

EXPANSIÓN DE LA RED ELECTRICA PARA EL AREA RURAL DEL MUNICIPIO DE LA CAPILLA – BOYACA

AUTOR

OSCAR EDUARDO CORREA MENESES

Ingeniero Electrónico – Universidad Santo Tomas
Especialista en Instrumentación Electrónica – Universidad Santo Tomas
eduardokof@gmail.com

Artículo Trabajo Final del programa de Especialización en Gerencia Integral de Proyectos

DIRECTOR

Ing. Guillermo Roa Rodríguez, MSc

Ingeniero en Mecatrónica - Universidad Militar Nueva Granada
Especialista en Gerencia de proyectos de la Universidad Nueva Granada
Magíster en Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Nueva Granada
PRINCE2 Foundation Certificate in Project Management
Professional Scrum Master PSM I
Coordinador Especialización en Gerencia Integral de Proyectos y
Maestría en Gerencia de Proyectos de la Universidad Militar Nueva Granada
guillermo.roa@unimilitar.edu.co; ingenieria.giproyectos@unimilitar.edu.co



La U
acreditada
para todos

**ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA INTEGRAL DE PROYECTOS
UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DICIEMBRE 2016**

EXPANSIÓN DE LA RED ELECTRICA PARA EL AREA RURAL DEL MUNICIPIO DE LA CAPILLA – BOYACA

ELECTRIC NETWORK EXPANSION RURAL AREA FOR THE MUNICIPALITY OF LA CAPILLA – BOYACA

OSCAR EDUARDO CORREA MENESES

Ingeniero Electrónico – Universidad Santo Tomas
Especialista en Instrumentación Electrónica – Universidad Santo Tomas
eduardokof@gmail.com

RESUMEN

Durante los últimos años, los Servicios Públicos y particularmente el sector energético, ha incrementado su participación en el Producto Interno Bruto, PIB, constituyéndose hoy día en uno de los ejes de las locomotoras que ha definido el Gobierno Nacional en el Plan Nacional de Desarrollo, esto con el fin de lograr un fortalecimiento y crecimiento de la economía, generación de empleo y reducción de la pobreza. Durante los últimos años, la EBSA ha venido estructurado diversos proyectos de expansión de la red eléctrica, con el fin de aumentar la cobertura en la prestación de este servicio en el departamento de Boyacá; debido al creciente desarrollo económico que ha venido presentado La Capilla en el departamento de Boyacá., Se observó que la metodología más óptima para determinar los costos generados por la construcción de este tipo de proyecto, corresponde a un análisis de precios unitarios, este método encierra todos los costos generados al realizar una actividad, ya que se incluye materiales, transporte requerido por los mismos, mano de obra, herramienta y maquinaria para la misma.

Palabras Clave: Norma Técnica Colombiana, RETIE, Estudio de prefactibilidad, Artículo de grado.

ABSTRACT

During the last years, the Public Services and particularly the energy sector, has increased its participation in the Gross Internal Product, GIP, being today one of the axes of locomotives defined by the National Government in the National Development Plan, This in order to achieve a strengthening and growth of the economy, generation of employment and reduction of poverty. During the last years, the EBSA has been structured several projects of expansion of the electric network, in order to increase the coverage in the provision of this service in the department of Boyacá; Due to the increasing economic development that has been presented La Capilla in the department of Boyacá., It was observed that the most optimal methodology to determine the costs generated by the construction of this type of project, corresponds to a unit price analysis, this method encloses All costs incurred in carrying out an activity, since it includes materials, transportation required by them, labor, tools and machinery for the same.

Keywords: Colombian Technical Standard, RETIE, Pre-feasibility study, Grade item.

INTRODUCCIÓN

La Empresa de Energía de Boyacá S.A. E.S.P. (EBSA), es una empresa de servicios públicos, la cual genera progreso y bienestar mediante la distribución y comercialización de energía eléctrica en el Departamento de Boyacá (Colombia), buscando satisfacer las necesidades de sus clientes en forma competitiva.

El crecimiento de la EBSA se refleja en su gestión sobre el sistema de distribución, con inversiones significativas que benefician áreas rurales y urbanas en los 123 municipios de Boyacá. En el negocio de comercialización, su gestión se traduce en altos índices de recaudo, incremento en número de clientes y aumento en las ventas.

Durante los últimos años, la administración ha venido estructurado diversos proyectos de expansión de la red eléctrica con el fin de aumentar la cobertura en la prestación de este servicio en el departamento de Boyacá; en la actualidad la EBSA se encuentra interesado en realizar la expansión de su red eléctrica en el área rural del municipio de la Capilla (Boyacá), esto en razón a las reiteradas solicitudes planteadas por habitantes del área rural del municipio correspondiente a las Veredas de Camagao, Palma Arriba, Barro Blanco Arriba y El Zinc, referentes a la falta del servicio eléctrico, señalando la importancia para el desarrollo económico y social de la región, así como la consecución de los objetivos tanto familiares como de orden comercial de los habitantes beneficiados de la zona.

De acuerdo con lo anterior se observa una oportunidad de negocio para la Empresa de Energía de Boyacá S.A. E.S.P. el cual consistiría en realizar un estudio de prefactibilidad de los diferentes costos asociados a la construcción, operación y mantenimiento de la red eléctrica comercial para las veredas antes relacionadas y con ello poder determinar los costos de inversión y el tiempo de retorno de la misma para la empresa.

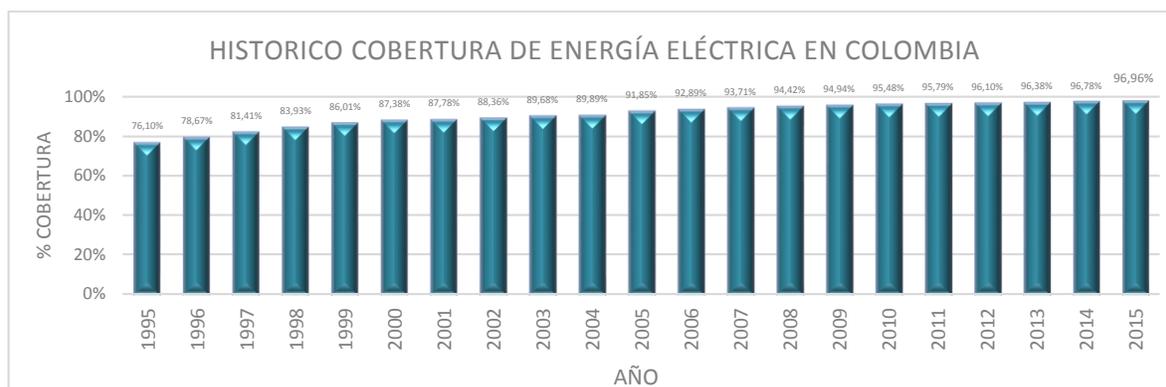
El más importante beneficio otorgado a la Empresa de Energía de Boyacá S.A. E.S.P. mediante este proyecto se puede ver representado durante el proceso de toma de decisión por parte de la compañía, la cual podrá determinar una decisión más asertiva respecto a los diferentes frentes de inversión con los que actualmente cuenta.

