una parte fundamental de este proyecto, debido a que con en estos factores previos, y el análisis respectivo de cada variable se puede sustentar de manera estadística y lograr resultados óptimos con la instalación fotovoltaica que se planea instalar.

- **Radiación Solar Global y Difusa Mensual Multianual**

Se estudió la radiación solar como parámetro fundamental para el diseño y el adecuado funcionamiento de la instalación fotovoltaica, además de otorgar cantidades de viabilidad de la instalación de esta, ya que una radiación muy baja no cumpliría los parámetros mínimos energéticos, lo cual puede ocasionar pérdidas financieras por la instalación.

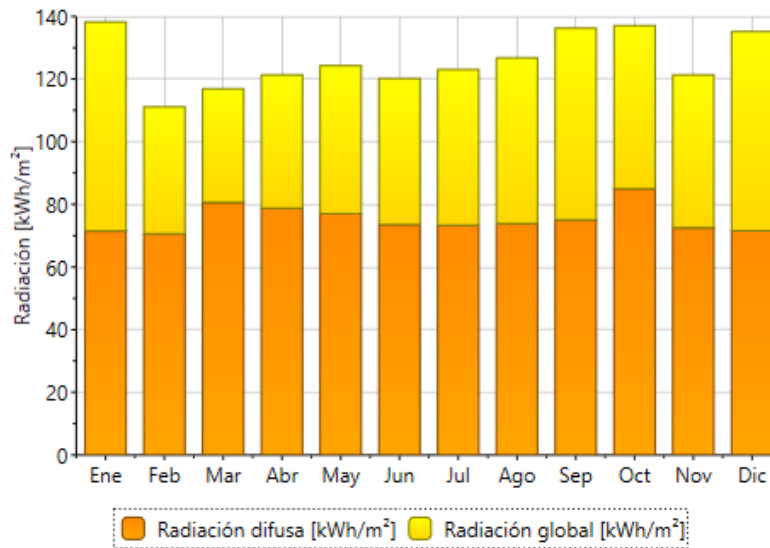


Figura 7. Grafica Radiación Solar Global y Difusa Mensual Multianual

De acuerdo con la figura, se puede observar que la radiación mayo, junio, julio y septiembre se registra la mayor radiación y horas sol pico, y los meses de menor radiación son marzo y noviembre. Para determinar cuántas horas sol pico recibirá el sistema fotovoltaico: se toman los datos de cada mes y se divide en 12, el resultado obtenido es: 6.83 horas sol pico promedio. Teniendo los datos de las cargas, el promedio de Wh/día y el registro de las horas pico solar del lugar, se inicia el dimensionamiento del sistema fotovoltaico, en cuanto a inversor, controlador y cableado.

A partir de la radiación solar se puede calcular la cantidad de energía que se produce en un tiempo determinado, y con este saber cuánta electricidad se producirá. Y la información de temperatura,

precipitación, duración de insolación, etc, son necesarias para para llevar a cabo la simulación. Esta información se encuentra en el informe completo que se produce por medio de la aplicación de PV\*SOL, para más adelante producir la simulación.

- **Radiación Global Diaria Multianual**

La radiación global diaria permite en este proyecto conocer la cantidad de energía totalizada entre la radiación directa e indirecta siendo directa la recibida directamente de la atmosfera sin nubes e indirecta, como la radiación que alcanza a pasar por estas nubes, esta radiación se presenta gráficamente para el caso del proyecto donde se encuentran valores interesantes de radiación global incidente en las coordenadas de la finca hotel.

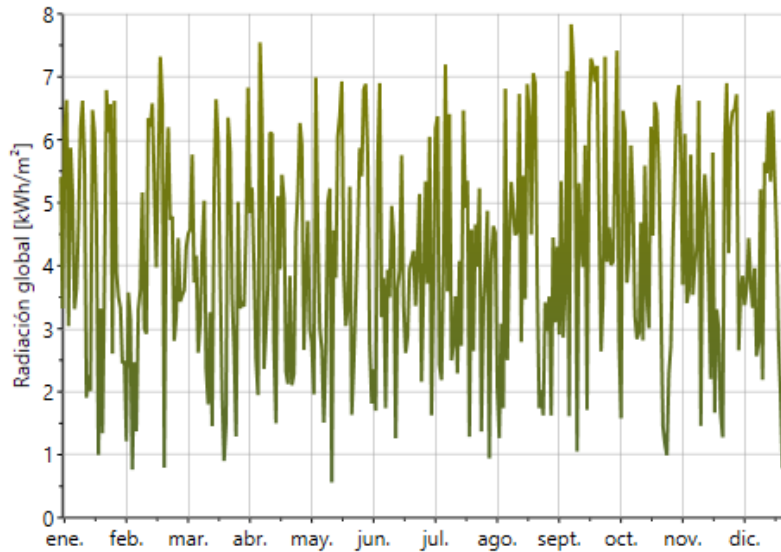
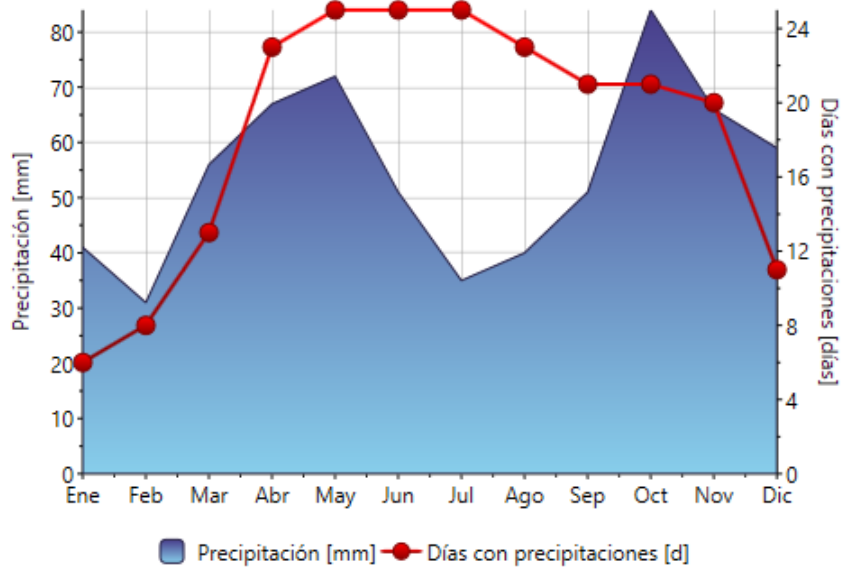


Figura 8. Gráfica Radiación Solar Global Diaria Multianual. (Autores)

La radiación global diaria multianual con datos tomados de las estaciones meteorológicas del IDEAM muestra una variabilidad de datos amplia desde 0.5 kWh/m<sup>2</sup> hasta unos 7.8 kWh/m<sup>2</sup> como máximo, y con una media de aproximadamente 3.8 kWh/m<sup>2</sup> muestra un alto potencial energético aprovechable diario, predisponiendo de manera directa la modelación de los paneles y garantizando una viabilidad en la instalación fotovoltaica.

- **Precipitación Media Mensual Multianual**

La precipitación indirectamente permite conocer el comportamiento aproximado de la nubosidad en el lugar de estudio, parámetro que afecta directamente la radiación solar potencial de aprovechamiento.



Días del Mes con precipitaciones

Figura 9. Gráfica Precipitación Mensual Multianual. (Autores)

Para el mes de peor escenario de precipitación de puede observar que es aproximadamente en octubre, y los días con mayor precipitación son muy similares, en mayo, junio y julio. Aunque esto no es del todo malo, debido a que esto permite que se limpien más seguido del polvo y suciedad que se pueda acumular en la superficie de las celdas.

- **Temperatura Mensual Multianual**

Se puede observar que en los meses de enero, febrero y agosto se presenta la temperatura más alta del año

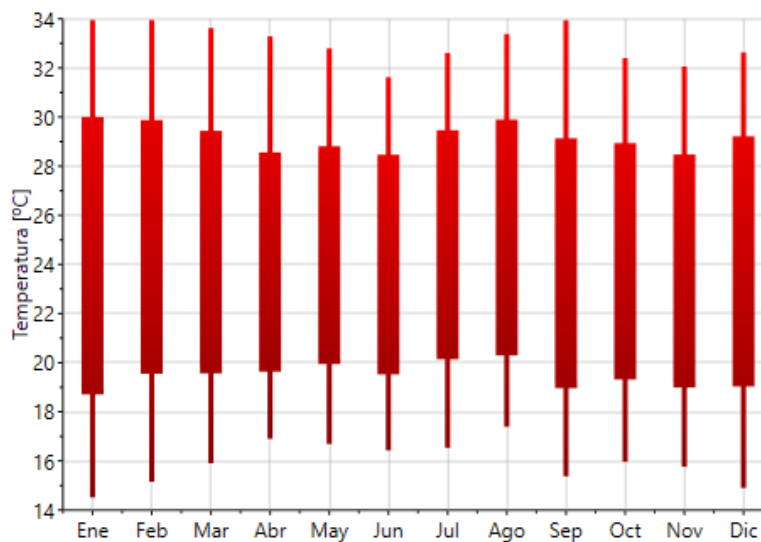


Figura 10. Gráfica Temperatura Anual Multianual. (Autores)

- **Temperatura Diaria Multianual**

La temperatura diaria expresa valores en rangos de temperatura durante el día a lo largo de los meses del año, con estos valores es posible conocer que variabilidad de temperatura existe en el día y como esto afecta al funcionamiento del sistema fotovoltaico.

