

**Evaluación Económica y Social del Proyecto de Ampliación del Circuito Eléctrico Reina del Barrio Patio Bonito de la ciudad de Bogotá para el periodo 2015 - 2019**

**Andrés Mauricio Cortes Jaimes**

**John Alexander Gómez Rodríguez**

**Trabajo de Grado**

**Especialización en Economía para Ingenieros**

**Tutor Proyecto**

**María Constanza Torres Tamayo**

**ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA JULIO GARAVITO FACULTAD DE  
ECONOMÍA**

**2019**

**Evaluación Económica y Social del Proyecto de Inversión del Circuito Eléctrico Reina del Barrio Patio Bonito de la ciudad de Bogotá para el periodo 2015 - 2019**

**Programa de Economía para la obtención del título de  
Especialista en Economía para Ingenieros**

**Autores:** Andrés Mauricio Cortes Jaimes  
John Alexander Gómez Rodríguez

**Tutor Proyecto:** Eco. María Constanza Torres Tamayo

Proyecto de tesis presentada a la Escuela de Ingeniería Julio Garavito

**Clasificación JEL:** G3, Q4.

Programa de Economía para la obtención del título de Especialista En Economía para Ingenieros

**BOGOTÁ, COLOMBIA.**

**OCTUBRE 2019**

## **AGARDECIMIENTOS**

Agradecemos a Dios por permitirnos concluir con esta etapa de nuestra vida e iluminar a nuestros docentes para guiarnos pacientemente con sus conocimientos a través de esta línea de tiempo, la cual nos da nuevas herramientas para afrontar los nuevos retos del día a día.

Agradecer también a nuestras familias por el apoyo constante.

Finalmente agradecer de todo corazón a nuestra tutora María Constanza Torres que con su gallardía por la enseñanza nos guio a la meta final.

## CONTENIDO

<b>Evaluación Económica y Social del Proyecto de Ampliación del Circuito Eléctrico Reina del Barrio Patio Bonito de la ciudad de Bogotá para el periodo 2015 - 2019.....</b>	<b>1</b>
<i>Palabras Claves</i> .....	1
<b>PREGUNTA</b> .....	<b>3</b>
<b>Hipótesis</b> .....	<b>3</b>
<b>Objetivo General</b> .....	<b>3</b>
<b>Objetivos Específicos</b> .....	<b>3</b>
<b>JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>4</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>5</b>
<b>MARCO TEORICO</b> .....	<b>8</b>
<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	<b>9</b>
<b>CAPITULO 1 Mercado de Energía Monopolio Natural</b> .....	<b>12</b>
<b>CAPITULO 2 Estudio de Mercado y Externalidades</b> .....	<b>13</b>
<b>CAPITULO 3 Descripción del circuito - Localización</b> .....	<b>17</b>
<b>CAPITULO 4 Estudio Legal y Administrativo para la Aplicación de Circuitos de Distribución</b> ....	<b>20</b>
<b>CAPITULO 5 Estudio Técnico</b> .....	<b>21</b>
<b>Elementos (maquinaria) que intervienen en la ampliación del circuito reina</b> .....	<b>21</b>
<b>Diagramas de Flujo</b> .....	<b>26</b>
<b>COSTOS POST DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO E INVERSION SOBRE EL CIRCUITO REINA</b> .....	<b>38</b>
<b>SAIDI</b> .....	<b>43</b>
<b>SAIFI</b> .....	<b>43</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>46</b>
<b>Anexo I Resultados de la Encuesta</b> .....	<b>46</b>
<b>Anexo II Ficha Técnica de la Encuesta</b> .....	<b>53</b>
<b>Anexo III Costos Indirectos</b> .....	<b>54</b>
<b>Anexo IV Flujo de caja del proyecto</b> .....	<b>55</b>

## INDICE TABLAS

Tabla 1 Características de Condiciones de Vida .....	7
Tabla 2 Costo beneficio externalidades.....	17
Tabla 3 Características de distribución del Circuito.....	18
Tabla 4 Costos Materia Prima y Mano de Obra Autoría Propia.....	34
Tabla 6 Costos de Operación Circuito Reina .....	38
Tabla 7 Costos Post de Operación Mantenimiento e Inversión .....	38
Tabla 8 Datos Financieros VPNs TIRs .....	39
Tabla 9 Datos SAIDI SAIFI Trimestres entre 2011 a 2019 .....	42
10 Datos SAIDI Periodo 2011 a 2019.....	43
11 Datos SAIFI Periodo 2011 2019 .....	43

## INDICE DE FIGURAS

1. Figura 1 Localización Geográfica.....	6
2 Figura 1 Precios y Cantidades en competencia perfecta (yc, pc) y en monopolio (ym, pm) .....	12
3 Gráfico de Encuesta Genero Elaboración Propia Datos Encuesta .....	13
4 Gráfico Costo Promedio de Facturación Elaboración Propia Datos Encuesta.....	14
5 Grafico Encuesta de Percepción de Servicio Elaboración Propia.....	15
6 Gráfica Datos Solicitud de Ampliación de Carga Elaboración Propia Datos Encuesta .....	15
7 Gráfica Solicitud de Carga Elaboración Propia Datos Encuesta .....	16
8 Imagen Ubicación Subestación Chicala .....	17
9 Gráfico Distribución del Circuito por tipo de Clientes.....	18
10 Distribución de la Red de MT del Circuito Reina .....	19
11 Gráfico Barrio al que pertenecen los encuestados Elaboración Propia Datos Encuesta .....	19
12 Ilustración 2 ESTRUCTURA LA 204 TIPO BANDERA .....	
13 Ilustración ESTRUCTURA LA 202 TIPO TANGENCIAL .....	21
14 Diagrama de Flujo Cambio de Poste Autoría Propia.....	26
15 Diagrama Cambio de Conductor Aéreo y Crucetas Autoría Propia .....	27
16 Diagrama de Flujo Cambio de Conductor Subterráneo Autoría Propia.....	28
17 Diagrama de Flujo Instalación o Cambio de Equipos de Maniobra Autoría Propia .....	29
18 Costos Asociados al circuito Reina Periodo 2011 a mayo 2019.....	36
19 Datos SAIDI SAIFI del Grupo Enel a Nivel Mundial 2018.....	40
20 SAIDI por Empresa vs. SAIFI Nacional 2017: .....	41
21 SAIFI por Empresa v.s. SAIFI Nacional 2017 .....	41
22 Tendencia SAIDI SAIFI .....	44

## **Evaluación Económica y Social del Proyecto de Ampliación del Circuito Eléctrico Reina del Barrio Patio Bonito de la ciudad de Bogotá para el periodo 2015 - 2019**

### ***Resumen***

La empresa ENEL CODENSA S.A E.S.P anualmente realiza proyectos de inversión con el fin de fortalecer y mejorar su infraestructura, en busca de ofrecer un mejor servicio a cada uno de sus usuarios.

La finalidad del presente documento es realizar la evaluación económica y social del proyecto de ampliación capacidad del circuito REINA, circuito eléctrico que sale de la subestación Chicalá ubicada en la localidad de Bosa, cuyo tendido alimenta a los barrios Patio Bonito, Tintalito, Caldaima entre otros.

Se realizó una encuesta de servicio identificando desde el punto de vista de los usuarios los pros y los contras de la implementación de los proyectos de inversión de la compañía en los circuitos. Se hizo un análisis de los indicadores de calidad SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*) y SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*) sobre el circuito, observando una mejoría con una tendencia a bajar estos índices a lo largo del tiempo de la implementación de los proyectos de inversión,

Así mismo, se evaluaron aspectos financieros, evidenciando utilidades en todos los aspectos, pues la compañía invierte y recibe remuneraciones vía tarifa, no recibe penalidades por bajos indicadores de calidad y los usuarios reciben un mejor servicio con buena calidad.

Finalmente, se concluye que el proyecto de ampliación de la capacidad eléctrica del circuito Reina en la localidad de Kennedy ha beneficiado a los más de 5000 usuarios del mismo, ofreciéndoles un servicio más confiable. Además, ofrece a la zona, la oportunidad de conexión de nuevos clientes ya que cuenta con la capacidad suficiente para alimentar nuevas cuentas residenciales, comerciales e industriales solicitadas en esta zona.

### ***Palabras Claves***

Ampliación Capacidad, TIRs, VPNs, Monopolio Natural.

## ***Economic and social evaluation of the extension of the electric capacity of the Reina Electric circuit from 2015 to 2019***

### ***Abstract***

The company ENEL CODENSA S.A E.S.P. Year by year made investment projects looking to strengthen and improve its infrastructure to give a better service to its users.

This document makes a social and economic evaluation of the extension of the electric capacity of the electric circuit Reina, the source of this circuit is the electric substation Chicala in Bosa town, and give service to Patio Bonito, Tintalito, Calandaima and other towns.

A part of this work is made a service survey to find what do think the users about the investment projects of the company in the electric circuits. Making an analysis about the quality index (*System Average Interruption Duration Index*) and SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*) in the circuit, finding that the company is offering a better service year by year. Observing an improvement with a tendency to lower these indices over the time of the implementation of investment projects.

At the same time financial aspects were evaluated evidencing profits in all aspects, since the company invests and receives remuneration via rate, does not receive penalties for low quality indicators, users receive a better service of good quality.

Finally, is concluded that the project to expand the electrical capacity of the Reina circuit in the town of Kennedy has benefited more than 5000 users, offering them a better-quality service. It also offers the area the opportunity to connect new customers as it has sufficient capacity to feed new residential, commercial and industrial accounts that come to this area.

### **Key Words**

Capacity Expansion, TIRs, VPNs, Natural Monopoly.

## **PREGUNTA**

¿Qué beneficios sociales y económicos se perciben a partir de la ampliación de la capacidad eléctrica del circuito Reina<sup>1</sup> de la subestación Chicalá en el año 2016 de la localidad de Kennedy en los barrios Tintalito, Patio Bonito, Calandaima, Acacias, Galán y Osorio circuito construido por la empresa ENEL – CODENSA S.A. ESP?

### **Hipótesis**

La ampliación de capacidad del circuito REINA de ENEL CODENSA S.A. E.S.P. genera beneficios sociales y económicos en los barrios alimentados eléctricamente por la ejecución del proyecto.

### **Objetivo General**

Evaluar económica y socialmente el proyecto de ampliación de la capacidad eléctrica, ejecutado sobre el circuito Reina desde el 2016 al 2019. Analizando los indicadores de calidad del servicio SAIDI<sup>2</sup> y SAIFI<sup>3</sup> desde el 2011 hasta el 2019 y la percepción de los usuarios que habitan en el sector.

### **Objetivos Específicos**

- Determinar las externalidades tanto positivas como negativas que se presentan en la ejecución del proyecto de ampliación capacidad.
- Determinar los beneficios económicos y sociales del proyecto de inversión para CODENSA S.A. E.S.P. y para los Clientes de la compañía en el circuito REINA de la ciudad de Bogotá.
- Identificar la TSD y evaluar el proyecto con el flujo de caja neto.
- Calcular el VPNs, la TIRs y la relación Costo beneficio utilizando el cálculo del VPNs del proyecto de ampliación capacidad, ejecutado sobre el circuito REINA.
- Realizar un análisis del comportamiento de los indicadores de calidad SAIDI Y SAIFI a partir del 2011 hasta el 2019.

---

1 Circuito Reina: Quien en adelante se entenderá proyecto Reina de la subestación Chicalá de la localidad de Kennedy en los barrios (Tintalito, Patio Bonito, Calandaima, Acacias, Galán y Osorio). Construido por la Empresa ENEL CODESAN S.A. ESP.

2 "System Average Interruption Duration Index", o Tiempo Total Promedio de Interrupción por usuario en un periodo determinado.

3 "System Average Interruption Frequency Index", o Frecuencia Media de Interrupción por usuario en un periodo determinado.

## JUSTIFICACIÓN

Como uno de los pilares fundamentales del progreso y factor de crecimiento, la provisión de energía segura, asequible y moderna para todos los ciudadanos, sin la cual la calidad de vida con la que contamos hoy en día no sería posible de concebir, es necesario continuar con la ampliación de instalación de infraestructura que robustezca la confiabilidad del servicio y genere valor tanto para quien presta el servicio como para quien lo recibe.

ENEL CODENSA S.A. ESP se dedica a la distribución y comercialización de energía eléctrica. Es propiedad del grupo italiano Enel a través de holding chileno Enersis S.A. (21,7%) y tiene una cartera de 3,2 millones de clientes. Sus operaciones abarcan 116 municipios de los departamentos de Cundinamarca, Boyacá, Meta y Tolima. Los accionistas son Empresa de Energía de Bogotá S.A. E.S.P. (51,5%) y las chilenas Enersis S.A. (39,1%) y Chilectra S.A. (9,35%).

La Comisión de regulación de energía y gas (CREG) en su resolución No. 015 de 2018 establece la nueva metodología para la remuneración de los activos de distribución de energía eléctrica, por tanto, la empresa ENEL CODENSA S.A ESP para dar cumplimiento a la resolución y mejorar su remuneración implementa el plan de renovación de activos y ampliación capacidad de los mismos. La mejor remuneración está determinada por el tiempo del activo y la calidad del servicio.

En ENEL CODENSA S.A ESP no se realiza la evaluación social y económica de los proyectos de inversión en ninguna de las etapas de desarrollo de los mismos, ya que estos tienen como prioridad la rentabilidad financiera de la compañía. Por lo cual vemos como un foco de suma importancia la evaluación económica y social de los proyectos de inversión, pues se hace necesario determinar los beneficios sociales y económicos para la empresa y para sus clientes.

## INTRODUCCIÓN

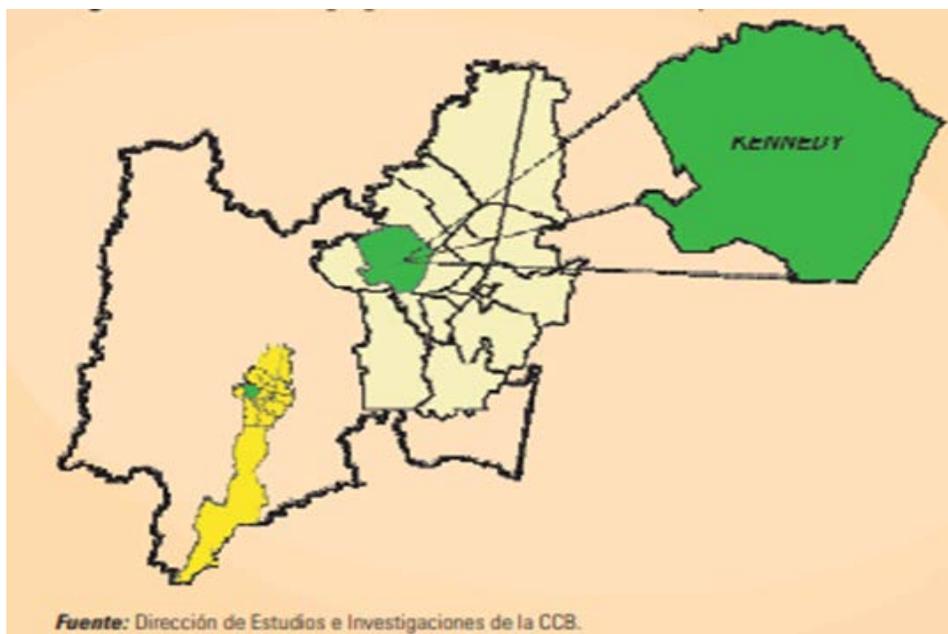
Una sociedad con acceso a servicios básicos de sanidad, educación y similares, es una sociedad que permite el desarrollo de las libertades de sus individuos al permitirles vivir mejor. Les garantiza mejor calidad de vida, así como también acceso y mayor participación en las actividades económicas y políticas.

El estudio del uso de energía como una variable económica cada vez ha tenido más importancia en la literatura económica, especialmente en relación al potencial económico de los países. Algunos estudios han probado empíricamente esta relación. La prueba de integración del panel de Kao especifica una relación estable a largo plazo entre todas estas variables. Los resultados empíricos muestran que un aumento del 1% en el consumo de energía aumenta la producción en un 0,81% a largo plazo, mientras que para el mismo aumento en la producción de emisiones de CO<sub>2</sub> cae en un 0,17% a largo plazo. (Energy Policy Volumen 45, June 2012, Págs. 217-225).

El sector eléctrico realiza un importante aporte al desarrollo económico del país, está compuesto por todas las empresas dedicadas a la generación, transporte, distribución y comercialización eléctrica.

Dentro del proceso de desarrollo se requiere un servicio de distribución eléctrica con calidad y confiabilidad el cual está regulado en Colombia por medio de la Ley 142 y 143 de 1994, dando cumplimiento a la ley y regulación, la empresa ENEL CODENSA S.A. ESP lleva a cabo una serie de proyectos que pretenden fortalecer el sistema de distribución eléctrica en la ciudad de Bogotá y zonas interconectadas por la distribuidora. Como enfoque del trabajo de grado se realiza la evaluación económica del proyecto puntual, circuito Reina de la subestación eléctrica Chicala ubicado en la localidad de Kennedy y que alimenta los barrios Tintalito, Patio Bonito, Calandaima, Acacias, Galán y Osorio.

La localidad de Kennedy está ubicada en el sur occidente de Bogotá; representa el 4,5% del área total de la ciudad, es la octava localidad en extensión total territorial con (3,861 ha.); y la segunda en extensión de área urbana; Posee 316 ha. de suelo de expansión. No posee suelo rural. Limita por el norte con la localidad de Fontibón y el municipio de Mosquera, al sur con las localidades de Bosa, Ciudad Bolívar y Tunjuelito; al oriente con la localidad de Puente Aranda y al occidente con la localidad de Bosa. Por su posición geográfica, la localidad es considerada como una localidad periférica, de conexión entre las localidades de Bogotá y el sur occidente de Cundinamarca (Figura 1).