1 MATERIALES Y MÉTODOS

1.1 Estado actual del sector Eléctrico en Colombia

Durante los últimos años, los Servicios Públicos y particularmente el sector energético, ha incrementado su participación en el Producto Interno Bruto, PIB, constituyéndose hoy día en uno de los ejes de las locomotoras que ha definido el Gobierno Nacional en el Plan Nacional de Desarrollo, esto con el fin de lograr un fortalecimiento y crecimiento de la economía, generación de empleo y reducción de la pobreza.

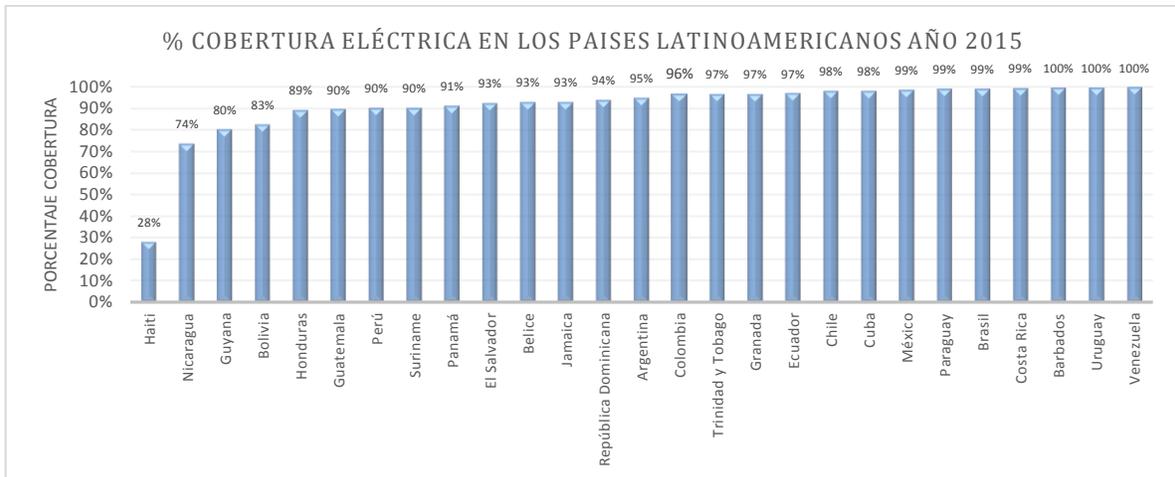
La cobertura de energía eléctrica en Colombia, medida como el porcentaje de hogares con servicio de energía eléctrica, ha alcanzado niveles importantes durante las últimas décadas, ascendiendo de 76.1%, en el 1995 a 96,9%, en el 2015, tal como se muestra en la Grafica 1: Cobertura de Energía Eléctrica 1995-2015¹.



Grafica 1: Cobertura de energía eléctrica en Colombia 1995-2015. Ministerio de Minas, (2015)

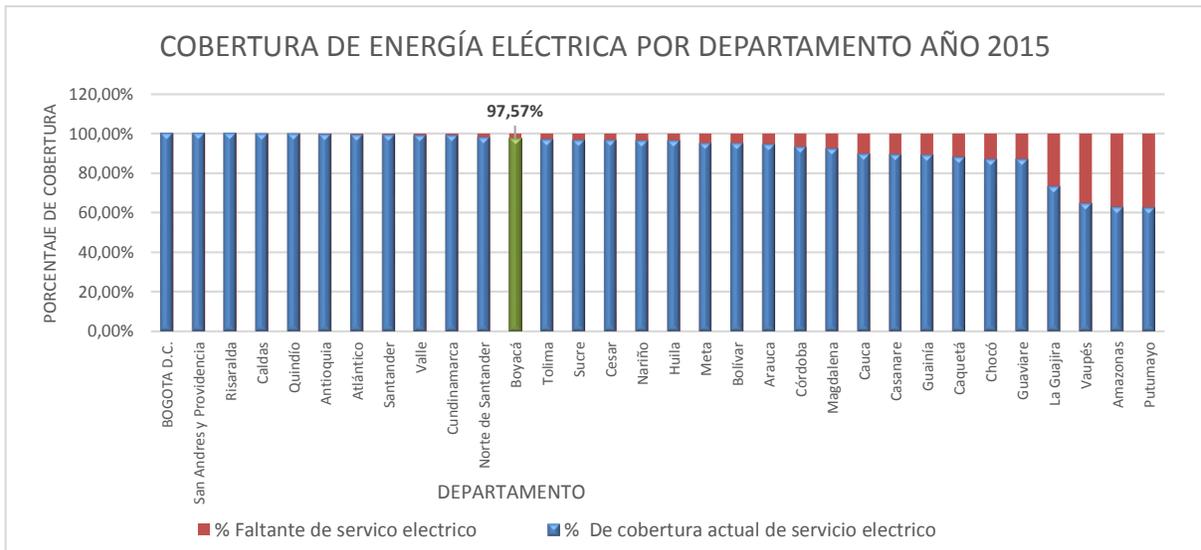
Durante el período comprendido entre 1998 - 2015, la cobertura eléctrica en Colombia pasó del 83,9% al 96,9%, habiéndose alcanzado una posición media en el contexto latinoamericano. En la gráfica No. 2 se muestra un consolidado de acceso al servicio de electricidad en los países latinoamericanos.

¹[http://www.upme.gov.co/Reports/Default.aspx?ReportPath=%2fSIEL+UPME%2fDemanda%2fDemanda+Hist%C3%B3rica+\(SIN\)](http://www.upme.gov.co/Reports/Default.aspx?ReportPath=%2fSIEL+UPME%2fDemanda%2fDemanda+Hist%C3%B3rica+(SIN))



Grafica 2 Porcentaje de acceso al servicio eléctrico en los países latinoamericanos. Ministerio de Minas, (2015)

Si bien, el porcentaje de cobertura de la demanda de energía eléctrica en Colombia es alto, del orden del 96-97%, es importante resaltar que existen diferentes porcentajes de acceso a este servicio público en algunos Departamentos debido a condiciones geográficas, económicas, sociales, culturales entre otras; en la gráfica 3 se muestra el porcentaje para cada uno de los departamentos de Colombia.



Grafica 3 Cobertura de energía eléctrica por departamento en Colombia para el año 2015. Ministerio de Minas, (2015)

El nivel de acceso al servicio de energía eléctrica en el departamento de Boyacá corresponde a un 97,57% para el año 2015, siendo la Empresa de Energía de Boyacá S.A. ESP (en adelante EBSA, empresa o compañía) la encargada de realizar el proceso de distribución y comercialización de energía en dicho departamento. En la actualidad, la compañía distribuye energía eléctrica al 100% de las áreas urbanas de

los 123 municipios de Boyacá; en el aspecto rural, el servicio alcanza el 95.14% esto de acuerdo a las cifras publicadas por la EBSA durante el año 2015.

