

**REGULADORES DE ENERGÍA PARA MEJORAR LOS NIVELES DE TENSIÓN  
ELÉCTRICA EN EL MUNICIPIO DE PARATEBUENO**

Presentado por:

**ANDRÉS CAMILO AGREDO CASTELLANOS**

**20172197017**

**MARCOS STEVEN DELGADILLO DELGADO**

**20172197048**



**DIRECTOR:**

**Msc. JAVIER ARTURO ORJUELA CASTRO**

**UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN DE PROYECTOS EN INGENIERÍA  
BOGOTÁ  
2018**

## TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO.....	2
INDICE DE FIGURAS .....	4
INDICE DE TABLAS .....	6
INTRODUCCIÓN .....	7
RESUMEN .....	9
1. MARCO REFERENCIAL .....	9
1.1 MARCO HISTÓRICO.....	9
1.1.1 REGULADORES .....	9
1.1.2 SERVICIO DE ENERGÍA ELECTRICA EN PARATEBUENO.....	11
1.2 ENTORNO SOCIAL, CULTURAL Y ECONÓMICO.....	14
1.2.1 EDUCACIÓN .....	14
1.2.2 VIVIENDA .....	16
1.2.3 ECONOMÍA .....	17
1.3 METODOLOGÍA DE MARCO LÓGICO .....	19
1.3.1 ANÁLISIS DEL PROBLEMA.....	19
1.3.2 ANÁLISIS DE INVOLUCRADOS (STAKEHOLDERS).....	22
1.3.3 ÁRBOL DE PROBLEMAS .....	24
1.3.4 ÁRBOL DE OBJETIVOS.....	25
1.3.5 SELECCIÓN DE LA ESTRATEGIA Y ESTRUCTURA ANALÍTICA DEL PROYECTO.....	26
1.3.6 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS ALTERNATIVAS.....	28
1.3.7 MATRIZ DE MARCO LÓGICO .....	30
1.3.8 RESUMEN NARRATIVO DE OBJETIVOS Y ACTIVIDADES.....	31
2. ESTUDIO DE MERCADO.....	31
2.1 IDENTIFICACIÓN DEL MERCADO.....	32
2.2 DEMANDA ACTUAL. SITUACIÓN DEL MERCADO .....	32
2.3 DEMANDA Y OFERTA POTENCIAL CUALITATIVA.....	34
2.4 DEMANDA Y OFERTA POTENCIAL CUANTITATIVA .....	35
2.5 CRECIMIENTO ESPERADO EN LA DEMANDA.....	36
2.6 PROYECCION DE VENTAS.....	37
3. ESTUDIO TÉCNICO Y AMBIENTAL .....	37

3.1	TÉRMINOS CLAVES .....	38
3.2	AUTOTRANSFORMADOR .....	39
3.3	REGULADOR .....	41
3.4	FUNCIONAMIENTO GENERAL DEL REGULADOR.....	43
3.5	CONFIGURACIÓN DE LOS REGULADORES DE TENSIÓN ELÉCTRICA	44
3.6	SIMULACIONES DE LA PROBLEMÁTICA EN PARATEBUENO.....	45
3.7	GENERALIDADES DEL REGULADOR DE TENSIÓN .....	48
3.7.1	CONEXIONES DE SISTEMAS.....	48
3.7.1	CARACTERÍSTICAS DEL REGULADOR DE TENSIÓN VR-32.....	49
3.7.1	SISTEMA DE COMUNICACIÓN Y CONTROL.....	51
3.8	NORMOGRAMA AMBIENTAL .....	51
4.	ESTUDIO ADMINISTRATIVO Y LEGAL.....	52
4.1	ESTUDIO ADMINISTRATIVO.....	52
4.1.1	ORGANIGRAMA .....	53
4.1.2	PERFIL DEL CARGO.....	54
4.1.3	DESARROLLO ESTRATÉGICO DEL PROYECTO.....	60
4.1.4	MISIÓN.....	60
4.1.5	COMPETITIVIDAD .....	61
4.1.5	CRECIMIENTO.....	61
4.1.6	SOSTENIBILIDAD .....	61
4.1.7	COMPROMISO CON LA CALIDAD.....	61
4.2	ESTUDIO LEGAL.....	62
5.	ESTUDIO FINANCIERO.....	62
5.1	COSTO DE INSUMOS Y MANO DE OBRA.....	63
5.2	PROYECCION DE LOS COSTOS E INGRESOS.....	66
5.3	FLUJO DE CAJA.....	68
5.4	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD .....	70
	BIBLIOGRAFÍA .....	71

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Estructura de propiedad de Codensa S.A E.S.P. (Codensa S.A E.S.P, 2018)</i> .....	7
<i>Figura 2. Municipio de Paratebueno Cundinamarca.</i> .....	8
<i>Figura 3. Indicadores SAIDI 2016 Superintendencia de servicios públicos. (Superintendencia, 2017)</i> .....	12
<i>Figura 4. Indicador SAIFI Superintendencia de Servicios públicos (Superintendencia, 2017)</i> .....	13
<i>Figura 5. Servicios Públicos en Paratebueno. (DANE, Censo General 2005, Perfil Paratebueno-Cundinamarca, 2005)</i> .....	14
<i>Figura 6. Nivel educativo en Paratebueno (DANE, Censo General 2005, Perfil Paratebueno-Cundinamarca, 2005)</i> .....	15
<i>Figura 7. Actividad económica en Paratebueno (DANE, Censo General 2005, Perfil Paratebueno-Cundinamarca, 2005)</i> .....	17
<i>Figura 8. Actividad económica en centros urbanos de Paratebueno. (DANE, Censo General 2005, Perfil Paratebueno-Cundinamarca, 2005)</i> .....	18
<i>Figura 9. Red eléctrica del Municipio de Paratebueno. (CODENSA S.A E.S.P, 2017)</i> .....	20
<i>Figura 10. Involucrados del Proyecto.</i> .....	22
<i>Figura 11. Árbol de Problemas.</i> .....	25
<i>Figura 12. Árbol de objetivos.</i> .....	26
<i>Figura 13. Comportamiento Mensual de la Demanda en GWh/ mes. (CODENSA S.A E.S.P, 2017)</i> .....	33
<i>Figura 14. Demanda suministrada con y sin proyecto.</i> .....	36
<i>Figura 15. Crecimiento esperado de la demanda 2018-2022</i> .....	36
<i>Figura 16. Energía Vendida en el primer año.</i> .....	37
<i>Figura 17 . Red eléctrica Básica</i> .....	38
<i>Figura 18. Diagrama del Transformador</i> .....	39
<i>Figura 19. Diagrama del Autotransformador.</i> .....	39
<i>Figura 20. Autotransformador Reductor.</i> .....	40
<i>Figura 21. Autotransformador Reductor</i> .....	40
<i>Figura 22.. Bobinas B y C</i> .....	40
<i>Figura 23 . Conexión regulador</i> .....	41
<i>Figura 24. Configuración como elevador</i> .....	41
<i>Figura 25. Configuración como reductor</i> .....	41
<i>Figura 26. Inversor de polaridad.</i> .....	42
<i>Figura 27. Bobina C agregando Tap's</i> .....	42
<i>Figura 28.Reactor del regulador.</i> .....	42
<i>Figura 29. Considerando el reactor en la posición 0 (neutral)</i> .....	43
<i>Figura 30. Considerando el reactor en la posición 1 del Tap</i> .....	43
<i>Figura 31. Funcionamiento del regulador</i> .....	44
<i>Figura 32. Norma para la instalación de dos reguladores en Poste.</i> .....	45

<i>Figura 33. Simulación de la red Eléctrica en Paratebueno y zonas aledañas. ....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 34. Comportamiento de la regulación eléctrica en la Zona Paratebueno)..</i>	<i>47</i>
<i>Figura 35 . Regulación de un circuito trifásico trifilar con conexión en estrella aterrizada a malla de puesta a tierra. ....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 36. Características externas del regulador de tensión Vr-32.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 37. Organigrama del proyecto. ....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 38 Retos y Compromisos. ....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 39. Crecimiento de la energía vendida anual.....</i>	<i>67</i>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Arreglos en colegios de Paratebueno (Cano, 2008) .....	16
Tabla 2. Problemática, causas y consecuencias.....	22
Tabla 3. Análisis de involucrados.....	23
Tabla 4. Análisis de alternativas.....	27
Tabla 5. Selección de Alternativa.....	27
Tabla 6. Matriz de Marco Lógico .....	30
Tabla 7. Consumo promedio de corriente por hora en Paratebueno en 2017. (CODENSA S.A E.S.P, 2017).....	32
Tabla 8 Potencia Aparente Demandada real.....	33
Tabla 9. Consumo actual de potencia Activa en Paratebueno. ....	34
Tabla 10 . Energía consumida por mes y por año en Paratebueno.....	34
Tabla 11. Demanda mensual y anual en GWh.....	35
Tabla 12. Nomograma Ambiental. ....	52
Tabla 13. Normograma Legal.....	62
Tabla 14. Costo de Materiales.....	63
Tabla 15. Precio del Lote.....	64
Tabla 16. Costos de Transporte.....	64
Tabla 17. Gastos Administrativos. ....	64
Tabla 18. Costos por mantenimiento.....	64
Tabla 19. Calculo salarial de un ingeniero. ....	65
Tabla 20. Salario por cargo.....	66
Tabla 21. Costos del Proyecto.....	66
Tabla 22. Ingresos proyectados año 1 al 5. ....	67
Tabla 23. Flujo de caja del proyecto Escenario optimista.....	68
Tabla 24. Resultados financieros Escenario optimista.....	68
Tabla 25. Flujo de caja para el escenario sugerido .....	69
Tabla 26. Resultados financieros Escenario sugerido. ....	69
Tabla 27. Flujo de caja Escenario pesimista.....	69
Tabla 28. Resultados Financieros Escenario Pesimista. ....	70

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad vivimos en un mundo con importantes avances en tecnología, sin embargo es claro que Colombia no es un productor e importa dicha tecnología desde otras partes del mundo, para luego ser implementada en el territorio nacional, la electricidad no es la excepción; desde el año 1997 cuando apareció en el Mercado Codensa como filial Chilena inicialmente, luego Española y hoy después de tantos cambios es Italiana haciendo parte del grupo Enel S.p.A (con sede principal en Roma), se observa un crecimiento en infraestructura gracias a la experiencia de estas empresas, las cuales han dado su aporte al avance Colombiano. Enel con mercado energético en países de Europa, Asia, África y América tiene en Colombia el 4.6% de su mercado, siendo el 48.3% su participación económica y 56.7% su derecho al voto en la junta de accionistas tal como se evidencia en la Figura 1.

### Estructura de propiedad

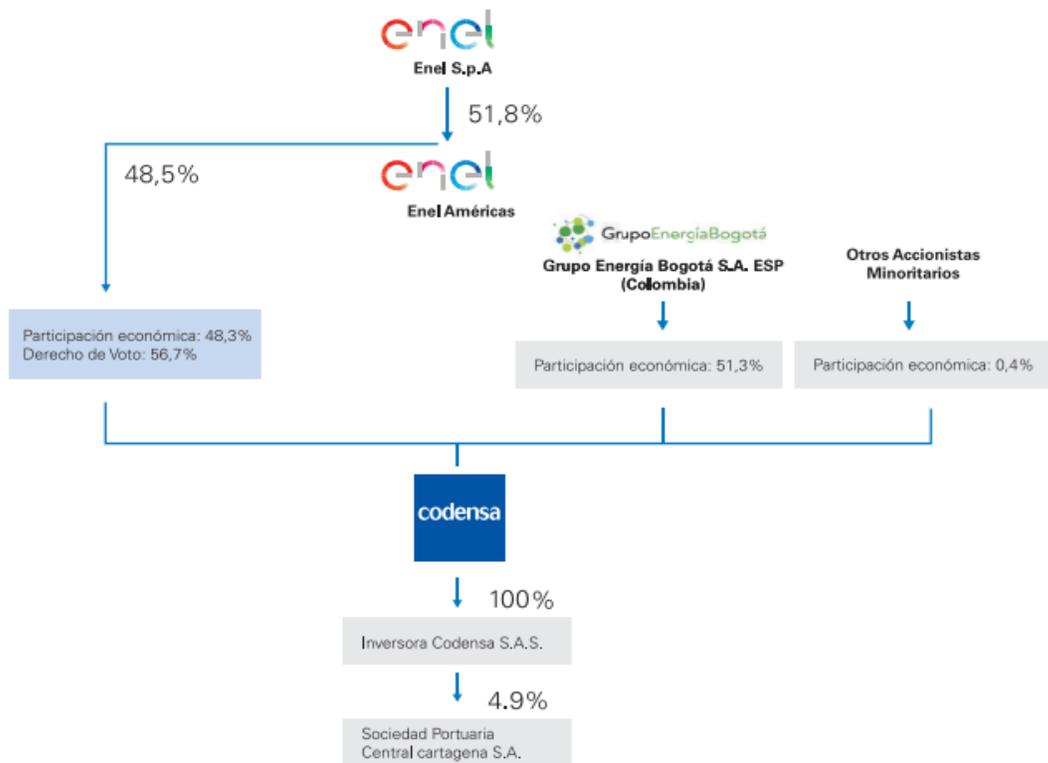


Figura 1. Estructura de propiedad de Codensa S.A E.S.P. (Codensa S.A E.S.P, 2018)

Sin embargo es nuestra responsabilidad como profesionales Colombianos contribuir con ese crecimiento y apropiarnos de un negocio que permite justamente a los mismos Colombianos contar con un servicio de energía eléctrica confiable que logre no solo satisfacer sus necesidades sino también mejorar su calidad de vida.

En la actualidad existen diversidad de empresas en Colombia dedicadas al negocio de la distribución y comercialización de energía Eléctrica; en el caso de Bogotá y Cundinamarca Codensa, para el año 2016 logro posicionarse como la empresa líder en esta zona luego de fusionarse con la Empresa de Energía de Cundinamarca EEC. Esto no significa menos que un gran reto para Codensa, especialmente en las zonas rurales en donde actualmente la Calidad de servicio presenta una gran oportunidad de mejora.

En consecuencia como una sola empresa, Codensa es medida por sus indicadores de calidad, estos indicadores incluyen ahora los antiguos indicadores de la EEC, los cuales se encuentran muy por debajo de los estándares a los cuales Codensa se ha ceñido en los últimos años, por tal razón se han venido realizando labores a través de proyectos como Plan de Calidad, donde se han identificado las mayores criticidades, las cuales permiten vislumbrar en donde deben realizarse inversiones, una de estas criticidades situadas en la zona Oriente incluidos los Municipios de Medina y Paratebueno, allí se requieren importantes trabajos de ingeniería para mejorar las condiciones en los niveles de tensión que se tienen actualmente.

El municipio de Paratebueno identificado en la Figura 2, está ubicado a 176 km de Bogotá y hace parte del conocido piedemonte llanero, cuenta con una población de 7256 habitantes (DANE, Resultados y proyecciones 2005-2020 del Censo 2005, 2005) y tiene una extensión de 883  $km^2$  convirtiéndose después de Yacopí y Medina en el tercer Municipio con mayor extensión territorial de Cundinamarca.



Figura 2. Municipio de Paratebueno Cundinamarca.

## **RESUMEN**

En el presente documento se presenta el marco de referencia, estudio de mercado, técnico y ambiental, el estudio administrativo y legal, el estudio financiero y las conclusiones, para el proyecto de la implementación de reguladores de energía para mejorar los niveles de tensión en el municipio de Paratebueno, los cuales pueden ofrecer no solo una mejor calidad de servicio, sino que también permiten mejorar los indicadores de calidad a los cuales actualmente se rige Codensa y también impactar positivamente sobre la calidad de vida de los habitantes del municipio.

De este proyecto se desprenden los objetivos específicos del mismo, tales como: modelar a través de software (CymDist) con los parámetros de las redes eléctricas en Paratebueno utilizando información de demanda de energía, perfil eléctrico de los clientes, datos propios de la infraestructura como calibres de los cables, transformadores, apoyos (postes) y así identificar el detalle de la problemática en los niveles de tensión del Municipio, también se lograra Identificar el punto idóneo en la red de distribución eléctrica del municipio para la instalación de los reguladores de tensión, también se realiza el estudio técnico para la adopción de reguladores de tensión en la red eléctrica del municipio y se capacita a los involucrados estratégicos en la tecnología de regulación y los beneficios asociados a su implementación, también calcular la viabilidad financiera del proyecto para determinar la TIR, el VPN y el tiempo de retorno de la inversión.

### **1. MARCO REFERENCIAL**

Dentro de este apartado del documento se busca dar un contexto histórico de la instalación, de reguladores de tensión en otros lugares del mundo, así como una descripción del entorno de Paratebueno y finalmente describir las problemáticas y alternativas de solución a través de la metodología de marco lógico.

#### **1.1 MARCO HISTÓRICO**

A través del marco histórico se permite vislumbrar por un lado la importancia que ha tenido la instalación de reguladores de tensión bajo diversas circunstancias y también como se adapta el municipio de Paratebueno a este tipo de circunstancias en las cuales una solución de regulación de voltaje seria apropiada.

##### **1.1.1 REGULADORES**

En la década de los 40 los Estados Unidos empezaron a utilizar los reguladores de tensión en los sistemas de distribución eléctrica, debido a que los centros de consumo de energía se encontraban muy distantes de la generación, adicional el país cuenta con una vasta extensión de terreno que dificulta aún más el trabajo de

alimentación eléctrica a las poblaciones. Un aumento significativo en el uso de electrodomésticos y las quejas frecuentes de los habitantes por la deficiente calidad en el servicio llevo a la instalación de miles de reguladores, que suministran un nivel de tensión adecuado en los puntos de consumo, mejorando la calidad, la satisfacción del cliente, reducción de las perdidas y aumento en los ingresos del operador de red.

Con el objetivo de realizar un aporte se hizo un estudio que determinara exactamente las cantidades de materiales y de mano de obra que se podrían requerir para la construcción de las redes necesarias para brindar el servicio a la vereda de Belle Ena. Este trabajo realizado en 2008 (Proyecto De Electrificación Rural Vereda Bella Ena, Pivijay Magdalena), contiene un análisis explícito de las distancias para llevar a cabo la construcción de redes eléctricas de manera que permitiera no tener caída alguna en los niveles de tensión establecidos por la regulación, manteniendo la calidad y satisfacción de los habitantes. Sin embargo en los sistemas eléctricos no basta con la planeación inicial, porque las redes requieren de mantenimientos preventivos y correctivos para su normal funcionamiento, además el crecimiento demográfico y el avance tecnológico inciden en los aumentos de carga, generando un mayor consumo de energía eléctrica; suplir estos aumentos en las poblaciones rurales del país se convierte en un gran reto por los difíciles accesos y la rentabilidad del servicio.

Por otro lado existen diseños eléctricos que a pesar de los estudios no logran mantener los niveles de tensión óptimos, como Venezuela; que decidió fortalecer el sistema eléctrico con la Corporación Eléctrica Nacional (CORPOELEC, 2013) y en el 2013 instalaron un autotransformador de 450 MVA de potencia en la subestación Planta Centro del estado de Carabobo. Este trabajo de gran impacto permite aumentar los niveles de voltaje y controlar los perfiles de tensión de la zona costera del estado y hacia el norte en Falcón, donde los habitantes estaban severamente afectados por la falta de calidad en el servicio de energía eléctrica. Esto afirma la corporación en su portal web: “Con estas acciones, CORPOELEC ratifica su disposición de continuar las mejoras que optimicen el servicio, tal como requiere y amerita el pueblo de Venezuela; así mismo impulsando el uso eficiente y racional de la energía eléctrica.” (CORPOELEC, 2013)

Continuando con los planes de mejora en la calidad y confiabilidad del servicio CORPOELEC en el 2014 instalo un segundo autotransformador de 450 MVA de potencia en la subestación La Arenosa del municipio Libertador, con el objetivo de optimizar el sistema de transmisión de los estados de Carabobo y Cojodes.

Adicionalmente y siguiendo con las estrategias CORPOELEC instalo un tercer autotransformador de 200 MVA de potencia en la subestación Planta Centro en el municipio de Morón estado de Carabobo incrementando la capacidad instalada total a 1150 MVA, la corporación asegura a la prensa que: “Esto nos permitirá tener una mayor flexibilidad operativa y, así, darle mayor confiabilidad en el suministro

eléctrico a los suscriptores que alimenta la subestación del eje costero carabobeño e inclusive se verán beneficiados parte de los estados Yaracuy y el Eje Costero de Falcón, igualmente permitirá atender nuevos desarrollos, tanto en la Refinería El Palito como en la empresa PEQUIVEN-Morón.” (Carabobo, 2014)

Estos cambios de equipos son realizados gracias a un plan de modernización y mejoras en el sector eléctrico avalado por políticas gubernamentales.

Otro caso se presenta en la represa hidroeléctrica de Itaipu, donde el uso es binacional ya que su recurso lo comparten las naciones de Brasil y Paraguay en la frontera del río Paraná, en esta represa existe otro caso de implementación de autotransformadores, para tener una mayor precisión el equipo se instaló en la subestación Margen Derecha del departamento de Hermandarias en Paraguay, con una potencia de 470 MVA que sumada con el resto de autotransformadores totalizan una potencia instalada de 2345 MVA.

El jefe del departamento de Operación de la Central y Subestaciones de la Dirección Técnica expresa que: “Una vez conectado el autotransformador, permitirá mayor confiabilidad al Sistema Eléctrico Paraguayo y mayor energía disponible para la utilización en nuestro país, consecuentemente, facilitará el logro de un mayor desarrollo económico para el Paraguay.” (ITAIPU BINACIONAL, 2011)

Las anteriores implementaciones (Venezuela, Paraguay) se realizaron con la meta de mejorar la confiabilidad en el servicio y evitar las caídas de tensión en el sistema eléctrico nacional de los países mencionados. Por la capacidad de los equipos instalados y las subestaciones seleccionadas para su disposición se deduce que los proyectos son grandes, es decir, manejan altas potencias, distribuyen bastante energía y alimentan a una extensa población; por lo tanto en el presente proyecto se busca realizar un estudio técnico de auto transformación de energía eléctrica, que permita aumentar los niveles de tensión y la confiabilidad del servicio en una población con aproximadamente 7256 habitantes (menor a la expuesta) ubicada en el municipio de Paratebuena en la nación Colombiana.

### **1.1.2 SERVICIO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN PARATEBUENO**

La distribución de energía eléctrica estaba hasta el 2016 en manos de la Empresa de Energía de Cundinamarca (EEC), después de que dicha empresa se fusionará con el operador de red Codensa, los clientes del municipio son atendidos por esta última.

Aproximadamente 1 año después que el municipio pasa a ser atendido por Codensa se identifican problemas graves en la regulación de tensión, es decir, los 120 voltios que deben alimentar las viviendas de los clientes las 24 horas del día no están llegando, esta deficiencia en el servicio ocasiona múltiples inconvenientes, algunos de ellos relacionados con el poco uso de electrodomésticos, poca o nada adquisición de aparatos electrónicos, baja calidad de vida de los habitantes, poca

tecnificación del sector agroindustrial, además el deterioro en la imagen empresarial es muy marcado en el sector, las constantes quejas del servicio ha llevado incluso a recibir amenazas de agresión a los contratistas del municipio quienes ejecutan labores de lectura, reparto y atención de emergencias.

No basta con ampliar la cobertura del servicio, se debe entregar la calidad vendida a los clientes, con el fin de buscar la mejora continua y la contribución al desarrollo municipal, adicional a esta promesa de valor la Superintendencia de Servicio Públicos Domiciliarios y la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) establecen los indicadores de calidad que cada operador de red del país debe medir, controlar y mejorar año a año, estos indicadores son publicados y comparados por la superintendencia en su informe de gestión.