1. Figura 1 Localización Geográfica

Fuente. Dirección de Estudios e investigaciones de la CCB Año 2015

El área de influencia del circuito Reina comprende los barrios Tintalito, Patio Bonito, Calandaima, Acacias, Galán y Osorio de la localidad de Kennedy, para lo cual es necesario conocer las condiciones de vida en la localidad, por lo que nos apoyaremos en un cuadro tomado de la encuesta de calidad de vida realizada por el DANE en el año 2003 (Tabla1).

Variable	Kennedy	Bogotá
Calidad de Vida pobreza y servicios públicos	Índices de condiciones de vida: 89.2	Índices de Condiciones de Vida 89.4
	Índices de Acceso y Calidad de los servicios 27.37	Índice de acceso y calidad de los servicios 27.22
	Índices de educación y capital humano 32.54	Índice de educación y capital humano 32.75
	Índice de tamaño y composición del hogar 16.77	Índice de tamaño y composición del hogar 17.08
	Índice de la calidad de la vivienda 12.51	Índice de la calidad de vivienda 12.33

81523 personas con necesidades básicas insatisfechas (9.1%)	536.279 personas con necesidades básicas insatisfechas (7.8%)
Porcentaje de población bajo de la línea de pobreza 46%	Porcentaje de población con la línea de pobreza 46.2%
Porcentaje de población bajo la línea de indigencia 10.9%	Porcentaje de población bajo la línea de indigencia 12.3%
99.3% cobertura de acueducto	98.7% de cobertura de acueducto
99.3% cobertura de alcantarillado	98.1% de cobertura de alcantarillado
99.5% cobertura de energía eléctrica	99.5% de cobertura de energía eléctrica.
88.9% cobertura en servicio de teléfono	87.9% de cobertura en servicio de telefonía
89.4% cobertura en servicio de gas natural	80% de cobertura en servicio de gas natural
100% cobertura en servicio de aseo	99.8% cobertura en servicio de aseo

*Tabla 1 Características de Condiciones de Vida*

Fuente: DANE. Encuesta de calidad de vida 2003. DAPD. Recorriendo Kennedy, 2004.

Proceso: DANE, censo 2005 (cifras preliminares). SDS. 2006 dirección de Estudios e Investigaciones de la CCB.

Los datos expuestos en la anterior tabla muestran que los indicadores de calidad de vida, pobreza y servicios públicos del área de influencia del circuito reina tienen un comportamiento similar al de la ciudad de Bogotá en general.

En cuanto al servicio de energía, la mayoría de la población cuenta con servicio de energía con un 99.5% de cobertura de energía eléctrica.

El desarrollo de este proyecto se contempla en los capítulos Mercado de Energía Monopolio Natural, Estudio de Mercado, Localización, Estudio Técnico y Estudio Legal para la aplicación de circuitos de distribución.

## MARCO TEORICO

“La evaluación económica de proyectos, “Moreno. (2007)”, también conocida como análisis costo-beneficio económico, es una herramienta de análisis que tiene como objetivo determinar la contribución de una determinada asignación de recursos al bienestar de la sociedad, colectividad nacional o país como un todo. A nivel intuitivo, busca establecer que gana o que pierde el país (en términos de bienestar) por realizar un proyecto.”. En términos generales el trabajo busca determinar el nivel de bienestar social “calidad del servicio en disminución de tiempo de interrupción y en cantidad de veces de interrupción” y económico que genero el proyecto de inversión a la sociedad de los barrios Tintalito, Patio Bonito, Calandaima, Acacias, Galán y Osorio.

La prestación de SPD “servicios públicos domiciliarios” en Colombia se encuentra reglamentada por lineamientos constitucionales y legislativos, los cuales buscan que surjan una serie de retos para el sector que permitan afrontar los procesos de apertura económica y modernización estatal. La normativa concerniente SPD a los sistemas públicos domiciliarios tiene como base la Ley 142 y 143 de 1994 así como la constitución de 1991; las cuales presentan la regulación entorno a la prestación del servicio, la regulación del sector y la competencia entre las empresas, como los derechos y condiciones de los usuarios, entre otras razones. (La regulación del servicio público domiciliario –SPD- de agua en Colombia)

Los Proyectos de alumbrado público, como aquellos relacionados con la iluminación de vías, plazoletas, alamedas, puentes peatonales, pasos subterráneos en cruce a desnivel, parques, ciclo rutas, andenes, senderos en zonas duras y en general la iluminación de espacios de libre circulación, son proyectos de inversión que buscan aumentar la seguridad, productividad y mejoramiento de la calidad de vida de la población (RESOLUCIÓN No. 180540 de marzo 30 de 2010).

“Artículo Demanda por Servicios Públicos Domiciliarios en Colombia y Subsidios”: Implicaciones sobre el bienestar el cual estima las funciones de demanda por los servicios públicos domiciliarios de agua y electricidad para una muestra de las ciudades más importantes en el país. (Banco de la República Borradores de Economía, 2007)

Vielma. (1997) realizo un trabajo titulado “Determinantes individuales y sociales del comportamiento del consumidor de electricidad en la zona residencial de las parroquias Olegario Villalobos, Carraciolo, Parra Pérez y Cristo de Aranza de la ciudad de Maracaibo”. El objetivo fundamental de esta investigación fue identificar los determinantes individuales y sociales del comportamiento del consumidor relacionado con el consumo de energía eléctrica de los Marabinos que habitan en las parroquias previamente mencionadas.

## MARCO METODOLÓGICO

Para alcanzar el objetivo de la evaluación económica del proyecto de suministro eléctrico, se realizará un análisis costo- beneficio, Londero.(1998) (ACB) que consiste en identificar, medir y valorar los beneficios y costos del proyecto para luego, tomando como referencia un momento del tiempo, usualmente el año cero, compararlos, con el fin de saber si los beneficios económicos superan o no los costos económicos, de tal manera que a la luz del criterio de compensación potencial pueda establecerse si la sociedad estaría mejor o no con el proyecto, y al proceso sistémico destinado a comparar los impactos relativos de distintas opciones tecnológicas orientadas a satisfacer un requerimiento energético dado. Se debe considerar los impactos de su diseño, fabricación, instalación y operación sobre un conjunto de objetivos definidos por la comunidad nacional o local, relacionados con las distintas dimensiones de su desarrollo: economía, medio ambiente, nivel tecnológico, preservación y desarrollo de su acervo cultural.

Este proceso se inicia definiendo el problema al cual intenta responder el proyecto y su alcance. Metodológicamente se procede a comparar la situación si se realiza el proyecto o si este no se ejecutara (cualitativamente), medir y valorar los impactos positivos y negativos que son atribuibles a su realización.

- 1) Se realizará una serie de encuestas (Anexo I) a la población para determinar los beneficios individuales (externalidades positivas y negativas) y que como comunidad se han percibido. Para obtener el tamaño de la muestra en este caso de poblaciones finitas se utiliza la ecuación 1.

$$(1) n = \frac{N * Z^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q}$$

Donde:

- n Tamaño de la muestra
- N Tamaño de la población
- p Probabilidad de éxito
- q Probabilidad de fracaso

- 2) Se procede a realizar el cálculo de la VPNs Miranda. (1998) representado en la ecuación (2).

$$(2) \text{VPNs} = \sum_{t=0}^n \frac{Ft}{(1+i)^t}$$

Donde “Ft” representa el flujo de efectivo en cada periodo de tiempo “t”, la tasa de descuento o costo de oportunidad del dinero está representada por “i”, “n” es el número de años del horizonte de evaluación menos uno y “∑” es la sumatoria del valor presente de los flujos de efectivo descontados.

La regla de decisión de este indicador consiste en que si el VPNs es positivo entonces el proyecto es rentable, ya que la sociedad aumentara su riqueza al ejecutarlo. Por el contrario, un VPNs negativo indica que se tendrían pérdidas al caso de llevarlo a cabo y, por lo tanto, la realización del proyecto no sería conveniente.

3) La Tasa Interna de Retorno Social (TIRs) es la alternativa al VPNs más común. Con la TIRs presentado a través de la ecuación (3) tratamos de encontrar una sola tasa o rendimiento del proyecto (la R(r)) en la ecuación del VPNs, esta tasa se basa únicamente en los flujos de efectivo del proyecto y no en tasas externas (o requeridas por la empresa).

Una inversión debe de ser tomada en cuenta si la TIRs excede el rendimiento requerido. De lo contrario, debe de ser rechazada.

La TIRs es el rendimiento requerido para que el cálculo del VPNs con esa tasa sea igual a cero.

$$(3) \text{VPNs} = \sum_{t=0}^{t=n} \frac{Ft}{(1+TIRs)^t} = 0$$

Regla de decisión para este indicador es aceptar los proyectos cuya TIRs sea mayor o igual a la tasa de descuento. Es importante mencionar que la TIRs al ser una tasa de descuento, no puede utilizarse como criterio de comparación entre proyectos y por tanto debe ser siempre acompañada por el VPNs.

4) La relación costo beneficio ecuación (4) se presenta como una herramienta que nos ayuda a tomar una decisión acerca de la implementación o no de un proyecto de inversión. En nuestro caso a evaluar si la implementación o no del proyecto implico mayores beneficios o mayores costos socioeconómicos a los usuarios o a la compañía.

$$(4) \text{VPNs beneficios} / \text{VPNs costos}$$

Si esta relación da como resultado un valor  $>1$ , indica que los beneficios superan los costes, por consiguiente, el proyecto debe ser considerado, o el proyecto genero mayores beneficios que costos.

Si la relación da un valor  $=1$  aquí no hay ganancias, pues los beneficios son iguales a los costos.

Si la relación es  $< 1$ , muestra que los costes son mayores que los beneficios, por lo cual el proyecto no se debe considerar, o simplemente genero más costos que beneficios.

5) Se determina los cambios en los indicadores de continuidad del servicio SAIDI “System Average Interruption Duration Index”, o Tiempo Total Promedio de Interrupción por usuario en un periodo determinado, estimado por medio de la ecuación (5) y SAIFI “System Average Interruption Frequency Index”, o Frecuencia Media de Interrupción por usuario en un periodo determinado “del servicio. Ver en la ecuación (6). (Superintendencia de Servicios Públicos mayo 2017).

$$(5) SAIDI = \frac{\sum_{i=1}^n t_i * u_i}{N}$$

$$SAIDI = \frac{\textit{Sumatoria de la duración de las interrupciones a clientes}}{\textit{Total de clientes del sistema}}$$

$$(6) SAIFI = \frac{\sum_{i=1}^n u_i}{N}$$

$$SAIFI = \frac{\textit{Numero total de interrupciones a clientes o clientes afectados}}{\textit{Total de clientes del sistema}}$$

Donde;

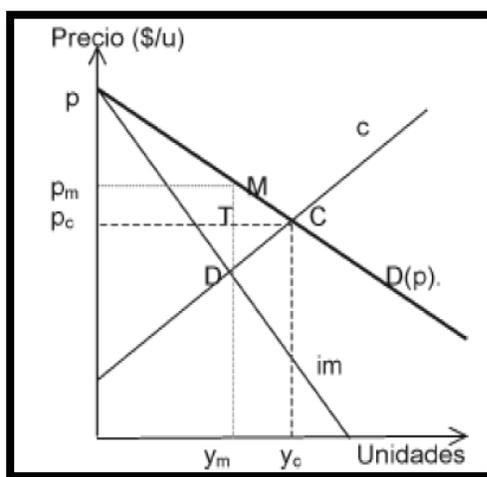
- $t_i$  Duración de cada interrupción
- $u_i$  Número de usuarios afectados en cada interrupción
- n Número de interrupciones en el periodo
- N Número de usuarios del sistema eléctrico

## CAPITULO 1 Mercado de Energía Monopolio Natural

Las redes de distribución de Energía Eléctrica se tipifican, desde el punto de vista económico, como un monopolio natural. Las razones más importantes que determinan esta afirmación son los altos costos fijos iniciales que tiene la infraestructura necesaria para la prestación del servicio de distribución de Energía Eléctrica que limitan o hacen poco probable la introducción de competencia en esta actividad; de igual manera, la naturaleza tecnológica, además de los altos costos fijos que poseen las redes de distribución de Energía Eléctrica.

El marco teórico que soporta este trabajo es la teoría microeconómica sobre las estructuras de mercados imperfectos, centrando el análisis en el caso específico del monopolio natural, además, de la teoría sobre la regulación económica de redes de distribución de Energía Eléctrica.

En condiciones de monopolio, se reducen los Beneficios Sociales (BS) debido a la pérdida irrecuperable de eficiencia (área MCD) y se transfieren excedentes de los consumidores (EC) a los monopolistas desfavoreciendo el bienestar de los consumidores (área  $p_m MT p_c$ )<sup>4</sup>. Los precios de monopolio ( $p_m$ ) superan los precios competitivos ( $p_c$ ) y las cantidades ofrecidas son menores ( $y_m < y_c$ ) en respuesta a las condiciones de la función de demanda decreciente y elástica del mercado (en la figura 1; se registra estas diferencias entre las condiciones de los dos modelos).



2 Figura 1 Precios y Cantidades en competencia perfecta ( $y_c, p_c$ ) y en monopolio ( $y_m, p_m$ )

Ecos de Economía No. 18. Medellín, abril 2004

La redistribución del ingreso es otro de los problemas a mejorar por la regulación, acorde con las políticas públicas de bienestar social, la cual a través de “precios de monopolio social”<sup>5</sup> (Lasheras, p. 29), o precio “social” de servicio público logran mayor cobertura y tarifas más accesibles

<sup>4</sup> Igual pérdida ocurre cuando se introducen o aumentan los impuestos (Varían, 1998b, p. 268)

<sup>5</sup> Son precios menores que los del monopolio y similares al costo marginal (primer óptimo) o igual al costo medio (segundo óptimo), que sostienen el negocio de la red en el largo plazo

El crecimiento demográfico en la ciudad tiene dos características uno el crecimiento horizontal y el otro el crecimiento vertical, el primero tiene como resultado en el sector eléctrico la creación de nuevas subestaciones y montajes de nuevos circuitos, para el segundo caso se requiere de la ampliación en capacidad de los circuitos debido a la dificultad de montar nuevas subestaciones y el costo elevado de nuevos circuitos.

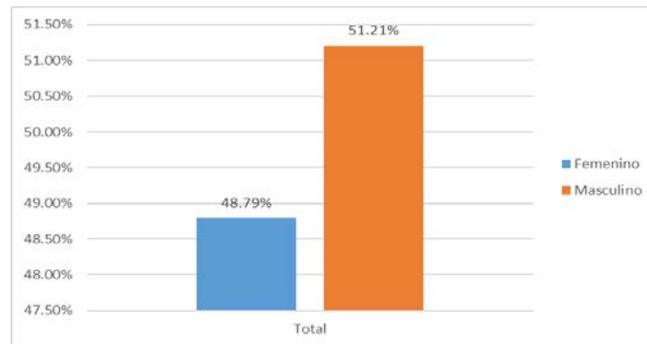
Cabe mencionar que la característica del mercado de energía en Colombia en su parte funcional está dividida en generación, transmisión y distribución, y los mercados en mayorista y minorista. Los trabajos ejecutados sobre el circuito reina están a cargo del distribuidor, y la población que se encuentra alimentada por este circuito pertenece al mercado minorista.

## CAPITULO 2 Estudio de Mercado y Externalidades

La zona se caracteriza por el crecimiento de pequeñas industrias dedicadas a la ornamentación principalmente a la construcción de bici-taxis, moto-taxis, algunas platerías y talleres de mecánica.

En su zona comercial; tiendas de barrio, bares, locales comerciales (ropa, telefonía, bisutería, varios).

Femenino	Masculino	Total general
182	191	373



3 Gráfico de Encuesta Genero Elaboración Propia Datos Encuesta

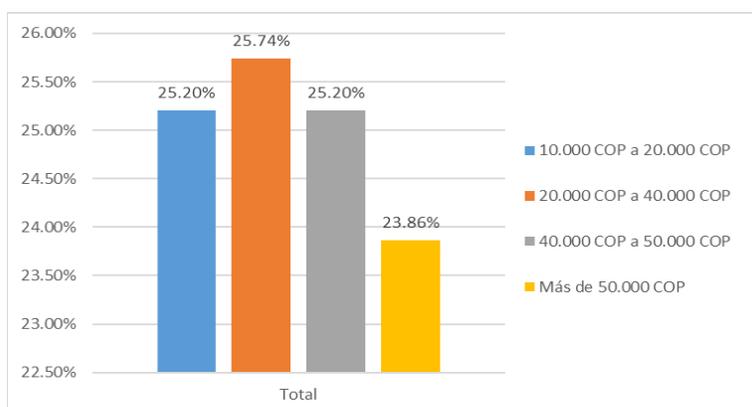
El circuito alimenta 50868 predios, para verificar los beneficios del proyecto, se consultó una muestra constituida por 373 personas, encuesta respondida por un 48.8% de género femenino y un 51.2% masculino.

La zona está conformada por 4491 predios residenciales, 502 comerciales, 90 predios Industriales y 3 oficiales.

La parte residencial se identifica por un estrato bajo de (94.6%)<sup>6</sup>, y con una expansión vertical y horizontal de las viviendas.

El aumento en capacidad se ve evidenciado en el cambio de uso de suelo de los barrios Patio Bonito y Calandaima cambiando de uso residencial a comercial y otros a industrial.