2 RESULTADOS Y DISCUSIONES

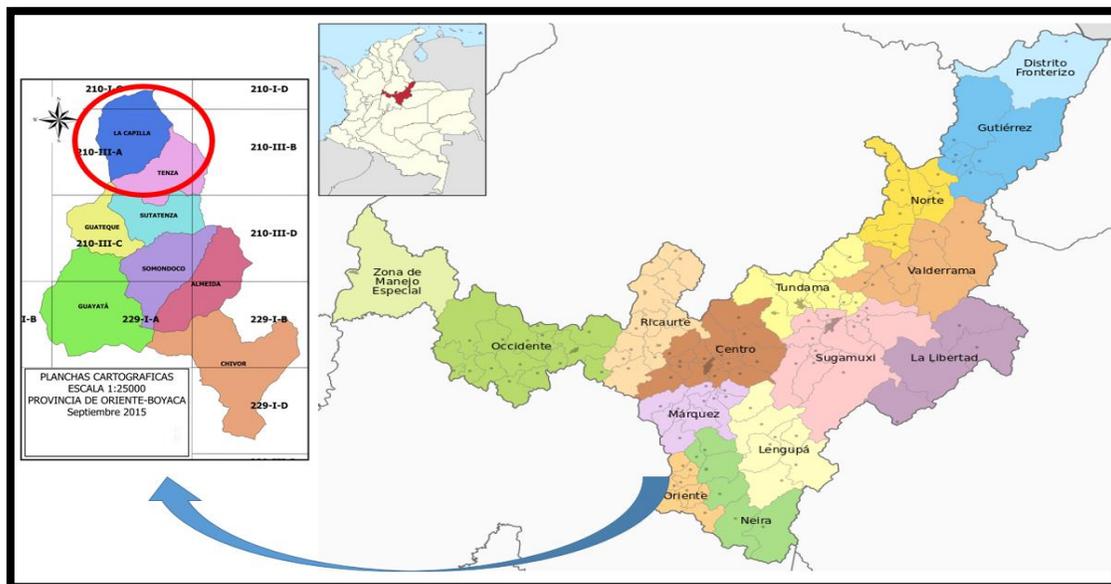
2.1 Población objetivo a beneficiar con el proyecto

Durante los últimos años, la EBSA ha venido estructurado diversos proyectos de expansión de la red eléctrica, con el fin de aumentar la cobertura en la prestación de este servicio en el departamento de Boyacá; debido al creciente desarrollo económico que ha venido presentado la Provincia de Oriente en el departamento de Boyacá.

El Área de Desarrollo Rural de la Provincia del Oriente, se encuentra localizado al sur occidente del departamento de Boyacá, conformado por los municipios de Guateque, Tenza, Sutatenza, Almeida, La Capilla, Guayata, Somondoco y Chivor.

La población que habita en los municipios que hacen parte de la Provincia de Oriente, para el año 2015, es de 32.658 habitantes que representan el 2.5% de la población del departamento de Boyacá, ubicada en la cabecera el 40% y en el sector rural el 60%, esto de acuerdo con las proyecciones realizadas por el DANE con base en el censo realizado durante el año 2005.

Dentro de dicha Provincia se encuentra el municipio de La Capilla el cual está localizado al sur occidente del departamento de Boyacá; este municipio cuenta con una extensión de 57,26 kilómetros cuadrados Km². En el Mapa 1 se muestra el departamento de Boyacá con la ubicación del municipio de la Capilla.



Mapa 1 Ubicación del Municipio de La Capilla. Alcaldía del Municipio de la Capilla (Boyacá), (2016).

VEREDA O SECTOR	No. de viviendas	No. de hogares	Déficit de viviendas	No. de habitantes
AREA URBANA	222	250	-28	733
CHAGUATOQUE	36	39	-3	113
CAMAGOA	81	87	-6	299
TRUCO	24	27	-3	71
BARRO BLANCO ARRIBA	87	92	-5	297
HATO	42	46	-4	137
CHUCIO	65	71	-6	232
UBANECA	26	30	-4	93
ZINC	54	60	-6	172
PEÑAS	38	45	-7	126
PARAMO	46	49	-3	156
BARRO BLANCO ABAJO	137	147	-10	462
PALMA ARRIBA	65	69	-4	239
PALMA ABAJO	81	89	-8	236
SUNTA FITA	23	26	-3	72
Total área rural	805	877	-72	2705
Total general	1027	1127	-100	3438

Tabla 1 Fuente: incoder - Caracterización Socio-Demográfica del Área de Desarrollo Rural del Municipio de la Capilla (Boyacá) enero de 2012.

En lo que respecta a las veredas a beneficiar, las mismas cuentan con un total de 287 viviendas según la Caracterización Socio-Demográfica realizada por el Incoder durante el año 2012 la cual se observa en la Tabla 1; al complementar dicha información con la cantidad de usuarios que actualmente ya cuentan con servicio de energía eléctrica se obtienen los siguientes resultados:

Vereda o Sector	No. total de viviendas	No. de Viviendas con servicio eléctrico.	% de viviendas por electrificar
CAMAGOA	81	19	77%
BARRO BLANCO ARRIBA	87	37	57%
ZINC	54	38	30%
PALMA ARRIBA	65	32	51%
Total	287	126	56%

Tabla 2 Porcentaje de viviendas pendientes por electrificar DANE, (2005).

De lo Tabla 2 podemos concluir, que de las cuatro veredas objeto del proyecto, la vereda de Camagoa es la de menor cantidad de viviendas electrificadas, sin embargo, al realizar un análisis de la cantidad poblacional rural (Censo DANE 2005), podemos obtener los siguientes resultados.

VEREDA O SECTOR	No. de Habitantes	No. de viviendas	No. de Viviendas con servicio eléctrico.	Cantidad de viviendas sin electricidad	Promedio de habitantes por vivienda
CAMAGOA	310	81	19	62	3,8
BARRO BLANCO ARRIBA	293	87	37	50	3,4
ZINC	497	54	38	16	9,2
PALMA ARRIBA	239	65	32	33	3,7
Total	1339	287	126	161	4,7

Tabla 3 Promedio de habitantes por vivienda en cada una de las veredas. DANE, (2005).