De la mano con los indicadores existe un programa de incentivos o descuentos monetarios al operador por conceptos de mejorar o disminución de la calidad de servicio, por tal motivo la empresa Codensa ha desarrollado una serie de planes de calidad en las zonas rurales de Cundinamarca donde tiene cobertura para lograr incentivar o por lo menos no ser penalizados con el descuento.

Los indicadores mencionados son SAIDI (System Average Interruption Duration Indicator), representado en la Figura 3, SAIFI (System Average Interruption Frequency Indicator) representado en la Figura 4, ITAD (Índice Trimestral Agrupado de la Discontinuidad) e IRAD (Índice de Referencia Agrupado de la Discontinuidad). El SAIDI hace referencia a la duración de la interrupciones, entre los operadores de red se observa que 40% está por encima del promedio nacional, adicional se corrobora la difícil situación que atraviesa Electricaribe y el deficiente servicio que presta la EEC.

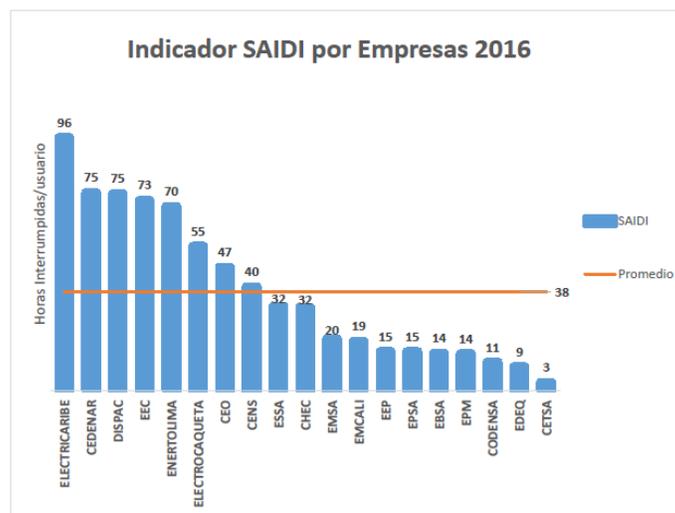


Figura 3. Indicadores SAIDI 2016 Superintendencia de servicios públicos. (Superintendencia, 2017)

Para el indicador SAIFI que mide la frecuencia de las interrupciones el panorama es desalentador ya que el promedio nacional es mayor que en el SAIDI, no obstante se ve una mejora de Electricaribe y la ECC pero aún siguen repuntando como los operadores con mayor deficiencia en la calidad del servicio.

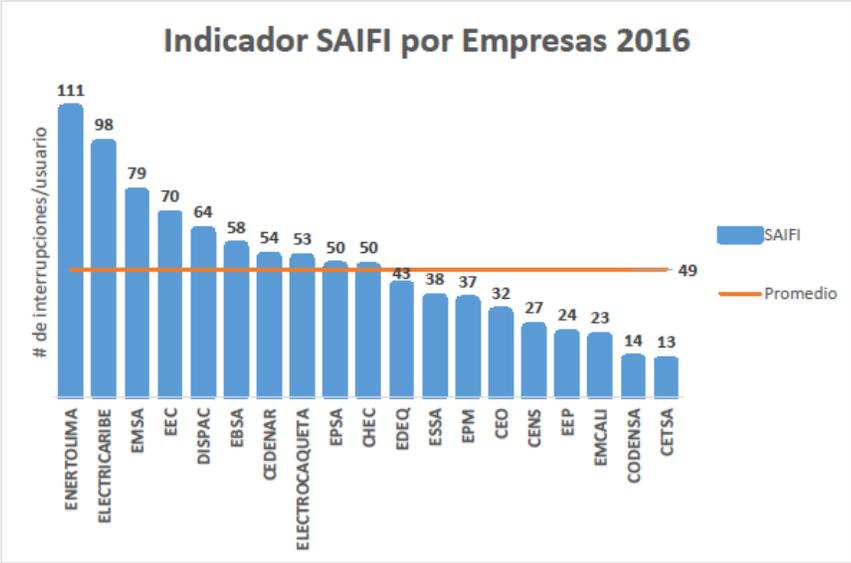


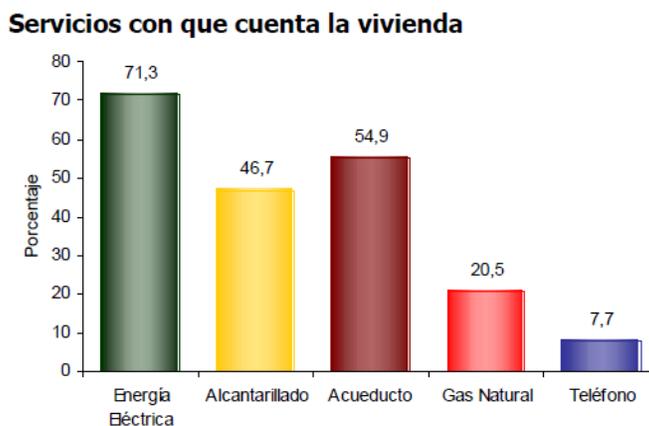
Figura 4. Indicador SAIFI Superintendencia de Servicios públicos (Superintendencia, 2017)

La calidad en el servicio de energía eléctrica es un tema a nivel nacional y los problemas asociados a ella no solo se presentan con el operador ECC o Codensa, están presentes en todas las empresas del país, por lo tanto es un trabajo e inversión constante lo que lleva a mejorar el servicio; analizando el caso Electricaribe desde una perspectiva social y menos estadística se observan graves hechos como la intención de realizar demandas masivas por perdidas de electrodomésticos, producto de las fluctuaciones de tensión, también fue necesario la firma de un pacto en 2017 de no agresión en a los funcionarios de Electricaribe por parte de la comunidad indignada por la falta de calidad en el servicio, estos extremos suscitados en la costa no pueden servir de ejemplo para protestar, pero si pueden ser una fuerte influencia para los habitantes de zonas con problemáticas similares, por lo tanto se deben tomar medidas técnicas que permitan llegar a la calidad necesaria que un cliente requiere en su vivienda, comercio o donde se le esté prestando el servicio.

## 1.2 ENTORNO SOCIAL, CULTURAL Y ECONÓMICO

El municipio de Paratebueno fue creado el 30 de Noviembre de 1981 siendo segregado de los municipios de Ubalá y Medina, tiene una extensión de 883 km<sup>2</sup> de los cuales 879 km<sup>2</sup> son de área rural y 4 km<sup>2</sup> de área urbana y centros poblados, está dividido en 5 inspecciones y 35 veredas.

Según estadísticas en el 2005 y tal como se evidencia en la Figura 5 el 71.3% de viviendas contaban con servicio de energía eléctrica, con un alarmante déficit del 28,7% faltante del servicio, por tal motivo en los diferentes mandatos o alcaldías el objetivo ha sido ampliar la cobertura del servicio, tal es el caso del plan de desarrollo 2008-2011 donde presupuestan un aumento de red eléctrica del 25% y ampliar las coberturas en 6% en el sector urbano para lograr un 100% de servicio en los centros poblados (DANE, Censo General 2005, Perfil Paratebueno-Cundinamarca, 2005).



*Figura 5. Servicios Públicos en Paratebueno. (DANE, Censo General 2005, Perfil Paratebueno-Cundinamarca, 2005)*

### 1.2.1 EDUCACIÓN

Con un nivel educativo muy bajo de acuerdo a la Figura 6, solo el 22,8% es bachiller y predominando la educación básica primaria, se analizan los factores de deserción escolar en la región, concluyendo que la falta de empleo y de recursos económicos son causa principal del abandono de las aulas de clase, adicionalmente las personas que laboran en agricultura se mueven entre municipios olvidando los estudios.



*Figura 6. Nivel educativo en Paratebueno (DANE, Censo General 2005, Perfil Paratebueno-Cundinamarca, 2005)*

La meta de la alcaldía es generar programas para adultos mayores con el fin de combatir el analfabetismo, cobertura para educación especial o con limitaciones, continuar con el transporte y restaurante escolar, pero como pieza clave mejorar las condiciones de los estudiantes y su entorno académico, para ello realiza importantes remodelaciones en la infraestructura e incrementa la dotación en las instituciones.

INSTITUCION EDUCATIVA DEPARTAMENTAL AGRICOLA DE PARATEBUENO		
Construcción	Remodelación	Dotación
Construcción de tres aulas clase, capacidad 40 alumnos	Remodelación y ampliación Restaurante escolar.	40 computadoras y Dotación de mobiliario.
Construcción aula para informática. Con capacidad 40 alumnos	Ampliación y remodelación aula de dibujo técnico.	4 Estanterías en madera para cuartos de reactivos laboratorio
Construcción de 1 restaurante escolar, capacidad 50 alumnos	Reconstrucción pisos del laboratorio de química y física.	Dotación restaurante escolar
Construcción unidad sanitaria adecuada para la edad de los estudiantes.	Reconstrucción paredes aula clase sede Quienquita.	250 sillas tipo universitario adulto, 20 escritorios tipo secretaria para los salones.
Construcción pozo profundo granja escolar.		1 DVD
INSTITUCIÓN EDUCATIVA DEPARTAMENTAL RURAL DE SANTA CECILIA		
Construcción	Remodelación	Dotación
Construcción de dos aulas clase		70 sillas unipersonales, tres estantes, un archivador, 16 escritorios para docentes, dos sillas para oficinas, dos neveras para restaurantes escolares
Construcción de una aula para biblioteca		
Construcción de un Restaurante escolar		
INSTITUCIÓN EDUCATIVA DEPARTAMENTAL JOSUE MANRIQUE DE MAYA		
Construcción	Remodelación	Dotación
Encerramiento Colegio Josué Manrique de Maya y el Colegio Jorge Eliecer Gaitán.	Arreglo de plantas físicas, Colegio el Engaño, Buena vista Maya, Buenavista Alto Redondo y Virginias.	Dotación de pupitres, elementos deportivos y material didáctico.
Construcción de Internado		
Construcción restaurante Escolar del Colegio Josué Manrique de Maya.		

*Tabla 1. Arreglos en colegios de Paratebueno (Cano, 2008)*

Tal y como se observa en la Tabla 1 las principales instituciones están en el pueblo de Paratebueno, la inspección de Maya y la inspección Santa Cecilia, y cabe resaltar que todas las modificaciones planeadas y una futura inversión en otra institución educativa deben contemplar el uso de la electricidad con niveles de calidad óptimos, que les permita llevar a buen término los trabajos proyectados.

### **1.2.2 VIVIENDA**

En el casco urbano tan solo el 47% posee vivienda propia y en las veredas el 56% poseen vivienda, son cifras alarmantes y que le entregan un déficit de viviendas al

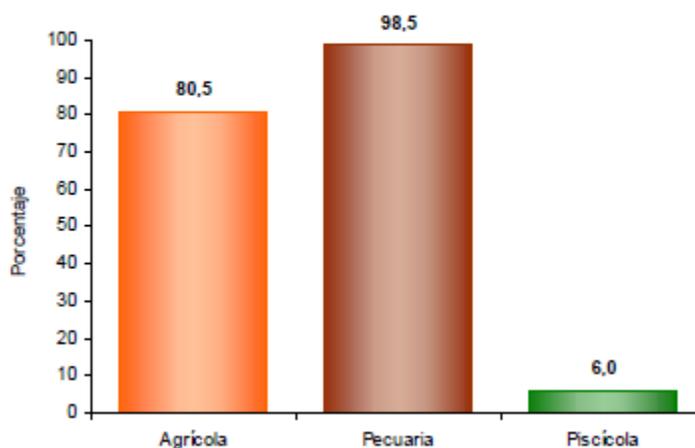
municipio, también la calidad y los materiales con que se construyeron los predios requieren de reparación e incluso remodelaciones estructurales. Enfrentar esta problemática y acogerse a la constitución en su artículo 51 “Todos los Colombianos tienen derecho a tener una vida digna”, ha llevado al desarrollo de iniciativas tales como:

El programa “VIVIENDA DIGNA PARATEBONENSE” el cual tiene como meta la construcción de 75 casas de interés para las personas de más bajos recursos, un plan bastante ambicioso y que debe contar no solo con los recursos económicos, sino también con toda la logística que permita llevar el proyecto a cabo, el resultado final, es decir, las viviendas debe contar con servicios públicos de calidad que mejoren la vida de estos habitantes. Por tal motivo es indispensable una mejora en la distribución de energía eléctrica de Paratebueno, ya que se proyectan más clientes, por ende mayor consumo de energía y esto demanda una calidad adecuada en el abastecimiento energético.

### 1.2.3 ECONOMÍA

Las actividades económicas de la región son la ganadería, la agricultura y la piscicultura entre otras, además tiene riqueza de fauna y flora que sin duda puede llevar a un desarrollo sostenible, por otro lado algunas compañías especializadas han identificado riqueza petrolera, la Figura 7 establece porcentualmente la actividad agrícola, pecuaria y piscícola. El municipio se considera una reserva importante a nivel ganadero reportando entre 2007 y 2008 alrededor de 52500 reses censadas, cabe resaltar que la oferta piscícola aunque no es tecnificada produce 100Ton/año, además cuenta 63.000 hectáreas aptas para el desarrollo de la agricultura, sus cultivos más importantes son los de Palma Africana, Caucho Natural, Cítricos como la piña sobretodo la Mayanesa, arroz seco y maíz.

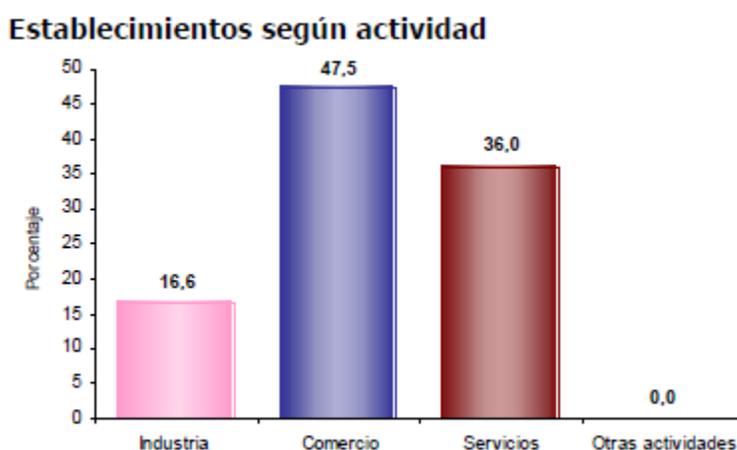
**Unidades censales con actividades agrícola, pecuaria y piscícola asociadas**



*Figura 7. Actividad económica en Paratebueno (DANE, Censo General 2005, Perfil Paratebueno-Cundinamarca, 2005)*

Los objetivos trazados por la alcaldía en materia de economía son usar la transferencia tecnológica para mejorar la oferta de proteína animal y vegetal, también mantener el cuidado bovino y del medio ambiente, por el lado de la agricultura pretende desarrollar convenios para la adquisición de maquinaria agrícola con el fin de aumentar las áreas mecanizadas, capacitando y asesorando a los pequeños productores del sector.

En los centros Urbanos las personas viven del comercio básicamente y los servicios, por ejemplo transformación de alimentos, confecciones, pequeños almacenes, venta de productos, algunos supermercados y ventas ambulantes tal como se evidencia en la Figura 8. Un objetivo es promover el turismo y para ello se deben cuidar paisajes estratégicos que son un lugar atractivo para el foráneo.



*Figura 8. Actividad económica en centros urbanos de Parabuena. (DANE, Censo General 2005, Perfil Paratebuena-Cundinamarca, 2005)*

Este panorama de desarrollo muestra una gran oportunidad de mejora en la tecnificación de cultivos, incremento de la industria en los centros urbanos, aumento del producto piscícola; desde luego orientando y capacitando sobre el mantenimiento bobino, el medio ambiente y las tecnologías asociadas a este gremio, todos estos planes buscan el incremento de empleo y oportunidades de crecimiento de la población; se puede deducir que para llevar a cabo estos objetivos es indispensable contar con un servicio de energía eléctrico confiable y óptimo, que permita la transferencia tecnológica y su implementación sin restricciones o limitaciones, que contribuya al uso de mecanismos agropecuarios y que contribuya a los proyectos ecoturísticos en la región.

El pensamiento local de ampliar la cobertura del servicio de energía en las zonas rurales y algunas partes del casco urbano donde aún es ausente no está mal, pero es importante detenerse un momento y analizar la calidad del mismo, los impactos negativos en crecimiento, desarrollo y avance social que un mal servicio eléctrico

puede traer, por lo tanto el presente proyecto es pertinente para completar los avances planeados en la alcaldía.

### **1.3 METODOLOGÍA DE MARCO LÓGICO**

El marco de este proyecto tiene como objetivo realizar una inversión en equipos para mejorar la calidad de energía, los cuales darán una solución definitiva a las problemáticas desencadenadas por los bajos niveles de tensión que afronta el municipio de Paratebuena.

Una vez diagnosticado de manera precisa el problema, se determinará el punto exacto en el cual debe llevarse a cabo la instalación de la solución propuesta (Reguladores de Voltaje), el costo estimado para estos reguladores se tendrá en cuenta dentro del estudio económico y técnico.

La empresa de energía Codensa, en el inicio 2016 oficialmente se vio unificada con la conocida Empresa de Energía de Cundinamarca EEC. Con esta situación Codensa paso a ser responsable de brindar un buen servicio de energía a la zona de Cundinamarca, la cual tiene un alto nivel de ruralidad, esto le añade un mayor grado de complejidad cuando de suministrar energía eléctrica se trata.

El proyecto aquí plasmado surge como una necesidad natural y básica de una población, la energía eléctrica, la cual es un requerimiento mínimo en la actualidad para contar con calidad de vida, sin embargo en Cundinamarca aún se cuenta con un 4% de la población sin servicio de electricidad, (DANE, Resultados y proyecciones 2005-2020 del Censo 2005, 2005) y existen zonas en donde el servicio tiene importantes oportunidades de mejora.

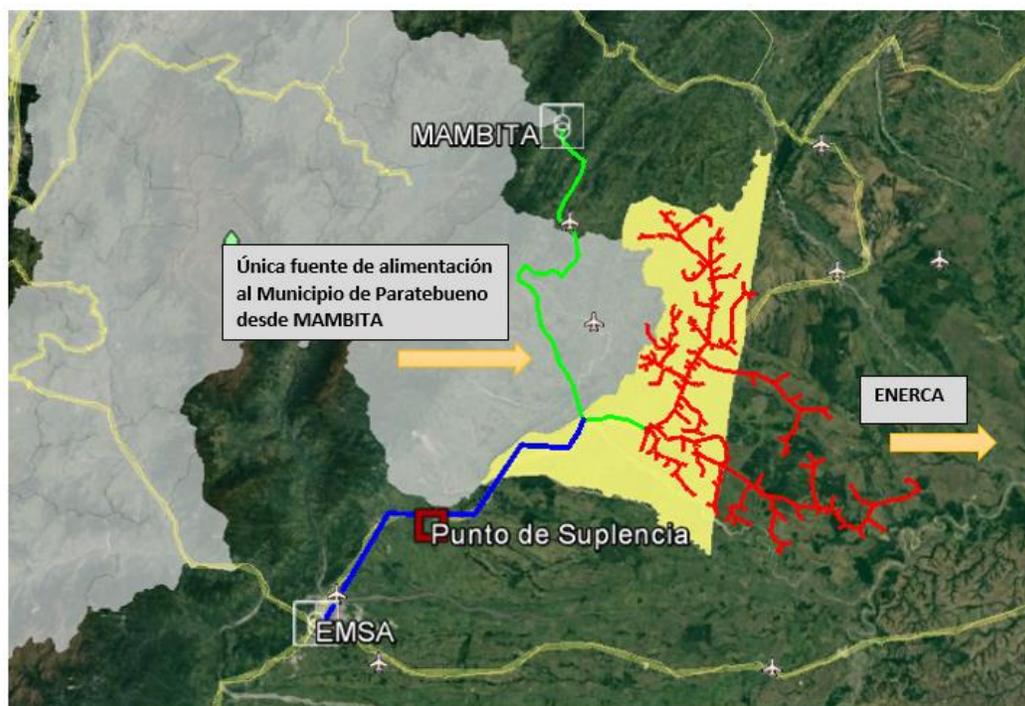
A continuación se presenta a través del enfoque de marco lógico los diferentes elementos importantes alrededor del presente proyecto y se obtendrán bases sólidas que permiten dilucidar la opción más eficiente en todos los aspectos para el municipio de Paratebuena. El ejercicio basado en este enfoque no reemplaza ninguno de los estudios tanto económico como técnico pero si permite esbozar la idea de lo que se espera realizar en el Municipio a través de la metodología de Marco Lógico

#### **1.3.1 ANÁLISIS DEL PROBLEMA**

En concordancia con la introducción, se identifica un problema central en el municipio el cual abarca varias consecuencias derivando en una problemática técnica general:

Baja confiabilidad en el servicio de energía eléctrica en el municipio de Paratebuena.

El municipio de Paratebuena hasta el año 2016 era atendido por la EEC, cuando pasa a ser de Codensa, se detecta casi un año después que la subestación eléctrica que alimenta al municipio con energía, cuenta con muy bajos niveles de tensión de entrada en la subestación (**mala regulación de tensión**), lo cual no garantiza un correcto funcionamiento de los electrodomésticos en la zona, esto debido a que las redes que alimentan la subestación tienen una distancia de 80 Km desde la fuente (indicada en el mapa como MAMBITA) hasta el municipio (realizando el recorrido trazado por la ruta en color verde), tal como se aprecia en la Figura 9. Por esta ruta se encuentran dos subestaciones (MEDINA Y JAPÓN) las cuales tienen suministro de energía a través de un circuito de la electrificadora del Meta EMSA, el cual debido a su mal estado y temas interinstitucionales no funciona en la actualidad. También se evidencia que no hay subestaciones cercanas pertenecientes a Codensa, que permitan en un caso de emergencia brindar respaldo alguno al Municipio (Subestaciones que lleven otro camino de red hasta Paratebuena), las únicas fuentes de respaldo provienen de redes pertenecientes a la Electrificadora del Meta EMSA y a la Electrificadora del Casanare ENERCA. En consecuencia se evidencian **bajos niveles de confiabilidad** para la zona de Paratebuena.



*Figura 9. Red eléctrica del Municipio de Paratebuena. (CODENSA S.A E.S.P, 2017)*

En años anteriores eléctricamente el Municipio era atendido gracias a un tramo de red de 12 Km perteneciente a la Electrificadora del Meta EMSA, con la cual la EEC sostenía un acuerdo comercial informal para atender al municipio de Paratebuena, pero debido al mal estado de dicha red eléctrica, la cual presentaba constantes

fallas, la EEC decidió suspender el acuerdo con EMSA y atender los clientes con otra fuente (la cual funciona actualmente).

Con esta situación Codensa dentro de su plan de Calidad tiene como objetivo primordial mejorar las condiciones de servicio para la zona de Paratebuena, por lo cual el proyecto busca evaluar las alternativas a corto y mediano plazo que den una solución definitiva a la problemática que afrontan los habitantes de la comunidad de Paratebuena.

Codensa actualmente se rige con dos indicadores de nivel internacional, los cuales le permiten a la CREG y a la Superintendencia de servicios públicos identificar la calidad de servicio ofrecida por la empresa y con base a esto incentivar o penalizar. Estos indicadores se conocen como **SAIDI (Indicador de duración de una interrupción percibida por el cliente)** y **SAIFI (Indicador de número de fallas percibida por un cliente en un año)**.

