

Implementación de sistemas de generación solar fotovoltaica en 7 escuelas rurales que no cuentan con el servicio de energía eléctrica, en el sector oriental y occidental del departamento de Cundinamarca

PERFIL PROYECTO DE INVERSIÓN

2017

Contenido

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.....	5
1. PERFIL PROYECTO DE INVERSIÓN	6
1.1. ARTICULACIÓN DEL PROYECTO	6
1.2. IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	7
1.3. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	7
1.4. DESCRIPCIÓN DE CAUSAS Y EFECTOS DIRECTOS E INDIRECTOS	8
1.5. DESCRIPCIÓN DE LOS ACTORES ASOCIADOS AL PROBLEMA	9
1.5.1. Actores Directos	9
1.5.2. Actores Indirectos	9
1.6. DESCRIPCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	10
1.7. ANÁLISIS DE LAS COMPETENCIAS INSTITUCIONALES MARCO LEGAL	11
1.8. ANTECEDENTES DE PROYECTOS RELACIONADOS	13
1.9. DOCUMENTOS SOPORTE DEL PROYECTO	13
1.10. IDENTIFICACIÓN ZONA DONDE SE UBICA LA POBLACIÓN OBJETIVO	13
1.11. DESCRIPCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA POBLACIÓN OBJETIVO DEL PROYECTO.....	14
1.12. EMPLEOS GENERADOS DURANTE LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO	14
1.13. METODOLOGÍA.....	16
1.14. ESTRUCTURA ORGANIZATIVA PROPUESTA PARA LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO	17
2. MEMORIAS DE CÁLCULO	19
2.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	19
2.2. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DEL SFV Y SUS COMPONENTES	19
2.3. Demanda de energía	21
2.4. Cálculo de la capacidad de generación y de componentes	23
2.5. Cálculos del número de paneles solares conectados en paralelo.....	25
2.6. Cálculos del número de paneles solares conectados en serie	25
2.7. Cálculo del Acumulador De La Instalación- Baterías.....	26
2.8. Cálculo del Regulador de Carga.....	27
2.9. Cálculo del Inversor	27
2.10. Cálculos de los conductores	28
3. PRESUPUESTO y APU.....	32

3.1.	Fuente de Financiación	41
3.2.	FLUJO DE FONDOS.....	42
4.	SOSTENIBILIDAD DEL PROYECTO.....	43
4.1.1.	ADMINISTRACION, OPERACIÓN, Y MANTENIMIENTO	43
4.2.	CÁLCULOS ESTIMADOS DE LA TARIFA PARA LAS SOLUCIONES FOTOVOLTAICAS PLANTEADAS	48
4.3.	SOSTENIBILIDAD DEL SISTEMA.....	51
5.	ANÁLISIS AMBIENTAL.....	55
5.1.	DATOS GENERALES DE LA ORGANIZACIÓN	55
5.2.	RESUMEN DEL PROYECTO	55
5.3.	OBJETIVOS Y METAS AMBIENTALES.....	55
5.4.	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA	55
5.5.	SISTEMA DE INDICADORES.....	56
5.6.	PROGRAMAS	56
5.7.	ADMINISTRACIÓN Y GESTIÓN AMBIENTAL.....	57

Índice de figuras

Figura 1	Mapa de Radiación promedio anual [kWh/m ² .día].....	20
Figura 2	Mapa de Radiación promedio anual de Cundinamarca [kWh/m ² .día]. Fuente: PERS Cundinamarca	21
Figura 3	Grado de Inclinación de Módulo fotovoltaico.....	23

Índice de gráficos

Gráfico 1	Número de salones por escuela. Fuente: Base de datos Secretaría de Integración Regional	22
Gráfico 2	Costo mensual de energía por escuela interconectada. Fuente: Secretaría de Integración Regional, 2016.....	51
Gráfico 3	Flujo de caja del proyecto.....	54

Índice de tablas

Tabla 1 TODOS POR UN NUEVO PAÍS “2014-2018”	6
Tabla 2 “UNIDOS PODEMOS MÁS 2016-2020”	6
Tabla 3 Escuelas beneficiadas	14
Tabla 4 RELACIÓN ENTRE EL PROBLEMA Y LOS OBJETIVOS	14
Tabla 5 MATRIZ DE OBJETIVO Y RESULTADOS (Componentes)	18
Tabla 6 Cuadro de cargas de la solución fotovoltaica para la escuela rural	22
Tabla 7 Dimensionamiento generador FV.....	24
Tabla 8 Especificaciones módulo solar.....	25
Tabla 9 Cantidad de módulos.....	25
Tabla 10 Cálculo de banco de baterías.....	26
Tabla 11 Configuración del banco de baterías	27
Tabla 12 Cálculo del regulador.....	27
Tabla 13 Características inversor	28
Tabla 14 Características de los materiales conductores	28
Tabla 15 Cálculo de conductores Paneles - Regulador	29
Tabla 16 Cálculo de conductores Regulador-Baterías.....	30
Tabla 17 Cálculo conductorbanco de baterías-Inversor	30
Tabla 18 Cálculo conductor-Cargas AC.....	31
Tabla 19 Presupuesto General	32
Tabla 20 Plan de mantenimiento de los SFV.....	45
Tabla 21 Plan mantenimiento de los módulos FV.....	46
Tabla 22 Costo de reemplazo y mantenimiento de equipos	47
Tabla 23 Valor facturación usuario	52
Tabla 24 Proyección de costos	53

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

Los sistemas Solares Fotovoltaicos (SFV) transforman la radiación solar (potencia solar por unidad de área) directamente en potencia eléctrica DC. Los módulos solares están constituidos por celdas solares, fabricadas de materiales semiconductores. Los SFV han penetrado diferentes mercados como son el suministro de energía en lugares remotos y aislados de las redes eléctricas en aplicaciones tales como telecomunicaciones, bombeo e iluminación y otros servicios básicos de las comunidades rurales.

Las principales ventajas de los generadores fotovoltaicos son su modularidad (permite el crecimiento gradual del generador ajustándose a la demanda del usuario), carecen de partes móviles, no consumen combustibles fósiles, su operación no produce emisiones ni ruido, y suministran energía directamente al usuario reduciendo los costos de redes para la transmisión y distribución de energía.

Una de las mayores aplicaciones que tienen los SFV aislados la constituyen los sistemas domésticos. Estos generalmente son descentralizados, esto es, cada usuario dispone de su propio sistema, mientras que también es posible tener un solo sistema centralizado (mini-red) y suministrar la energía eléctrica a todos los usuarios de una pequeña comunidad vía distribución de la energía por red.

Un sistema descentralizado típico en los numerosos sistemas instalados en Colombia, es la instalación de pequeños sistemas individuales que suministren energía con potencia inferior a 1 kWp dependiendo de las condiciones del entorno. Otros sistemas pueden ser conectados a la red, con y sin acumulación, es decir contar con un sistema de baterías el cual permite el uso de la misma en situaciones de respaldo.

La energía disponible diariamente es ciertamente muy limitada y por consiguiente los equipos deben ser eficientes, como pueden ser las lámparas LED y por lo tanto es necesario implementar una instalación desde el punto de vista de eficiencia energética aplicando criterios de uso racional de energía.

En el caso particular del Departamento de Cundinamarca, se pretende brindar energía a escuelas rurales que debido a su difícil acceso y lejanía de las redes eléctricas no poseen el servicio de energía. Por tal motivo el presente proyecto pretende brindar una solución o conjunto de soluciones eficientes que no solo se queden en sistemas sub dimensionados como los que comúnmente se instalan en las ZNI, si no que sean sistemas capaces de cubrir los requerimientos de energía mínimos de una escuela o colegio rural bajo una estructura de eficiencia energética dada por los equipos, el número de estudiantes y número de salones.

1. PERFIL PROYECTO DE INVERSIÓN

Nombre del Proyecto:

Implementación de sistemas de generación solar fotovoltaica en 7 escuelas rurales que no cuentan con el servicio de energía eléctrica, en el sector oriental y occidental del departamento de Cundinamarca.

1.1. ARTICULACIÓN DEL PROYECTO

- Plan Nacional de Desarrollo:

Tabla 1 TODOS POR UN NUEVO PAÍS “2014-2018”

Línea(s) Estratégicas (Programas, Ejes, Objetivos, etc):	Programa o subprograma	Meta e Indicador de Resultado que impacta el desarrollo del Proyecto
Pilar: Equidad Estrategia: - Competitividad e Infraestructura Estratégicas - Transformación del Campo - Energía eléctrica para todos Objetivo: - Contribuir al desarrollo productivo y la solución de los desafíos sociales del país a través de la ciencia, tecnología e innovación. - Promover las TIC como plataforma para la equidad, la educación y la competitividad.	Energía Educación	Indicador: Capacidad instalada de fuentes no convencionales y energías renovables en el sistema energético nacional (MW) Base: 9.893 MW Meta: 11.113 Indicador: Planes de energización rural sostenibles (PERS) Base: 1 Meta: 4

- Plan de Desarrollo Departamental:

Tabla 2 “UNIDOS PODEMOS MÁS 2016-2020”

Línea(s) Estratégicas (Programas, Ejes, Objetivos, etc):	Programa o subprograma	Meta e Indicador de Resultado que impacta el desarrollo del Proyecto
Dimensión: Educación	Programa:	Indicador: Sedes educativas

Objetivo: Desarrollar procesos de transformación curricular que impacten en la calidad de la educación de las Instituciones Educativas de Cundinamarca	Programas podemos lograr más unidades de educación. Subprograma: Subprograma Más y Mejor Educación	Meta Suministrar el servicio de energía eléctrica con energía solar fotovoltaica a 7 sedes educativas rurales del departamento de Cundinamarca.
---	---	--

1.2. IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Condiciones Actuales

En la actualidad en el departamento de Cundinamarca, la mayoría de las escuelas rurales tienen acceso al servicio de energía eléctrica, aunque existen 7 escuelas localizadas en los municipios de: Bituima, con la Escuela la Garita; Paratebueno, con las escuelas Antonio Nariño, Botellas y Buena Vista Maya; Ubalá, con las escuelas Gazajujo y Santa Teresita; y finalmente Puerto Salgar, con la escuela Risaralda que aún no cuentan con el servicio. Debido a que se encuentran ubicadas en zonas lejanas, la distancia y las condiciones del terreno hacen que se dificulte el acceso y sea económicamente inviable para las empresas operadoras de red el suministro de energía eléctrica de forma convencional a dichas escuelas.

En estas localidades tienen una infraestructura de transporte limitada, al igual que las posibilidades de acceder al servicio de energía del Sistema Interconectado Nacional (SIN), razón por la cual se dificulta el proceso de aprendizaje, tanto por condiciones térmicas (frio o calor), la iluminación reducida y ausencia de refrigeración de alimentos, así como por la limitación al acceso a las TIC's que se presenta por no contar con este servicio.

En Colombia se encuentra vigente la ley 1715 de 2014, que tiene por objeto promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable. Con esta ley se abre la puerta a las energías alternativas ya que plantea beneficios e incentivos a las entidades de carácter jurídico o natural, público o privadas que generen energía. El gobierno reconoce que las energías alternativas pueden ser una opción para aliviar la presión sobre el sistema en épocas de sequía y riesgo de racionamiento energético, igualmente conoce la importancia que tiene la energía eléctrica de fuentes alternativas para el desarrollo socio económico sostenible de una región y para el medio ambiente a través de la reducción de emisiones de gases.

1.3. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El problema central se define como:

"Ausencia del servicio de energía eléctrica en escuelas rurales en el sector oriental y occidental del departamento de Cundinamarca"

Una de principales dificultades que presentan los estudiantes y trabajadores de las instituciones educativas rurales es la ausencia del servicio de energía, que implica incomodidad térmica, iluminación deficiente, una limitación para el acceso a las tecnologías de la información y la refrigeración de alimentos. Esto puede promover la deserción escolar y dificultar los procesos de aprendizaje.

1.4. DESCRIPCIÓN DE CAUSAS Y EFECTOS DIRECTOS E INDIRECTOS

Causas

Directas

- Inexistencia de infraestructura para prestar el servicio de energía eléctrica a las escuelas rurales de la zona de influencia del presente proyecto.

Indirectas

- Inexistencia de proyectos formulados para la ejecución e implementación de sistemas de generación de energía eléctrica con energías renovables.
- Las escuelas se encuentran en zonas aisladas, que presentan vías de acceso en mal estado. Además, están localizadas de manera muy dispersas.
- Falta de recursos por parte de las entidades encargadas de desarrollar programas de desarrollo y los planes de electrificación departamental y nacional.
- Falta de inversión para construcción de infraestructura para poder suplir el servicio de energía eléctrica en las escuelas rurales.

Efectos

Directos

- Restricciones en la calidad de los servicios educación en la zona rural de influencia
- Migración de estudiantes a otras zonas o regiones
- Altos costos por parte de las escuelas para suplir las necesidades energéticas
- Iluminación inadecuada en las aulas de clase
- Condiciones térmicas de alumnos y profesores en las aula no adecuadas

Indirectos

- Escaso acceso a las TIC's en el fomento de la educación de calidad
- Deserción educativa
- Tiempos mayores de desplazamiento hacia a otras veredas con escuelas electrificadas
- Compra de velas, linternas, combustibles fósiles.
- Inseguridad en la institución por falta de iluminación
- Reducción de la jornada escolar
- Almacenamiento inadecuado de alimentos como refrigerios

1.5. DESCRIPCIÓN DE LOS ACTORES ASOCIADOS AL PROBLEMA

1.5.1. Actores Directos

La Gobernación

La gobernación de Cundinamarca cuenta con capacidad de gestión y administrativa para resolver problemas de interés regional impulsando el desarrollo del departamento, tal como lo plantea el plan de desarrollo “Unidos podemos más”. Uno de sus propósitos es el fortalecimiento de la educación, a través del “Eje Estratégico: Educación y Cultura para la paz”, por lo que posiciona a la entidad en la promotora de la ampliación de la cobertura eléctrica en la zona rural.

Esta entidad será la encargada de elaborar el proyecto en su nivel de perfil y los estudios necesarios para la ejecución del mismo, por lo que realizará coordinaciones constantes con los municipios, las escuelas, la Universidad Distrital, los contratistas y los pobladores de las localidades seleccionadas del proyecto, para gestionar el proyecto, obtener la información requerida para la elaboración y formulación del proyecto de electrificación y posteriormente la implementación de los sistemas energéticos.

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

La Universidad Distrital en su condición de universidad estatal, es la encargada de apoyar la elaboración del documento en particular en aspectos técnicos y académicos requeridos para su preparación, ya que cuenta con los profesionales idóneos para la formulación del proyecto, dando solución a problemas del desarrollo humano y transformación sociocultural.

Además, son los encargados de impartir capacitaciones técnicas y suministrar información que promueva el conocimiento de las energías alternativas.

1.5.2. Actores Indirectos

Escuelas

Es de interés de las escuelas el participar en el proyecto porque son los beneficiarios directos, lo cual representa contar con un servicio eléctrico a partir de energía renovable que suple sus necesidades energéticas.

Alumnos

Los alumnos son los principales beneficiarios del proyecto, ya que les permitirá poder disfrutar de los beneficios que conlleva contar con el servicio de energía eléctrica en sus escuelas y de recibir instrucción teórica y técnica acerca de las energías alternativas.

Municipios

Es interés de los municipios en participar en el acceso al servicio de energía eléctrica de los colegios en la zona rural de su jurisdicción.

Ciudadanos

Los ciudadanos serán los veedores de que el plan de electrificación en sus fases de pre-inversión, ejecución y operación.