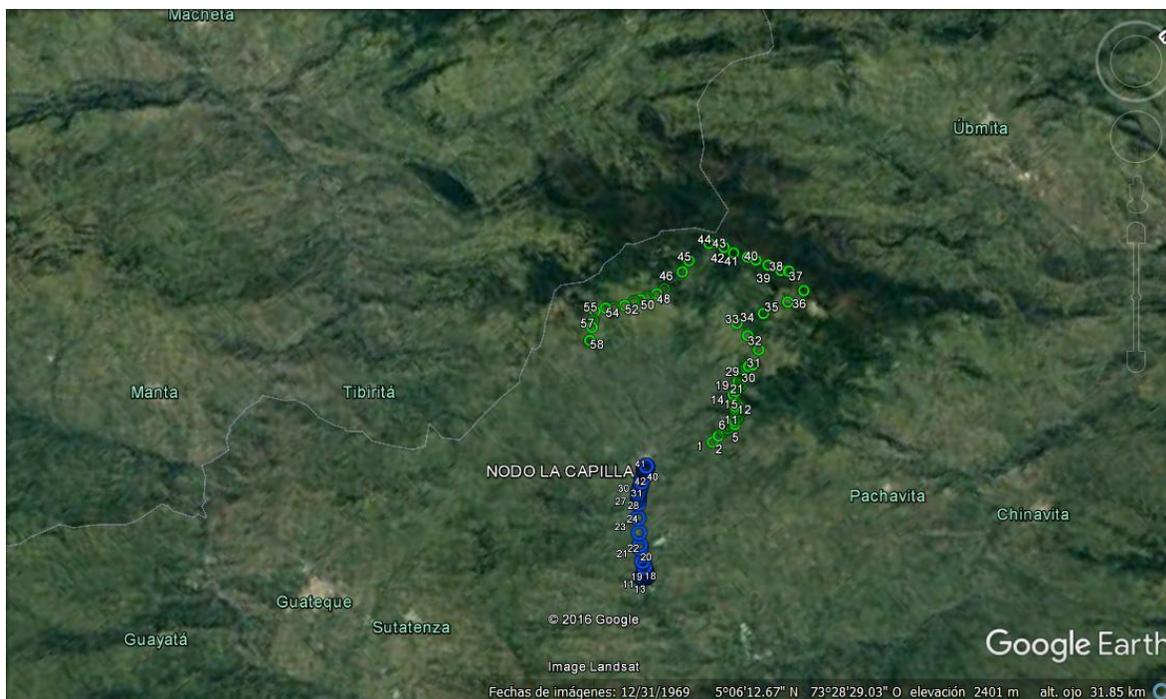
De la Tabla 3 se puede concluir que la vereda con más número de habitantes corresponde al Zinc, esto debido a su ubicación geográfica poco montañosa y cercanía a diferentes fuentes de agua.

2.2 Planteamiento del tendido de la red eléctrica a instalar en las veredas a beneficiar

Actualmente la cabecera municipal de La Capilla (Boyacá) junto con algunas veredas cuenta con suministro de energía eléctrica proporcionado a través de la red eléctrica tendida desde la subestación eléctrica del municipio de Tenza (Boyacá).



Mapa 3 Red eléctrica de media tensión que interconecta actualmente a los municipios de Tenza - La Capilla. Autor



Mapa 4 Plano kmz del tendido de la Red eléctrica a implementar mediante el proyecto Autor

Para el diseño de redes aéreas de media tensión es importante realizar tanto cálculos eléctricos como cálculos mecánicos, ya que las redes no sólo dependen de un buen conductor o un excelente aislamiento, también lo hacen los apoyos y demás elementos presentes en las estructuras. A continuación se presentan cada uno de los puntos clave para efectuar los cálculos eléctricos que se deben tener en cuenta al momento de diseñar redes aéreas de distribución de media tensión; en lo que respecta a cálculos mecánicos estos no se desarrollarán durante el presente trabajo debido a que estos requieren estudios técnicos de suelos y eólicos los cuales ya están incluidos en el Proyecto Tipo para el diseño de redes implementado por la EBSA S.A. E.S.P. vigente desde el año 2012.

2.3 Diseño de red eléctrica

Para el desarrollo del proyecto se contempla implementarlo mediante redes de distribución aéreas, en esta modalidad, el conductor está usualmente desnudo, va soportado a través de aisladores instalados en crucetas y estas a su vez en postes de madera o de concreto.

Respecto a la implementación a través de redes subterráneas presenta una serie de ventajas muy relevantes:

- Costo inicial más bajo respecto a canalizados.
- Son las más comunes y materiales de fácil consecución.
- Fácil mantenimiento.

- Fácil localización de fallas.
- Tiempos de construcción más bajos.

Desventajas:

- Mal aspecto estético.
- Menor confiabilidad.
- Menor seguridad (ofrece más peligro para los transeúntes).
- Son susceptibles de fallas y cortes de energía ya que están expuestas a descargas atmosféricas, lluvia, granizo, polvo, temblores, gases contaminantes, brisa salina, vientos, contactos con cuerpos extraños, choques de vehículos y vandalismo.

2.4 Componentes esenciales necesarios para una red eléctrica de baja tensión.

Postes o apoyos: se suelen emplear de diferente tipo de materiales como son madera, concreto o metálicos y sus características de peso, longitud y resistencia a la rotura son determinadas por el tipo de construcción de los circuitos. Son utilizados para sistemas urbanos postes de concreto de 14, 12 y 10 metros con resistencia de rotura de 1050, 750 y 510 kg respectivamente.

Conductores: son utilizados para circuitos primarios el Aluminio y el ACSR desnudos y en calibres 4/0, 2/0, 1/0 y 2 AWG y para circuitos secundarios en cables desnudos o aislados y en los mismos calibres. Estos circuitos son de 3 y 4 hilos con neutro puesto a tierra.

Crucetas: son utilizadas crucetas de madera inmunizada o de ángulo de hierro galvanizado de 2 metros para 13.2 kV. y 11.4 kV. con diagonales en varilla o de ángulo de hierro (pié de amigo).

Aisladores: Son de tipo ANSI 55.5 para media tensión (espigo y disco) y ANSI 53.3 para baja tensión (carretes).

Herrajes: todos los herrajes utilizados en redes aéreas de baja y mediana tensión son de acero galvanizado (grapaspas, varillas de anclaje, tornillos de máquina, collarines, ues, espigos, etc).

Equipos de seccionamiento: son aquellos que actúan como cortacircuitos y seccionadores los cuales son sistemas de corte en la red eléctrica (100 A - 200 A).

Transformadores y protecciones: se emplean transformadores monofásicos con los siguientes valores de potencia o nominales: 15.5 - 20 - 25 - 37.5 - 50 - 75 kVA y para transformadores trifásicos de 30 - 45 - 75 -112.5 y 150 kVA protegidos por cortacircuitos, fusible y pararrayos tipo válvula de 12 kV.

2.5 Procedimiento de cálculo para transformador en redes de distribución

El cálculo de los transformadores para este proyecto de expansión de la red de distribución eléctrica, se realizó convencionalmente mediante el uso de las curvas de factores de diversidad o de demanda máxima diversificada y considera la incidencia de otras cargas como la de alumbrado público y servicios comunes.

Para esto se empleó como referencia lo prescrito en la Norma NTC 2050, Artículos, 220-37, 220-10, 220-11, 220-16, 220-18 y 220-19 así como la Tabla A.3.2 y las siguientes consideraciones previas:

- Ubicar un transformador por vereda, en la parte intermedia de los usuarios a beneficiar.
- Para calcular la potencia de los transformadores necesarios para este proyecto de electrificación rural, se consideró que las viviendas poseen un área de 60 m², correspondientes a estrato bajo-bajo.
- Se aplicaron las Tablas de Factor de diversidad normalizadas por la Compañía para el estrato socio-económico en que se encuentra el proyecto.
- Se consideraron adicionar las cargas de servicios comunes y las cargas especiales que estén incluidas, como distritos de riego y maquinaria agrícola.
- No considerar como carga eléctrica la calefacción de agua y la cocción, en razón a que han sido reemplazadas por el gas domiciliario.
- La tasa de crecimiento de la demanda esta suministrada por la EBSA S.A. E.S.P. de acuerdo a los históricos de consumo de la región.
- 32 VA/m² para cargas de alumbrado general, dictaminado por el Código Eléctrico Colombiano (NTC_2050).
- Carga mínima para lavadora y plancha: 1500 VA.
- Carga mínima para una o más circuitos de pequeños aparatos: 1500 VA por circuito.