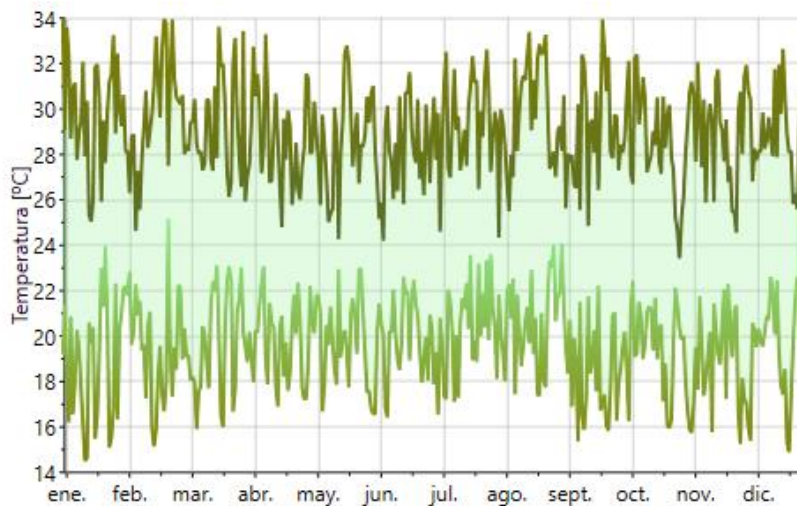


Figura 11. Gráfica Diaria Multianual. (Autores)

En la gráfica se observa un comportamiento modal con las mayores temperaturas registradas en las temporadas de verano que son en los meses de noviembre a febrero y de mayo hasta agosto, con una temperatura promedio anual de 24.2 Grados Centígrados.

### 3.1.4. Dimensionamiento

Para llevar a cabo este dimensionamiento se requirió realizar:

- **Definición de Cargas del Hotel**

Para el establecimiento de la demanda del hotel fue necesario realizar un conteo in situ de todos los artefactos que generen un consumo de energía eléctrica en kW, para luego computarlos con el voltaje que requiere su uso y establecer la medida de demanda total del hotel que en total fueron 31,900 kW/año. Este se puede encontrar en Anexos 1.

- **Simulación del Sistema**

Para lograr entender el funcionamiento del sistema fue necesaria la utilización del software PV\*SOL, mediante el cual se realizó una simulación con los datos obtenidos anteriormente, ubicando la cantidad de paneles necesaria, la determinación del área de operación, esto para partir de base, para comenzar a evaluar los impactos ambientales que tendrá la instalación del sistema fotovoltaico. A continuación, se puede observar cómo se realizó la simulación con el potencial que tiene la Finca Hotel, para luego ser adaptada al potencial que necesitamos a partir de:

- Definición de espacios aptos y modelación de las instalaciones

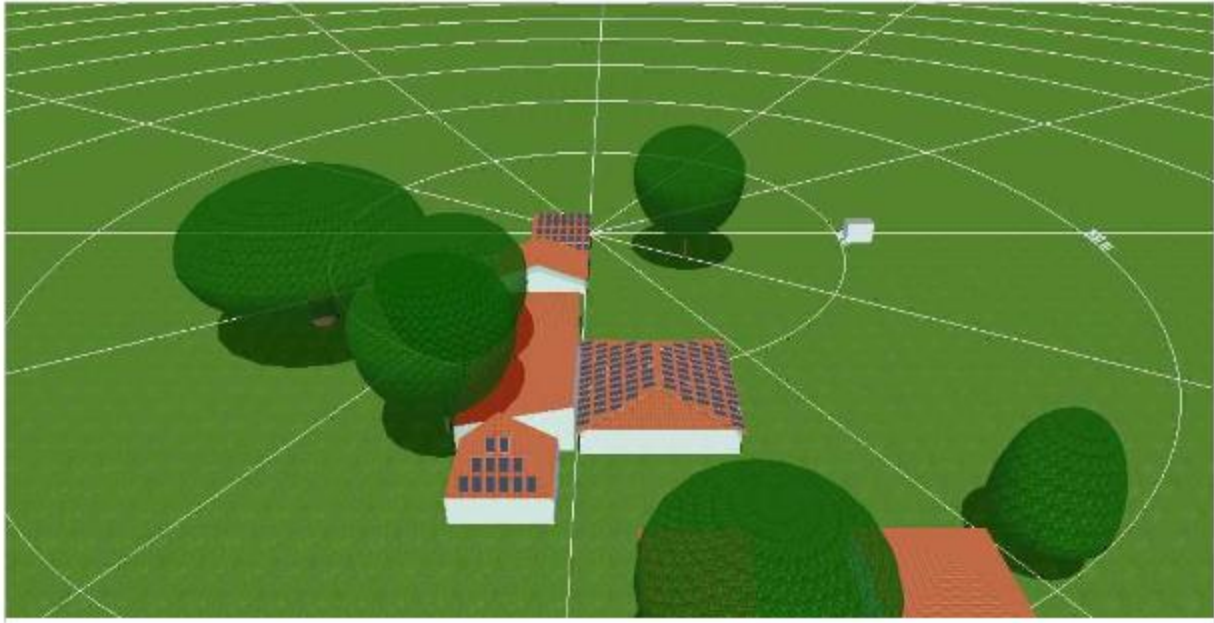


Figura 12. Visualización 3D Localización Paneles y Finca Georreferenciada

En esta imagen se presenta la modelación de las edificaciones de la finca hotel, luego de comprobar medidas en campo de las instalaciones, así como las áreas de techo disponibles para la ubicación del sistema fotovoltaico, simulando las sombras y potencial energético de cada panel respecto a esta simulación de sombras a lo largo del año.

- Conexión de módulos de techos a la red interna

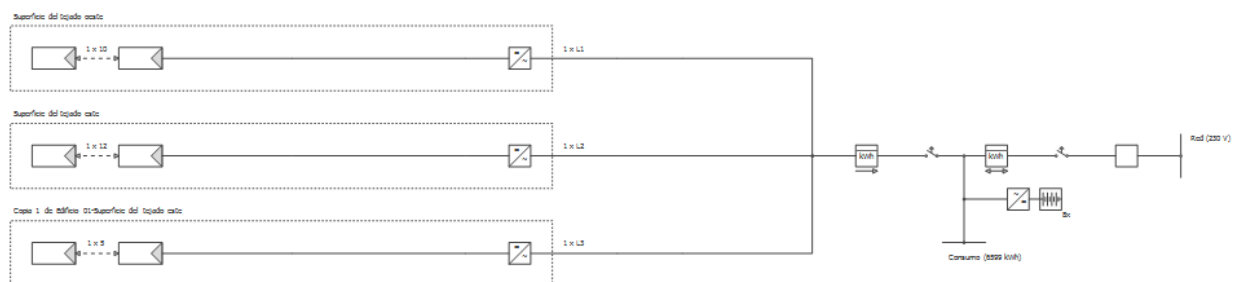


Figura 13. Esquema red eléctrica de conexión de paneles baterías, y la red eléctrica pública

En este esquema, se muestra el sistema mixto con el cual se estableció el parámetro para iniciar la modelación, ya que, en virtud de la necesidad que posee la finca hotel de una constante energía eléctrica y no entorpecer el servicio que se presta en este espacio.

Por otra parte, la red eléctrica sería aplicada como alternativa al sistema fotovoltaico, como se ve en la imagen, ya que dado el caso de que este no supla las necesidades, o haya un aumento en el consumo en un momento dado (como un evento) de manera excesiva, de este modo y desde el



punto de vista de la sostenibilidad, se opta por el sistema mixto para evitar futuros inconvenientes por este tipo de eventos.

