

**IDENTIFICACIÓN Y ESTRUCTURACIÓN DE UN PROYECTO DE  
INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA EN EL DEPARTAMENTO DEL META**

**LADY JOHANA ORTIZ LIZCANO  
MAYRA ALEJANDRA SALCEDO GÓMEZ**



**Escuela de Ingenierías  
Eléctrica, Electrónica  
y de Telecomunicaciones**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE  
TELECOMUNICACIONES  
BUCARAMANGA**

**2014**

**IDENTIFICACIÓN Y ESTRUCTURACIÓN DE UN PROYECTO DE  
INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA EN EL DEPARTAMENTO DEL META**

**LADY JOHANA ORTIZ LIZCANO  
MAYRA ALEJANDRA SALCEDO GÓMEZ**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de  
Ingeniero Electricista**

**Dr. GERARDO LATORRE BAYONA  
Director del Trabajo**



**Escuela de Ingenierías  
Eléctrica, Electrónica  
y de Telecomunicaciones**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE  
TELECOMUNICACIONES  
BUCARAMANGA**

**2014**

## AGRADECIMIENTOS

*A todos los que nos colaboraron, familias, amigos, profesores y sobre todo al más grande y ese ser que más amamos y que nunca nos abandona, a Dios.*

*Agradecemos a la Universidad Industrial de Santander y a la E3T por brindarnos apoyo, darnos formación personal y profesional.*

*A nuestro director de proyecto, el Doctor Gerardo Latorre, quien siempre estuvo dispuesto a escucharnos para resolver cada una de las inquietudes y ayudarnos en las dificultades que se nos presentaban en el desarrollo del proyecto; gracias por su colaboración, su disponibilidad y su esfuerzo por hacer de nosotros buenos profesionales.*

*Al Ingeniero Martin Almonacid que fue apoyo y guía en todas las etapas del proyecto, acompañándonos en las etapas practico-académicas con todos sus conocimientos y profesionalismo.*

*Al personal de la Electrificadora del Meta, a la ingeniera Ángela León que siempre nos colaboró a pesar de su carga laboral y quien siempre estuvo dispuesta a darnos su apoyo.*

*A todas las Alcaldías y a las secretarías de planeación que sin duda alguna nos apoyaron y colaboraron en este proceso, atendiéndonos siempre con prontitud.*

*Seríamos muy extensas para dar las gracias a todas las personas que siempre estuvieron ahí con nosotras dándonos su apoyo sin dejarnos desfallecer.*

## DEDICATORIA

*Todas las cosas buenas que pasan en mi vida son gracias a ese ser maravilloso al que amo y hace parte de mí. Este logro es para mí Diosito bello porque es él, el que me da la fuerza, las ganas que necesito siempre para cumplir mis sueños*

*A mis padres, Nubia Gómez y José Luis Salcedo que sin ellos era imposible culminar esta meta, porque me acompañaron en cada paso que di, en cada decisión que tomaba, porque siempre me dieron una frase de aliento cuando estaba cansada con ganas de rendirme, este triunfo es para ellos, solo para ellos.*

*A mis hermanos; Luisa Fernanda y José Luis; a mis primos Camilo Andrés y Margara que me escucharon y me daban ánimos para seguir.*

*A mi compañera de proyecto y de vida Lady Johana Ortiz Lizcano que entre risas y peleas hicimos un buen grupo de trabajo y que gracias a eso, es mi buena amiga la que siempre me animo y me daba motivos y empujones para seguir adelante.*

*A mis amigos, mis compañeros y a ti, que siempre estuvieron conmigo y me mostraron que las cosas buenas cuestan y me daban una mano para poder superar cada obstáculo que se me presentaba, y me enseñaron cosas buenas y me dejaron experiencias maravillosas.*

*A mi amiga Yudy Paola Villamizar que todos los días me empujaba para que cumpliera una meta más y me afanaba por el grado.*

*En realidad esto es dedicado a todas aquellas personas que hacen feliz mi vida con solo demostrarme que me quieren y que están conmigo a pesar de lo que pase.*

MAYRA ALEJANDRA SALCEDO GÓMEZ

## DEDICATORIA

*A Dios que como siempre lo he dicho es el amigo que nunca falla.*

*A mis papis Juan Cristian Ortiz y Alba Cecilia Lizcano, que siempre me brindaron el ejemplo de lucha, la razón del esfuerzo, el entendimiento del sacrificio y mucho mucho amor .*

*A mis hermanita, Yeny Alejandra, que acompaña mi camino, escucha mis palabras y alienta en la batalla.*

*A mi negro Jair Robles, un hombre bueno que me ama, me apoya y admira.*

*A mis nonitos Edelmira y Silverio porque todos sus nietos somos su orgullo. También a mis nonitos Angel Maria y Josefina que desde el cielo me brindan su apoyo.*

*A toda mi familia tías, tíos, primas, primos etc, que siempre motivaron y apoyaron preguntando la fecha del grado ;).*

*A todos mis amigos, comencemos.*

- *A Maria Alexandra mi mejor amiga que con tantos años de amistad, la llama de la lealtad no decae.*
- *A mi amiga la Flaca que acompañó los momentos más duros de la carrera siempre con jocosos comentarios de alegría.*
- *A los Chikilines Yessy Yu, Manu, El Loki y Alejo con quienes realmente se pasaban muy buenos días, tardes, noches y madrugadas de estudio.*
- *A mis amigos con quienes entre a tan linda carrera y estamos al pie del cañón, luchándola Cesitar, Chachin, El Gordo, Mi Tamayito, JuanMaito, Rativita, Ñapi , Davicos, Jerson Pinzón, Andrecillo, Carlos, Fabián, Fegali, Nelson, Chalo, Julian.*
- *A mis amigos Ana Mary, Alvarito, El Coste y Jonathan, que siempre me decían que tenía alma de electrónica.*
- *A los amigos que hice por el camino Laurita, Leo, Dani, Yolandita, Yeison, Parner Hency, Andy, el ingeniero, el compita.*

*Y a todas las personas que han pasado por mi vida para llenarme de lindos momentos.*

LADY JOHANA ORTIZ LIZCANO

## TABLA DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>16</b>
<b>1 IDENTIFICACIÓN, PREPARACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN.....</b>	<b>22</b>
1.1 IDENTIFICACIÓN.....	22
1.1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	22
1.2 PREPARACIÓN.....	25
1.2.1 ESTUDIO LEGAL.....	26
1.2.2 ESTUDIO DE MERCADO .....	27
1.2.3 ESTUDIO DE LOCALIZACIÓN .....	28
1.2.4 ESTUDIO TÉCNICO .....	30
1.2.5 ESTUDIO ORGANIZACIONAL.....	33
1.2.6 ESTUDIO AMBIENTAL .....	33
1.2.7 ANÁLISIS DE RIESGOS .....	34
1.2.8 ESTUDIO DE ASPECTOS COMUNITARIOS .....	35
1.2.9 ESTUDIO FINANCIERO.....	36
<b>2 IDENTIFICACIÓN Y ESTRUCTURACIÓN DE UN PROYECTO ELÉCTRICO EN EL DEPARTAMENTO DE META .....</b>	<b>38</b>
2.1 IDENTIFICACIÓN.....	39
2.2 SELECCIÓN .....	40

2.3	LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO, CARACTERÍSTICAS DE LOS MUNICIPIOS.....	46
2.3.1	CABUYARO .....	47
2.3.2	PUERTO CONCORDIA.....	48
2.3.3	SAN JUAN DE ARAMA .....	48
2.3.4	URIBE .....	49
2.3.5	PUERTO RICO.....	50
2.4	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	50
2.4.1	SITUACIÓN ACTUAL.....	52
2.4.2	SITUACIÓN ESPERADA.....	52
2.5	ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN .....	52
2.5.1	EXTENSIÓN DE LA RED ELÉCTRICA.....	53
2.5.2	GENERACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA.....	54
<b>3</b>	<b>FUNCIONAMIENTO, FORMULACIÓN Y PRESENTACIÓN DE LOS FONDOS A PARTICIPAR EN LOS PROYECTOS IDENTIFICADOS EN EL META A PARTIR DE LAS TECNOLOGÍAS CONSIDERADAS.....</b>	<b>63</b>
3.1	REQUISITOS PARA LA PRESENTACIÓN DE PROYECTOS AL FONDO DE APOYO FINANCIERO PARA LA ENERGIZACIÓN.....	63
3.2	FONDO DE APOYO FINANCIERO PARA LA ELECTRIFICACIÓN RURAL – FAZNI .....	68
<b>4</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>70</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>74</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>78</b>

## ANEXOS

ANEXO No A.	MEMORIA DE CÁLCULO Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS - SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO.....	<b>79</b>
ANEXO No B.	MEMORIA DE CÁLCULO Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS - REDES DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN.....	<b>90</b>
ANEXO No C.	PRESUPUESTO Y APU DE LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO.....	<b>108</b>
ANEXO No D.	PRESUPUESTO DE LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN RED CONVENCIONAL.....	<b>1117</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ruta identificación del problema	23
Figura 2. Descripción del problema	24
Figura 3. Estudios preparación de alternativas	26
Figura 4. Análisis porcentual para criterios de priorización de proyectos	42
Figura 5. Proyecto uno	43
Figura 6. Proyecto dos	44
Figura 7. Proyecto tres	44
Figura 8. Proyecto cuatro	45
Figura 9. Descripción del problema en el departamento del Meta	51
Figura 10. Aprovechamiento de la radiación solar	55
Figura 11. Estructura básica de un sistema fotovoltaico	56

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Estudio legal	27
Tabla 2. Estudio de mercado	28
Tabla 3. Estudio de localización	29
Tabla 4. Estudio técnico	30
Tabla 5. Estudio de ambientales	33
Tabla 6. Tabla 11. Estudio de riesgos	35
Tabla 7. Estudio de aspectos comunitario	36
Tabla 8. Estudio financiero	37
Tabla 9. Rangos de calificación	41
Tabla 10. Proyectos a estructurar	43
Tabla 11. Análisis de proyectos	45
Tabla 12. Coordenadas 20 Escuelas	46
Tabla 13. Sistema de distribución para extensión de la red	58
Tabla 14. Sistema solar fotovoltaico. Ventajas y desventaja	59
Tabla 15. Presupuesto general de cada sistema	61
Tabla 16. Requisitos para los fondos de financiación	64
Tabla 17. Cuadro de cargas para cada escuela	80
Tabla 18. Cálculos eléctricos	81
Tabla 19. Características del módulo	83
Tabla 20. Selección del número de módulos	83
Tabla 21. Características técnicas del panel seleccionado	84
Tabla 22. Cálculo de baterías	85
Tabla 23 Características de la batería	86
Tabla 24 Cálculos del regulador	86
Tabla 25. Características del regulador	87
Tabla 26. Cálculos del inversor	88
Tabla 27 Características del inversor	89

Tabla 28. Demanda máxima por usuario	91
Tabla 29. Demanda máxima proyectada	92
Tabla 30. Capacidad de los transformadores	93
Tabla 31. Calculo del transformador	93
Tabla 32. Calculo de regulación y pérdidas	94
Tabla 33. Presupuesto general del proyecto diseñado	108
Tabla 34. APU modulo fotovoltaico	109
Tabla 35. APU de la batería seleccionada	110
Tabla 36. APU regulador del sistema solar	111
Tabla 37. APU del inversor AC/DC	112
Tabla 38. APU del soporte de módulos	113
Tabla 39. APU del gabinete para equipos y banco de baterías	114
Tabla 40. APU de suministro e instalación de acometidas	115
Tabla 41. APU de suministro e instalación de puesta a tierra	116
Tabla 42. Presupuesto general del proyecto red convencion	118

## RESUMEN

**TITULO:** *Identificación y estructuración de un proyecto de infraestructura eléctrica en el departamento de Meta \**

**AUTORES:** Lady Johana Ortiz Lizcano \*\*  
Mayra Alejandra Salcedo Gómez \*\*

**PALABRAS CLAVES:** Identificación, estructuración, sistema de distribución red convencional, sistema solar fotovoltaico, fondos de inversión, zona no interconectada.

### DESCRIPCIÓN:

Se hace notable la gran deuda social y educativa con el campo en Colombia, con una tasa de cobertura educativa del 30% y con un nivel de deserción escolar del 10,9% en la zona rural [10]; ahora con cerca del 67% de extensión del territorio nacional como zona no interconectada [1]; se hace necesario y urgente buscar solución a estos graves problemas sociales, para que así exista un desarrollo social, económico y educativo en las regiones donde se lleven a cabo proyectos de electrificación.

Este proyecto busca por medio de la modalidad práctica empresarial con un enfoque analítico del convenio IPSE-UIS, dar a conocer las fase de identificación y estructuración de un proyectos eléctricos evaluando dos alternativas de implementación de sistema solar fotovoltaico o un sistema de distribución convencional en el departamento de Meta, dando conformidad a las normas de diseño eléctrico, civil y educativo de carácter nacional y local que rigen sobre cada territorio donde se llevara a cabo dicho proyecto; así como los requerimientos exigidos por los fondos de financiación (-NSGR-, -FAZNI- y -FAER-) ; Con todo esto llevado de forma exitosa a lo largo de la vida del proyecto, se puede a corto plazo mejorar de forma sustancial la calidad de vida de los estudiantes y sus familias acarreando con eso a un mejoramiento a largo plazo de la calidad de vida en el campo y evitando la migración de sus pobladores a cascos urbanos.

Se hizo necesaria la visita al departamento de Meta y a la respectiva empresa electrificadora para obtener proyectos que cumplieran con requerimientos de estudios, financieros, técnicos, demográficos y sociales; escogiéndose uno de estos para el análisis de las dos alternativas de solución, elegir la más viable y con esto continuar la tramitología y documentación necesaria para ser pasada al respectivo fondo de financiación.

---

\* Proyecto de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones. Director: Dr. Gerardo Latorre Bayona.

## ABSTRACT

**TITLE:** *identification and structuring of electrical infrastructure project in the department of Meta.\**

**AUTHORS:** Lady Johana Ortiz Lizcano \*\*  
Mayra Alejandra Salcedo Gómez \*\*

**KEYWORDS:** Identification, structure, power grid distribution system, solar photovoltaic system, investment funds, not interconnected area.

### DESCRIPTION:

It's remarkable the great social and educational debt to the field in Colombia, with education coverage rate of 30% and a school dropout level of 10.9% in rural areas[10], now approximately 67% extension of the national territory as non-interconnected area [1]; it is necessary and urgent to find solutions to these serious social problems, so that there is a social, economic and educational development in the regions where implement electrification projects.

This project aims through the entrepreneurial practice mode with an analytical approach of the covenant IPSE-UIS, make known the identification phase and structuring of a electrical project, evaluating two alternative of implementation solar photovoltaic system or a conventional distribution system in the department of Meta, giving accordance with the standards of electrical, civil and educational design of national and local character that govern each area where the project will take place; and the requirements imposed by the funds of financial (-NSGR- - FAZNI- and -FAER- ); With all that successfully carried throughout the project life, short term can substantially improve the quality of life for students and their families carrying with it a long-term improvement of quality of life in the countryside and preventing the migration of villagers to urban areas.

Became necessary to the Meta department visit and the respective company of electrification for obtain projects that met requirements, financial, technical, demographic and social studies; being chosen one of these for the analysis of the two alternative solutions, choosing the most viable and continue with this red tape and documentation needed to be passed to the respective fund financial.

---

\* Degree Work.

\*\* Physical-Mechanical Engineering Faculty. Electrical, Electronics and Telecommunications School. Director: Dr Gerardo Latorre Ballona.

## INTRODUCCIÓN

La electrificación rural es un desafío permanente para mejorar la calidad de vida y el trabajo de los habitantes, facilitar su asentamiento y brindar medios aptos para que productores e industriales puedan desarrollar, de la mejor manera y con la tecnología más avanzada, las labores agropecuarias y las actividades industriales de proceso de productos primarios.

En el contexto actual de preocupación energética, las energías renovables aparecen como alternativas viables cuando se trata de resolver problemas de contaminación ambiental y de acceso a la energía. Si bien el uso de la energía eléctrica abarca un elevado porcentaje de la población, en muchos casos la proporción de la población rural que tiene acceso a la electricidad es baja. Esto se debe a que la conexión a una red de distribución centralizada resulta poco rentable cuando más aislado se encuentra el usuario.

Para las comunidades rurales, considerando su situación geográfica (regiones de mucho sol), la utilización del recurso solar a través de sistemas fotovoltaicos es una solución viable técnicamente y económicamente, y es importante destacar que utiliza una fuente gratuita, “la radiación solar”. Sin embargo, un sistema fotovoltaico no es una fuente sin límite de energía eléctrica como una conexión a la red tradicional y el tiempo de vida del sistema depende de un uso razonable y responsable

Un convenio con el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para Zonas no Interconectadas (IPSE) y la Escuela de Ingenierías

Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones de la Universidad Industrial de Santander estableció grupos de trabajo, creando metodologías para estructurar proyectos de electrificación, con el fin de dar alternativas de solución que podrían ser utilizadas para ejecutar dichos proyectos. Se analizaran aspectos tanto económicos como técnicos y así poder escoger la opción más viable para el usuario como para la entidad que ejecutara el proyecto.

## MOTIVACIÓN

En la actualidad se busca dar solución a todas las necesidades que surgen en los distintos campos de acción a los que está sometida la actividad del hombre, la energía eléctrica se involucra de forma directa en el desarrollo de una región, comunidad y las actividades que en esta se practican.

Es por esto y que por medio de la modalidad de proyecto de grado de práctica empresarial, en este caso enfocada al análisis se quiere identificar y estructurar un proyecto de electrificación rural que ayude al beneficio inmediato de una comunidad y la mejora de la calidad de vida en el campo a largo plazo.

Existen razones por las cuales a muchas partes del país no se es posible acceder al suministro de energía eléctrica ya sean de carácter social, topográfico o mero descuido gubernamental de dichas zonas; una zona no interconectada es aquella a donde la red de energía no se ha extendido y por esta razón no cuenta con el suministro de la misma; por tanto llevar la energía eléctrica a zona que no se encuentre conectadas con la red representa un gran reto, que incluye la creación de un proyecto que enmarque la investigación, planeación, identificación y estructuración, para que así se pueda aplicar y ejecutar dicho proyecto ayudando al desarrollo tecnológico y social de una región y comunidad.