A continuación, se ilustra la matriz de los problemas ya mencionados con sus consecuencias

#### Resumen de problemas:

Inicialmente se enuncian cada uno de los problemas que presenta el Municipio en torno a los bajos niveles de voltaje (tensión), teniendo como problemática central no solamente la tensión, esta información es extraída principalmente de bases de datos de Codensa (CODENSA S.A E.S.P, 2017). Como resultado la Tabla 2 presenta la problemática que encierra los bajos niveles de tensión así como también las causas y consecuencias de la misma

Baja calidad en el servicio de energía eléctrica. / Mala imagen de Codensa entre los clientes de Paratebuena /Perdidas de energía por ilegalidad	Perdidas económicas	Disminución en las ganancias por prestación del servicio de energía	Baja contratación técnica /Despidos regulares en la empresa contratista con Codensa
Aumento de la regulación eléctrica reglamentada en la CREG	Apremios regulatorios por incumplimientos en la calidad	Baja actividad comercial en Paratebuena	Perdidas económicas por compensaciones
Disminución en niveles de tensión en el municipio de Paratebuena	Malos indicadores empresariales e internacionales [SAIDI SAIFI]	Abandono del servicio eléctrico en las viviendas del municipio	Incremento en las denuncias por riesgos eléctricos
Baja confiabilidad en el servicio de energía eléctrica en el municipio de Paratebuena			

Ausencia de reguladores de tensión en el circuito principal	La distancia del circuito alimentador es muy extensa	Corte de alimentación de alterna con la suplencia de la empresa de energía EMSA	Deterioro de equipos y elementos en la red
Falta propuesta técnica para el aumento de la Tensión con reguladores	Falta una subestación intermedia	Ruptura de las relaciones comerciales con la empresa EMSA	Falta mantenimiento correctivo y preventivo de equipos y elementos de la red
Desconocimiento de alternativa de solución con reguladores	No existen circuitos de Codensa que den respaldo a la zona	Redes de EMSA en mal estado	Poca inversión en planes de calidad para el municipio de Paratebueno

Tabla 2. Problemática, causas y consecuencias.

### 1.3.2 ANÁLISIS DE INVOLUCRADOS (STAKEHOLDERS).

El proyecto tiene lugar en un Municipio en donde se tienen involucrados de diferente índole y con diversos intereses, estos involucrados podemos apreciarlos en la Figura 10.

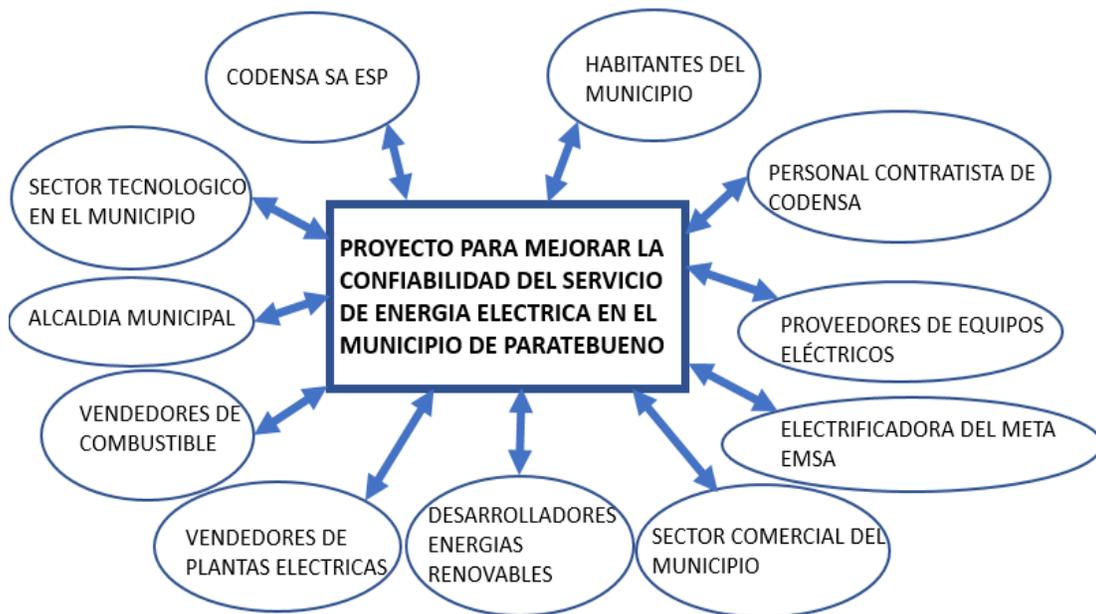


Figura 10. Involucrados del Proyecto.

Para el análisis de involucrados se han tenido en cuenta inicialmente todos aquellos que de alguna manera se ven implicados durante el desarrollo del proyecto y

también posterior a su ejecución (esencialmente los beneficios posteriores serán evidenciados por los habitantes del Municipio, así como al interior de Codensa con una mejora en sus indicadores de calidad de servicio).

Una vez realizada una clasificación más específica de los involucrados obtenemos la siguiente tabla, la cual indica la posición que estos tendrán en el proyecto de acuerdo con los beneficios que cada uno obtendrá, tal como se evidencia en la Tabla 3.

<b>Involucrado</b>	<b>Tipo de Beneficio</b>
Empresa de Energía Codensa	DIRECTO POSITIVO
Habitantes del municipio Paratebuena	DIRECTO POSITIVO
Personal contratista de CODENSA	INDIRECTO
Proveedores de equipos	INDIRECTO
Empresa de Energía EMSA	INDIRECTO
Sector comercial de Paratebuena	INDIRECTO
Sector tecnológico del municipio	INDIRECTO
Alcaldía municipal	EXCLUIDOS / NEUTRALES
Vendedores de combustible	PERJUDICADOS / OPONENTES POTENCIALES
Proveedores de plantas eléctricas	PERJUDICADOS / OPONENTES POTENCIALES
Desarrolladores de energías alternativas	PERJUDICADOS / OPONENTES POTENCIALES

*Tabla 3. Análisis de involucrados.*

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, el proyecto buscará mejorar la calidad de un servicio público, lo cual da como máximos beneficiarios a los habitantes del municipio, ya que, gracias al proyecto, se les podrá garantizar una mejor calidad.

Por su parte Codensa por ser una empresa de servicios públicos tiene dentro de su misión y razón de ser, el suministro al cliente del servicio de energía de una manera óptima y responsable, por este motivo la comisión reguladora de energía y gas CREG, a través de la resolución 097 de 2008 y sus posteriores actualizaciones, establecen una serie de reconocimientos a la compañía por cuanto mejor realice sus inversiones en pro de la mejora del servicio que ofrece como empresa comercializadora de energía. Gracias a lo anterior es que en el análisis de

alternativas Tabla 4, se evidencia la diversidad de posibilidades que representan interés para su desarrollo por parte de Codensa, ya que el objetivo es brindar confiabilidad de servicio a la mayor cantidad de usuarios que sea posible con un mismo proyecto.

El personal contratista de Codensa, proveedores de materiales y equipos, los sectores comerciales y tecnológicos del municipio se verán también beneficiados de una manera positiva indirecta. Por su parte la electrificadora EMSA, también se vería beneficiada con una renovación de las relaciones comerciales basadas en mejoras de la red existente que antiguamente daba suministro al Municipio de Paratebuena.

Sin embargo, involucrados como los vendedores de plantas eléctricas, combustible, las empresas que ofrecen soluciones con energías renovables se verán perjudicados con el proyecto ya que sus servicios y productos perderán importancia con la existencia de un servicio confiable de energía eléctrica, sin embargo seguirían siendo una opción en la comunidad.

### **1.3.3 ÁRBOL DE PROBLEMAS**

Una vez definida como matriz los problemas presentados en relación a la confiabilidad, se procede a realizar el árbol de problemas en la Figura 11, identificando en el centro la condición más relevante que se va a mejorar según las causas y consecuencias.

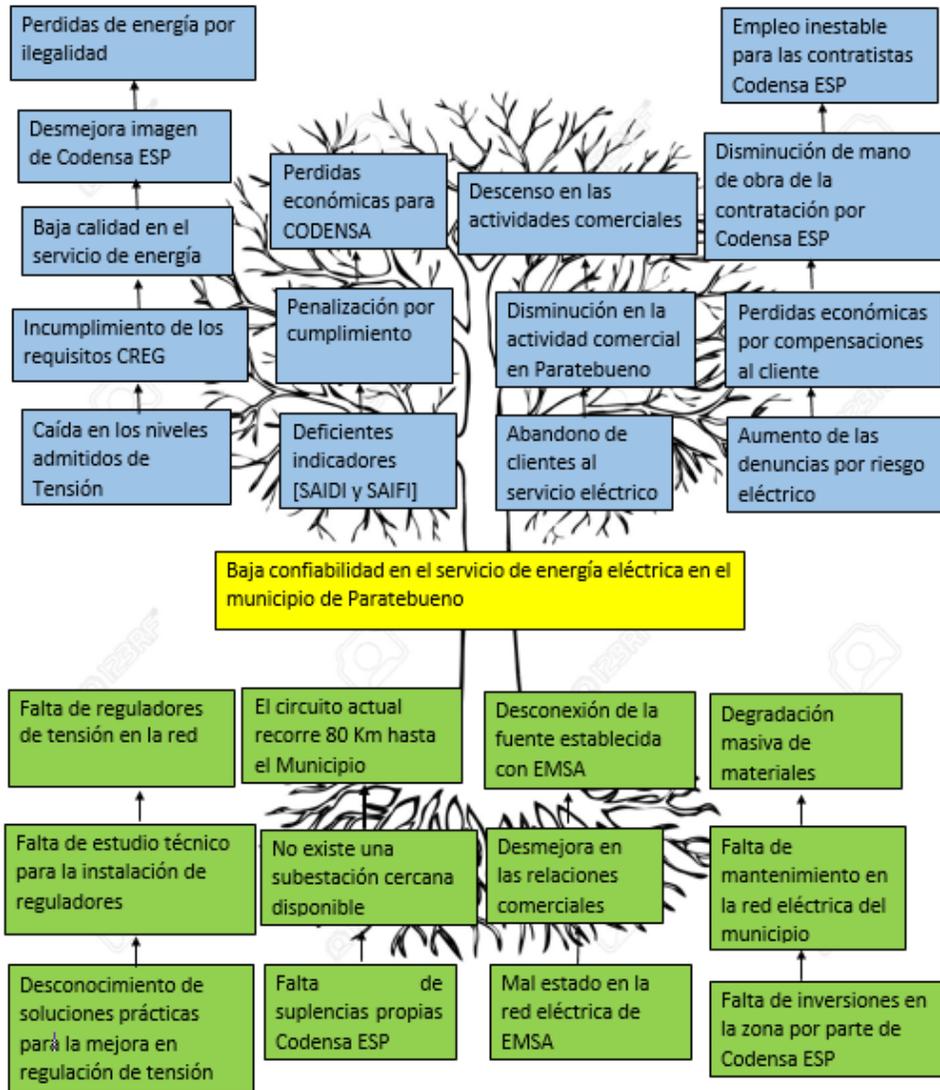


Figura 11. Árbol de Problemas.

### 1.3.4 ÁRBOL DE OBJETIVOS

Una vez definida la matriz y árbol de problemas, se procede a transformarlo en un árbol de objetivos, como el presentado en la Figura 12, el cual permite realizar una acertiva identificación del objetivo, desde los medios hasta los fines.

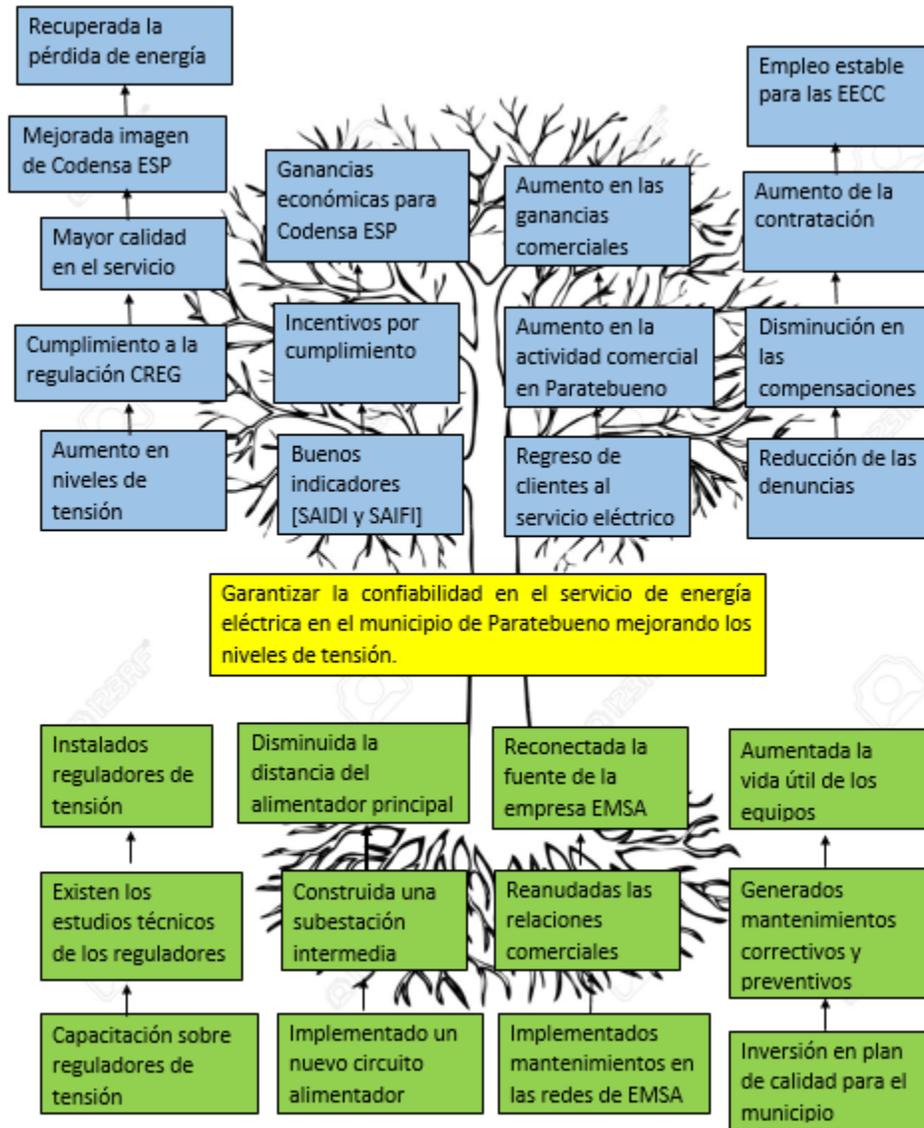


Figura 12. Árbol de objetivos.

### 1.3.5 SELECCIÓN DE LA ESTRATEGIA Y ESTRUCTURA ANALÍTICA DEL PROYECTO

Luego de la construcción del árbol de objetivos se planea las siguientes alternativas que contribuyen al cumplimiento del proyecto.

Cabe resaltar que las cuatro alternativas tienen una alta viabilidad y podrían llevarse a cabo por Codensa. Sin embargo, dentro del problema analizado, se requiere una solución que cuanto menor tiempo requiera, será mucho mejor. La información que permite ponderar estas alternativas vienen dadas por información de las bases de datos Codensa (CODENSA S.A E.S.P, 2017) y permitieron llegar a los resultados para analizar las alternativas, tal como se aprecia en la Tabla 4 .

CRITERIOS	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3	ALTERNATIVA 4
	Instalación de reguladores de tensión en el circuito principal	Disminuir la distancia del alimentador con una nueva Subestación	Reconexión de alimentación alterna con otro operador con un contrato de conexión	Aumento en la vida útil de equipos y elementos en la red
Coste	Medio	Alto	Alto	Alto
Tiempo	Bajo	Alto	Medio/ Alto	Medio/ Alto
Probabilidad De Alcanzar El Objetivo	Alta	Alta ++	Alta +	Medio/ Alto
Riesgos	Bajos	Medios	Bajos	Medio
Impacto Ambiental	Medio	Medio	Bajos	Medio
Viabilidad	Alta	Alta	Alta	Alta

*Tabla 4. Análisis de alternativas*

Posteriormente se ponderaron las diferentes alternativas teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente. También es de importancia resaltar que la solución buscada tenga unos costes razonables. Se le da gran nivel de importancia al impacto ambiental ya que las intervenciones por parte de Codensa en zona rural, tienen como objetivo realizarse de manera responsable con el medio ambiente, haciendo manejos adecuados de los residuos de materiales que surgen de los trabajos, también mediante el respeto a la vegetación existente en cada zona.

CRITERIOS	Coeficiente	ALTERNATIVA 1		ALTERNATIVA 2		ALTERNATIVA 3		ALTERNATIVA 4	
		Instalación de reguladores de tensión en el circuito principal		Disminuir la distancia del alimentador con una nueva Subestación		Reconexión de alimentación alterna con la red de la empresa de energía EMSA con un contrato de conexión		Aumento en la vida útil de equipos y elementos en la red	
Coste	4	5	20	3	12	4	16	4	16
Tiempo	5	4	20	2	10	3	15	3	15
Probabilidad De Alcanzar El Objetivo	4	4	16	5	20	5	20	4	16
Riesgos	3	3	9	3	9	2	6	2	6
Impacto Ambiental	4	3	12	3	12	3	12	3	12
Viabilidad	4	4	16	5	20	4	16	4	16
<b>TOTAL</b>			<b>93</b>		<b>83</b>		<b>85</b>		<b>81</b>

*Tabla 5. Selección de Alternativa*

Una vez realizada la ponderación de las alternativas, llevando las cualidades mencionadas en la Tabla 4 a números se obtienen los resultados plasmados en la Tabla 5 y se encuentra que llevar a cabo la instalación de reguladores es la mejor alternativa teniendo en cuenta los requerimientos de tiempos, costes, impactos, viabilidad y probabilidad de alcanzar el objetivo de mejorar la confiabilidad del servicio eléctrico en Paratebueno.

### 1.3.6 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS ALTERNATIVAS

- Instalación de reguladores de tensión en la Subestación existente de Paratebueno la cual elevaría los actualmente bajos niveles de tensión a niveles aceptables.

<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>* Esta solución podría llevarse a cabo en un plazo de 6 a 12 meses.</li> <li>* Es una solución ideal para la mejora de los niveles de tensión por su característica de autotransformador.</li> <li>* Económicamente es la solución más adecuada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* El equipo no se fabrica en Colombia, por tal motivo sería importado, en caso de garantía el equipo tendría demoras para entrar en operación nuevamente.</li> <li>* Si en proyectos futuros se llegara a requerir una subestación, se tendría que prescindir de los reguladores o buscar su reubicación.</li> </ul>

- Construcción de una subestación intermedia la cual permitirá reducir las distancias entre la fuente de energía y las cargas que actualmente son más, lejanas.

<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>* Es una solución al problema de niveles de tensión.</li> <li>* Permite dar un mejor servicio no solo a PARATEBUENO sino a toda la zona circundante.</li> <li>* Garantizará la atención de la demanda de cargas futuras en la zona.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Este proyecto tiene un costo muy elevado ya que la demanda de energía no garantiza un retorno en la inversión inferior a 20 años.</li> <li>* Este proyecto puede tardar de 8 a 10 años en materializarse, lo cual es un largo tiempo.</li> <li>* Presenta un impacto ambiental de alto riesgo</li> </ul>

- Acordar una frontera comercial con la empresa EMSA la cual permita tener un suministro de energía desde un punto alterno el cual contara con un servicio adecuado de energía.

<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>* Esta solución podría llevarse a cabo en el plazo de un año.</li> <li>*Fortalece relaciones comerciales con otros operadores de red.</li> <li>* A futuro si se dan otros proyectos para suministrar energía a la zona, este sería un importante punto de respaldo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Se tendría dependencia de las acciones sobre las redes propias de EMSA.</li> <li>* Existe la posibilidad de que la parte comercial de EMSA no esté interesada en dar lugar a una frontera comercial.</li> </ul>

### 1.3.7 MATRIZ DE MARCO LÓGICO

Como resultado del análisis anterior se llega a la Tabla 6, la cual vislumbra la matriz de marco lógico con la cual se trabaja el proyecto.

5. MATRIZ DE MARCO LÓGICO				
	NIVEL DE OBJETIVO	INDICADOR	MEDIOS DE VERIFICACIÓN	SUPUESTOS
FIN	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aumento en los niveles de tensión</li> <li>2. Mejora los indicadores empresariales</li> <li>3. Regreso de clientes al uso de servicio eléctrico</li> <li>4. Reduce las denuncias de la comunidad</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Niveles de tensión entre 110 V y 120 V</li> <li>2. SAIDI Y SAIFI menores al promedio</li> <li>3. Aumento de facturación en un 30%</li> <li>4. Reducción de un 50% de las denuncias</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Documento de medidas técnicas</li> <li>2. Cálculos de SAIDI Y SAIFI</li> <li>3. Informe comercial</li> <li>4. Informe atención a comunidades</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Clientes satisfechos con la calidad del servicio</li> <li>2. Incentivos económicos por regulación</li> <li>3. Mayores ganancias por uso masivo del servicio</li> <li>4. Mitigación de los riesgos eléctricos en la zona</li> </ol>
PROPOSITO	Garantizar la confiabilidad en el servicio de energía eléctrica en el municipio de Paratebuena mejorando los niveles de tensión.	Disminución en el porcentaje de regulación <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Regulación &lt;= 11% el 1er año</li> <li>2. Regulación &lt;= 8% el 2do año</li> <li>3. Regulación &lt;= 5% el 3er año</li> </ol>	1. Documento regulatorio de la compañía	1. La regulación bajo y esta en los niveles permitidos por la CREG
COMPONENTE	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Instalar reguladores de tensión</li> <li>2. Disminuir la distancia del alimentador principal</li> <li>3. Reconectar la suplencia de la empresa EMSA</li> <li>4. Aumentar la vida útil de los equipos</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Niveles de tensión suben 15%</li> <li>2. Recorte del 50% en la distancia del alimentador</li> <li>3. Suplencia activa al 100%</li> <li>4. Remodelación esperada del 30%</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Documento de obra y equipos en terreno</li> <li>2. Informe de obra y registro fotográfico</li> <li>3. Contrato pactado con la empresa EMSA</li> <li>4. Plan de mantenimiento</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Inversión y aprobación de la instalación</li> <li>2. Inversión y aprobación de la obra</li> <li>3. Acuerdo favorable con la empresa EMSA</li> <li>4. Aprobación del plan de mantenimiento</li> </ol>
ACTIVIDAD	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.1 Recopilar la información técnica de los reguladores</li> <li>1.2 Compilar y organizar un documento técnico-financiero</li> <li>1.3 Realizar cálculos para adquirir los reguladores</li> <li>1.4 Capacitar a la compañía sobre reguladores</li> <li>2.1 Recorrer el circuito alimentador</li> <li>2.2 Realizar un estudio de factibilidad para la construcción</li> <li>2.3 Entregar una propuesta para la construcción y remodelación</li> <li>2.4 Analizar futuros proyectos con problemáticas similares</li> <li>3.1 Recorrer los circuitos suplentes</li> <li>3.2 Dictaminar el mantenimiento posible</li> <li>3.3 Reunir a los interesados de la empresa EMSA</li> <li>3.4 Acordar los términos para la reconexión de la suplencia</li> <li>3.5 Realizar un pacto equitativo entre empresas</li> <li>4.1 Realizar levantamiento del circuito actual</li> <li>4.2 Establecer los planes de mejora correctivos y preventivos</li> <li>4.3 Presentar el proyecto a los directivos de la compañía</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.1 \$300.000</li> <li>1.2 \$200.000</li> <li>1.3 \$300.000</li> <li>1.4 \$200.000</li> <li>2.1 \$300.000</li> <li>2.2 \$500.000</li> <li>2.3 \$250.000</li> <li>2.4 \$200.000</li> <li>3.1 \$200.000</li> <li>3.2 \$300.000</li> <li>3.3 \$400.000</li> <li>3.4 \$200.000</li> <li>3.5 \$200.000</li> <li>4.1 \$500.000</li> <li>4.2 \$400.000</li> <li>4.3 \$200.000</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.1 Documento e investigación</li> <li>1.2 Propuesta técnico-financiera</li> <li>1.3 Hojas de cálculo y fichas técnicas</li> <li>1.4 Acta de participación</li> <li>2.1 Documento y fotografías</li> <li>2.2 Informe de factibilidad técnica</li> <li>2.3 Propuesta técnico-financiera</li> <li>2.4 Documento evaluación final</li> <li>3.1 Documento y fotografías</li> <li>3.2 Informe de mantenimientos</li> <li>3.3 Acta de participantes</li> <li>3.4 Documento de pre acuerdo</li> <li>3.5 Contrato entre empresas de energía</li> <li>4.1 Documento con soporte fotográfico</li> <li>4.2 Informe de mantenimientos correctivos y preventivos</li> <li>4.3 Acta de asistentes</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.1 Información accesible y entendida</li> <li>1.2 Aprobación del Documento</li> <li>1.3 Revisión de cálculos y equipos</li> <li>1.4 Aceptación de los reguladores</li> <li>2.1 Vías y clima favorable</li> <li>2.2 Aprobación de la factibilidad</li> <li>2.3 Aceptación de la Propuesta técnico-financiera</li> <li>2.4 Acceso a la información histórica</li> <li>3.1 Terrenos favorables y acompañamiento</li> <li>3.2 Aprobación del informe de mantenimientos</li> <li>3.3 Asisten a las reuniones</li> <li>3.4 Comun acuerdo entre las partes</li> <li>3.5 Firma de contrato</li> <li>4.1 Acceso, acompañamiento y recurso</li> <li>4.2 Aprobación del informe de mantenimientos correctivos y preventivos</li> <li>4.3 Inversión en el plan de actividad</li> </ol>

Tabla 6. Matriz de Marco Lógico

### **1.3.8 RESUMEN NARRATIVO DE OBJETIVOS Y ACTIVIDADES**

Con la alternativa seleccionada realizamos a continuación el resumen narrativo de objetivos y actividades, dentro del resumen narrativo podemos evidenciar la presencia de la alternativa seleccionada de la matriz de marco lógico **.Aumento en los niveles de tensión**, con la cual se podrá garantizar la confiabilidad en el municipio de Paratebuena. La codificación será correspondida en cada una de las matrices a través de su numeración. Ejemplo: la Actividad 1.1 Recopilar la información técnica de los reguladores se evidencia con el mismo numeral en las otras matrices.