- Análisis Producción- Consumo

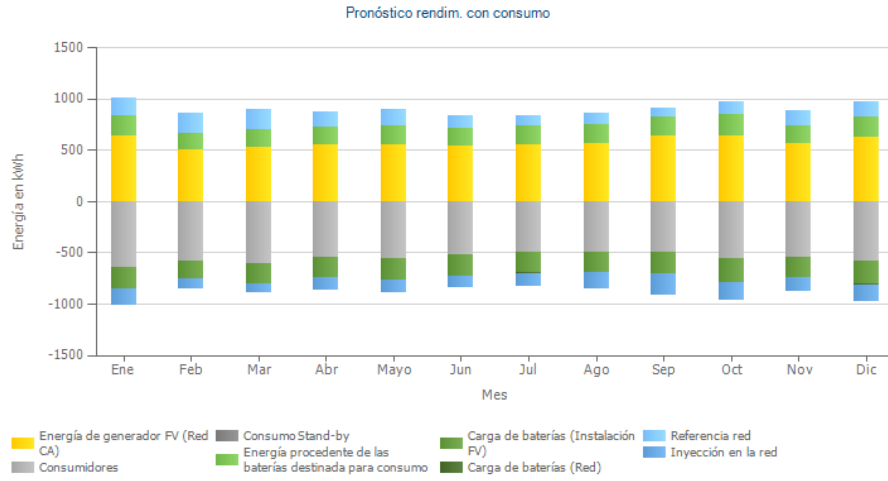


Figura 14. Pronóstico de rendimiento con consumo

A continuación, el gráfico indica la relación que existe entre la producción fotovoltaica del sistema y la demanda de consumo de la electricidad generada, la cantidad de energía consumida por la red eléctrica, además de la carga de la batería a lo largo de los meses del año, aquí se puede observar que el sistema responde de manera excelente debido a las condiciones meteorológicas de radiación y horas de luz, además el sistema reemplaza gran parte de la energía de la red, lo cual aporta beneficios económicos y funcionales al proyecto.

- Análisis de condiciones meteorológicas ante los paneles



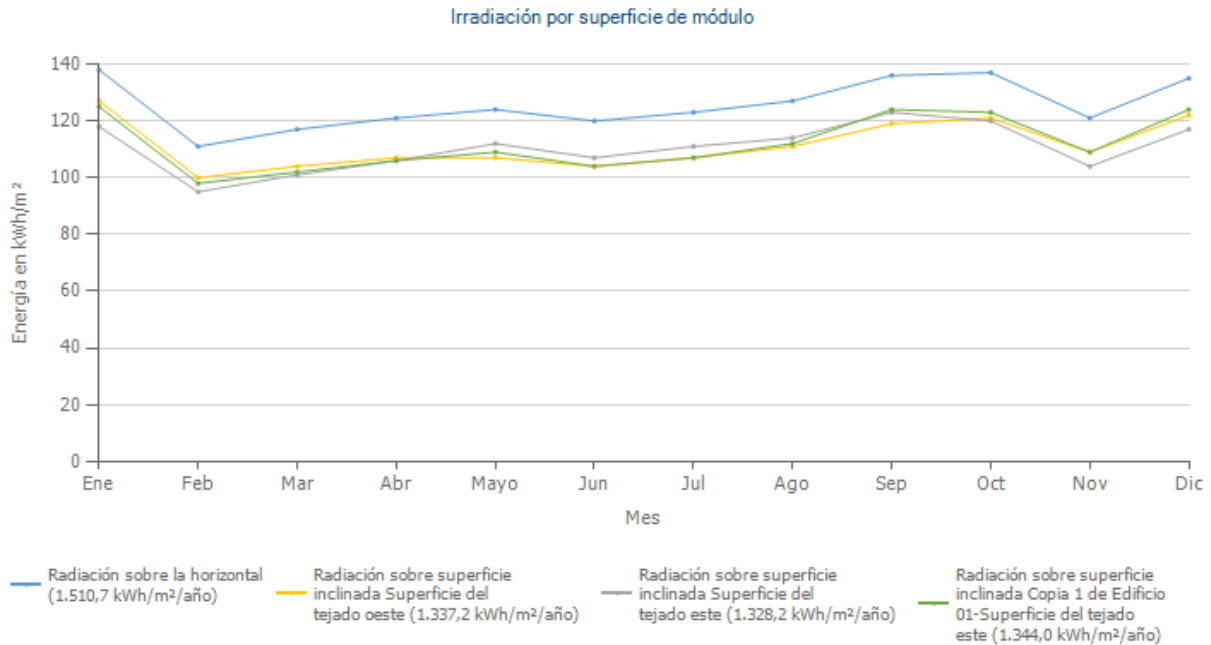


Figura 15. Irradiación Superficie por modulo

En esta grafica se puede apreciar la irradiación en kWh/m<sup>2</sup> respecto a cada techo de las edificaciones utilizadas, calculando mes a mes el valor irradiado y finalmente ofrece un promedio anual de cada techo, a partir de los datos proporcionados de radiación solar en la modelación.

Todos los techos poseen un promedio considerablemente apto para suplir la demanda eléctrica de la finca hotel, a pesar de que el techo de una cabaña no produce la misma energía que los otros, debido a su proximidad con árboles que generan una amplia sombra, aporta sin embargo la energía suficiente para que el sistema sea eficiente y se resuelva la problemática que posee el hotel respecto a la presencia intermitente de energía.

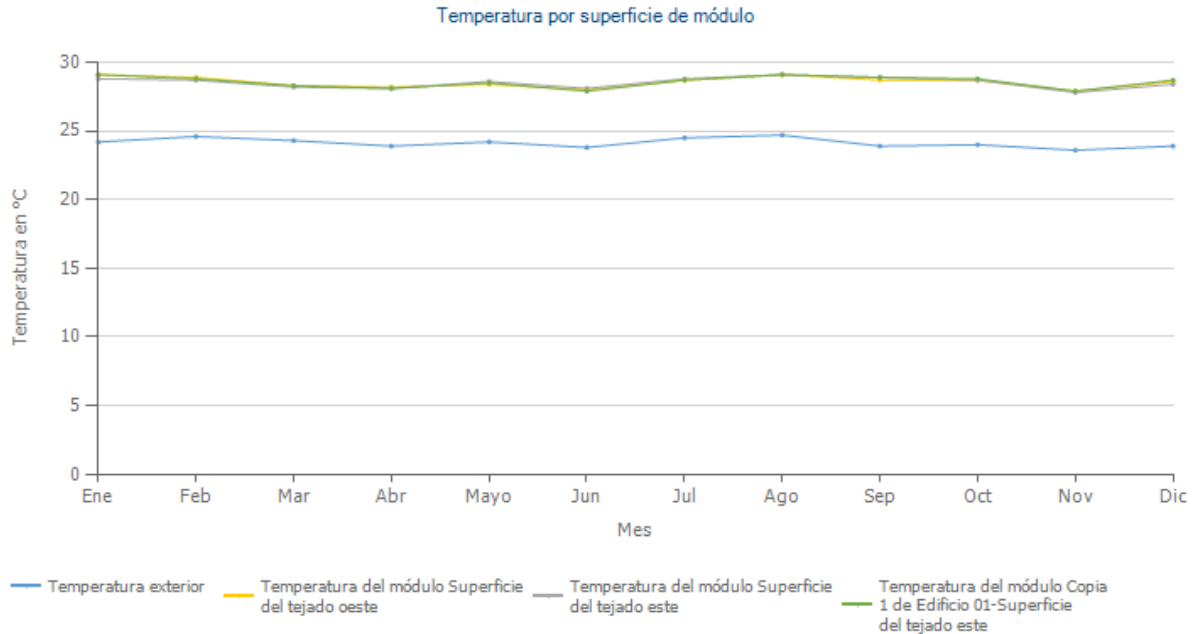


Figura 16. Temperatura por superficie de módulo

En este gráfico, se refleja a partir de los datos meteorológicos de temperatura encontrados para determinar la temperatura que incide a lo largo del año en cada techo instalado, ya que esto permite definir si el sistema es viable debido a las altas temperaturas que maneja recibiendo radiación solar directamente, perdiendo eficiencia y produciendo posibles daños al sistema fotovoltaico.

Aquí se muestran como la temperatura promedio mensual esta levemente por debajo de la temperatura de los paneles, con un máximo de 5 o 6 grados más que la temperatura ambiente, lo cual beneficia el sistema y sigue aumentando la probabilidad de éxito de este.

### 3.1.5. Balance Económico

De acuerdo con lo obtenido por medio de la simulación, esta realiza un análisis del balance económico, nos muestra que al sexto año habría una amortización de la inversión y en el año 26 habría logrado una ganancia de \$150.000.000, esto debido al ahorro simulado de la cuota mensual de la red eléctrica la cual se dejó de pagar el 80% de la cuota mensual promedio que llegaba a los \$900.000 pesos mensuales, entonces durante el tiempo de vida del sistema este fue el mayor ingreso al ser simulado anualmente según lo anterior genera un ahorro de pago a la red de \$8'640.000, lo cual se puede utilizar para amortizar la inversión y costear los imprevistos.