1.6. DESCRIPCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Alternativa 1: Energización de las escuelas rurales no interconectadas del departamento de Cundinamarca mediante la instalación Sistemas Fotovoltaicos. Consiste en la electrificación de las escuelas rurales con soluciones energéticas basadas en un sistema fotovoltaico de 900 Wp para lugares desconectados de la red convencional. (Véase apartado: Memorias de Cálculo). Igualmente se incorpora un sistema de monitoreo para cada una de soluciones energéticas, los principales componentes se describen a continuación:

- Paneles solares, es el elemento que se encarga de transformar la radiación solar en energía eléctrica.
- Controladores de Carga, es el equipo que protege las baterías, regulando la carga/descarga.
- Inversores, es el equipo que convierte corriente continua de la batería en corriente alterna
- Baterías Solares, son los equipos de almacenamiento de energía que están diseñadas para cargarlas con paneles solares, que cumplen su función para el uso nocturno primordialmente.
- Estructura soporte, es la que asegura que los paneles puedan colocarse con el ángulo de inclinación correcto en dirección al sol y brinda seguridad a la instalación soportando vientos fuertes, pueden ser para instalaciones en techo o en suelo.
- Cableado, son los conductores necesarios para acoplar todos los equipos del sistema.
- Tablero eléctrico, es la caja de conexiones y protecciones del sistema.
- Instalaciones internas acorde a lo definido en el RETIE.

Se ha seleccionado el uso de energía solar como alternativa principal, no sólo por las ventajas de ser una energía limpia, barata (en comparación con una posible interconexión ya que el costo por usuario se elevaría considerablemente) e inagotable; sino también porque dadas las condiciones geográficas como la latitud del lugar, el número de horas de sol y la inclinación de los rayos respecto de la horizontal, hacen viable proyectos con energía solar. Cabe resaltar, que para las provincias que cubren los municipios que contempla este proyecto la Irradiación global media anual se encuentra en un rango entre 4 y 5 kWh/m²/día. ¹

El alcance se resume como el suministro, transporte, e Instalación:

- Replanteo de los sistemas dependiendo de las condiciones.
- Transporte de los materiales a los sitios de obra.
- Instalación de soportes para los paneles solares fotovoltaicos
- Conexiones paneles solares fotovoltaicos
- Instalación del regulador de carga
- Instalación del rack y conexiones del banco de baterías
- Instalación y conexiones del inversor
- Conexiones de la carga al sistema solar fotovoltaico
- Certificación de las actividades ejecutadas según reglamentación vigente del RETIE.

¹ PERS CUNDINAMARCA: Caracterización de la oferta energética del departamento de Cundinamarca

La presente alternativa se presenta como la solución más confiable desde el punto de vista técnico y económico debido a que el punto de interconexión a la red eléctrica se encuentra muy lejano, conectando a un solo usuario, lo cual lo hace inviable para los operadores de red.

Alternativa 2: Conexión al Sistema de Distribución Local operado por CODENSA. La alternativa consiste en la construcción y ampliación de la cobertura del servicio de energía eléctrica en el área rural de los municipios Bituima, Paratebueno, Puerto Salgar y Ubalá, en donde se llevará el servicio de energía eléctrica a 7 escuelas, nuevos usuarios.

El alcance se resume como el suministro, transporte, y construcción de:

- Obras preliminares (accesos, despeje, y replanteo topográfico)
- Excavaciones.
- Cimentaciones (para las estructuras de alineamiento y retención).
- Rellenos compactados.
- Concretos 3000 P.S.I.
- Montaje y vestida de estructuras Tipo ICEL Normas 600, 500 y 700.
- Templetes directos a Tierra tanto en media como en baja tensión.
- Tendido y tensionado de red primaria monofásica conductor No 2 ACSR.
- Tendido y tensionado de red secundaria monofásica trifilar en red abierta.
- Certificación de las actividades ejecutadas según reglamentación vigente del RETIE.

Al estar las escuelas localizadas de forma dispersa, aisladas y lejanas a la red eléctrica (aproximadamente a 7 km de la red), ésta alternativa presenta un desbalance económico frente a otras por la relación costo / beneficio por usuario, pues su costo es superior al promedio departamental y nacional, debido a que el costo de 1 km de línea de media tensión en estas condiciones puede ascender hasta los 65 millones de pesos.

1.7. ANÁLISIS DE LAS COMPETENCIAS INSTITUCIONALES MARCO LEGAL

La Constitución Política de Colombia, en su Artículo 365 prescribe: "Los servicios públicos que éstos son inherentes a la finalidad social del Estado. Es deber del Estado asegurar su prestación eficiente a todos los habitantes del territorio nacional".

Para tales efectos, en los planes y presupuestos de la nación y de las entidades territoriales, el gasto público social tendrá prioridad sobre cualquier otra asignación".

La Ley 142 de 1994 establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios, y su artículo 1 señala que sus disposiciones se aplican a los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado, aseo, energía eléctrica, distribución de gas combustible, a las actividades que realicen las personas prestadoras de servicios públicos de que trata el artículo 15, y a las actividades complementarias definidas en el Capítulo II de dicho título y a los otros servicios previstos en normas especiales de la misma ley.

La Ley 142 establece que el Estado intervendrá en los servicios públicos, conforme a las reglas de competencia de que trata la Ley, en el marco de lo dispuesto en la Constitución Política, con el fin de la ampliación permanente de la cobertura mediante sistemas que compensen la insuficiencia de

la capacidad de pago de los usuarios y la implementación de mecanismos que garanticen a los usuarios el acceso a los servicios y su participación en la gestión y fiscalización de su prestación.

De esta forma, el artículo 3 definió los instrumentos de la intervención estatal en los servicios públicos tales como:

“3.1. Promoción y apoyo a personas que presten los servicios públicos.

3.2. Gestión y obtención de recursos para la prestación de servicios.

3.8. Estímulo a la inversión de los particulares en los servicios públicos

Es competencia de los departamentos en relación con los servicios públicos:

“7.2. Apoyar financiera, técnica y administrativamente a las empresas de servicios públicos que operen en el Departamento o a los municipios que hayan asumido la prestación directa, así como a las empresas organizadas con participación de la Nación o de los Departamentos para desarrollar las funciones de su competencia en materia de servicios públicos.

7.3. Organizar sistemas de coordinación de las entidades prestadoras de servicios públicos y promover, cuando razones técnicas y económicas lo aconsejen, la organización de asociaciones de municipios para la prestación de servicios públicos, o la celebración de convenios interadministrativos para el mismo efecto.

Con base en las anteriores competencias legales, la Gobernación del Cundinamarca tiene como propósito promover la prestación del servicio público domiciliario de energía eléctrica en el área rural del departamento, al ampliar la cobertura se pretende contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes de la región mediante la prestación de un servicio esencial, teniendo en cuenta que el departamento de Cundinamarca es una zonas del país con tradición agrícola.

El ámbito de aplicación de la ley 1715 del 2014 se define que son competentes todos dos los agentes públicos y privados que intervengan en la definición de políticas sectoriales en el desarrollo y el aprovechamiento de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, en el fomento de le gestión eficiente de la energía, y en la prestación del servicio de energía eléctrica y sus actividades complementarias conforme a lo dispuesto en las Leyes 142 y 127 de 1994 y demás normas Complementarias.

Igualmente la Ley 633 de 2000 establece las fuentes y destinación de los recursos del Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las ZNI (FAZNI). A continuación se describen los artículos relacionados.

ARTÍCULO 83. Todos los recursos del Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas No Interconectadas se utilizarán para financiar planes, programas y proyectos de inversión destinados a la construcción e instalación de la infraestructura eléctrica que permitan la ampliación de la cobertura y satisfacción de la demanda de energía en las Zonas No Interconectadas.

Adicionalmente se define que solo los entes territoriales (departamentos, municipios y resguardos indígenas), las Empresas Prestadoras del Servicio de Energía y el IPSE, pueden presentar proyectos al fondo FAZNI.

1.8. ANTECEDENTES DE PROYECTOS RELACIONADOS

La gobernación de Cundinamarca, con apoyo de la Organización de Estados Iberoamericanos (OEI) y la Secretaría de Educación en el año 2014 desarrolló el proyecto: “Luces para aprender”, el cual pretende llevar energía solar y acceso a internet a más de 66.000 escuelas en Iberoamérica, la mayor parte de ellas situadas en zonas rurales y de difícil acceso. La iniciativa surge en el marco de las Metas Educativas 2021 y pretende abordar retos no resueltos en la región iberoamericana como el acceso a una educación pública de calidad que ofrezca mejores oportunidades a las niñas y niños y les permita hacer frente a la pobreza y la desigualdad. La población beneficiada fue de 110 estudiantes y 13 escuelas en 4 municipios (Yacopí, Caparrapi, Medina y Paratebueno).

Además, la Secretaría de Ciencia y Tecnología, está realizando el proyecto “Luminarias” liderado por las Universidades Javeriana, Andes y Nacional, el cual investiga y desarrolla modelos de equipos solares (inversores, controladores) que puedan posteriormente utilizarse en escuelas o poblaciones rurales concentradas.

La corporación autónoma regional (CAR) es la encargada de emitir conceptos y licencias ambientales en el departamento de Cundinamarca y debido a su misión, tiene una gran experiencia.

La Universidad Distrital como polo de desarrollo académico posee una amplia experiencia en la elaboración de proyectos de inversión e investigación. Actualmente, se encuentra desarrollando este documento bajo el marco del Plan de Energización Rural Sostenible (PERS), el cual busca aunar esfuerzos técnicos, administrativos y financieros para proponer proyectos integrales, sostenibles en forma económica, tecnológica y ambiental de suministro de energía que tengan en cuenta el estudio de esquemas empresariales comunitarios y la identificación de posibles fuentes de financiación en el departamento de Cundinamarca.

Las Alcaldías cuentan con la experiencia en la realización de proyectos que benefician a sus comunidades, igualmente cuentan con un área de planeación encargada de la infraestructura y la planeación del municipio, y a su vez cuentan con una secretaria de educación encargada de la calidad y el bienestar de los estudiantes.

1.9. DOCUMENTOS SOPORTE DEL PROYECTO

- Diseño eléctrico
- Memorias de cálculo
- Presupuesto
- Análisis de precios unitarios
- Plano de ubicación del proyecto
- Solicitud del servicio por parte de las escuelas

1.10. IDENTIFICACIÓN ZONA DONDE SE UBICA LA POBLACIÓN OBJETIVO

La zona donde se encuentra enfocado el proyecto es en la ubicación de cada una de las 7 escuelas rurales del departamento de Cundinamarca que no cuentan con energía eléctrica, las cuales se localizan principalmente en el sector oriental y occidental, a continuación se referencia cada una de ellas.

Tabla 3 Escuelas beneficiadas

Nº	Municipio	IED	Nombre de La Escuela	Vereda	Norte			Este			MSNM
					°	'	"	°	'	"	
1	BITUIMA	JOSE Ma VERGARA	GARITA	LA GARITA	4	51	22	74	30	33	1610
2	PARATEBUENO	JOSUE MANRIQUE	ANTONIO NARIÑO	INPS. EL ENGAÑO	4	37	50	73	13	18	725
3	PARATEBUENO	JOSUE MANRIQUE	BOTELLAS	LAS LAJAS	4	39	31	73	11	6	670
4	PARATEBUENO	JOSUE MANRIQUE	BUENA VISTA MAYA	BUENA VISTA	4	29	17	73	11	32	525
5	PUERTO SALGAR	ANTONIO RICAURTE	RISARALDA	SAN ANTONIO	5	24	52	74	37	32	770
6	UBALA	KENNEDY-SAN PEDRO DE JAGUA	GAZAJUJO	GAZAJUJO	4	39	6	73	15	20	485
7	UBALA	KENNEDY-SAN PEDRO DE JAGUA	SANTA TERESITA	SANTA TERESITA - SAN PEDRO DE JAGUA	4	38	54	73	16	43	525

El censo de los usuarios se ha desarrollado a través de los datos entregados por las escuelas rurales a la Secretaría de Educación y Secretaría de Integración Regional del departamento de Cundinamarca, por parte de los rectores de cada sede educativa. Con estos datos se pudo establecer cuales escuelas no cuentan con el servicio de energía eléctrica en la actualidad, al igual que el número de estudiantes que se verán beneficiados con el proyecto. Por tanto el proyecto plantea un número de soluciones para las escuelas rurales identificadas en las zonas no interconectadas del departamento de Cundinamarca.

1.11. DESCRIPCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA POBLACIÓN OBJETIVO DEL PROYECTO

El total de los alumnos beneficiarios de las Instituciones Educativas Rurales asciende a 95, y una edad promedio entre 7 y 17 años.

1.12. EMPLEOS GENERADOS DURANTE LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO

Empleos directos calificados	Empleos directos no calificados	Empleos indirectos
4	3	3

Tabla 4 RELACIÓN ENTRE EL PROBLEMA Y LOS OBJETIVOS

PROBLEMA IDENTIFICADO (CAUSA PRINCIPAL)	DESCRIPCIÓN DEL OBJETIVO DEL PROYECTO
Siete (7) escuelas rurales no cuentan con el servicio de energía Eléctrica en el departamento de Cundinamarca.	Suministrar energía eléctrica a siete (7) escuelas rurales mediante la implementación de sistemas de generación de energía solar fotovoltaica en los sectores oriental y occidental del departamento de Cundinamarca.
CAUSAS CRÍTICAS	DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS

Inexistencia de infraestructura para prestar el servicio de energía eléctrica a las escuelas rurales de la zona de influencia del presente proyecto. Inexistencia de proyectos formulados para la ejecución e implementación de sistemas de generación de energía eléctrica con energías renovables. Las escuelas se encuentran en zonas aisladas, que presentan vías de acceso en mal estado. Además, están localizadas de manera muy dispersas. Falta de recursos por parte de las entidades encargadas de desarrollar programas de desarrollo y los planes de electrificación departamental y nacional. Falta de inversión para construcción de infraestructura para poder suplir el servicio de energía eléctrica en las escuelas rurales. Bajos presupuestos de las escuelas que imposibilita el acceso a fuentes de generación o conexión a la red por recursos propios.	<u>Para las causas 1 a 3</u> • Electrificación de las 7 escuelas rurales identificadas, mediante la Implementación de sistemas con energías alternativas. • Aumento de la capacidad instalada de fuente de energías no convencionales. <u>Para las causas 4 a 6</u> Financiación de proyectos por parte de la nación, a través del Fondo de apoyo financiero para la energización de las zonas no interconectadas – FAZNI y/o por el Fondo de ciencia tecnología e innovación del sistema general de regalías
EFECTOS ASOCIADOS	INDICADOR DE LOS DESCRIPTORES
• Restricciones en la calidad de los servicios de educación en la zona rural de influencia • Migración de estudiantes a otras zonas o regiones • Altos costos por parte de las escuelas para suplir las necesidades energéticas • Iluminación inadecuada en las aulas de clase • Condiciones térmicas no adecuadas en las aulas. • Escaso acceso a las TIC's en el fomento de la educación de calidad • Deserción educativa • Tiempos mayores de desplazamiento hacia otras veredas con escuelas electrificadas • Compra de velas, linternas, combustibles fósiles. • Inseguridad en la institución por falta de iluminación • Reducción de la jornada escolar • Almacenamiento inadecuado de alimentos como refrigerios.	• Número de escuelas rurales electrificadas. • Número de alumnos beneficiados • Disminución en el analfabetismo en la población rural. • Deserción escolar. • Problemas de visión en edad escolar

1.13. METODOLOGÍA

Para cumplir con los objetivos y la misión contemplados en el plan de desarrollo del departamento de Cundinamarca “Unidos podemos más” en particular en los artículos 8, 20, 21, 22 y 23, relacionados con la calidad de educación, se propone la energización de las 7 escuelas rurales sin servicio de energía eléctrica. Para lo cual se ha conformado un equipo entre la Secretaría de Integración Regional y la Secretaría de Educación departamental con el apoyo de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas y el Plan de Energización Rural Sostenible (PERS) de Cundinamarca, cuyo objetivo principal es aunar esfuerzos para la elaboración, ejecución y sostenimiento del proyecto. La gobernación de Cundinamarca liderará el proyecto desde la formulación, ejecución hasta el feliz término. La Universidad Distrital, en el marco de PERS, será el encargado de la formulación del proyecto y del soporte necesario para presentar el proyecto a un fondo de inversión.