<b>10.000 COP a 20.000 COP</b>	<b>20.000 COP a 40.000 COP</b>	<b>40.000 COP a 50.000 COP</b>	<b>Más de 50.000 COP</b>	<b>Total general</b>
<b>94</b>	<b>96</b>	<b>94</b>	<b>89</b>	<b>373</b>

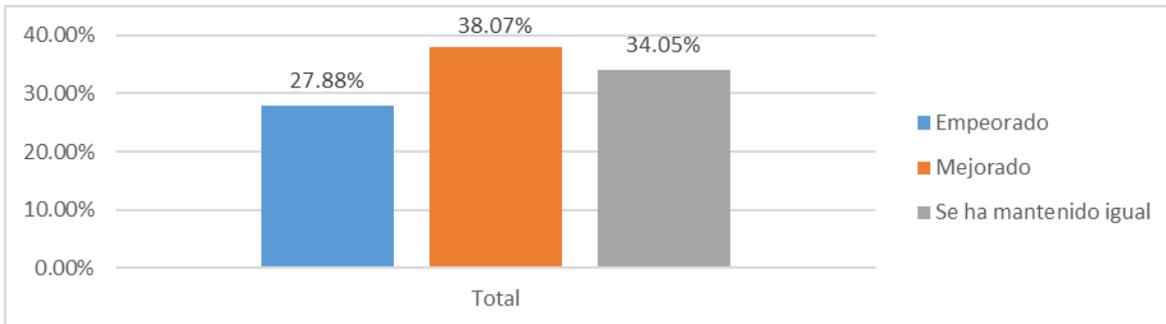


#### 4 Gráfico Costo Promedio de Facturación Elaboración Propia Datos Encuesta

Los costos tarifarios evidenciados en la encuesta nos dan la identificación del uso del suelo ya que la mayoría de este sector es residencial por tanto los costos de servicio pueden evidenciarse entre el pago del servicio en una variación de 10 mil a 40 mil pesos, un costo comercial que puede variar entre 40 mil a 50 mil pesos y la parte industrial que requiere de grandes consumos con facturaciones más elevadas.

<b>Empeorado</b>	<b>Mejorado</b>	<b>Se ha mantenido igual</b>	<b>Total general</b>
<b>104</b>	<b>142</b>	<b>127</b>	<b>373</b>

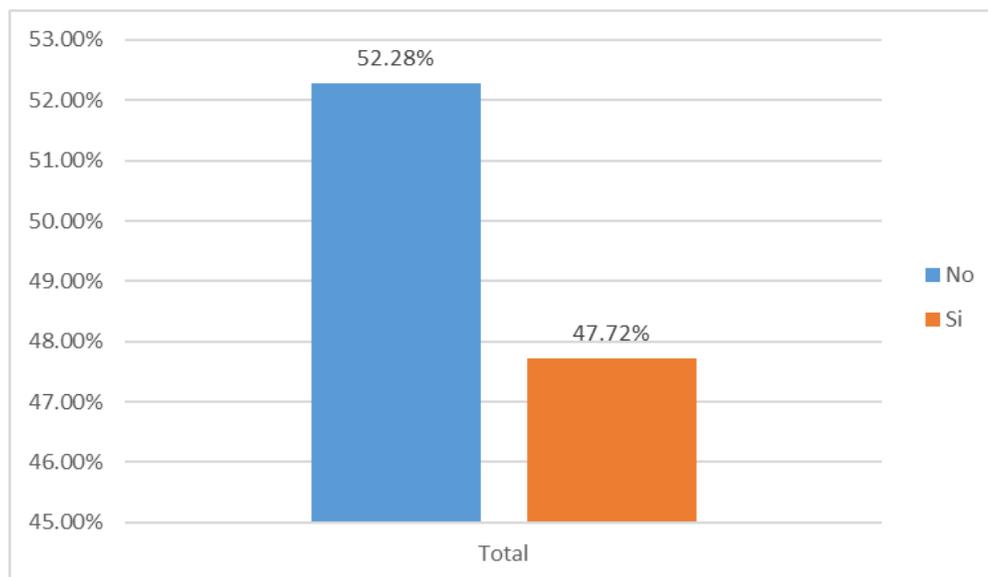
<sup>6</sup> LOCALIDAD KENNEDY Consejo Local de gestión del Riesgo y Cambio Climático (Día 14 del Mes de junio de 2018)



5 Grafico Encuesta de Percepción de Servicio Elaboración Propia

Con respecto a la percepción de servicio no se evidencia una tendencia ya que antes de la ampliación del circuito el sector siempre contaba con servicio de energía, aunque con mayor discontinuidad del servicio y los costos de mantenimiento de operación eran mayores.

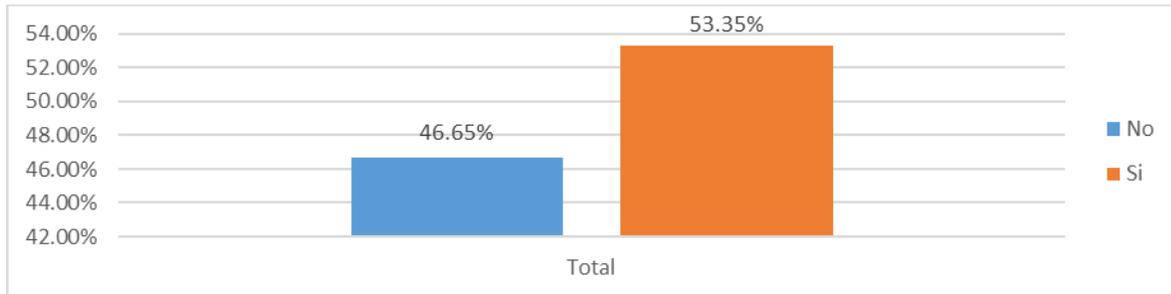
No	Si	Total general
195	178	373



6 Gráfica Datos Solicitud de Ampliación de Carga Elaboración Propia Datos Encuesta

La solicitud de ampliación en los datos de encuesta muestra coherencia con el crecimiento del sector ya que la solicitud de carga no es constante y la capacidad del mismo debe tener soporte para suplir emergencias de circuitos cercanos.

No	Si	Total general
174	199	373



7 Gráfica Solicitud de Carga Elaboración Propia Datos Encuesta

La percepción de pago del servicio por parte de los usuarios en general es de un costo elevado, más sin embargo el aumento en el precio del servicio no supera el valor estipulado por la ley.

## Costos y Beneficios

### Relación costo beneficio

En el desarrollo de la metodología damos cumplimiento tanto al objetivo general, como los específicos, en esta sección presentamos la identificación de externalidades que se presentan en el desarrollo del proyecto reina.

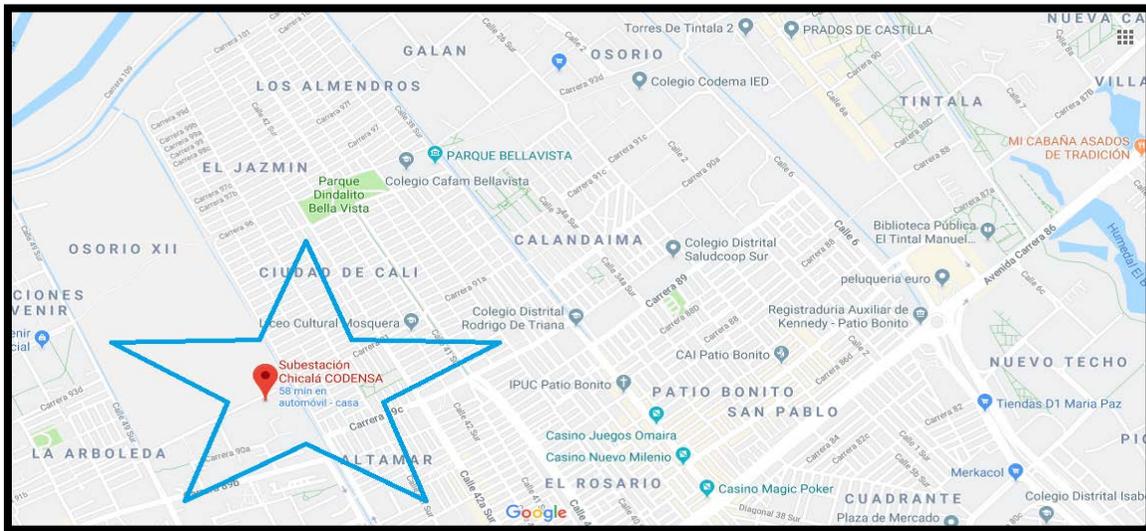
Costos y beneficios de la implementación del proyecto ampliación capacidad del circuito REINA		
	Beneficios	Costos
Clientes (Usuarios conectados al Circuito)	↑ Para los clientes comerciales e industriales hay menos cortes de energía, aumentan o mantienen su productividad	↑ Aumentan los costos por confiabilidad y calidad de la energía
	↑ En el intervalo de tiempo en el que se desarrollan los proyectos de inversión se incrementan las ventas de los productos que venden los locales comerciales, pues el personal de las empresas contratistas hace compras a diario.	↑ En el intervalo de tiempo en el que se desarrollan los proyectos de inversión el tráfico se ve impactado, pues al estacionar vehículos se interrumpe el normal funcionamiento de las vías y senderos peatonales
	↓ Disminuyen Los accidentes de usuarios tocando la red de media tensión tras la normalización de las redes	
Enel CODENSA S.A E.S.P	↑ Mejoran los indicadores de calidad	↑ Se debe hacer una gran inversión en operación y mantenimiento

	<p>↓ Disminuyen los cargos por multas por mala calidad del servicio</p>	<p>↑ Se debe hacer una gran inversión pues al normalizar las redes de media tensión aéreas hay que cambiar estructuras LA202 a estructuras LA204 por que las fachadas no permiten el cumplimiento de las distancias de seguridad exigidas en el RETIE</p>
	<p>↑ Se recibe en su totalidad la remuneración pactada por la regulación vía tarifa</p>	
	<p>↓ Disminuyen Los accidentes de usuarios tocando la red de media tensión tras la normalización de las redes</p>	
<b>Externalidades Sociales</b>	<p>↑ Se vuelve más atractivo el barrio para generar empresas locales y nuevos empleos</p>	
	<p>↓ Disminuyen Los accidentes de usuarios tocando la red de media tensión tras la normalización de las redes</p>	

Tabla 2 Costo beneficio externalidades

### CAPITULO 3 Descripción del circuito - Localización

El circuito Reina sale de la subestación CHICALA Ubicada en la Carrera 91 # 43 Sur-2 de la ciudad de Bogotá, en la localidad de Kennedy en el barrio Osorio XII



8 Imagen Ubicación Subestación Chicala

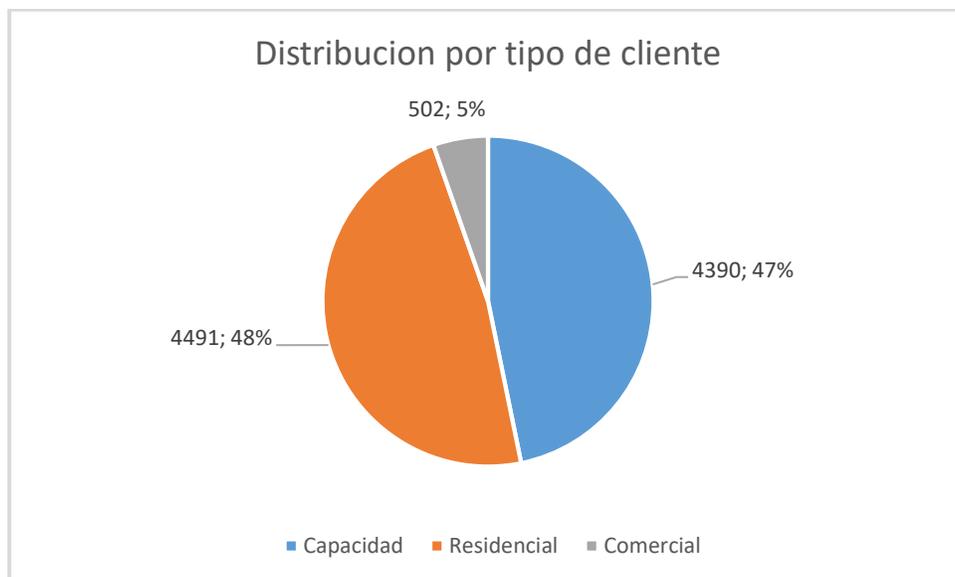
Fuente: Google Maps 2019 Localización Subestación

Las características de la distribución del circuito es la siguiente:

<b>Nombre circuito</b>	<b>REINA</b>
<b>Código circuito</b>	CK2B
<b>Subestación</b>	Chicala
<b>Localidad</b>	Kennedy
<b>Sub-zona</b>	Suroccidente
<b>CDs<sup>7</sup></b>	40
<b>Capacidad (KVA)</b>	4390
<b>Longitud /MT Aérea(Km)</b>	7,123
<b>Longitud /MT Subterránea(Km)</b>	4,136
<b>Longitud /MT Total (Km)</b>	11,259

Tabla 3 Características de distribución del Circuito

Fuente: Información técnica ENEL CODENSA S.A. E.S.P 2019



9 Gráfico Distribución del Circuito por tipo de Clientes

Fuente: Información técnica ENEL CODENSA S.A. E.S.P 2019

<sup>7</sup> Sigla para Centros de Distribución o transformadores de distribución

## Vista del circuito y su distribución barrial



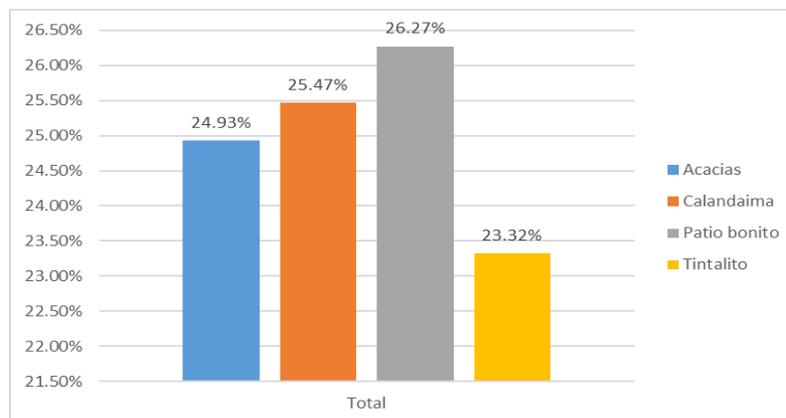
### 10 Distribución de la Red de MT del Circuito Reina

Fuente: Información técnica ENEL CODENSA S.A. E.S.P 2019

El proyecto sobre el circuito reina corresponde a la necesidad de ampliación de capacidad para los nuevos requerimientos exigidos por la población perteneciente a los barrios Acacias, Calandaima, Patio Bonito y Tintalito. Estos barrios en principio con uso de suelo residencial se han ido transformando a la parte comercial e industrial, además de la modificación de las fachadas las cuales obligan a la adecuación de la infraestructura de distribución del sector.

Los habitantes encuestados hacen parte de barrios alimentados por el circuito reina.

Acacias	Calandaima	Patio bonito	Tintalito	Total general
93	95	98	87	373



### 11 Gráfico Barrio al que pertenecen los encuestados Elaboración Propia Datos Encuesta

## **CAPITULO 4 Estudio Legal y Administrativo para la Aplicación de Circuitos de Distribución**

El establecimiento de la competencia en el mercado eléctrico de Colombia a través de las Leyes 142<sup>8</sup> y 143<sup>9</sup> de 1994, significó la separación de las actividades necesarias para la prestación del servicio (generación, transmisión, distribución y comercialización). Estas actividades están reguladas y controladas a través de la Comisión de Regulación de Energía y Gas - CREG y la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios SSPD, respectivamente, quienes fijan las condiciones, las normas y los controles al sector. La distribución eléctrica, en particular, es una de las actividades enmarcadas en el proceso de regulación en Colombia. Su intervención está justificada por los efectos sobre el bienestar social<sup>10</sup> que genera su condición de monopolio natural. En principio, la función objetivo del regulador busca maximizar el beneficio social (BS), el cual optimiza el excedente de los consumidores (EC) y el beneficio de los productores (p).

### **Costo de distribución**

Cargos por uso vigentes (**Resolución CREG<sup>11</sup> 015 de 2018**) + ADD enunciado en la ecuación (7).

#### **En general:**

$$(7) \text{ Cargo}_n = \frac{\text{Inversión} + \text{AOM}^{12}}{\text{Energía de Entrada}}$$

El desarrollo de proyectos de inversión está compuesto no solo por su parte de diseño y montaje de infraestructura sino también por sus componentes legales como son la solicitud de permisos ambientales en su parte de disposición de residuos y desvinculación de equipos, también el componente de trabajos en vía pública requiere de un despliegue organizacional para dar cumplimiento a la reglamentación gubernamental PMT<sup>13</sup> Parte legal de la empresa permisos ambientales y PMT

La tasa de descuento social incorpora la percepción de riesgo se considera de 12 % debido a la baja posibilidad de no generar los flujos de caja esperados ya que el sector repotenciado se considera de crecimiento residencial, comercial y los sectores aledaños son de desarrollo urbanístico e industrial.

---

8 Ley de servicios públicos domiciliarios

9 Ley eléctrica

10 En principio, la función objetivo del regulador busca maximizar el beneficio social (BS), el cual optimiza el excedente de los consumidores (EC) y el beneficio de los productores (p).