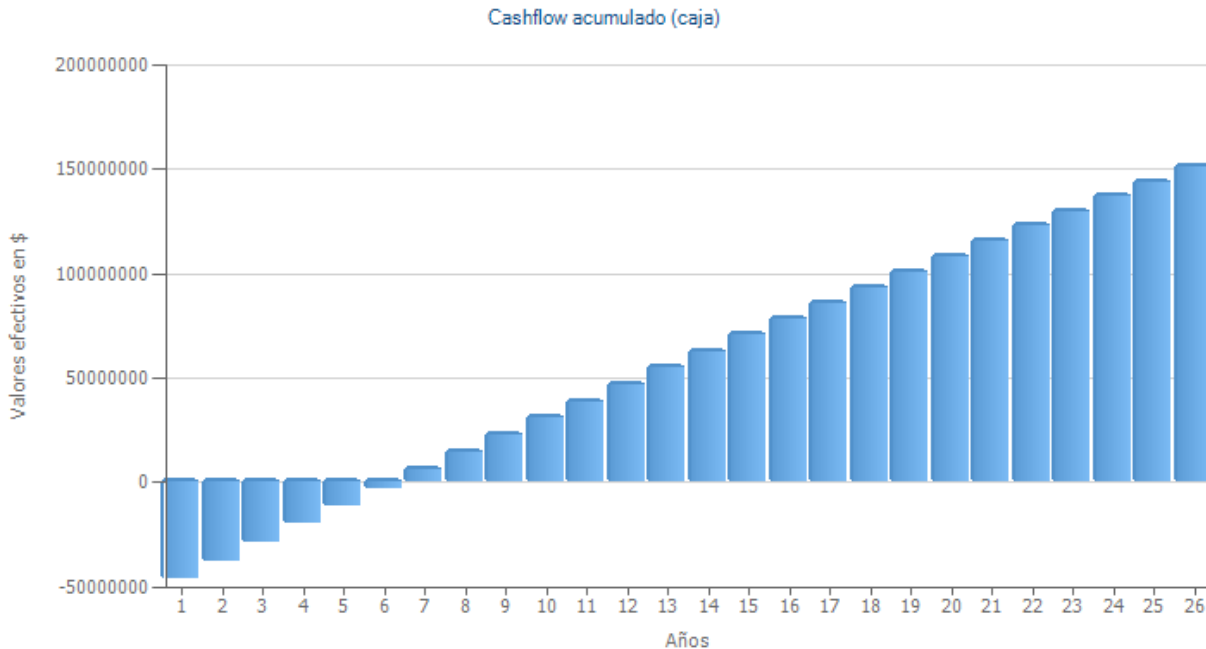


Figura 17. Flujo de caja de la inversión al sistema

### 3.2. Caracterización de los Efectos Positivos y Negativos de la Instalación Fotovoltaica en la Finca Hotel Santa Helena

#### 3.2.1. Construcción

##### a. Identificación de Impactos Ambientales en el Medio Abiótico

- **Disminución de Calidad del Recurso Hídrico Superficial y Aguas Subterráneas**

Existe una alta probabilidad de presentarse una disminución de la calidad del recurso hídrico, esto debido a que en el área indirecta del proyecto se encuentra un Río conocido como Caño Bonito, el cual está a una distancia considerable puede verse afectado por la utilización de agua en las mezclas para la producción de concreto, por una disposición inadecuada e incontrolada de desechos en el lecho del río por parte del personal que este ejecutando la obra, otra posible causa puede ser por el indebido uso de la maquinaria requerida para la construcción o por algún derrame presentado por la falla en la maquinaria.

- **Diseño del Paisaje**

Este se verá afectado, debido a que se debe utilizar varios equipos y materiales como palas, picas, tubos, maquinaria pesada para la instalación de los equipos necesarios para el sistema fotovoltaico, afectando el diseño del paisaje que tiene actualmente por el desorden visual que en general una obra genera.

Sin embargo, esta es una modificación necesaria para la ejecución del proyecto, pero si esta se plantea a lo largo del tiempo, no tiene mayor extensión, es decir, esta modificación durará hasta que la obra culmine y se realice el respectivo aseo del sitio de ejecución.

- **Generación de Material particulado por Cortes en Obra y gases tóxicos por soldadura y fabricación de paneles**

Es un hecho que cualquier intervención sobre las superficies construidas generan polvo, es decir, material particulado, este se produciría en la ejecución del proyecto cuando se realicen los procesos de corte de estructura, cortes de bloques y demoliciones que se generen en el momento de efectuar la obra las cuales son necesarias.

Este impacto se produciría por instantes ya que el corte no es constante y a pesar de tener una alta intensidad, debido a que es un espacio abierto no se generaría acumulación, la cual es perjudicial para los seres vivos lo cual demuestra la aptitud del espacio elegido para la adecuación.

- **Ruido por Construcción y Maquinaria**

Los ruidos emitidos por los cortes, por los golpes, por la caída de materiales, entre otras posibilidades, generan contaminación al aire en cuanto a sonidos no deseados por las personas cercanas, de acuerdo con esto, aplicado a las posibilidades del proyecto se resolvería que pueden ser muy momentáneos los ruidos, y si llegan a ser constantes, no tendrían una duración importante.

- **Extracción de material pétreo**

La extracción de material pétreo, en este caso, el municipio de Restrepo es surtido con arena proveniente del río Upin, para la realización de mezclas para la aplicación de concreto, sin embargo, el proyecto no se utilizaría una cantidad mayor a una volqueta que equivale a 7 m<sup>3</sup> de arena, por lo cual se tiene una baja intensidad y no se crearan grandes afectaciones al caudal del río ni al lecho en general.

- **Contaminación de Suelos por escombros**

En general dentro del ámbito rural, es común desechar el escombros de las obras en cualquier lugar disponible del predio, es por eso que se tiene en cuenta la variable, aunque dentro del proyecto no se realizaran muchas demoliciones es por eso que tampoco posee una intensidad importante, sin embargo, se debe buscar realizar la correcta disposición de estos residuos.

- **Compactación por movilización de maquinaria y equipos**

La compactación se generaría por la movilización del camión grúa y volquetas para realizar rápidamente la intervención en el techo, de esta manera el tiempo que transcurriría de la obra se aceleraría ya que esta maquinaria acelera el proceso de montaje de estructura metálica para el soporte de los paneles solares.

## **b. Identificación de Impactos Ambientales en el Medio Biótico**

- **Desplazamiento de Aves por Ruido**

Como consecuencia del apartado de ruido del medio abiótico en el factor Aire, se generaría el desplazamiento de especies de aves que recorren la zona según la temporada en que se realice la obra, nuevamente se resalta que no tiene una permanencia el ruido por lo cual puede tener una rápida recuperación del factor ambiental.

- **Disminución de la capacidad de absorción de nutrientes e hídrica por escombros**

La flora de la finca Hotel puede afectarse puntualmente si se realiza la disposición del escombro directamente al suelo útil o cerca a cualquier planta, llegando a acabar con la vida de esta secando sus raíces por la cantidad de material denso particulado con propiedades de absorción hídrica interactuando en el medio del suelo, en el cual a futuro podría generar problemas de erosión. Sin embargo, el proyecto no generaría una importante cantidad de escombros por lo cual tal afectación debe ser tenida en cuenta para el plan de gestión de residuos del proyecto.

**c. Identificación de Impactos Ambientales en el Medio Socioeconómico**

- **Generación de Empleos**

De acuerdo con la caracterización realizada en Restrepo, es altamente posible conseguir personal para trabajo en obra, contribuyendo al desarrollo social, cultural y económico del pueblo ya que los elegidos aprenderán nuevas técnicas para promover su desarrollo personal y profesional.

El proyecto generaría alrededor de cinco empleos por un periodo de tiempo de máximo cuatro meses.