#### **1.3.8.1 INDICADORES**

Para validar el cumplimiento de lo establecido dentro del resumen narrativo se ha decidido plantear lo siguientes indicadores, SAIDI y SAIFI, los cuales deben cumplir las metas corporativas para obtener incentivos por compensaciones debido a la calidad del servicio.

#### **1.3.8.2 MEDIOS DE VERIFICACIÓN**

La verificación de los indicadores tendrá fuentes de diversas características, se tendrán documentos de mediciones técnicas, bases de datos de fallas (SAIDI Y SAIFI), información comercial y demás fuentes que garantizan la correcta relación con los indicadores propuestos.

#### **1.3.8.3 SUPUESTOS**

Ahora se tienen en cuenta todos aquellos sucesos necesarios para que el proyecto tenga éxito, sin embargo, estos sucesos no se encuentran bajo un control directo del proyecto.

Finalizado el proceso del enfoque de marco lógico, podemos concluir que la alternativa ideal corresponde a la instalación de reguladores de tensión, la cual de acuerdo con lo registrado dentro de las matrices tendrá como indicadores principales aquellos asociados con la calidad del servicio en la zona, estos indicadores correspondientes a la duración y frecuencia de interrupciones en el servicio y los adecuados niveles de tensión para operación de equipos (electrodomésticos, iluminación, riego, comunicaciones, entre otros)

## **2. ESTUDIO DE MERCADO**

El presente estudio de mercado localiza el comportamiento del mercado del servicio de energía eléctrica en el municipio de Paratebuena, definiendo inicialmente la demanda actual del Municipio bajo las condiciones de baja tensión eléctrica, con esto se presenta la demanda potencial cualitativa y cuantitativa proyectada en los próximos cinco años.

## 2.1 IDENTIFICACIÓN DEL MERCADO

El mercado de electricidad de Paratebuena hasta el año 2016 fue atendido por la empresa de energía de Cundinamarca EEC. Una vez este mercado pasó a manos de Codensa, se presentó un importante reto en cuanto a mejorar la calidad de servicio público de electricidad, el cual afectaba la totalidad del mercado atendido en Paratebuena tanto industrial, residencial y comercial.

La energía eléctrica es un **servicio público** que se ha convertido en un elemento esencial para garantizar la calidad de vida del país y el mundo, Codensa como distribuidor y comercializador de energía en Paratebuena, se encuentra regulado por la resolución CREG 015 de 2018, la cual establece los indicadores mínimos de calidad de servicio que debe ofrecer. Esta resolución incentiva las buenas inversiones y castiga económicamente las faltas en las que incurra el distribuidor.

Por otro lado este estudio permitió identificar la energía no suministrada que se estaba dejando de vender a causa de los bajos niveles de tensión eléctrica.

## 2.2 DEMANDA ACTUAL. SITUACIÓN DEL MERCADO

Paratebuena tiene niveles de tensión muy por debajo de lo admisible para cualquier equipo eléctrico y/o electrónico, estos equipos tales como televisores, computadores, hornos microondas, estufas eléctricas entre otros. En la actualidad el municipio se encuentra alimentado a través de dos circuitos provenientes de la subestación del pueblo y que proveen las siguientes cantidades de energía promedio al año; para obtener un promedio de energía estimada se obtiene primero la información asociada a la corriente directamente del repositorio de información de la empresa Codensa, tal como se aprecia en la Tabla 7.

<b>Circuitos PARATEBUENO</b>	<b>Consumo Promedio (A/h)</b>
<b>Circuito 1</b>	17,03
<b>Circuito 2</b>	16,19
<b>Demanda Total en Amperios</b>	<b>33,23</b>

*Tabla 7. Consumo promedio de corriente por hora en Paratebuena en 2017.  
(CODENSA S.A E.S.P, 2017)*

Estos promedios en el consumo fueron obtenidos de la medición hora a hora realizada por el sistema de distribución de la compañía durante el año 2017. La Figura 13 permite evidenciar el comportamiento en dicho consumo de manera

mensual indicando un consumo máximo de energía en el mes de Diciembre de aproximadamente 0.30 GWh/mes tanto para el circuito 1 como el circuito 2.

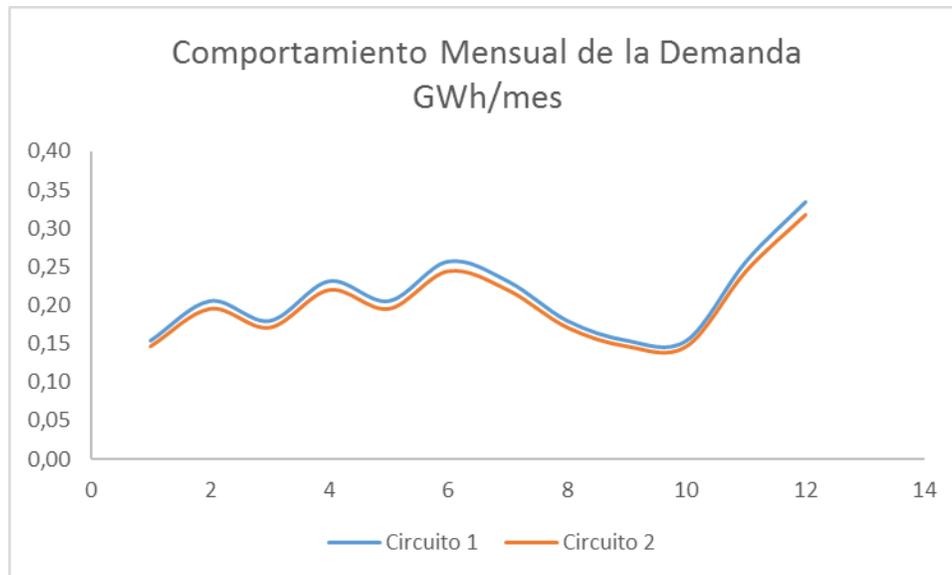


Figura 13. Comportamiento Mensual de la Demanda en GWh/ mes. (CODENSA S.A E.S.P, 2017)

Con el consumo de corriente promedio durante un mes se obtuvo mediante análisis de circuitos la potencia aparente consumida o demandada, tal como se establece en la **Ecuación 1**.

**Ecuación 1**  $Potencia\ aparente\ S = Tensi\acute{o}n\ del\ circuito * Corriente * Raiz\ (3)$

Es importante tener claro que los consumos a continuación están asociados a un bajo nivel de tensión en el Municipio de Paratebueno. En un escenario normal, la tensión sería de 13.2 kV en el primario de los transformadores, pero con la problemática la tensión llega inclusive a 11.22kV. La Tabla 8 presenta la demanda promedio de corriente y de potencia aparente bajo las condiciones actuales (tensión de 11.2 kV) Tabla 8 Potencia Aparente Demandada real.

Circuitos PARATEBUENO	Consumo Promedio (A/h)	Demanda promedio de Potencia Aparente (kVA)
Circuito 1	17,03	331,0
Circuito 2	16,19	314,6
<b>Total</b>	<b>33,22</b>	<b>645,6</b>

Tabla 8 Potencia Aparente Demandada real.

Paratebueno en promedio presenta consumos de potencia de 646 kVA, sin embargo, la regulación de Colombia establece una tarifa monomía en la cual se cobra por energía consumida (kWh).

Con esta información de potencia promedio se calculó el promedio de energía consumida en un mes por los habitantes de Paratebueno, teniendo en cuenta que esta energía será medida en kWh. Para este proyecto se tuvo en cuenta un factor de potencia F.P. promedio para Colombia de 0,9 (Castaño, 2009). Bajo este escenario la Demanda promedio de potencia activa se presenta en la Tabla 9

$$Ecuación 2.P \text{ Activa} = \text{Tensión del circuito} * \text{Corriente} * \text{Raiz}(3) * F.P. \text{ (Alexander \& Sadiku, 2006)}$$

Circuitos PARATEBUENO	Consumo Promedio (A/h)	Demanda promedio de Potencia Aparente (kVA)	Demanda promedio de Potencia Activa (kW)
Circuito 1	17,03	331,0	297,9
Circuito 2	16,19	314,6	283,2
<b>Total</b>	<b>33,22</b>	<b>645,6</b>	<b>581,0</b>

Tabla 9. Consumo actual de potencia Activa en Paratebueno.

Un aproximado de 580 kW por hora son consumidos en Paratebueno, de modo consecuente fue obtenida la energía consumida por un mes y por un año en el Municipio, dando lugar a los resultados presentados en la Tabla 10.

Circuitos PARATEBUENO	Demanda promedio de Energía (MWh/Mes)	Demanda promedio de Energía (GWh/Año)
Circuito 1	214,5	2,6
Circuito 2	203,9	2,4
<b>Total</b>	<b>418,3</b>	<b>5,0</b>

Tabla 10 . Energía consumida por mes y por año en Paratebueno.

Solamente para dar una noción en el contexto de consumo de energía nacional, Colombia por recursos hídricos produce 282 GWh/ día. (XM, 2018), De manera más localizada Codensa vende 40,2 GWh/ día que son demandados en Bogotá y Cundinamarca. (Codensa S.A E.S.P, 2018)

### 2.3 DEMANDA Y OFERTA POTENCIAL CUALITATIVA

El correcto funcionamiento de electrodomésticos y demás equipos eléctricos en Colombia depende de un nivel de tensión de 120 Voltios con una caída máxima del 2% (117.7V mínimo) de acuerdo a las normas Codensa.

Toda la comunidad necesita electricidad y necesita que esta cuente con los estándares mínimos para un correcto funcionamiento de sus equipos. De la población actualmente atendida por Codensa, toda presenta un potencial de demanda cualitativa ya que su servicio eléctrico está siendo suministrado, pero las cualidades no son las adecuadas para que el servicio pueda satisfacer los requerimientos de cada cliente.

Con el proyecto se busca la mejor atención para los clientes existentes a través de una atención a su demanda cualitativa del servicio ya suministrado. La instalación del equipo regulador permitirá recuperar los niveles de tensión a condiciones aceptables por la normativa Codensa.

## 2.4 DEMANDA Y OFERTA POTENCIAL CUANTITATIVA

En concordancia con la Ecuación 2, si el nivel de tensión es menor, se verá disminuida la potencia consumida y en consecuencia la energía suministrada será menor. Por esta razón se realizó el siguiente análisis en donde se evidencia la energía no suministrada a causa de los bajos niveles de tensión.

Si la tensión de la red estuviera nivelada el escenario de consumo de energía mensual y anual sería el establecido en la Tabla 11.

<b>Circuitos PARATEBUENO</b>	<b>Demanda promedio de Energía (MWh/Mes)</b>	<b>Demanda promedio de Energía (GWh/Año)</b>
<b>Circuito 1</b>	252,3	3,0
<b>Circuito 2</b>	239,9	2,9
<b>Total</b>	<b>492,2</b>	<b>5,9</b>

*Tabla 11. Demanda mensual y anual en GWh.*

Se analizó detalladamente el consumo mensual de cada circuito evidenciando que el máximo consumo de energía se presenta en Diciembre, sin embargo la energía consumida alcanza los 0.39 GWh/ mes con respecto a los 0.34 GWh/ mes de la situación actual.

En el año esta diferencia se convierte en 0.9 GWh adicional de energía que actualmente no se está suministrando al municipio de Paratebueno y que en cuanto a beneficio para los habitantes y para la compañía, es necesario recuperar. La Figura 14, permite ver el comportamiento en el consumo de energía durante el año en un escenario con proyecto y sin proyecto.

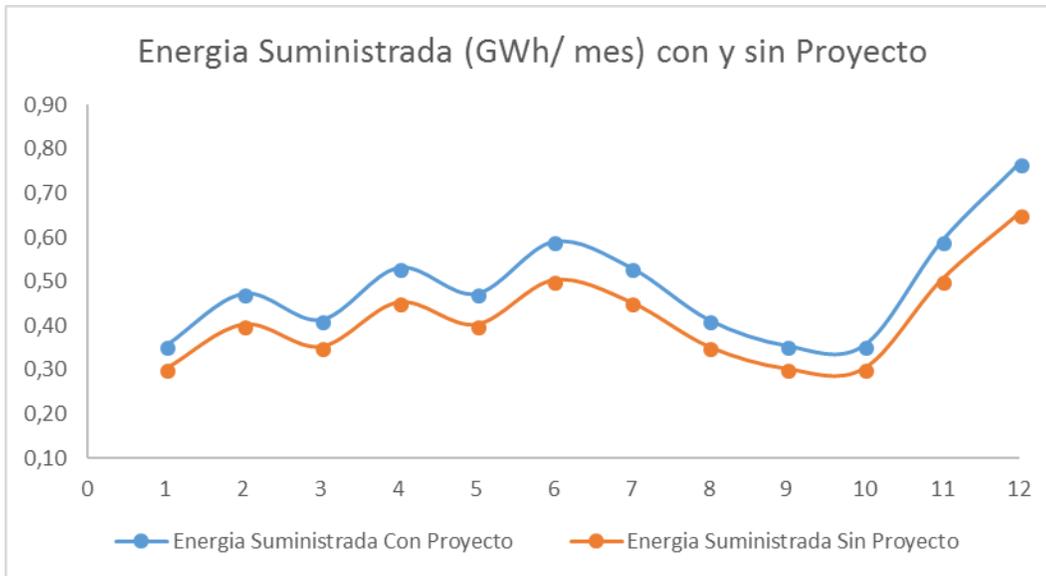


Figura 14. Demanda suministrada con y sin proyecto.

## 2.5 CRECIMIENTO ESPERADO EN LA DEMANDA

Codensa anualmente establece modelos para definir el crecimiento esperado de la red, estos crecimientos varían de acuerdo a los planes de crecimiento municipal, nacional y al desarrollo histórico y actual que presentan cada zona. Paratebueno en el año 1 quedo proyectado con un crecimiento anual de 0.34% en su demanda hasta el año 5, por lo cual se estableció el comportamiento en la demanda durante los próximos años, representado en la Figura 15

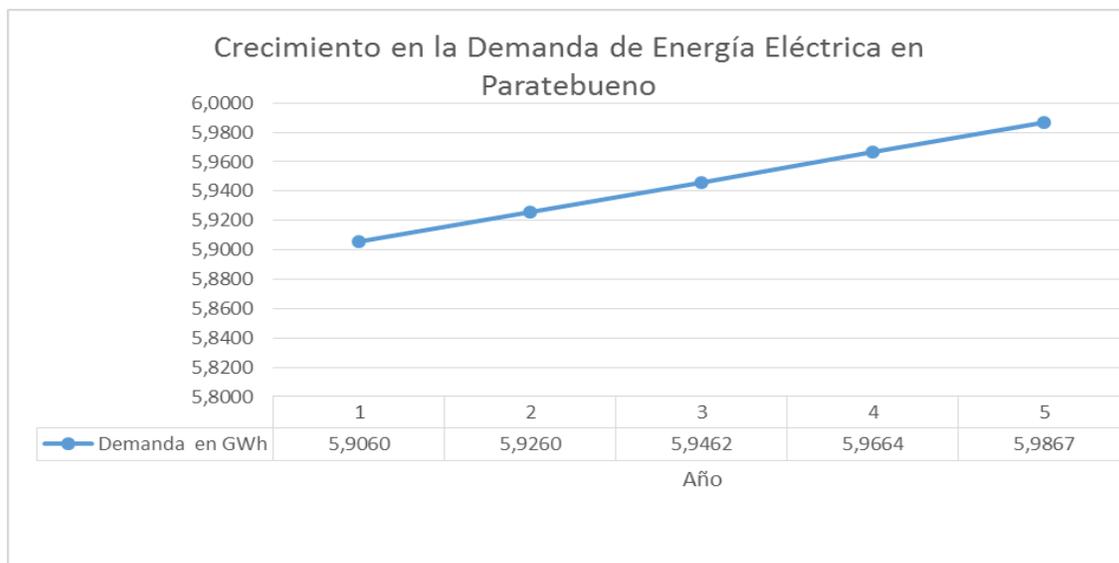
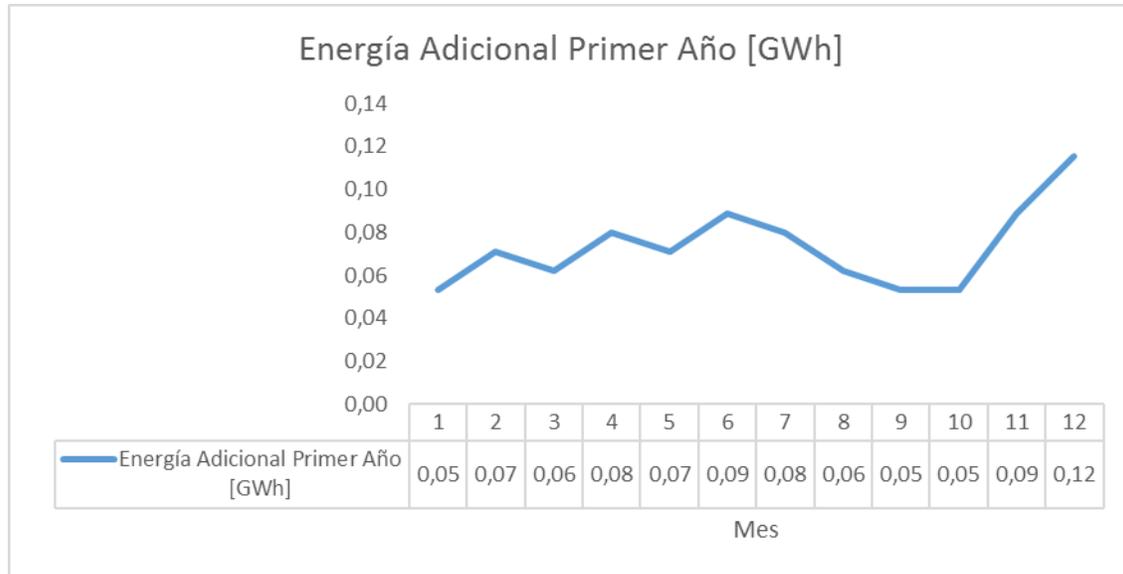


Figura 15. Crecimiento esperado de la demanda 2018-2022

## 2.6 PROYECCIÓN DE VENTAS

Para el primer año luego de la instalación de los reguladores se espera obtener de manera inmediata la mejora cualitativa en el servicio de energía eléctrica, por su parte la energía que podrá ser vendida se proyecta mensualmente de acuerdo al consumo histórico que ha presentado el Municipio y que pudo evidenciarse en la Figura 14. Por su parte se puede evidenciar en la Figura 16 la mensualización de la energía a vender durante el primer año de proyecto.



*Figura 16. Energía Vendida en el primer año.*

El estudio financiero junto con las proyecciones anuales aquí presentadas conforman los ingresos año a año con los que se calculó el proyecto.

## 3. ESTUDIO TÉCNICO Y AMBIENTAL

Para el proyecto es necesario conocer la tecnología de los reguladores de tensión, la estructura, el funcionamiento y la aplicación en los circuitos eléctricos de distribución de energía, además interpretar la problemática del municipio Paratebueno a partir de las simulaciones con el fin de comprender la necesidad y prioridad de instalar dichos equipos y el impacto ambiental que este proyecto pueda tener sobre el municipio y sus habitantes

### 3.1 TÉRMINOS CLAVES

Con el fin de entender mejor el funcionamiento de la solución propuesta para el municipio de Paratebueno, se definieron los siguientes conceptos que son necesarios para un análisis técnico de la instalación de reguladores.

**Suplencia:** Para el presente documento entiéndase suplencia como el respaldo que brinda un circuito para tomar la carga de otro. Ejemplo: El circuito uno tiene suplencia con el circuito dos, esto quiere decir que el circuito dos está en la capacidad de atender parcial o totalmente la carga atendida por el circuito uno.

**Arrollamiento:** Cable arrollado alrededor de un núcleo (Bobina).

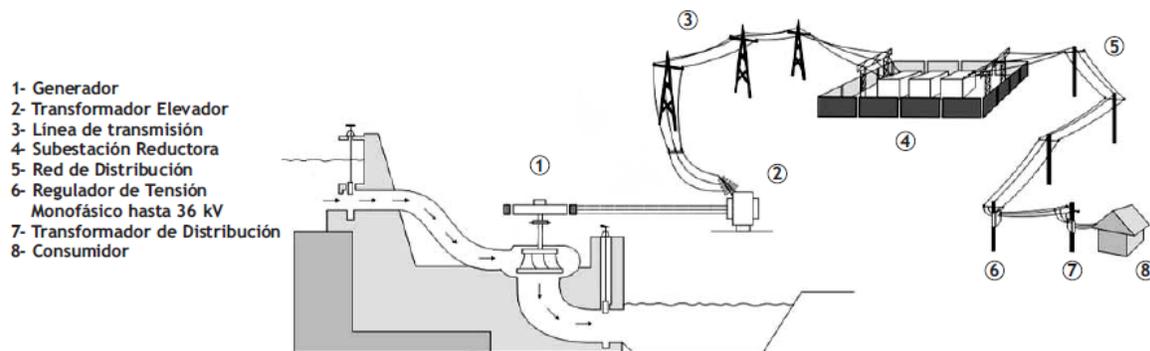
**Tensión:** Nivel de voltaje, para el municipio de Paratebueno 13,2 kV.