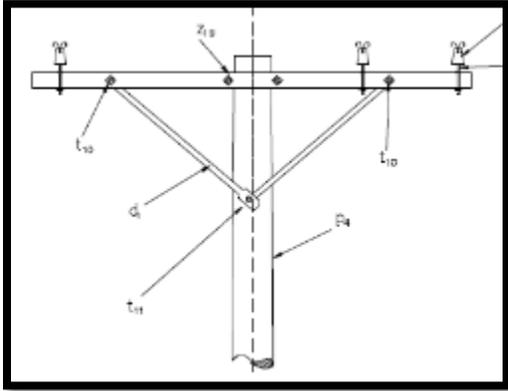
11 Comisión de Regulación de Energía y Gas

12 AOM Administración Operación y Mantenimiento

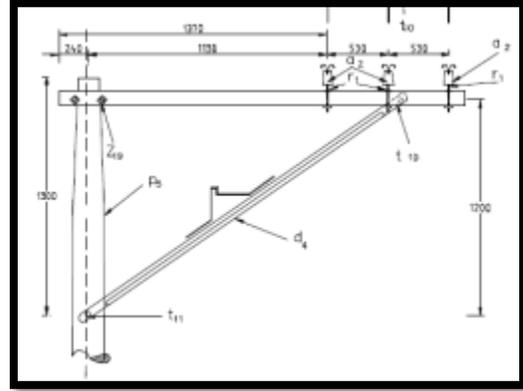
13 PMT Plan de Manejo de Tránsito

## CAPITULO 5 Estudio Técnico

En la parte eléctrica el circuito reina para 2015 se caracterizaba por tener un 85% de estructuras tipo tangencial LA 202 (Ilustración 9)



13 Ilustración ESTRUCTURA LA 202 TIPO TANGENCIAL



12 Ilustración 2 ESTRUCTURA LA 204 TIPO BANDERA

Debido al crecimiento urbanístico vertical caracterizado por volados de las fachadas, la empresa ENEL-CODENSA debió modificar sus estructura a una LA 204 (Ilustración 8) y dar cumplimiento a la normatividad RETIE<sup>14</sup>; adicionalmente la solicitud de nuevas cuentas con aumento de carga dio viabilidad para la ampliación en su capacidad de una carga existente para 2015 de 155 Amperios en cargabilidad 54% de su capacidad a 220 Amperios, teniendo una reserva del 30% para dar suplencia, a circuitos que, por maniobra o emergencia requieran de respaldo.

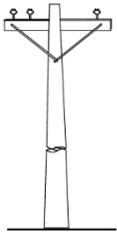
El estudio técnico comprende tres elementos que permiten establecer los costos del proyecto.

- 4.1 Ingeniería
- 4.2 Equipos o Maquinaria
- 4.3 Procesos e Insumos

### Elementos (maquinaria) que intervienen en la ampliación del circuito reina

<sup>14</sup> RETIE (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas)

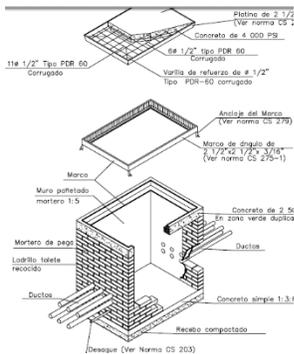
**Apoyos:** Infraestructura civil utilizada para la instalación de equipos y tendido de las redes de MT, BT, AP y telemáticos (redes incidentales), tales como postes, cámaras de inspección y centros de distribución.



**Aisladores:** Elemento de soporte mecánico y aislamiento eléctrico en las redes eléctricas



**Cámara:** Es un hueco o caja construida de bloque y hormigón conectada a través de tuberías para realizar el tendido de cable subterráneo.



**Cubridor, Cubierta Manguera Camisas:** Sirven para impedir el contacto entre las diferentes partes conductoras (aislamiento de la instalación) y proteger a las personas frente a las tensiones eléctricas (aislamiento protector).



**Cruceta:** La cruceta es un corte de madera que se ubica en la parte superior de los postes o apoyos en posición transversal y que tiene como propósito soportar los accesorios requeridos por los tendidos eléctricos.



**Equipo de Maniobra (Reconectador):** Es un interruptor con reconexión automática o manual instalado en las líneas de distribución. Es un equipo de protección capaz de detectar una sobre corriente, interrumpirla y reconectar automáticamente para energizar la línea nuevamente.



**Terminal:** Es el punto en que un conductor de un componente eléctrico, dispositivo o red llega a su fin y proporciona un punto de conexión de circuitos externos



**Transformador de Distribución:** Es un transformador que suministra la tensión final de transformación en la Red de distribución de energía eléctrica, al reducir la tensión usada en los circuitos de distribución al nivel de tensión usado por el cliente.



**Vehículo Canasta:** Son Vehículos construidos para trabajar en redes energizadas con aislamiento en su vaso y brazo mecánico. La finalidad es poder laborar en la red sin realizar el corte de suministro a los usuarios.



**Vehículo Furgón:** Son vehículos con cabinas para almacenamiento y transporte de material y herramienta.



## **INGENIERIA - EQUIPOS Y MAQUINARIA**

La ampliación del circuito Reina comienza con el requerimiento de las áreas de planeación quienes reciben las solicitudes de carga por parte de los usuarios o entidades gubernamentales como el IDU<sup>15</sup>, esta información es viabilizada por medio de las áreas donde identifican si el circuito que alimenta el sector puede suministrar la solicitud sin alterar la confiabilidad y calidad del servicio o es necesario modificar, adicionar o ampliar la capacidad del sistema; si no se requiere modificación en el sistema las viabilidades pasan al área de operaciones quienes programan la visita a los predios y valorizan costos que deben asumir los usuarios.

En el caso de requerir de la ampliación se analiza con ingeniería las variables que rentabilicen la adecuación de las estructuras y la adición.

Algunos proyectos se compensan con la sola adición de un transformador o el cambio del mismo por uno de mayor potencia.

En casos como el Circuito reina se requirió la modificación de estructuras el aumento de transformadores y la modificación del conductor de salida del circuito que alimenta toda la red del mismo.

Para el montaje de la infraestructura en la ampliación del circuito reina se requirió de Vehículos Tipo Canasta y Grúas, además, de furgones para el transporte de material y equipos menores.

Vehículos Tipo Canasta para trabajos en línea Viva caracterizados por tener aislamiento para tensiones hasta de 54 KV, con mangueras para aislamiento.

Los trabajos realizados consistieron en

- Normalizar 135 estructuras por degradación de materiales.
- Cambiar 192mt de conductor desnudo aéreo por degradación.
- Cambiar 204mt para normalización y ampliación de la capacidad de conducción de corriente eléctrica de troncal principal del circuito.
- Cambiar 44 apoyos por degradación de material.
- Instalación de 2 equipos de maniobra.
- Montaje de 4 transformadores de distribución.