En principio para la electrificación rural de las 7 escuelas no interconectadas del departamento de Cundinamarca, es necesario realizar las siguientes actividades que culminarán con el éxito y buen término del proyecto; diseño de la solución, formulación del proyecto, planificación, ejecución, supervisión y puesta en marcha de los sistemas fotovoltaicos seleccionados. Igualmente para que el proyecto sea sostenible en el tiempo, se debe realizar un mantenimiento de los equipos e instalaciones y un remplazo de baterías y módulos cuando se termine la vida útil de los mismos.

El equipo de trabajo inicialmente concentra su esfuerzos en la el formulación del proyecto tipo perfil para que de esta manera pueda ser presentado a los diferente fondos de financiación, y en este particular al Fondo de apoyo financiero para la energización de las zonas no interconectadas – FAZNI, que administra el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas (IPSE).

En la primera etapa de trabajo en campo se inicia con la consolidación de los diseños y el replanteamiento de las condiciones propias de los terrenos, y su aprobación por parte del área técnica de la Universidad Distrital y PERS Cundinamarca. Seguido se inicia con el desarrollo de la infraestructura mediante el apoyo de todos los actores que intervienen en el proyecto.

En la segunda etapa se implementará en su totalidad todas las soluciones energéticas, de tal manera que las escuelas rurales cuenten con el servicio de energía eléctrica y de una capacitación acerca de las energías alternativas, el buen uso y cuidado de los equipos, y consideraciones sobre su mantenimiento.

Teniendo en cuenta que esta solución se proyecta con una vida útil de 20 años, se deben contemplar los costos asociados a la operación y al mantenimiento de las soluciones energéticas, es por tal motivo que las instituciones educativas y/o las entidades territoriales correspondientes se comprometerán con el recaudo de los pagos de las mensualidades que cubren los costos en el tiempo.

1.14. ESTRUCTURA ORGANIZATIVA PROPUESTA PARA LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO

La gobernación de Cundinamarca encabeza esta iniciativa, y liderará el proyecto desde su concepción hasta su culminación, por tal motivo la gobernación se encarga junto con la Universidad Distrital de la elaboración y formulación del proyecto a nivel de perfil.

Para tal fin, la gobernación se encargará de suministrar los estudios e información necesaria para la realización del proyecto y coordinar la comunicación entre las escuelas rurales, las alcaldías, los ciudadanos y el equipo de trabajo. Además, la entidad liderará las etapas administrativas necesarias para la construcción y puesta en marcha de la infraestructura eléctrica que dará solución a la problemática identificada, incluyendo los procesos de selección de los contratistas que suministrarán los servicios, equipos e infraestructura necesaria y contemplada en los pliegos de condiciones.

En cuanto a la Universidad Distrital en el marco del plan de energización rural sostenible (PERS), será la encargada junto a la gobernación de Cundinamarca de la formulación del proyecto y del soporte técnico del mismo, también será el encargado de aprobar los diseños eléctricos de las soluciones propuestas y de impartir una capacitación para los usuarios (docentes, estudiantes y representantes de las entidades territoriales).

Los ciudadanos, entes de control e inversionistas actúan como responsables de implementar acciones en el marco de sus competencias. Descripción de los roles a desempeñar por los actores que deben y pueden participar en la implementación del proyecto, necesarios para llevar a cabo su correcta ejecución.

Tabla 5 MATRIZ DE OBJETIVO Y RESULTADOS (Componentes)

Componente	Resumen narrativo	Indicador	Meta	Verificación	Supuestos
Fines	24005. Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas no Interconectadas - FAZNI	Minas y Energía - Nuevos usuarios rurales de energía en el país	136.000	El Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas (IPSE)	Presentación de proyectos FAZNI
Objetivo General - Propósito	Electrificar siete 7 escuelas rurales mediante la implementación de sistemas de generación de energía solar fotovoltaica en el sector Centro Oriente del departamento de Cundinamarca.	Número de escuelas rurales sin energía beneficiadas	7	Informe de entrega de sistemas fotovoltaicos a las escuelas y actas de entrega	Instalación de los sistemas solares Fotovoltaicos
Objetivo General - Propósito	Electrificar siete 7 escuelas rurales mediante la implementación de sistemas de generación de energía solar fotovoltaica en el sector Centro Oriente del departamento de Cundinamarca.	Número de alumnos beneficiados	95	Gobernación de Cundinamarca, instituciones educativas beneficiadas	Datos de la Gobernación de Cundinamarca
Objetivo General - Propósito	Electrificar siete 7 escuelas rurales mediante la implementación de sistemas de generación de energía solar fotovoltaica en el sector Centro Oriente del departamento de Cundinamarca.	Deserción escolar en las escuelas no interconectadas del departamento.	0	Instituciones educativas beneficiadas	La ausencia de energía eléctrica en las escuelas rurales, es un factor para la deserción de los estudiantes.
Objetivos Específicos General - Componentes o Productos	Electrificar siete 7 escuelas rurales mediante la implementación de sistemas de generación de energía solar fotovoltaica en el sector Centro Oriente del departamento de Cundinamarca.	Nuevos usuarios con servicio de energía eléctrica en las Zonas No Interconectadas	7	Informe de entrega de sistemas fotovoltaicos a las escuelas y actas de entrega	Las escuelas seleccionadas no cuentan con el servicio de energía eléctrica según datos de la gobernación
	Presentación de Proyectos fondo de inversión	Presentación de Proyectos	1	Base de datos IPSE	Presentación de proyectos FAZNI

2. MEMORIAS DE CÁLCULO

2.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

Los SFV pueden suministrar corriente DC y/o AC, en varias configuraciones de voltaje, corriente y potencia. Cuando se requiere suministrar potencia durante periodos nublados o durante la noche es necesario emplear baterías de almacenamiento. Los módulos solares de los SFV se instalan frecuentemente en una posición fija en una estructura independiente o sobre la cubierta de una edificación, orientados hacia el sur, para los países ubicados en el hemisferio norte y hacia el Norte para los ubicados en el hemisferio sur. El cableado de los módulos solares se lleva hasta el equipo acondicionador de potencia, y de allí al banco de baterías y a las diferentes aplicaciones.

Las funciones de estos componentes son: Generador FV que transforma el recurso solar en electricidad DC (Corriente Directa). El regulador de carga se encarga de proteger el banco de baterías contra sobrecargas y descargas profundas. El inversor transforma la potencia DC (Corriente Directa) en AC (Corriente Alterna).

Para este proyecto se ha seleccionado una configuración común de los SFV que se pueden considerar como típica en sistemas fuera de red. Las capacidades de los SFV pequeños para cubrir necesidades básicas de iluminación, televisión, computadores portátiles, grabadora y cargas menores.

2.2. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DEL SFV Y SUS COMPONENTES

Actualmente se cuenta con un Atlas de Radiación Solar de Colombia, que es un conjunto de mapas donde se representa la distribución espacial del potencial energético solar de Colombia; en estos mapas se establece el valor promedio diario de energía solar, brillo solar y radiación ultravioleta que incide sobre una superficie plana por metro cuadrado.

El territorio nacional se dividió en varias regiones, clasificándolas por interconectadas y zonas no interconectadas, además de tomar en cuenta aspectos naturales, políticos, desarrollo de infraestructura, etc. En la siguiente figura se presenta el potencial de radiación solar ($\text{kWh/m}^2/\text{día}$), usados en la estimación de la energía generada de acuerdo a la tecnología usada.

Potencial de la energía solar en Colombia, por regiones.

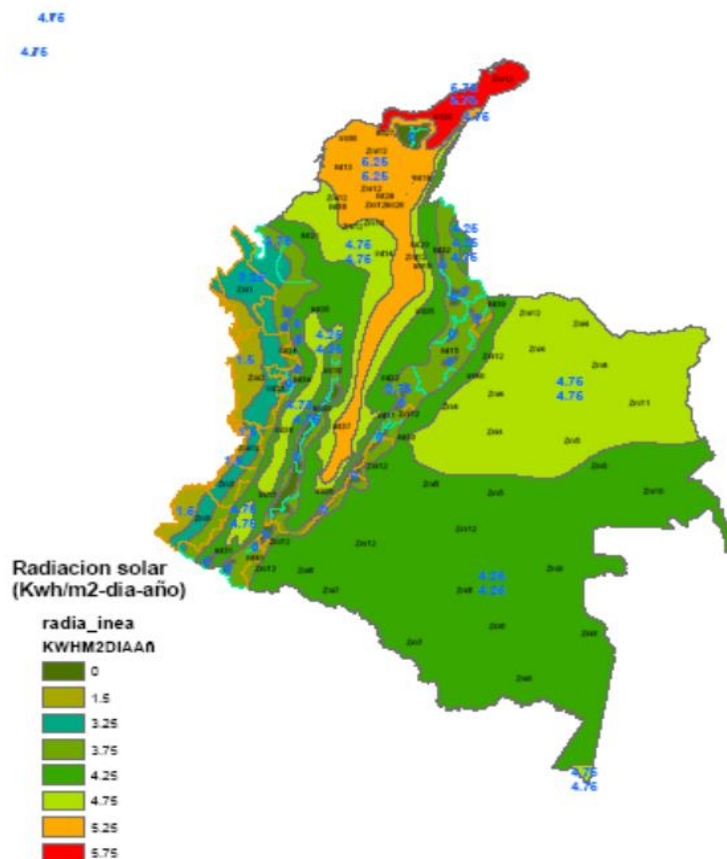


Figura 1 Mapa de Radiación promedio anual [kWh/m2.día].

Fuente: http://www.upme.gov.co/Docs/Atlas_Radiacion_Solar/3-Mapas_Brillo_Solar.pdf

Del mapa expuesto, se puede extraer la información correspondiente al Departamento de Cundinamarca que servirá como punto de partida en la selección de los módulos y componentes del sistema fotovoltaico. En la siguiente figura se muestra la distribución de la radiación diaria promedio anual del departamento de Cundinamarca. La radiación promedio en los municipios de interés para el proyecto (Bituima, Paratebueno, Puerto Salgar y Ubalá) oscila entre 3,5 y 5 kWh/m². En contraste la ciudad de Bogotá y sus municipios fronterizos orientales presentan la menor radiación, con un promedio anual de 2800 Wh/m². Siendo el municipio de Bituima el que registra una radiación más baja, en contraste con Puerto salgar donde se registran los mayores valores.

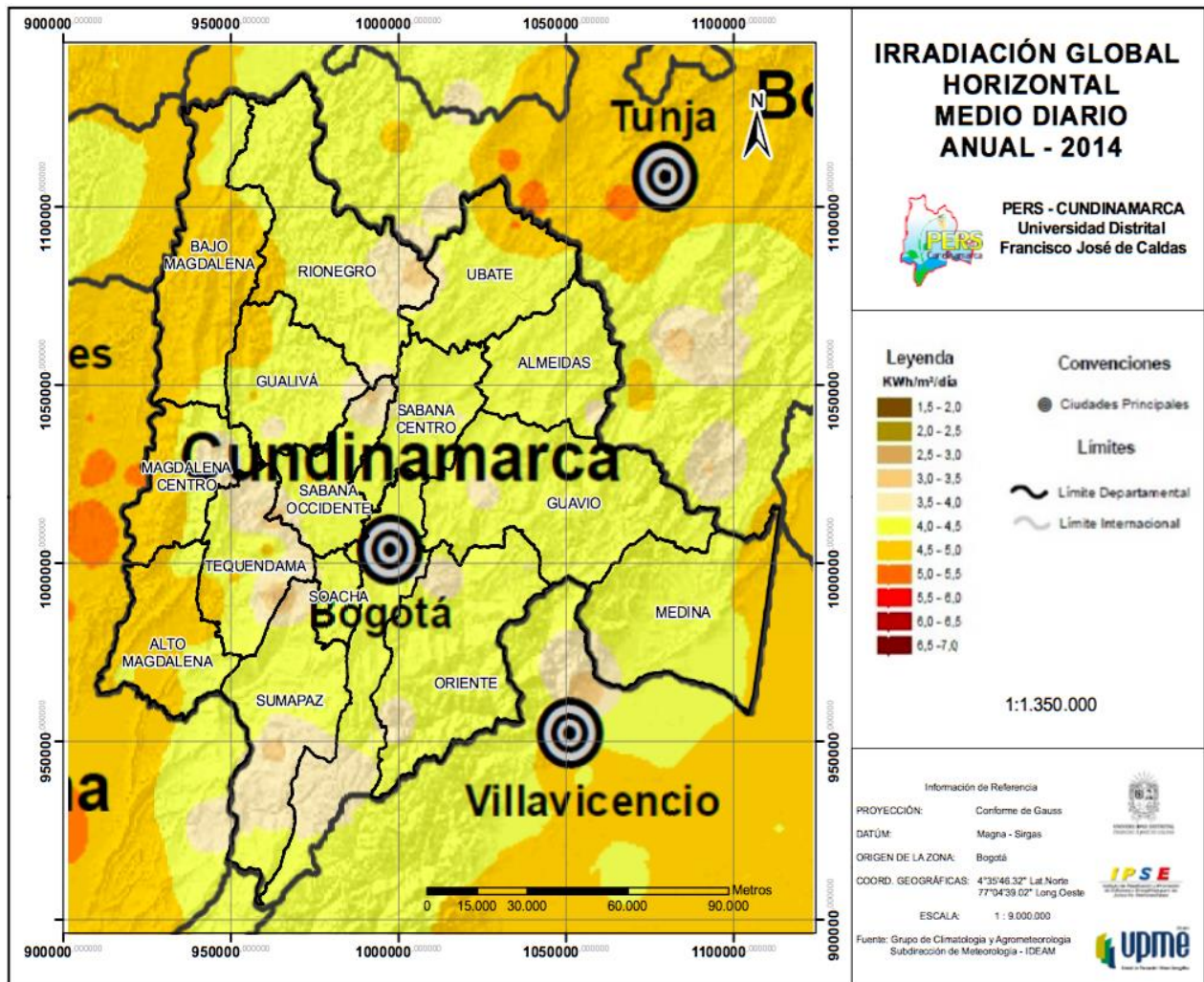


Figura 2 Mapa de Radiación promedio anual de Cundinamarca [kWh/m2.día]. Fuente: PERS Cundinamarca

2.3. Demanda de energía

La demanda de energía depende de las cargas y del uso que se le dé a las mismas. Las cargas se caracterizan por el tipo de tensión DC (Corriente Directa) o AC (Corriente Alterna) y la potencia demandada. La demanda de energía depende del tiempo de uso de los equipos, que a su vez depende de los intereses y hábitos del usuario.