El paso a seguir es la capacidad del transformador la cual se puede calcular con base en la siguiente expresión:

$$D_{max} = \frac{S_R}{F_{div_res}} + S_{ACR} + \frac{S_C}{F_{div_com}} + S_{ACC} \quad \text{Eq 1}$$

S_R : Carga demanda sector residencial.

$$S_R = [S_M + (S_I - S_M) * F_d] * N \quad \text{Eq 2}$$

S_M : Carga aparato mayor potencia.

S_I : Carga mínima instalada por el usuario.

S_{ACR} : Carga de áreas comunes sector residencial.

N : Número de usuarios.

F_d : Factor de demanda.

F_{div_res} : Factor de diversidad sector residencial.

S_c : Carga demanda de sector comercial.

S_{ACC} : Carga de áreas comunes sector comercial.

F_{div_com} : Factor de diversidad sector residencial.

Para determinar los anteriores valores se emplean como referencia lo dictaminado por el Código Eléctrico Colombiano (NTC_2050), para la carga instalada se emplea la Tabla 220-3 b) alumbrado general (incluye tomas de uso general), (Sección 220-16) cargas para pequeños electrodomésticos (incluye lavandería y planchado), y (220-17) artefactos, (220-18) secadoras, (220-19) estufas eléctricas.

En zonas rurales, para usuarios en estratos 1 y 2, la demanda máxima, puede ser estimada como se indica a continuación.

$$D_{max_rural} = \frac{(S_M + [(32VA / m^2) * AREA (m^2)] * 0,5) * N}{F_{div_res}} \quad (\text{Eq 3})$$

S_M : Carga aparato mayor potencia.

N : Número de usuarios.

F_{div_res} : Factor de diversidad sector residencial.

El cálculo del factor de diversidad para el sector residencial está dado por las ecuaciones relacionadas en la Tabla 4:

SECTOR	FACTOR DE DIVERSIDAD
ESTRATOS 1, 2, 3 y 4	$F_{div_res} = \frac{1}{0,2 + 0,8 * e^{\left(\frac{1-N}{6}\right)}}$
ESTRATOS 5 y 6	$F_{div_res} = \frac{1}{0,3 + 0,7 * e^{\left(\frac{1-N}{6}\right)}}$
COMERCIAL USUARIOS MONOFÁSICOS BIFILARES	$F_{div_com} = \frac{1}{0,2 + 0,8 * e^{\left(\frac{1-N}{4,5}\right)}}$
COMERCIAL USUARIOS TRIFILARES Y TETRAFILARES	$F_{div_com} = \frac{1}{0,3 + 0,7 * e^{\left(\frac{1-N}{4,5}\right)}}$

Tabla 4 Factores de diversidad (N número de usuarios). Normas Técnica Colombiana, (2012)

Vereda	No. Usuarios	F. Diversidad	Dmax_rural (Año 0)kVA	Dmax_rural (8 Años) kVA	Dmax_rural (15 Años) kVA
CAMAGOA	62	4.99	30565	38719	47619
BARRO BLANCO ARRIBA	50	4.99	24649	31225	38402
ZINC	16	3.76	10468	13261	16309
PALMA ARRIBA	33	4.90	16467	20860	25655
Total	161	N/A	82149	104064	127985

Tabla 5 Cálculo de demanda máxima diversificada y proyección a 8 y 15 años. Autor

Para cada una de las veredas en la Tabla 5, se relaciona la demanda máxima diversificada para el año 0 en kVA, y proyectando al año ocho (8), con una tasa de 3% anual, se obtiene finalmente la capacidad calculada para el transformador; por tal razón se selecciona los transformadores relacionadas en la Tabla 6.

VEREDA O SECTOR	TRANSFORMADOR
CAMAGOA	50 kVA
BARRO BLANCO ARRIBA	50 kVA
ZINC	20 kVA
PALMA ARRIBA	25 kVA

Tabla 6 Capacidad en kVA para los transformadores requeridos. Autor

2.6 Selección de las líneas de distribución eléctrica.

Para la selección de las líneas de transmisión en cuenta las especificaciones técnicas establecidas en la norma NTC_2050 sección 310. Conductores para instalaciones en general 310-1. Alcance. La cual habla acerca de los requisitos generales de los conductores y de sus denominaciones de tipos, aislamiento, rótulos, etiquetas, resistencia mecánica, capacidad de corriente nominal y usos; por lo anterior y teniendo en cuenta la demanda máxima de los usuarios se estableció emplear en la red de distribución para el usuario final un conductor de aluminio calibre AWG 2 / 0, por otra parte para la red de interconexión que alimenta los transformadores desde la subestación eléctrica ubicada cerca al casco urbano del municipio de la Capilla (Boyacá), se empleara un conductor de aluminio calibre AWG 3 / 0.

2.7 Inventario de materiales

De acuerdo con lo antes expuesto y teniendo en cuenta el replanteo del tendido de la red eléctrica, en la Tabla 7 se relacionan las cantidades de materiales estimados para la implementación del proyecto.

Cantidad de Transformadores	Cable 2 / 0 AWG (mts)	Cable 3 / 0 AWG (mts)	Apoyos (8 mts)	Apoyos (12 mts)
4	10856	14326	125	97

Tabla 7 Relación básica de materiales del proyecto. Autor

2.8 Análisis de costos asociados al proyecto

Para determinar los costos asociados al proyecto se estableció mediante un análisis de precios unitarios, esto de acuerdo con las diferentes actividades requeridas durante su desarrollo, tales como: materiales, mano de obra, herramienta, transporte entre otros ; para establecer el valor asociado a los materiales se tomó como referencia, los registrados en los inventarios del almacén propiedad de la EBSA SA ESP; por otra parte en lo que respecta a los valores de mano de obra, herramienta y transporte, se recurrió a las tablas de referencia utilizadas por la Compañía para efectuar los pagos a Contratistas que han desarrollado este tipo de actividades.

El primer ítem a analizar corresponde a la apertura de los huecos para realizar el hincado de los apoyos (8 y 12 metros), en este proceso se incluyó los costos por concepto de mano de obra, herramientas necesarias para adelantar los trabajos y el medio de transporte generado durante el desplazamiento del tramo.