**Reactor:** Divisor de tensión en el regulador.

**Regulador:** Equipo que eleva o reduce la tensión de entrada de forma automática.

**Autotransformador:** Equipo para elevar o reducir la tensión.

**Esquema transmisión y distribución de la energía eléctrica:** La Figura 17, permite visualizar las cadenas de valor inmersas desde la generación hasta la comercialización de la energía eléctrica.



*Figura 17. Red eléctrica Básica*

De acuerdo con la Figura 17 se pueden identificar los procesos necesarios para proveer de energía eléctrica a una población:

1. Se realiza una generación de energía en este caso hidroeléctrica.
2. Un transformador eleva la tensión para evitar pérdidas en la transmisión.
3. Se transporta la energía a subestaciones locales.
4. Se reduce la tensión en estas subestaciones para ser distribuida en poblaciones.
5. Se distribuye la energía a los transformadores finales de poste.

6. En estos transformadores se reduce nuevamente la tensión a niveles más seguros de manipulación y de uso comercial.
7. Se usan estructuras de paso para llegar a las viviendas de los clientes.
8. Finalmente el suministro de energía eléctrica ha llegado al consumidor final.

En ciertos circuitos no es posible llegar al usuario con un nivel de tensión óptimo (120 voltios), por lo tanto la alternativa de solución más acertada es instalar los reguladores de tensión, para garantizar el voltaje adecuado en el consumo cotidiano.

Para comprender el funcionamiento de los reguladores de tensión es importante conocer o familiarizarse con el término **autotransformador**, ya que trabajan de formas similares; aunque sus diferencias son pocas se debe resaltar la ventaja de los reguladores en cuanto mantener los niveles de tensión de forma automática.

### 3.2 AUTOTRANSFORMADOR

El autotransformador es un caso particular del transformador convencional (Dos Bobinados Independientes Primario – Secundario), cuenta con un solo bobinado arrollado en un núcleo y dispone de cuatro bornes de conexión, dos para la entrada y dos para la salida. La Figura 18 y la Figura 19, permiten identificar la diferencia pequeña pero esencial entre la operación de un Transformador y el Autotransformador

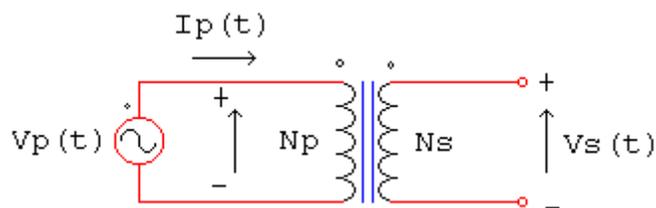


Figura 18. Diagrama del Transformador

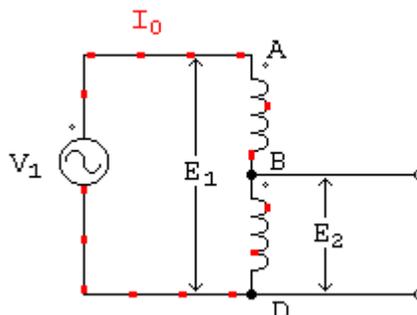


Figura 19. Diagrama del Autotransformador.

El objetivo del autotransformador mostrado en la Figura 19, es tomar una tensión de entrada  $V_1$  y elevarla o reducirla en relaciones cercanas al 2:1, por ejemplo sistemas eléctricos con tensiones de 400kV / 230kV o 138kV / 66kV.

Dependiendo de la configuración de las bobinas se obtiene el autotransformador con alguna de las funciones; de reducción o elevación de acuerdo a la

Figura 20 y Figura 21

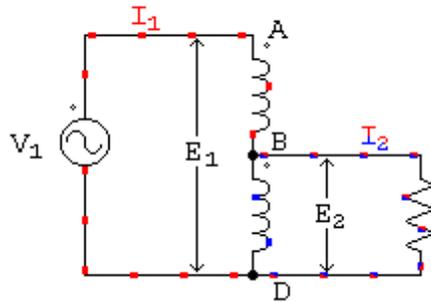


Figura 20. Autotransformador Reductor.

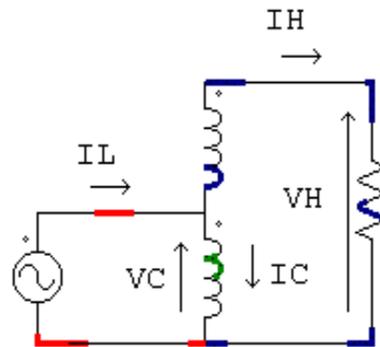


Figura 21. Autotransformador Reductor

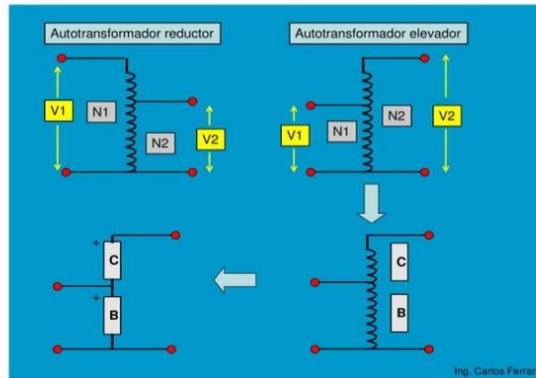


Figura 22.. Bobinas B y C

### 3.3 REGULADOR

Como ya se mencionó anteriormente el funcionamiento del regulador de tensión es semejante al de un autotransformador, según la Figura 22 y la Figura 23, se toma los arrollamientos o bobinas como B y C para explicar las partes que componen un regulador y su funcionamiento, la conexión eléctrica del regulador es la siguiente:

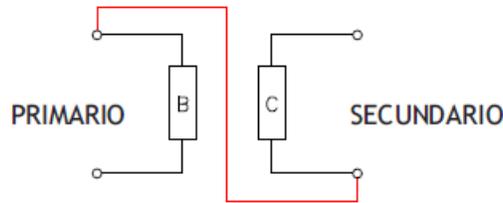


Figura 23 . Conexión regulador

Existen 2 posibles conexiones eléctricas entre los arrollamientos B y C que convierten el regulador en elevador o reductor. La Figura 24, indica como la configuración del bobinado convierte al equipo en un elevador, mientras que la Figura 25, indica cómo se conecta el equipo para su funcionamiento como reductor de tensión.

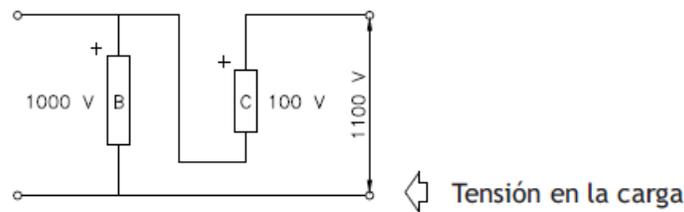


Figura 24. Configuración como elevador

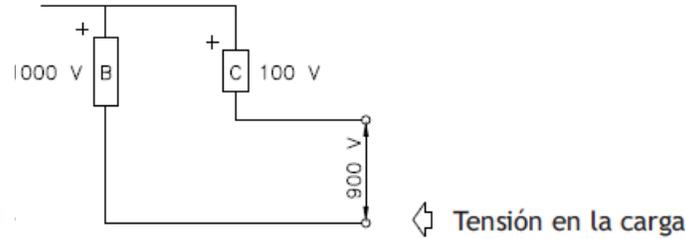


Figura 25. Configuración como reductor

Lo que determina la conexión eléctrica para que el autotransformador funcione como reductor o elevador es la polaridad de las bobinas. Si se adiciona un interruptor inversor de la polaridad como el de la Figura 26, en el regulador se logra que el autotransformador actúe como elevador y reductor según las señales o comportamientos de la carga, el inversor de polaridad es el siguiente:

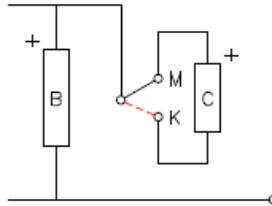


Figura 26. Inversor de polaridad

Al agregar tap's a la bobina "C", se pasa a tener diferentes niveles de tensión tal como se puede ver en la Figura 27.

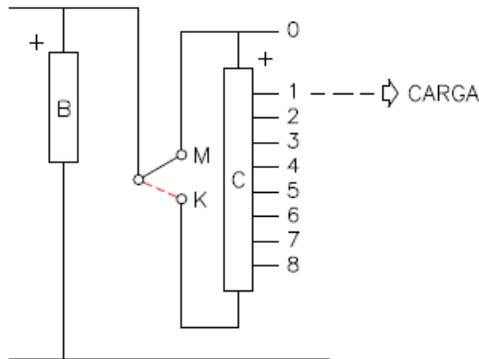


Figura 27. Bobina C agregando Tap's

Luego, si la carga está conectada en el tap 1 y necesitamos cambiar su conexión en el tap 2, tenemos que interrumpir el circuito, es decir, desenergizar el regulador. Para que no ocurra eso, la solución es agregar un reactor al circuito que por medio de sus terminales permita conectar la carga en otro nivel de tensión sin desconectar el servicio. La inclusión del reactor en el regulador se evidencia en la Figura 28

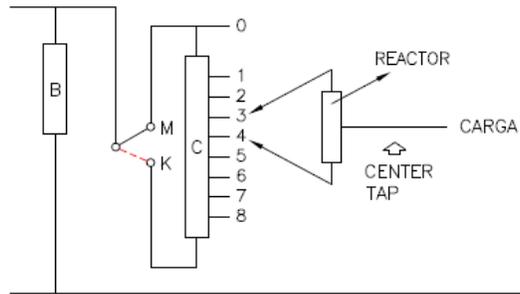


Figura 28. Reactor del regulador

Para precisar las funciones del reactor con mayor detalle se presenta la Figura 29 y la Figura 30, en donde aparece el reactor, la carga y los diferentes niveles de tensión a los cuales puede operar, posición 0 o neutral y la posición 1.

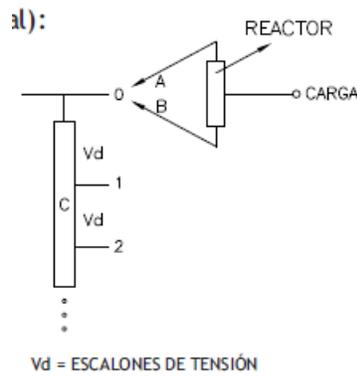


Figura 29. Considerando el reactor en la posición 0 (neutral)

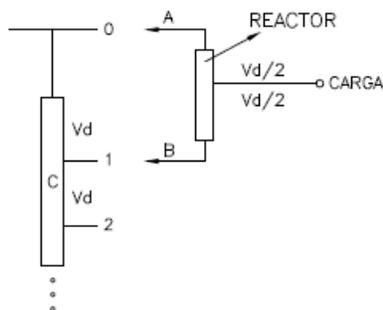
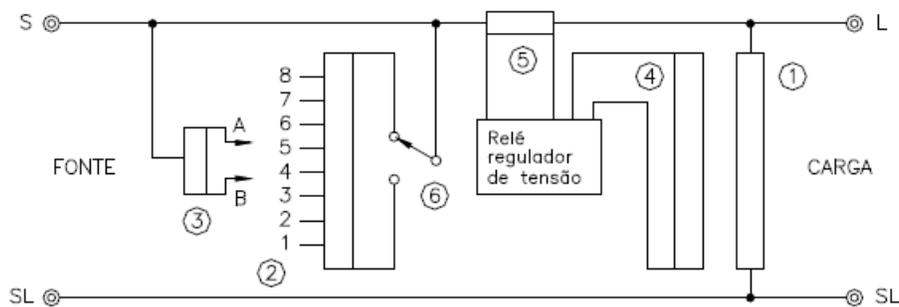


Figura 30. Considerando el reactor en la posición 1 del Tap

La tensión que se aplica a los terminales del reactor es  $V_d$ , pero la tensión en la carga aumentará o disminuirá en la proporción de  $V_d/2$ , debido al tap central, lo que explica que el reactor es un divisor de tensión (Alexander & Sadiku, 2006).

### 3.4 FUNCIONAMIENTO GENERAL DEL REGULADOR

Una vez definida la base fundamental para el funcionamiento eléctrico del regulador, se presenta a continuación como es su comportamiento integrándolo a la red eléctrica para elevar o reducir la tensión, tal como se evidencia en la Figura 31.



*Figura 31. Funcionamiento del regulador*

El arrollamiento 1, denominado embobinado de excitación (embobinado B), induce una tensión en el embobinado 2 (embobinado C), también conocido como embobinado de “tap’s” o regulación. En la Figura 31 el TP4 (transformador de potencial) instalado en el lado de la carga envía una señal para el control regulador de tensión que posiciona los terminales A y B del reactor 3 en la posición adecuada para mantener la tensión en la carga constante. El interruptor inversor de polaridad que se muestra en 6 determinará si el regulador eleva o reduce la tensión; el control es realizado por el control regulador. El TC5 (transformador de corriente) instalado en el lado de la carga enviará al control regulador una señal de carga de la línea, lo que permite compensar las caídas de tensión que ocurran en el sistema (TOSHIBA, 2012).

De acuerdo con lo anterior es posible afirmar que una ventaja de estos reguladores es la aplicación en sistemas de distribución rural, donde las distancias son largas, se pueden utilizar autotransformadores especiales con relaciones alrededor de 1:1, aprovechando la multiplicidad de tomas para variar la tensión de alimentación y así compensar las apreciables caídas de tensión en los extremos de la línea. (Electricidad, 2015)

### 3.5 CONFIGURACIÓN DE LOS REGULADORES DE TENSIÓN ELÉCTRICA

Los reguladores de tensión tal como se evidencio con la matriz de marco lógico, presentan unas ventajas muy importantes con respecto a otras posibles alternativas de solución.

Un banco de regulación trifásico puede estar conformado por tres unidades monofásicas o dos como puede verse en la Figura 32 (Codensa S.A E.S.P, 2018), para el proyecto se recomienda instalar un banco con tres reguladores monofásicos debido a la mejora que garantiza en el nivel de tensión (aumentos hasta del 15% con respecto a la tensión de entrada).

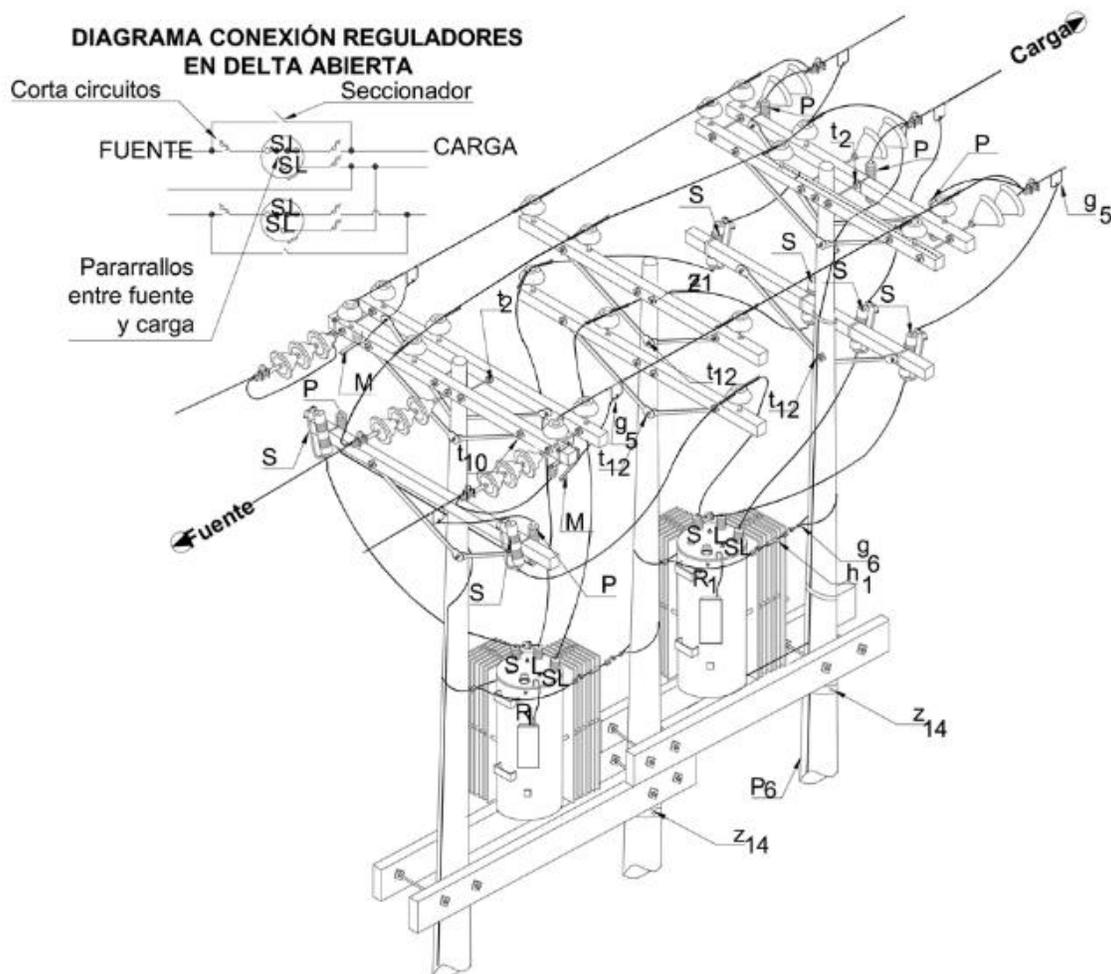


Figura 32. Norma para la instalación de dos reguladores en Poste.

La instalación de reguladores requiere de la adecuación del punto en el que se va a instalar, este a su vez se puede instalar aéreo o en pedestal (puesto sobre el suelo con estructuras de soporte) en el estudio financiero se presenta un presupuesto estimado para la instalación de un juego de reguladores en la subestación.

A continuación se abordara un análisis técnico del proyecto junto con su base teórica así como también un simulación inicial del problema en Paratebueno.

### 3.6 SIMULACIONES DE LA PROBLEMÁTICA EN PARATEBUENO

Del sistema de información de la empresa Codensa se consultan las redes del municipio de Paratebueno y todos sus parámetros eléctricos con el fin de llevar a cabo una simulación que permita:

1. Identificar el punto exacto donde se debe instalar el banco de reguladores para compensar de manera óptima los niveles de tensión.
2. Validar las características técnicas con las cuales se requiere el regulador: Carga, Frecuencia, Distancias niveles de aislamiento etc.

La Figura 33, permite evidenciar de manera ortogonal los circuitos asociados a toda la red eléctrica necesaria para llevar el servicio de energía eléctrica hasta el Municipio de Paratebueno, contemplando circuitos y subestaciones e identificándolas a través de colores.

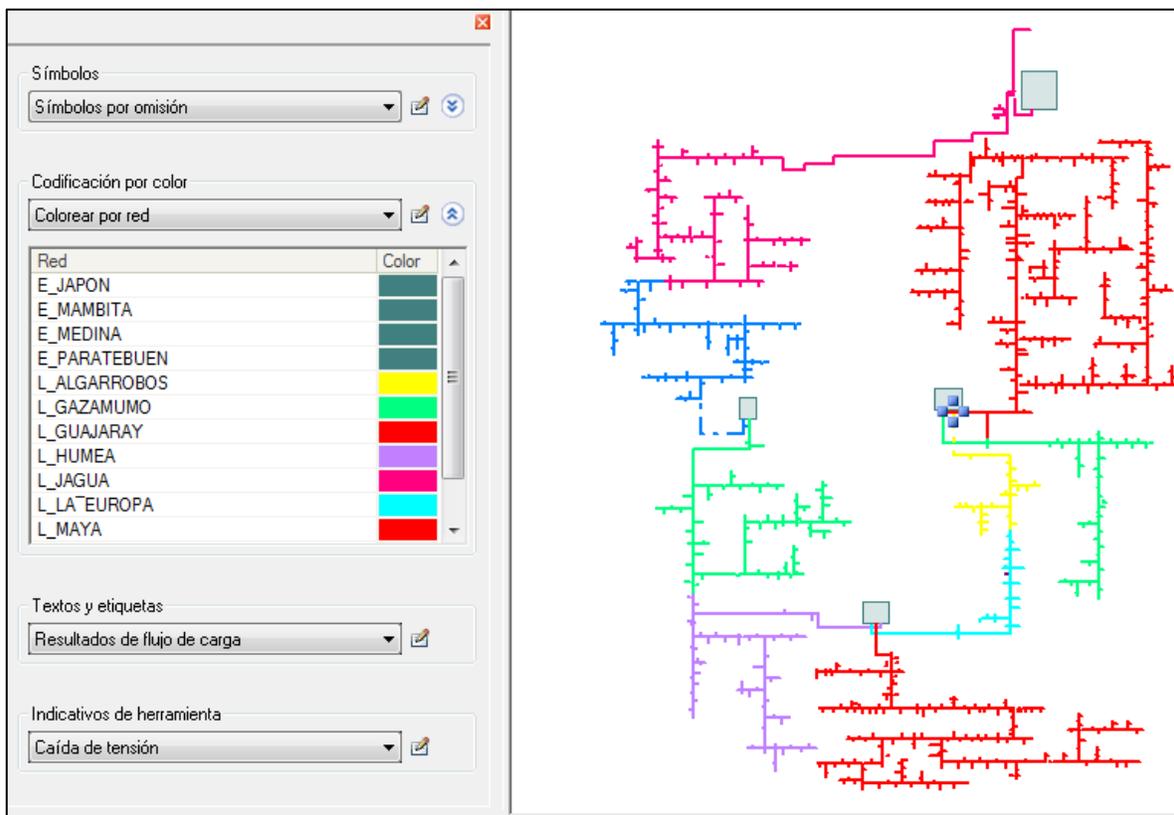


Figura 33. Simulación de la red Eléctrica en Paratebueno y zonas aledañas.

Una vez simulado el comportamiento de toda la zona se procede a analizar concretamente la red que da servicio al municipio de Paratebueno, llevando a cabo iteraciones que indiquen el porcentaje de regulación que presenta la red eléctrica, como se muestra en la Figura 34, siendo 100% un nivel de tensión ideal y en la medida que este desciende, el nivel de tensión también disminuye, es por esta razón que la simulación presenta un color azul en la zona de Paratebueno, siendo el azul un porcentaje de entre 85 y 90% de la tensión eléctrica de entrada, puede decirse que a Paratebueno llega un nivel de tensión de 85 a 90 por ciento cuando como máximo debería bajar un 2% (Codensa S.A E.S.P, 2018).