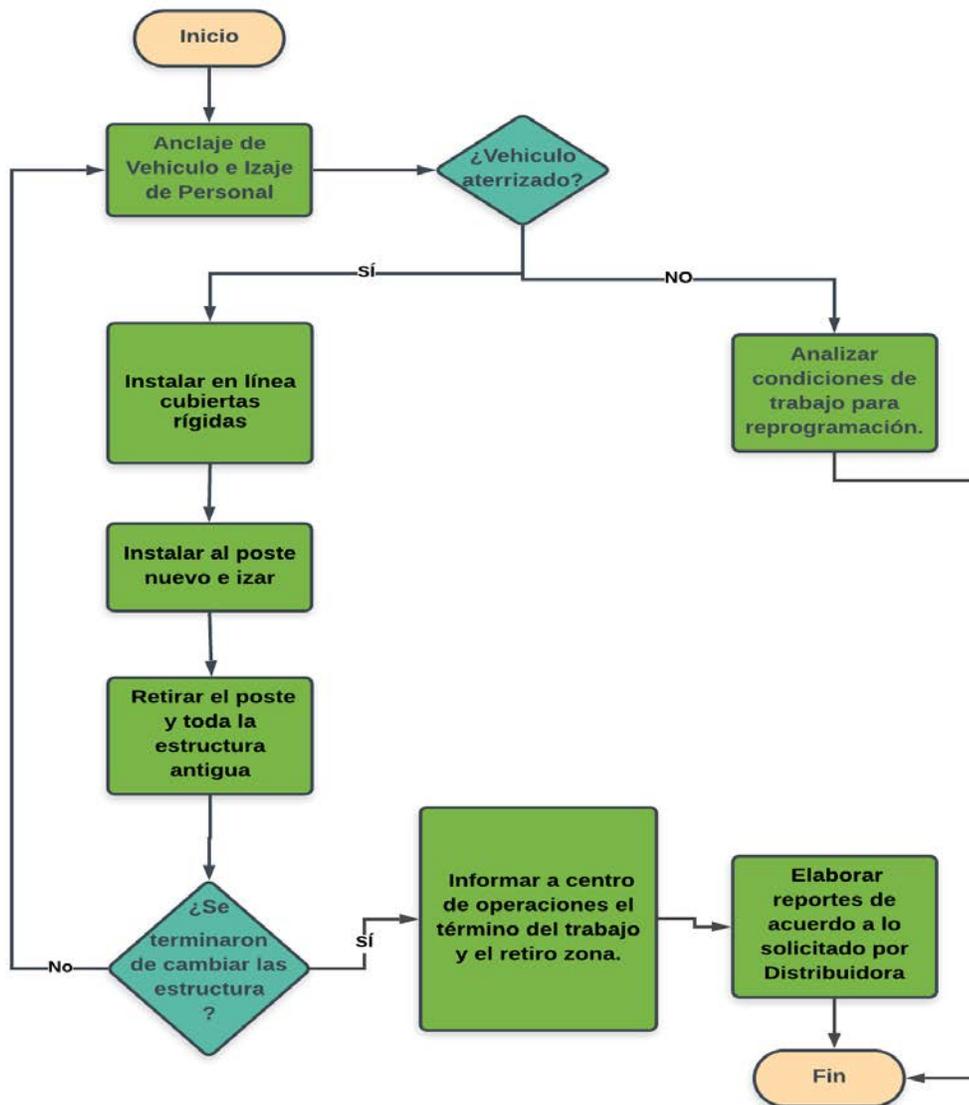
---

15 Instituto de Desarrollo Urbano

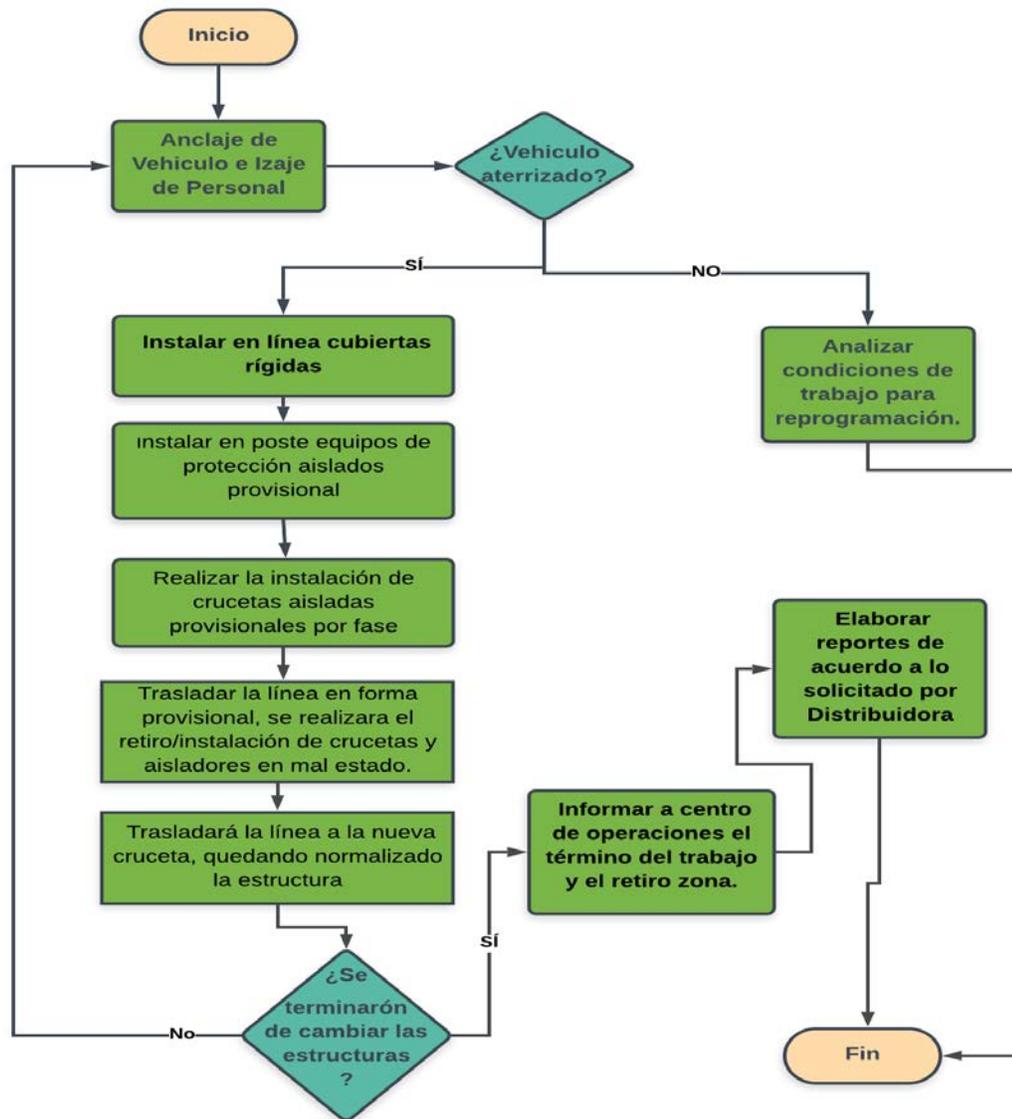
## PROCESOS E INSUMOS

### Diagramas de Flujo

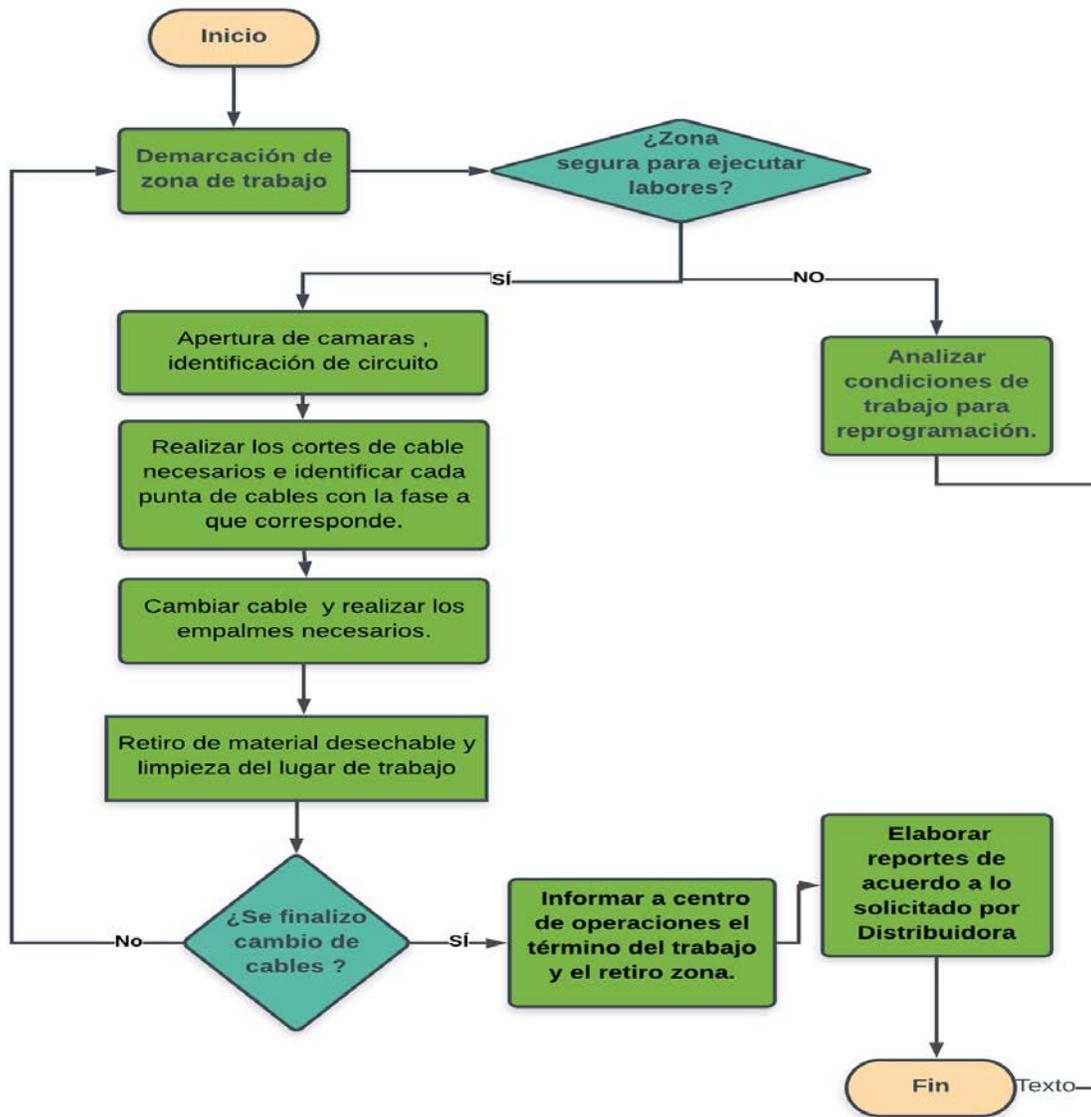
Relacionados a las actividades



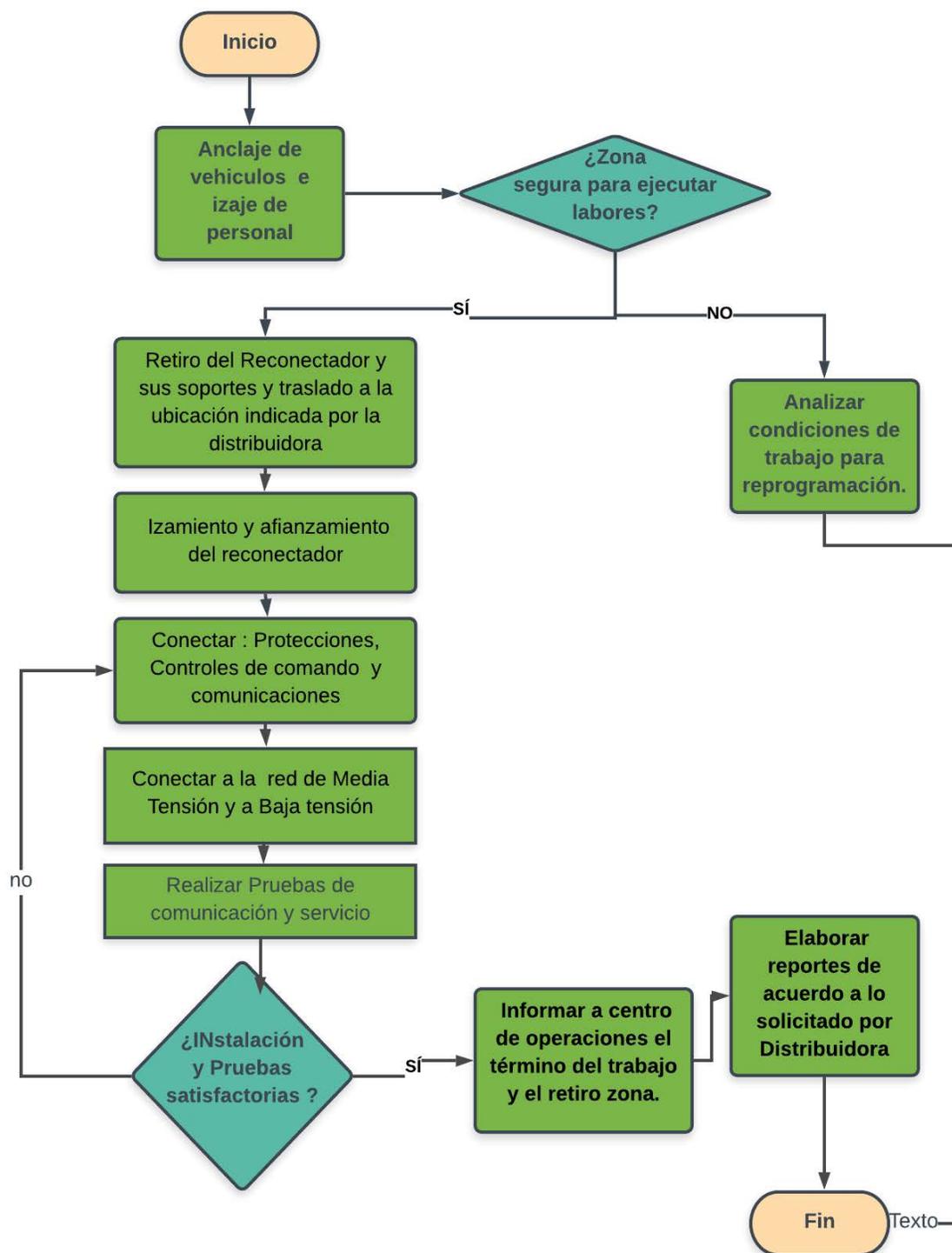
14 Diagrama de Flujo Cambio de Poste Autoría Propia



15 Diagrama Cambio de Conductor Aéreo y Crucetas Autoría Propia



16 Diagrama de Flujo Cambio de Conductor Subterráneo Autoría Propia



17 Diagrama de Flujo Instalación o Cambio de Equipos de Maniobra Autoría Propia

La normalización de las estructuras tiene un alcance de labores descritos a continuación.

### **CAMBIO DE POSTE<sup>16</sup> EN MAL ESTADO**

Esta actividad está orientada para la atención de postes MT<sup>17</sup> en mal estado en disposición de paso. El trabajo comprende las siguientes acciones:

1. Instalar en línea cubiertas rígidas (camisas, mangueras aisladas)<sup>18</sup>.
2. Instalar al poste nuevo e izar con ayuda de una grúa de potencia adecuada, proceder en trasladar la línea a los aisladores<sup>19</sup> del poste nuevo y asegurar, retirar el poste y toda la estructura antigua.
3. Una vez culminado los trabajos, retirar los equipos provisorios instalados (las protecciones provisionales aisladas, señalización en zona de trabajo).
4. Informar a centro de operaciones el término del trabajo y el retiro zona.
5. Elaborar reportes de acuerdo a lo solicitado por Distribuidora.

### **CAMBIO DE CRUCETA<sup>20</sup> SIMPLE O DOBLE EN DISPOSICIÓN DE PASO**

Esta actividad está orientada para la atención crucetas de paso en mal estado en la red de MT, ya sean estas de Madera, concreto, poliméricas o de metal (Fierro).

Esta actividad comprende las siguientes acciones:

1. Instalar en poste equipos de protección aislados provisional.
2. Realizar la instalación de crucetas aisladas provisionales por fase.
3. Trasladar la línea en forma provisional, se realizará el retiro/instalación de crucetas y aisladores en mal estado.
4. Trasladará la línea a la nueva cruceta, quedando normalizado la estructura.
5. Incluye el retemplado de línea, traslado o cambio de aisladores, cambio de amarres, conexión a tierra si corresponde, instalación de diagonales.
6. Una vez culminado los trabajos, retirar los equipos provisorios instalados (las protecciones provisionales aisladas, señalización en zona de trabajo).
7. Informar a centro de operaciones el término del trabajo, cancelación (cierre) del permiso y el retiro zona.
8. Elaborar reportes de acuerdo a lo solicitado por distribuidora.
9. La actividad es por estructura (tres fases).

### **RETIRO DE CONDUCTOR AEREO**

El Retiro considera:

1. Retiro de los cables (o conductores) mono polares de MT existentes en las crucetas.

---

16 Infraestructura civil utilizada para la instalación de equipos y tendido de las redes de MT, BT, AP y telemáticos (redes incidentales), tales como postes, cámaras de inspección y centros de distribución.

17 MT Redes Media Tensión

18 para impedir el contacto entre las diferentes partes conductoras

19 Elemento de soporte mecánico y aislamiento eléctrico en las redes eléctrica

20 Corte de madera que se ubica en la parte superior de los postes

2. Retiro de las terminales<sup>21</sup> o uniones.
3. Se deberán enrollar los conductores en los carretes y entregarlos en el lugar que indique la Distribuidora.
4. Se deberá identificar los largos de los conductores enrollados.
5. Retiro de material desechable y limpieza del lugar de trabajo.

## INSTALACIÓN DE CONDUCTOR AEREO

La instalación considera:

1. Instalar los cables (o conductores) mono polares de MT directamente en las crucetas existentes.
2. Se deberán dejar identificados los circuitos y las fases por el que pase el cable (Nombre Alimentador y Fase).
3. Realizar los cortes de cable necesarios e identificar cada punta de cables con la fase a que corresponde.
4. El cable no utilizado deberá quedar con sus puntas selladas.

## RETIRO DE CONDUCTOR SUBTERRANEO

El Retiro considera:

1. Retiro del cable tripolar de MT existentes en ducto por cada cámara<sup>22</sup>.
2. Retiro de las terminales o uniones.
3. Se deberá enrollar el conductor en el (los) carrete(s) y entregarlo en el lugar que indique la Distribuidora.
4. Se deberá identificar el largo del cable enrollado.
5. Retiro de material desechable y limpieza del lugar de trabajo.

## INSTALACIÓN DE CONDUCTOR SUBTERRANEO

La instalación considera:

1. Instalar el cable tripolar de MT directamente en los ductos existentes
2. Se deberán dejar identificados los circuitos y las fases en cada cámara por el que pase el cable (Nombre Alimentador y Fase).
3. Realizar los cortes de cable necesarios e identificar cada punta de cables con la fase a que corresponde.
4. El cable no utilizado deberá quedar con sus puntas selladas.
5. La ejecución de Terminales o Empalmes (tres fases), las mediciones y pruebas de cables se pagarán por separado, con los baremos específicos.

---

<sup>21</sup> Punto de conexión de circuitos externos

<sup>22</sup> Caja construida de bloque y hormigón conectada a través de tuberías para realizar el tendido de cable subterráneo.

## INSTALACIÓN O CAMBIO DE EQUIPOS DE MANIOBRA

Las acciones principales son:

1. Retiro del Reconector<sup>23</sup> y sus soportes y traslado a la ubicación indicada por la distribuidora.
2. Instalación de los soportes en la ubicación indicada por la distribuidora.
3. Izamiento y afianzamiento del reconector.
4. Conectar la protección de MT.
5. Conectar del control, comando y telecomunicaciones.
6. Conecta a la red de MT.
7. Conecta a la red de BT.
8. Unir tierra protección y testeo de cierre y continuidad.
9. Puesta en servicio del Reconector, informando todos los datos que solicite la distribuidora, incluyendo placa de identificación del reconector, tensiones en vacío, tensiones en carga, etc.

Los costos asociados de materia prima y mano de obra para la ampliación del circuito reina se presentan en la siguiente tabla.

---

<sup>23</sup> Interruptor con reconexión automática o manual

DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	Total
"ABRAZADERA 1 SALIDA, 3" X 1/4" 200MM, P"	\$ 653.840
"ABRAZADERA 1 SALIDA 1 1/2" X 1/4" 200MM"	\$ 124.560
"ABRAZADERA 1 SALIDA 1 1/2" X 1/4" 180MM"	\$ 405.858
"ABRAZADERA 1 SALIDA 1 1/2" X 1/4" 140MM"	\$ 588.951
"ABRAZADERA 2 SALIDAS 1 1/2" X 1/4" 180MM"	\$ 738.150
"ABRAZADERA 2 SALIDAS 1 1/2" X 1/4" 200MM"	\$ 31.936
"ABRAZADERA SIN SALIDA 1 1/2" X 1/4" Ø180MM"	\$ 48.056
"CABLE 3/8" ACERO EXTRA ALTA RESISTENCIA"	\$ 253.920
"CONEC BIMET T-PALA 4/0 AWG, 2 HUEC 1/2"	\$ 150.756
"DIAG MET ANG 1 1/2" X 1 1/2" X 3/16" X 2120MM"	\$ 6.000.288
"DIAGONAL METÁLICA EN VARILLAS 5/8" X 770 MM"	\$ 187.920
"ESPARRAGO ACERO GALVANIZADO 5/8" X 24"	\$ 798.624
"GRAPA PRENSADORA 3 TORN. 1/4" A 3/8"	\$ 89.200
"PERNO DE OJO 5/8" X 545 MM TIPO 5"	\$ 956.007
"TORNILLO ACERO GALVANIZADO 1/2" X 6 1/2"	\$ 517.030
"TORNILLO CARRUAJE 5/8" X 1 1/2", TIPO 2"	\$ 102.268
"TORNILLO CARRUAJE 5/8" X 3", TIPO 1"	\$ 59.885
"TUERCA OJO ALARGADO 5/8"	\$ 561.834
ABRAZADERA EN U TIPO 1, 150MM LONG 320MM	\$ 525.822
ABRAZADERA EN U TIPO 2, 180MM LONG 350MM	\$ 9.965
ABRAZADERA EN U TIPO 3, 210MM LONG 380MM	\$ 293.598
AISLADOR POLIMÉRICO 15KV SUSP HORQUILLA OJO	\$ 1.828.267
Aislador Polimérico 15kV PIN con amarres	\$ 128.670
AISLADOR PORCELANA TIPO PIN ANSI 55-5	\$ 2.209.500
AISLADOR PORCELANA TIPO TENSOR ANSI 54-2	\$ 7.660
CABLE 100 MM <sup>2</sup> ACSR DESNUDO	\$ 1.291.781
CABLE 4 AWG CU THW 600V	\$ 23.286.690
CABLE 4 AWG CU DESNUDO DURO	\$ 940.104
CABLE 63 MM <sup>2</sup> ACSR DESNUDO	\$ 381.270
Cable Al aislado 0,6/1kV 25mm <sup>2</sup>	\$ 19.460
CARTUCHO AZUL PARA HERRAMIENTA DE CUÑA	\$ 663.432
CERCO DE MADERA 2,2X0,1X0,1 M	\$ 66.457
CONECTOR CUÑA P=95 D=95MM <sup>2</sup> O 4/0-4/0AWG	\$ 1.391.130
CORTACIRCUITO MONOPOLAR 15 KV 100A	\$ 6.685.140
CRUCETAS DE MADERA 2.5X0.1X0.1 M	\$ 15.978.850
ESTRIBO 2 AWG CON CONECTOR CUÑA 2/0 AWG	\$ 140.031
ESTRIBO 2 AWG CON CONECTOR CUÑA 4/0 AWG	\$ 1.158.900
GRAPA DE SUSP AISL. PARA RED TRENZADA BT	\$ 67.482
GRAPA OPERAR CALIENTE 16-160 A 16-100MM <sup>2</sup>	\$ 1.700.328
GRAPA RETENCIÓN CABLE AUTOSOPORTADO B.T.	\$ 475.632
GRAPA TERMINAL METÁLICA RECTA 63-125MM <sup>2</sup>	\$ 2.315.601
Kit de puesta a tierra MT acero inox.	\$ 2.197.840
PARARRAYOS 12KV 10KA OXIDO METÁL ET500	\$ 3.266.943
PORTA AISLADOR PASANTE CRUCETA MADERA MT	\$ 2.392.544
POSTE CONCRETO 12M, 1050 KG	\$ 4.481.104

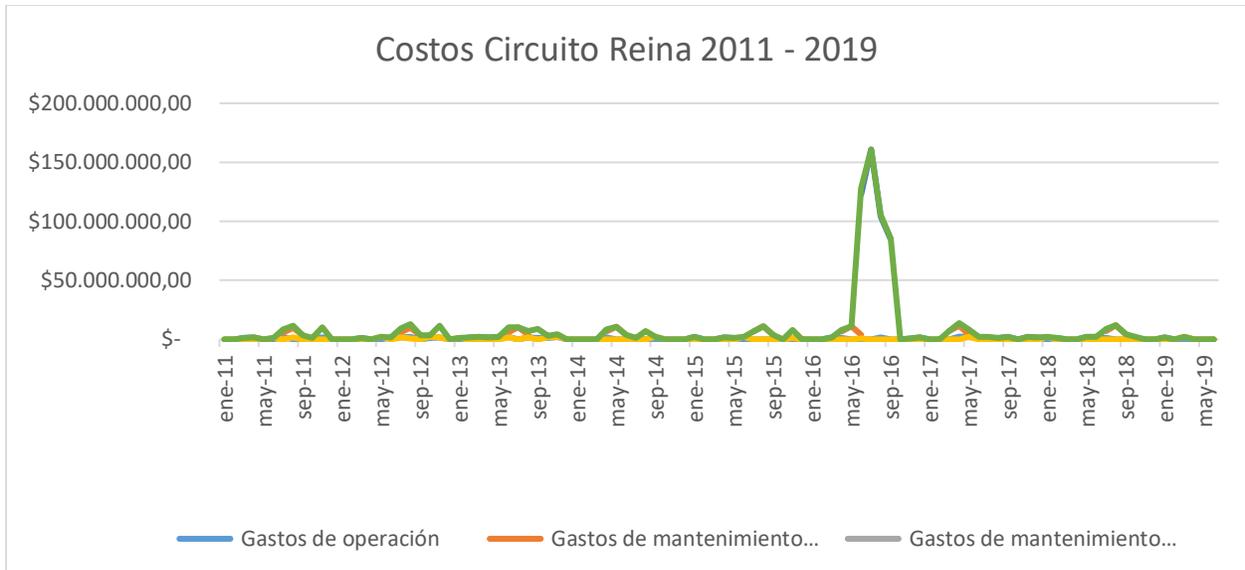
POSTE CONCRETO 12M, 510 KG	\$ 7.744.527
POSTE CONCRETO 12M, 750 KG	\$ 4.753.298
POSTE CONCRETO 14M, 1050 KG	\$ 669.287
POSTE CONCRETO 14M, 1350 KG	\$ 790.563
POSTE CONCRETO 14M, 750 KG	\$ 1.198.394
SECCIONADOR MONOPOLAR 15 KV 400A	\$ 1.220.544
SOPORTE METALICO, PARA PARARRAYO 12KV SI	\$ 563.544
TENSOR ACOMETIDA MONOFA Y/O TRIFASICA	\$ 451.704
Tornillo de Acero Galvanizado 5/8 X 10'	\$ 99.504
TRANSFO 3F 112.5 KVA 11.4 KV - 208/120 V	\$ 21.105.531
TRANSFO 3F 45 KVA 11.4 KV - 208/120 V	\$ 4.225.646
TRANSFO 3F 75 KVA 11.4 KV - 208/120 V	\$ 5.453.401
VIGA DE MADERA INMUNIZADA 2.5X0.1X0.2M	\$ 779.508
<b>Total general</b>	<b>\$ 135.228.735</b>