**3.3. Matriz de Identificación de Impactos en Etapa de Construcción**

MATRIZ MIIA (CONSTRUCCION)															
FACTOR		Impacto	IN	E	M	P	R	SI	AC	EF	PR	RC	S	I	Tipo
Abiótico	Agua	Disminución de calidad del Recurso Hídrico	2	1	0	4	1	1	1	1	4	4	-	24	Irrelevante
		Contaminación de Aguas Subterráneas	2	1	0	4	1	1	1	4	4	1	-	24	Irrelevante
	Paisajismo	Diseño del paisaje	8	1	2	1	1	1	1	4	4	2	-	42	Moderado
	Aire	Generación de Material particulado por cortes en obra y gases tóxicos de soldadura	4	1	1	1	1	1	1	1	2	1	-	23	Irrelevante
		Ruido por construcción y maquinaria	3	1	2	1	1	2	1	1	4	1	-	24	Irrelevante
	Suelo	Extracción de material pétreo	2	2	2	1	1	1	1	1	2	2	-	21	Irrelevante
		Contaminación de Suelos por escombros	2	1	4	1	1	2	1	1	1	4	-	22	Irrelevante
		Compactación por movilización de	2	1	4	1	2	1	4	1	2	4	-	24	Irrelevante

		maquinaria y equipos													
Biótico	Flora	Disminución de la capacidad de absorción de nutrientes e hídrica por escombros	3	1	1	4	2	1	1	1	2	4	-	24	Irrelevante
	Fauna	Desplazamiento de aves por ruido	8	2	4	1	1	2	2	1	4	2	-	31	Moderado
Socio-económico	Social	Generación de Empleos	5	1	4	2	0	1	1	1	2	1	+	29	Moderado

Tabla 17. Matriz MIIA Etapa de Construcción. (Autores)

De acuerdo a la matriz anterior, se identificó que los mayores impactos negativos se generan sobre el paisaje y la fauna específicamente las aves, y el empleo que en este caso sería un impacto positivo a la comunidad de la vereda y municipal. De acuerdo a los impactos negativos y los involucrados cerca del límite permisivo es decir que se encuentran en 24 o 23 que en general hacen referencia a las actividades de manejo de residuos de construcción por lo cual se implementarían planes de mitigación de estos impactos con fin de prevenir la contaminación de los factores ambientales determinados anteriormente.

### 3.4. Operación

#### a. Identificación de impactos ambientales en el medio abiótico

- **Contaminación de aguas subterráneas**

Se tuvo en cuenta este impacto ambiental, con fin de prevenir al máximo cualquier emergencia que se presente con las baterías, de modo que se prevenga al máximo el riesgo de estas sustancias al suelo que finalmente se drena a las aguas subterráneas en caso de una fuga o un fallo en las baterías terminando en una fatalidad. Se debe tener en cuenta que cada 6 años se debe realizar compra de baterías por lo cual es necesario realizar una disposición correcta de las antiguas.

- **Contaminación de aguas superficiales**

Este apartado que sería un escenario devastador, puede producirse por una mala disposición de las baterías, ya que un personal a cargo del sistema no informado, puede disponerlas en el río cercano para deshacerse de ellas, sería un caso que se debe evitar al máximo por medio de planes de capacitación de los empleados a cargo.

- **Diseño del Paisaje**

La modificación del paisaje no será espaciosa, pero si modificara el color de los techos donde se implementaría el sistema fotovoltaico, ofreciendo un aspecto moderno y más armónico con la naturaleza a diferencia de las tejas antiguas existentes, lo cual beneficiaría el aspecto del hotel y atraer de esta manera más público turístico a conocer las atracciones que ofrece el hotel.

- **Alteración de Propiedades Químicas del Suelo**

Se tuvo en cuenta esta alteración ya que un escenario común en el cambio de baterías por un personal sin capacitar o nuevo, puede desecharlas en la recolección municipal y finalmente ser

llevada al relleno sanitario donde dejará la batería todo su rastro toxico de metales pesados de litio, es por esto que, para evitar una cadena de eventos secuenciales, consecuencia de este impacto, se debe prevenir el acto generador por medio de instrucciones y planes de capacitación en el tema.

**b. Identificación de Impactos Ambientales en el Medio Biótico**

- **Extinción de fauna acuática**

Este impacto de tipo catástrofe, sería consecuencia de la actividad descrita anteriormente de la disposición en un lecho de agua cercano y se relaciona directamente con el impacto de contaminación de aguas superficiales, ya que en estos cuerpos de agua habita fauna, y que aún mas se encuentra en recuperación natural de antecedentes de contaminación. Se tuvo en cuenta la toxicidad del contaminante, en la intensidad de impacto para valorarlo correctamente y hacer las medidas correctivas necesarias para evitar que se genere.

**c. Identificación de impactos ambientales en el medio socioeconómico**

- **Económico**

Luego de la inversión, anualmente se espera que el ahorro energético en el recibo de luz se convierta en ganancia a partir del 6to o 7mo año de operación de los paneles, es un periodo de retorno muy bueno ya que la instalación se proyectó según la vida útil de los paneles solares que es de 25 años, lo cual al cabo de todo este tiempo duplicaría el valor total invertido.

**3.4.1. Matriz de identificación de impactos en etapa de operación**

MATRIZ MIIA (OPERACION)															
FACTOR	Impacto	IN	E	M	P	R	SI	AC	EF	PR	RC	S	I	Tipo	
Abiótico	Agua	Contaminación de aguas subterráneas	10	1	1	4	4	2	4	4	1	4	-	56	Severo
		Contaminación de aguas superficiales	10	4	2	4	4	2	4	4	1	4	-	65	Severo
	Paisajismo	Diseño del paisaje	3	1	4	4	2	1	4	4	4	2	+	36	Moderado
	Suelo	Alteración de propiedades químicas del suelo	10	1	1	4	4	2	4	4	1	4	-	56	Severo
Biótico	Fauna	Extinción fauna acuática	10	4	2	2	4	2	2	2	1	2	-	55	Severo
Socioeconómico	Económico	Disminución de recibo mensual de energía	8	1	4	4	1	1	4	4	4	1	+	49	Moderado

Tabla 18. Matriz MIIA Etapa de Operación. (Autores)

De la matriz se puede determinar que los todos los impactos contemplados en los factores biótico la fauna y en el abiótico el suelo, y agua en general, son de carácter severo si no se ejercen labores de prevención, por medio de entrenamientos y capacitaciones de calidad para personas con un perfil apto.

Por otra parte, se destaca el paisajismo de la finca que mejoraría de manera moderada igualmente que los ingresos económicos

### **3.5. Estrategias para mitigar, prevenir y compensar los impactos identificados**

#### **3.5.1. Construcción**

- **Estrategia las Cosas en su Lugar**

Para desarrollar esta estrategia es necesario el orden en el personal y el entrenamiento adecuado para que este entienda desde ejemplos prácticos, la importancia de la separación de residuos y como esto incide en el final de su ciclo de vida, ya sea el ser desecho, o el reaprovechamiento del material utilizado durante la construcción.

Por otra parte, la maquinaria que hará parte del proceso de construcción, tenga sus revisiones técnico mecánica, debido que en este se verifican las condiciones mecánicas, ambientales, las cuales deben ser realizadas en los Centros de Diagnóstico Mecánico legalmente constituidos para tal fin.

De acuerdo a lo explicado anteriormente, esta estrategia fue preparada para ejecutarse en cualquier momento de inicio de la obra, por lo cual esta consta de una serie de pasos que mejorarían la calidad ambiental durante la etapa de construcción del proyecto, detallados a continuación:

1. Inicialmente para realizar la correcta separación de estos residuos contemplados se realizaría la adquisición de dos recipientes de 500 L para la recolección de los residuos; verde y negro y se designará un espacio de recolección de residuos pesados y grandes, por lo cual se designaría el uso de cada caneca de acuerdo al tipo de material, es decir, el hierro con hierro, acero con acero, escombros para solicitar una recolección especial o la llevada a puntos limpios, y los no aprovechables serán dirigidos hacia el relleno sanitario por recolección domiciliaria común.

Finalmente, los residuos orgánicos que se generen, se incluirán a la fabricación del compost para los jardines en el lugar designado por los propietarios de la Finca en tal momento.

2. Para garantizar lo anterior es necesario realizar una charla introductoria de presentación del programa Las Cosas en su Lugar con el personal a cargo de la ejecución de obra, donde se definan los tipos de residuos que se presentarán, los materiales y elementos a disposición para la recolección de residuos, a través de los cuales se distribuirán de manera sencilla para su fácil entendimiento, entre residuos aprovechables y no aprovechables a través de la siguiente tabla:

Residuos Aprovechables	Residuos no Aprovechables
Restos de electrodos de soldadura	Plástico
Restos de estructura metálica	Basura
Puntillas de Hierro	



Puntillas de Acero	
Restos de varilla de hierro	

Tabla 19. Presentación tipos de residuos

3. Posteriormente se dictará una charla de los impactos atribuidos por cada residuo por una mala disposición final y sus efectos a través del tiempo en la naturaleza y especialmente en la afectación en la calidad de vida de cada individuo, haciendo énfasis en las actividades de disposición ejecutadas comúnmente como arrojamiento de residuos sólidos o líquidos a acuíferos y suelos.
4. Para velar con el cumplimiento de la recolección anterior, se designarán y explicarán dos medidas a los trabajadores, la primera, donde cada trabajador se hace cargo del tipo de residuo que generó, creando actitudes habituales que potencien la gestión ambiental y segundo, se designará un inspector de seguimiento de obra ingeniero ambiental encargado del programa explicado y velará por la correcta disposición final de cada residuo recolectado además de apoyar en el área de seguridad y salud en el trabajo durante la ejecución del proyecto.
5. Luego será necesario realizar la revisión correspondiente a los vehículos pesados para evitar la emisión de gases tóxicos o fugas de aceite o combustible que puedan impactar el suelo.
6. Finalmente, el tiempo para la ejecución de esta estrategia se acoge al tiempo de duración de la construcción del proyecto, desde el primer momento, hasta la entrega final de la obra que se piensa ejecutar el cual posee un máximo dos meses.