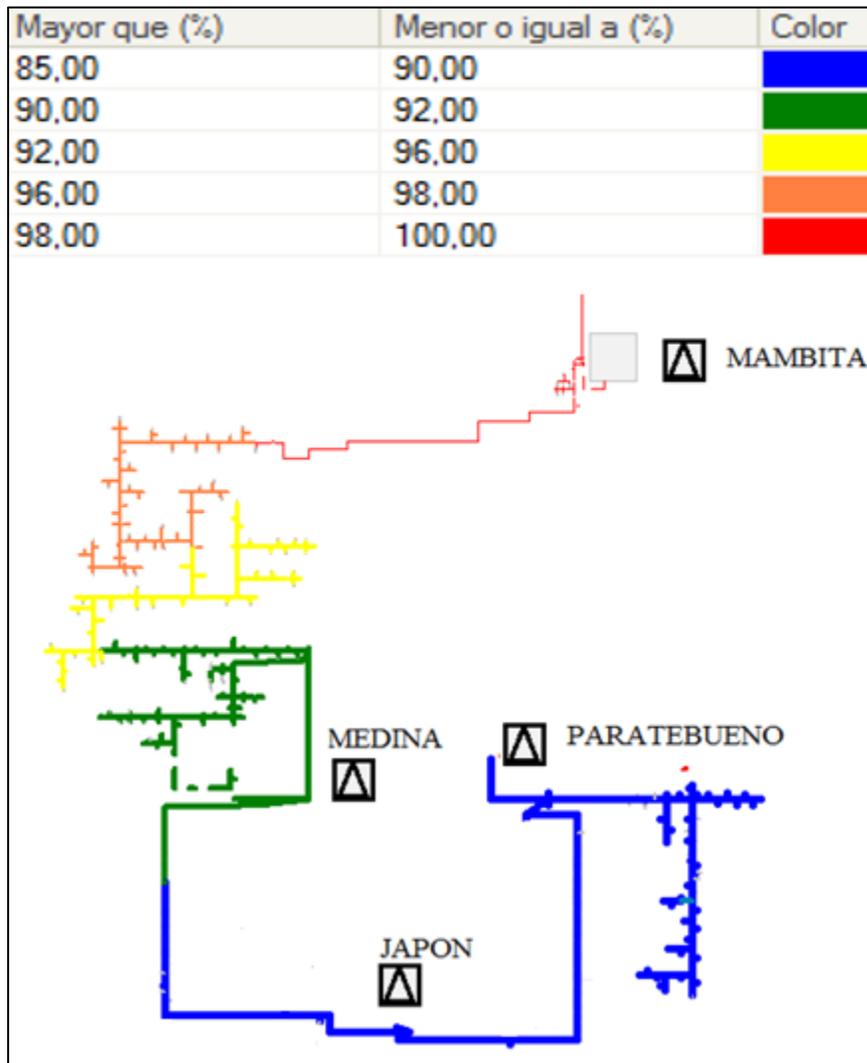


Figura 34. Comportamiento de la regulación eléctrica en la Zona Paratebueno).

En la simulación anterior se puede evidenciar como la tensión va cayendo porcentualmente hasta llegar a valores entre el 85% y 90% de su valor original, esto representa para los usuarios finales valores de tensión de hasta 100V, cuando el mínimo permitido está en 112V.

Analizando la situación reflejada por la simulación podemos inferir que un punto óptimo para la instalación de los equipos reguladores es la Subestación de Medina, la cual como se mencionó en la Matriz de Marco Lógico, solía ser alimentada por un circuito perteneciente a la electrificadora del Meta EMSA.

### **3.7 GENERALIDADES DEL REGULADOR DE TENSIÓN**

Los reguladores de tensión VR-32, son autotransformadores reguladores, se usan para mantener los niveles de tensión dentro de límites fijados para mejorar la calidad del suministro de energía y es compatible con SCADA y con los sistemas de distribución automática.

#### **3.7.1 CONEXIONES DE SISTEMAS**

Un regulador se puede conectar a un circuito monofásico o una fase de un circuito trifásico en configuración estrella o delta. Dos reguladores se pueden conectar entre fase y fase en configuración delta abierta, o tres reguladores conectados entre fase y fase en configuración delta cerrada pueden regular un circuito trifásico trifilar. Tres reguladores pueden regular un circuito trifásico tetrafilar conectándolos en configuración estrella y puntos múltiples de puesta a tierra. No se deben conectar tres reguladores directamente en configuración estrella en circuitos trifásicos trifilares debido a la probabilidad de derivación del neutro, a menos que el neutro esté conectado al neutro de un banco de transformadores de distribución en configuración estrella o al neutro del secundario del transformador de una subestación.

#### **VENTAJAS CONEXIÓN DELTA:**

- No necesita referencia de puesta a tierra
- Mayor soporte de corriente
- Mayor confiabilidad de regulación
- El porcentaje de regulación es de  $\pm 15\%$ .

#### **DESVENTAJAS CONEXIÓN DELTA:**

- Menor potencia de regulación de los equipos respecto a la conexión estrella.

## VENTAJAS CONEXIÓN ESTRELLA:

- Mayor potencia de regulación de los equipos respecto a la conexión delta.

## DESVENTAJAS CONEXIÓN ESTRELLA:

- En circuitos trifásicos trifilares no es posible esta instalación debido a la probabilidad de derivación del neutro.
- Hay daños en el perfil de tensión por pérdida de referencia a tierra.
- El porcentaje de regulación es de  $\pm 10\%$ .

En circuitos trifásicos trifilares solo se puede conectar en una subestación de potencia por la necesidad de aterrizaje al neutro del secundario del transformador de la subestación.

Para el proyecto, se conectan tres reguladores en configuración estrella aterrizada, el neutro de los equipos estarán conectados al neutro del transformador de potencia de la subestación Paratebueno por medio de la malla de puesta a tierra de la subestación para que no se pierda la referencia. Esta conexión puede apreciarse en la Figura 35.

## DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE LOS REGULADORES EN ESTRELLA ATERRIZADA

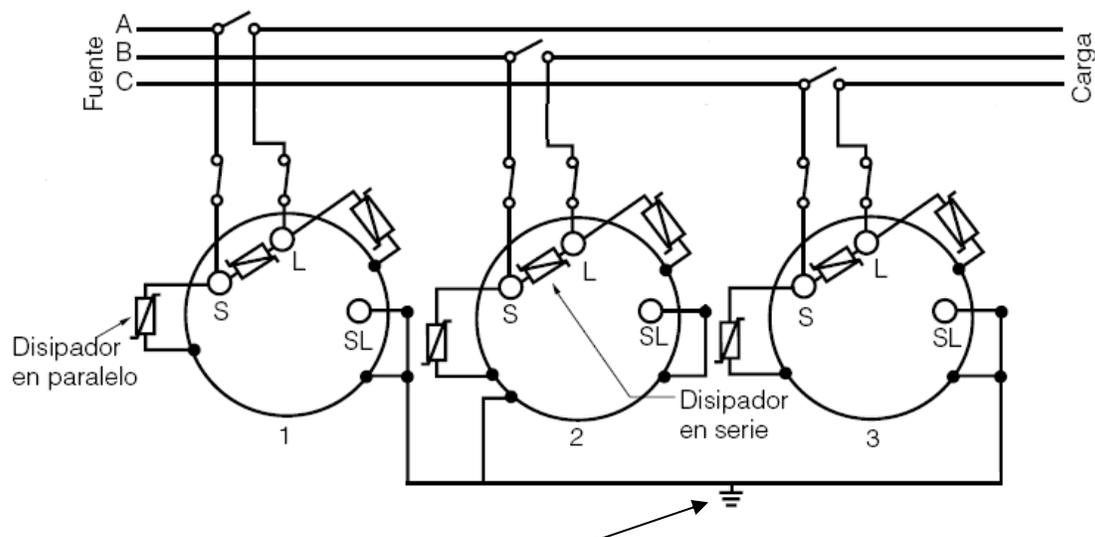


Figura 35 . Regulación de un circuito trifásico trifilar con conexión en estrella aterrizada a malla de puesta a tierra.

En la Figura 35, se pueden identificar:

- S (Source): Conectar boquilla a la fuente
- L (Load): Conectar boquilla a la carga
- SL: Conectar boquilla "SL" al neutro (a malla de puesta a tierra de la subestación)

### **3.7.1 CARACTERÍSTICAS DEL REGULADOR DE TENSIÓN VR-32**

Físicamente el regulador de tensión se presenta en la Figura 36, en donde se puede ver en detalle cada uno de los elementos que lo compone.



Figura 36. Características externas del regulador de tensión Vr-32 (TOSHIBA, 2012)

### 3.7.1 SISTEMA DE COMUNICACIÓN Y CONTROL

Cada regulador está equipado con un control microprocesado CL 6, que es alimentado internamente por el transformador de potencial en cada regulador. La

comunicación se realizara con la ayuda de una red en fibra óptica, convertidor de F.O con conector ST a RS232 DB9 y UPS que permita la autonomía de la comunicación cuando no haya tensión primaria.

Los accesorios de comunicación como gabinete de comunicación, modem celular, fuente convertidora, convertidor F.O a RS232 y cableado en F.O serán entregados por el fabricante en el sitio de la obra dado que deben ser adecuados para las condiciones particulares del lugar donde serán instalados.

### **ACCESORIOS DE CADA EQUIPO**

Cada regulador de tensión monofásico está equipado con los siguientes accesorios según fabricante:

- (3unds) Conector terminal para recibir cable #6 -800MCM
- (1und) Cable de control de 6 metros
- (1und) Pararrayo ZnO 3kV 10KA para protección de devanado serie.
- (2unds) Pararrayo ZnO 12kV-10 para protección de devanado paralelo.
- (1und) Indicador de presión interna
- (1und) Manual de instalación del regulador
- (1und) Manual de instalación del control CL6
- (1und) Tarjeta de comunicación digital con protocolo DNP 3.0 y puertos de salida serial RS232 DB9 y serial Fibra óptica ST (instalada en cada control CL 6)
- (1und) Seccionador Bypass de 15kV-600A-40kA 110KBIL
- (2und) Seccionador desconexión mono polar de 15kV 600A-40kA-110KVBIL.

### **3.8 NORMOGRAMA AMBIENTAL**

En la Tabla 12 se observa los instructivos y especificaciones que reglamenta Codensa acerca del manejo responsable con el medio ambiente de equipos que contengan aceite dieléctrico, allí se normaliza en cada instructivo el traslado y la manipulación de dichos equipos. También hay especificación en el evento de un derrame de aceite y cuál es el procedimiento ante la emergencia ambiental causada.

PROCESO	CLASE DE NORMA	ORIGEN DE LA NORMA	NÚMERO DE LA NORMA	FECHA DE EXPEDICIÓN (dd/mm/aaaa)	TITULO DE LA NORMA	ENTE QUE EXPIDE/CREADOR	ASUNTOS /METADATOS	ARTICULO(S)
Instalacion de equipos	ESPECIFICACIÓN	INTERNA	<u>ES004</u>	02/05/2012	Especificación ambiental para el transporte y almacenamiento de transformadores y otros equipos en aceite	CODENSA E.S.P.	Transporte de equipos con aceite	Todos
Instalacion de equipos	ESPECIFICACIÓN	INTERNA	<u>ES005</u>	15/05/2012	Especificación ambiental para la clasificación, almacenamiento y segregación de residuos.	CODENSA E.S.P.	Segregación de residuos	Todos
Instalacion de equipos	ESPECIFICACIÓN	INTERNA	<u>ES006</u>	22/05/2012	Especificación ambiental para la prevención y remediación de derrames de aceite	CODENSA E.S.P.	Maniobras ante derrames de aceite	Todos
Podas	ESPECIFICACIÓN	INTERNA	<u>ES009</u>	09/10/2015	Especificación ambiental para la gestión de arbolado	CODENSA E.S.P.	Podas en cercanías a las redes de distribución	Todos
Podas	DECRETO	EXTERNA	<u>531</u>	24/12/2010	Por el cual se reglamenta la silvicultura urbana, zonas verdes y la jardinería en Bogotá y se definen las responsabilidades de las Entidades Distritales en relación con el tema y se dictan otras disposiciones.	SECRETARIA DE AMBIENTE	Podas en cercanías a las redes de distribución	Todos
Podas	RESOLUCIÓN	INTERNA	<u>536</u>	07/04/2000	Plan de manejo ambiental	CAR	Podas en cercanías a las redes de distribución	Todos
Podas	INSTRUCTIVO	INTERNA	<u>IN069</u>	20/01/2010	Instructivo poda de arboles en redes de distribución	CODENSA E.S.P.	Podas en cercanías a las redes de distribución	Todos
Instalacion de equipos	INSTRUCTIVO	INTERNA	<u>IN552</u>	22/05/2012	Instructivo control ambiental para la gestión de derrames, fugas o goteos de aceite	CODENSA E.S.P.	Actuación ante derrames de aceite	Todos
Instalacion de equipos	INSTRUCTIVO	INTERNA	<u>IO643</u>	16/05/2017	Instructivo operacional control ambiental para la obtención y uso de recursos naturales	CODENSA E.S.P.	Recursos usados en redes de distribución	Todos
Mantenimiento de equipos	INSTRUCTIVO	INTERNA	<u>IO707</u>	22/06/2017	Instructivo operacional control ambiental para el manejo de solventes, limpiadores y electrolitos	CODENSA E.S.P.	Suministros para el mantenimiento	Todos
Infraestructura	INSTRUCTIVO	INTERNA	<u>IO867</u>	06/09/2017	Instructivo operacional restricciones ambientales y medidas de manejo ambiental para proyectos de infraestructura eléctrica y civil	CODENSA E.S.P.	Manejo ambiental en infraestructura eléctrica	Todos
Empresarial	NORMA	EXTERNA	<u>NTC ISO.14001</u>	2015	Sistema de gestión ambiental	ICONTEC	SGA	Todos
Instalacion de equipos	PROCEDIMIENTO	INTERNA	<u>PC217</u>	30/09/2010	Procedimiento gestión ambiental de nuevos proyectos y modificaciones	CODENSA E.S.P.	Para remodelaciones	Todos

*Tabla 12. Nomograma Ambiental.*

#### 4. ESTUDIO ADMINISTRATIVO Y LEGAL

El presente estudio administrativo y legal contempla la normatividad existente y aplicable al proyecto, evaluando los diferentes impactos y requerimientos desde ambos estudios.

##### 4.1 ESTUDIO ADMINISTRATIVO

En el presente estudio se analizan los recursos administrativos y operativos necesarios para la ejecución del proyecto, el plan estratégico frente al involucrado

Codensa y su alineación con la misión empresarial, adicional se relaciona la estructura organizacional y el rol que desempeña cada miembro de la estructura, también se definen los perfiles de cargo para contar con el personal idóneo en este proyecto en particular.

#### **4.1.1 ORGANIGRAMA**

El proyecto se organiza por jerarquías según la Figura 37, conformando una estructura tipo matricial donde en la dirección está un ingeniero eléctrico, su rol principal tomar las decisiones y el rumbo del proyecto, controlar el presupuesto y manejar el grupo de forma acertada y cumpliendo las metas, un escalón más abajo esto otro ingeniero eléctrico encargado no solamente de la parte administrativa sino que debe combinar las tareas con los trabajos de campo, su principal función es organizar los equipos de trabajo o cuadrillas disponibles para la labor, seguido están las cuadrillas; la de línea viva, la de línea desenergizada y la grúa. Las cuadrillas a excepción de la grúa se conforma siempre por un tecnólogo líder del equipo quien se encarga del cumplimiento de los trabajos trazados, vela por la seguridad del equipo de trabajo y dirige las maniobras, posteriormente se encuentran 2 técnicos eléctricos que trabajan en equipo con el líder, siguen las instrucciones, salvaguardan su integridad y cuidan los equipos utilizados, los técnicos son los únicos que intervienen en las redes bajo la supervisión del líder, por último están los auxiliares de las cuadrillas quienes apoyan la operación en todo momento bajo las instrucciones del líder y están en la obligación de velar por la seguridad del equipo, adicional también responden por los elementos usados en labor. Para el caso de la grúa existe un líder tecnólogo quien maneja el equipo hidráulico y está a cargo de dirigir su participación en las maniobras, más abajo se encuentra el auxiliar o aparejador quien ayuda en el momento de hincar un poste, armar estructuras y demás tareas operativas, además ambos son responsables de la seguridad en el lugar de trabajo y de los equipos usados.

## ORGANIGRAMA DEL PROYECTO INSTALACIÓN DE REGULADORES

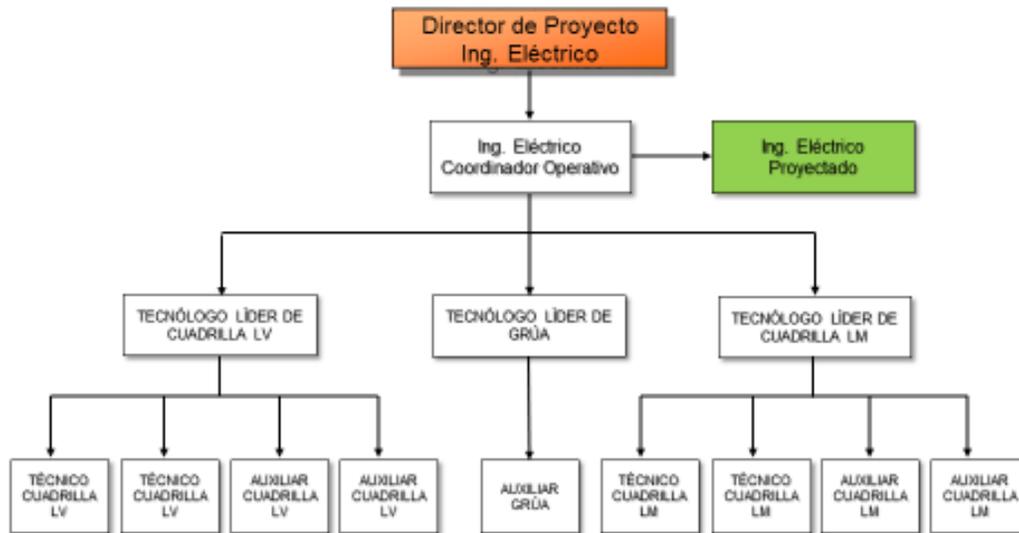


Figura 37. Organigrama del proyecto.

### 4.1.2 PERFIL DEL CARGO.

Para conformar el equipo de trabajo es importante conocer los perfiles de cargo desde el director del proyecto hasta el auxiliar de una cuadrilla, con el fin de seleccionar la persona adecuada en el cargo adecuado, evitando reprocesos en las contrataciones y rotación de personal. En la Figura 37 del organigrama se observa un cargo de ingeniero eléctrico proyectado (color verde), es el encargado de los mantenimientos durante los 4 años siguientes al inicio del proyecto por eso se contempla como un adicional a la medida que se requiera, debe cumplir con el mismo perfil del coordinador operativo.

#### 4.1.2.1 DIRECTOR DEL PROYECTO

El principal objetivo es la dirección y supervisión del proyecto, ejerciendo las funciones de planificación y gestión en el desarrollo de las diferentes actividades, siendo proactivo en acciones de mejora, así como en la optimización y administración de los recursos, entre ellos humanos, financieros y técnicos; orientado a brindar los más altos resultados y niveles de eficiencia que garanticen el cumplimiento del objeto del proyecto, generando un excelente ambiente laboral y de confianza tanto para las empresas colaboradores como para el cliente.

El director deberá permanecer en el área de cobertura, y deberá garantizar visitas periódicas a los equipos de trabajo, además atenderá las reuniones citadas en el

lugar que se indique y elaborara los informes que permitan llevar la trazabilidad y control del proyecto.

#### Nivel académico

- Profesional en ingeniería eléctrica, con estudios terminados en una universidad reconocida por el Ministerio de Educación, con tarjeta profesional vigente.
- Con especialización en dirección, gerencia y/o evaluación de proyectos, logística de operaciones y/o administración.
- Experiencia mínima de cuatro (4) años en dirección de proyectos.

#### Conocimientos

- Con experiencia en planeación y ejecución de operaciones de cualquier tipo.
- Con experiencia en gestión y desarrollo de proyectos, optimización de procesos, administración de recursos y servicio al cliente
- Debe contar con licencia de conducción para vehículo, además contra curso de manejo defensivo certificado por una institución reconocida y avalada por el Ministerio del Transporte.
- Contar con certificación en nivel coordinador y nivel avanzado de trabajo en alturas.

#### Principales funciones y responsabilidades

- Mantener un nivel de autoridad directivo y operativo en el proyecto.
- Velar por la adecuada ejecución de las actividades.
- Asegurar la optimización de los recursos asignados al proyecto, velar por el cuidado y disponibilidad de los mismos.
- Elaborar diagnósticos que permita identificar situaciones relevantes y tomar acciones
- Verificar el perfil del personal asociado al proyecto.
- Proponer mejoras y tomar decisiones adecuadas y oportunas, siempre en pro del cumplimiento de las metas previstas.
- Entregar los informes de actividades correspondientes a la gestión realizada.
- Proponer planes de mejoramiento continuo e innovación.

#### **4.1.2.2 INGENIERO COORDINADOR OPERATIVO**

Responsable de la supervisión e interventoría de las operaciones técnicas y comerciales efectuadas en terreno, garantizando el cumplimiento de la totalidad de las condiciones del proyecto y sugiriendo acciones correctivas y de mejoramiento al personal técnico y administrativo. Deberá tener conocimientos en los

procedimientos técnicos y de seguridad industrial relacionados con las actividades que supervisa.

#### Nivel académico

- Profesional en ingeniería eléctrica, con estudios terminados en una universidad reconocida por el Ministerio de Educación, con tarjeta profesional vigente.
- Preferiblemente, con especialización en dirección, gerencia y/o evaluación de proyectos, logística de operaciones y/o administración.
- Experiencia mínima de dos (2) años en la ejecución y/o supervisión de operaciones técnicas y comerciales.
- Preferiblemente, con experiencia como residente de contratos de interventoría o de contratos de obra.

#### Conocimientos

- Con experiencia en planeación y ejecución de operaciones técnicas y/o comerciales.
- Con experiencia en gestión y desarrollo de proyectos, optimización de procesos, administración de recursos y servicio al cliente.
- Debe contar con licencia de conducción para vehículo, además contar con curso de manejo defensivo certificado por una institución reconocida y avalada por el Ministerio del Transporte.
- Contar con certificación en coordinador y nivel avanzado de trabajo en alturas.

#### Principales funciones y responsabilidades

- Velar por la adecuada ejecución de las actividades del proyecto.
- Elaborar y efectuar seguimiento a los indicadores de productividad y calidad de la operación.
- Reportar novedades de personal, oportunamente, al director del proyecto.
- Planear las actividades del proyecto y supervisar las operaciones técnicas y comerciales del mismo.
- Elaborar diagnósticos que permita identificar situaciones relevantes y tomar acciones.
- Programar y desarrollar inspecciones periódicas a los trabajos.
- Ejercer seguimiento y control a los indicadores diarios del plan de actividades para tomar medidas proactivas que beneficien el cumplimiento de las metas.
- Proponer mejoras y tomar decisiones adecuadas y oportunas, siempre en pro del cumplimiento de las metas previstas.
- Entregar los informes de actividades correspondientes a la gestión realizada.
- Proponer planes de mejoramiento continuo e innovación.

#### **4.1.2.3 TECNÓLOGO LÍDER DE CUADRILLA LV (Línea Viva)**

Responsable de la supervisión de las operaciones técnicas efectuadas en terreno, garantizando el cumplimiento de la totalidad de las condiciones del proyecto y sugiriendo acciones correctivas y de mejoramiento al personal técnico.

##### Nivel académico

- Tecnólogo con tres (3) años de experiencia como jefe de cuadrilla de trabajo con tensión o como equivalencia de los estudios se contemplará técnico con experiencia acreditada por empresas contratantes en labores de línea energizada de no menos de 5 años como jefe de cuadrilla.
- Tarjeta profesional y/o certificación como electricista por parte del Ministerio de Minas y Energía o CONTE.

##### Conocimientos

- Con experiencia en la ejecución y supervisión de obras técnicas.
- Con experiencia en verificación del cumplimiento de la normatividad vigente.
- Conocimientos en levantamiento de redes eléctricas.
- Contar con certificación en coordinador y nivel avanzado de trabajo en alturas.
- Debe contar con certificación de la competencia laboral para la labor de acuerdo a normatividad vigente.
- Debe contar con certificado de operador de equipos de izaje de cargas (carro canasta- camión pluma- camión con brazo articulado).
- Debe contar con licencia de conducción para vehículos pesados.