Como se ha expuesto para nuestro proyecto se presentará la solución para una escuela en el área rural del Departamento en donde según las necesidades propias de energía se ha dimensionado el sistema fotovoltaico así:

Tabla 6 Cuadro de cargas de la solución fotovoltaica para la escuela rural

CUADRO DE CARGAS							
Item	Cant.	Descripción	Tipo Carga	Potencia Und. (W)	Potencia Total (W)	Horas (h)	Total Energía (W/día)
1	4	Tubo led	AC	18	72	4	288
2	4	Bombillos led	AC	10	40	2	80
3	3	Computador Portátil	AC	70	210	2	420
4	2	Ventiladores	AC	100	200	2	400
5	1	Nevera 160 LT	DC	70	70	8	560
6	1	Televisor	AC	150	150	2	300
7	1	DVD	AC	25	25	2	50
8	1	Grabadora	AC	30	30	2	60
9	1	Cargador de celulares	AC	7	7	1	7
Subtotales					734		2.165
Total Energía diaria [Wh]							1.605
Total Energía diaria DC [Wh]							560
Total Energía diaria AC [Wh]							2.165
Total E _{AC} modificada [Wh]							2.353

Para la iluminación de las escuelas, se tuvo en cuenta el número de salones existentes en las escuelas del departamento, encontrando que más de 900 escuelas tienen entre 1 y 2 salones. Por lo tanto, en el diseño se optó por contemplar dos salones, más la batería sanitaria en las escuelas seleccionadas.

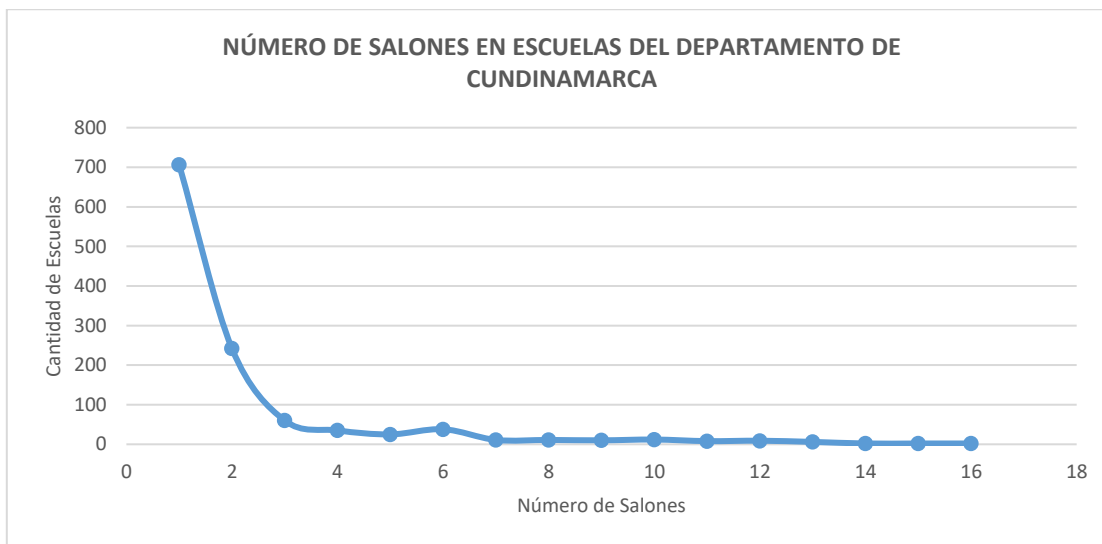


Gráfico 1 Número de salones por escuela. Fuente: Base de datos Secretaría de Integración Regional

Una vez identificadas las cargas procedemos a calcular el total de la energía demandada por el sistema así:

$$Total\ energía\ requerida = Energía\ DC + Energía\ AC\ (modificada)$$

En donde la energía AC modificada corresponde a:

$$EAC(modificada) = \frac{Energía\ AC}{eficiencia\ del\ inversor}$$

Para nuestro caso se optó por una eficiencia del 90%.

2.4. Cálculo de la capacidad de generación y de componentes

Iniciamos por especificar el tipo de montaje y orientación de los módulos para todas las alternativas planteadas:

Tipo de Montaje: Fijo

Ángulo de elevación (β): Es el que forma el panel solar con el suelo

$$\beta(opt) = 3,7 + 0,69 * \phi$$

$$\beta(opt) = \text{Ángulo de elevación óptimo}$$

$$\phi = \text{Latitud del lugar (para Cundinamarca) sin signos (Grados)}$$

$$\beta(opt) = 3,7 + 0,69 * 5$$

$$\beta(opt) = 7,15 \text{ grados}$$



Figura 3 Grado de Inclinación de Módulo fotovoltaico

La orientación del panel solar hacia el sur (en el caso de Cundinamarca, que se encuentra ubicada en el hemisferio norte).

La capacidad de generación del sistema es la demanda de energía dividida por las horas de sol estándar propia del lugar, y se expresa en Wp (Vatios pico). A esa capacidad de generación se suele multiplicar por un factor de seguridad para considerar las pérdidas.

Se procede a calcular la capacidad del generador:

Factor de seguridad del generador Fotovoltaico

$$Fsg = \frac{E_{producida}}{E_{demandada}} = \frac{PG_{nominal} * (\frac{G_{dm}(\beta)}{I_{stc}})}{L_{dm}}$$

β = Ángulo óptimo de instalación de los paneles solares

$G_{dm}(\beta)$

= Es la radiación para el mes sobre el que se hace el diseño, para el ángulo de inclinación de los paneles

G_{stc} = Irradiancia en condiciones estándares de medida (STC). Su valor es de 1000W/m²

L_{dm} = Es el consumo medio estimado de energía (Wh)

$PG_{nominal}$ = Es la potencia del generador fotovoltaico

El factor de seguridad suele ser de 1,1 y 1,4. Normalmente es un parámetro de diseño de la instalación. Para el caso particular de todas las alternativas planteadas se optó por un valor de:

$$Fsg = 1,3$$

$$PG_{nominal} = \frac{Fsg * L_{dm}}{G_{dm}(\beta)/G_{stc}}$$

Los resultados de la energía requerida para cada escenario son las que se muestran a continuación:

Tabla 7 Dimensionamiento generador FV

ITEM	PARÁMETRO	SOLUCIÓN
1	Rendimiento del inversor	90%
2	Días de Autonomía	3
3	Tensión del sistema Fotovoltaico	24
4	Horas Pico Solar	4
5	Latitud (°)	5
6	Radiación(Wh/m ²)	4000
7	Factor de Seguridad	1.3
8	Profundidad de descarga Batería [D.O.D]	50%
RESULTADOS		
	Potencia pico Generador (Wp)	760.5

Se procede a seleccionar los módulos de la lista de proveedores. El módulo seleccionado para nuestro caso es:

Tabla 8 Especificaciones módulo solar

ITEM	PARÁMETRO	SOLUCIÓN
1	Potencia Máx	300
2	Voltaje a P _{máx}	36.7
3	Corriente a P _{max}	8.15
4	Tensión de circuito abierto	46.3
5	Corriente en Cortocircuito	8.6
6	Tensión nominal	24
7	No. de celdas x módulo	72

2.5. Cálculos del número de paneles solares conectados en paralelo

Carga diaria en Corriente

$$CI(Ah) = \frac{(Total\ energía\ requerida)}{V_{sys}}$$

Corriente pico el generador mínima

$$I_{pgm}(A) = \frac{CI}{HSS}$$

$$Paneles\ Paralelo = \frac{I_{pg}}{I_{max\ Modulo}}$$

2.6. Cálculos del número de paneles solares conectados en serie

$$Paneles\ serie = \frac{(Tensión\ del\ sistema)}{tensión\ del\ Modulo\ fotovoltaico}$$

$$Total\ Número\ de\ Paneles = N_s * N_p$$

Tabla 9 Cantidad de módulos

ITEM	PARÁMETRO	SOLUCIÓN
1	Potencia Max	300
2	Voltaje a P _{max}	35.8
3	Corriente a P _{max}	8.37
4	Tensión de circuito abierto	45.2
5	Corriente en Corto Circuito	8.86
6	Tensión nominal	24
7	Carga diaria [Ah]	90
8	I _{pgm}	22.5

RESULTADO		
1	Cálculo del Número de Módulos fotovoltaicos	3
2	Cálculo del Número de Módulos fotovoltaicos en serie	1
3	Cálculo del Número de Módulos fotovoltaicos en paralelo	3

2.7. Cálculo del Acumulador De La Instalación- Baterías

Para llevar a cabo el cálculo de las baterías que requerirá el sistema se deben tener en cuenta tres aspectos muy importantes:

- **La tensión a la cual va a trabajar el sistema (V):** Elegida en función de las características de la instalación, lo más usual son tensiones de 12 y 24V, con el fin de disminuir al máximo las pérdidas de corriente.
- **Los días de Autonomía (D):** corresponden al tiempo que podrá funcionar el sistema sin recibir radiación solar en condiciones adecuadas. **Para nuestro diseño el tiempo de autonomía es de tres (3) días.**
- **Profundidad de descarga máxima (PD máx.):** Corresponde al límite de descarga que puede alcanzar la batería. Para los casos más habituales de electrificación rural, puede tomarse este valor como de un 50%.

$$\text{Capacidad del banco de baterías (CB)} = \frac{Ldm * Fsb}{PDmáx \times Vsys} \text{ (Ah)}$$

Ldm = Consumo en la instalación

Fsb = días de Autonomía

$PDmáx$ = Profundidad máxima de descarga

$Vsys$ = Tensión del sistema

Los resultados son:

Tabla 10 Cálculo de banco de baterías

ITEM	PARÁMETRO	SOLUCIÓN
1	Carga diaria en corriente Ah	90
2	Corriente pico generador seleccionado [A]	26.6
3	Capacidad del banco de baterías (Ah)	541.2
Características de las Baterías		
5	Voltaje Nominal (V)	2
6	Capacidad (Ah)	600

- Baterías en serie

$$Bs = \frac{V_{sys}}{V_{bat}}$$

Bs=Número de baterías en serie

Vsys= tensión del sistema

Vbat= tensión de la batería

- Baterías en Paralelo

$$Bp = \frac{CB}{\text{Capacidad nominal Bateria}}$$

Los resultados son:

Tabla 11 Configuración del banco de baterías

ITEM	PARÁMETRO	SOLUCIÓN
1	Número de Baterías en Serie	12
2	Número de Batería en Paralelo	1
3	Número Total de Baterías	12

2.8. Cálculo del Regulador de Carga

Para seleccionar el controlador de carga se debe tener en cuenta la capacidad de corriente, el Voc y la potencia que admisible por el equipo.

$$I_{regulador} = (\text{Número paneles paralelo}) * (\text{corriente corto circuito panel}(I_{sc}) * 1,25$$

$$V_{oc \text{ mínima del regulador}} = \text{Número paneles serie} * V_{oc \text{ del panel}}$$

Tabla 12 Cálculo del regulador

ITEM	PARÁMETRO	SOLUCIÓN
1	Cálculo del regulador de carga (A)	33.2
	Potencia del generador mínima	900
	Voc del regulador mínima	60
	Regulador seleccionado (comercial)	40

2.9. Cálculo del Inversor

El dimensionamiento del inversor se realiza con base al pico máximo de potencia que se estima en el consumo, pero esto depende de que los usuarios planeen el uso de la energía para reducir lo más posible el pico de energía.

En general las personas que utilizan el sistema no tienen idea alguna del consumo eléctrico que utilizan o que van a necesitar, y es probable que el consumo inicialmente moderado aumente con el tiempo. Es necesario realizar un cálculo certero de la distribución del consumo de energía, ya que la potencia pico que se toma como referencia en el diseño tiene mucha influencia sobre el costo inicial del proyecto.

Para nuestro caso el valor de los inversores calculados es el siguiente teniendo una eficiencia del 90%.

Tabla 13 Características inversor

ITEM	PARÁMETRO	SOLUCIÓN
1	Potencia requerida en AC	774
2	Potencia del Inversor	1000

Nota: los resultados anteriores sugieren la potencia requerida para suplir la energía de cada cuadro de carga, sin embargo se recomienda ajustar los resultados a valores comerciales actuales.

2.10. Cálculos de los conductores

La caída de tensión entre los diferentes tramos del sistema se describe a continuación:

Caída de tensión máxima entre el generador y el regulador/inversor	3%
Caída de tensión máxima entre regulador y batería	1%
Caída de tensión máxima entre el inversor y batería	1%
Caída de tensión máxima entre regulador e inversor	1%
Caída de tensión máxima entre inversor/regulador y cargas	3%

El material del conductor a utilizar es Cobre, el cual tiene una resistividad de ($\rho = 0,0172 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$).
Ver tabla

Tabla 14 Características de los materiales conductores

Material	Resistividad ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$) a 20° C
Aluminio	0,028
Carbón	40,0
Cobre	0,0172
Nicromo	1,5
Plata	0,0159
Platino	0,111
Plomo	0,205
Tungsteno	0,0549

La ecuación para calcular la resistencia de un conductor es:

$$R = \rho * \frac{L}{S} (\Omega)$$

L= Longitud del conductor

S= la sección circular (Área)

P=la resistividad del material

Para el cálculo de la sección circular del conductor se utiliza la siguiente expresión:

$$S = \frac{\rho * L}{R}$$

Tramo Paneles- Controlador de Carga

Para efectos de diseños se tomó un promedio de 9 m la distancia entre la caja de paralelaje¹ (cuando aplique) que se encuentra después del generador fotovoltaico y el regulador de carga. Cabe resaltar que estos cálculos son para condiciones de 25°C, luego debe realizarse los ajustes necesarios cuando esta condición cambie.

Para realizar el cálculo del conductor y la protección en el tramo del generador hacia el controlador de carga se rige bajo la siguiente ecuación:

$$Corriente \text{ máx} = \frac{Potencia \text{ Pico del Generador}}{V_{Sys}}$$

$$Corriente \text{ máx Modificada} = Corriente \text{ máx} * 1.25$$

Tabla 15 Cálculo de conductores Paneles - Regulador

ITEM	PARÁMETRO	SOLUCIÓN
1	Potencia del generador Fotovoltaico (W)	900
2	Tensión del sistema (V)	24
3	Longitud (m) Entre el Generador (CP) - Regulador	9
4	Resistividad del Material (Conductor de Cobre ohm*mm ² /m)	0,0171
5	Corriente Máx.	26,6
6	Corriente Máx. Modificada	33,2
7	Caída de tensión Máxima	3%
8	Sección del conductor (mm ²)	7,87
9	Calibre del conductor	8 AWG
10	Corriente de la Protección	34
11	Protección seleccionada (comercial) en Amperios	32

Tramo Controlador de Carga – Barraje de baterías

Para realizar el cálculo de la protección en el tramo del Regulador de carga al barraje de baterías se rige bajo la siguiente ecuación:

$$\text{Corriente máx de salida del regulador modificada} = \text{Corriente Nominal del Regulador} * 1.25$$

Tabla 16 Cálculo de conductores Regulador-Baterías

ITEM	PARÁMETRO	SOLUCIÓN
1	Potencia del regulador (W)	1.080
2	Tensión del sistema (V)	24
3	Longitud (m) Entre el Regulador - y banco de Baterías	2
4	Corriente Max de Salida del Regulador	40
5	Tipo de regulador	MPPT
6	Caída de tensión Máxima	1%
7	Sección del conductor (mm ²)	9,88
8	Calibre del conductor	6 AWG
9	Corriente de la Protección	50
10	Protección seleccionada (comercial) en Amperios	50

Ahora bien, la conexión entre baterías se realizará con cable 1/0 soldador y bornes 2/0.