**Impactos mitigados:** Disminución calidad del recurso hídrico, Contaminación de aguas subterráneas, Afectaciones al paisaje, Generación de material particulado, Contaminación de suelos y Disminución de capacidad de absorción de nutrientes de las plantas.

### Objetivos Ambientales

- Aprovechar el 80% del desperdicio de residuos de material para ser reutilizados.
- Evitar al 100% los derrames de aceites por parte de la maquinaria.
- Disminuir el 15% ruido generado por parte de la obra en general.

### 3.5.2. Operación

- **¡Estrategia No te atrevas a botar eso ahí!**

Esta estrategia consiste en hacer una disposición adecuada de los residuos durante el periodo de operación del sistema, el cual debe tener mantenimientos, según los equipos elegidos en la simulación. Por consiguiente, las baterías son las cuales van a tener un remplazo más frecuente, en periodos de cinco años, que es la vida útil otorgada por el fabricante.

De esta manera el objetivo es hacer gestión e identificación de los residuos peligrosos, debido a que, si los residuos peligrosos generados por un módulo solar son de menor cantidad que los

residuos no peligrosos, también de los metales que se incluyen en el interior del módulo pertenecen principalmente a las celdas solares fotovoltaicas; Dentro de estas labores se debe tener en cuenta las condiciones del sitio de almacenamiento de los diferentes residuos y sus condiciones.

Para realizar una correcta disposición de los equipos se deben acatar los siguientes pasos:

1. Se designa el espacio de lavandería ubicado en una construcción bajo techo, donde se almacenarán las baterías antes de llevarlas al sitio de reciclaje.
2. El sitio de reciclaje llamado El Coste está ubicado dentro del pueblo a aproximadamente 1 kilómetro de la Finca Hotel. Allí recolectan baterías para aprovechar casi la totalidad de los materiales, donde se envían a los productores del mercado para fabricar baterías nuevas.
3. El Coste cuenta con el servicio de recolección a domicilio, por lo cual al tener almacenadas las baterías se deberá programar por medio telefónico la recolección.
4. Se realizará una introducción técnica para los encargados del aseo y mantenimiento del sistema solar, mediante una charla general descriptiva del funcionamiento del sistema y la legislación, donde se hará énfasis en el programa de recolección de baterías, una vez cumplan su tiempo útil y en el correcto almacenamiento de las mismas, indicar los peligros de desecharlas en acuíferos, en el suelo al aire libre o enterrarla en el suelo. Esto deberá repetirse al momento del ingreso de cualquier personal nuevo encargado.

**Impactos Mitigados:** Contaminación de aguas subterráneas y superficiales, alteración de las propiedades químicas del suelo y la extinción de la fauna acuática.

**Objetivos Ambientales:** Impulsar la educación y conciencia ambiental de los trabajadores del hotel frente al manejo de los residuos peligrosos que genera la instalación fotovoltaica en el hotel.

### 3.6 Presupuestos

#### 3.6.1. Presupuesto de Inversión inicial

El presupuesto de materiales obedece al presupuesto obtenido por medio del PVSol respecto al balance económico, presentado en el Capítulo 3, página 48. Se requiere más a detalle para la obtención del presupuesto de inversión inicial del proyecto.

Ítem	Precio Unitario	Unidad	Cantidad	Precio Total
Paneles Fotovoltaicos TRINA SOLAR 240W	\$ 450,000.00	unidad	27	\$12,150,000
Batería Fronius solar battery 1.5kW	\$ 4,000,000.00	unidad	8	\$32,000,000
Inversor Fronius Galvo 2.5-1	\$ 3,500,000.00	unidad	2	\$7,000,000
Cableado #10	\$ 50,000.00	m	70	\$3,500,000
Central de carga	\$ 240,000.00	m2	3	\$720,000
Perfil de acero para paneles x 6m	\$ 55,000.00	unidad	14	\$770,000
Pintura anticorrosiva para estructura	\$ 58,000.00	gl	2	\$116,000

			Total inversión material	\$55,370,000
ADMIMISTRACION	12.00%	0.12		\$6,644,400
UTILIDAD	1.00%	0.01		\$553,700
AIU	13.00%	0.13		\$7,198,100
IVA 19% SOBRE UTILIDAD	19%	0.19		\$105,203
<b>TOTAL OBRA</b>				<b>\$69,871,403</b>

\*El precio total de inversión no incluye los gastos de mano de obra e instalación ya que se deja a decisión del propietario como desarrollar la obra.

Tabla 20. Presupuesto económico (Autores)

### 3.6.2. Presupuesto de Programas de Estrategias

- **Estrategia las Cosas en su Lugar**

Ítem	Precio Unitario	Unidad	Cantidad	Precio Total (pesos)
Recipientes de 500 L	\$269.400	Unidad	2	\$538.800
Ingeniero Ambiental (2 SEMANAS)	1.500.000	Mes	2	\$3.000.000
Ayudante de Obra	940.000	Mes	1	\$940.000
Inspección constante de vehículos	\$620.000	Unidad	2	\$1.240.000
Total				5 718.800
ADMIMISTRACION	12.00%	0.12		\$686,256
UTILIDAD	1.00%	0.01		\$57,188
AIU	13.00%	0.13		\$743,444
IVA 19% SOBRE UTILIDAD	19%	0.19		\$10,866
<b>TOTAL OBRA</b>				<b>\$7,216,554</b>

Tabla 21. Presupuesto Estrategia Construcción (Autores)

- **¿Estrategia No te atrevas a botar eso ahí!**

Ítem	Precio Unitario	Unidad	Cantidad	Precio Total (pesos)
Adecuación de espacio de lavandería	\$600.000	-	1	\$600.000
Servicio de recolección y transporte de	\$15.000	-	3	\$45.000

baterías, al sitio de aprovechamiento.				
Ingeniero Ambiental	1.500.000	Mes	1	\$1.500.000
Inspección constante de vehículos	\$620.000	Unidad	2	\$1.240.000
Total				3'385.000

Tabla 22. Presupuesto Estrategia Operación (Autores)

ADMIMISTRACION	12.00%	0.12		\$406,200
UTILIDAD	1.00%	0.01		\$33,850
AIU	13.00%	0.13		\$440,050
IVA 19% SOBRE UTILIDAD	19%	0.19		\$6,432
<b>TOTAL OBRA</b>				<b>\$4,271,532</b>

### 3.6.3. Presupuesto Total

Ítems	Unidad	Total
Costo de materiales	1	\$69,871,403
Costo estrategia 1 “Estrategia las Cosas en su Lugar”	1	\$7,216,554
Costo estrategia 2 “¿Estrategia No te atrevas a botar eso ahí!”	1	\$4,271,532
TOTAL		\$81,359,489

Tabla 23. Presupuesto Total (Autores)

## CONCLUSIONES

- El inventario de cargas presentado en el (Anexo 1. Inventario), resulto en 6599 kWh/año, ya que de acuerdo con lo obtenido en el (Capítulo 3, Página 42) se pudo observar que recibe 6.83 horas pico las cuales fueron adecuadas y suficientes para ejecutar la simulación en el software PVSol, el cual demostró superar el punto de equilibrio a partir del 7 año en el (Capítulo 3, página 48), generando ingresos económicos para la Finca Hotel Santa Helena.
- Al evaluar los impactos ambientales a través de la Matriz MIIA que se desarrollaron en las Tablas 17 y 18, se identificó que los impactos más relevantes durante la etapa de construcción se desarrollan en el sector biótico con una importancia de 31 (clasificado como impacto moderado), produciendo desplazamiento de aves debido a los ruidos generados por las actividades de construcción. Por otra parte, en la etapa operativa del proyecto los impactos más relevantes se producirían al agua y suelo con potenciales riesgos severos producto de accidentes durante el almacenamiento, manejo y disposición de compuestos peligrosos provenientes de las baterías.
- Los impactos ambientales evaluados son amortiguados parcialmente mediante las estrategias de mitigación propuestas, para la etapa de la construcción se creó una estrategia de mitigación llamada **Estrategia las Cosas en su Lugar**, en la que se buscaría aprovechar el 80% del desperdicio de residuos de material para ser reutilizados, evitar al 100% los derrames de aceites por parte de la maquinaria y disminuir el 15% ruido generado por parte de la obra en general.