Tabla 4 Costos Materia Prima y Mano de Obra Autoría Propia

DESCRIPCIÓN DE MANO DE OBRA	Total
Aplomado de poste de madera o concreto con LAMT y/o LABT y/o AP de 12 o 14 metros con circuito sencillo, en cualquier disposición con líneas Vivas.	\$ 17.903.422
Cambio de conductor aéreo de LAMT. Cualquier calibre. Por fase. Con líneas vivas.	\$ 5.604.827
Cambio de corta circuito de cañuela, pararrayos o seccionador monopolar tipo cuchilla para MT con líneas vivas	\$ 14.797.636
Cambio de corta circuito de cañuela, pararrayos o seccionador monopolar tipo cuchilla para mt en redes aéreas y subestaciones.	\$ 1.121.895
Cambio de cruceta de protecciones o cerco con líneas vivas	\$ 5.072.348
Cambio de cruceta de protecciones o cerco.	\$ 102.543
Cambio de crucetas de media tensión en poste de cualquier función con doble cruceta.	\$ 81.053
Cambio de crucetas de media tensión en poste de cualquier función en doble cruceta con líneas vivas	\$ 13.286.591
Cambio de elementos en punto de conexión en red de MT	\$ 128.393
Cambio de herrajes y grapa de retención o suspensión en red trenzada de BT	\$ 1.900.538
Cambio de línea de puesta a tierra exterior al poste con todos sus accesorios. Con Líneas vivas	\$ 1.854.485
Cambio de pase de conexión de MT de la línea a los Pararrayos y/o cortacircuitos y a los bujes del transformador. Con Líneas vivas.	\$ 22.582.162
Cambio de pase y/o puente en LAMT. Con líneas vivas.	\$ 7.554.057
Cambio de postes de madera, concreto o metálico con redes de MT y/o BT y/o AP en cualquier configuración y cualquier número de circuitos con líneas vivas	\$ 30.106.539
Cambio de templete poste a poste con líneas vivas	\$ 452.406
Cambio de transformador monofásico o trifásico en poste o en H. hasta 150 va, (máx 650 Kg)	\$ 1.114.469

<b>Cambio de una cruceta de media tensión en estructura sencilla de paso con líneas vivas</b>	\$ 18.475.271
<b>Cambio de vigas en estructura en H.</b>	\$ 495.378
<b>Cambio o arreglo de pase de conexión de MT de la línea a los Pararrayos y/o cortacircuitos y/o a los bujes del transformador.</b>	\$ 311.467
<b>Construcción de caja de inspección tipo vehicular con marco y tapa circular</b>	\$ 3.517.128
<b>Instalación de crucetas aisladores y herrajes para montaje de estructura en MT en alineamiento o en ángulos de 0 a 30 grados según las Normas con líneas vivas</b>	\$ 268.606
<b>Instalación de crucetas, aisladores y herrajes para montaje de estructura de MT en retención horizontal o vertical doble según las Normas con líneas vivas</b>	\$ 1.441.717
<b>Instalación de crucetas, aisladores y herrajes para montaje de estructura en MT en alineamiento o en ángulos de 0 a 30 grados según las Normas .</b>	\$ 240.667
<b>Instalación de crucetas, aisladores y herrajes para montaje de estructura final de circuito de MT en retención horizontal o vertical , según las Normas con líneas vivas</b>	\$ 472.889
<b>Instalación de puesta a tierra en LAMT y LABT o CDs, de acuerdo con las Normas.</b>	\$ 119.363
<b>Instalación de templete poste a poste o estructura a estructura. Con líneas vivas</b>	\$ 104.065
<b>Instalación o cambio de elementos en punto de conexión en red de MT de cables o derivaciones con líneas vivas</b>	\$ 3.381.930
<b>Instalación poste de madera o concreto de 12 a 16 m. Con líneas vivas</b>	\$ 18.955.370
<b>Limpieza y desagüe de caja triple, doble o sencilla.</b>	\$ 6.205.672
<b>Montaje de transformador monofásico o trifásico hasta de 225 KVA en estructura en H</b>	\$ 476.133
<b>Montaje de transformador monofásico o trifásico hasta 150 kVA</b>	\$ 2.135.300
<b>Nivelación de cruceta simple, doble o cercos de MT. Con líneas vivas.</b>	\$ 273.499
<b>Reconstrucción hasta un 70 % de caja de inspección doble CS-276 sin tapa.</b>	\$ 1.274.986
<b>Reconstrucción hasta un 70 % de caja de inspección sencilla CS-275 sin tapa</b>	\$ 289.280
<b>Retensionado de conductor aéreos de MT. Cualquier calibre. Con líneas vivas.</b>	\$ 15.396.860
<b>Retiro de estructuras en ángulo, alineamiento o cercos de protección con líneas vivas</b>	\$ 1.625.294
<b>Retiro de poste de madera o concreto de 6 m a 14 m con líneas vivas</b>	\$ 11.105.084
<b>Retiro de transformador monofásico o trifásico hasta 150 Kva en poste</b>	\$ 1.265.346
<b>Traslado de conductor aéreo de BT monopolar o trenzado cualquier calibre.</b>	\$ 2.280.807
<b>Traslado de conductor aéreo en LAMT en cualquier configuración de circuito, cualquier calibre, Con líneas vivas.</b>	\$ 120.592.555
<b>Traslado de conductor aéreo en LAMT en cualquier configuración de circuito, cualquier calibre.</b>	\$ 217.197
<b>Traslado y/o reubicación de poste a distancia inferior a 15 m con líneas vivas y redes de MT y/o BT y/o AP</b>	\$ 3.046.912
<b>Total general</b>	\$ 337.632.141

Tabla 5 Costos Mano de Obra



### 18 Costos Asociados al circuito Reina Periodo 2011 a mayo 2019

Fuente: Datos financieros de ENEL-CODENSA 2019

El pico para el periodo entre mayo y septiembre de 2016 evidencia el incremento de costo que tuvo la compañía mientras aumentaba la capacidad del circuito REINA ya que se presentaron interrupciones en el servicio y se requirió de personal y material que atendiera los datos de usuarios sin servicio.

Los gastos en mantenimiento correctivo, disminuyeron notablemente, así como los gastos de operación, mantenimiento predictivo y preventivo.

Todos estos costos son pagados a terceros ya que las actividades principalmente son desarrolladas por contratistas.

#### Costos Indirectos del proyecto

La empresa ENEL CODENSA S.A E.S.P. Tiene personal propio en cada una de las etapas de inversión de cada uno de los circuitos de su propiedad. (Anexo III)

#### Costos de Operación

Regularmente un circuito en buen estado no presenta costos de operación muy altos, en particular los costos de operación es lo que se le debe cancelar a los contratistas que apoyan al centro de control<sup>24</sup> a operar elementos de corte y reconexión que no tienen telecontrol, para recuperar una falla o para dar suplencia entre circuitos o entre el mismo circuito para reducir la afectación debida a fallas.

<sup>24</sup> Centro de Control: Área encargada de coordinar maniobras por mantenimiento emergencias en las redes de distribución eléctrica

## **Costos de mantenimiento**

### **Mantenimiento predictivo**

Son las actividades que se realizan a un circuito en funcionamiento para realizar una detección temprana de posibles anomalías dentro de las cuales están:

#### ***Termografía:***

Se realiza el levantamiento de información técnica con la ayuda de una cámara termo gráfica que, indica y señala los puntos en los que por sulfatación o malas conexiones están operando a una temperatura no permitida de los materiales.

#### ***Ultrasonido***

Se hace un levantamiento de información técnica con la ayuda de un equipo de ultrasonido, el cual indica y señala los elementos eléctricos que están trabajando a una frecuencia anormal, lo que puede llegar a producir desconexiones, sobrecalentamientos y otros fallos en la red o en los equipos de la misma

#### ***Inspección visual***

Inspeccionando visualmente el trazado del circuito aéreo o en cámaras de inspección se logran identificar desconexiones, puntos eléctricos con fallas frecuentes, empalmes en mal estado. Equipos eléctricos quemados. Equipos de maniobra en mal estado, apoyos desaplomados, estructuras con daño en material por degradación.

#### ***Mantenimiento preventivo***

Basados en los levantamientos de mantenimiento predictivo se realiza el cambio de las estructuras, equipos, apoyos, conexionados o tendidos de cable que pueden llegar a fallar. Debido a degradación de los materiales, puntos de falla por empalmes desgastados u otros.

#### ***Mantenimiento correctivo***

Cuando una falla ocurre y hay que llevar recursos humanos, logísticos e insumos para recuperar la falla y poner en servicio a los clientes nuevamente.

#### ***Proyectos de Inversión***

La compañía define tres tipos de proyectos a desarrollar sobre los circuitos por iniciativa propia y basada en su información y requerimientos de la comunidad.

#### ***Ampliación Capacidad***

Es cuando se hace necesaria ampliar la capacidad de conductores y estructuras por el crecimiento de la carga asociada al circuito. Esto sucede cuando hay un crecimiento demográfico considerable, cuando crece la industria y/o el comercio en el sector.

### ***Extra calidad***

Se desarrolla un proyecto de calidad extra al circuito debido a que los indicadores de calidad anteriormente mencionados SAIDI y SAIFI Muestran una tendencia a crecer, es decir que la calidad está decreciendo, se presentan fallas con mayor duración y más frecuentemente. Grandes Clientes urbanos

Se hace cuando un cliente en particular solicita una carga considerable en un punto específico. Grandes urbanizaciones, proyectos de gran envergadura como el metro, metro cable, ciudadelas entre otros.

### **Costos de operación del circuito Reina**

<b>PERIODO</b>	<b>TOTAL</b>
<b>2011</b>	<b>\$ 39,591,524.80</b>
<b>2012</b>	<b>\$ 46,107,934.27</b>
<b>2013</b>	<b>\$ 53,358,493.32</b>
<b>2014</b>	<b>\$ 33,595,597.53</b>
<b>2015</b>	<b>\$ 36,961,730.92</b>
<b>2016</b>	<b>\$ 502,983,812.55</b>
<b>2017</b>	<b>\$ 41,205,575.00</b>
<b>2018</b>	<b>\$ 33,128,758.33</b>
<b>2019</b>	<b>\$ 1,616,191.00</b>
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 788,549,607.73</b>

Tabla 5 Costos de Operación Circuito Reina

### **COSTOS POST DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO E INVERSIÓN SOBRE EL CIRCUITO REINA**

<b>COSTOS POST</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Costos Post de operación</b>	<b>\$ 72,429,941.00</b>
<b>Costos Post de mantenimiento Predictivo</b>	<b>\$ 170,262,457.39</b>
<b>Costos Post de mantenimiento Preventivo</b>	<b>\$ 41,959,000.00</b>
<b>Costos Post mantenimiento Correctivo</b>	<b>\$ 31,037,333.33</b>
<b>Proyectos de inversión</b>	<b>\$ 472,860,876.00</b>
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 788,549,607.73</b>

Tabla 6 Costos Post de Operación Mantenimiento e Inversión

## lujo de caja del circuito Reina

Dando alcance a la evaluación de proyectos realizamos el flujo de caja de la inversión valorando entradas, salidas, gastos y costos de operación.

Se tuvieron en cuenta los ingresos por facturación, los pagos de generación y transmisión. Además de los gastos de operación del circuito por parte de contratistas como el mantenimiento, y el proyecto de inversión como lo es la ampliación de la capacidad y los gastos de personal propio vehículos y demás administrativos.

	2015	2016	2017	2018	2019 (Proyectado de Jul a Dic)	2020 (Proyectado)
(+) Ingresos por facturación		\$ 673.904.167,76	\$ 746.257.395,75	\$ 799.221.716,99	\$ 1.077.356.728,63	\$ 1.596.494.212,28
(-) Costo a Valor XM		\$ 363.973.536,00	\$ 360.002.852,00	\$ 362.128.130,00	\$ 446.329.370,40	\$ 665.096.697,99
=		\$ 309.930.631,76	\$ 386.254.543,75	\$ 437.093.586,99	\$ 631.027.358,23	\$ 931.397.514,29
(-) Gastos de operación	\$ -	\$ 6.995.349,00	\$ 13.989.660,00	\$ 6.775.915,00	\$ 1.616.191,00	\$ -
(-) Gastos de mantenimiento Predictivo	\$ -	\$ 22.223.587,55	\$ 22.910.915,00	\$ 23.619.500,00	\$ -	\$ -
(-) Gastos de mantenimiento Preventivo	\$ -	\$ -	\$ 2.045.000,00	\$ 1.980.000,00	\$ -	\$ -
(-) Gastos de mantenimiento Correctivo	\$ -	\$ 904.000,00	\$ 2.260.000,00	\$ 753.333,33	\$ -	\$ -
(-) Proyectos de inversion*	\$ 472.860.876,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
=	\$ 472.860.876,00	\$ 30.122.936,55	\$ 41.205.575,00	\$ 33.128.748,33	\$ 1.616.191,00	\$ -
(-) Costos de personal	\$ 108.728.597,13	\$ 109.120.176,72	\$ 109.529.377,38	\$ 109.938.578,04	\$ 110.347.778,70	\$ 110.756.979,37
(-) Otros costos	\$ 17.152.360,99	\$ 17.214.134,20	\$ 17.278.687,20	\$ 17.343.240,20	\$ 17.407.793,21	\$ 17.472.346,21
=	\$ 125.880.958,12	\$ 126.334.310,91	\$ 126.808.064,58	\$ 127.281.818,24	\$ 127.755.571,91	\$ 128.229.325,58
=	\$ 598.741.834,12	\$ 153.473.384,29	\$ 218.240.904,18	\$ 276.683.020,41	\$ 501.655.595,32	\$ 803.168.188,72

TDS	12,00%
VPNs	\$ 683.756.194,65
TIRs	40%
(R/B/C)s	2,14

Tabla 7 Datos Financieros VPNs TIRs

Notas:

- Las proyecciones financieras se hicieron basadas en las proyecciones de demanda de la compañía para los periodos relacionados.
- Se asume la disminución de gastos de mantenimiento debido a la ampliación de la capacidad del circuito y a la normalización del mismo.

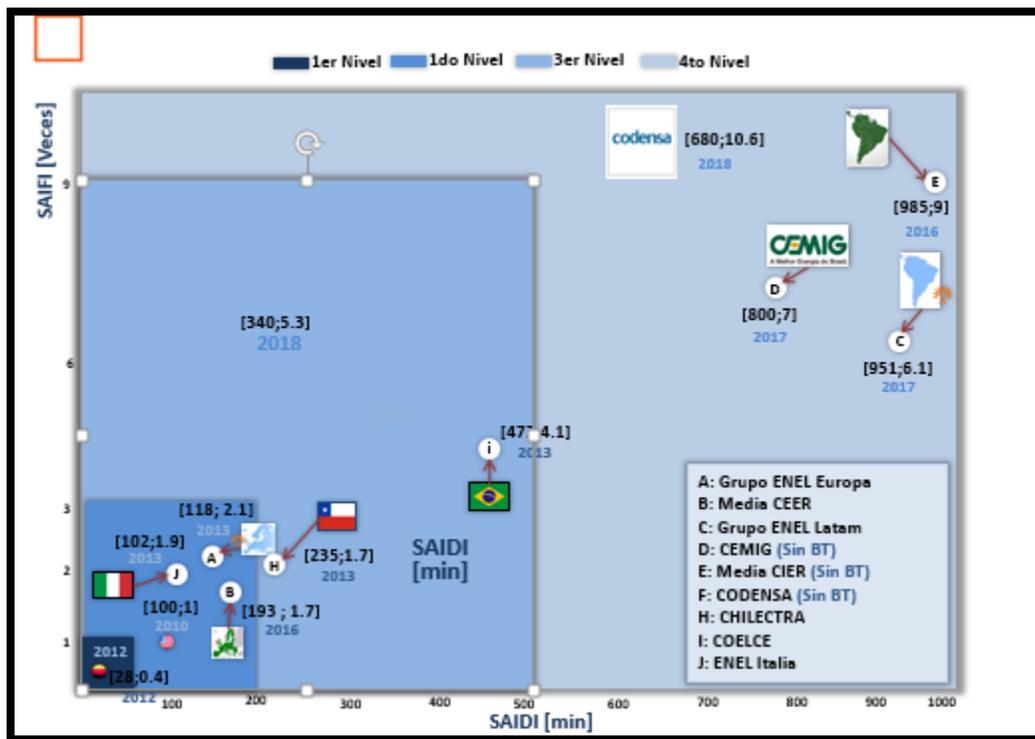
Podemos ver que la tasa de retorno es alta para el tipo de inversión que se hace a la tasa de descuento social que incorpora la percepción de riesgo se considera de 12 % debido a la baja posibilidad de no generar los flujos de caja esperados ya que el sector.

## CAPITULO 6 Análisis de Indicadores de Calidad

Todas las empresas que prestan algún tipo de servicio deben tener indicadores de calidad, en especial las empresas de servicios públicos, son reguladas con los entes gubernamentales.

“La Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios en su calidad de supervisor de las empresas prestadoras del servicio de energía en el país, realiza seguimiento a las condiciones de calidad y a los indicadores financieros, técnicos y administrativos de las empresas.”