Tramo Banco de Baterías – El Inversor

Para realizar el cálculo de la protección en el tramo del banco de baterías y el inversor se rige bajo la siguiente ecuación:

$$\text{Corriente Máx modificada} = \left(\frac{\text{Potencia máx. del Inversor}}{V_{\text{Sys}}} \right) * 1.25$$

Tabla 17 Cálculo conductor banco de baterías-Inversor

ITEM	PARÁMETRO	SOLUCIÓN
1	Potencia Nominal del Inversor	1000
2	Potencia Max Inversor	1500
3	Tensión del sistema (V)	24
4	Longitud (m) Entre el Banco de Baterías y el Inversor	2
5	Corriente Max	62,50
6	Caída de tensión Máxima	1%
7	Sección del conductor (mm ²)	2,21
8	Calibre conductor	6 AWG
9	Corriente de la Protección	63
10	Protección seleccionada (comercial) en Amperios	63

Para la elección de esta protección se sugiere apoyarse en las recomendaciones del fabricante del inversor.

Tramo Inversor – Carga AC

Para realizar el cálculo de la protección en el tramo del Inversor y la carga AC se rige bajo la siguiente ecuación:

$$\text{Corriente Máx Modificada} = \left(\frac{\text{Potencia Nominal del Inversor}}{VAC} \right) * 1.25$$

Tabla 18 Cálculo conductor-Cargas AC

ITEM	PARÁMETRO	SOLUCIÓN
1	Potencia Nominal del Inversor	1000
2	Tensión de la carga (V)	110
3	Longitud (m) Entre el Inversor – y tablero AC	5
4	Corriente Max	13,64
5	Caída de tensión Máxima	1%
6	Sección del conductor (mm ²)	2,21
7	Calibre conductor	12 AWG
8	Corriente máxima modificada	17,05
9	Protección seleccionada (comercial) en Amperios	20

La longitud definida hacia el tablero principal es tentativa pues está sujeta a las condiciones de cada instalación.

3. PRESUPUESTO y APU

Los costos del proyecto se representan en la Tabla 19, posteriormente se desglosa en cada Análisis de Precios Unitarios (APU).

Tabla 19 Presupuesto General

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO DIRECTO				VALOR PARCIAL				TOTAL
				MATERIALES	EQUIPO Y HERRAMIENTAS	TRANSPORTE	MANO DE OBRA	MATERIALES	EQUIPO Y HERRAMIENTAS	TRANSPORTE	MANO DE OBRA	
1	Suministro, transporte e instalación de estructura para 3 módulos de 300 Wp	Und	7	\$ 765.000	\$ 5.000	\$ 120.000	\$ 195.500	\$ 5.355.000	\$ 35.000	\$ 840.000	\$ 1.368.500	\$ 7.598.500
2	Suministro, transporte e instalación de regulador MPPT 45 A, 12V,24 V y 48 V	Und	7	\$ 1.440.000	\$ 3.000	\$ 9.600	\$ 48.875	\$ 10.080.000	\$ 21.000	\$ 67.200	\$ 342.125	\$ 10.510.325
3	Suministro, transporte e instalación de inversor 1000 W	Und	7	\$ 1.710.000	\$ 3.000	\$ 12.000	\$ 114.750	\$ 11.970.000	\$ 21.000	\$ 84.000	\$ 803.250	\$ 12.878.250
4	Suministro, transporte e instalación de 3 módulos solares policristalinos de 300 Wp cada uno	Und	7	\$ 3.510.000	\$ 3.000	\$ 79.200	\$ 195.500	\$ 24.570.000	\$ 21.000	\$ 554.400	\$ 1.368.500	\$ 26.513.900
5	Suministro, transporte e instalación de banco de baterías 600 Ah- 24 Vdc	Und	7	\$ 10.074.960	\$ 10.000	\$ 600.000	\$ 195.500	\$ 70.524.720	\$ 70.000	\$ 4.200.000	\$ 1.368.500	\$ 76.163.220
6	Suministro, transporte e instalación de generador fotovoltaico de 900 Wp	Und	7	\$ 578.100	\$ 3.750	\$ 24.000	\$ 97.750	\$ 4.046.700	\$ 26.250	\$ 168.000	\$ 684.250	\$ 4.925.200
7	Suministro, transporte e instalación de gabinete para equipos y control (Incluye protecciones)	Und	7	\$ 3.591.170	\$ 15.000	\$ 120.000	\$ 391.000	\$ 25.138.190	\$ 105.000	\$ 840.000	\$ 2.737.000	\$ 28.820.190
8	Suministro, transporte e instalación de instalaciones eléctricas internas	Und	7	\$ 505.450	\$ 6.250	\$ 72.000	\$ 195.500	\$ 3.538.150	\$ 43.750	\$ 504.000	\$ 1.368.500	\$ 5.454.400
9	Suministro, transporte e instalación de iluminación LED	Und	7	\$ 220.500	\$ 3.750	\$ 12.000	\$ 97.750	\$ 1.543.500	\$ 26.250	\$ 84.000	\$ 684.250	\$ 2.338.000
10	Suministro, transporte e instalación de sistema puesta a tierra	Und	7	\$ 330.330	\$ 6.250	\$ 48.000	\$ 97.750	\$ 2.312.310	\$ 43.750	\$ 336.000	\$ 684.250	\$ 3.376.310
				\$ 22.725.510	\$ 59.000	\$ 1.096.800	\$ 1.629.875	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
11	Visita previa y levantamiento de información	Und	7			\$ 200.000	\$ 543.429	\$ -	\$ -	\$ 1.400.000	\$ 3.804.000	\$ 5.204.000
12	Diseño Fotovoltaico	Und	1				\$ 2.500.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000
13	Capacitación, entrega final y puesta en marcha	Und	4	\$ 15.000	\$ 6.250	\$ 200.000	\$ 670.800	\$ 60.000	\$ 25.000	\$ 800.000	\$ 2.683.200	\$ 3.568.200
14	Mantenimiento preventivo de los sistemas (anual)	Und	21		\$ 6.250	\$ 200.000	\$ 431.250	\$ -	\$ 131.250	\$ 4.200.000	\$ 9.056.250	\$ 13.387.500
TOTAL COSTOS DIRECTOS								\$ 159.138.570	\$ 569.250	\$ 14.077.600	\$ 29.452.575	\$ 203.237.995
Administración							10%	\$ 15.913.857	\$ 56.925	\$ 1.407.760	\$ 2.945.258	\$ 20.323.800
Imprevistos							5%	\$ 7.956.929	\$ 28.463	\$ 703.880	\$ 1.472.629	\$ 10.161.900
Utilidad							10%	\$ 15.913.857	\$ 56.925	\$ 1.407.760	\$ 2.945.258	\$ 20.323.800
TOTAL COSTOS INDIRECTOS								\$ 39.784.643	\$ 142.313	\$ 3.519.400	\$ 7.363.144	\$ 50.809.499
Interventoría técnica							6%	\$ 9.548.314	\$ 34.155	\$ 844.656	\$ 1.767.155	\$ 12.194.280
Interventoría financiera y administrativa							4%	\$ 6.365.543	\$ 22.770	\$ 563.104	\$ 1.178.103	\$ 8.129.520
VALOR TOTAL PROYECTO								\$ 214.837.070	\$ 768.488	\$ 19.004.760	\$ 39.760.976	\$ 274.371.293
SON: Doscientos setenta v cuatro millones. trescientos setenta v un mil. doscientos noventa v tres pesos												

SON: Doscientos setenta y cuatro millones, trescientos setenta y un mil, doscientos noventa y tres pesos

ITEM	1			UNIDAD
Suministro, transporte e instalación de estructura para 3 módulos de 300 Wp				Gb
I. MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Vr. Unitario	Vr. Parcial
Soportes para paneles en suelo	UN	1	\$ 765.000	\$ 765.000
			SUBTOTAL	\$ 765.000
II. EQUIPO Y HERRAMIENTA				
Descripción	Unidad	Tarifa/día	Rendimiento	Vr. Parcial
Herramienta menor	UN	\$ 5.000	1	\$ 5.000
			SUBTOTAL	\$ 5.000
III. TRANSPORTE				
Descripción	Unidad	Peso	Vr. Unitario	Vr. Parcial
Transporte terrestre Bogotá-(Ubalá, Paratebueno, Bituima ó Puerto Salgar)	kg	100	800	\$ 80.000
Transporte casco urbano-escuela	kg	100	400	\$ 40.000
			SUBTOTAL	\$ 120.000
IV. MANO DE OBRA				
Descripción	Jornal	Prestaciones	Rendimiento	Vr. Parcial
Capataz	\$ 50.000	1,7	1	\$ 85.000
Electricista	\$ 45.000	1,7	1	\$ 76.500
Ayudante	\$ 20.000	1,7	1	\$ 34.000
			SUBTOTAL	\$ 195.500
			TOTAL COSTO DIRECTO	\$ 1.085.500

ITEM	2			UNIDAD
Suministro, transporte e instalación de regulador MPPT 45 A, 12V, 24 V y 48 V				Un
I. MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Vr. Unitario	Vr. Parcial
Controlador MPPT 12/24V - 45A	UN	1	\$ 1.440.000	\$ 1.440.000
			SUBTOTAL	\$ 1.440.000
II. EQUIPO Y HERRAMIENTA				
Descripción	Unidad	Tarifa/día	Rendimiento	Vr. Parcial
Herramienta menor	UN	\$ 3.000	1	\$ 3.000
			SUBTOTAL	\$ 3.000
III. TRANSPORTE				
Descripción	Unidad	Peso	Vr. Unitario	Vr. Parcial
Transporte terrestre Bogotá-(Ubalá, Paratebueno, Bituima ó Puerto Salgar)	kg	8	800	\$ 6.400
Transporte casco urbano-escuela	kg	8	400	\$ 3.200
			SUBTOTAL	\$ 9.600
IV. MANO DE OBRA				
Descripción	Jornal	Prestaciones	Rendimiento	Vr. Parcial
Capataz	\$ 50.000	1,7	4	\$ 21.250
Electricista	\$ 45.000	1,7	4	\$ 19.125
Ayudante	\$ 20.000	1,7	4	\$ 8.500
			SUBTOTAL	\$ 48.875
			TOTAL COSTO DIRECTO	\$ 1.501.475

ITEM		3	UNIDAD	
Suministro, transporte e instalación de inversor 1000 W			Un	
I. MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Vr. Unitario	Vr. Parcial
Inversor 24V- 1000 W 110 Vac	UN	1	\$ 1.710.000	\$ 1.710.000
			SUBTOTAL	\$ 1.710.000
II. EQUIPO Y HERRAMIENTA				
Descripción	Unidad	Tarifa/día	Rendimiento	Vr. Parcial
Herramienta menor	UN	\$ 3.000	1	\$ 3.000
			SUBTOTAL	\$ 3.000
III. TRANSPORTE				
Descripción	Unidad	Peso	Vr. Unitario	Vr. Parcial
Transporte terrestre Bogotá-(Ubalá, Paratebueno, Bituima ó Puerto Salgar)	kg	10	800	\$ 8.000
Transporte casco urbano-escuela	kg	10	400	\$ 4.000
			SUBTOTAL	\$ 12.000
IV. MANO DE OBRA				
Descripción	Jornal	Prestaciones	Rendimiento	Vr. Parcial
Capataz	\$ 50.000	1,7	2	\$ 42.500
Electricista	\$ 45.000	1,7	2	\$ 38.250
Ayudante	\$ 20.000	1,7	1	\$ 34.000
			SUBTOTAL	\$ 114.750
		TOTAL COSTO DIRECTO		\$ 1.839.750

ITEM		4	UNIDAD	
Suministro, transporte e instalación de 3 módulos solares policristalinos de 300 Wp cada uno				Gb
I. MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Vr. Unitario	Vr. Parcial
Paneles solares 300 Wp	UN	3	\$ 1.170.000	\$ 3.510.000
			SUBTOTAL	\$ 3.510.000
II. EQUIPO Y HERRAMIENTA				
Descripción	Unidad	Tarifa/día	Rendimiento	Vr. Parcial
Herramienta menor	UN	\$ 3.000	1	\$ 3.000
			SUBTOTAL	\$ 3.000
III. TRANSPORTE				
Descripción	Unidad	Peso	Vr. Unitario	Vr. Parcial
Transporte terrestre Bogotá-(Ubalá, Paratebueno, Bituima ó Puerto Salgar)	kg	66	800	\$ 52.800
Transporte casco urbano-escuela	kg	66	400	\$ 26.400
			SUBTOTAL	\$ 79.200
IV. MANO DE OBRA				
Descripción	Jornal	Prestaciones	Rendimiento	Vr. Parcial
Capataz	\$ 50.000	1,7	1	\$ 85.000
Electricista	\$ 45.000	1,7	1	\$ 76.500
Ayudante	\$ 20.000	1,7	1	\$ 34.000
			SUBTOTAL	\$ 195.500
		TOTAL COSTO DIRECTO		\$ 3.787.700

ITEM	5	UNIDAD		
Suministro, transporte e instalación de banco de baterías 600 Ah- 24 Vdc				Un
I. MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Vr. Unitario	Vr. Parcial
Baterías AGM 2V 600 Ah	UN	12	\$ 810.000	\$ 9.720.000
Cable soldadura 6 AWG	UN	6	\$ 4.860	\$ 29.160
Borneras de cobre 6 AWG	UN	30	\$ 4.860	\$ 145.800
Interruptor bipolar 63 A DC	UN	1	\$ 180.000	\$ 180.000
			SUBTOTAL	\$ 10.074.960
II. EQUIPO Y HERRAMIENTA				
Descripción	Unidad	Tarifa/día	Rendimiento	Vr. Parcial
Herramienta menor	UN	\$ 10.000	1	\$ 10.000
			SUBTOTAL	\$ 10.000
III. TRANSPORTE				
Descripción	Unidad	Peso	Vr. Unitario	Vr. Parcial
Transporte terrestre Bogotá-(Ubalá, Paratebueno, Bituima ó Puerto Salgar)	kg	500	800	\$ 400.000
Transporte casco urbano-escuela	kg	500	400	\$ 200.000
			SUBTOTAL	\$ 600.000
IV. MANO DE OBRA				
Descripción	Jornal	Prestaciones	Rendimiento	Vr. Parcial
Capataz	\$ 50.000	1,7	1	\$ 85.000
Electricista	\$ 45.000	1,7	1	\$ 76.500
Ayudante	\$ 20.000	1,7	1	\$ 34.000
			SUBTOTAL	\$ 195.500
		TOTAL COSTO DIRECTO		\$ 10.880.460

ITEM		6	UNIDAD	
Suministro, transporte e instalación de generador fotovoltaico de 900 Wp			Gb	
I. MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Vr. Unitario	Vr. Parcial
Conector MC4 3/1	UN	2	\$ 34.200	\$ 68.400
Conector MC4 pareja (macho y hembra)	UN	1	\$ 13.500	\$ 13.500
Cable 8 AWG THWN-2	UN	30	\$ 4.300	\$ 129.000
Cable 12 AWG THWN-2 Verde	UN	20	\$ 1.950	\$ 39.000
Fusibles 32A Cilíndrico	UN	2	\$ 31.500	\$ 63.000
Portafusibles 10x38mm	UN	1	\$ 25.200	\$ 25.200
Caja para protecciones IP65	UN	1	\$ 240.000	\$ 240.000
			SUBTOTAL	\$ 578.100
II. EQUIPO Y HERRAMIENTA				
Descripción	Unidad	Tarifa/día	Rendimiento	Vr. Parcial
Herramienta menor	UN	\$ 3.000	1	\$ 3.750
			SUBTOTAL	\$ 3.750
III. TRANSPORTE				
Descripción	Unidad	Peso	Vr. Unitario	Vr. Parcial
Transporte terrestre Bogotá-(Ubalá, Paratebueno, Bituima ó Puerto Salgar)	kg	20	800	\$ 16.000
Transporte casco urbano-escuela	kg	20	400	\$ 8.000
			SUBTOTAL	\$ 24.000
IV. MANO DE OBRA				
Descripción	Jornal	Prestaciones	Rendimiento	Vr. Parcial
Capataz	\$ 50.000	1,7	2	\$ 42.500
Electricista	\$ 45.000	1,7	2	\$ 38.250
Ayudante	\$ 20.000	1,7	2	\$ 17.000
			SUBTOTAL	\$ 97.750
		TOTAL COSTO DIRECTO		\$ 703.600