## JUSTIFICACIÓN

Colombia se divide energéticamente en dos tipos de zonas: las Zonas Interconectadas (ZI) y la Zonas No Interconectadas (ZNI); las ZI son aquellas que tienen acceso al servicio de energía eléctrica a través del Sistema Interconectado Nacional (SIN) y las ZNI son aquellas que no tienen acceso al SIN. Las ZNI están ubicadas en lugares de difícil acceso, a largas distancias de los centros urbanos; carecen de infraestructura física y no cuentan con vías de acceso apropiadas. Son zonas de alta importancia ecológica; se caracterizan por su riqueza de recursos naturales y gran biodiversidad; encontramos allí la mayor parte de las reservas y parques naturales del país. Los servicios públicos son escasos y deficientes; carecen de servicios básicos como energía, acueducto y alcantarillado, y presentan dificultades para acceder a la educación, la salud, el agua potable y la comunicación.

El 66% del territorio nacional lo comprenden las zonas no interconectadas [1]; la mayor parte de estas zonas se encuentran en las cabeceras municipales y departamentales que se encuentran aisladas energéticamente del resto del territorio nacional, y , por lo tanto a la prestación del servicio de energía eléctrica. Uno de los principales motivos del proyecto es solucionar parte de los problemas energéticos que existen en el departamento del Meta.

Este estudio se realizará usando alternativas de alta pertinencia, como lo son la energía solar y redes convencionales; se identificarán las principales necesidades de los municipios con el fin de estructurar una adecuada planificación de soluciones energéticas.

# 1 IDENTIFICACIÓN, PREPARACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN.

*Los proyectos de inversión permiten el crecimiento de una región, para cumplir con los alcances de una metodología ajustada a los lineamientos del estado, es fundamental las etapas, los estudios y la documentación que sustente el debido proceso ante los organismos administrativos; es por eso que en este capítulo se introduce al manejo de los proyectos de inversión pública, con el soporte de documentos oficiales como, manual metodológico general para la identificación, preparación y evaluación de programas o proyectos madre versión oficial y el manual de procedimiento BPIN 2011.*

## 1.1 IDENTIFICACIÓN

### 1.1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Como primera medida se debe reconocer un problema es decir una necesidad con afán de ser solucionada, es ahí donde una buena descripción del problema ayuda a la solución de una necesidad que en este caso por ser de inversión pública beneficiará a una parte de la población del país.

De esta forma se entenderá mejor el concepto por definir el problema y la importancia de este para la identificación.

Es fundamental encontrar las causas que rodean el problema para así facilitar la solución al mismo, así como determinar los posibles efectos que pueda tener sobre la comunidad afectada; no se debe enmarcar o expresar el problema como

algo negativo sino que por el contrario resaltar los beneficios que se obtendrían con la ejecución de una alternativa de solución.

Figura 1. Ruta identificación del problema



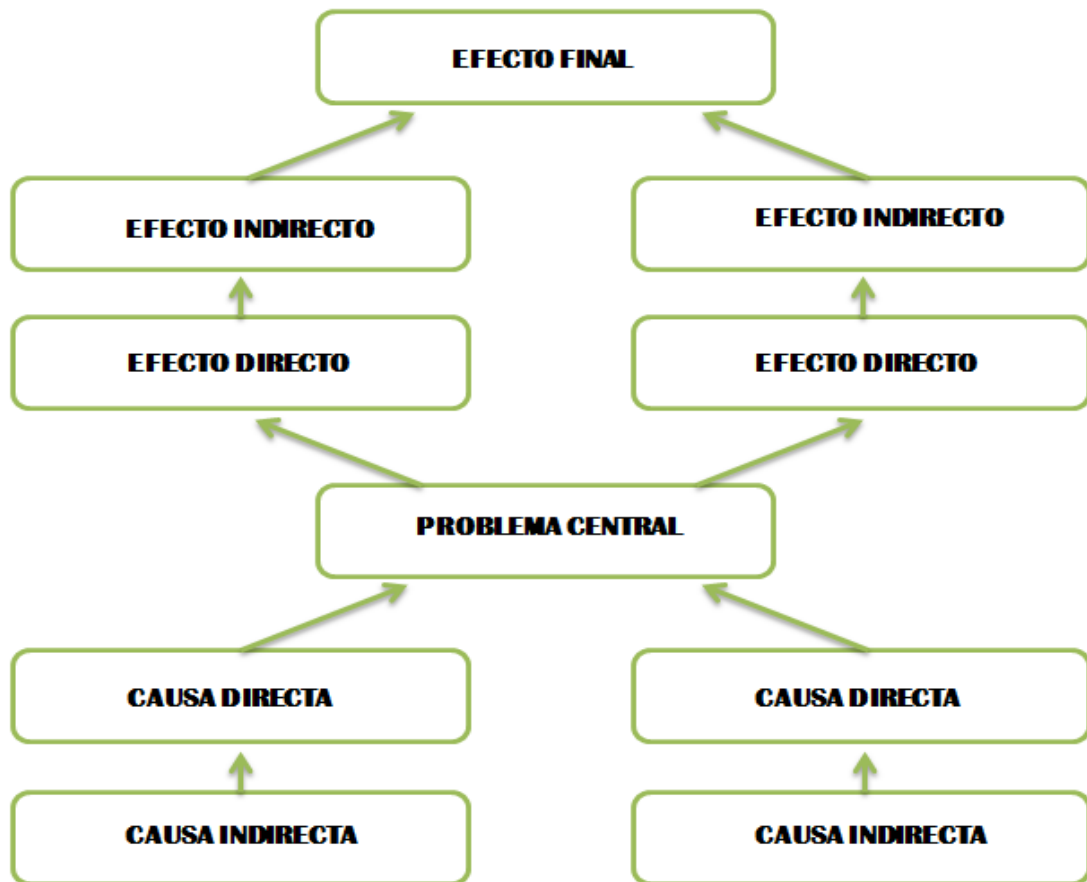
Fuente: Autores

Para que la situación se entienda de mejor manera es necesario también facilitar la documentación básica y la visualización de causas y efectos en forma jerárquica y estructural, como se observa en la figura (2).

El cuidado que se debe tener con las causas está en la escogencia de las que representan relevancia en la solución del problema, por eso es necesario saber que es una causa del problema y no un efecto del mismo, tener bien definido el grupo social al cual se beneficiará y que dicha causa no se modifique a lo largo del proyecto ya que no cumplía con los lineamientos y limitaciones del mismo.

Respecto a la identificación de los efectos, son aquellos observables reales que existen en la actualidad, es de ahí donde surge la necesidad de dar solución a esos efectos negativos producto del problema y que afectan a la comunidad aquejada.

Figura 2. Descripción del problema



Fuente: Manual Metodología General Identificación preparación de proyectos madre

#### - **SITUACIÓN ACTUAL**

Es importante hacer una descripción de la situación con relación a la problemática principal, de ese modo se puede hacer un estudio de la evolución que tenga esta en caso de no ser atendida y no se tenga una medida para darle solución, con esto se podría ver la magnitud de importancia que tiene la solución a esta problemática.

## - **SITUACIÓN ESPERADA**

Ahora en la situación esperada se hará una descripción de ella y lo que se espera con la existencia del problema, además de una exposición de como este evolucionaria si se plantea y da inicio a una solución; igualmente un análisis de cómo se daría la prestación del servicio en dado caso de que este se pueda aplicar; con esto se esperarían unos indicadores que den a conocer que efectos se tienen con la solución o atenuación del problema.

## - **ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN**

Es importante distinguir los distintos caminos que hay para la solución de un problema, ya se hizo un análisis desde las causas hasta los efectos que se pueden tener sobre una comunidad con la existencia de una problemática; ahora las alternativas de solución pueden ser innumerables pero efectivas, como también pueden ser limitadas pero aun así con un beneficio para la comunidad que está siendo afectada por una dificultad en su calidad de vida.

Entonces para escoger las posibles soluciones se debe tener en cuenta que:

- Que las soluciones deben ser apropiadas para resolver el problema.
- Las alternativas de solución a dicha problemática deben ser comparables entre sí.
- El análisis de los estudios realizados en la alternativa de solución.
- la situación actual real de la comunidad y el contexto para la ejecución de dicha solución.

## **1.2 PREPARACIÓN**

Teniendo la identificación del problema, las causas, los efectos y las alternativas de solución, ahora el foco del proyecto está en realizar una serie de estudios que

abarquen todos los aspectos que conciernen a la problemática, que estén acordes con las alternativas de solución y que sean pertinentes para que exista una comparación entre ellas y cuáles de estas ameriten un estudio más profundo, para así saber cuál sería la más ajustada para dar trámite al problema.

Para la preparación de las alternativas existe una serie de estudios específicos que se deben realizar, y que se listan a continuación:

Figura 3. Estudios Preparación de Alternativas



Fuente: Tomado [2]

### 1.2.1 ESTUDIO LEGAL

Con el estudio legal se busca saber si la alternativa de solución es técnicamente factible además de ser económica y socialmente rentable, todo esto teniendo en cuenta la norma que se rija según la región o territorio, ya sea una norma de carácter técnico, social, tributario, laboral o presupuestal.

Tabla 1. Estudio Legal

ESTUDIO LEGAL
Plan de desarrollo
Plan de Ordenamiento Territorial
Régimen tributario (tasas)
Tasas retributivas ambientales
Legislación laboral (salarios, prestaciones, contrataciones, etc.)
Leyes, decretos, ordenanzas, acuerdos, resoluciones.
Licencias (exploración, construcción, demolición, etc.)
Contratos de concesión
Otras normas

Fuente. Tomado [9]

### 1.2.2 ESTUDIO DE MERCADO

En este estudio lo importante es relacionar la alternativa de solución con la oferta, la demanda y los precios de productos e insumos; se debe tener en cuenta que bienes y servicios son los que se van a producir en esta alternativa de solución, así como la cantidad de los mismos, precios de la producción y la comercialización de dichos bienes, además de conocer los precios de los insumos que se requieren.

Entonces es necesario analizar el consumidor o beneficiario para caracterizarlo y conocer sus preferencias, hábitos e impulsos; de esta manera se puede saber cuál alternativa de solución preferiría el beneficiado. Igualmente el estudio de competencias busca conocer las fortalezas y debilidades, ventajas y desventajas para así poner en una balanza las alternativas de solución, ya luego se busca

estudiar la comercialización y el recaudo por beneficio para hacer referencia a precios, promoción y distribución.

Para hacer un buen estudio de mercado es necesario tener claro tiempos, datos históricos y cantidades; así establecer los periodos de desarrollo de las alternativas con el fin de conocer la vida útil de dicho proyecto; los datos históricos que se tengan con relación de por lo menos tres periodos anteriores a la alternativa que contempla el proyecto, además de las cantidades y que con ayuda de la demanda puede dar a conocer el total de bienes y servicios necesarios.

Tabla 2. Estudio de Mercado

ESTUDIO DE MERCADO
Estudio de la demanda del bien o servicio
Estudio de la oferta del bien o servicio

Fuente. Tomado [9]

### 1.2.3 ESTUDIO DE LOCALIZACIÓN

Este estudio representa una importancia significativa ya que de él se desglosan aspectos tan significativos como la demanda real, el análisis de riesgos y el costo que puede representar la alternativa de solución. El estudio que enmarca la localización de la región a beneficiar limita o restringe la tecnología a usar, los costos de la misma y la operación o ejecución del proyecto.

Este estudio permite escoger la alternativa que represente más beneficios o mayores ingresos; esta se puede definir teniendo en cuenta la zona y las características particulares de la misma para que de esta se pueda sacar mayor

provecho, el transporte y acceso a dicha zona para reconocer los medios y los costos de ingresar a la misma; también se debe analizar la parte social de la región, aspectos como el orden público, la vida política, la estructura legal y el desarrollo productivo de la región.

Tabla 3. Estudio de Localización

ESTUDIO DE LOCALIZACIÓN
Ubicación
Medios y costos de transporte
Disponibilidad y costo de mano de obra
Cercanía de fuentes de abastecimiento
Materias primas especiales
Energía eléctrica
Combustibles
Agua
Factores ambientales
Cercanía y accesibilidad a los mercados
Costo y disponibilidad de terrenos y edificios
Topografía
Estructura impositiva y legal
Disponibilidad de servicios públicos domiciliarios
Comunicaciones
Aspectos administrativos y políticos
Orden público
Impacto para la equidad de género

Fuente. Tomado [9]

#### 1.2.4 ESTUDIO TÉCNICO

Con este estudio se logra mejorar el manejo de los insumos a utilizar en la producción y puesta en marcha del proyecto que enmarca el bien y servicio; además de obtener datos importantes sobre la maquinaria y el equipo, acarreado con esto información de costos e información sobre espacio y tiempo de uso de dicha maquinaria y equipamiento. Una descripción del estudio técnico lleva referenciadas las sub actividades o sub proyectos, haciendo una breve descripción desde los componentes y los beneficiarios.

El costo del estudio técnico y de la implementación para cada una de las alternativas de solución también debe ir acorde a los sub proyectos que se llevaran a cabo, asimismo teniendo en cuenta insumos, gastos y costos de mantenimiento, legalización, distribución, conservación y administración.

Tabla 4. Estudio Técnico

ESTUDIO TÉCNICO
CONDICIONES GENERALES GENERACIÓN SOLAR
Diseño de equipos
Accesibilidad a todos los dispositivos de control y protección
Avisos y señales de seguridad
Dispositivos de seccionamiento y mando
Materiales acordes con las condiciones ambientales
Análisis de carga
Distancias de seguridad.
Cálculos de pérdidas de energía.
Análisis de cortocircuito y falla a tierra.
Cálculo y coordinación de protecciones.

Cálculo económico de conductores
Cálculos de ductos, (tuberías, canalizaciones, canaletas, blindobarras).
Cálculo del sistema de puestas a tierra.
Análisis de protección contra rayos.
Cálculo de iluminación.
Especificaciones técnicas de equipos y materiales.
Especificaciones técnicas de construcción.
Diagramas unifilares.
Planos civiles de construcción.
Planos eléctricos de construcción.
Estudio de radiación solar
Cálculo o dimensionamiento de paneles solares.
Cálculo o dimensionamiento del sistema de baterías.
Selección de inversores bidireccionales.
Selección de inversores de inyección a la red.
Selección del sistema de integración.
<b>DISTRIBUCIÓN</b>
Análisis de carga.
Análisis del nivel tensión requerido.
Distancias de seguridad.
Cálculos de regulación.
Cálculos de pérdidas de energía.
Análisis de cortocircuito y falla a tierra.
Cálculo económico de conductores
Cálculo del sistema de puestas a tierra.
Análisis de protección contra rayos.
Cálculo mecánico de estructuras.
Especificaciones técnicas de equipos y materiales

Especificaciones técnicas de construcción
Diagramas unifilares.
Planos eléctricos de construcción.
<b>TRANSFORMACIÓN</b>
Avisos y señales de seguridad
Dispositivos de seccionamiento y mando
Materiales acordes con las condiciones ambientales
Análisis de carga
Cálculo de transformadores.
Análisis del nivel tensión requerido.
Distancias de seguridad.
Cálculos de pérdidas de energía.
Análisis de cortocircuito y falla a tierra.
Cálculo y coordinación de protecciones.
Cálculo económico de conductores
Cálculos de ductos, (tuberías, canalizaciones, canaletas, blindobarras).
Cálculo del sistema de puestas a tierra.
Análisis de protección contra rayos.
Cálculo mecánico de estructuras.
Cálculo de iluminación.
Especificaciones técnicas de equipos y materiales
Especificaciones técnicas de construcción
Diagramas unifilares.
Planos eléctricos de construcción.

Fuente. Tomado [9]

### 1.2.5 ESTUDIO ORGANIZACIONAL

Se busca encontrar la estructura organizacional de la entidad que podría ejecutar la alternativa de solución, con esto se consigue determinar la capacidad ejecutora y operativa en las etapas de inversión, operación y mantenimiento.

### 1.2.6 ESTUDIO AMBIENTAL

Con este se busca reconocer el impacto ambiental que podría tener dicha alternativa en el medio donde se ejecute, para así prevenir o mitigar cualquier daño ambiental que pueda haber en la zona donde se establezca la alternativa, los costos de este estudio deben estar incluidos en los costos totales de la alternativa.

Tabla 5. Estudio de Ambientales.

Estudio ambiental
<b>UBICACIÓN DEL PROYECTO EN ÁREAS DEL SINAP O RESERVAS FORESTALES</b>
Concepto de la autoridad ambiental por ubicarse el proyecto en un área del SINAP.
<b>CONSULTA COMUNIDADES INDÍGENAS Y AFROCOLOMBIANAS</b>
1 Certificación mininterior/INCODER
2 Invitación reunión comunidades
3. Reunión con comunidades
4. Acuerdo con comunidades sobre los impactos y PMA
<b>AUDIENCIAS PÚBLICAS AMBIENTALES</b>
1. Solicitud de audiencia pública
2. Evaluación pertinencia de la audiencia pública
3. Convocatoria AP

4. Entrega de los estudios técnicos a los interesados
5. Reunión informativa
6. Realización de la audiencia y acta de la misma

Fuente. Tomado [9]

Las alternativas pueden necesitar ya sea licencia ambiental, la cual es una autorización que otorga una autoridad ambiental competente con el fin de dar cumplimiento a una serie de requisitos, términos y condiciones en la relación con los efectos ambientales del proyecto, o el plan de manejo ambiental, que es un documento producto de la evaluación ambiental con el fin de mitigar, prevenir y corregir los posibles daños.

### **1.2.7 ANÁLISIS DE RIESGOS**

En este estudio se analizan los riesgos que puedan afectar el diseño, la operación, desarrollo, así como los posibles daños que pueda producir dicha alternativa como proyecto en el lugar donde se va a ejecutar dicha actividad; ya con esto es más fácil mitigar y reducir esos riesgos previniendo malos procedimientos, diseños y manejos, sirviendo así como herramienta en la toma de decisiones y siendo crucial en etapas como las de pre inversión y planeación.

Con las posibles situaciones de riesgo o peligro que amenacen la zona es bueno crear escenarios de riesgo para así saber cómo darle manejo y tener una solución previamente evaluada, dicho estudio debe seguir los lineamientos de los POT, con esto es más fácil garantizar la inversión y beneficios desde varios puntos como el económico, social y ambiental.