De igual modo, para la estrategia de mitigación para la etapa de operación **¡Estrategia No te atrevas a botar eso ahí!** Busca impulsar la educación y conciencia ambiental de los trabajadores del hotel frente al manejo de los residuos peligrosos que genera la instalación fotovoltaica en el hotel. Esto se realizó de acuerdo a aquellos impactos que tuvieron mayor relevancia en la Matrices MIIAs (tabla 17 y 18), estos se les brinda una solución, en cierto porcentaje según la especificación dada en cada programa, estos se encuentran en los ítems 3.5.1 y 3.5.2.

- La evaluación de impacto ambiental del proyecto demostró a través de los resultados obtenidos anteriormente la viabilidad de implementación del proyecto, proporcionando respuestas positivas a los interrogantes de los propietarios, motivándolos con una solución más amigable con ambiente y beneficios económicos, impulsando la ejecución de la obra en un futuro más cercano.

## **RECOMENDACIONES**

Se recomienda a los propietarios del inmueble que realicen la instalación lo antes posible, debido a que así pueden mantener un presupuesto similar al obtenido por medio de la simulación y el dimensionamiento realizado por medio de este proyecto, puesto que los precios se incrementan o disminuyen de acuerdo al año. Así mismo tener en cuenta que los costos de las estrategias también pueden variar conforme a lo nombrado anteriormente.

También se debe tener en cuenta la vida útil de los equipos utilizados en la instalación, para realizar el debido mantenimiento para alargar su tiempo de funcionamiento.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] L. Izquierdo, J. Eisman. “La electrificación sostenible de zonas Rurales aisladas de países en desarrollo mediante microsistemas eléctricos renovables,” España, Benin, 2009. Recuperado en: <https://sites.google.com/site/articulosjevecra/articulos-1/contenidoarticulos>
- [2] Aguilar, F. J., Aledo, S. y Quiles, P. V. Experimental study of the solar photovoltaic contribution for domestic hot water production with heat pumps in dwellings. Applied Thermal Engineering. 2016. Recuperado en: <https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.elsevier-12ec0993-85dd-35e8-828f-cbd5480bf2a6>
- [3] IDEAM. Promedio mensual de Radiación global en Villavicencio. 2019. Recuperado en: <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/radiacion-solar>
- [4] Yahyaoui, I., Chaabene, M. y Tadeo, F. Evaluation of Maximum Power Point Tracking algorithm for off-grid photovoltaic pumping. 2015. Recuperado en: <https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.elsevier-ce9d03fc-cdfa-3539-92f4-53818aa692d7>
- [5] Abella, M. A. Dimensionado de Sistemas Fotovoltaicos: Otros métodos de dimensionado de sistemas FV autónomos. 2016. Recuperado en: <https://static.eoi.es/savia/documents/componente45338.pdf>
- [6] Lleó, B. Estudio de Impacto Ambiental de una Planta Solar Fotovoltaica de 100kw en el Término Municipal De Losa Del Obispo, Valencia. 2017. Recuperado en: <https://m.riunet.upv.es/handle/10251/94555?show=full>
- [7] Arancibia, C. Best, R. & Brown. “Energía del Sol”. Libro CIENCIA. Recuperado en: [https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/61\\_2/PDF/EnergiaSol.pdf](https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/61_2/PDF/EnergiaSol.pdf) .
- [8] Salazar, Peralta., Araceli, Pichardo., Alfredo, Pichardo. La energía solar, una alternativa para la generación de energía renovable. Revista de Investigación y Desarrollo 2016. Recuperado: [https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Investigacion\\_y\\_Desarrollo/vol2num5/Revista\\_de\\_Investigaci%C3%B3n\\_y\\_Desarrollo\\_V2\\_N5\\_2.pdf](https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Investigacion_y_Desarrollo/vol2num5/Revista_de_Investigaci%C3%B3n_y_Desarrollo_V2_N5_2.pdf)
- [9] Gómez, Jhonattan., Ramírez, Jairo., D. Murcia, Rojas, Ivan. (2017) “La Energía Solar Fotovoltaica En Colombia: Potenciales, Antecedentes Y Perspectivas”. Facultad Ingeniería Mecánica, Universidad Santo Tomas, Bogotá Colombia. Recuperado en: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/10312/G%C3%B3mez2018.pdf?s>
- [10] SIERRA, Didier., ARISTIZABAL, Andres., HERNANDEZ, Jesus., OSPINA, Daniel. 2019. Life cycle analysis of a building integrated photovoltaic system operating in Bogotá, Colombia. Ed. ELSEVIER. Revista Energy Reports. Publicado en: Tmrees, EURACA, 04 to 06 September 2019, Athens, Greece. ISSN: 2352-4847 Recuperado en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484719308522>

- [11] ORTIZ, D., SABOGAL, J., HURTADO, E. (2012) "A REVIEW TO REGULATION AND INCENTIVES OF RENEWABLE ENERGIES IN COLOMBIA". Bogotá, Colombia. Recuperado en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0121-68052012000200004](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-68052012000200004)
- [12] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) & Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME) (2005). Atlas de radiación solar de Colombia. Bogotá. Instituto de meteorología, hidrología y estudios ambientales; Unidad de planeación minero-energética (eds.) Bogotá, Colombia. Recuperado en: [http://www.upme.gov.co/Docs/Atlas\\_Radiacion\\_Solar/1-Atlas\\_Radiacion\\_Solar.pdf](http://www.upme.gov.co/Docs/Atlas_Radiacion_Solar/1-Atlas_Radiacion_Solar.pdf)
- [13] Fernández, M., Energía Solar: Electricidad Fotovoltaica, 2010, Liber Factory, Madrid, España. Recuperado en:
- [14] Solbes, J. y Tarín, F. (2004). La conservación de la energía: un principio de toda la física. Una propuesta y unos resultados, Enseñanza de las Ciencias, 22 (2), 185-194.
- [15] Giraldo, M., Vacca, Raul., Urrego, A. (2017). "Las Energías Alternativas ¿Una oportunidad para Colombia?". Bogotá, Colombia. Universidad Politécnico Gran Colombiano- Recuperado en: <http://repository.poligran.edu.co/bitstream/handle/10823/1064/Art%C3%ADculo%20Energias%20Alternativas%20en%20Colombia%20-%208.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [16] Connant, Jeff., Fadem, Pan., 2011. Guía comunitaria para la salud ambiental. ISBN: 978-0-942364-59-0. Hesperian. Berkeley, California, EEUU.
- [17] Desarrollo sostenible y gestión ambiental, (2000). "IMPACTO AMBIENTAL". Universidad de los Ángeles Chibote. Recuperado en: [http://files.uladech.edu.pe/docente/17817631/mads/Sesion\\_1/Temas%20sobre%20medio%20ambiente%20y%20desarrollo%20sostenible%20UULADECH/14.\\_Impacto\\_ambiental\\_lectura\\_2009\\_.pdf](http://files.uladech.edu.pe/docente/17817631/mads/Sesion_1/Temas%20sobre%20medio%20ambiente%20y%20desarrollo%20sostenible%20UULADECH/14._Impacto_ambiental_lectura_2009_.pdf)
- [18] ARREGUI, Patricia. 2006. Sobre estándares y evaluaciones en América Latina. ISBN: 978-956-8589-05-9. PREAL, diciembre 2006.
- [19] CRUZ, V., GALLEGOS, E., GONZALES, L. (2009). "SISTEMA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL". Madrid, España. Recuperado de: <https://eprints.ucm.es/id/eprint/9445/1/MemoriaEIA09.pdf>.
- [20] MINEDUCACIÓN (2021) "Factores ambientales". Disponible en: [http://aprende.colombiaaprende.edu.co/sites/default/files/naspublic/curriculos\\_ex/n2g10\\_cienamb/nivel2/ciencias/unidad1/leccion1.html](http://aprende.colombiaaprende.edu.co/sites/default/files/naspublic/curriculos_ex/n2g10_cienamb/nivel2/ciencias/unidad1/leccion1.html)
- [21] Hernández, F. (2011) "Estudio comparativo de los sistemas fotovoltaico con inyección a la red monocristalino, policristalino, y amorfos instalados en el CEL". Recuperado en: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/3718/1/Estudio%20comparativo%20de%20los%20sistemas%20fotovoltaico%20con%20inyecc%C3%B3n%20a%20la%20red%20monocristalino,%20policristalino%20y%20amorfo%20instalados%20en%20CEL.pdf>