Análisis de precios unitarios					
Ítem :		Apertura de hueco para poste Media Tensión (MT) 8 o 12 mts			
Unidad :		UN			
1-Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Vr Unit	Vr Parc	Subtotal
					\$ -
2-Equipos y herramienta					
Descripción	Tipo	Tarifa día	Rendimiento	Vr Parc	Subtotal
Herramienta menor obreros		17408	5	3482	\$ 3.482
3-Transporte					
Descripción	Unidad	Tarifa día	Rendimiento	Vr Parc	Subtotal
Campero (Transporte herramienta y personal)		150000	26	5734	\$ 5.734
4-Mano de obra					
Descripción	Jornal	Fac. Pres	Rendimiento	Vr Parc	Subtotal
Capataz	53727	1,7	5	18267,18	
Obrero	41888	1,7	5	14241,92	\$ 32.509
Total Unitario					\$ 41.725

Tabla 8 Valor costo unitario por la apertura de hueco para poste Media Tensión (MT) de 8 o 12 mts Autor

En la Tabla 8 se determinó el costo total unitario generado por concepto de la apertura de un hueco para hincar un apoyo de 8 o 12 metros.

En lo que respecta al costo unitario por concepto de la instalación de un apoyo, este incluye el valor del poste, las herramientas y grúa necesarias para su hincado,

transporte del mismo al sitio de trabajo y la mano de obra requerida. En la Tabla 9 y Tabla 10 mostradas a continuación se muestra el costo unitario para postes de 8 o 12 metros respectivamente.

Análisis de precios unitarios					
Ítem :	Poste ferro concreto 12 mts x 510 Kg				
Unidad :	UN				
1-Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Vr Unit	Vr Parc	Subtotal
Poste ferro concreto 12 mts x 510 Kg	Un	1	540020	540020	\$ 540.020
2-Equipos y herramienta					
Descripción	Tipo	Tarifa día	Rendimiento	Vr Parc	Subtotal
Herramienta menor obreros		17408	3	5803	
Grúa		358000	3	119333	\$ 125.136
3-Transporte					
Descripción	Unidad	Tarifa día	Rendimiento	Vr Parc	Subtotal
Cama baja	1	700000	12	58333	
Zorro	1	55485	3	18495	\$ 76.828
4-Mano de obra					
Descripción	Jornal	Fac. Pres	Rendimiento	Vr Parc	Subtotal
Capataz	53727	1,7	3	30445	
Obrero	41888	1,7	3	23737	
Dos (2) ayudantes	50254	1,7	3	28477	\$ 82.659
Total Unitario					\$ 824.643

Tabla 9 Valor costo unitario poste ferro concreto 12 mts x 510 Kg. Autor

Análisis de precios unitarios					
Ítem :	Poste ferro concreto 8 mts x 510 Kg				
Unidad :	UN				
1-Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Vr Unit	Vr Parc	Subtotal
Poste ferro concreto 8 mts x 510 Kg	Un	1	289815	289815	\$ 289.815
Descripción	Tipo	Tarifa día	Rendimiento	Vr Parc	Subtotal
Herramienta menor obreros		17408	5	3482	
Grúa		358000	5	71600	\$ 75.082
3-Transporte					
Descripción	Unidad	Tarifa día	Rendimiento	Vr Parc	Subtotal
Cama baja	1	700000	12	58333	
Zorro	1	55485	4	13871,25	\$ 72.205
4-Mano de obra					
Descripción	Jornal	Fac. Pres	Rendimiento	Vr Parc	Subtotal
Capataz	53727	1,7	3	30445	
Obrero	41888	1,7	3	23737	
Dos (2) ayudantes	50254	1,7	3	28477	\$ 82.659
Total Unitario					\$ 519.760

Tabla 10 Valor costo unitario poste ferro concreto 8 mts x 510 Kg. Autor

En lo que respecta a los accesorios requeridos para la instalación de las líneas de transmisión en la postería, en el análisis de precios unitarios se encuentra incluido los costos asociados a materiales requeridos, mano de obra, equipos, herramientas y transporte necesarios para vestir un apoyo.

Análisis de precios unitarios					
Item :	Vestida de Poste de paso ferro concreto 8 mts o 12 mts				
Unidad :	UN				
1-Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Vr Unit	Vr Parc	Subtotal
Cruceta metálica de 3/16"x 2 1/2" x 2 m	Un	1	61437	61437	
Diagonal metálica en V de 1,1 m	Un	1	26237	26237	
Espiga para cruceta metálica	Un	2	13471	26942	
Aislador Espiga	Un	2	22661	45322	
Perno de maquina 1/2" x 2"	Un	2	994	1988	
Perno de maquina 5/8" x 8"	Un	2	3200	6400	
Arandela redonda de 1/2"	Un	8	1530	12240	
Arandela redonda de 1/2" y 5/8"	Un	8	2230	17840	\$ 198.406
2-Equipos y herramienta					
Descripción	Tipo	Tarifa día	Rendimiento	Vr Parc	Subtotal
Herramienta menor linieros		17408	7	2487	\$ 2.487
3-Transporte					
Descripción	Unidad	Tarifa día	Rendimiento	Vr Parc	Subtotal
Camión 350		550000	39	14103	\$ 14.103
4-Mano de obra					
Descripción	Jornal	Fac. Pres	Rendimiento	Vr Parc	Subtotal
Capataz	53727	1,7	7	13048	
Electricista	54299	1,7	7	13187	
Ayudante	25127	1,7	7	6102	
				Total Unitario	\$ 214.995

Tabla 11 Valor costo unitario por concepto de la vestida de Poste de paso ferro concreto 8 mts o 12 mts. Autor

En la Tabla 12 y Tabla 13 relacionadas a continuación, se encuentra el análisis de precios unitarios por metro lineal de tendido de cable instalado (incluye material) para cada uno de los calibres de cable requeridos en el proyecto.

Análisis de precios unitarios					
Item :	Red de media tensión 3 / 0 AGW				
Unidad :	Metro Lineal ML				
1-Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Vr Unit	Vr Parc	Subtotal
Cable ACSR No 3 / 0	ML	1	1048	1048	\$ 1.048
2-Equipos y herramienta					
Descripción	Tipo	Tarifa día	Rendimiento	Vr Parc	Subtotal
Herramienta menor linieros		17408	175	99	
Herramienta de tensionado línea		43518	175	249	\$ 348
3-Transporte					
Descripción	Unidad	Tarifa día	Rendimiento	Vr Parc	Subtotal
Tractor y zorro		55485	475	117	
Camión 350		550000	1000	550	\$ 667
4-Mano de obra					
Descripción	Jornal	Fac. Pres	Rendimiento	Vr Parc	Subtotal
Capataz	53727	1,7	175	522	
Electricista	108598	1,7	175	1055	

Análisis de precios unitarios					
Item :	Red de media tensión 3 / 0 AGW				
Unidad :	Metro Lineal ML				
Dos (2) ayudantes	50254	1,7	175	488	\$ 2.065
				Total Unitario	\$ 4.128

Tabla 12 Costo unitario de metro lineal instalado para cable 3 / 0 AGW. Autor

Análisis de precios unitarios					
Item :	Red de media tensión 2 / 0 AGW				
Unidad :	Metro Lineal ML				
1-Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Vr Unit	Vr Parc	Subtotal
Cable ACSR No 2 / 0	ML	1	955	955	\$ 955
2-Equipos y herramienta					
Descripción	Tipo	Tarifa día	Rendimiento	Vr Parc	Subtotal
Herramienta menor linieros		17408	192	91	
Herramienta de tensionado línea		43518	192	227	\$ 317
3-Transporte					
Descripción	Unidad	Tarifa día	Rendimiento	Vr Parc	Subtotal
Tractor y zorro		55485	550	101	
Camión 350		550000	1000	550	\$ 651
4-Mano de obra					
Descripción	Jornal	Fac. Pres	Rendimiento	Vr Parc	Subtotal
Capataz	53727	1,7	192	476	
Electricista	108598	1,7	192	962	
Dos (2) ayudantes	50254	1,7	192	445	\$ 1.882
				Total Unitario	\$ 3.805

Tabla 13 Costo unitario de metro lineal instalado para cable 2 / 0 AGW. Autor

Con el fin de determinar el valor de los cuatro transformadores requeridos en el proyecto, se efectuó la sumatoria de los costos individuales generados, por concepto de accesorios necesarios para su montaje, personal requerido para la instalación, equipos, herramientas y transporte, con lo cual se obtuvo un valor global, el detalle del análisis se muestra en la Tabla 14.