##### Funciones y responsabilidades

- Velar por la seguridad del personal a supervisar.
- Velar por el cumplimiento de los estándares de calidad y manejo ambiental requeridos por el proyecto.
- Velar por el cumplimiento de la promesa de valor.
- Capturar la información que permita analizar el desempeño del proyecto en terreno.
- Trabajar con todas las normas de seguridad y detener las operaciones cuando sea necesario.

#### **4.1.2.4 TÉCNICO CUADRILLA LV (Línea Viva)**

Conforma el equipo de cinco personas de la cuadrilla de línea viva, está bajo la supervisión del tecnólogo líder de la cuadrilla.

#### Nivel académico

- Técnico con experiencia acreditada por empresas contratantes en labores de línea energizada de no menos de 3 años como operario de cuadrilla de trabajo con tensión, con tarjeta profesional vigente.
- Experiencia mínima en labores de construcción de redes de media y baja tensión de al menos dos (2) años.

#### Conocimientos

- Con experiencia en la ejecución y supervisión de obras técnicas.
- Con experiencia en verificación del cumplimiento de la normatividad vigente.
- Con experiencia en la normatividad legal que reglamenta su acción.
- Conocimientos básicos en levantamiento de redes eléctricas.
- Contar con certificación en nivel avanzado de trabajo en alturas.
- Debe contar con certificación de la competencia laboral para la labor de acuerdo a normatividad vigente.
- Debe contar con certificado de operador de equipos de izaje de cargas (carro canasta- camión pluma- camión con brazo articulado).
- Debe contar con licencia de conducción para vehículos pesados.

#### Funciones y responsabilidades

- Velar por el cumplimiento estricto de las políticas y procedimientos para trabajar en redes.
- Velar por la seguridad personal y la del equipo de trabajo.
- Velar por el cumplimiento de los estándares de calidad y manejo ambiental requeridos por el servicio.
- Capturar la información que permita analizar el desempeño del proyecto.

#### **4.1.2.5 TECNÓLOGO LÍDER DE CUADRILLA LM (Línea desenergizada y Grúa)**

Responsable de la supervisión de las operaciones técnicas efectuadas en terreno, garantizando el cumplimiento de la totalidad de las condiciones del proyecto y sugiriendo acciones correctivas y de mejoramiento al personal técnico.

#### Nivel académico

- Tecnólogo con estudios terminados en electricidad y con tarjeta profesional vigente o haber cursado y aprobado séptimo semestre de Ingeniería Eléctrica, Electrónica o Electromecánica en un instituto reconocido por el Ministerio de Educación
- Tecnólogo con dos (3) años de experiencia como jefe de cuadrilla de trabajo desenergizado o como equivalencia de los estudios se

contemplará técnico con experiencia acreditada por empresas contratantes en labores de línea desenergizada de no menos de 5 años como jefe de cuadrilla.

- Tarjeta profesional y/o certificación como electricista por parte del Ministerio de Minas y Energía o CONTE.

#### Conocimientos

- Con experiencia en la ejecución y supervisión de obras técnicas.
- Con experiencia en verificación del cumplimiento de la normatividad vigente
- Con experiencia en la normatividad legal que reglamenta su acción.
- Debe contar con certificado de operador de equipos de izaje de cargas (carro canasta- camión pluma- camión con brazo articulado)<sup>1</sup>.
- Contar con certificación en coordinador y nivel avanzado de trabajo en alturas.
- Debe contar con licencia de conducción para vehículo liviano.
- Debe contar con licencia de conducción para vehículo pesado.<sup>1</sup>

#### Funciones y responsabilidades

- Velar por la seguridad del personal a supervisar.
- Velar por el cumplimiento de los estándares de calidad y manejo ambiental requeridos por el servicio.
- Velar por el cumplimiento de la promesa de valor.
- Capturar la información que permita analizar el desempeño del proyecto.
- Dirigir el equipo de trabajo en el cumplimiento de los objetivos.

#### **4.1.2.6 TÉCNICO DE CUADRILLA LM (Línea desenergizada)**

Conforma el equipo de cinco personas de la cuadrilla de línea desenergizada, está bajo la supervisión del tecnólogo líder de la cuadrilla.

#### Nivel académico

- Técnico con estudios terminados en electricidad y con tarjeta profesional vigente.
- Experiencia mínima de dos (2) años en proyectos que involucren medición de energía en media y baja tensión.
- Preferiblemente, con experiencia como técnico en operaciones técnicas y/o comerciales.

#### Conocimientos

- Con experiencia en la ejecución y supervisión de obras técnicas.

---

<sup>1</sup> Únicamente aplica para el tecnólogo líder de la grúa

- Con experiencia en verificación del cumplimiento de la normatividad vigente
- Con experiencia en la normatividad legal que reglamenta su acción.
- Contar con certificación en nivel avanzado de trabajo en alturas.
- Debe contar con licencia de conducción para vehículo liviano.

#### Funciones y responsabilidades

- Velar por la seguridad del personal a supervisar.
- Velar por el cumplimiento de los estándares de calidad y manejo ambiental requeridos por el servicio.
- Velar por el cumplimiento de la promesa de valor.
- Capturar la información que permita analizar el desempeño del proyecto.

#### **4.1.2.7 AUXILIAR DE CUADRILLA (Línea viva, Línea desenergizada y Grúa)**

Conforma el equipo de cinco personas de la cuadrilla o el de dos personas si acompaña únicamente a la grúa, está bajo la supervisión del tecnólogo líder de la cuadrilla.

#### Nivel académico

- Bachiller titulado
- Experiencia mínima de un (1) años en proyectos que involucren medición de energía en media y baja tensión.

#### Principales funciones y responsabilidades

- Velar por la seguridad personal y de sus compañeros.
- Servir de apoyo en el momento que se necesite un soporte en actividades técnicas asociadas al proyecto.
- Velar por el cumplimiento de los estándares de calidad y manejo ambiental requeridos por el servicio.

#### **4.1.3 DESARROLLO ESTRATÉGICO DEL PROYECTO**

El plan estratégico permite alinear el proyecto con las políticas de la empresa Codensa, con su misión y ejes organizacionales, buscando la satisfacción de los clientes por una mejor calidad en el servicio de energía y contribuyendo al desarrollo del Municipio (Codensa, 2018).

#### **4.1.4 MISIÓN**

El proyecto es un complemento que permite el acceso a la energía a un número mayor de personas, adoptando tecnología para la distribución con calidad y eficiencia del servicio hacia los clientes, abre el camino para adoptar nuevos usos de la energía y para buscar alianzas estratégicas de investigación o marketing (Codensa, Enel, 2018).

#### 4.1.5 COMPETITIVIDAD

Frente a este eje estratégico el proyecto es un aporte porque está alineado con la excelencia operacional, traducida en excelente calidad y atención al cliente, excelente técnica (disponibilidad, calidad y control perdidas) operando de forma óptima el negocio para ser líderes frente a los competidores.

#### 4.1.5 CRECIMIENTO

Es la base indispensable para mantenerse líderes del sector eléctrico, lo cual se logra incrementando los negocios actuales o incursionando en nuevos mercados según la necesidad del cliente, el proyecto incrementa el consumo y reduce las perdidas lo que se alinea perfectamente con el eje de crecimiento de la empresa Codensa.

#### 4.1.6 SOSTENIBILIDAD

Es el crecimiento responsable, por medio de la integración de oportunidades sociales y ambientales en el modelo de gestión, posibilitando los objetivos y respetando las comunidades donde se opera, por lo tanto el proyecto es una base de impulso de las oportunidades sociales del municipio, logrando potenciar actividades agrícolas, académicas y turísticas (Codensa, 2018).

#### 4.1.7 COMPROMISO CON LA CALIDAD

En la Figura. 38 se observa los retos y compromisos de la empresa Codensa con los clientes. El proyecto ataca puntualmente la dimensión social en el compromiso con la calidad del servicio, ya que dicho compromiso busca brindar un servicio de excelencia estando en la búsqueda permanente de la calidad, seguridad y fiabilidad del mismo. (Codensa, 2018)



Figura. 38 Retos y Compromisos.

## 4.2 ESTUDIO LEGAL

De acuerdo con la propuesta de proyecto aquí presentada se tienen en cuenta las normativas existentes, las cuales se establecen debidamente en la Tabla 13. Aquí cabe mencionar que dentro de los aspectos ambientales a tener en cuenta se incluyen todos aquellos que puedan provenir de las pérdidas provocadas por los equipos a instalar en las redes existentes.

PROCESO	CLASE DE NORMA	ORIGEN DE LA NORMA	NÚMERO DE LA NORMA	FECHA DE EXPEDICIÓN (dd/mm/aaaa)	TÍTULO DE LA NORMA	ENTE QUE EXPIDE/CREADOR	ASUNTOS /METADATOS	ARTICULO(S)
Todos los Procesos	LEY	EXTERNA	<u>99</u>	22/12/1993	Ley general Ambiental de Colombia	Ministerio de Medio Ambiente	Proteccion al medio ambiente	Todos
Todos los Procesos	LEY	EXTERNA	<u>2811</u>	18/12/1974	Codigo Nacional de los recursos naturales Renovables	Ministerio de Medio Ambiente	Proteccion a la biodiversidad	Todos
Todos los Procesos	RESOLUCIÓN	EXTERNA	<u>181294</u>	06/08/2008	Reglamento tecnico de instalacion eléctricas	Ministerio de Minas y Energía	Aspectos ambientales en la actividad de	Todos
Instalacion de equipos	RESOLUCIÓN	EXTERNA	<u>62</u>	25-06-2012	POR LA CUAL SE APRUEBA EL INDICE DE PERDIDAS DE NIVEL DE TENSIÓN 1 A LA EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDIO SA ESP Y SE MODIFICA LA RESOLUCIÓN CREG 106 DE 2009	CREG	Indice de Pérdidas	Todos
Instalacion de equipos	RESOLUCIÓN	EXTERNA	<u>108</u>	03-07-1997	POR LA CUAL SE SENALAN CRITERIOS GENERALES SOBRE PROTECCION DE LOS DERECHOS DE LOS USUARIOS DE LOS SERVICIOS PUBLICOS DOMICILIARIOS DE ENERGIA ELECTRICA Y GAS COMBUSTIBLE POR RED FISICA, EN RELACION CON LA FACTURACION, COMERCIALIZACION Y DEMAS ASUNTOS RELATIVOS A LA RELACION ENTRE LA EMPRESA Y EL USUARIO, Y SE DICTAN OTRAS	CREG	Gestión PQR'S Energía	Excepto artículo 1, literal "E" del artículo 24, artículo 28, literal "A" del artículo 35, parágrafo del artículo 42, modificados por la Resolución 96 de 2004, Artículo 5 modificado con la Resolución 40 de 2004
Instalacion de equipos	RESOLUCIÓN	EXTERNA	<u>123</u>	12-09-2014	POR LA CUAL SE ORDENA LA INCLUSION DE INFORMACION EN LAS FACTURAS DEL SERVICIO, PARA PROMOVER EL USO EFICIENTE Y EL AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA	CREG	Uso eficiente y ahorro de energia eléctrica	2 y 3
Todos los Procesos	RESOLUCIÓN	EXTERNA	<u>172</u>	01-12-2011	POR LA CUAL SE ESTABLECE LA METODOLOGIA PARA LA IMPLEMENTACION DE PLANES DE REDUCCION DE PERDIDAS NO TECNICAS EN LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCION LOCAL	CREG	Planes reduccion de pérdidas	Todos
Instalacion de equipos	RESOLUCIÓN	EXTERNA	<u>90708</u>	30-08-2013	DEROGA LAS RESOLUCIONES 180398 DE 2004, 180498 DE 2005, 181419 DE 2005, 180466 DE 2007, 182011 DE 2007, 180632 DE 2011, 181294 DE 2008, 181877 DE 2011, 90404 DE 2013. POR LA CUAL SE EXPIDE EL REGLAMENTO TECNICO DE INSTALACIONES ELECTRICAS RETIE	MINMINAS	Retie	Todos
Todos los Procesos	TÉCNICA	EXTERNA	<u>9001</u>	2008	NTC-ISO 9001	ICONTEC	Requisitos del Sistema de Gestión de la Calidad	Todos

Tabla 13. Normograma Legal.

## 5. ESTUDIO FINANCIERO

Esta sección del proyecto permite observar el análisis de costos de los materiales, mano de obra, recursos y todos aquellos insumos necesarios para la ejecución del proyecto, adicionalmente se realiza un flujo de caja proyectado a cinco años donde

se modelan tres posibles escenarios de trabajo, el pesimista, el sugerido y el optimista. Cada escenario propuesto lleva los cálculos del valor presente neto (VPN) y la tasa interna de retorno (TIR) para verificar la pertinencia del proyecto.

## 5.1 COSTO DE INSUMOS Y MANO DE OBRA

Los costos asociados a los materiales para la instalación de los reguladores se presentan en la Tabla 14, una relación detallada con la descripción, cantidad, unidad, precio unitario y valor total necesario para la adquisición de las materias primas.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Aislador de suspensión ANSI 52-1	12	UN	\$ 17.646,00	\$ 211.752,00
Aislador de pin ANSI 55-5	24	UN	\$ 9.250,00	\$ 222.000,00
Cruceta de madera inmunizada de 2,5 m	11	UN	\$ 109.024,00	\$ 1.199.264,00
Viga de madera inmunizada 2,5 m	6	UN	\$ 228.104,00	\$ 1.368.624,00
Diagonal metálica en varilla tipo 1	22	UN	\$ 6.102,00	\$ 134.244,00
Grapa terminal tipo recto para cables entre 3/0 AWG – 266,8 kcmil	9	UN	\$ 21.999,00	\$ 197.991,00
Grapa tipo grillete	12	UN	\$ 6.418,00	\$ 77.016,00
Tensor	3	UN	\$ 1.987,00	\$ 5.961,00
Hebilla de acero inoxidable 5/8"	6	UN	\$ 342,00	\$ 2.052,00
Metros de cinta de acero inoxidable 5/8" x 0,03"	8	M	\$ 47.066,00	\$ 376.528,00
Metros de cable de acero galvanizado 3/8"	20	M	\$ 3.807,00	\$ 76.140,00
Seccionador monopolar 400 A , 15 kV	3	UN	\$ 232.071,00	\$ 696.213,00
Perno de ojo tipo 5 (5/8" x 545 mm ) <sup>(1)</sup>	6	UN	\$ 8.482,00	\$ 50.892,00
Metros de cable ACSR calibre 4/0 AWG	20	M	\$ 1.275,00	\$ 25.500,00
Descargadores de sobretensión de óxido metálico 12 kV 10 kA	8	UN	\$ 66.555,00	\$ 532.440,00
Poste de concreto de 12 m , 1 050 kg.	4	UN	\$ 680.200,00	\$ 2.720.800,00
Regulador de voltaje	3	UN	\$ 35.000.000,00	\$ 105.000.000,00
Porta aislador pasante para cruceta de madera	24	UN	\$ 8.519,00	\$ 204.456,00
Cortacircuito de cañuela 100 A , 15 kV	9	UN	\$ 113.793,00	\$ 1.024.137,00
Conector tipo tornillo para puesta a tierra	9	UN	\$ 45.413,00	\$ 408.717,00
Conector tipo cuña 4/0 – 2/0 AWG	10	UN	\$ 5.369,00	\$ 53.690,00
Tornillo de acero galvanizado 5/8" x 5"	22	UN	\$ 1.954,00	\$ 42.988,00
Tornillo de acero galvanizado 5/8" x 10" <sup>(2)</sup>	8	UN	\$ 3.005,00	\$ 24.040,00
Espárrago de 5/8" x 24"	6	UN	\$ 5.962,00	\$ 35.772,00
Espárrago de 16 x 508 mm (5/8" x 20" )	12	UN	\$ 7.033,00	\$ 84.396,00
Accesorios para puesta a tierra	3	UN	\$ 137.417,00	\$ 412.251,00
Abrazadera de dos salidas tipo 4	4	UN	\$ 9.943,00	\$ 39.772,00
Abrazadera en U tipo 3	5	UN	\$ 11.575,00	\$ 57.875,00
			TOTAL	\$ 115.285.511,00

*Tabla 14. Costo de Materiales.*

El proyecto requiere un lote como espacio físico para su desarrollo, por lo tanto se dimensiona el precio de este en la Tabla 15, se precisa que la disposición hace referencia al tiempo de utilización del elemento descrito, para el caso del lote será una disposición vitalicia ya que haría parte de la empresa Codensa

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	DISPOSICION	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Lote 10X5	1	1	M	\$ 30.000.000,00	\$ 30.000.000,00

*Tabla 15. Precio del Lote.*

Un sector clave identificado es el personal operativo y los medios de transporte utilizados para la labor de instalación de los reguladores, por lo tanto en la Tabla 16 se calculó el valor de transporte de cada cuadrilla que interviene en la labor, entiéndase como LV cuadrilla de Línea Viva, LM cuadrilla de línea desenergizada y T3 un cargo por el desplazamiento debido a la distancia lejana del municipio.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	DISPOSICION	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Dispercion T3	1	1	UN	\$ 1.000.000,00	\$ 1.000.000,00
Disponibilidad LV	1	1	UN	\$ 1.250.000,00	\$ 1.250.000,00
Disponibilidad GRUA	1	1	UN	\$ 750.000,00	\$ 750.000,00
Disponibilidad LM	1	1	UN	\$ 600.000,00	\$ 600.000,00
Disponibilidad Cama Baja	1	1	UN	\$ 1.500.000,00	\$ 1.500.000,00
Total Dia		1	DIA	\$ 5.100.000,00	\$ 5.100.000,00
Total 3 días		3	DIA	\$ 5.100.000,00	\$ 15.300.000,00

*Tabla 16. Costos de Transporte.*

Diseño y planeación del proyecto traen consigo unos gastos administrativos por concepto de oficinas, papelería, recursos tecnológicos, entre otros, insumos importantes para la dirección y seguimiento del proyecto, estos valores se evidencian en la Tabla 17.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	DISPOSICION	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Papel	10	10	RESMA	\$ 12.000,00	\$ 120.000,00
Computadores portatiles	2	2	UN	\$ 1.800.000,00	\$ 3.600.000,00
Oficina/Servicios	1	2	MES	\$ 1.000.000,00	\$ 2.000.000,00
Impresora	1	1	UN	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00
Transporte	1	3	MES	\$ 1.000.000,00	\$ 3.000.000,00
Viaticos	1	3	MES	\$ 500.000,00	\$ 1.500.000,00
Equipos Medida	1	2	UN	\$ 1.000.000,00	\$ 2.000.000,00
Muebles	1	2	MES	\$ 500.000,00	\$ 1.000.000,00
Total					\$ 13.420.000,00

*Tabla 17. Gastos Administrativos.*

Para el mantenimiento se tiene en cuenta, el transporte, la mano de obra y la periodicidad, se plasma la información de los valores calculados en la Tabla 18

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	DISPOSICION	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Mantenimiento	1	2	AÑO	\$ 317.396,36	\$ 634.792,72
Disponibilidad LV	1	2	UN	\$ 750.000,00	\$ 1.500.000,00
Tansporte	1	2	AÑO	\$ 1.250.000,00	\$ 2.500.000,00
MO	5	2	AÑO	\$ 548.737,28	\$ 1.097.474,56
Total					\$ 5.732.267,28

*Tabla 18. Costos por mantenimiento.*

La estimación de mano de obra se realiza con base a las cuadrillas que se requieren en la instalación, a los ingenieros directores de proyecto y obra, por tal motivo se conforman los equipos operativos así:

- Cuadrilla Línea Desenergizada: 1 Líder Tecnólogo, 2 Técnicos Expertos y 2 auxiliar operativo.
- Cuadrilla Línea Viva: 1 Líder Tecnólogo, 2 Técnicos Expertos y 2 auxiliar operativo.
- Ingenieros: 1 Administrativo y 1 mixto (Administrativo y Operativo)

Se resalta que dependiendo del cargo las escalas salariales varían, por ende se realiza un análisis detallado según sea la posición en la cuadrilla y el tipo de equipo de trabajo que integre, además se contempla el pago de los parafiscales reglamentados en el código sustantivo del trabajo, la Tabla 19 muestra el cálculo para un ingeniero con salario base de 4000000 de pesos, este ejercicio se realiza con cada conjunto de operarios afines de cargo y se obtiene la Tabla 20 como resumen.

Presupuesto de Mano - Obra		
Sueldo Basico		\$ 4.000.000
Aux Transporte		
Horas Extras		
Comisiones		
Total		\$ 4.000.000 \$ 3.680.000,00
<b>Salud</b>		
Empleado	4%	\$ 160.000,00
Empleador	8,5%	\$ 340.000,00
<b>Pension</b>		
Empleado	4%	\$ 160.000,00
Empleador	12%	\$ 480.000,00
<b>Riesgo</b>		
Tipo I	0,0696	\$ 278.400,00
<b>Aportes Parafiscales</b>		
SENA	2%	\$ 80.000,00
ICBF	3%	\$ 120.000,00
Caja Compensacion	4%	\$ 160.000,00
<b>Derechos del Empleado</b>		
Prima	8,33%	\$ 333.200,00
Cesantias	8,33%	\$ 333.200,00
Int/Cesantias	12%	\$ 39.984,00
Vacaciones	4,17%	\$ 166.800,00
Mes con todos los parafiscales		\$ 6.331.584,00

*Tabla 19. Calculo salarial de un ingeniero.*

El resumen de los valores salariales por cargo Tabla 20 se encuentran totalizados con los parafiscales incluidos.

CARGO	VALOR MES
Ingeniero Electrico	\$ 6.331.584,00
Tecnologo Electricista	\$ 3.165.792,00
Tecnico Electricista	\$ 2.374.344,00
Auxiliar operativo	\$ 1.899.475,20

*Tabla 20. Salario por cargo.*

## 5.2 PROYECCIÓN DE LOS COSTOS E INGRESOS

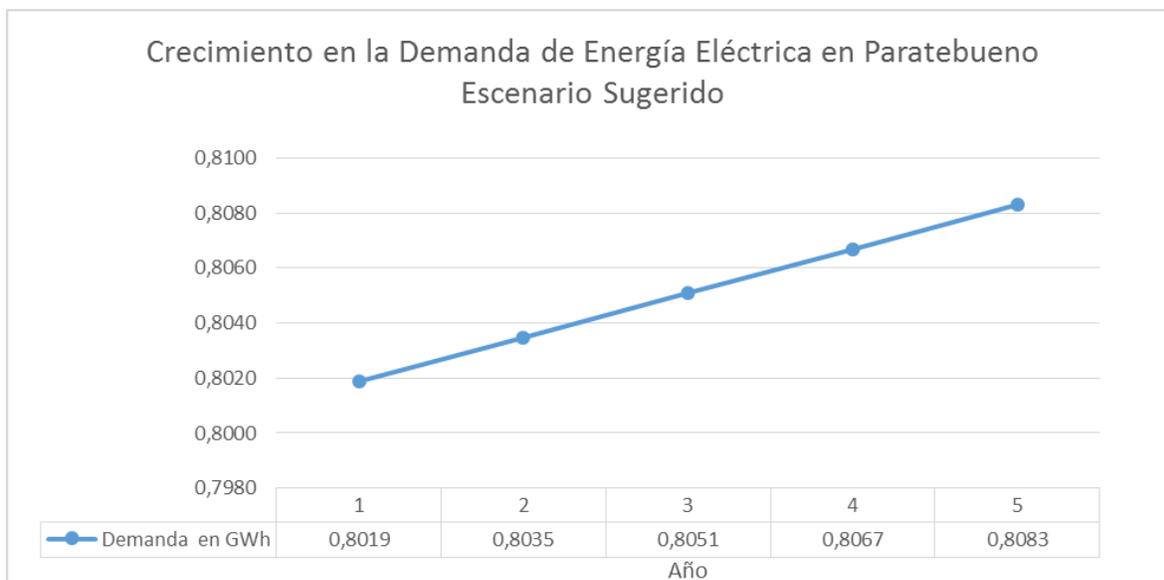
El proyecto tiene altos costos el primer año porque los recursos de mano de obra, transporte y administración son utilizados en la instalación de los reguladores ese año, tal como se puede observar en la Tabla 21, el resto del tiempo es decir los 4 años restantes el valor de mano de obra, transporte y administración disminuye ya que estos costos de operación serán netamente para mantenimientos los cuales están dimensionados para realizarse dos veces en el año, la Tabla 21 también muestra la proyección de los costos.