Fuente: <https://www.superservicios.gov.co/?q=servicios-vigilados/energia-gas-combustible/energia/calidad>



19 Datos SAIDI SAIFI del Grupo Enel a Nivel Mundial 2018

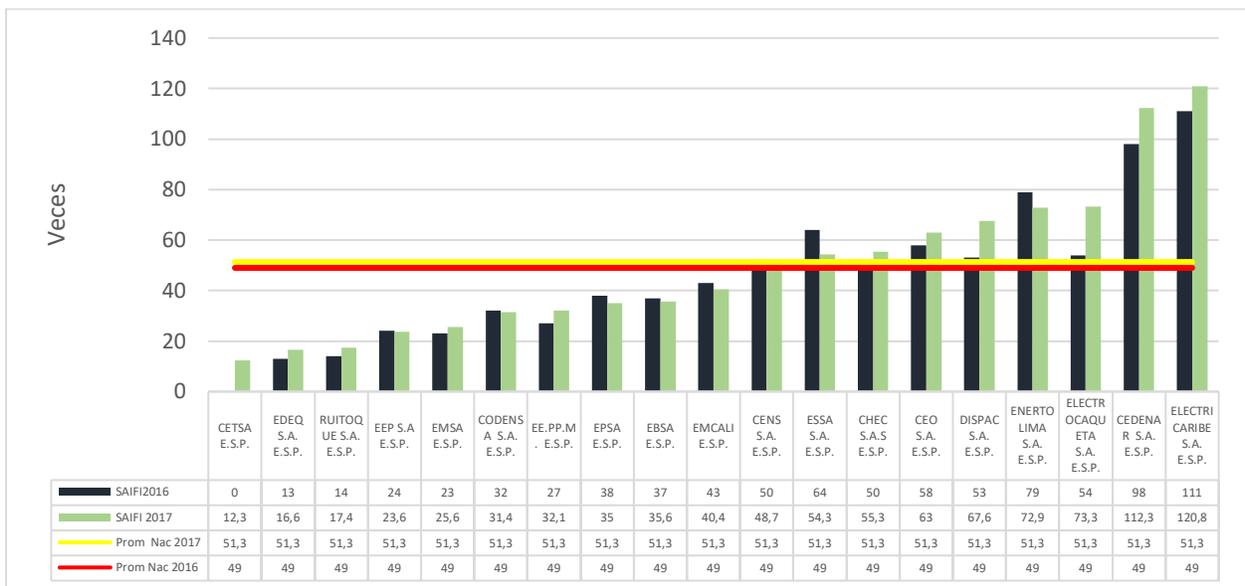
Los datos suministrados en la tabla muestran el comportamiento de las diferentes compañías del grupo, donde ENEL- CODENSA presenta un comportamiento aún lejano a su casa matriz Italia y sus mejores clientes servidos Alemania, para lo cual se requiere de una fuerte inversión en tecnología y ampliación de capacidad.



## 20 SAIDI por Empresa vs. SAIFI Nacional 2017:

### Datos Súper Intendencia de Servicios Públicos

La línea naranja horizontal muestra el SAIDI acumulado para el año 2017 incluyendo 19 empresas del país, se muestra que un usuario en Colombia experimentó en promedio 39,5 horas de interrupciones, lo que equivale a 1 día y 15 horas continuas sin servicio de energía.



## 21 SAIFI por Empresa v.s. SAIFI Nacional 2017

### Datos Súper Intendencia de Servicios Públicos

La línea naranja horizontal de la figura 17 muestra el SAIFI acumulado para el año 2017, para 19 empresas del país, se muestra que un usuario en Colombia ha experimentado en promedio 51,3 interrupciones en el servicio de energía en lo corrido del año.

**Tabla de datos.**

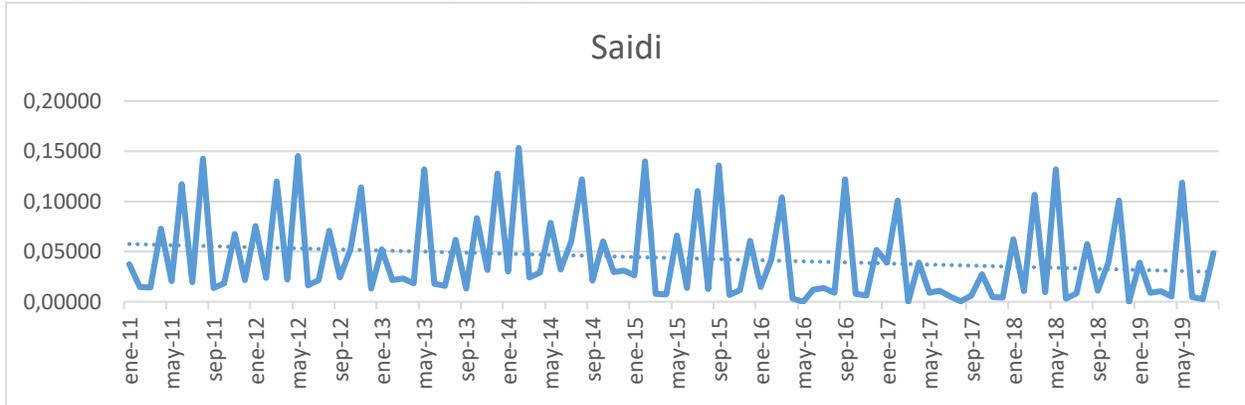
<b>Años</b>	<b>Id Tiempo P</b>	<b>Promedio de Saidi</b>	<b>Promedio de Saifi</b>
<b>2011</b>	Trim.1	0.02215	0.26247
	Trim.2	0.07007	0.16647
	Trim.3	0.05840	0.11429
	Trim.4	0.03580	0.08402
<b>2012</b>	Trim.1	0.07297	0.05375
	Trim.2	0.06130	0.02348
	Trim.3	0.03870	0.00174
	Trim.4	0.05963	0.00070
<b>2013</b>	Trim.1	0.03240	0.00080
	Trim.2	0.05607	0.00124
	Trim.3	0.03020	0.00007
	Trim.4	0.08087	0.00014
<b>2014</b>	Trim.1	0.06920	0.04599
	Trim.2	0.04660	0.04375
	Trim.3	0.06753	0.01348
	Trim.4	0.04030	0.00079
<b>2015</b>	Trim.1	0.05804	0.00076
	Trim.2	0.02890	0.00103
	Trim.3	0.08603	0.00119
	Trim.4	0.02623	0.00013
<b>2016</b>	Trim.1	0.05357	0.00023
	Trim.2	0.00507	0.22838
	Trim.3	0.04810	0.26247
	Trim.4	0.02197	0.16647
<b>2017</b>	Trim.1	0.04653	0.11429
	Trim.2	0.01973	0.08402
	Trim.3	0.00400	0.05375
	Trim.4	0.01195	0.02348
<b>2018</b>	Trim.1	0.05987	0.00173
	Trim.2	0.04820	0.00070
	Trim.3	0.02560	0.00080
	Trim.4	0.04653	0.00123
<b>2019</b>	Trim.1	0.01930	0.00007
	Trim.2	0.04297	0.00013
	Trim.3	0.02565	0.00005

*Tabla 8 Datos SAIDI SAIFI Trimestres entre 2011 a 2019*

Fuente: Información Técnica Enel-Codensa 2019

### SAIDI

Por sus siglas en inglés System Average Interruption Duration Index, o su traducción al español Tiempo Total Promedio de Interrupción por usuario en un periodo determinado.



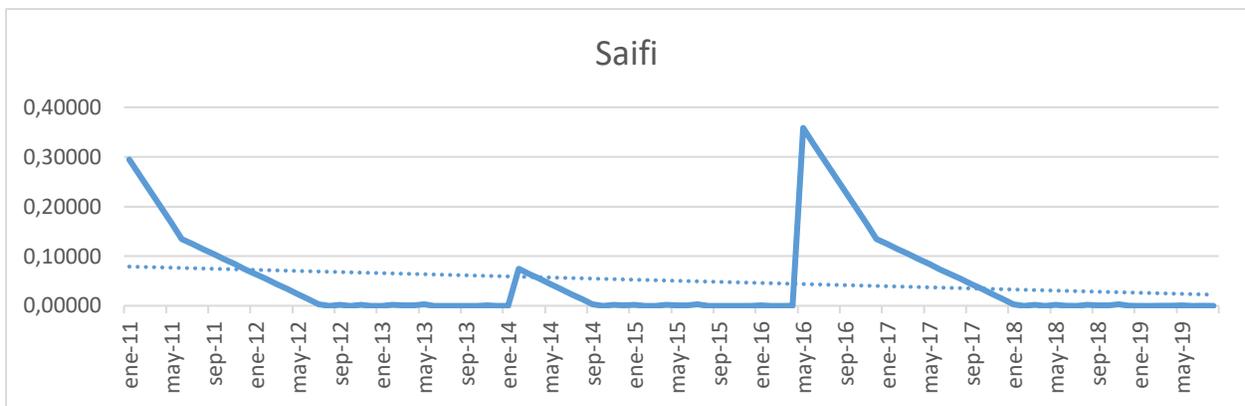
9 Datos SAIDI Periodo 2011 a 2019

Fuente: Información Técnica ENEL-CODENSA 2019

En la gráfica podemos apreciar que el tiempo de interrupción del servicio de los usuarios asociados al circuito Reina desde el 2011 hasta mayo de 2019 tiene una tendencia a disminuir. Lo cual indica una mayor calidad del servicio.

### SAIFI

Por sus siglas en inglés System Average Interruption Frequency Index, o Frecuencia Media de Interrupción por usuario en un periodo determinado.



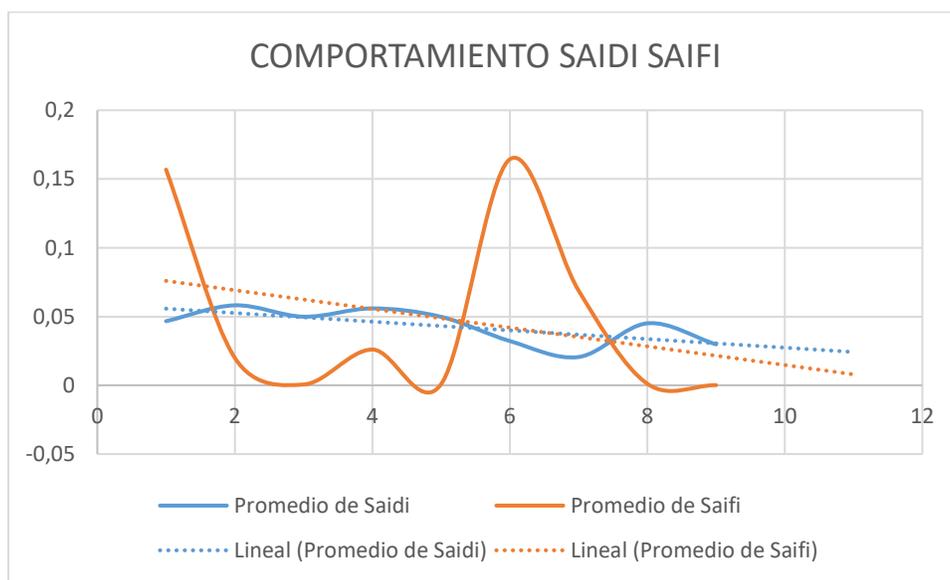
10 Datos SAIFI Periodo 2011 2019

Fuente: Información Técnica ENEL-CODENSA 2019

Así mismo la gráfica referente al SAIFI podemos apreciar que la frecuencia de interrupciones mensual del servicio de los usuarios asociados al circuito Reina desde el 2011 hasta mayo de 2019 tiene una tendencia a disminuir. Lo cual indica una mayor calidad del servicio.

Los datos indican las frecuencias con que se ha interrumpido el servicio debido a fallas en el sistema o deslastes de cargas por fallas en otros circuitos, pero para el estudio que nos compete se evidencia que para el 2016 la frecuencia se intensifica por demanda de carga que requieren los nuevos proyectos de desarrollo urbanístico y que en un principio son asumidos por el circuito reina sin este encontrarse repotenciado.

Los picos reflejan los momentos en que el circuito ha sido intervenido para mantenimiento, emergencia o en el caso mayo 2016 trabajos mayores como fue la ampliación en capacidad del mismo.



## 22 Tendencia SAIDI SAIFI

La tendencia del comportamiento del SAIDI y el SAIFI es negativa lo que indica que los periodos de interrupción y la frecuencia con que los consumidores son afectados podrían ser prácticamente nulos, no sin antes tener claro que al ser un servicio que depende de factores<sup>25</sup> también externos no está exento de cortes causados por estos.

<sup>25</sup> Factores que generan el corte de suministro como; Choque a estructuras, descargas atmosféricas, caída de árboles, etc.

## Conclusiones

1. Después de la ampliación en capacidad en el circuito reina se puede validar por medio de las encuestas que la percepción<sup>26</sup> de bienestar, no es percibida por la mayoría de los usuarios ya que la gran mayoría de la población, anteriormente, a este proyecto contaba con el servicio de energía, sin embargo, aunque no supera el cincuenta por ciento de los encuestados en el requerimiento de aumento de carga<sup>27</sup>.
2. Basados en flujo de caja presentado y en los resultados del mismo, se puede afirmar que la implementación del proyecto ampliación capacidad sobre el circuito Reina, trajo consigo beneficios económicos a la compañía, disminuyendo gastos en mantenimiento y nuevos clientes conectados.
3. Se puede concluir que la ampliación suministrada genero bienestar social, ya que la percepción del crecimiento en la parte comercial e industrial es sinónimo de desarrollo y este no puede ser mejorado sin un servicio de energía de calidad y confiable lo cual da a la hipótesis planteada su aprobación.
4. Con los datos obtenidos por medio del SAIDI y SAIFI presentan tendencias en disminución lo que indica que los usuarios cada vez menos tienen interrupciones en su servicio y las mismas duran menos tiempo. Lo que indica un aumento en el bienestar de los clientes conectados al circuito
5. El musculo financiero de la empresa ENEL CODENSA S.A. E.S.P puede apalancar proyectos de gran envergadura a lo largo de las redes que administra, generando bienestar social y económico en los barrios y sociedades de estratos bajos y bienestar financiero los estratos altos que viven en las cercanías de los circuitos.
6. Se obtuvo el retorno a través de la tasa establecida y además un remanente sobre el retorno requerido. La TIRs obtenida al ser muy superior a la TDS demostrando lo atractivo de la ejecución de este tipo de proyectos.

---

26 Datos de encuesta punto 4

27 Datos de encuesta punto 5

## ANEXOS

### Anexo I Resultados de la Encuesta

#### Determinación del tamaño de la muestra

Teniendo el tamaño de la muestra como el total de clientes del circuito 5086.

La fórmula para calcular el tamaño de muestra cuando se conoce el tamaño de la población es la siguiente:

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q}$$

Teniendo que:

Tamaño de la población    N    5086

Nivel de confianza    Z    0,8

Probabilidad de éxito p    95

Probabilidad de fracaso    q    5

Precisión    D    0,85

$$n = \frac{5086 * 0.8^2 * 95 * 5}{0.85^2 * (5086 - 1) + 0.8^2 * 95 * 5} = 388.68 \approx 389$$

Fuente provisional: <https://www.psyma.com/company/news/message/como-determinar-el-tamano-de-una-muestra>

## Servicio eléctrico domiciliario en la Zona occidental de la localidad de Kennedy

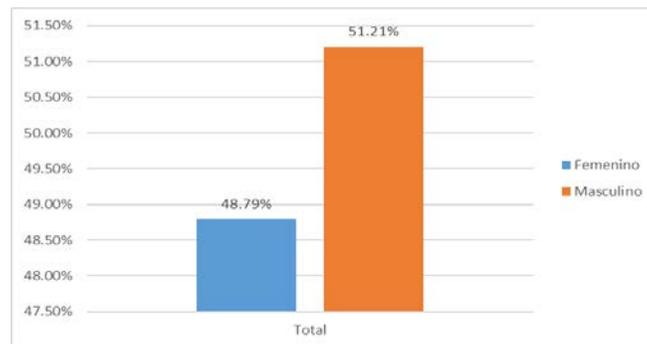
Buen día, para conocer la percepción sobre el circuito eléctrico la Reina, le agradecemos su tiempo para realizar una encuesta. No serán más de 5 minutos.

Instrucciones: conteste las siguientes preguntas con responsabilidad y honestidad de acuerdo con las experiencias que ha vivido como residente de la zona.