- [22] Torres, S., Jurado, F., Granados, D., Lozano, A. (2018) “Eficiencia en paneles solares”. Taiwan. Recuperado en: [https://www.ecorfan.org/taiwan/research\\_journals/Diseno\\_Innovativo/vol2num2/Revista\\_Diseno\\_Innovativo\\_V2\\_N2\\_2.pdf](https://www.ecorfan.org/taiwan/research_journals/Diseno_Innovativo/vol2num2/Revista_Diseno_Innovativo_V2_N2_2.pdf).
- [23] Díaz, T., Carmona, G. (2015) “Instalaciones solares fotovoltaicas”. España. Recuperado en: <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf>
- [24] Arévalos, E. (2013) “Instalación y mantenimiento de un sistema fotovoltaico”. Colombia. Recuperado en: <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/825/2/Eduardo%20%20C3%A1valos%20de%20le%20C3%B3n%20MER.pdf>
- [25] Messenger, R. and Ventre, J. (2005). Photovoltaic Systems Engineering. CRC PRESS
- [26] Diaz, C. (2011). Sistemas de Paneles Fotovoltaicos. Colombia. Recuperado en: [file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/Annex\\_3.pdf](file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/Annex_3.pdf)
- [27] Calderón, J., Martínez, R & Arrieta, G. (2013). Métodos de Evaluación de Impacto Ambiental en Colombia. Revista: Revista de Investigación Agraria y Ambiental, ISSN 2145-6097.
- [28] Buenaventura, M., Fierro, Y., Segura, C. (2019). Evaluación del potencial energético, solar fotovoltaico de las cubiertas de los edificios de la sede ciencia de la salud de la Universidad Cooperativa de Colombia, sede Villavicencio.
- [29] Cabezas, M. Pasoli, H. Franco, J. (2018). Diseño y evaluación de un panel solar fotovoltaico y termino para poblaciones dispersas en regiones de gran amplitud térmica. Revista: Ingeniería Investigación y tecnología. ISSN 2594-0732.
- [30] Gerbinet, S. (2011). Evaluación Ambiental de Sistemas de Producción de Electricidad Renovable. Universidad de Liege. Francia.
- [31] Gomez, J., Murcia, J., Cabeza, I. (2017). LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN COLOMBIA: POTENCIALES, ANTECEDENTES Y PERSPECTIVAS. Universidad Santo Tomás, Bogotá, Colombia.
- [32] Muhammad, T., Amani, A., Feras, K., Emad, A., Fares, A., Malek, A. 2020. Environmental impacts of solar photovoltaic systems: A critical review of recent progress and outlook, Science of The Total Environment, Volume 759, ISSN 0048-9697, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969720370595>
- [33] Cuzin, B., fabrice Ahmed. versión tres, estudio 4753. Oficina nacional de electricidad y de agua potable.
- [34] Arboleda, Jorge. (2008). Manual para la evaluación de impacto ambiental de proyectos, obras o actividades. Medellín, Colombia. P. 88.
- [35] Gevorkian, Peter. 2011. Large-Scale Solar Power System Design: An Engineering Guide for Grid-Connected Solar Power Generation. Ch. 3. ISBN: 9780071763271. 2011. The McGraw-Hill Companies, Inc.

- [36] EPM. 2009. “Estudio de Impacto Ambiental Proyecto HidroItuango”. Cauca, Colombia
- [37] W. Khaenson, S. Maneewan, and C. Punlek, “Análisis de impacto ambiental de procesos de generación de energía solar empleando celdas solares de silicio multicristalino y amorfo en Tailandia”. Asian Institute of Technology, May 01, 2018, [Online]. Available: <https://www-virtualpro-co.sibulgem.unilibre.edu.co/biblioteca/analisis-de-impacto-ambiental-de-procesos-de-generacion-de-energia-solar-empleando-celdas-solares-de-silicio-multicristalino-y-amorfo-en-tailandia>.
- [38] “Curso de Energía Solar -¿Cómo funciona un panel solar ☺ - Capacitación”. Youtube, Dec. 16, 2020, [Online]. Available: <https://www-virtualpro-co.sibulgem.unilibre.edu.co/biblioteca/curso-de-energia-solar---como-funciona-un-panel-solar---capacitacion>.
- [39] D. HERNÁNDEZ, Sixto. Una inversión interesante que ayuda a combatir el cambio climático la energía solar fotovoltaica. En Ciencia y medio ambiente. Antena de telecomunicación. No 166 (Dic 2006); p 58-64
- [40] SunEdison, Inc. (2014). El Efecto Fotovoltaico. Recuperado de <http://www.sunedison.es/energia-solar-fotovoltaica/>
- [41] J. GUTIÉRREZ. La energía solar: situación y aplicaciones en el sector agrario. En Dossier Nuevas Tecnologías. Vida rural (Oct 2002); p 34 – 45.].
- [42] I. CORIA, El estudio de impacto ambiental: características y metodologías. Invenio. 2008;11(20):125-135.[fecha de Consulta 11 de Noviembre de 2021]. ISSN: 0329-3475. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87702010>
- [43] Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD) (1992), Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, Río de Janeiro, ONU.
- [44] Morgan, R. K. (2012), "Environmental Impact Assessment: The State of the Art", Impact Assessment and Project Appraisal, 30 (1), pp. 5-14.
- [45] Weston, J. (2000), "EIA, Decision-making Theory and Screening and Scoping in UK Practice", Journal of Environmental Planning and Management, 43 (2), pp.185-203.
- [46] Cormacarena (2012), "POMCA Rio Guatiquia", Indicadores de seguimiento y control Cap.4. Recuperado en: <http://historico.villavicencio.gov.co/Ciudadanos/Avisos%20Municipales/Vigencia%202019/INFORME%20DE%20GESTI%C3%93N%20CORMACARENA%202016-2019.pdf>

## ANEXOS

### Anexo 1. Inventario

N	Elemento	Potencia	Tiempo de uso (horas al día)	Consumo en uso (W*h)	Total estimado (W*h)
1	Aire acondicionado LG cuadrado y viejito	1320	12	15840	17424
2	Ventilador de techo marca weistinghouse	60	3	180	198
63	Bombillo phillips LED	8	15	120	132
2	Bombillo viejo	20	7	140	154
1	Ventilador samurai	80	12	960	1056
1	Nevera haceb (nordika)	150	24	3600	3960
7	Bombillo led	50	12	600	660
1	Ventilador electolux (ultra airesilent)	50	12	600	660
1	Tv sony de 55"	115	8	920	1012
1	Decodificador de direct tv	28	8	224	246,4
1	Ventilador de piso marca enaxxon	90	12	1080	1188
1	Aire acondicionado trane alargado	990	12	11880	13068
1	sensor del bombillo marca maxilum ref 110v - 800 watts	3	24	72	79,2
1	Reflector de 20 watts	20	12	240	264
1	Tv plasma 40" sharp aquos	110	8	880	968

8	Ventilador samurai marca max air	80	12	960	1056
1	Aire acondicionado marca LG ref Gold (viejito)	1320	12	15840	17424
1	Nevera marca Mabe ref stylo	120	24	2880	3168
2	Sensor circular	3	12	36	39,6
4	Tubos fluorescentes	50	0,5	25	27,5
3	Bombillos LED circulares	4	2	8	8,8
1	Nevera heineken carey	120	24	2880	3168
1	Nevera postobon de 3 puestos marca indufrial	350	24	8400	9240
1	Mezclador marca empire sound ref ky403usb	200	6	1200	1320
1	Cabezote de sonido marca PEAVEY REF PVI1000	215	6	1290	1419
1	amplificador marca SANSUY REF au555a	100	6	600	660
1	Botellero bavaria marca fogel	150	12	1800	1980
1	Nevera postobon de 1 puesto marca indufrial	130	12	1560	1716
9	Decodificadores claro	28	8	224	246,4
1	Tv LG 38"	30	8	240	264
2	Tv Challenger 38" o 40"	30	8	240	264
2	Tv Challenger <30"	25	8	200	220

3	Tv de caja 25" o 35" hyundai	40	4	160	176
1	Hockey de mesa	100	0,5	50	55
1	Ventilador corriente directa 12v y 0.5 Amperios CRUUS	80	12	960	1056
1	Reflector Piscina	30	4	120	132
1	Bomba air bendain	250	1	250	275
6	Reflectores de piscina	50	1	50	55

Total de Potencia