Para reconocer la amenaza es necesario saber identificarla, ¿Qué clase de evento es?, ¿Qué características tiene este? y ¿Qué nivel de complejidad representa?, ¿Cuándo se es vulnerable ante dicha amenaza?, ¿Qué riesgo representa ante el proyecto? Y ¿Qué beneficios tiene la prevención de este riesgo?, luego de eso lo importante es prevenir para que esta amenaza no se presente y en caso de que ocurra buscar una forma de mitigar los daños y darle solución.

Tabla6. Estudio de Riesgos.

Análisis de riesgos
1. Identificación de los riesgos ambientales
2. Evaluación de los riesgos ambientales
3. Identificación de escenarios de riesgos
4. Estimación de la probabilidad y frecuencia de los riesgos
5. Evaluación del riesgo por entorno

Fuente. Tomado [9]

### 1.2.8 ESTUDIO DE ASPECTOS COMUNITARIOS

En cada alternativa a evaluar se debe tener en cuenta que es la comunidad el principal actor para este estudio, ya que se debe prestar atención a aspectos sociales tales como la lengua, la cultura y la idiosincrasia de la misma comunidad a beneficiar; ya se dijo que la comunidad debe ser actor, en este caso actor activo que sirva de veedor, con voz e incluso como colaborador del mismo proyecto. Para que la comunidad entienda bien el proyecto se deben socializar las alternativas que se tienen como solución y la concertación de ideas entre los beneficiados del proyecto a ejecutar.

Tabla 7. Estudio de Aspectos Comunitarios.

<b>ESTUDIO ASPECTOS COMUNITARIOS</b>
Señalización de algunos proyectos de la misma naturaleza de la actual alternativa de solución ejecutados por el ente responsable.
Relación del tipo de concertación y coordinación que se ha dado o se dará entre el ente responsable del proyecto, otras instituciones involucradas y la comunidad.
<b>PARTICIPACIÓN DE LA COMUNIDAD.</b>
Etapa formulación
Etapa evaluación.
Etapa ejecución.
<b>IDENTIFICACIÓN DE LA PARTICIPACIÓN DE LA COMUNIDAD EN LA VEEDURÍA</b>
veedores
miembros de la junta de acción comunal
ciudadanos interesados

Fuente. Tomado [9]

### 1.2.9 ESTUDIO FINANCIERO

Con este estudio se busca de manera global recolectar toda la información de carácter financiero que tiene que ver con el proyecto y así evaluar cada una de las alternativas de solución; además de encontrar una estructura financiera capaz de establecer información de ingresos, gastos y costos de ejecución, operación y mantenimiento.

Existen elementos que representan relevancia para conocer los costos de una alternativa de solución, tales como el producto, es decir los bienes y servicios que

genera dicha alternativa, el programa o proyecto que son la serie de sub proyectos o sub divisiones del mismo que se tomarán para llevar a cabo la alternativa, los componentes que son las actividades comunes que se pueden agrupar en una misma jerarquía, las categorías de gasto para así tener un control de la asignación y ejecución de los mismos y por último la información requerida para llevar a cabo la alternativa de solución del proyecto.

Tabla 8. Estudio Financiero

ESTUDIO FINANCIERO
CUADRO DE COSTOS DE LAS ALTERNATIVAS
Etapa de pre inversión
Etapa de inversión
Etapa de operación y mantenimiento
CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE INGRESOS Y/O BENEFICIOS

Fuente. Tomado [9]

## **2 IDENTIFICACIÓN Y ESTRUCTURACIÓN DE UN PROYECTO ELÉCTRICO EN EL DEPARTAMENTO DE META**

*Una de las obligaciones de la Universidad Industrial de Santander para con el contrato adquirido con el IPSE era la conformación de un equipo integral de profesionales en distintos aspectos como el técnico, social y administrativo; es ahí donde por medio de convocatoria abierta a estudiantes se hizo la selección para aplicar a desarrollar proyecto de grado con la modalidad de práctica empresarial, a continuación el compromiso de la Universidad Industrial de Santander se vio reflejado en la capacitación de los estudiantes escogidos en temas como la identificación y estructuración de proyectos enfocados al manejo estatal de la contratación de proyectos de inversión pública.*

*Mediante el convenio IPSE-UIS se buscó identificar y estructurar proyectos energéticos sostenibles en los departamentos de Meta, Casanare, Arauca, Santander, Norte de Santander y Guajira, con el fin de dar una solución energética a zona que aún no se encuentran interconectadas con la red.*

*En la tabla 10 se muestra la lista de los proyectos a estructurar en el departamento del Meta, para dar solución a problemas energéticos, incluyendo los de plantas locales como los de extensión de la red.*

## **2.1 IDENTIFICACIÓN**

Entre las causas que se relacionan con la problemática y los efectos a tener en cuenta que podrían suceder si no se realiza la intervención del problema encontrado en el departamento del Meta se pueden analizar de mejor manera de esta forma.

En Colombia gran parte de la población vive en zonas rurales donde las grandes distancias al SIN, imposibilitan la implementación de la interconexión eléctrica. Los grandes niveles de dispersión de la población en especial en zonas como la Orinoquía y Amazonía, hacen viable la implementación de sistemas de generación unifamiliares como los fotovoltaicos, que en la última década han demostrado ser eficientes y útiles para el propósito de energizar comunidades apartadas que tradicionalmente han suplido esta necesidad con grupos electrógenos, con los problemas de suministro de combustible y mantenimiento de equipos y redes eléctricas que a la postre provocan el abandono de la infraestructura y por consiguiente la pérdida de la inversión.

Pese al escepticismo que existe frente a las fuentes alternas de energía, los sistemas de generación fotovoltaica han estado en permanente evolución y en la actualidad ofrecen gran confiabilidad y sencillez en su instalación, operación y mantenimiento, siempre y cuando su implementación incluya el componente de capacitación básica y algunas horas de entrenamiento técnico para las comunidades beneficiarias.

Por otra parte, en Colombia se han desarrollado compañías especializadas en el suministro, montaje y mantenimiento de unidades de generación con sistemas fotovoltaicos, que cuentan con personal profesional y técnico con suficiente

conocimiento de los principios de operación y funcionamiento de cada uno de los componentes de un sistema solar fotovoltaico.

Actualmente la energía solar fotovoltaica ofrece grandes posibilidades para Colombia como herramienta que promueva el desarrollo económico y social de las zonas rurales menos favorecidas, considerando que aun cuando la disponibilidad de potencia es limitada, los beneficios son enormes: iluminación y entretenimiento.

## **2.2 SELECCIÓN**

A través de los criterios de calificación de la plantilla Formulación de Proyectos y teniendo ya identificados los proyectos se inicia la fase de evaluación y diagnóstico.

Para la estructuración se han establecido criterios de calificación con el objetivo de seleccionar los proyectos que se han identificado [3].

Requerimientos para la estructuración:

1. Valor de la estructuración
2. Tiempo de estructuración
3. Requisitos de pre inversión
4. Valor de la inversión
5. Requisitos ante fondos de financiación

Cuando se conoce el criterio de calificación, estos factores se evalúan y se ordenan en rangos de ponderación de cero (0) a cinco (5) con el fin de organizar la información y finalmente se priorizan los proyectos, tomando las de mayor ponderación.

Tabla 9. Rangos de calificación

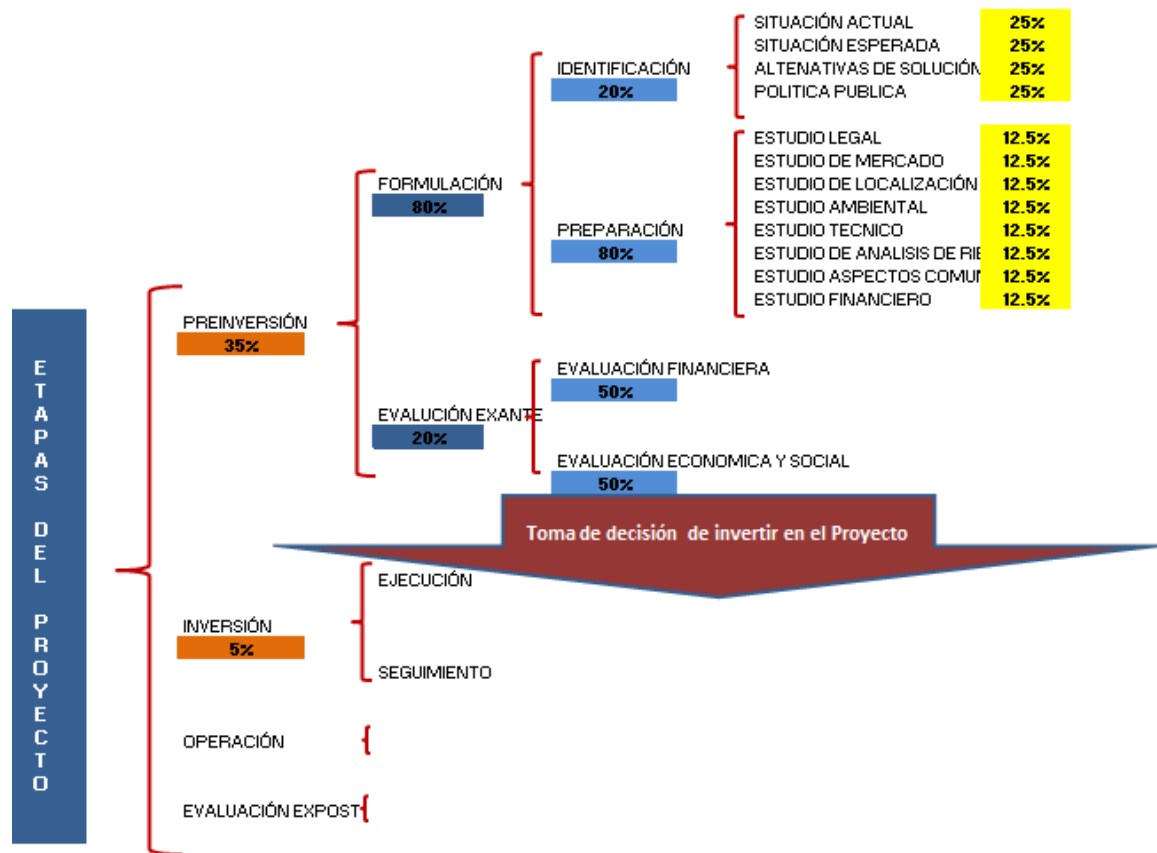
<b>CALIFICACIÓN COBERTURA</b>	<b>Rango No Usuarios</b>		<b>Calificación</b>
	0	5	1
	6	10	2
	11	20	3
	21	40	4
	41		5
<b>CALIFICACIÓN COSTOS ESTRUCTURACIÓN \$</b>	<b>Rango de Costos \$</b>		<b>Calificación</b>
		20.000.000	5
	20.000.001	40.000.000	4
	40.000.001	60.000.000	3
	60.000.001	80.000.000	2
	80.000.001		1
<b>CALIFICACIÓN TIEMPO DE ESTRUCTURACIÓN MESES</b>	<b>Rango de meses</b>		<b>Calificación</b>
		1,0	5
	1,1	2,0	4
	2,1	3,0	3
	3,1	4,0	2
	4,0		1
<b>CALIFICACIÓN VALOR DE LA INVERSIÓN</b>	<b>Rango de Valor (\$)</b>		<b>Calificación</b>
	0	500.000.000	5
	500.000.000	600.000.000	4
	600.000.001	700.000.000	3
	700.000.001	800.000.000	2
	800.000.001		1

Fuente. Tomado de [3]

Requerimientos para la estructuración se establecen según el desarrollo de cada una de las fases de la Metodología General Ajustada, del Departamento Nacional de Planeación. Y así presentarlo ante un banco de proyectos o unidad de planeación para ser evaluado.

En el siguiente esquema se muestra los porcentajes que se consideran para dar prioridad a los proyectos a seleccionar.

Figura 4. Análisis porcentual para criterios de priorización y selección de proyectos.



Fuente. Tomado de [9]

En el departamento del Meta se lograron identificar cuatro (4) proyectos, de los cuales, dos (2) son para la generación con plantas locales y (2) para la energización por extensión de redes eléctricas.

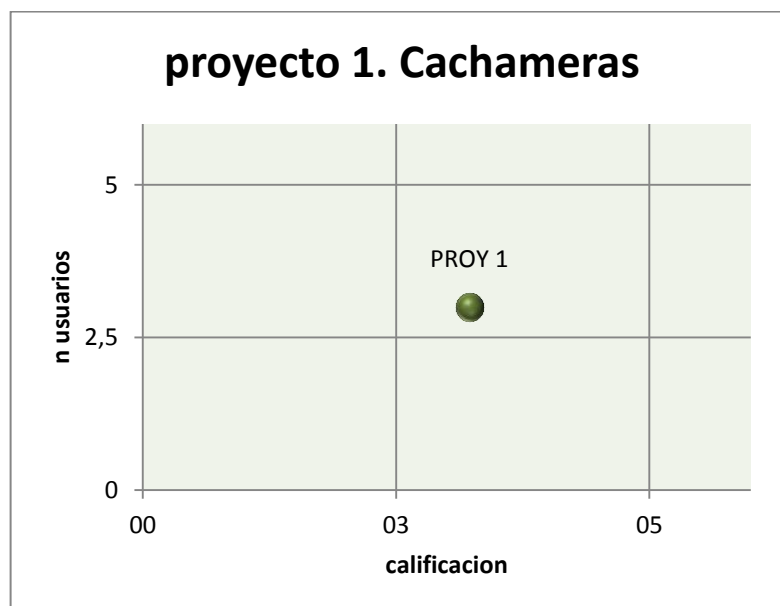
A continuación se presenta los resultados de la identificación.

Tabla10. Proyectos a estructurar

<b>NOMBRE DEL PROYECTO</b>
1. Proyecto eléctrico "vereda Unión La Cal sector las Cachameras"
2. Proyecto eléctrico "veredas El Darien, El Guape sector Caño Dario, Guayaquil granja integral Las Parcelas, Canaguaro sector del Campamento, La Playa sector Caño Frio, La Playa sector del Pezuño, Los Andes, San Ignacio, Sardinata, y Urichare"
3. Construcción de sistemas de energía solar fotovoltaica para 125 viviendas y 2 escuelas del municipio de El Castillo, departamento del Meta
4. Construcción de sistemas de energía solar fotovoltaica para 20 escuelas de los municipios Cabuyaro, Puerto Concordia, Puerto Rico, San Juan de Arama, Uribe

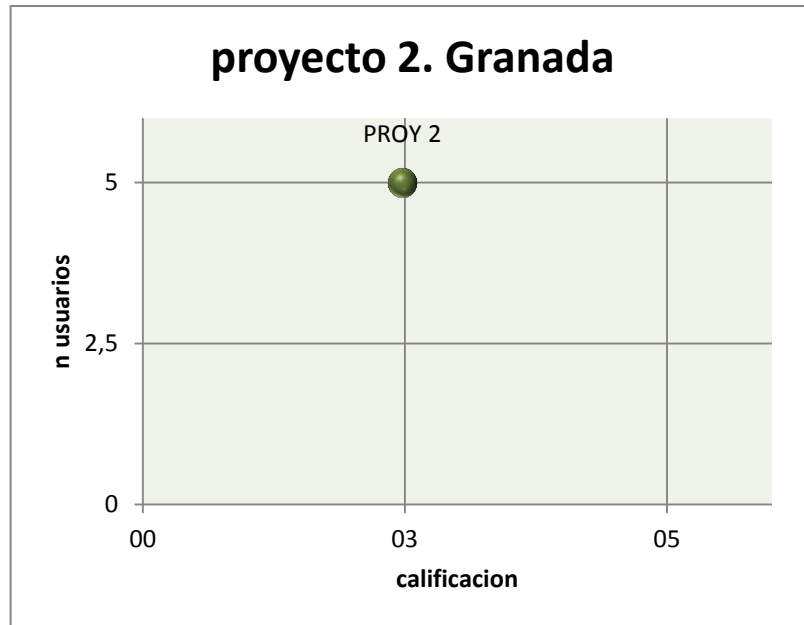
Fuente: Tomado de [3]

Figura 5. Proyecto 1.