Análisis de precios unitarios					
Item :	Transformador de 20kVA, 25kVA y 50 kVA				
Unidad :	Un				
1-Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Vr Unit	Vr Parc	Subtotal
Transformador 20Kva	UN	1	2250280	2250280	
Transformador 25Kva	UN	1	3500000	3500000	
Transformador 50Kva	UN	2	4800000	9600000	
Cruceta metálica de 3/16"x 2 1/2" x 2 m	UN	6	61700	370200	
Corta circuitos	UN	6	154067	924402	
Pararrayos ZoN	Un	3	168640	505920	
Collarín para transformador	Un	3	29214	87642	\$ 17.238.444
2-Equipos y herramienta					
Descripción	Tipo	Tarifa día	Rendimiento	Vr Parc	Subtotal
Herramienta menor linieros		17408	0,1	174080	
Grúa		358000	1	358000	\$ 532.080
Se amplifica por el No. de transformadores					\$ 2.128.320
3-Transporte					
Descripción	Unidad	Tarifa día	Rendimiento	Vr Parc	Subtotal
Camión 350		550000	3	183333	
					\$ 183.333
Se amplifica por el No. de transformadores					\$ 733.333
4-Mano de obra					
Descripción	Jornal	Fac. Pres	Rendimiento	Vr Parc	Subtotal

Análisis de precios unitarios					
Ítem :	Transformador de 20kVA, 25kVA y 50 kVA				
Unidad :	Un				
Capataz	53727	1,7	1	91336	
Electricista	108598	1,7	1	184617	
Dos (2) ayudantes	50254	1,7	1	85432	
Obreros (2)	41888	1,7	1	71210	\$ 432.594
Se amplifica por el No. de transformadores					\$ 1.730.376
Total Costo					\$ 18.386.451

Tabla 14 Valor unitario para los cuatro transformadores requeridos por el proyecto. Autor

En lo que respecta al transporte de los materiales entre la bodega de la EBSA SA ESP, ubicada en la ciudad de Tunja hasta el municipio de la Capilla (Boyacá), se proyectó realizarlo mediante el alquiler de camabajas, teniendo en cuenta el peso y el volumen de la carga a transportar se determinó que se requieren realizar 14 viajes, para el costo de asociado a los fletes se determinó de acuerdo con las tablas fletes establecidas por la compañía, el detalle de los mismos se relaciona en Tabla 15:

Análisis de precios unitarios					
Ítem :	Transporte material Tunja (Boyacá) - La Capilla (Boyacá)				
Unidad :	UN				
1-Transporte					
Descripción	Valor x km	Kms	Cantidad de viajes	Vr x viaje	Subtotal
Tracto mulá	8000	122	14	Costo	\$ 13.664.000
Total Costo					\$ 13.664.000

Tabla 15 Costo transporte de materiales Tunja (Boyacá) - La Capilla (Boyacá). Autor

2.9 Análisis financiero del proyecto

Para el desarrollo e implementación de este tipo de proyectos es necesario determinar los ingresos generados por el proyecto, como punto de partida se determinan el consumo promedio mensual (kwh) por vivienda perteneciente al sector rural del estrato dos, para dicho valor la EBSA S.A. ESP. tiene establecido un valor de 79,3kwh.

Ingresos del proyecto	
Consumo mensual por vivienda (kwh)	79,3
No. De viviendas beneficiadas	161
Total consumo mes (kwh)	12767
Total consumo año (kwh)	153207
Costo promedio kwh	\$ 475
Ingreso Anual	\$ 72.773.610

Tabla 16 Ingresos anuales del proyecto. Autor

De acuerdo con el consumo por vivienda y el número de usuarios a beneficiar se determinó el consumo total anual estimado en kwh, este valor se multiplica por el valor promedio del kilovatio hora de acuerdo con los valores históricos tarifarios de los últimos cinco años; para lo cual se estimó un ingreso anual de \$ 72.773.610, por

concepto de facturación de energía en las viviendas electrificadas por el proyecto tal como se relaciona en la Tabla 16. Por lo anterior y teniendo en cuenta el análisis de precios unitarios para los diferentes elementos físicos requeridos por el proyecto, a continuación relacionamos los diferentes costos asociados al mismo.

Datos generales estimados para el proyecto	
Concepto	Monto
<u>Inversión en infraestructura y mano de obra</u>	
Apertura de hueco para poste Media Tensión (MT) 12 y 8 mts	\$ 9.262.871
Poste ferro concreto 12 mts x 510 Kg – hincado	\$ 79.990.413
Poste ferro concreto 8 mts x 510 Kg – hincado	\$ 64.970.035
Vestida de Poste de paso ferro concreto 12 mts y 8 mts (Materiales incluidos)	\$ 47.728.984
Cable Red de media tensión 3 / 0 AGW instalado	\$ 59.137.903
Cable Red de media tensión 2 / 0 AGW instalado	\$ 41.311.581
Transformador de 20kVA, 25kVA y 50 kVA	\$ 18.386.451
Transporte material Tunja (Boyacá) - La Capilla (Boyacá)	\$ 13.664.000
Derechos de servidumbre	\$ 20.800.000
<u>Ingresos, costos y gastos durante la operación de la Red</u>	
Valor promedio kwh	\$ 475
Ventas Año 1 en kwh	153.208
Ingresos anuales	\$ 72.773.610
Mantenimiento anual de la red	\$ 5.400.000
Costos anuales de administración (Facturación y otros)	\$ 5.796.000
<u>Otros</u>	
Incremento estimado anual de la demanda de kwh	3,2%
Depreciación de la red (Años)	20
Incremento estimado anual (Inflación)	5,5%
Tasa Oportunidad "EA"	10%
Costos por concepto de G, T (STN -STR), D, R, CV y P x kwh	48.5%
Impuestos	34%

Tabla 17 Datos generales estimados para el proyecto. Autor

Inversión en infraestructura y mano de obra requerida por el proyecto: en la tabla anterior se incluyó los costos asociados a la implementación y transporte generados por el proyecto, adicionalmente los costos incurridos por los permisos de derechos de

tierras y servidumbres a pagar durante la instalación de la red eléctrica en predios de propiedad de terceros².