AÑOS	1	2	3	4	5
MANTENIMIENTO	\$ 2.134.792,72	\$ 2.220.184,43	\$ 2.308.991,81	\$ 2.401.351,48	\$ 2.497.405,54
MO	\$ 48.674.052,00	\$ 1.097.474,56	\$ 1.174.297,78	\$ 1.256.498,62	\$ 1.344.453,53
ADMINISTRACION PROYECTO	\$ 13.420.000,00	\$ 422.105,60	\$ 451.652,99	\$ 483.268,70	\$ 517.097,51
TRANSPORTE	\$ 15.300.000,00	\$ 2.500.000,00	\$ 2.600.000,00	\$ 2.704.000,00	\$ 2.812.160,00

*Tabla 21. Costos del Proyecto*

El crecimiento de la mano de obra y la administración se calcula con un aumento del 7% anual, el aumento de transporte y mantenimiento con incremento del 4% anual, aunque el primer año los egresos son altos no alcanzan a superar a los ingresos dejando un margen en el flujo de caja neto del 24%, los siguientes cuatro años los ingresos se mantienen pero los costos disminuyen lo cual genera mayores rentabilidades con margen de 68%.

Para los ingresos se realiza una proyección a cinco años de acuerdo al crecimiento demográfico y a la recuperación de energía, la recuperación se estima con el incremento de la tensión, es decir, si en el municipio llega la tensión óptima de 120 voltios a cada cliente eventualmente se incrementa el consumo energético y la potencia, en la Figura 39 se observa este crecimiento proyectado.



*Figura 39. Crecimiento de la energía vendida anual ganada*

El comportamiento de los ingresos en el escenario sugerido se muestra en la Tabla 22, con detalle mes a mes del primer año de acuerdo al incremento de la energía consumida, además se resume con el ingreso por año del proyecto y sus respectivos acumulados monetarios. El crecimiento energético del año es de un **0,20%** y alcanza al finalizar el quinto año el **0,8%**, el capital ganado por el proyecto asciende a **\$ 653.324.103,69**.

PLAN DE VENTAS ESCENARIO SUGERIDO				
MES	ENERGIA GWh	INGRESOS	ENERGIA ACUMULADA	INGRESO ACUMULADO
1	0,0561	\$ 9.110.024,40	0,0561	\$ 9.110.024,40
2	0,0641	\$ 10.411.456,46	0,1203	\$ 19.521.480,86
3	0,0561	\$ 9.110.024,40	0,1764	\$ 28.631.505,26
4	0,0722	\$ 11.712.888,52	0,2486	\$ 40.344.393,78
5	0,0641	\$ 10.411.456,46	0,3127	\$ 50.755.850,23
6	0,0802	\$ 13.014.320,57	0,3929	\$ 63.770.170,81
7	0,0722	\$ 11.712.888,52	0,4651	\$ 75.483.059,32
8	0,0561	\$ 9.110.024,40	0,5212	\$ 84.593.083,72
9	0,0481	\$ 7.808.592,34	0,5693	\$ 92.401.676,07
10	0,0481	\$ 7.808.592,34	0,6174	\$ 100.210.268,41
11	0,0802	\$ 13.014.320,57	0,6976	\$ 113.224.588,98
12	0,1042	\$ 16.918.616,74	0,8019	\$ 130.143.205,73
<b>TOTAL</b>	<b>0,8019</b>	<b>\$ 130.143.205,73</b>	<b>4,9796</b>	<b>\$ 808.189.307,57</b>
AÑO 2	0,8035	\$ 130.403.492,14	1,6053	\$ 260.546.697,87
AÑO 3	0,8051	\$ 130.664.299,12	2,4104	\$ 391.210.996,99
AÑO 4	0,8067	\$ 130.925.627,72	3,2171	\$ 522.136.624,71
AÑO 5	0,8083	\$ 131.187.478,98	4,0254	\$ 653.324.103,69

*Tabla 22. Ingresos proyectados año 1 al 5.*

### 5.3 FLUJO DE CAJA

En esta parte se resume los valores calculados de mano de obra e insumos y se contrarrestan con los ingresos del proyecto, el flujo resultante se modela en tres escenarios, los cuales varían según sea la venta de energía, para los esquemas propuestos se manejó una depreciación del 7% ya que los equipos duran hasta 20 años en condiciones normales, se propone unos impuestos del 30%, un crecimiento de inflación del 4% y una aumento salarial del 7%, además para las alternativas propuestas no se maneja un préstamo solo inversión inicial, lo anterior porque la empresa Codensa no maneja un esquema de préstamo para proyectos de precios bajos, el flujo de caja para el escenario optimista se puede observar en la Tabla 23.

FLUJO DE CAJA DE PROYECTO						
AÑOS	INICIO	1	2	3	4	5
INGRESOS VENTA DE ENERGIA		\$ 151.928.141,40	\$ 152.444.697,08	\$ 152.963.009,06	\$ 153.483.083,29	\$ 154.004.925,77
PRESTAMO						
EGRESOS		\$ 79.528.844,72	\$ 6.239.764,59	\$ 6.534.942,58	\$ 6.845.118,80	\$ 7.171.116,58
MANTENIMIENTO		\$ 2.134.792,72	\$ 2.220.184,43	\$ 2.308.991,81	\$ 2.401.351,48	\$ 2.497.405,54
MO		\$ 48.674.052,00	\$ 1.097.474,56	\$ 1.174.297,78	\$ 1.256.498,62	\$ 1.344.453,53
ADMINISTRACION PROYECTO		\$ 13.420.000,00	\$ 422.105,60	\$ 451.652,99	\$ 483.268,70	\$ 517.097,51
TRANSPORTE		\$ 15.300.000,00	\$ 2.500.000,00	\$ 2.600.000,00	\$ 2.704.000,00	\$ 2.812.160,00
DEPRECIACION		\$ 10.634.969,90	\$ 10.671.128,80	\$ 10.707.410,63	\$ 10.743.815,83	\$ 10.780.344,80
INTERESES						
FLUJO DE CAJA ANTES DE IMPUESTOS		\$ 61.764.326,79	\$ 135.533.803,70	\$ 135.720.655,84	\$ 135.894.148,65	\$ 136.053.464,39
IMPUESTOS		\$ 18.529.298,04	\$ 40.660.141,11	\$ 40.716.196,75	\$ 40.768.244,60	\$ 40.816.039,32
FLUJO DE CAJA DESPUES DE IMPUESTOS		\$ 43.235.028,75	\$ 94.873.662,59	\$ 95.004.459,09	\$ 95.125.904,06	\$ 95.237.425,07
DEPRECIACION		\$ 10.634.969,90	\$ 10.671.128,80	\$ 10.707.410,63	\$ 10.743.815,83	\$ 10.780.344,80
AMORTIZACION						
INVERSION INICIAL	\$ 145.285.511,00					
RECUPERACION DEL CAPITAL DE TRABAJO						
VALOR DE SALVAMENTO						
<b>FLUJO DE CAJA NETO</b>	<b>\$ (145.285.511,00)</b>	<b>\$ 53.869.998,65</b>	<b>\$ 105.544.791,39</b>	<b>\$ 105.711.869,72</b>	<b>\$ 105.869.719,89</b>	<b>\$ 106.017.769,88</b>

*Tabla 23. Flujo de caja del proyecto Escenario optimista.*

Para todas las proyecciones se usa una tasa de interés de oportunidad (TIO) del **25%**, y la inversión inicial es de **\$ 145.285.511,00**, en la condición optimista se calcula una TIR del **51,52%**, y un VPN de **\$ 97.587.771,80** tal y como se muestra en la Tabla 24.

ESCENARIO OPTIMISTA	
TIO (TASA DE INTERES DE OPORTUNIDAD)	25%
VALOR PRESENTE NETO	\$ 97.587.771,80
TIR (TASA INTERNA DE RETORNO)	51,52%
VALOR PRESENTE NETO CON TIR	\$ 0,00

*Tabla 24. Resultados financieros Escenario optimista.*

El flujo de caja para el escenario sugerido se observa en la Tabla 25.

FLUJO DE CAJA DE PROYECTO						
AÑOS	INICIO	1	2	3	4	5
INGRESOS VENTA DE ENERGIA		\$ 130.143.205,73	\$ 130.403.492,14	\$ 130.664.299,12	\$ 130.925.627,72	\$ 131.187.478,98
PRESTAMO						
EGRESOS		\$ 79.528.844,72	\$ 6.239.764,59	\$ 6.534.942,58	\$ 6.845.118,80	\$ 7.171.116,58
MANTENIMIENTO		\$ 2.134.792,72	\$ 2.220.184,43	\$ 2.308.991,81	\$ 2.401.351,48	\$ 2.497.405,54
MO		\$ 48.674.052,00	\$ 1.097.474,56	\$ 1.174.297,78	\$ 1.256.498,62	\$ 1.344.453,53
ADMINISTRACION PROYECTO		\$ 13.420.000,00	\$ 422.105,60	\$ 451.652,99	\$ 483.268,70	\$ 517.097,51
TRANSPORTE		\$ 15.300.000,00	\$ 2.500.000,00	\$ 2.600.000,00	\$ 2.704.000,00	\$ 2.812.160,00
DEPRECIACION		\$ 9.110.024,40	\$ 9.128.244,45	\$ 9.146.500,94	\$ 9.164.793,94	\$ 9.183.123,53
INTERESES						
FLUJO DE CAJA ANTES DE IMPUESTOS		\$ 41.504.336,61	\$ 115.035.483,10	\$ 114.982.855,61	\$ 114.915.714,98	\$ 114.833.238,87
IMPUESTOS		\$ 12.451.300,98	\$ 34.510.644,93	\$ 34.494.856,68	\$ 34.474.714,49	\$ 34.449.971,66
FLUJO DE CAJA DESPUES DE IMPUESTOS		\$ 29.053.035,63	\$ 80.524.838,17	\$ 80.487.998,93	\$ 80.441.000,48	\$ 80.383.267,21
DEPRECIACION		\$ 9.110.024,40	\$ 9.128.244,45	\$ 9.146.500,94	\$ 9.164.793,94	\$ 9.183.123,53
AMORTIZACION						
INVERSION INICIAL	\$ 145.285.511,00					
RECUPERACION DEL CAPITAL DE TRABAJO						
VALOR DE SALVAMENTO						
<b>FLUJO DE CAJA NETO</b>	<b>\$ (145.285.511,00)</b>	<b>\$ 38.163.060,03</b>	<b>\$ 89.653.082,62</b>	<b>\$ 89.634.499,86</b>	<b>\$ 89.605.794,43</b>	<b>\$ 89.566.390,74</b>

Tabla 25. Flujo de caja para el escenario sugerido

En la proyección sugerida se calcula una TIR del **40,13%**, y un valor presente neto (VPN) de **\$ 54.567.422,14** tal y como se muestra en la Tabla 26.

ESCENARIO SUGERIDO	
TIO (TASA DE INTERES DE OPORTUNIDAD)	25%
VALOR PRESENTE NETO	\$ 54.567.422,14
TIR (TASA INTERNA DE RETORNO)	40,13%
VALOR PRESENTE NETO CON TIR	\$ 0,00

Tabla 26. Resultados financieros Escenario sugerido.

El flujo de caja para el escenario pesimista se observa en la Tabla 27

FLUJO DE CAJA DE PROYECTO						
AÑOS	INICIO	1	2	3	4	5
INGRESOS VENTA DE ENERGIA		\$ 115.619.915,28	\$ 115.712.411,21	\$ 115.804.981,14	\$ 115.897.625,12	\$ 115.990.343,22
PRESTAMO						
EGRESOS		\$ 79.528.844,72	\$ 6.239.764,59	\$ 6.534.942,58	\$ 6.845.118,80	\$ 7.171.116,58
MANTENIMIENTO		\$ 2.134.792,72	\$ 2.220.184,43	\$ 2.308.991,81	\$ 2.401.351,48	\$ 2.497.405,54
MO		\$ 48.674.052,00	\$ 1.097.474,56	\$ 1.174.297,78	\$ 1.256.498,62	\$ 1.344.453,53
ADMINISTRACION PROYECTO		\$ 13.420.000,00	\$ 422.105,60	\$ 451.652,99	\$ 483.268,70	\$ 517.097,51
TRANSPORTE		\$ 15.300.000,00	\$ 2.500.000,00	\$ 2.600.000,00	\$ 2.704.000,00	\$ 2.812.160,00
DEPRECIACION		\$ 8.093.394,07	\$ 8.099.868,78	\$ 8.106.348,68	\$ 8.112.833,76	\$ 8.119.324,03
INTERESES						
FLUJO DE CAJA ANTES DE IMPUESTOS		\$ 27.997.676,49	\$ 101.372.777,84	\$ 101.163.689,88	\$ 100.939.672,56	\$ 100.699.902,62
IMPUESTOS		\$ 8.399.302,95	\$ 30.411.833,35	\$ 30.349.106,96	\$ 30.281.901,77	\$ 30.209.970,79
FLUJO DE CAJA DESPUES DE IMPUESTOS		\$ 19.598.373,54	\$ 70.960.944,49	\$ 70.814.582,92	\$ 70.657.770,79	\$ 70.489.931,84
DEPRECIACION		\$ 8.093.394,07	\$ 8.099.868,78	\$ 8.106.348,68	\$ 8.112.833,76	\$ 8.119.324,03
AMORTIZACION						
INVERSION INICIAL	\$ 145.285.511,00					
RECUPERACION DEL CAPITAL DE TRABAJO						
VALOR DE SALVAMENTO						
<b>FLUJO DE CAJA NETO</b>	<b>\$ (145.285.511,00)</b>	<b>\$ 27.691.767,61</b>	<b>\$ 79.060.813,27</b>	<b>\$ 78.920.931,60</b>	<b>\$ 78.770.604,55</b>	<b>\$ 78.609.255,86</b>

Tabla 27. Flujo de caja Escenario pesimista.

En el escenario pesimista se calcula una TIR del **32,30%**, y un valor presente neto (VPN) de **\$ 25.897.461,14** tal y como se muestra en la Tabla 28.

ESCENARIO PESIMISTA	
TIO (TASA DE INTERES DE OPORTUNIDAD)	25%
VALOR PRESENTE NETO	\$ 25.897.461,14
TIR (TASA INTERNA DE RETORNO)	32,30%
VALOR PRESENTE NETO CON TIR	\$ 0,00

*Tabla 28. Resultados Financieros Escenario Pesimista.*

Por medio de los valores obtenidos de TIR y VPN en los tres escenarios proyectados es posible desarrollar un análisis de sensibilidad, que nos permite obtener datos para la toma de decisiones y fijar los límites de operación del proyecto, ya que si se observa detenidamente ninguna alternativa del proyecto representa pérdidas, pero las mayores rentabilidades se mueven entre el escenario optimista y el sugerido.

#### **5.4 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD**

El análisis se realiza con base en los valores calculados en los tres escenarios, los cuales tienen en común la TIO del **25%**, la inversión inicial **\$ 145.285.511,00**, los crecimientos salariales **7%** y de inflación **4%**. La franja de trabajo debe estar entre los escenarios optimistas y sugerido, ya que existe una menor variación del VPN llegando a un **44%**, menor a la variación entre los escenarios pesimista y sugerido que es del **53%**.

Para el caso de la TIR el comportamiento es inverso, es decir, en la comparación de escenarios optimista con sugerido la variación es de un **22%**, mientras en la segunda comparación entre los escenarios pesimista y sugerido la variación es del **20%**, un **2%** de diferencia admisible y que se maneja en el proyecto, ya que la meta es partir de lo sugerido a lo optimista.

Las variaciones en la venta de energía son del **0,34%** para el escenario optimista, **0,20%** para el sugerido y de **0,08%** para el pesimista, estos valores son obtenidos por el crecimiento demográfico y puestos en contexto con la recuperación de energía del proyecto, se puede observar en el primer año como, desde el punto pesimista hasta el sugerido hay un aumento en la energía del **12%** y del sugerido al optimista del **14%**, es decir que la empresa Codensa tiene una oportunidad de mejora del **26%** en venta de energía en el municipio, esta misma comparación se hace en el año 5 y demuestra una recuperación de **27%**.

Para calcular el retorno de la inversión se tomó el panorama pesimista del año dos y se usó una relación extraída del documento "DISEÑO DE UN SISTEMA DE ENERGÍA ALTERNATIVA SOLAR PARA CONECTAR LOS SERVICIOS

AUXILIARES DE CORRIENTE CONTINUA EN CINCO (5) SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DE CODENSA S.A. ESP. EN BOGOTÁ” (Ramirez & Ardila, 2017) , no se utiliza el año uno ya que la implementación del proyecto acarrea unos costos altos inicialmente, después se estabiliza y se puede proyectar la recuperación de la inversión.

$$T = \frac{I}{E - M}$$

Donde:

T= Tiempo recuperación de la inversión

I= Inversión total del proyecto

E= Beneficio por energía vendida.

M= Costo de mantenimiento

El cálculo del retorno de la inversión es de 1,19 años, pero se debe tener en cuenta que el primer año es de implementación y su rentabilidad es positiva pero baja, por ende a ese 1,19 años se le debe sumar el primer año de implementación, lo que sugiere un tiempo total para recuperar la inversión de 2,19 años en el escenario pesimista, de trabajar en las otras proyecciones este tiempo disminuye.

## CONCLUSIONES

En el marco de la investigación y estudio desarrollado para el Municipio de Paratebueno y la problemática presentada, se destacan las siguientes conclusiones:

- Paratebueno presenta un bajo crecimiento en cuanto a demanda, sin embargo gracias al estudio de mercado se identificó una demanda virtual de energía eléctrica a causa de los bajos niveles de tensión, los fundamentos de este estudio podrán utilizarse para futuros proyectos en diferentes zonas del País que presenten problemas en sus niveles de tensión.
- Eventualmente este proyecto puede acompañarse con soluciones alternativas como las planteadas en la metodología de Marco Lógico, tales como la construcción de una nueva subestación, siempre y cuando se identifique una criticidad de demanda que vea implicada a toda la región en la que se encuentra inmersa el Municipio.
- Este proyecto permite evidenciar que no necesariamente se requiere filantropía empresarial para mejorar la calidad de servicio de los colombianos, es más, con el análisis correcto enmarcado en la regulación vigente existen importantes beneficios que podrían motivar las inversiones en zonas como la del Municipio de Paratebueno.

- De acuerdo al estudio técnico se evidencia que la instalación de reguladores de tensión es una opción factible para mitigar la problemática del municipio de Paratebuena, porque es un equipo de tecnología actual, disponible en el mercado, con facilidad de implementación, además la recuperación de energía proyectada genera los ingresos suficientes para obtener la inversión y crear rentabilidad.
- El proyecto es sostenible y viable según lo evidenciado en el estudio financiero, ya que en los diferentes escenarios propuestos (Optimista, Sugerido, Pesimista) se obtiene una TIO (Tasa de interés de oportunidad) base y además una TIR (Tasa interna de retorno) positiva mayor como ganancia, incluso en el escenario menos favorable.
- El presente proyecto sirve de estudio para poblaciones con problemas de tensión baja, como el demostrado en el municipio de Paratebuena por medio de las simulaciones en CymDist; dicha solución incrementa las ganancias de los operadores de red y contribuye al desarrollo social, económico, académico y cultural de los habitantes en una región.
- La metodología de marco lógico aplicada en el presente proyecto constituye la base estructural de la investigación, por medio de ella se obtienen la situación problema, el análisis de involucrados y las metas que llevan al éxito el trabajo, por tal motivo es una herramienta de la gerencia de proyectos que debe contemplarse y explotarse en los diferentes retos profesionales y académicos a desarrollar.
- Para el manejo ambiental y los posibles impactos causados por el proyecto, se deben consultar los procedimientos, especificaciones e instructivos de la empresa Codensa, con el fin de mitigar y controlar los riesgos ambientales asociados a la instalación de los reguladores de tensión en Paratebuena.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alexander, C. K., & Sadiku, M. N. (2006). *Fundamentos de Circuitos Eléctricos*. Mexico D.F.: McGraw Hill.
- Cano, G. M. (2008). *Plan de Desarrollo Trabajamos para Todos*. Paratebuena.
- Carabobo, R. (29 de Agosto de 2014). *Noticias 24, Carabobo*. Obtenido de <https://www.noticias24carabobo.com/corpoelec-pone-funcionamiento-tercer-autotransformador/>
- Castaño, S. R. (2009). *Redes De Distribución de Energía*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia.
- Codensa. (2018). Obtenido de <http://corporativo.codensa.com.co/es/conocenos/nuestraestrategia/Paginas/ejes-estrategicos.aspx>
- Codensa. (2018). Obtenido de <http://corporativo.codensa.com.co/es/nuestrocompromiso/politicasostenibilidad/Paginas/plan-sostenibilidad.aspx>
- Codensa. (2018). *Enel*. Obtenido de <https://www.enel.com/es/quienessomos/vision>
- CODENSA S.A E.S.P. (2017). *Confiabilidad Municipio de Paratebuena*. Bogota.
- Codensa S.A E.S.P. (14 de Mayo de 2018). *Likinormas*. Obtenido de <http://likinormas.micodensa.com/>
- Codensa S.A E.S.P. (2018). *Memorias anuales*. Bogotá D.C.
- CORPOELEC, P. (14 de Octubre de 2013). *CORPOELEC*. Obtenido de <http://www.corpoelec.gob.ve/noticias/instalado-autotransformador-de-450-mva-en-subestaci%C3%B3n-planta-centro>
- DANE. (2005). *Censo General 2005, Perfil Paratebuena-Cundinamarca*. Bogotá.
- DANE. (2005). *Resultados y proyecciones 2005-2020 del Censo 2005*.
- Electricidad, S. (15 de Enero de 2015). *Sector Electricidad*. Obtenido de <http://www.sectorelectricidad.com/11001/el-autotransformador-ventajas-y-desventajas/>
- ITAIPU BINACIONAL. (16 de Noviembre de 2011). Obtenido de <https://www.itaipu.gov.br/es/sala-de-prensa/noticia/llego-el-autotransformador-t5-la-subestacion-margen-derecha-de-itaipu>
- Ramirez, J., & Ardila, N. (2017). *Universidad Distrital*. Obtenido de Repositorio Institucional:

<http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/5876/1/ArdilaMantillaNelson2017.pdf>

Superintendencia, D. S. (2017). *Diagnostico de la calidad del servicio de energía eléctrica en Colombia 2016*. Bogotá.

TOSHIBA. (2012). *Manual de Instrucciones para REGULADORES DE TENSIÓN MONOFÁSICOS*. Brasil: Toshiba Infraestructura América do Sul Ltda.

XM. (9 de Mayo de 2018). XM. Obtenido de <https://www.xm.com.co/Paginas/Home.aspx>

## **ANEXOS**

Anexo A. Evaluación Financiera Reguladores de Energía Paratebueno.xlsx