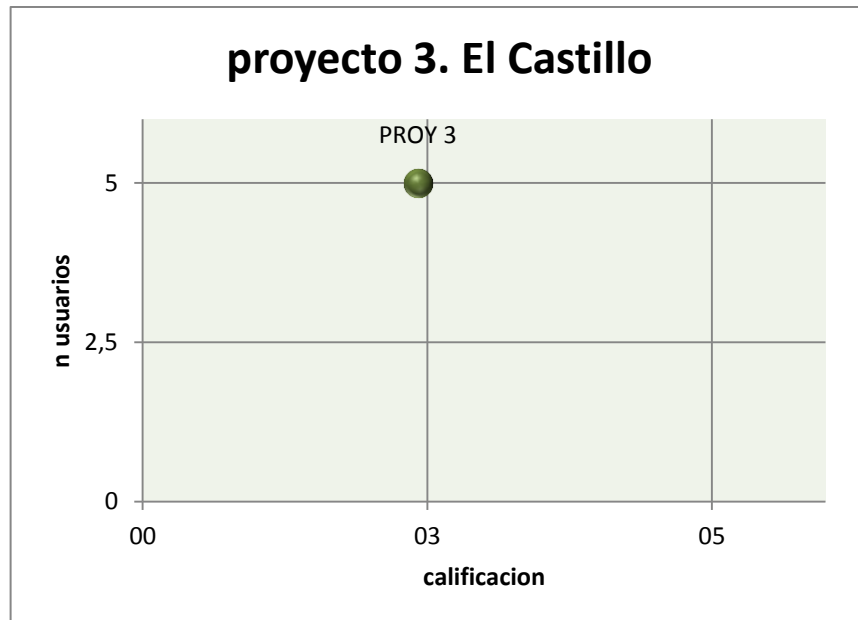
Fuente. Tomado [9]

Figura 6. Proyecto 2



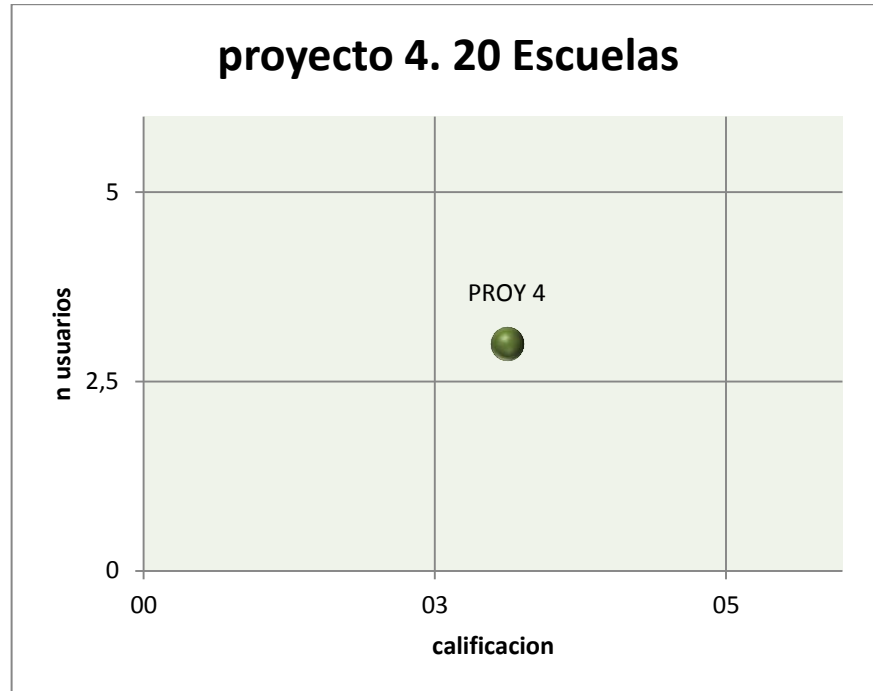
Fuente. Tomado [9]

Figura 7. Proyecto 3



Fuente. Tomado [9]

Figura 8. Proyecto 4



Fuente. Tomado [9]

Tabla 11. Análisis de Proyectos

	CALIFICACIÓN	RANGO No USUARIOS	VALOR FASE DE ESTRUCTURACIÓN \$	TIEMPO- MESES	VALOR INVERSIÓN \$
<b>PROY 1</b>	3,2	3	37,526,000	2	210,000,000
<b>PROY 2</b>	2,5	5	41,526,000	2,5	960,000,000
<b>PROY 3</b>	2,4	5	43,126,000	2,7	1,875,000,000
<b>PROY 4</b>	3,1	3	37,526,000	2,7	300,000,000

Fuente. Tomado [9]

La selección del proyecto se realizó luego de comparar la calificación obtenida por cada uno. Luego, en coordinación con el IPSE y las entidades involucradas y

teniendo en cuenta el número de usuarios a beneficiar, se escoge el proyecto 4 ya que por estar en el cuarto cuadrante fue más viable para seleccionar.

El proyecto eléctrico que se utilizó para el análisis en este trabajo de grado corresponde al nombre de **“Construcción de sistemas de energía solar fotovoltaica para 20 escuelas de los municipios Cabuyaro, Puerto Concordia, Puerto Rico, San Juan de Arama, Uribe”**. Se dispone de este nombre, debido a que así fue como luego del respectivo análisis que se realizó en la identificación y estructuración fue el más acorde a la alternativa de solución seleccionada, por tal motivo este nombre ya se encuentra registrado en los respectivos bancos de proyecto de los municipios, IPSE y fondo de financiamiento FAZNI.

Es así como se procede a exponer, identificar, analizar y estudiar el caso de 20 escuelas que se encuentran en los mencionados anteriormente, las cuales aún se encuentran sin el servicio de energía eléctrica.

### 2.3 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO, CARACTERÍSTICAS DE LOS MUNICIPIOS

Tabla 12. Coordenadas 20 Escuelas

DATUM MAGNA SIRGAS/ Bogota Colombia Zone				
	MUNICIPIO	VEREDAS(ESCUELAS)	COORDENADAS	
			X	Y
1	URIBE	YAVIA	968065,902	848584,286
2		CAMELIAS	970781,046	841012,239
3		PLANES	966330,831	858954,518

4		TIGRE	959295,205	832163,152
5		PUERTO CREVAUX	953879,473	833676,417
6		ESCUELA MANSITA	973921,513	814551,633
7		LA SIRIA	981858,484	812603,512
8		PAPAMENE	953352,184	864432,738
9		BELLEZA	985956,067	787492,576
10		LAS ROSAS	984018,705	825291,653
11		PALESTINA	981651,701	824974,560
12		PROGRESO	969471,197	824389,672
13		VILLA ESPERANZA	968098,529	849262,493
14		SALITRE	969473,155	831365,074
15		ESPELIA	983353,504	786469,217
16	CABUYARO	LAS PALOMAS	1128880,063	961813,617
17	PUERTO CONCORDIA	LA GRAN PRIMAVERA	1142070,361	786708,105
18		SAN FERNANDO	1156892,533	794098,319
19	PUERTO RICO	SAN RAFAEL	1099422,234	805102,230
20	SAN JUAN DE ARAMA	ALTO SARDINATA	1018716,340	843175,430

Fuente. Secretarías de Planeación municipios Puerto Rico, Puerto Concordia, San Juan de Arama, La Uribe y Cabuyaro

### 2.3.1 CABUYARO

El Municipio de Cabuyaro (Meta), se encuentra localizado en la parte centro oriental del territorio colombiano, a 4° 18'40'' latitud norte, 72° 48'05'' longitud al oeste del meridiano de Greenwich. En extensión, ocupa el 0,968% del territorio del departamento.

Limita al norte con el municipio de Barranca de Upía, al sur con el municipio de Puerto López y Cumaral, al oriente con el departamento del Casanare y al occidente con el departamento de Cundinamarca. [13]

### **2.3.2 PUERTO CONCORDIA**

Puerto Concordia es un municipio que se encuentra ubicado geográficamente en la parte sur del departamento del Meta, su cabecera está localizada en la margen izquierda del río Ariari, a los 20° 41' 24" de latitud norte y 72° 45' 16" de longitud oeste; tiene una altura sobre el nivel del mar de 200 m. Dista de Villavicencio 276 km.

El área municipal es de 1304,8 km<sup>2</sup>, su temperatura promedio oscila entre los 24° C y los 27° C; presenta un régimen de lluvias bimodal, con una época de invierno entre los meses de abril y noviembre, siendo los meses de junio y julio los más lluviosos, y una época de verano que va desde el mes de diciembre hasta el mes de marzo; tiene una humedad relativa que oscila entre el 76% y el 89%, y presenta una precipitación promedio anual de 2600 mm. [14]

### **2.3.3 SAN JUAN DE ARAMA**

Posición geográfica de 31° 21' 25' latitud norte y 73° 53' 40' latitud Oeste, se encuentra a una altura de 510 metros sobre el nivel del mar y ubicado en la parte occidental del departamento del Meta, su cercanía con la sierra de la Macarena, la hermosura de sus grandes sabanas de la región del Ariari y la fertilidad de sus vegas contribuyen a un desarrollo considerable.

Límites del municipio: El Municipio de San Juan de Arama limita política y administrativamente así, oriente con los municipios de Fuente de Oro y Puerto Lleras, al occidente con el municipio de Mesetas, al norte con los municipios de Granada y Lejanías y al sur con el municipio de Vistahermosa.

La extensión total es de 1558 km<sup>2</sup>, la extensión de área urbana es 7,5 km<sup>2</sup>, la extensión de área rural es 1150,5 km<sup>2</sup>, la altitud de la cabecera municipal (metros sobre el nivel del mar) es 510 y la temperatura media es 29°C; la distancia de referencia es de 119 km de Villavicencio capital del departamento del Meta. [12]

#### **2.3.4 URIBE**

El relieve se presenta en tres formas, montañas en las estribaciones de la cordillera oriental que surca al municipio en su parte norte y occidental el sistema periférico se encuentra en la parte media del municipio y está formado por dos alturas que son: La sierra de la Chamuza y el alto de la Ahuyama, se caracteriza por sus abundantes aguas y por sus valles y llanuras, en la parte plana del municipio ubicada entre la Sierra de La Chamuza y el Río Duda, la topografía del terreno le permite a la región contar con casi todos los pisos térmicos, por lo tanto hay diversidad de climas que repercuten en la variedad de cultivos.

El municipio limita al norte con el municipio del Cubarral y Lejanías, al noroccidente con el municipio de Cabrera (Cundinamarca), al oriente con los municipios de Lejanías, Mesetas y Vista Hermosa, al occidente con los departamentos de Caquetá y Huila. Su extensión total es de 7640 km<sup>2</sup>, la temperatura media es de 22° C y la distancia de referencia es de 191 km de Villavicencio. [15]

### **2.3.5 PUERTO RICO**

Puerto Rico es un municipio del departamento del Meta, el cual limita al norte con Puerto Lleras, al occidente con Vista Hermosa, al oriente con Puerto Concordia y Mapiripan y al sur con el departamento del Guaviare. Su posición astronómica es la siguiente: Latitud: 2° 56' 30". Longitud: 73° 12' 30". Al Occidente del Meridiano de Greenwich.

El municipio de Puerto Rico cuenta con 3431 km<sup>2</sup>, y una población de 21826 habitantes (DANE 2005); cuenta con una cabecera municipal y una población de 5027 habitantes, cinco inspecciones de policía Barranco Colorado, Puerto Chispas, La Lindoza, Puerto Toledo y La Tigra. El municipio se divide en 45 veredas legalmente constituidas. [11]

### **2.4 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

A través de la historia las poblaciones rurales de difícil acceso y alejadas de los centros poblacionales han venido careciendo de los servicios básicos necesarios para su diario vivir en condiciones dignas.

El servicio de energía eléctrica es uno de estos servicios, por lo tanto, se hace necesario ejecutar acciones que propendan por una satisfacción mínima en este campo, para mejorar su competitividad y su calidad de vida.

Por carecer de este servicio, se marginan del resto de la comunidad y especialmente de las políticas de estado que puedan favorecerles, por no recibir información a través de los medios masivos de comunicación, especialmente de la televisión.

El presente proyecto comprende la electrificación de 20 escuelas de los municipios Cabuyaro, Puerto Concordia, Puerto Rico, San Juan de Arama, Uribe, en el departamento del Meta, mediante la instalación de sistemas fotovoltaicos.

Teniendo en cuenta la dificultad natural que tiene llevar redes de distribución del servicio de energía eléctrica a estas zonas rurales del departamento de Meta y las condiciones económicas de los solicitantes al servicio de energía eléctrica de la región, hace necesaria la búsqueda de ayudas económicas para lograr obtener los recursos necesarios y poder realizar este tipo de obras.

En la figura 5 se plante la Descripción del problema en el departamento del Meta.

Figura 9. Descripción del problema en el departamento del Meta



Fuente: Autores

#### **2.4.1 SITUACIÓN ACTUAL**

Es prioritario mejorar la calidad de vida de los habitantes de los municipios Cabuyaro, Puerto Concordia, Puerto Rico, San Juan de Arama y Uribe del departamento de Meta, ya que existen escuelas rurales que se encuentran retiradas de las líneas de interconexión eléctrica y no son factibles de interconexión, para los cuales se ha planteado la instalación de sistemas fotovoltaicos, con el fin de generar energía eléctrica y lograr un desarrollo económico y social sostenible, evitando así su traslado hacia centros urbanos.

#### **2.4.2 SITUACIÓN ESPERADA**

Se espera que con la electrificación de las 20 escuelas de los Municipios ya mencionados y resolviendo el problema de accesibilidad de la red convencional, con la instalación de la alternativa de solución con un sistema de energía solar fotovoltaica, paulatinamente aumente la cobertura de alfabetización en el departamento, además que con una mejor gestión social y administrativa se solucione el problema de deserción para que de esta manera se mejore la calidad de vida en la zona, aumente la competitividad de la misma, y se tengan mejores y más recursos para estas comunidades y familias.

#### **2.5 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN**

En este proyecto de grado se evaluarán dos tipos de alternativa de solución, la extensión de la red eléctrica convencional y la implantación de sistemas solares fotovoltaicos, ambas son soluciones factibles ya que tienen como fin la electrificación de 20 escuelas que no poseen el servicio de energía eléctrica; las ventajas y desventajas de cada una las alternativas de solución se verán reflejadas en los estudios que sustenten las mismas y servirán también de punto de comparación, para la escogencia de una alternativa sobre la otra.

### **2.5.1 EXTENSIÓN DE LA RED ELÉCTRICA**

Esta alternativa de solución es la más usada para electrificar los centros poblacionales en Colombia; representa una forma estable y sostenible de llevar energía a cada carga, en su mayoría es generada con tecnología hidráulica, esto debido al potencial hídrico que posee el país; más aún el respaldo de la generación termina representa la estabilidad del sistema ante situaciones críticas del clima, de orden público o cualquier tipo de catástrofe.

#### **DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE EXTENSIÓN ELÉCTRICA**

##### **OBJETO**

Desarrollar el diseño para una red de distribución rural de media y baja tensión de 20 usuarios que en este caso son escuelas rurales del departamento del Meta, ubicado en 5 municipios. A partir de la aplicación de los conocimientos adquiridos se pretende determinar los conductores requeridos para el desarrollo óptimo de las líneas, de igual manera que la postería y el propio diseño de la red; para de ese modo conocer los costos del proyecto.

Con base en la normatividad establecida se pretenden desarrollar los cálculos, de modo que basados en las normas de la EMSA (Normas para cálculo y diseño de sistemas de distribución), NTC 2050, y RETIE se cumpla la reglamentación establecida, teniendo en cuenta aspectos de la regulación y factores de seguridad. La información anexa tanto de cálculos técnicos, como análisis de presupuestos para esta alternativa de solución se encuentran estipulados en este documento en los anexos (B) y (D).

## **CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA**

Se pretende alimentar con un transformador a cada usuario correspondiente a zonas rurales, cuyo diseño está basado en una carga instalada por alumbrado general, artefactos comunes en las escuelas tales como computadores, televisor, DVD y grabadora. La tensión a la cual están alimentadas las cargas corresponde a 120 V

## **CIRCUITO ALIMENTADOR**

La alimentación se tomara de la red existente de media tensión de 13,2 kV, esta alimentación provendrá de 17 circuitos los cuales están ubicados a una distancia superior a 5 km de cada usuario.

## **REDES EN MEDIA TENSIÓN**

La red en media tensión será radial, trifásica bifilar aérea a 13,2 kV en conductor Nº 2 ACSR AWG instalada en postera de 12 m, la cual alimentará a los transformadores de distribución aéreos.

## **SUBESTACIONES**

Las subestaciones que se utilizarán son de tipo aéreo, con instalaciones a la intemperie, ubicados con postes de 12 m. Protegidas dichas instalaciones por cajas de cortocircuitos, fusible de hilo, interruptores con cámara extintora de arcos y pararrayos.

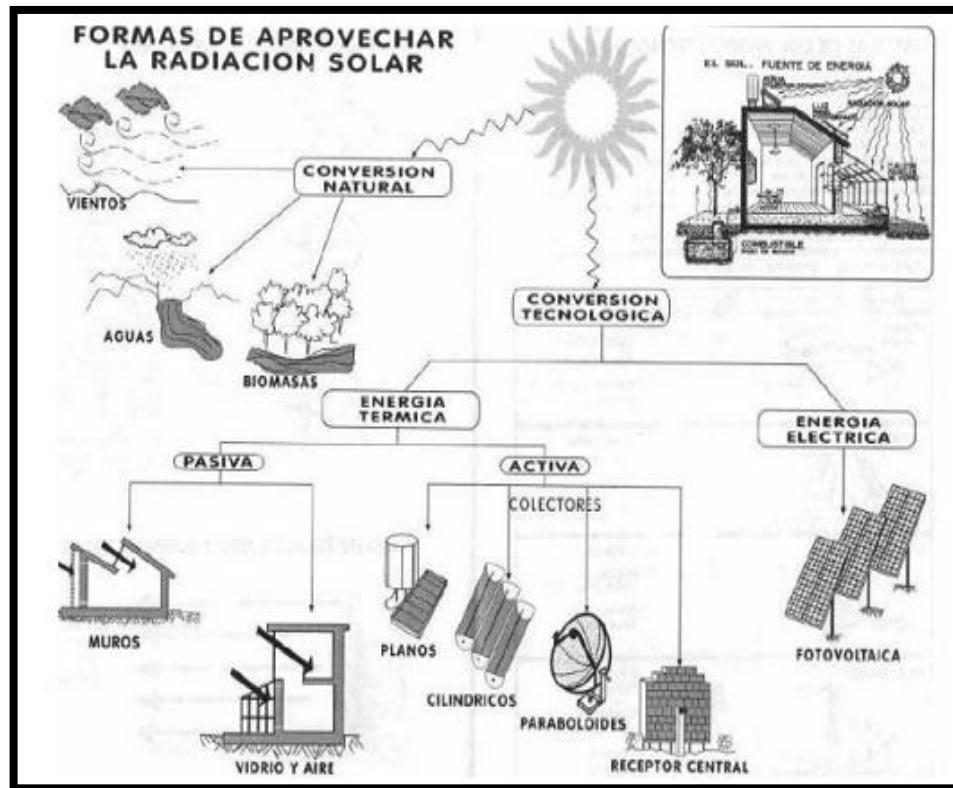
### **2.5.2 GENERACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA**

La energía solar es la energía transportada por las ondas electromagnéticas que proviene del sol. La radiación solar que incide sobre la tierra tiene componentes directa, radiación que incide sobre la tierra desde el sol, sin cambiar de dirección; y difusa, radiación que es dispersa en las direcciones debido a la presencia de

moléculas y partículas; la radiación global es la suma de la componentes directa y difusa.

La energía solar fotovoltaica es una de las formas de aprovechamiento de la energía eléctrica. Los sistemas fotovoltaicos son dispositivos que generan energía eléctrica mediante el efecto fotoeléctrico; los fotones (partículas de luz) que provienen de la radiación solar, inciden en los módulos fotovoltaicos y liberan electrones, los cuales generan una corriente DC. Se caracterizan por su sencillez, modularidad y operatividad.