ITEM	7			UNIDAD
Suministro, transporte e instalación de gabinete para equipos y control (Incluye protecciones)				Gb
I. MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Vr. Unitario	Vr. Parcial
Sistema de monitoreo GPRS	UN	1	\$ 855.000	\$ 855.000
Breaker monopolar 20 A	UN	1	\$ 22.500	\$ 22.500
Diferencial (Sensibilidad 300 mA)	UN	1	\$ 495.000	\$ 495.000
Dispositivo de protección contra sobretensiones (DPS)	UN	1	\$ 495.000	\$ 495.000
Gabinete metálico (baterías y equipos)	UN	1	\$ 1.260.000	\$ 1.260.000
Barra de Cobre 1/8"x2"x100cm (Tablero)	UN	1	\$ 53.460	\$ 53.460
Aislador para barraje 25 mm	UN	6	\$ 7.560	\$ 45.360
Riel Din	UN	1	\$ 7.560	\$ 7.560
Freno riel DIN	UN	6	\$ 3.600	\$ 21.600
Borna de tierra para riel DIN, 1 entrada 1 salida 10 AWG	UN	1	\$ 7.740	\$ 7.740
Cinta aislante 3M temflex x 10m negra	UN	1	\$ 3.150	\$ 3.150
Cinta aislante 3M temflex x 10m roja	UN	1	\$ 3.150	\$ 3.150
Cinta aislante 3M temflex x 10m verde	UN	1	\$ 3.150	\$ 3.150
Cinta aislante 3M temflex x 10m blanca	UN	1	\$ 3.150	\$ 3.150
Fusible cilíndrico 20A 10x38mm	UN	4	\$ 31.500	\$ 126.000
Fusible 63 A	UN	2	\$ 40.000	\$ 80.000
Portafusible 10x38 mm	UN	4	\$ 25.200	\$ 100.800
Canaleta ranurada azul Legrand 40x40mm X 2m	UN	1	\$ 8.550	\$ 8.550
			SUBTOTAL	\$ 3.591.170
II. EQUIPO Y HERRAMIENTA				
Descripción	Unidad	Tarifa/día	Rendimiento	Vr. Parcial
Herramienta menor	UN	\$ 12.000	1	\$ 15.000
			SUBTOTAL	\$ 15.000
III. TRANSPORTE				
Descripción	Unidad	Peso	Vr. Unitario	Vr. Parcial
Transporte terrestre Bogotá-(Ubalá, Paratebueno, Bituima ó Puerto Salgar)	kg	100	800	\$ 80.000
Transporte casco urbano-escuela	kg	100	400	\$ 40.000
			SUBTOTAL	\$ 120.000
IV. MANO DE OBRA				
Descripción	Jornal	Prestaciones	Rendimiento	Vr. Parcial
Capataz	\$ 50.000	1,7	0,5	\$ 170.000
Electricista	\$ 45.000	1,7	0,5	\$ 153.000
Ayudante	\$ 20.000	1,7	0,5	\$ 68.000
			SUBTOTAL	\$ 391.000
TOTAL COSTO DIRECTO				\$ 4.117.170

ITEM	8		UNIDAD	
Suministro, transporte e instalación de instalaciones eléctricas internas			Gb	
I. MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Vr. Unitario	Vr. Parcial
Cable 12 AWG negro THWN-2 90°c	UN	50	1350	\$ 67.500
Cable 12 AWG rojo THWN-2 90°c	UN	50	1350	\$ 67.500
Cable 12 AWG verde THWN-2 90°c	UN	50	1350	\$ 67.500
Caja octagonal PVC	UN	2	1200	\$ 2.400
Caja 5800 PVC	UN	7	650	\$ 4.550
Tubo Conduit 3/4" flexible x 1 m	UN	50	3200	\$ 160.000
Terminal 3/4" PVC	UN	20	400	\$ 8.000
Union Conduit 3/4" PVC	UN	10	350	\$ 3.500
Tomacorriente doble con polo a tierra	UN	4	9500	\$ 38.000
Interruptor sencillo	UN	3	9000	\$ 27.000
Roseta PVC	UN	2	2250	\$ 4.500
Abrazaderas 3/4" galvanizada	UN	20	250	\$ 5.000
Varios (tornillos, pegante, etc)	UN	1	50000	\$ 50.000
			SUBTOTAL	\$ 505.450
II. EQUIPO Y HERRAMIENTA				
Descripción	Unidad	Tarifa/día	Rendimiento	Vr. Parcial
Herramienta menor	UN	\$ 5.000	1	\$ 6.250
			SUBTOTAL	\$ 6.250
III. TRANSPORTE				
Descripción	Unidad	Peso	Vr. Unitario	Vr. Parcial
Transporte terrestre Bogotá-(Ubalá, Paratebueno, Bituima ó Puerto Salgar)	kg	60	800	\$ 48.000
Transporte casco urbano-escuela	kg	60	400	\$ 24.000
			SUBTOTAL	\$ 72.000
IV. MANO DE OBRA				
Descripción	Jornal	Prestaciones	Rendimiento	Vr. Parcial
Capataz	\$ 50.000	1,7	1	\$ 85.000
Electricista	\$ 45.000	1,7	1	\$ 76.500
Ayudante	\$ 20.000	1,7	1	\$ 34.000
			SUBTOTAL	\$ 195.500
		TOTAL COSTO DIRECTO		\$ 779.200

ITEM		9	UNIDAD	
Suministro, transporte e instalación de iluminación LED			Gb	
I. MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Vr. Unitario	Vr. Parcial
Tubo LED 120 mm 18W 85-240	UN	4	31.500	\$ 126.000
Bombillo LED 9W E27	UN	4	13.500	\$ 54.000
Especular sencillo con sockets	UN	4	10.125	\$ 40.500
			SUBTOTAL	\$ 220.500
II. EQUIPO Y HERRAMIENTA				
Descripción	Unidad	Tarifa/día	Rendimiento	Vr. Parcial
Herramienta menor	UN	\$ 3.000	1	\$ 3.750
			SUBTOTAL	\$ 3.750
III. TRANSPORTE				
Descripción	Unidad	Peso	Vr. Unitario	Vr. Parcial
Transporte terrestre Bogotá-(Ubalá, Paratebueno, Bituima ó Puerto Salgar)	kg	10	800	\$ 8.000
Transporte casco urbano-escuela	kg	10	400	\$ 4.000
			SUBTOTAL	\$ 12.000
IV. MANO DE OBRA				
Descripción	Jornal	Prestaciones	Rendimiento	Vr. Parcial
Capataz	\$ 50.000	1,7	2	\$ 42.500
Electricista	\$ 45.000	1,7	2	\$ 38.250
Ayudante	\$ 20.000	1,7	2	\$ 17.000
			SUBTOTAL	\$ 97.750
		TOTAL COSTO DIRECTO		\$ 334.000

ITEM	10			UNIDAD
Suministro, transporte e instalación de sistema puesta a tierra				Gb
I. MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Vr. Unitario	Vr. Parcial
Varilla Copper Weld	UN	1	147.000	\$ 147.000
Hidro-gel	UN	1	18.450	\$ 18.450
Limadura de hierro	UN	1	10.980	\$ 10.980
Cable desnudo 1/0 AWG	UN	3	26.100	\$ 78.300
Conectores de cobre	UN	2	37.800	\$ 75.600
			SUBTOTAL	\$ 330.330
II. EQUIPO Y HERRAMIENTA				
Descripción	Unidad	Tarifa/día	Rendimiento	Vr. Parcial
Herramienta menor	UN	\$ 5.000	1	\$ 6.250
			SUBTOTAL	\$ 6.250
III. TRANSPORTE				
Descripción	Unidad	Peso	Vr. Unitario	Vr. Parcial
Transporte terrestre Bogotá-(Ubalá, Paratebueno, Bituima ó Puerto Salgar)	kg	40	800	\$ 32.000
Transporte casco urbano-escuela	kg	40	400	\$ 16.000
			SUBTOTAL	\$ 48.000
IV. MANO DE OBRA				
Descripción	Jornal	Prestaciones	Rendimiento	Vr. Parcial
Capataz	\$ 50.000	1,7	2	\$ 42.500
Electricista	\$ 45.000	1,7	2	\$ 38.250
Ayudante	\$ 20.000	1,7	2	\$ 17.000
			SUBTOTAL	\$ 97.750
		TOTAL COSTO DIRECTO		\$ 482.330

ITEM		11	UNIDAD	
Visita previa y levantamiento de información				Gb
I. MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Vr. Unitario	Vr. Parcial
			SUBTOTAL	\$ -
II. EQUIPO Y HERRAMIENTA				
Descripción	Unidad	Tarifa/día	Rendimiento	Vr. Parcial
			SUBTOTAL	\$ -
III. TRANSPORTE				
Descripción	Unidad	Cantidad	Vr. Unitario	Vr. Parcial
Viaje	Un	4	50.000	\$ 200.000
			SUBTOTAL	\$ 200.000
IV. MANO DE OBRA				
Descripción	Jornal	Prestaciones	Rendimiento	Vr. Parcial
Ingeniero	\$ 117.000	1,7	0,7	\$ 284.143
Electricista	\$ 45.000	1,7	0,7	\$ 109.286
Viaticos	\$ 150.000		1	\$ 150.000
			SUBTOTAL	\$ 543.429
		TOTAL COSTO DIRECTO		\$ 743.429

ITEM		13	UNIDAD	
Capacitación, entrega final y puesta en marcha				Gb
I. MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Vr. Unitario	Vr. Parcial
Cartilla técnica ilustrativa	UN	1	15.000	\$ 15.000
			SUBTOTAL	\$ 15.000
II. EQUIPO Y HERRAMIENTA				
Descripción	Unidad	Tarifa/día	Rendimiento	Vr. Parcial
Herramienta menor	UN	\$ 5.000	1	\$ 6.250
			SUBTOTAL	\$ 6.250
III. TRANSPORTE				
Descripción	Unidad	Cantidad	Vr. Unitario	Vr. Parcial
Viaje	Un	4	50.000	\$ 200.000
			SUBTOTAL	\$ 200.000
IV. MANO DE OBRA				
Descripción	Jornal	Prestaciones	Rendimiento	Vr. Parcial
Ingeniero	\$ 117.000	1,7	0,5	\$ 397.800
Electricista	\$ 45.000	1,7	0,5	\$ 153.000
Viaticos	\$ 120.000		1	\$ 120.000
			SUBTOTAL	\$ 670.800
		TOTAL COSTO DIRECTO		\$ 892.050

ITEM	14			UNIDAD
Mantenimiento preventivo de los sistemas (anual)				Gb
I. MATERIALES				
Descripción	Unidad	Cantidad	Vr. Unitario	Vr. Parcial
			SUBTOTAL	\$ -
II. EQUIPO Y HERRAMIENTA				
Descripción	Unidad	Tarifa/día	Rendimiento	Vr. Parcial
Herramienta menor	UN	5000	0,8	6250
			SUBTOTAL	\$ 6.250
III. TRANSPORTE				
Descripción	Unidad	Cantidad	Vr. Unitario	Vr. Parcial
Viaje	Un	4	50.000	\$ 200.000
			SUBTOTAL	\$ 200.000
IV. MANO DE OBRA				
Descripción	Jornal	Prestaciones	Rendimiento	Vr. Parcial
Electricista x2	\$ 90.000	1,7	0,8	\$ 191.250
Viaticos	\$ 120.000		2	\$ 240.000
			SUBTOTAL	\$ 431.250
			TOTAL COSTO DIRECTO	\$ 637.500

3.1. Fuente de Financiación

Teniendo en cuenta que el proyecto no cuenta con cofinanciación, la fuente de financiación debe asumir el total del valor del proyecto:

FUENTES DE FINANCIACIÓN				
Tipo de entidad	Nombre de entidad	Tipo de recurso	Año 2017	TOTAL
NACIÓN	El Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas (IPSE)	Fondo de apoyo financiero para la energización de las zonas no interconectadas – FAZNI.	274.371.293	274.371.293
TOTAL			274.371.293	274.371.293

3.2. FLUJO DE FONDOS

FLUJO DE FONDOS								
ETAPA	ACTIVIDADES		2018					
			E	F	M	A	M	X _n
FASE PLANIFICACIÓN	Visita Municipio	Obtener datos de ubicación de los equipos y posición geográfica.	x					
			5.204.000					
	Diseño	Diseño del sistema fotovoltaico	x					
			2.500.000					
FASE PREPARACIÓN Y ALISTAMIENTO	Importación e instalación	Importación de paneles	x	x				
			26.513.900					
		Importación de controladores	x	x				
			10.510.325					
		Importación de inversores off-grid	x	x				
			12.878.250					
	Importación de baterías	x	x	x				
				76.163.220				
		Compra local e instalación	Fabricación de gabinetes equipos			x		
				28.820.190				
Compra de iluminación LED			x					
	2.338.000							
FASE DE EJECUCIÓN	Instalacion	Instalación de de soportes para paneles				x		
						7.598.500		
		Sistema puesta a tierra				x		
			3.376.310					
		Generador fotovoltaico						
			4.925.200					
		Instalaciones eléctricas internas				x		
			5.454.400					
CIERRE	Entregas	Capacitación y Entrega final del sistema				x		
						3.568.200	x	
SEGUIMIENTO	Visita Técnica	Mantenimiento preventivo de los sistemas (Por 36 meses)					13.387.500	
TOTAL			7.704.000	52.240.475	104.983.410	24.922.610	13.387.500	203.237.995
			4%	26%	52%	12%	7%	100%

4. SOSTENIBILIDAD DEL PROYECTO

La sostenibilidad del proyecto se basa en cuatro aspectos principales:

- El primero es la apropiación de las instituciones, los estudiantes y la comunidad del proyecto y su infraestructura.
- La promoción y capacitación en energías alternativas mediante instrucciones impartidas por las instituciones educativas como la Universidad Distrital.
- Acumulación del aporte mensual para los gastos ocasionados por el mantenimiento y remplazo de piezas y equipos que cumplan su vida útil.
- Mediante un aporte mensual de las escuelas o las entidades territoriales correspondientes de un monto basado en los gastos derivados del manteniendo y remplazo de equipos durante la etapa de operación. Como se observa en la siguiente tabla en donde se encuentra los costos de mantenimiento y de reemplazo, al igual que los tiempos de vida útil, garantía y frecuencia de los mantenimientos.