Ingresos Costos y gastos durante la Operación de la Red: se relacionan la utilidad anual por concepto de comercialización de energía, costos anuales administrativos incluida facturación, los gastos anuales por concepto de mantenimiento, estos son estimados por la EBSA SA ESP de acuerdo con la cantidad de kilómetros de red instalada.

Otros: en la Tabla 17 se relaciona diversos datos empleados para la proyección de los ingresos gastos y costos durante la operación del proyecto, entre los cuales tenemos:

Incremento anual de la demanda, esta proyección estimada se encuentra dada por la empresa de energía de acuerdo con las variaciones históricas presentadas en el consumo de energía en la región.

La depreciación de la red y el costo de oportunidad se encuentran estimadas según las políticas aplicadas por la EBSA SA ESP para las redes de media tensión.

El incremento anual de la inflación está estimado de acuerdo a las proyecciones realizadas por el Banco de la Republica.

Costos por concepto de G, T (STN -STR), D, R, CV y P x kwh: estos corresponden al incurrido por los siguientes ítems:

- Generación (G): valor por kwh que se le debe pagar a las empresas generadoras de energía.
- Trasmisión (T): valor por kwh que se le debe pagar a las empresas encargadas de la transmisión de la energía desde el generador hasta el usuario final (STN: sistema de transmisión nacional y STR sistema de transmisión regional.)
- Distribución (D): Corresponde al valor reconocido al comercializador por la distribución en sus redes, mantenimiento y expansión del sistema eléctrico.
- Restricciones (R): este valor en la tarifa corresponde al valor a pagar por los incidentes presentados en la red de distribución nacional como ejemplo la voladura de torres de energía producto de atentados terroristas.
- Costo Variable (CV): este valor corresponde al costo por concepto de comercialización de energía (Facturación revisiones integrales entre otros).
- Perdidas (P): corresponde costo de la energía dejada de facturar debido a fraudes o hurtos dentro de la red eléctrica del comercializador.

² Código Civil Colombiano, artículo 879 del Código Civil señala que la “Servidumbre predial o simple servidumbre, es un gravamen impuesto sobre un predio, en utilidad de otro predio de distinto dueño”.

Una vez determinado todos los costos asociados al proyecto se realiza un flujo de caja libre proyectado a 20 años para determinar el valor presente neto del proyecto y la rentabilidad del mismo, el número de años de la proyección corresponde a la vida útil de la red.

RED ELECTRICA					
Concepto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 19	Año 20
Ventas		153.208	158.110	270.094	278.737
Precio Venta		475	501,1	1.245,2	1.313,7
Ingresos		72.773.610	79.232.996	336.320.038	366.171.805
Costos por concepto de G, T (STN -STR), D, R, CV y P x kwh		35.295.201	38.428.003	163.115.219	177.593.325
Costos anuales de administración		5.796.000	6.114.780,0	15.194.018,5	16.029.689,5
Depreciación de la red		17.762.612	17.762.612	17.762.612	17.762.612
Costos		58.853.813	62.305.395	196.071.849	211.385.627
Mantenimiento de la red		5.400.000	5.697.000	14.155.917	14.934.493
Gastos		5.400.000	5.697.000	14.155.918	14.934.493
Utilidad Operacional		8.519.797	11.230.601	126.092.271	139.851.685
Impuestos		2.896.731	3.818.404	42.871.372	47.549.573
Utilidad Oper. - Impuestos		5.623.066	7.412.197	83.220.899	92.302.112
Depreciaciones		17.762.612	17.762.612	17.762.612	17.762.612
Inversión	355.252.239	0	0	0	0
FCL	-355.252.239	23.385.678	25.174.808	100.983.511	110.064.724

VPN	11.821.037
------------	-------------------

Rentabilidad	10,2%
---------------------	--------------

Periodo de Repago	19,28
	Menor a 20 años

Tabla 18 Flujo de caja proyectado a 20 años. Autor

3 CONCLUSIONES

- De acuerdo con el estudio de prefactibilidad realizado al proyecto, se estableció que los diferentes costos asociados a la construcción, operación y mantenimiento de la red eléctrica comercial para las veredas de Camagao, Barro Blanco Arriba, Zinc y Palma Arriba en el municipio de la Capilla (Boyacá), se estimó una inversión inicial de \$355.252.239 COP para su implementación, este valor incluye materiales, mano de obra, herramientas, transporte y derechos de servidumbres tal como se observa en la Tabla 18.
- De acuerdo con el censo realizado por el DANE en el año 2005 y la Caracterización Socio-Demográfica del Área de Desarrollo Rural del Municipio de la Capilla (Boyacá) realizada por el incoder durante el año 2012, se determinó que ciento sesenta y una viviendas (756 habitantes) se verían beneficiadas con el desarrollo del proyecto.
- De acuerdo al consumo promedio de energía promedio de los 161 usuarios, se pudo establecer que la EBSA SA ESP percibirá un ingreso durante el primer año de \$ 72.773.610 COP, este se irá incrementando de acuerdo al aumento en la demanda de energía y el valor de kWh.
- Una vez realizado el análisis financiero del proyecto se determinó que la rentabilidad del mismo es mayor al costo de oportunidad, de igual manera se estableció que el valor presente neto es mayor a cero y su periodo de repago corresponde a 19, 2 años, esto permite evidenciar la viabilidad del proyecto; generando una rentabilidad de \$11.821.037 COP.
- Se observó que la metodología más óptima para determinar los costos generados por la construcción de este tipo de proyecto, corresponde a un análisis de precios unitarios, este método encierra todos los costos generados al realizar una actividad, ya que se incluye materiales, transporte requerido por los mismos, mano de obra, herramienta y maquinaria para la misma.
- Teniendo en cuenta que el estudio de prefactibilidad del proyecto es favorable; esto permite a la EBSA SA ESP, presentar dicho estudio ante La Unidad de Planeación Minero Energética (UMPE), esta entidad está encargada de la evaluación de proyectos de cobertura y expansión en el sector minero energético, otorgando incentivos a proyectos de este tipo, con ello se lograría reducir los costos asociados a la inversión inicial generando una mayor utilidad para la compañía.

4 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Ministerio de Minas,(2015). *Cobertura de la Energía Eléctrica Colombia*. Bogota.

Alcaldía del Municipio de la Capilla (Boyacá), (2016). *MAPA GEOGRÁFICO DE LA CAPILLA*. La Capilla, p.<http://www.lacapilla-boyaca.gov.co/index.shtml#7>.

Incoder - Caracterización Socio-Demográfica del Área de Desarrollo Rural del Municipio de la Capilla (Boyacá) enero de 2012.

DANE, (2005). *Censo General 2005*. Bogota, p.<https://www.dane.gov.co/files/censos/libroCenso2005nacional.pdf>.

Normas Técnica Colombiana, (2012). *Norma NTC 2050*. [online] Bogota, pp.Artículos, 220-37, 220-10, 220-11, 220-16, 220-18 y 220-19 Tabla A.3.2. Available at: http://ingenieria.bligoo.com.co/media/users/19/962117/files/219177/NTC_2050.pdf [Accessed 10 Nov. 2016].