Figura 10. Aprovechamiento de la radiación solar



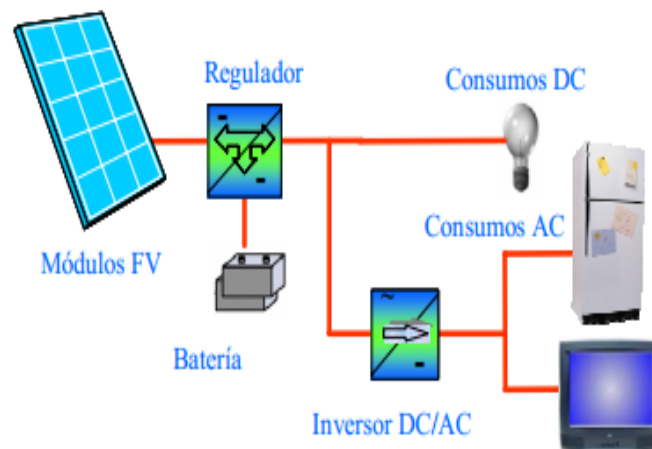
Fuente: Archivo gráfico del CER UNI. [4]

Los componentes principales de los Sistemas fotovoltaicos son:

- Modulo fotovoltaico: componente en donde se transforma la energía de la radiación solar (energía de los fotones) en energía eléctrica; están contruidos con determinados semiconductores basados principalmente en silicio monocristalino y policristalino.
- Regulador de carga: componente encargado de proteger la batería de la sobrecarga y la sobredescarga.
- Batería: componente encargado de almacenar la energía producida en los módulos.
- Carga: consumos o cargas que el sistema debe satisfacer (demanda energética), puede ser DC O AC.

Los módulos fotovoltaicos tienen una potencia nominal, el Vatio Pico (Wp); que corresponde a la potencia máxima que puede generar dicho módulo, a 25°C de temperatura y con una irradiancia de 1 kW/m<sup>2</sup>. Su producción de corriente eléctrica a un voltaje dado (fijo para el panel) varía con la temperatura, lo cual especifica el fabricante del panel en la forma de curvas de potencia.

Figura 11. Estructura básica de un sistema fotovoltaico



Fuente. Tomado de [6]

Los consumos o cargas que el sistema fotovoltaico ha de satisfacer (luminarias, radio, TV, etc.....), pueden ser DC O AC. Se considera a los consumos como una parte substancial del sistema fotovoltaico ya que estos son los que determinan el tamaño del sistema (lo que se conoce como dimensionamiento del sistema FV).

La energía solar fotovoltaica es una energía que tiene numerosas ventajas con respecto a otros tipos de energías, pero tiene una desventaja muy importante y remarcada por los defensores de las energías convencionales, y es el costo necesario para obtenerla. Pero incluso ellos, aceptan y justifican el uso y aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica en zonas donde por conveniencia en cuanto a los costos no llega la red eléctrica.

Los aspectos de carácter técnico, legal y ambiental son de gran importancia en la comparación del alternativas; ya que esta zona representa un reto desde todo punto de vista, aunque la mayoría del relieve que comprende este proyecto entiende zonas extensas de llanura, también gran parte de las escuelas que serán beneficiadas se encuentran en el municipio de la Uribe donde la zona selvática es espesa y se encuentran varias especies de flora y fauna, lo cual representaría un impacto ambiental y para el cual se debe reducir este al máximo, el relieve se hace más montañoso en este municipio lo que aumenta los costos de infraestructura y sin dejar de lado la dificultad de acceso por los problemas de carácter social, que es una situación delicada de manejo para implantación de la estructura del mismo.

En las siguientes tablas se muestran algunas características generales de cada una de las alternativas de solución [5].

Tabla 13. Sistema de distribución para la extensión de la red ventajas y desventajas.

	<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>	<b>CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO</b>
<b>EXTENSIÓN DE LA RED</b>	La operación y el mantenimiento son asumidos por el operador de red, de esta forma se garantiza una mayor y mejor calidad de vida a los equipos que conforman el sistema de distribución.	Se dificulta la extensión la red eléctrica en esta zona debido a las especies animales y vegetales que habitan en esta región.	Debe cumplir con las normas técnicas de nivel nacional y regional.
	Representa un sistema de alta confiabilidad ya que aunque en cada región puedan existir distintas normas que regulen el manejo de la distribución, se deben cuidar los niveles de regulación mínimos.	Los problemas de orden público también dificultan que no se pueda hacer un debido diseño, puesta en marcha y mantenimiento del servicio de energía eléctrica.	Aparte del consentimiento de la comunidad, la implantación del sistema también está ligada a la realidad de los problemas de orden público; es necesario acuerdos entre todas las partes.
	Al ser el sistema más usado en Colombia y tener una norma que lo regula a nivel nacional, los materiales, e insumos necesarios para la implantación de estos sistemas son fáciles de encontrar en el mercado.	Al ser 20 escuelas una retirada de la otra y también muy retiradas de un punto de conexión los costos aumentan.	Puntos de conexión a menos de 5 km de distancia
		Las normativas respectivas a los permisos ambientales ya que estas zonas son cercanas a parques naturales.	Licencias y permisos ambientales que den aval del proyecto eléctrico.

Fuente. Autores

Tabla 14. Sistema solar fotovoltaico. Ventajas y desventajas

SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO	VENTAJAS	DESVENTAJAS	CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO
	Este tipo de energía no contamina.	Los rendimientos del sistema son bajos, básicamente por las bajas eficiencias de las células solares (15-20 %)	El sitio donde se implemente el sistema debe ser lo más perpendicular posible a la radiación solar.
	Es una fuente inagotable.	La inversión inicial es alta con respecto de la capacidad de pago	La eficiencia del panel no es un aspecto a destacar para la selección, ya que la misma se puede compensar con una instalación cd mayor área de generación.
	Es un sistema de aprovechamiento de energía idóneo para zonas donde el tendido eléctrico no llega (zonas rurales, montañosas, islas), o es dificultoso y costoso su traslado	La disponibilidad de energía es variable y depende de las condiciones atmosféricas.	
	Tiene una vida útil larga (más de 20 años)	La mayoría de los equipos deben ser importados.	El sistema debe suplir la demanda máxima con la radiación solar mínima.
	El mantenimiento es sencillo y tiene costos muy bajos	Dado que la energía solar es relativamente nueva, el mantenimiento de los paneles también puede ser un problema. El mantenimiento y reparación de la parte exterior de los paneles solares deben ser realizados por un técnico certificado en energía fotovoltaica.	

Utilizan una energía gratuita y renovable.	Las fallas en el sistema es frecuente; ya sea por vientos, cuerpos extraños y descargas atmosféricas.	
Permite aumentar la potencia instalada mediante la incorporación de nuevos módulos. (Es modular)		
Altas eficiencias en los reguladores e inversores.		
No producen polución ni contaminación ambiental.		

Fuente. Autores

Ahora por los costos de proyecto como tal en las zonas, con los respectivos diseños eléctricos para cada una de las alternativas se pueden realizar los presupuestos y los resúmenes de obra que darán pie para la escogencia de la alternativa más factible.

La información para determinar las cantidades de obra está respaldada por las respectivas memorias de cálculo de ambas alternativas de solución a evaluar.

- En el ANEXO B se desarrollan los parámetros de diseño, los cálculos y las memorias tenidos en cuenta para sustentar la solución con la extensión de la red convencional, ya con la información técnica se procede a realizar el presupuesto de obra para dicha alternativa, este presupuesto se encuentra contemplado en el ANEXO D.
- 
- En el ANEXO A están expuestos los parámetros de diseño, los cálculos y las memorias para la solución con el desarrollo de un sistema solar fotovoltaico, con esta información se procede a realizar el presupuesto de obra para dicha

alternativa, también se exponen los APU de la misma alternativa todo esto se encuentra contemplado en el ANEXO C.

- 

Tabla 15. Presupuesto general de cada sistema

<b>VALOR PRESUPUESTO GENERAL</b>	
<b>SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO</b>	<b>RED CONVENCIONAL</b>
\$ 612.844.742	\$ 2.083.980.534

Fuente. Anexo C y Anexo D

Las dos alternativas constituyen una solución práctica y factible en todos los casos, o al menos en la mayoría. La diferencia radica en los costos como inversión, mantenimiento, administración y operación. La alternativa de energía solar fotovoltaica ha demostrado generar la suficiente energía para cubrir los requerimientos de la población y es viable debido al costo de la inversión, operación y sostenimiento. La alternativa de la extensión de la red representa un costo muy elevado en la puesta en marcha del proyecto debido a que son zonas muy asiladas al punto de conexión y eso implica que los gastos y materiales sean altos.

Para las dos alternativas planteadas se estable un cuadro de análisis mostrando sus principales ventajas y desventajas,(tabla 13 y tabla 14).

Dadas las condiciones entre las alternativas y la economía de la región y considerando que no tiene posibilidad de conexión y que no cuenta con disponibilidad eléctrica, la alternativa más conveniente para este proyecto es la utilización de la energía solar fotovoltaica con un costo de estructuración de \$612.844.742. Para la ejecución de este proyecto se recibe un subsidio

equivalente al 100% sobre el costo total del servicio y pasa a la fase de preparación de estudios de proyectos, con el fin de presentarlo al fondo FAZNI.

### **3 FUNCIONAMIENTO, FORMULACIÓN Y PRESENTACIÓN DE LOS FONDOS A PARTICIPAR EN LOS PROYECTOS IDENTIFICADOS EN EL META A PARTIR DE LAS TECNOLOGÍAS CONSIDERADAS.**

#### **3.1 REQUISITOS PARA LA PRESENTACIÓN DE PROYECTOS AL FONDO DE APOYO FINANCIERO PARA LA ENERGIZACIÓN**

El formulador del proyecto, ya sea la Entidad Territorial, el IPSE o una Empresa de Servicios Públicos, antes de desarrollar un proyecto de inversión, debe realizar una serie de actividades con el objeto de incrementar la probabilidad de éxito para acceder a los recursos que tiene disponible el Gobierno Nacional a través de los diferentes fondos: FAER y FAZNI.

Para estructurar un proyecto se deben tener presentes los siguientes doce (12) principios [16]:

1. Que el proyecto contemple los requisitos y requerimientos necesarios para llevar a cabo su desarrollo en tiempo, dinero, gestión y calidad.
2. Cumplir con la legislación vigente.
3. Estar definido en el contexto político, económico y social del país.
4. Permitir el crecimiento y desarrollo de la zona, ampliando mercados o desarrollando nuevo proyectos.
5. Tener viabilidad técnica, ambiental, financiera, social y económica.
6. Ser funcional.
7. Desarrollarse de manera efectiva y eficiente en tiempo y recursos.

8. Generar un proceso de aprendizaje organizacional en la metodología de ejecución con de adopción de nuevas tecnologías.
9. Permitir el cese del proyecto en un momento crítico
10. Surgir del análisis de diferentes alternativas.
11. Adaptarse a nuevas tecnologías.
12. Permitir medir su impacto comparando lo planeado contra lo realmente realizado.

Cuando un proyecto cumple con estos principios los fondos otorgan recursos no reembolsables para la construcción de proyectos de energía eléctrica en el territorio nacional.

El principal objetivo del FAER es ampliar a cobertura y procurar la satisfacción de la demanda de energía en las zonas rurales interconectadas.

Tabla 16. Requisitos para los fondos de financiación

Requisitos Generales de Presentación del Proyecto ante Fondos de Financiación
FAER – Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas Rurales del SIN
Carta de presentación
Registro BPIN
Aval técnico y financiero del operador de red
Certificado del operador de red sobre cumplimiento de normas técnicas
Certificado de servidumbres
Certificado de no presentación a otros fondos
Análisis de costos y presupuestos
Diseños y memorias de cálculo
Planos técnicos

FAZNI – Fondo de Apoyo a Zonas No Interconectadas
Carta de presentación y solicitud de recursos
Certificado de la entidad territorial en que conste que el proyecto se encuentra incluido en el Plan de desarrollo territorial y esté acorde con el POT.
Certificación suscrita por el Director general del IPSE
Aval firmado por el representante legal del operador de red
Certificación cumplimiento de normas técnicas suscrita por el representante legal del operador de red
Certificado de disponibilidad presupuestal de cada entidad que cofinanciará el desarrollo del proyecto
Ficha estadística básica de inversión (EBI)
Formulación y transmisión del proyecto en la MGA
Licencia ambiental, según lo requiera la legislación vigente
Presupuesto con las cantidades de obra
Acta de concertación con la comunidad
Diseños técnicos completos
Cronograma de actividades
Análisis de flujo de fondos del proyecto (se separó de cronograma de actividades)
Informe de si el proyecto ha sido presentado a consideración de otro fondo de apoyo financiero o si le han sido asignado recursos para la ejecución del mismo.
Certificado que el predio donde se efectuará la construcción es propiedad del estado o ente promotor del proyecto
Mapa de localización del proyecto
Planos del Proyecto
SGR – Sistema General de Regalías
Carta de presentación ante la entidad territorial especificando la fase del proyecto
Proyecto formulado en MGA y sus anexos para el ente territorial
Carta de presentación y solicitud de los recursos por parte del representante legal de la entidad territorial, donde se incluyan los siguientes elementos: a- Valor del proyecto b-

Entidad ejecutora Propuesta c- Tiempo de ejecución d- El sector de inversión al que corresponde el proyecto
Presentación del Proyecto en MGA
Certificado de la secretaría de planeación donde se va a ejecutar el proyecto que el proyecto está incluido en el plan de Desarrollo
Presupuestos con sus soportes que incluya entre otros costos los de personal, dedicación, especialidad y actividades complementarias
Carta de intención o documento que soporte las diferentes fuentes de financiación incluidas en el proyecto
Plano de localización de la zona de influencia del proyecto (si aplica)
Carta del representante legal del ente territorial donde se comprometa a realizar el acompañamiento requerido durante el desarrollo del proyecto y presentar la siguiente fase al respectivo OCAD
Soporte de las diferentes fuentes de financiación incluidas en el proyecto
Los estudios de la fase I con base en los cuales se definió la alternativa
Carta de presentación y solicitud de los recursos por parte del representante legal de la entidad territorial, donde se incluyan los siguientes elementos:
Certificado del ente territorial en el cual conste que el proyecto está acorde con los usos y tratamientos del suelo definidos para su territorio en el POT
Licencias, plan de manejo ambiental, permisos requeridos, lineamientos ambientales
Presupuesto detallado y análisis de precios unitarios actualizados al año en que se presenta el proyecto
Estudios, diseños, especificaciones técnicas definitivas y los planos de las obras contempladas en el proyecto
Certificado de sostenibilidad del proyecto, expedida por la entidad solicitante y por las demás entidades aportantes que garanticen la operación, funcionamiento y mantenimiento del proyecto.
Certificado de tradición y libertad con máximo 3 meses de expedición donde conste que la propiedad corresponde a una entidad del estado.

Certificado de tradición y libertad de los predios sirvientes, cuando el proyecto requiera servidumbres
Certificado de planeación municipal donde conste que el predio cuenta con disponibilidad de servicios públicos inmediata
Certificado de la autoridad competente sobre el cumplimiento de requisito de consulta previa, cuando el proyecto afecte minorías étnicas
Certificado de la autoridad competente donde informe si para el proyecto se ha solicitado recurso para su financiación ente otras fuentes y que no se encuentra en ejecución o ya ejecutado.
Cuando se trate de la ejecución de un proyecto por etapas, las cuales deben ser funcionales, se deben indicar las fuentes de financiación con las que se ejecutarán
Certificado de la autoridad ambiental, cuando el proyecto afecte cuencas hidrográficas, en el cual conste que las actividades y obras propuestas, están acordes con el plan de ordenamiento y manejo de cuencas POMCA
Para proyectos que afecte bienes de interés cultural, el certificado del mincultura
Para proyectos de integración y desarrollo fronterizo, demostrar la realización de consulta previa al Ministerio de Relaciones Exteriores
Para proyectos que incluyan compra de predios, estos deben hacer parte integral del proyecto
Tener en cuenta los planes de autodesarrollo y planes de vida respectivos de la zona de ubicación del proyecto
Hacer un análisis comparativo de los precios de referencia nacionales, departamentales y municipales. O en su defecto solicitar una certificación que no existen precios de referencia en los entes

Fuente. Tomado de [1]

### **3.2 FONDO DE APOYO FINANCIERO PARA LA ELECTRIFICACIÓN RURAL – FAZNI**

Este fue creado por la ley 633 de 2000, cuyo objeto es la ampliación de la cobertura de la energía eléctrica en las Zonas No Interconectadas, con la puesta en marcha de centrales de generación no convencionales y/o interconexión de población al Sistema Interconectado Nacional – SIN, y/o interconexión entre poblaciones no interconectables al SIN.

Los recursos del FAZNI provienen principalmente de las transacciones realizadas en el mercado mayorista, de aportes del Presupuesto General de la Nación y otras fuentes (Ley 633 de 2000, artículo 81 y 82). En el Decreto 1124 se establece la metodología de asignación de recursos; en el artículo 8 de este decreto, se establecen como criterios para priorizar la distribución de los recursos: menor aporte estatal requerido, entendido este como los aportes de inversión y subsidios de operación; contribución al uso de fuentes de energías renovables o alternativas, o a la innovación tecnológica para el uso de fuentes de energías renovables o alternativas; y mayor número de usuarios beneficiados.

En el artículo 84 de la ley 633 de 2000, establece que el IPSE es el encargado de viabilizar estos proyectos y los exime de la afectación por impuestos o estampillas de orden territorial. Posteriormente, la Ley 1283 de 2009 determina la utilización por los municipios y departamentos de las participaciones de la regalías; el Artículo 1 establece que los recursos de las regalías y compensaciones distribuidas a los municipios productores y portuarios, deben destinarse en un 90% en proyectos de desarrollo contenidos en el Plan de desarrollo, dando prioridad a aquellos dirigidos a construcción, mantenimiento y mejoramiento de la red terciaria, proyectos productivos, saneamiento ambiental,

servicios de salud, educación pública, electricidad, agua potable, alcantarillado y demás servicios públicos básicos esenciales.