4.1.1. ADMINISTRACION, OPERACIÓN, Y MANTENIMIENTO

Se describen a continuación las características principales del componente O&M correspondiente al sistema fotovoltaico planteado en el Departamento de Cundinamarca y el cual se generaliza para este tipo de tecnología así:

CARACTERÍSTICAS OPERACIONALES DE LOS SISTEMAS SFV

Es oportuno iniciar por listar las características operacionales aplicables al proyecto específico en el Departamento de Cundinamarca:

Una de las principales ventajas de los SFV son su confiabilidad y flexibilidad en el diseño resultantes de su modularidad en la alternativa planteada. La modularidad permite diseños que pueden ser fácilmente aumentados o disminuidos en su capacidad de generación sin cambios significativos de la unidad básica de generación de potencia. Los módulos solares pueden ser agregados o disminuidos para ajustarse a la demanda. La modularidad combinada con la larga vida de los módulos simplifica los inventarios y las operaciones de mantenimiento.

Es de especial importancia en los diseños de estos sistemas, la apropiada capacidad y tipo de baterías para las cuales el modo de operación de las mismas tiene incidencia en la vida útil de las mismas. Para nuestro caso esta vida útil como más adelante se detallará deberá estar garantizada por cuatro años.

La generación depende de la insolación en el lugar de instalación. Los sistemas se pueden configurar de una manera muy flexible para suministrar la demanda requerida. Los proveedores de módulos solares garantizan los módulos por periodos hasta de 25 años (considerando un decrecimiento de la potencia gradual durante 25 años hasta niveles entre 80 y 90% de la potencia inicial).

COMPONENTE ADMINISTRACION

El costo y componente de administración es el asociado a la gestión necesaria para lograr que los SFV individuales dispersos suministren energía de manera confiable y sean sostenibles.

Para este caso la administración y la operación de los sistemas serán realizadas por parte de cada una de las escuelas, juntas de acción comunal o asociaciones de padres de familia de las mismas escuelas beneficiarias del proyecto. Sin embargo es importante aclarar que el componente técnico de mantenimiento será entregado a un tercero con la capacidad técnica profesional de realizar las operaciones de mantenimiento periódico (6 meses).

Es importante anotar que el proyecto en su primera etapa abarca 7 escuelas dispersos en la zona rural de los municipios de Bituima, Paratebueno, Ubalá y Puerto Salgar, cuya administración tendrá como objetivo principal verificar el suministro acorde de energía a las escuelas. Bajo la evaluación de falla del SFV deberá coordinar con la Secretaría de Integración Regional quien se hará cargo de la inspección, diagnóstico y reparación si hubiera lugar a ello.

El plan de mantenimiento contempla las siguientes tareas:

Visitar cada usuario una vez cada seis meses para:

- Verificar la existencia de los equipos (revisión de inventarios)
- Inspeccionar los SFV y hacer el mantenimiento preventivo
- Los fondos para el mantenimiento estarán a cargo de cada escuela a través de la cuota mensual de propuesta para el sistema.

Tomando en cuenta las tareas generales demandadas por este sistema se ha concluido que el personal sería el siguiente:

(1) Técnico Operador

Los costos de este personal estarían con cargo a la cuota mensual de mantenimiento del sistema.

COMPONENTE OPERACIÓN

Los SFV individuales NO conllevan costos de operación la cual está a cargo del usuario, al cual dentro de las obligaciones del instalador estará la de prestarle la capacitación mínima requerida para solventar todos los impases del sistema y su funcionamiento óptimo.

COMPONENTE MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS SFV

A pesar de que los sistemas fotovoltaicos en general necesitan de poco mantenimiento, debido a que no presentan partes móviles, combustibles etc..., la fiabilidad, durabilidad y disponibilidad de servicio obliga a desarrollar un programa de revisiones y comprobaciones para mantener las instalaciones en perfecto estado de funcionamiento.

Tabla 20 Plan de mantenimiento de los SFV

Plan de mantenimiento preventivo de los sistemas solares fotovoltaicos		
Elemento	Operación	Periodicidad
Cableado	- Revisión del estado de los cables - Inspección de conexiones, terminales y platinas. - Comprobación de caídas de tensión en el cableado DC	12 meses
Estado de los Módulos	- Situación respecto al proyecto original - Limpieza y presencia de daños que afecten a la seguridad y protecciones	12 meses
Estructura soporte	- Revisión de daños en la estructura - Deterioro por agentes ambientales - Oxidación	12 meses
Baterías	- Comprobación del nivel de electrolito (según sea el caso) - Limpieza y engrasado de terminales.	6 meses
Regulador de Carga	- Medida de caídas de tensión entre terminales - Inspección visual del funcionamiento de indicadores	12 meses
Inversores	- Estado de indicadores y alarmas. - Medida de caídas de tensión entre terminales	12 meses

Para facilitar estas labores de mantenimiento, se suele establecer una guía con las actuaciones correspondiente, lo que facilita al instalador la realización de las tareas.

Tipos de mantenimientos

Mantenimiento correctivo: se realiza cuando se produce una avería en la instalación, y tiene como fin solucionar la falla.

Mantenimiento Preventivo: se realiza con el fin de prevenir fallos en la instalación antes de que puedan producirse. En este caso, la sustitución de los elementos de la instalación se realiza cuando ha acabado la vida útil, antes de que lleguen a producir un fallo.²

A continuación se muestran tareas adicionales al plan de mantenimiento preventivo aplicable al proyecto en el Departamento de Cundinamarca en el cual se ha determinado una periodicidad de un (1 año) para cada una de las actividades a realizar por modulo fotovoltaico así:

² Díaz y Carmona, tomas y Guadalupe. Instalaciones solares fotovoltaicas, McGrawHill

Tabla 21 Plan mantenimiento de los módulos FV

Plan de mantenimiento preventivo de los módulos fotovoltaicos		
Elementos de Seguridad y Protecciones	• Verificación de las tomas de tierra • Comprobación de la actuación de interruptores de seguridad. • Verificación de fusibles	12 meses
Instalaciones monitorizadas	• Calibración y limpieza de los medidores • Comprobación del funcionamiento y calibración del sistema de adquisición de datos • Verificación del sistema de almacenamiento de datos	12 meses

Las operaciones de mantenimiento incluirán:

- Realización de un informe técnico de cada una de las visitas en el que se reflejen el estado de las instalaciones y las incidencias acaecidas.
- Registro de las operaciones de mantenimiento realizadas en un libro de mantenimiento, en el que constara la identificación del personal de mantenimiento (Nombre y cargo)
- Los SFV son sistemas que tienen escaso mantenimiento pero que requieren efectivamente de él para asegurar la confiabilidad del suministro de energía. En la tabla anterior se mostró que las labores de mantenimiento que se deben realizar periódicamente.
- Para esta labor de inspección y mantenimiento se requiere el desplazamiento de los funcionarios al lugar de las instalaciones. El costo del mantenimiento es el costo del transporte y viáticos de los funcionarios se incluye en la cuota mensual que se detallará más adelante. Dadas las condiciones de acceso y/o vías a las poblaciones y escuelas, se espera que puedan inspeccionar y mantener de uno a dos sistemas diariamente.
- Para el ejercicio se ha calculado el costo del transporte y los viáticos correspondientes a la labor del personal encargado de hacer esta inspección. En la tabla 3, se describe el detalle del costo anual generado por el mantenimiento con base a n u a l de los SFV a instalarse en el proyecto.

Reemplazos

En cuanto se refiere a los reemplazos mayores, estos son esencialmente el reemplazo de las baterías en los SFV individuales en operación aislada aproximadamente cada 4 años, y el regulador de carga y el inversor que tienen vidas esperadas mínimas de 5 años de operación.

A continuación se muestra una tabla que podría simular el reemplazo de elementos de los SFV a implementar en el proyecto de Cundinamarca basado en la experiencia en este tipo de instalaciones, en la vida útil de los equipos y tomando en cuenta los valores aprobados para el proyecto:

Tabla 22 Costo de reemplazo y mantenimiento de equipos

LISTADO DE PRODUCTOS	VIDA ÚTIL (años)	GARANTÍA (años)	MANTENIMIENTO		RECAMBIO	
			Tiempo Años	Valor	Tiempo Años	Valor
Paneles Solares	25	10	1	\$0	0	\$ -
Baterías	4	1	0,5	\$100.000	4	\$ 10.800.000
Controladores	5	1	1	\$50.000	5	\$ 1.200.000
Inversores Off- Grid	8	3	1	\$90.000	8	\$ 1.900.000
Soporte Panel	25	2	0	\$0	0	\$ -

Notas: Los valores corresponden a valores constantes de 2016.

Los costos de estos equipos se encuentran en los costos de inversión. Los reemplazos mayores se harán durante las visitas de inspección y mantenimiento, los períodos se indican a continuación.



De acuerdo a los tiempos estipulados para la visita técnica y dar el mantenimiento programado, en la siguiente tabla se describen los costos mensuales por concepto de mantenimiento de equipos que se debe realizar anualmente, para mantener el sistema en las condiciones técnicas adecuadas. Cabe aclarar que los primeros tres años, el instalador deberá asumir los costos del mantenimiento.

CARGO MENSUAL	COSTO MENSUAL MANTENIMIENTO
Paneles Solares	\$ -
Baterías	\$ 16.667
Controladores	\$ 4.167
Inversores Off- Grid	\$ 7.500
Soporte Panel	\$ -
TOTAL	\$ 28.333

4.2. CÁLCULOS ESTIMADOS DE LA TARIFA PARA LAS SOLUCIONES FOTOVOLTAICAS PLANTEADAS

Se toma como base la Resolución CREG 91 de 2007 “Por la cual se establecen las metodologías generales para remunerar las actividades de generación, distribución y comercialización de energía eléctrica, y las fórmulas tarifarias generales para establecer el costo unitario de prestación del servicio público de energía eléctrica en Zonas No Interconectadas”.

Se desarrollara entonces paso a paso la metodología contemplada en la resolución CREG 091 de 2007 para determinar el cargo máximo a cobrar para la solución contemplada en el proyecto:

Cargos Regulados Para La Remuneración De La Actividad De Generación

De la resolución se extractan los siguientes conceptos:

Determinación de Cargos Máximos de Generación por Costos Medios. Los Cargos Máximos de Generación, se calcularán a partir de la Inversión de cada tecnología, el Costo de Capital Invertido, los gastos de Administración, Operación y Mantenimiento, y las horas de prestación del servicio.

Cálculo del Cargo Máximo de Generación. El prestador del servicio determinará para cada tecnología de generación, los cargos máximos por energía generada o por capacidad disponible, como la suma de los costos de inversión y los costos de Administración, Operación y Mantenimiento.

Costo de inversión para soluciones individuales. Cuando sean empleadas las soluciones individuales los cargos máximos de generación estarán definidos de la siguiente forma:

TABLA 3. Componente de remuneración de inversiones en Sistemas Solares Fotovoltaicos (\$ de diciembre de 2006).

Solución Energética implementada	RANGO kW		\$/Wp-mes
	Mínimo	Máximo	
Individual DC	0,05	0,1	386,67
Individual AC	0,075	0,5	371,20
Centralizado Aislado	0,3	10	260,88

Como la potencia no se encuentra definida en los rangos de la Tabla No 3, y por tanto para continuar con el ejercicio se toma el más cercano a especificaciones correspondiente a una solución centralizada aislada (260 \$/Wp-mes).

Gastos de Administración, Operación y Mantenimiento de Sistemas Solares Fotovoltaicos

El cargo máximo para la remuneración de los gastos de Administración, Operación y Mantenimiento será de 188,06 Wp-mes (\$ de diciembre de 2006).

De esta manera los cargos quedan así:

CREG 091	SOLUCIÓN SFV	
Costo de Inversión \$Wp/mes	Wp	Total \$
260,88	900	234.792
Administración Remuneración \$Wp/mes		
188,96	900	170.064

Fórmula de Actualización de Cargos Máximos de Generación para Soluciones Fotovoltaicas Individuales

$$G_m = [G_o + AOM_o] * \frac{IPP_{m-1}}{IPP_0}$$

- G_m = Cargo Máximo de Generación correspondiente al mes m de prestación del servicio.
- G_o = Cargo Máximo de Generación expresado en precios de la Fecha Base. Corresponde a la suma de los componentes correspondientes a la tecnología, establecidos en la Tabla 3 de la presente resolución.
- AOM_o = Cargo Máximo de Administración, Operación y Mantenimiento expresado en precios de la Fecha Base, establecido en el numeral 0 de la resolución 091 de 2007.
- IPP_{m-1} = Índice de Precios al Productor Total Nacional reportado por la autoridad competente para el mes m-1.
- IPP_0 = Índice de Precios al Productor Total Nacional reportado por la autoridad competente para la Fecha Base.

Go	0
AOMo	188,06
IPPM-1	108,17
IPPo	100
Gm	203,42

De la tabla anterior se resalta el resultado de $G_m = \$ 203,42$

Cargos De Comercialización De Energía Eléctrica En Zonas No Interconectadas

Cargo Máximo Base de Comercialización. El Cargo Máximo Base de Comercialización C^*_0 corresponde a un valor mensual de \$3.834 por Factura (\$ de diciembre de 2006).

Fórmula de Actualización del Cargo de Comercialización. El Cargo de Comercialización se actualizará utilizando la siguiente fórmula:

$$C^*_m = C^*_0 \frac{IPC_{m-1}}{IPC_0}$$

- C^*_m = Cargo Máximo Base de Comercialización, expresado en pesos por factura, correspondiente al mes m de prestación del servicio.

- C^*_0 = Cargo Máximo Base de Comercialización establecido en el 0 de la presente Resolución, expresado en pesos por factura, a precios de la Fecha Base.
- IPC_{m-1} = Índice de Precios al Consumidor reportado por la autoridad competente para el mes (m-1).
- IPC_0 = Índice de Precios al Consumidor reportado por la autoridad competente para la Fecha Base del Cargo por Comercialización C_0 .

Se procede para nuestro proyecto al cálculo del cargo máximo de Comercialización:

Co	3834
IPC _{m-1}	138
IPCo	100
Cm	5.291

De la tabla anterior se resalta el resultado de $C_m = \$ 5.291$

Fórmula Tarifaria Para El Servicio Público De Energía Eléctrica En Zonas No Interconectadas

De la resolución 091 de 2007 se tiene:

Fórmulas Tarifarias Generales para Usuarios Regulados del Servicio Público de Energía Eléctrica sin Red en ZNI

La Fórmula Tarifaria General aplicable a los Usuarios Regulados del servicio público domiciliario de energía eléctrica sin red en Zonas No Interconectadas tendrá los siguientes componentes:

Cargo Fijo: $CF_m = C^*_m$ (\$/Factura)

Cargo Variable: $CV_m = G_m$ (\$/W)

- G_m = Cargo Máximo por Capacidad Disponible (\$/W-pico disponible) de que trata el literal c) de la resolución 091 de 2007.
- C^*_m = Cargo Base de Comercialización de que trata el 0 de la presente Resolución.
- W = Capacidad disponible en W-pico por usuario, para el mes m de prestación del servicio.

Tomando en cuenta lo anterior, el costo de la tarifa final estaría dado por la siguiente expresión:

$$\$/factura = \text{cargo fijo} + \text{Cargo variable}$$

Por lo tanto:

- El cargo fijo para todas las soluciones es constante y corresponde según cálculos presentados anteriormente a \$ 5.291
- El costo de los cargos máximos por generación es $0 G_0$ (\$/Wp-mes) = 0, debido a que los sistemas fotovoltaicos son financiados por los fondos del gobierno.