## CONCLUSIONES

- Como estudiantes de ingeniería se logró captar de forma global las implicaciones que se tienen al realizar un diseño eléctrico, que para este trabajo de grado tiene un valor agregado, el cual representa interconectar una región o llevar un servicio público primordial para el beneficio y desarrollo de una comunidad, en este caso de 20 escuelas del departamento de Meta. La identificación de un problema y suplir esa necesidad, el proponer y crear múltiples alternativas de solución además de la sustentación técnica, legal, económica y ambiental de cada una de ellas, así como la escogencia de una de las alternativas como la más óptima para dar solución al problema; Se deben entender las implicaciones sociales a largo plazo de la implantación de un proyecto eléctrico en una zona no interconectada, ahora bien para 20 escuelas que ya pueden ser dotadas con material tecnológico, lúdico y de confort que facilite la alfabetización y con todo esto lleve bienestar y progreso para los educandos, sus familias y regiones.
- 
- Al realizar un análisis entre las dos alternativas; generación solar fotovoltaica y un sistema de distribución se llega a la conclusión de que la generación solar es más factible y más económico, ya que no cuenta con una red para la distribución de energía eléctrica, disminuyendo así los costos tanto de implementos como elementos en la construcción de la misma.
- 
- En el departamento del Meta se identificaron cuatro proyectos con solución de energía solar fotovoltaica, de los cuales solo uno se estructuro dándole prioridad a veinte escuelas del departamento. Se logró atender los criterios exigidos por el operador de red y cumplir con cada plan de desarrollo municipal de los cinco municipios que intervinieron en la estructuración; con el fin de

beneficiar a la comunidad con el uso de la energía eléctrica y el uso racional con el cuidado del mismo.

- Se escoge la alternativa de un sistema de energía solar fotovoltaica por varias razones; en este departamento y en las zonas donde se estructuró el proyecto son zonas aisladas que están muy lejos de un punto de conexión a la red que no permite por costos y por distancia usar la alternativa de extensión de la red; estas zonas son ricas en recursos naturales aprovechables para la conversión de energía eléctrica y esto ayuda para su implementación y desarrollo.

## **OBSERVACIONES**

La característica de demanda se determinó con una carga superior a los 800 VA sugeridos por la norma del Meta para usuarios rurales; mas ahora a la carga sobre los 800 VA se le aplica un factor del 30% de la misma; a criterio de las diseñadoras y a criterio también de cumplir con las normas de confort y utilidad en las escuelas del país se es necesario suplir cargas que correspondan a el número de estudiantes y al tamaño de las escuelas.

Las coordenadas de los puntos de conexión cercanos a los usuarios no fueron suministrados por la EMSA para este proyecto por motivos de seguridad y lineamientos de la misma; de este modo para el diseño de red eléctrica y su posterior presupuesto, se tuvo en cuenta:

- La EMSA y las mismas alcaldías nos garantizan que estas escuelas se encuentran a más de 5 Kms de un punto de conexión, criterio necesario para descartar un proyecto de extensión de la red eléctrica. Al no tener coordenadas del punto de conexión, perfiles reales de los terrenos; se asumieron para el diseño eléctrico y para los presupuestos las condiciones más favorables para los costos, es decir un terreno plano, sin mucha vegetación, recto, a exactamente 5Kms de un punto de conexión, a las temperaturas y las velocidades medias del departamento del Meta.
- Condiciones de transporte de materiales en el departamento del Meta ignorando distinto aspectos de orden público que dificultan el acceso y que se presentan en municipios como La Uribe, Puerto Rico Y Puerto Concordia.

- Las flora y la fauna en zonas cercanas a la Uribe y La Macarena región con grandes extensiones de selva que dificultan el acceso de materiales, maquinaria y mano de obra; además la extensión de la red que representaría un daño ambiental considerable en la región.

## BIBLIOGRAFÍA

- DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Manual de actualización metodología general de formulación. BOGOTÁ D.C. COLOMBIA
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Manual metodológico general para la identificación, preparación y evaluación de programas o proyectos madre versión oficial, Bogotá. Colombia.
- ELECTRIFICADORA DEL META S.A. E.S.P. Circula No 1 de 2009. Estudio y aprobación de proyecto y revisión técnica de obra. VILLAVICENCIO. META
- ELECTRIFICADORA DEL META S.A. E.S.P. Resolución No 000642. Manual de diseño de sistemas de distribución. VILLAVICENCIO. META
- Formulación de proyecto 04. UIS-IPSE
- Formulación de Proyectos UIS-IPSE
- ICONTEC COLOMBIA. NTC 1486. {En línea}. [http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/pags/pub/enlaces/pdf/guia\\_trabajos\\_de\\_grado\\_2012.ppt](http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/pags/pub/enlaces/pdf/guia_trabajos_de_grado_2012.ppt)
- ICONTEC COLOMBIA. NTC 2050. BOGOTÁ D.C. COLOMBIA
- MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Memorias al congreso de la republica 2012-2013 Energía Eléctrica. BOGOTÁ D.C. COLOMBIA
- MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Norma ICEL. VOL II Norma para el diseño eléctrico. BOGOTÁ D.C. COLOMBIA
- MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Norma RETIE. BOGOTÁ D.C. COLOMBIA
- MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Sector energía eléctrica. BOGOTÁ D.C. COLOMBIA.

- PALACIOS, Raul; SUAREZ, Carlos Propuestas de Normas para Construcción de Redes Aéreas en Redes de Distribución en Media y Baja tensión. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ciencias Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones. 2006
- PROYECCIÓN DE DEMANDA DE ENERGÍA EN COLOMBIA. República de Colombia. Ministerio de Minas y Energía. Unidad de Planeación Minero Energética (UPME)
- UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA (UPME), Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM), (2005), Atlas de Radiación Solar de Colombia, Bogotá.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] Ministerio de Minas y Energía. Cartilla guía. “Formulación y presentación de proyecto, fondos FAZNI. Disponible en: <http://www.minminas.gov.co>
- [2] Departamento Nacional de Planeación. Manual de Procedimiento BPIN 2011
- [3] Ficha Fase Diagnostico UIS-IPSE. Archivo MS-Word
- [4] Energía Solar Fotovoltaica, Tarifa P.V.P. Noviembre de 2012-PVP.Disponible en: [www.sumsol.es](http://www.sumsol.es)
- [5] Master en Energías Renovables y Mercado Energético. CIEMAT, Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas.
- [6] Colombia, MME, Memorias al Congreso de la República 2009-2010, Sección C, Sector energía eléctrica,  
[en línea], disponible en: [http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/UserFiles/File/Memorias/Memorias\\_2010/04-energia\\_electrica%20\(2\).pdf](http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/UserFiles/File/Memorias/Memorias_2010/04-energia_electrica%20(2).pdf), recuperado: 8 de noviembre de 2010
- [7] SUPERTIENDASOLAR. Estructura completa para cada cubierta plana.  
[http://www.supertiendasolar.es/solaronline/eshop/1-1.../120.3-SCHOTT/5/541-ESTRUCTURA-COMPLETA-PARA CUBIERTA-PLANA/description#anch1](http://www.supertiendasolar.es/solaronline/eshop/1-1.../120.3-SCHOTT/5/541-ESTRUCTURA-COMPLETA-PARA-CUBIERTA-PLANA/description#anch1)
- [8] SUMSOL ENERGÍA SOLAR. Catálogos de productor (fichas técnicas).  
[http://sumsol.es/wpcontent/uploads/pdfs/Catalogo\\_fotovoltaica\\_COMPLETO\\_ED1109.pdf](http://sumsol.es/wpcontent/uploads/pdfs/Catalogo_fotovoltaica_COMPLETO_ED1109.pdf)
- [9] Lista de chequeo, proyectos a estructurar UIS-IPSE. Archivo MS-Excel
- [10] MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL. {En línea}. {Consultado el 18 de noviembre de 2013}. <http://www.mineducacion.gov.co/1621/article-87159.html>
- [11] ALCALDÍA DE PUERTO RICO. META. {En línea}. <http://puertoricometa.gov.co/index.shtml>

[12] ALCALDÍA DE SAN JUAN DE ARAMA. META. <http://www.sanjuandearama-meta.gov.co/index.shtml>

[13] ALCALDÍA DE CABUYARO. META. <http://www.cabuyaro-meta.gov.co/index.shtml#2>

[14] ALCALDÍA DE PUERTO CONCORDIA. META. <http://puertoconcordia-meta.gov.co/index.shtml>

[15] ALCALDÍA DE LA URIBE. META. <http://www.uribe-meta.gov.co/index.shtml>

[16] Ministerio de Minas y energía. <http://www.minminas.gov.co/minminas/energia/jsp?cargaHome>

## **ANEXOS**

**ANEXO No A. MEMORIA DE CÁLCULO Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS  
– SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO –**

**SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO PARA 20 ESCUELAS DE LOS  
MUNICIPIOS CABUYARO, PUERTO CONCORDIA, PUERTO RICO, SAN JUAN  
DE ARAMA, URIBE**

Se busca calcular la potencia solar que se requiere instalar; es decir, el número de Vatios Pico (Wp) necesarios para satisfacer la demanda energética del tipo de escuela para cada municipio.

Existen varios métodos para calcular el número de Wp que se requieren, métodos que difieren en complejidad y en la precisión de los resultados. Un criterio clave para definir al método a implementar es el tipo de sistema que se busca diseñar; si el sistema es conectado a red, se debe implementar un método que busque maximizar el rendimiento del sistema y producir la máxima energía; por otro lado, si el sistema es un sistema autónomo, se busca un método que tenga en cuenta la fiabilidad del sistema, que asegure el funcionamiento adecuado.

Para esta alternativa se debe introducir un concepto fundamental, el de las “horas de sol pico” o HSP (horas). Una hora solar pico “HPS” equivale a  $1\text{kWh/m}^2$  o, lo que es lo mismo,  $3,6\text{ MJ/m}^2$ . Es decir, es un modo de contabilizar la energía recibida del sol agrupándola en paquetes, siendo cada “paquete” de 1 hora recibiendo  $1000\text{ W/m}^2$ . Esta variable depende del lugar en el que se va a instalar los sistemas fotovoltaicos.

Al cruzar la información de las ZNI con el mapa de energía solar disponible en el país [5], se encuentran valores promedio que varían de 4,5 y 5,5 para el

departamento del Meta. Para el caso de este proyecto de 20 escuelas en diferentes municipios del departamento se escoge 4,5 ya que es el valor más desfavorable porque de esta manera se asegura que la energía captada supla la necesidad de los usuarios. Este potencial de energía solar tiene incidencia en la capacidad del generador ya que a mayor energía solar disponible menor es la capacidad requerida para una misma carga.

### CUADRO DE CONSUMOS

A continuación se presenta el cuadro de consumos por escuela, donde se especifica el tipo de aparato o equipo a utilizar, la potencia de cada uno de ellos, la corriente consumida, las horas de uso diario y el consumo, en la parte final del cuadro se presenta la potencia total de los equipos a considerar y el consumo total en Ah/día.

Tabla 17. Cuadro de cargas para cada escuela

<b>CUADRO DE CARGAS</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Pot (W)</b>	<b>V AC</b>	<b>A AC</b>	<b>H (Uso)</b>	<b>Ah/día</b>
<b>Grabadora</b>	30	120	0,25	3,5	0,88
<b>TV</b>	50	120	0,42	3	1,25
<b>Nevera</b>	150	120	1,25	2	2,50
<b>Lámpara</b>	11	120	0,09	3	0,28
<b>Lámpara</b>	11	120	0,09	3	0,28
<b>Lámpara</b>	11	120	0,09	3	0,28
<b>Lámpara</b>	11	120	0,09	3	0,28
<b>Lámpara</b>	11	120	0,09	3	0,28
<b>Lámpara</b>	11	120	0,09	3	0,28
<b>Computador</b>	220	120	1,833333333	2	3,67
<b>Computador</b>	220	120	1,833333333	2	3,67

<b>Computador</b>	220	120	1,833333333	2	3,67
<b>DVD</b>	40	120	0,333333333	3	1,00
<b>Total</b>	<b>996</b>				<b>18,28</b>

Fuente. Autores

$$A_{AC} = \frac{Pot (W)}{V_{AC}} \quad (1)$$

$$Ah - Dia = A_{AC} * H(Usa) \quad (2)$$

A continuación se presenta la tabla de los cálculos eléctricos base.

Tabla 18. Cálculos eléctricos

<b>CÁLCULOS ELÉCTRICOS</b>			
<b>Potencia Pico (W)</b>	996	<b>Voltaje de trabajo en DC (V)</b>	12
<b>Corriente Pico AC (A)</b>	8,30	<b>Voltaje de alimentación AC (V)</b>	120
<b>Consumo total Ah-día (AC)</b>	18,28	<b>Días de autonomía</b>	2,5
<b>Consumo promedio diario Wh/día</b>	2193	<b>Radiación Solar - Horas de sol pico (HPS) de mes crítico</b>	4,5
<b>Consumo promedio diario Wh/día- Corregido</b>	2412		
<b>Consumo promedio diario Ah/día DC</b>	182,75		
<b>Consumo promedio diario Ah/día DC Corregido</b>	201,03	<b>Factor de seguridad</b>	10%

Fuente. Autores

Dónde:

- Voltaje de trabajo en DC (V) : Voltaje de la celda de generación.
- Voltaje de alimentación AC (V): Voltaje de trabajo de la instalación
- Días de autonomía: En los que no se tendría trabajando el sistema independientemente con la batería exclusivamente.
- Radiación Solar - Horas de Sol Pico (HPS) de mes crítico

- Factor de Seguridad: Para determinar el consumo promedio diario en corriente continua (involucra las pérdidas de energía).

- Corriente Pico AC (A):

$$CP = \frac{\text{potencia pico (W)}}{\text{Voltaje de Alimentación (V)}} \quad (3)$$

- Consumo Promedio Diario Wh/día:

$$CPD = \text{Consumo total AH} - \text{día} * \text{Voltaje de Alimentación (V)} \quad (4)$$

- Consumo Promedio Diario Wh/día- Corregido:

$$CPD - C = CPD * (1 + \text{factor de seguridad}) \quad (5)$$

- Consumo Promedio Diario Ah/día DC:

$$CPD (DC) = \frac{CPD}{\text{Voltaje del trabajo (V)}} \quad (6)$$

- Consumo Promedio Diario Ah/día DC Corregido:

$$CPD - C (DC) = CPD (DC) * (1 + \text{factor de seguridad}) \quad (7)$$

Este factor de seguridad del 10% considera las pérdidas de conductores y las demás pérdidas comunes que se presentan en los sistemas eléctricos.

### **DIMENSIONAMIENTO DE PANELES:**

Para hacer el dimensionamiento y escoger el tipo de panel que se va a implementar se parte del Consumo Promedio Corregido Diario, en este caso **2412 Wh/día**, esta será la demanda que el generador debe producir.

Para elegir el modulo se realizó una búsqueda entre los diferentes fabricantes, y se busca que pueda satisfacer la demanda de 2412 Wh/dia.

Al hacer la búsqueda y analizar entre los diferentes fabricantes se identificó el modulo solar con las mejores condiciones técnicas y financieras que pueda satisfacer la demanda.

Características del módulo escogido:

Tabla 19. Características del modulo

<b>CARACTERÍSTICAS DEL MODULO</b>	
<b>Modulo</b>	<b>245 Wp</b>
<b>Wp (W)</b>	245
<b>Vmax (V)</b>	30,2
<b>Voc (V)</b>	37,3
<b>I Max (A)</b>	8,12
<b>Isc (A)</b>	8,7

Fuente. Autores

Tabla 20. Selección del número de módulos

<b>SELECCIÓN DEL NUMERO DE MÓDULOS</b>	
<b>Eficiencia</b>	90%
<b>Generación por modulo (Wh/Día)</b>	1102,5
<b>Generación corregida(Wh/Día)</b>	992,25
<b>Módulos requeridos</b>	2,43
<b>Módulos paralelo</b>	<b>3</b>
<b>Generación Wh Día</b>	2976,75

Fuente. Autores

El consumo para cada una de las escuelas puede darse por la instalación de tres (3) módulos de 245 Wp.

$$\text{Generacion por Modulo} = \text{Potencia del Modulo} * \text{HPS} \quad (8)$$

$$\text{Generacion Corregida} = \text{Generacion por modulo} * \text{Eficiencia} \quad (9)$$


$$\# \text{ de Modulos} = \frac{CPD - C}{\text{Generacion Corregida}} \quad (10)$$

$$\text{Generacion Wh Dia} = \text{Generacion Corregida} * \text{Modulos en paralelo} \quad (11)$$

Según los cálculos y los datos del fabricante [8] este es el modulo que se utilizará en el diseño.

## MODULO FOTOVOLTAICO Isofotón ISF-245

Tabla 21. Características técnicas del panel seleccionado



CARACTERISTICAS ELECTRICAS	
	ISF- 245
Potencia Nominal- Pmax (Wp)	245
Tensión en circuito abierto - Voc (V)	37,3
Tensión en el punto de máxima potencia - Vmax (V)	30,2
Corriente de cortocircuito- Isc (A)	8,70
Corriente en el punto de máxima potencia - Imax (A)	8,12
Eficiencia (%)	14,8
Tolerancia de potencia (%/Pmax)	±3
CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS	
Diomensiones	1,667 x 994 x 45 mm
Peso	19 kg
Tipo de Celula	Silicio monocristalino, con capa antirreflexiva
Tamaño de la Celula	156 x 156 mm (6")
Número de celulas por módulo	60 células en configuracion 6x10

Fuente. Tomado de [8]

## DIMENSIONADO DEL SISTEMA DE ACUMULACIÓN (NÚMERO DE BATERÍAS):

Para el cálculo del sistema de acumulación es necesario estimar el número de días de autonomía requerido en la instalación, que evidentemente dependerá del número de días seguidos sin sol que pueden darse en la ubicación de la misma.

La capacidad es el producto de la intensidad de descarga por el tiempo que esta actúa, calculada hasta alcanzar la tensión final. La misión principal del acumulador dentro de un sistema solar fotovoltaico consiste en almacenar y suministrar energía tal y como es demandada por la carga, independientemente de la producción del arreglo fotovoltaico en ese momento. También cumple con la función de fiabilidad ya que puede alimentar la carga durante un periodo determinado (Días de autonomía).

Tabla 22. Cálculo de baterías.

<b>BATERÍAS</b>	
<b>Consumo promedio diario Ah/día DC corregido</b>	201,03
<b>Días de autonomía</b>	2,50
<b>Profundidad de descarga máxima estacional</b>	70%
<b>Factor de corrección de temperatura</b>	1,00
<b>Capacidad nominal de la batería (Ah)</b>	717,9
<b>Numero de baterías de 718 Ah</b>	<b>4</b>

Fuente. Autores

*Capacidad nominal de la batería*

$$= \frac{CPD - C (DC) * dias de autonomia}{profundidad de descarga máxima * factor de correccion de temperatura} \quad (12)$$

Según los cálculos y los datos del fabricante [8] la batería que se utilizará en el diseño será:

### Modelo SumSol SMS- 200

Tabla 23. Características de la batería



CARACTERISTICAS GENERALES	
Tensión Nominal- Vcc	12
Capacidad Ah /C20	187
Medidas (ancho*fondo*alto)	513*223*223
Peso	49 kg
Vida útil	> 400 ciclos

Fuente. Tomado de [8]

### DIMENSIONAMIENTO DEL REGULADOR:

El dimensionamiento de un regulador en un sistema fotovoltaico está basado en su corriente de cortocircuito por ser esta la mayor corriente capaz de generar este elemento.

Tabla 24. Cálculos del Regulador

REGULADOR DE CARGA	
<b>Corriente de cortocircuito de un módulo (A)</b>	8,70
<b>Número de módulos en paralelo</b>	3
<b>Factor de seguridad del regulador</b>	1,25

<b>Corriente de entrada del regulador (A)</b>	<b>32,63</b>
<b>Rendimiento del inversor</b>	95%
<b>Corriente de Salida del regulador (A)</b>	<b>109,21</b>

Fuente. Autores

Se usa la corriente de cortocircuito para el cálculo de la corriente de entrada al regulador por que será la máxima corriente que podría ser generada por el módulo fotovoltaico y ha de ser esa la que tengamos en cuenta para evitar pérdidas de rendimiento.

*Corriente de Entrada del Regulador*

*= I<sub>sc</sub> \* # modulos en paralelo*

*\* factor de seguridad del regulador* (13)

$$\text{Corriente salida del Regulador} = \frac{1.25 * \frac{\text{potencia pico (W)}}{\text{Rendimiento del inversor}}}{\text{voltaje de trabajo (V)}} \quad (14)$$

Según cálculos y los datos del fabricante el Regulador a utilizar será:

Para la selección del regulador, se consideró una capacidad amperimétrica mayor a 110 A.

Tabla 25. Características del regulador

MODELO	CX 40
MARCA	PHOCOS
VOLTAJE NOMINAL	12 Ó 24 Vcc
I max DE CARGA	40 A
PESO	168 gr
MAXIMA ALTURA	4.000 m

Fuente. Tomado de [8]

## DIMENSIONAMIENTO DEL INVERSOR

El dimensionamiento del inversor se debe hacer calculando las cargas instaladas y aplicando diversos factores como crecimiento instantáneo de la demanda por utilización de equipos de características inductivas o garantizando que su funcionamiento permita que la temperatura interna de trabajo no exceda los límites permitidos; para ello es necesario tener siempre presente la temperatura ambiente del lugar donde funcionará el inversor la experiencia del diseñador lo lleva a buscar el equipo más idóneo en cada una de las aplicaciones a desarrollar.

Únicamente se ha de calcular la suma de las potencias de las cargas de alterna (en este caso sería de 996 W) y las cargas que contienen motores (nevera) y aplicar un margen de seguridad del 20%.

En este caso se selecciona un inversor de 2000 W.

Tabla 26. Cálculos del inversor

<b>SELECCIÓN DEL INVERSOR</b>			
<b>Potencias de las cargas de alterna (W)</b>	996,00	<b>Factor de seguridad</b>	1,2
<b>Cargas con Motor (W)</b>	150,00	<b>Potencia del Inversor Seleccionado (W)</b>	<b>1735,2</b>

Fuente. Autores

$$PI = ((4 * \text{cargas con motor}) + (\text{potencias de las cargas con alterna} - \text{cargas con motor})) * 1.25 \quad (15)$$

El inversor utilizado para instalaciones asiladas, **Sumverter SV y SVC**

Tabla 27. Características del inversor

SV-SVC 2000		Potencia continua de salida 25 °C	2000 VA
		Distorsión armónica	< 3%
		Tensión/ frecuencia de salida	230 Vca ±4% / 50 Hz < 1%
12	24	Rendimiento de cargas resistivas	86% < n < 92%
		Rango de tensión de entrada CC	10- 16 / 20-32

Fuente. Tomado de [8]

**ANEXO No B MEMORIA DE CÁLCULO Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS  
- REDES DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN**

**CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS EN RED CONVENCIONAL PARA 20  
ESCUELAS DE LOS MUNICIPIOS CABUYARO, PUERTO CONCORDIA,  
PUERTO RICO, SAN JUAN DE ARAMA, URIBE**

**MEMORIA DE CÁLCULO**

Con base en la normatividad establecida se pretenden desarrollar los cálculos, de modo que basados en las normas de la EMSA (Normas para cálculo y diseño de sistemas de distribución), NTC 2050, y RETIE se cumpla la reglamentación establecida, teniendo en cuenta aspectos de la regulación y factores de seguridad.

**PARÁMETROS DE DISEÑO**

Se adoptan los siguientes parámetros para efectos del diseño:

1. Tensión primaria	13,2 kV
2. Factor de Potencia	0,9
3. Distribución secundaria bifilar	240/120V
4. Regulación secundaria máxima	5%
5. Demanda Actual por Escuela	1,0 kVA
6. Periodo de proyección del transformador	8 años
7. Rata de crecimiento anual de la carga	3%
8. Periodo de proyección para cableado	15 años
9. Estrato	Bajo
10. Número de usuarios	1
11. Factores de diversidad para estrato bajo	$F_{div}(n)=1+0,1825*\ln (n)$

## CARGA INSTALADA POR USUARIO

Para realizar los cálculos para la red de media y baja tensión se utilizó el mismo cuadro de cargas de la tabla 14.

## DEMANDA MÁXIMA ACTUAL POR ESCUELA

A partir de la carga instalada de 996 vatios correspondiente a salidas de alumbrado, tomas y artefactos eléctricos de uso básico en cada vivienda, se aplican los factores de demanda para obtener la demanda máxima actual por usuario.

Tabla 28. Demanda máxima por usuario

CARGA INSTALADA	CARGA PARA APLICAR FACTOR	FACTOR DE DEMANDA	DEMANDA ACTUAL (VATIOS)
PRIMEROS 800 VATIOS	800,00	100,00%	800,00
SOBRE 800	196,00	30,00%	58,80
<b>TOTAL</b>			<b>858,80</b>

Fuente. Autores

$$kVA/usuario = 0,85880/0,9 = 0,95422$$

Por lo tanto se toma como carga actual 1,0 kVA por escuela.

## DEMANDA MÁXIMA PROYECTADA

Se aplica la ecuación para el cálculo del factor de diversidad para estrato bajo.

$$Fdiv(n) = 1 + 0,1825 * Ln(n). \quad (16)$$

A partir de la ecuación se proyecta la carga actual

$$Dn = Do * (1 + R)^n \quad (17)$$

Dn=Carga futura.

Do= Carga actual.

N=Número de años (8 transformadores y 15 cableado).

R=Rata de crecimiento anual.

## DEMANDA MÁXIMA PROYECTADA POR ESCUELA PEQUEÑA

Tabla 29. Demanda máxima proyectada

No. USUARIOS	FD	CARGA ACTUAL	CARGA A 8 AÑOS	CARGA A 15 AÑOS
1	1	954,22	1.208,78	1.486,65

Fuente. Autores

## CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LOS TRANSFORMADORES

La proyección de la demanda para los transformadores es a ocho años con una rata de crecimiento del 3% anual. Se aplica la siguiente ecuación para calcular la capacidad T del transformador.

$$T = [ No * Co * (1 + R)^n ] / Fdiv + Ca + Ce \quad (18)$$

Donde,

No Número de Usuarios

Co Carga inicial instalada por usuario

R Rata de Crecimiento anual de la carga (3%)

- n Número de años para proyección (8)
- Fdiv Factor de diversidad según estrato y número de usuarios
- Ca Carga de alumbrado público (0)
- Ce Cargas especiales (0)

### CALCULO DE LA CAPACIDAD DE LOS TRANSFORMADORES PARA LA ESCUELA

Tabla 30. Capacidad de los transformadores

<b><math>T1 = No * Co * (1+r)^n / (Fd) + Ca + Ce</math></b>	
<b>r. Rata de crecimiento anual 3% <math>(1+r)^n</math></b>	1,2667701
<b>Fd. Factor de diversidad según estrato y número de usuarios</b>	1,0000000
<b>Ca. Carga Alumbrado Público</b>	0,0000000
<b>n. Número de años de proyección</b>	8,0000000
<b>CARGA PROYECTADA T=</b>	1,2667701

Fuente. Autores

Tabla 31. Calculo del Transformador

<b>TRANSFORMADOR No.</b>	1
<b>No. USUARIOS</b>	1
<b>CARGA DE USUARIOS (kVA)</b>	1,00
<b>CARGA DE USUARIOS A 8 AÑOS</b>	1,27
<b>CARGA ALUMBRADO</b>	-
<b>CARGA TOTAL PROYECTADA</b>	1,27
<b>TRANSFORMADOR SELECCIONADO</b>	5 kVA

Fuente. Autores

## CALCULO DE RED PRIMARIA

Se requiere la construcción de tramos en cable de aluminio con alma de acero ACSR No. 2 en dos hilos para alimentar los transformadores, el transformador se instalara sobre la red existente. A continuación se muestra la estructura general de las redes y transformadores proyectados en los diferentes sectores donde se llevara a cabo el proyecto.

En el siguiente cuadro se presenta el cálculo de regulación para la red a media tensión que alimentara los transformadores del presente proyecto.

Tabla 32. Cálculo de regulación y pérdidas

CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS EN RED CONVENCIONAL PARA 20 ESCUELAS DE LOS MUNICIPIOS CABUYARO, PUERTO CONCORDIA, PUERTO RICO, SAN JUAN DE ARAMA, URIBE													
CALCULO DE REGULACIÓN DE LA RED DE MEDIA TENSIÓN													
TRAMO	LONGITUD L(Km)	# USUA N	CARGA	MOMENTO (KVAXKmt)	REGULACIÓN			PERDIDAS			CONDUC	FAC DIV	
					K %/(KVAXKm)	% REG PARC	% REG TOTAL	Resistencia	XTRAMO(KVA)	PERDIDAS %			
CON-BELL	5,000	1	15,58	77,90	0,00000101	0,000079%	0,000079%	0,0010501	0,034446%	0,006889%	2	1	
BELL-ESPE	2,79852	1	15,58	43,60	0,00000101	0,000044%	0,000044%	0,0010501	0,019280%	0,003856%	2	1	
CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS EN RED CONVENCIONAL PARA 20 ESCUELAS DE LOS MUNICIPIOS CABUYARO, PUERTO CONCORDIA, PUERTO RICO, SAN JUAN DE ARAMA, URIBE													
CALCULO DE REGULACIÓN DE LA RED DE MEDIA TENSIÓN													
TRAMO	LONGITUD L(Km)	# USUA N	CARGA	MOMENTO (KVAXKmt)	REGULACIÓN			PERDIDAS			CONDUC	FAC DIV	
					K %/(KVAXKm)	% REG PARC	% REG TOTAL	Resistencia	XTRAMO(KVA)	PERDIDAS %			
CON-PAL	5,000	1	15,58	77,90	0,00000101	0,000079%	0,000079%	0,0010501	0,034446%	0,006889%	2	1	
PAL-ROS	2,39256	1	15,58	37,28	0,00000101	0,000038%	0,000038%	0,0010501	0,016483%	0,003297%	2	1	
CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS EN RED CONVENCIONAL PARA 20 ESCUELAS DE LOS MUNICIPIOS CABUYARO, PUERTO CONCORDIA, PUERTO RICO, SAN JUAN DE ARAMA, URIBE													
CALCULO DE REGULACIÓN DE LA RED DE MEDIA TENSIÓN													
TRAMO	LONGITUD L(Km)	# USUA N	CARGA	MOMENTO (KVAXKmt)	REGULACIÓN			PERDIDAS			CONDUC	FAC DIV	
					K %/(KVAXKm)	% REG PARC	% REG TOTAL	Resistencia	XTRAMO(KVA)	PERDIDAS %			
CON-YAV	5,000	1	15,58	77,90	0,00000101	0,000079%	0,000079%	0,0010501	0,034446%	0,006889%	2	1	
YAV-V.ESP	0,67587	1	15,58	10,53	0,00000101	0,000011%	0,000011%	0,0010501	0,004656%	0,000931%	2	1	
CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS EN RED CONVENCIONAL PARA 20 ESCUELAS DE LOS MUNICIPIOS CABUYARO, PUERTO CONCORDIA, PUERTO RICO, SAN JUAN DE ARAMA, URIBE													
CALCULO DE REGULACIÓN DE LA RED DE MEDIA TENSIÓN													
TRAMO	LONGITUD L(Km)	# USUA N	CARGA	MOMENTO (KVAXKmt)	REGULACIÓN			PERDIDAS			CONDUC	FAC DIV	
					K %/(KVAXKm)	% REG PARC	% REG TOTAL	Resistencia	XTRAMO(KVA)	PERDIDAS %			
CONEXIÓN	5,000	1	15,58	77,90	0,00000101	0,000079%	0,000079%	0,0010501	0,034446%	0,006889%	2	1	

Fuente. Autores

## CÁLCULO MECÁNICOS

### CONDICIÓN INICIAL O DE TENDIDO

*Velocidad del viento: 0 [km/h]*

*Temperatura: 32 [°C]*

*Tensión máxima: 25% de la tensión de rotura*

### CONDICIÓN EXTREMA DE TRABAJO MECÁNICO

*Velocidad del viento: 80 [km/h]*

*Temperatura: 22 [°C]*

*Tensión máxima: 50% de la tensión de rotura*

### CONDICIÓN EXTREMA DE FLECHA

*Velocidad del viento: 0 [km/h]*

*Temperatura: 75 [°C]*

### PESO APARENTE Y FACTOR DE CARGA

Para superficies planas

$$P_v = 0,007 * V_v * D_c \quad (19)$$

$$P' = \sqrt{P^2 + P_v^2} \quad (20)$$

$$m = \frac{P'}{P} \quad (21)$$

- P<sub>v</sub>: presión del viento
- V<sub>v</sub>: velocidad del viento
- P: peso aparente
- D<sub>c</sub>: diámetro del conductor
- m: factor de sobrecarga

Condición 1 **CONDICIÓN INICIAL O DE TENDIDO**

$$Pv1 = 0,007 * 80^2 * 8,026 * 10^{-3}$$

$$Pv1 = 0,3596 \frac{Kg}{m}$$

$$P'1 = \sqrt{0,1359^2 + 0,3596^2}$$

$$P'1 = 0,3844 \frac{kg}{m}$$

$$m1 = \frac{0,3844}{0,1359}$$

$$m1 = 2,8985$$

Condición 2 **CONDICIÓN EXTREMA DE TRABAJO MECÁNICO**

$$Pv2 = 0,007 * 0^2 * 8,026 * 10^{-3}$$

$$Pv2 = 0 \frac{kg}{m}$$

$$P'2 = \sqrt{0,1359^2 + 0}$$

$$P'2 = 0,1359 \frac{kg}{m}$$

$$m2 = \frac{0,1359}{0,1359}$$

$$m2 = 1$$

Condición 3 **CONDICIÓN EXTREMA DE FLECHA**

$$Pv3 = 0,007 * 0^2 * 8,026 * 10^{-3}$$

$$Pv3 = 0 \frac{kg}{m}$$

$$P'3 = \sqrt{0,1359^2 + 0}$$

$$P'3 = 0,1359 \frac{Kg}{m}$$

$$m3 = \frac{0,1359}{0,1359}$$

$$m3 = 1$$

### CÁLCULO DE TENSIONES

$$t2^3 + t2^2 \left[ \alpha(\theta2 - \theta1)E + \frac{a^2 w^2 m1^2 E}{24 t1^2} - t1 \right] = \frac{a^2 w^2 m2^2 E}{24} \quad (22)$$

A: Vano regulador

W: Peso físico por unidad de longitud y área

$\alpha$ : Coeficiente de dilatación lineal

E: Modulo de Young

t1, t2: Tensión inicial y final

Se supone que el mayor esfuerzo se realiza a la mayor velocidad del viento.

$$tr = \frac{Tr}{Sc} = \frac{1265,5}{39,226} = 32,2618 \frac{kg}{mm^2}$$

$$tmax = \frac{tr}{fs \min} = \frac{32,2618}{2} = 16,1309 \frac{kg}{mm^2}$$

Ahora

$$t1 = tmax = 16,1309 \frac{kg}{mm^2}$$

$$m1 = 2,8984$$

$$\theta1 = 22^\circ\text{C}$$

$$t2 = ?$$

$$m2 = 1$$

$$\theta2 = 32^\circ\text{C}$$

$$w = \frac{Pes}{Sc} = \frac{0,1359}{39,226} = 0,0035$$

Reemplazando en la ecuacion.

$$t2^3 + t2^2 \left[ 1,78 * 10^{-5} * (32 - 22) * 8400 + \frac{32^2 * 0,0035^2 * 2,8984^2 * 8400}{24 * 16,1309^2} - 16.1309 \right]$$
$$= \frac{32^2 * 0,0035^2 * 1^2 * 8400}{24}$$

$$t2 = 14,514739 \frac{kg}{mm^2}$$

Se verifica el factor de seguridad para dicha condición de cumplirse continuamos con los cálculos.

$$Fs \text{ Cond. Diaria} = \frac{32,2618}{14,5147} = 2,2226 < 5$$

Se replantea la hipótesis

$$tmax = \frac{tr}{fs \text{ diario}} = \frac{32,2618}{5} = 6,4524 \frac{kg}{mm^2}$$

Ahora

$$t1 = tmax = 6,4524 \frac{kg}{mm^2}$$

$$m1 = 1$$

$$\theta1 = 32^\circ\text{C}$$

$$t2 = ?$$

$$m2 = 2,8984$$

$$\theta2 = 22^\circ\text{C}$$

Reemplazando en la ecuacion.