- De acuerdo a lo anterior, el costo de generación es de $Gm = \$ 203,42 \text{ Wp-mes}$

$\$/\text{factura} = \text{carga fijo} + \text{Carga variable}$

- $\$/\text{factura} = C \cdot m + Gm$
- $\$/\text{factura} = \$ 5.291 + (203,42 \cdot 900 \text{ Wp})$
- $\$/\text{factura} = \$ 188.373$

4.3. SOSTENIBILIDAD DEL SISTEMA

La sostenibilidad del proyecto recae directamente sobre las escuelas, asociaciones de padres o juntas de acción comunal, respecto del compromiso de las mismas y del acompañamiento que brinde la Secretaría de Integración de Cundinamarca para con el recaudo y manejo de una cuota que cubra los reemplazos de los equipos y el correcto mantenimiento, el proyecto cumpla la vida útil propuesta.

Cabe resaltar, que el valor de la factura se encuentra en el rango del pago mensual que hacen las escuelas que se encuentran conectadas al Sistema Interconectado Nacional, (SIN), pues de acuerdo a la base de datos recolectada por la Secretaría de Integración Regional, se paga por el servicio mensualmente entre 80.000 y 300.000.

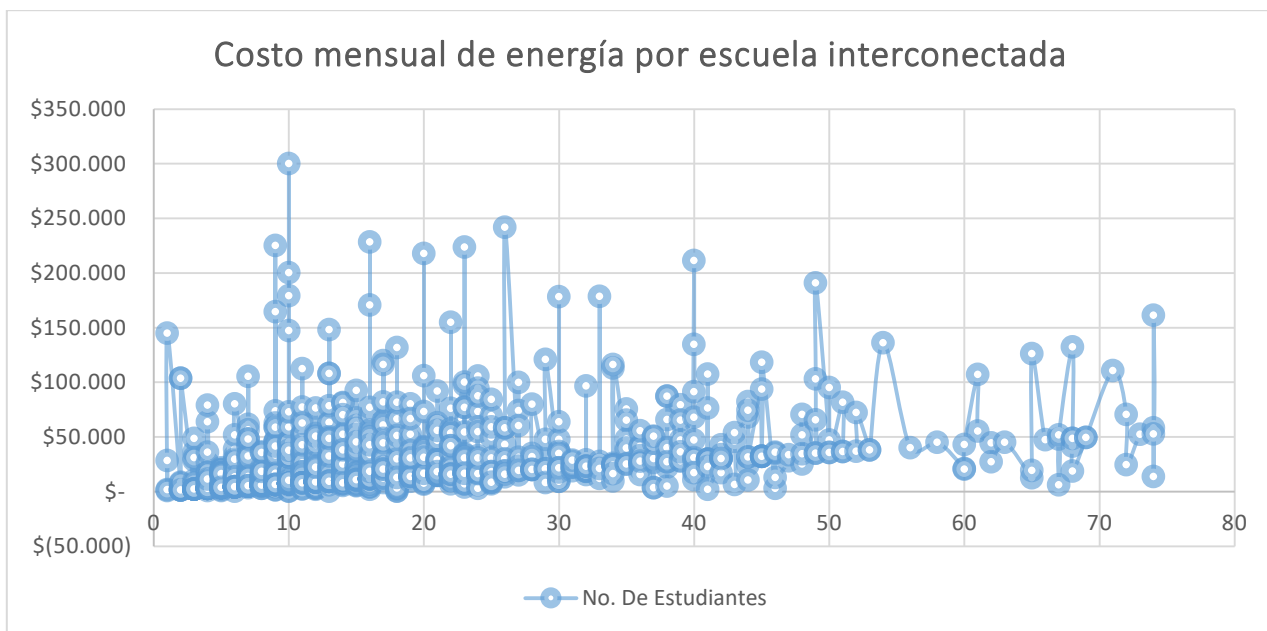


Gráfico 2 Costo mensual de energía por escuela interconectada. Fuente: Secretaría de Integración Regional, 2016

Como se mencionó anteriormente, la vida útil del proyecto son 20 años, por lo tanto se realizó una proyección de ingresos y gastos basado en la facturación propuesta por la CREG 091 y la Resolución del Ministerio de Minas y Energía No. 182138 de 2007, en donde se especifica que el subsidio otorgado entre 1 y 50 usuarios corresponde a 33,6 kWh.

Tabla 23 Valor facturación usuario

Descripción	Valor
Tarifa kWh vigente [\$] ³	454
kWh Subsidiados	33,6
Valor Factura [\$]	188.373
Subsidio [\$]	15.254

De esta manera la proyección a los 20 años, contempla los ingresos por facturación, los ingresos de costo y administración y los gastos por el reemplazo de equipos y mantenimiento. En la Tabla 24 se describe cada uno de estos valores.

³ Valor de kWh para estrato 1, según CODENSA

Tabla 24 Proyección de costos

	AÑO1	AÑO2	AÑO3	AÑO4	AÑO5	AÑO6	AÑO7	AÑO8	AÑO9	AÑO10
Ingreso por facturación usuario	2.260.476	2.260.476	2.260.476	2.260.476	2.260.476	2.260.476	2.260.476	2.260.476	2.260.476	2.260.476
Ingreso por subsidio estrato 1 ZNI	183.053	183.053	183.053	183.053	183.053	183.053	183.053	183.053	183.053	183.053
Costo de administración	2.040.768	2.040.768	2.040.768	2.040.768	2.040.768	2.040.768	2.040.768	2.040.768	2.040.768	2.040.768
Ingresos Anuales	4.484.296	4.484.296	4.484.296	4.484.296	4.484.296	4.484.296	4.484.296	4.484.296	4.484.296	4.484.296
Costo de operación										
Costo de mantenimiento				340.000	340.000	340.000	340.000	340.000	340.000	340.000
Costo de reposición	\$ -			\$ 10.800.000	\$ 1.200.000			\$ 12.700.000		\$ 1.200.000
Costo AOM y reposición	-	-	-	11.140.000	1.540.000	340.000	340.000	13.040.000	340.000	1.540.000
Utilidad por usuario	4.484.296	4.484.296	4.484.296	- 6.655.704	2.944.296	4.144.296	4.144.296	- 8.555.704	4.144.296	2.944.296
No. Usuarios Rurales Totales	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Utilidad Total	31.390.075	31.390.075	31.390.075	- 46.589.925	20.610.075	29.010.075	29.010.075	- 59.889.925	29.010.075	20.610.075

	AÑO11	AÑO12	AÑO13	AÑO14	AÑO15	AÑO16	AÑO17	AÑO18	AÑO19	AÑO20
Ingreso por facturación usuario	2.260.476	2.260.476	2.260.476	2.260.476	2.260.476	2.260.476	2.260.476	2.260.476	2.260.476	2.260.476
Ingreso por subsidio estrato 1 ZNI	183.053	183.053	183.053	183.053	183.053	183.053	183.053	183.053	183.053	183.053
Costo de administración	2.040.768	2.040.768	2.040.768	2.040.768	2.040.768	2.040.768	2.040.768	2.040.768	2.040.768	2.040.768
Ingresos Anuales	4.484.296	4.484.296	4.484.296	4.484.296	4.484.296	4.484.296	4.484.296	4.484.296	4.484.296	4.484.296
Costo de operación										
Costo de mantenimiento	340.000	340.000	340.000	340.000	340.000	340.000	340.000	340.000	340.000	340.000
Costo de reposición		\$ 10.800.000			\$ 1.200.000	\$ 12.700.000				
Costo AOM y reposición	340.000	11.140.000	340.000	340.000	1.540.000	13.040.000	340.000	340.000	340.000	340.000
Utilidad por usuario	4.144.296	- 6.655.704	4.144.296	4.144.296	2.944.296	- 8.555.704	4.144.296	4.144.296	4.144.296	4.144.296
No. Usuarios Rurales Totales	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Utilidad Total	29.010.075	- 46.589.925	29.010.075	29.010.075	20.610.075	- 59.889.925	29.010.075	29.010.075	29.010.075	29.010.075

En el siguiente flujo de caja se representa la proyección a 20 años, con un saldo favor de \$ 33.305.929 por escuela, para un valor total por las 7 escuelas de \$ 233.141.505

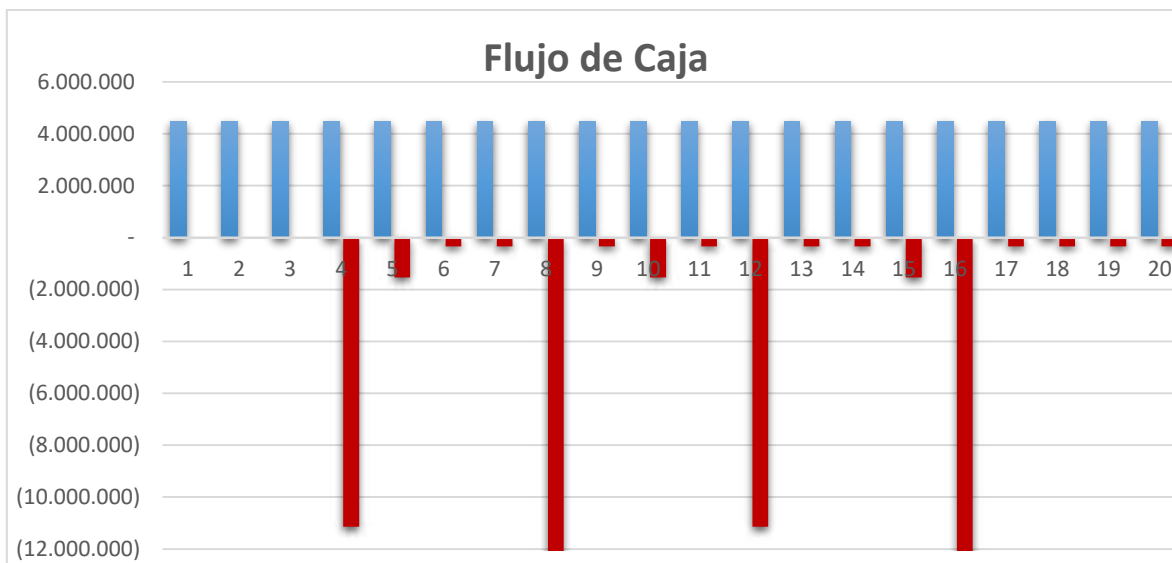


Gráfico 3 Flujo de caja del proyecto

5. ANÁLISIS AMBIENTAL

5.1. DATOS GENERALES DE LA ORGANIZACIÓN

Para la realización del proyecto se ha conformado una colaboración entre la Secretaría de Integración Regional y de Educación de Cundinamarca; y la Universidad Distrital, cuyo objetivo principal es aunar esfuerzos para la elaboración, ejecución y sostenimiento del proyecto, puesto que de esta manera se contará con los profesionales idóneos, así como también con los recursos necesarios.

5.2. RESUMEN DEL PROYECTO

El proyecto consiste en la electrificación de las escuelas rurales que no cuentan con el servicio de energía eléctrica en el departamento de Cundinamarca, mediante la instalación de soluciones energéticas basadas en sistemas fotovoltaicos para lugares desconectados de red con una potencia instalada de 900 Wp. Igualmente se incorpora un sistema de monitoreo para cada una de soluciones energéticas.

5.3. OBJETIVOS Y METAS AMBIENTALES

- Mitigar los impactos ambientales ocasionados por el proyecto
- Minimiza riesgos ambientales asociados al proyecto.
- Mejorar la conciencia ambiental.
- Reducir la formación de contaminantes y residuos peligrosos y no peligrosos
- Usar sosteniblemente la energía y los recursos naturales.

5.4. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

El lugar en donde se ejecutará el proyecto es definido por el interior de los predios de las 9 escuelas identificadas que no cuentan con el servicio de energía eléctrica en el departamento de Cundinamarca.

El análisis de los posibles impactos ambientales que puede generar la ejecución y desarrollo del proyecto en los diferentes recursos naturales.

Agua.

En la ejecución o en el desarrollo del proyecto no se impacta de ninguna manera el recurso hídrico en las escuelas y en general el recurso hídrico del departamento.

No hay vertimientos a fuentes hídricas

Aire.

El impacto que tiene el proyecto en aire es positivo, ya que se genera energía eléctrica a partir de fuentes renovables y procesos limpios como lo es la generación solar fotovoltaica, que no emite ni libera gases al ambiente. Igualmente mediante la implementación de este tipo de sistemas alternativos se sustituye en gran medida la generación de energía eléctrica a partir de fuentes fósiles contaminantes.

Suelo.

En la implementación y puesta en marcha del proyecto no se impacta el suelo ya que a lo sumo se realizará la cimentación de un poste en cada escuela que soporte la estructura y los paneles solares.

Sin embargo se debe prestar atención en desarrollo del proyecto en las baterías de plomo ácido que se den de baja, ya que estas se convertían en residuos peligrosos.

Flora y fauna.

Con la ejecución y desarrollo del proyecto no se ocasionaría ninguna afectación a la flora y fauna del departamento.

Identificación y evaluación de impactos y riesgos ambientales

El único impacto ambiental del proyecto es el de los residuos de baterías, el cual se mitiga a través de la gestión adecuada de dichos residuos.

5.5. SISTEMA DE INDICADORES

El indicador ambiental del proyecto en cuanto a la gestión de los residuos es:

Disposición de residuos:

$$\frac{\text{Número de baterías enviadas a disposición final}}{\text{Número de baterías dadas de baja}} \times 100$$

En donde 0 % es la no disposición final de las baterías y el 100% es envío de la totalidad de las baterías producidas como residuos a disposición final o a donde el proveedor.

5.6. PROGRAMAS

Programa de gestión de residuos

Objetivos

Minimizar los residuos y los riesgos asociados a los residuos generados del uso de las Baterías.

Almacenamiento

- Se debe realizar el almacenamiento de las baterías dadas de baja en una zona cerrada debidamente señalizada evitando la humedad y la luz del sol.
- Se debe tener en cuenta el decreto 4147 del 2005 gestión de residuos
- Se debe tener los elementos necesarios contra derrames

Manejo interno ambientalmente Seguro

El manejo de estos residuos se debe realizar con todos los elementos de protección individual (EPI), tales como guantes, gafas, batas entre otros. Cabe mencionar que estos deben estar debidamente señalizados y etiquetados, como sugiere el Sistema de Gestión Ambiental (SGA).

Transporte

El envío de los residuos generados Se debe realizar mediante el uso de los transportes adecuados siguiendo los requerimientos de la resolución 1609 del 2012.

Disposición final

- La disposición final de los residuos lo debe hacer empresas autorizadas licencia para disponer este tipo de residuos, empresas como Interaseo y OCADE.
- Se pueden enviar estos residuos a las empresas proveedoras para que estas dispongan de estas baterías como parte de su programa de responsabilidad Integral
- Se puede enviar estos residuos a empresas especializadas que puedan reciclar esos materiales

Programa de Medidas Compensatorias.

Debido a que los impactos ambientales ocasionados por la ejecución y desarrollo el proyecto son mínimos, nulos, positivos o mitigables, no se considera la realización de medidas compensatorias.

Programa de Capacitación.

Se realizará una capacitación de los responsables del área ambiental. El programa de capacitación incluye los siguientes temas

- Medio ambiente
- Recursos Naturales
- Residuos
- Baterías
- Señalización
- Rotulación
- Transporte
- Medidas de contingencia
- Elementos de protección personal

Posterior a la capacitación se realizara una evaluación de los temas de capacitación. Si participante no supera esta evaluación, deberá tomar la capacitación nuevamente.

5.7. ADMINISTRACIÓN Y GESTIÓN AMBIENTAL

La administración y gestión ambiental recae sobre cada una de las instituciones educativas seleccionadas para la ejecución del proyecto, encabezadas por los rectores de las instituciones y sus delegados. Ellos tendrán la responsabilidad de administrar, ejecutar y mejorar este plan de manejo ambiental según sus requerimientos y particularidades.