$$t2^3 + t2^2 \left[ 1,78 * 10^{-5} * (22 - 32) * 8400 + \frac{32^2 * 0,0035^2 * 1^2 * 8400}{24 * 6,4524^2} - 6,4524 \right]$$
$$= \frac{32^2 * 0,0035^2 * 2,8984^2 * 8400}{24}$$

$$t2 = 8,3687 \frac{kg}{mm^2}$$

Se verifica el factor de seguridad para dicha condición de cumplirse continuamos con los cálculos.

$$Fs = \frac{32,2618}{8,3687} = 3,8550 > 2$$

Siguiendo con los cálculos para las otras hipótesis.

$$tmax = \frac{tr}{fs \text{ diario}} = \frac{32,2618}{5} = 6,4524 \frac{kg}{mm^2}$$

Ahora

$$t1 = tmax = 6,4524 \frac{kg}{mm^2}$$

$$m1 = 1$$

$$\theta1 = 32^{\circ}\text{C}$$

$$t2 = t3 = ?$$

$$m2 = m3 = 1$$

$$\theta2 = \theta3 = 75^{\circ}\text{C}$$

Reemplazando en la ecuacion.

$$t2^3 + t2^2 \left[ 1,78 * 10^{-5} * (75 - 32) * 8400 + \frac{32^2 * 0,0035^2 * 1^2 * 8400}{24 * 6,4524^2} - 6,4524 \right] \\ = \frac{32^2 * 0,0035^2 * 1^2 * 8400}{24}$$

$$t2 = 1,6228 \frac{kg}{mm^2}$$

Se verifica el factor de seguridad para dicha condición de cumplirse continuamos con los cálculos.

$$Fs \text{ min} = \frac{32,2618}{1,6228} = 19,8820 > 2$$

Los valores que cumplen con los factores de seguridad

Para condición diaria  $6,4524 \frac{kg}{mm^2}$

Para velocidad del viento máxima  $8,3687 \frac{kg}{mm^2}$

Para temperatura del conductor máxima  $1,6228 \frac{kg}{mm^2}$

## **FLECHA MÁXIMA**

Esta se presenta cuando el conductor también está a la máxima temperatura entonces.

$$H = \frac{t^3}{m^3 * w} = \frac{1,6228}{1 * 0,0035} = 463,6286$$

$$H = h * \cosh\left(\frac{a}{2 * h}\right)$$

$$463,6286 = h * \cosh\left(\frac{32}{2 * h}\right)$$

$$h = 463,3352$$

El valor de la flecha para máximas condiciones de temperatura es.

$$f = H - h \quad (23)$$

$$f = 463,6286 - 463,3352 = 0,2763 \text{ m}$$

## CÁLCULO DE ESFUERZOS

### DEBIDO AL VIENTO

#### -APOYOS

$$Pv1 = 0,007 * 80^2 = 44,8$$

$$AREA = \frac{14 + 30}{200} * 10,2 = 2,244$$

$$H1 = \frac{H}{3} * \frac{d1 - 2d2}{d1 + d2} = 10,2 * \frac{30 + 2 * 14}{30 + 14} = 4,4818$$

$$fv = 0,007 * 80^2 * 2,244 * fs \text{ horizontal} = 170,9030 \text{ kg}$$

$$fv = 0,007 * 80^2 * 2,244 * 1,7 = 170,9030 \text{ kg}$$

## **-EN LOS CONDUCTORES**

$$fvc = 0,007 * 80^2 * a * n * fs \text{ horizontal} * vano$$

$$fvc = 0,007 * 80^2 * 8,026 * 10^{-3} * 1 * 1,7 * vano = 61,13$$

## **CÁLCULO DE MOMENTOS**

### **DEBIDO AL VIENTO**

#### **-APOYOS**

$$Mva = fv * h = 170,9030 \text{ kg} * 4,4818 \text{ m}$$

$$Mva = 765,9531 \text{ kg} * m$$

#### **-EN LOS CONDUCTORES**

$$Mvc = fvc * vano * h \text{ conduc}$$

$$Mvc = 0,6113 * vano * 10,2$$

$$Mvc = 623,526 \text{ kg} * m$$

### **MOMENTO RESISTENTE**

La suma de los momentos debe ser menos al momento resistente entones.

$$Mr = \frac{Cr * H}{fs \text{ poste}} = \frac{510 * 10,2}{2}$$

$$Mr = 2601 \text{ kg} * m$$

Luego.

$$Mr \geq Mva + Mvc$$

$$2601 \text{ kg} * m \geq 765,9531 \text{ kg} * m + 623,526 \text{ kg} * m$$

$$2601 \text{ kg} * m \geq 1389,4791 \text{ kg} * m$$

### CÁLCULO DE PROTECCIONES

Se dispondrá de un sistema de puesta a tierra para cada transformador, se utilizará una varilla de cobre de 2,4 metros x 5/8", se conectará a la bajante de tierra por medio de un conductor de cobre desnudo No. 4, la malla consistirá en una circunferencia de cobre de área  $2\text{m}^2$  en una longitud de 3 metros.

- ★  $P = 15 \Omega$  ohmio-metro (resistividad del terreno tratado con bentonita)
- ★  $\rho_s = 2800 \Omega$  ohmio-metro (resistividad del terreno superficial )
- ★  $T_a = 35^\circ\text{C}$
- ★ Varilla de puesta a tierra cobre,  $L = 2,4 \text{ m}$ ,  $d = 5/8''$

A continuación, y realizando una aproximación se presenta el cálculo de la corriente de corto circuito del transformador empleando para ello la siguiente ecuación:

$$I_{cc} \approx \frac{I_{nominal\_Trafo}}{Z_{cc}} \quad (24)$$

Corriente Nominal ( $I_n$ ).  $I_n = \frac{5000}{220} = 22,7272$

Corriente de Cortocircuito simétrica ( $I_{cc}$ ).  $I_{cc} = \frac{22,7272}{Z_{cc}(3\%)} = 0,75KA$

Corriente de Cortocircuito asimétrica aproximada.

$$I_{cc}(aprox) = I_{cc} \times (25\%) = 0.946KA$$

Dado que se tiene una capa superior con una resistividad de 2800  $\Omega m$  y una capa inferior con una resistividad de 15  $\Omega m$  por tratarse de un terreno húmedo tratado con bentonita, se procede a calcular el factor de reflexión utilizando la siguiente ecuación:

$$K = \frac{\rho - \rho_s}{\rho_s + \rho} \quad (25)$$

En donde  $\rho$  corresponde a la resistividad de la capa inferior y  $\rho_s$  corresponde a la resistividad de la capa superior, se tiene entonces:

$$K = -0.99$$

Utilizando este valor y el espesor de la capa superficial la cual es de 10 centímetros se encuentra el factor de reducción  $C_s$ .

$$C_s = \frac{0,09 * (1 - \frac{15}{2800})}{2 * 0,1 + 0,09} = 0,7$$

A continuación se calculan los máximos voltajes de paso y de contacto permisibles:

$$V_{paso}(50Kg) = (1000 + 6C_s\rho_s) \frac{0.116}{\sqrt{t_c}} \quad (26)$$

$$V_{contacto}(50Kg) = (1000 + 1.5C_s\rho_s) \frac{0.116}{\sqrt{t_c}} \quad (27)$$

Remplazando valores se tiene:

$$V_{paso}(50kg) = 14,80V$$

$$V_{contacto}(50kg) = 4,57V$$

A continuación se presenta el cálculo de la resistencia de la malla de tierra.

$$R_g = \rho \left[ \frac{1}{L} + \frac{1}{\sqrt{20A}} \left( 1 + \frac{1}{1 + h\sqrt{\frac{20}{A}}} \right) \right] \quad (28)$$

Con  $h = 0,25m$ ,  $L = 2,4m$  y  $A = 2 m^2$ , reemplazando valores se tiene:

$$R_g = 9,94\Omega$$

Cálculo de algunas constantes para el cálculo de tensiones:

$$1. \quad K_m = \frac{1}{2\pi} \left[ \text{Ln} \left( \frac{D^2}{16hd} + \frac{(D+2h)^2}{8Dd} - \frac{h}{4d} \right) + \frac{K_{ii}}{Kh} \text{Ln} \frac{8}{\pi(2n-1)} \right] \quad (29)$$

★  $D =$  Separación entre conductores paralelos = 2 m.

★  $h =$  Profundidad de los conductores de la malla = 0,25 m.

★  $d =$  Diámetro del conductor de la malla = 0,0134 m.

★  $K_{ii} = 1$ .

★  $Kh = \sqrt{1 + \frac{h}{h_0}} = 1.1180$  con  $h_0 = 1$  metro.

★  $n =$  Raíz cuadrada del producto de los conductores a lo ancho y a lo largo = 2.

Sustituyendo valores tenemos:

$$K_m = 0,7081$$

$$2. \quad K_i = 0,656 + 0,172 * n$$

$$K_i = 1$$

$$3. \quad K_s = \frac{1}{\pi} \left[ \frac{1}{2h} + \frac{1}{D+h} + \frac{1}{D} (1 - 0.5^{n-2}) \right] \quad (30)$$

- ★ D = Separación entre conductores paralelos = 1 metro.
- ★ h = Profundidad de los conductores de la malla = 0,25 m.
- ★ d = Diámetro del conductor de la malla = 0,0134 m.
- ★ n = Mayor número de conductores paralelos = 2.

$$K_s = 1,0610$$

Una vez calculadas estas constantes procedemos con el cálculo de las tensiones de malla y de paso:

$$V_m = \frac{\rho * I_{cc} * K_m * K_i}{L_c + 1.15L_r} \quad (31)$$

$$V_{paso} = \frac{\rho * I_{cc} * K_s * K_i}{L_c + 1.15L_r} \quad (32)$$

- ★ L<sub>c</sub> = Longitud total de los conductores horizontales de la malla de tierra = 4 m
- ★ L<sub>r</sub> = Longitud total de las varillas de tierra = 2,4 m

Reemplazando valores tenemos:

$$V_m = 1,4842V$$

$$V_{paso} = 2,2248V$$

Se encuentra que cumple para los valores de tensión de paso y tensión de toque debido a que los valores reales son menores que lo valores permitidos por la norma.



## ANEXO No C. PRESUPUESTO Y APU DE LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO

Se muestra a continuación los presupuestos que se presentaran al fondo de financiación, FAZNI, con los valores que el IPSE tiene estipulados para el manejo de proyectos de inversión.

Tabla 33. Presupuesto general del proyecto diseñado.

CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA 20 ESCUELAS DE LOS MUNICIPIOS CA BUIARO, PUERTO CONCORDIA, PUERTO RICO, SAN JUAN DE SARANA Y LA UMBRE									
PRESUPUESTO GENERAL DE OBRA PROYECTOS DE FAZNI									
IDENTIFICACIÓN Y ESTRUCTURACIÓN DE UN PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA EN EL DEPARTAMENTO DEL META									
Item	Actividad	Unidad	Cantidad	Costo unitario			Valor Unitario	Subtotal Item	
				Materiales	Mano de Obra	Equipos y Herramientas y Transporte			
<b>Fotovoltaico</b>									
50.01	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE SISTEMA DE 3 PANELES SOLARES	UND	20	2.720,442	522,152	104,701	401,184	3.748,480	74.969,600
50.03	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE BANCO DE BATERIAS 187AH 12V	UND	20	3.387,484	456,638	54,479	209,872	4.108,474	82.169,480
50.05	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE REGULADOR 40A 12V	UND	20	337,917	131,477	15,686	60,079	545,159	10.903,180
50.07	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE INVERSOR DC/AC 50HZ 2000W	UND	20	3.731,755	98,608	11,764	45,371	3.887,498	77.749,960
50.09	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE SOPORTE PARA MODULOS SISTEMA FOTOVOLTAICO	UND	20	1.122,000	225,390	26,890	102,996	1.477,276	29.545,520
50.11	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE GABINETE PARA EQUIPOS ELECTRICOS Y BANCO DE BATERIAS	UND	20	4.887,500	394,432	47,058	180,464	5.509,453	110.189,060
50.13	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE ACOMETIDA ESCUELA	UND	20	152,979	394,432	47,058	180,508	774,976	15.499,520
50.15	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA PARA SISTEMA FOTOVOLTAICO ESCUELA	UND	20	171,168	197,216	23,529	90,264	482,177	9.643,540
<b>Subtotal Fotovoltaico</b>								<b>410.669,860</b>	
<b>Costos Directos</b>								<b>410.669,860</b>	
Administración								10%	41.066,986
Imprevistos								8%	32.853,589
Utilidad								10%	41.066,986
Iva sobre utilidad								16%	6.570,718
<b>Costos Indirectos</b>								<b>121.558,279</b>	
Interventoría técnica								10%	53.222,814
Certificación RETIE								1%	3.000,000
Interventoría administrativa y financiera								4%	24.393,790
Aporte FAZNI									612.844,742
Aporte Co-financiación									
<b>Costo Total</b>								<b>612.844,742</b>	

















## **ANEXO No D. PRESUPUESTO DE LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN RED CONVENCIONAL**

Para realizar el presupuesto general para la alternativa de solución con la extensión de la red convencional se tuvieron en cuenta las siguientes cantidades.

Para la extensión de la obra en metros los cálculos fueron:

- 17 de las escuelas se encuentran a más de 5 kms de un punto de conexión
- 2392 mts entre la escuela de La belleza y la Espelia.
- 2798 mts entre la escuela de Las Rosas y Palestina.
- 675 mts entre la escuela Villa Esperanza y Yavia.

La cimentación para la estructura tipo 510, se tuvo en cuenta el vano máximo para media tensión permitido por la EMSA el cual es de 100 mts.

- 47 estructuras para los tramos de 5 kms
- 24 estructuras para el tramo de 2,7 kms
- 20 estructuras para los tramo de 2,3 kms
- 5 estructuras para el tramo de 0,6 kms

La cimentación para la estructura tipo 515 la cual es de re tensión, se ubicaron en los extremos de cada tramo y a la mitad del mismo.

- 3 estructuras para los tramos de 5 kms
- 2 estructuras para el tramo de 2,7 kms
- 2 estructuras para los tramo de 2,3 kms
- 2 estructuras para el tramo de 0,6 kms

Para el número de templete a tierra directo, se tiene:

- 4 estructuras para los tramos de 5 kms
- 3 estructuras para el tramo de 2,7 kms
- 3 estructuras para los tramo de 2,3 kms

- 3 estructuras para el tramo de 0,6 kms

La estructura tipo 710 se encuentra incluida en la parte del presupuesto donde se hace referencia al transformador, el cual es uno por escuela.

Tabla 42. Presupuesto General del Proyecto Red Convencional

PRESUPUESTO GENERAL DE OBRAS									
ITEM	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO TOTAL MATERIALES	MANO DE OBRA	E & H	TRANSPORTE	VALOR UNITARIO	TOTAL
<b>RED DE MEDIA TENSIÓN A 13 200 VOLTIOS</b>									
1	FAER LOCALIZACION Y REPLANTEO MT								
1.01	APERTURA DE TROCHA, PODA Y/O ROCERIA	ML	90.865	0	67	400	400	867	78.779.955
1.06	REPLANTEO DE REDES EN MEDIA TENSION	ML	90.865	0	375	126	120	621	56.427.165
2	FAER APOYOS MT								
2.01	CIMENTACION, AHOYADA, HINCADA DE POSTE DE CONCRETO 12M 510K	UND	848	585.452	75.682	930	92.401	754.465	639.786.320
3	FAER VESTIDA / ARMADA POSTES MT								
3.06	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE HERRAJES ESTRUCTURA DE PASO MONOFASICA POSTE	UND	848	169.328	40.483	775	19.197	229.783	194.855.984
3.09	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE HERRAJES ESTRUCTURA DE RETENCIÓN MONOFASICA POSTE	UND	57	541.824	69.399	1.328	36.496	649.048	36.995.736
4	FAER TENDIDO RED MT								
4.01	SUMINSISTRO, TENSIONADO Y TENDIDO DE RED MONOFASICA MT EN ACSR 2	ML	90.865	2.362	540	24	212	3.138	285.134.370
5	FAER TEMPLETES MT								
5.01	SUMINSISTRO, TRANSPORTE E INSTALACION DE TEMPLETE DIRECTO A TIERRA EN MT	UND	80	69.719	36.080	2.428	21.752	129.979	10.398.320
6	FAER PUESTA A TIERRA MT								
6.01	SUMINSISTRO, TRANSPORTE E INSTALACION DE PUESTA A TIERRA EN MT SISTEMA MONOFASICO	UND	20	306.333	36.080	1.033	21.018	364.463	7.289.260
SUBTOTALES				897.264.718	195.246.806	51.754.969	165.418.314	1.309.667.110	1.309.667.110
<b>TRANSFORMACION 13200/220/120 VOLTIOS</b>									
25	FAER TRANSFORMADORES								
25.05	SUMINISTRO, TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE HERRAJES Y PROTECCIONES PARA TRANSFORMADOR MONOFASICO DE 5 KVA 13,8KV 240-120V	UND	20	2.498.421	334.943	92.975	104.734	3.031.073	60.621.460
SUBTOTALES				49.968.420	6.698.864	1.859.504	2.094.670	60.621.460	60.621.460
COSTOS DIRECTOS				Total Materiales	Total Mano de Obra	Total E&H	Total Transporte	1.370.288.570	1.370.288.570
ADMINISTRACIÓN								15%	205.543.286
IMPREVISTOS								10%	137.028.857
UTILIDAD								10%	137.028.857
COSTOS INDIRECTOS									479.601.000
SUBTOTAL 1 COSTOS DIRECTOS + INDIRECTOS									1.849.889.570
INTERVENTORÍA TÉCNICA							10%	137.028.857	
SUBTOTAL 2 ( INDIRECTOS + DIRECTOS + INTERVENTORÍA TÉCNICA)									1.986.918.427
CERTIFICACIÓN RORIE									13.702.886
SUBTOTAL 3 (SUBTOTAL 2 + RORIE)									2.000.621.312
COFINANCIACIÓN OR									0
SUBTOTAL 4 (SUBTOTAL 3 - COFINANCIACIÓN)									2.000.621.312
INTERVENTORÍA ADMINISTRATIVA Y FINANCIERA							4%	83.359.221	
VALOR TOTAL SOLICITADO AL FAER									2.083.980.534
TOTAL PROYECTO									2.083.980.534