### Resultados de la encuesta

#### 1. Genero

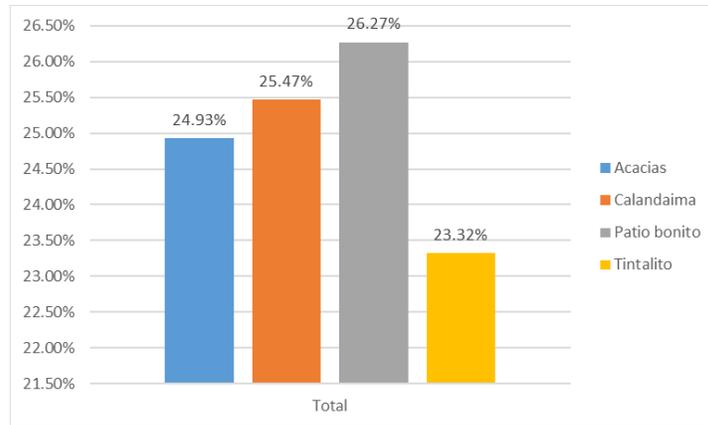
Femenino	Masculino	Total general
182	191	373



El circuito alimenta más de 5000 usuarios para verificar los beneficios del proyecto se consultó una muestra constituida por 373 de las cuales más del 50% de las encuestadas son de género masculino, los datos acompañan el “Estudio de Mercado”

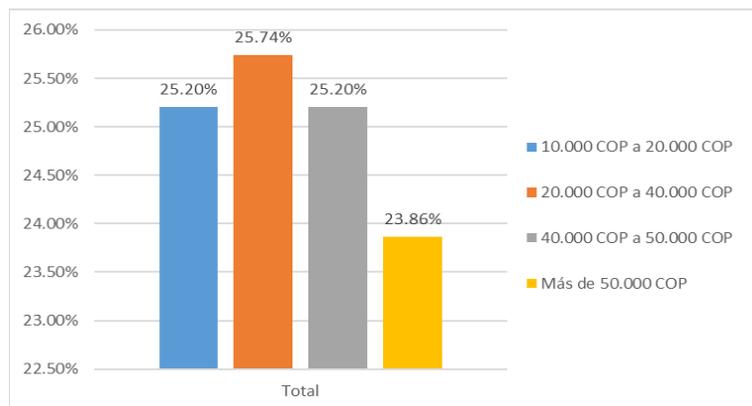
2. Por favor ubique su barrio o el más cercano dentro de los mostrados en la lista (Localidad de Kennedy - Bogotá) información requerida para focalizar el punto de ubicación del circuito Reina “Para localización “

Acacias	Calandaima	Patio bonito	Tintalito	Total general
93	95	98	87	373



3. Aproximadamente, ¿de cuánto es la tarifa eléctrica mensual en su hogar?

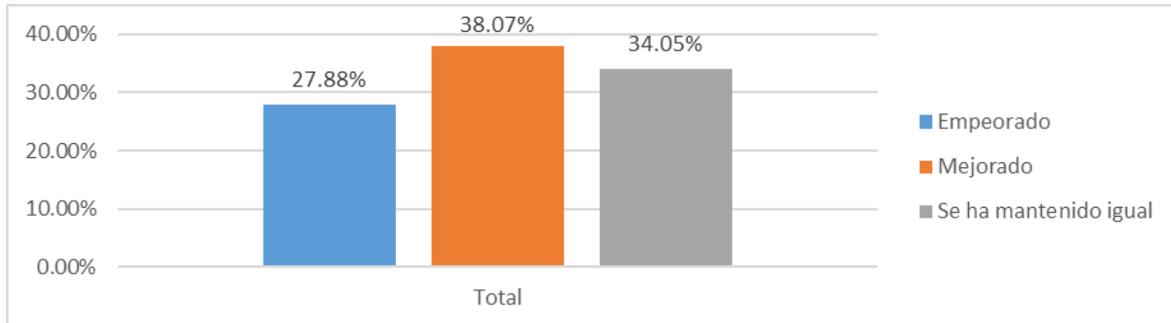
10.000 COP a 20.000 COP	20.000 COP a 40.000 COP	40.000 COP a 50.000 COP	Más de 50.000 COP	Total general
94	96	94	89	373



- Podemos observar que en general los usuarios encuestados realizan pagos \$10.000 y \$50.000 COP mensuales por el servicio de energía.
- En este punto es importante tener en cuenta los subsidios que aplican a los servicios públicos domiciliarios, de este modo los estratos más altos de la ciudad subsidian a los más bajos.

4. Cree usted que, en los últimos años (2016-2019), el servicio eléctrico domiciliario ha...

Empeorado	Mejorado	Se ha mantenido igual	Total general
104	142	127	373

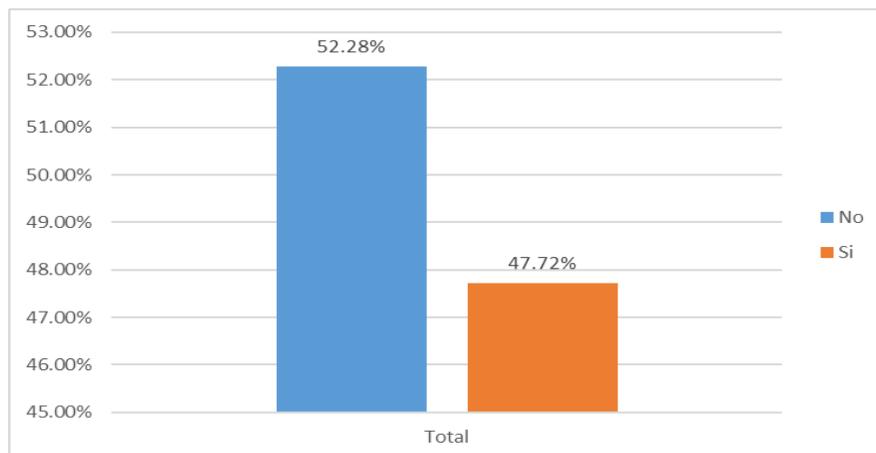


#### ANALISIS DE RESULTADOS:

- Es evidente que los encuestados perciben una mejoría en el servicio lo cual se puede comparar con los resultados de indicadores de calidad, presentados con anterioridad en donde se ve que la calidad del servicio es mejor año tras año.
- Los proyectos de inversión, planes de mantenimiento y demás si muestran claramente una mejoría en el servicio

5. ¿Ha solicitado aumento de carga para su predio?

No	Si	Total general
195	178	373

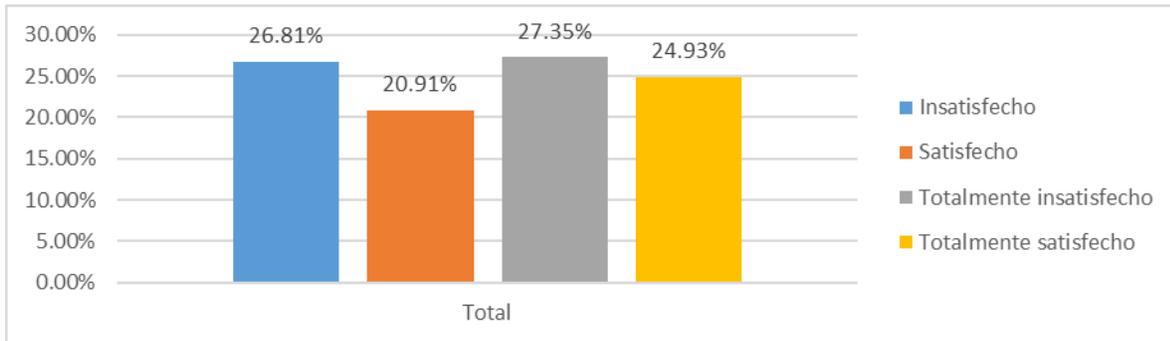


### ANÁLISIS DE RESULTADOS:

- Realmente es muy poca la gente que ha solicitado aumentos de carga a cuentas existentes
- Se puede concluir que el aumento de la capacidad del circuito se hace para atender la necesidad de nuevas cuentas debido a nuevas construcciones mayormente residenciales

6. ¿Qué tan satisfecho está usted con el servicio de su distribuidora de energía eléctrica?

Insatisfecho	Satisfecho	Totalmente insatisfecho	Totalmente satisfecho	Total general
100	78	102	93	373

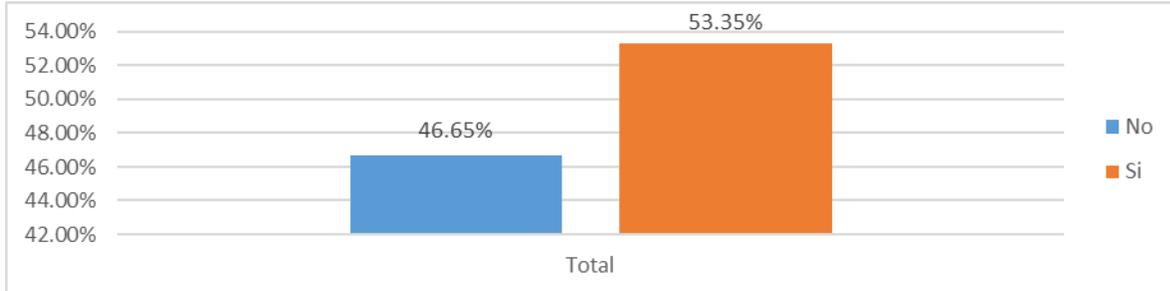


### ANÁLISIS DE RESULTADOS:

- Los resultados muestran que, aunque en general los usuarios están conformes con el servicio de energía, hay muchos que aún no. Y lo relacionan con el valor del servicio que pagan. Pues de fondo creen que pagan mucho por la prestación del servicio.

7. ¿Cree usted que cuando se invierte en las redes eléctricas, aumenta directamente el valor de la tarifa?

No	Si	Total general
174	199	373

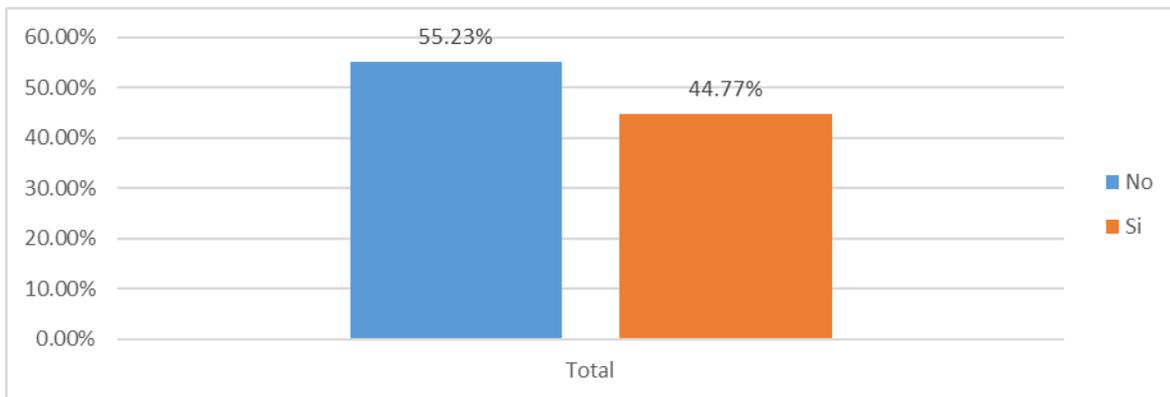


**ANALISIS DE RESULTADOS:**

- La percepción de beneficio costo se hace evidente al tomar como directamente relacionado el tema de invertir en redes con el costo tarifario, lo cual hace evidente el desconocimiento de la función del regulador por parte del estado.

8. ¿Cree usted que es necesario hacer inversión en las redes eléctricas?

No	Si	Total, general
206	167	373

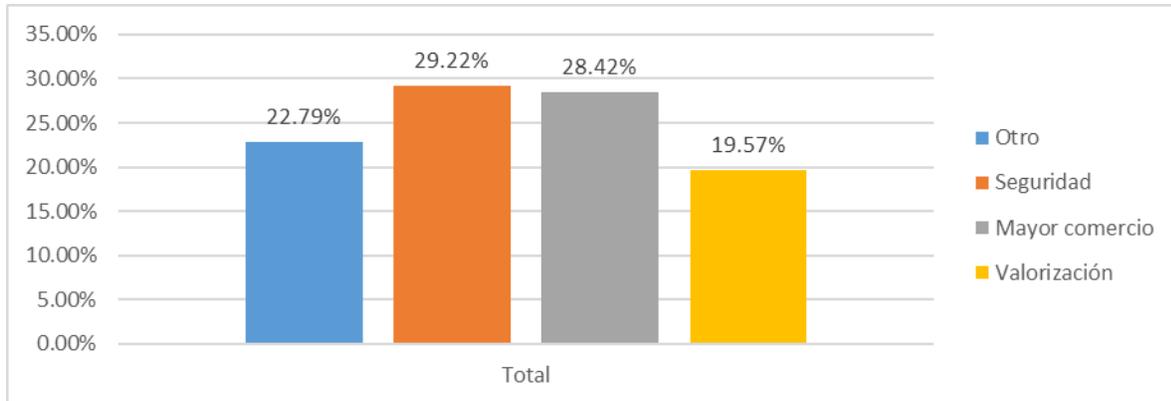


**ANALISIS DE RESULTADOS:**

- La percepción de la ciudadanía del sector en su mayoría tiene una opinión positiva hacia la necesidad de invertir en el mejoramiento de la red.

9. Un mejor servicio de energía eléctrica, mejora aspectos en la comunidad como...

Otro	Seguridad	Mayor comercio	Valorización	Total general
85	109	106	73	373



#### ANALISIS DE RESULTADOS:

- Los usuarios perciben una mejora en diferentes aspectos alrededor del servicio de energía sin que alguna de estas sea más relevante que otra.

## Anexo II Ficha Técnica de la Encuesta

<b>Nombre de La encuesta</b>	Encuesta de Servicio de energía eléctrica en la zona
<b>Fecha de recolección de la información</b>	Entre el 27 y el 30 de septiembre de 2019.
<b>Marco Muestra</b>	El número total de clientes Conectados al circuito REINA entre residenciales, industriales, comerciales y oficiales 5086 Clientes
<b>Localización de la muestra</b>	Barrios Acacias, Calandaima, Patio Bonito, Galán y Osorio de la localidad de Kennedy al Sur Occidente de la ciudad de Bogotá
<b>Tamaño de la muestra</b>	373 encuestas realizadas
<b>Técnica de recolección</b>	Vía internet <a href="https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSeDtwqIwOGUF1BGX5jqfUKklzMqwQsRYrXai4iIbMW6WD1Kw/viewform?usp=sf_link">https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSeDtwqIwOGUF1BGX5jqfUKklzMqwQsRYrXai4iIbMW6WD1Kw/viewform?usp=sf_link</a>
<b>Fecha de reporte</b>	2 de octubre de 2019

**Anexo III Costos Indirectos**

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN COSTOS INDIRECTOS ASOCIADOS A LA EJECUCION DEL PROYECTO REINA <<AMPLIACION CAPACIDAD>>							meses	96
COSTOS DE PERSONAL	A	B	C	D	E	F	G	J
	REMUNERACION MENSUAL	ETAPA DE INGENIERIA Y DESARROLLO DE PROYECTOS DE INVERSION			ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO			VALOR TOTAL (A*B*C*D) +(A*E*F*G)
CARGO / OFICIO (1)		CANTIDAD DE PERSONAS	% DE DEDICACION	Tiempo Total en meses	CANTIDAD DE PERSONAS	% DE DEDICACION	Tiempo Total en meses	
<b>I&amp;N (Infraestructura y Redes)</b>								
Gerente	\$ 32,000,000.00	1	0.5%	8	1	0.5%	96	\$ 16,640,000.00
Sub Gerente	\$ 28,000,000.00	1	0.5%	8	1	0.5%	96	\$ 14,560,000.00
<b>OYM (Obras y Mantenimiento)</b>								
Jefe de división	\$ 18,000,000.00	0	0%	8	1	1%	96	\$ 17,280,000.00
Jefe de departamento	\$ 12,000,000.00	0	0%	8	1	2%	96	\$ 23,040,000.00
Profesional Senior	\$ 6,000,000.00	0	0%	8	2	3%	96	\$ 34,560,000.00
Profesional Junior	\$ 4,000,000.00	0	0%	8	4	3%	96	\$ 46,080,000.00
<b>ND (Desarrollo de la Red)</b>								
Jefe de división	\$ 18,000,000.00	1	5%	8	0	0%	96	\$ 7,200,000.00
Jefe de departamento	\$ 12,000,000.00	1	10%	8	0	0%	96	\$ 9,600,000.00
Profesional Senior	\$ 6,000,000.00	2	10%	8	0	0%	96	\$ 9,600,000.00
Profesional Junior	\$ 4,000,000.00	1	20%	8	0	0%	96	\$ 6,400,000.00
<b>UO (Unidad Operativa)</b>								
Jefe de división	\$ 18,000,000.00	1	5%	8	1	2%	96	\$ 41,760,000.00
Jefe de departamento	\$ 12,000,000.00	1	3%	8	1	3%	96	\$ 37,440,000.00
Profesional Senior	\$ 6,000,000.00	1	25%	8	1	5%	96	\$ 40,800,000.00

Profesional Junior	\$ 4,000,000.00	1	10%	8	1	10%	96	\$ 41,600,000.00
Profesional Ambiental	\$ 4,000,000.00	1	10%	8	1	10%	96	\$ 41,600,000.00
Profesional Civil	\$ 4,000,000.00	1	10%	8	1	10%	96	\$ 41,600,000.00
<b>SUBTOTAL COSTOS DE PERSONAL (1)</b>								\$ <b>429,760,000.00</b>
FACTOR MULTIPLICADOR (2)								1.63
<b>TOTAL COSTOS DE PERSONAL</b>								\$ <b>700,508,800.00</b>
<b>OTROS COSTOS</b>	K	L	M					S
	ETAPA DE INGENIERIA Y DESARROLLO DE PROYECTOS DE INVERSION				ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO			VALOR TOTAL (L*M)
	<b>UNIDAD</b>	<b>VALOR</b>	<b>CANTIDAD</b>		<b>UNIDAD</b>	<b>VALOR</b>	<b>CANTIDAD</b>	
Computadores de escritorio	GL	\$ 3,500,000.00	1		GL	\$ 3,500,000.00	0.1	\$ 4,200,000.00
Escáner	GL	\$ 1,000,000.00	1		GL	\$ 1,000,000.00	0.1	\$ 1,200,000.00
Cámara fotográfica	GL	\$ 750,000.00	2		GL	\$ 750,000.00	0	\$ 1,800,000.00
Adquisición de equipos celulares	GL	\$ 450,000.00	1		GL	\$ 450,000.00	0	\$ 540,000.00
Adquisición plan telefonía celular	GL	\$ 120,000.00	192		GL	\$ 120,000.00	0	\$ 27,648,000.00
Alquiler vehículos	Mes	\$ 3,500,000.00	10		mes	\$ 3,500,000.00	0	\$ 40,320,000.00
Dotación oficina (puestos de trabajo, sillas, teléfonos)	GL	\$ 15,000,000.00	1		GL	\$ 15,000,000.00	0	\$ 18,000,000.00
Papelería, fotocopias, heliografías, informes y otros	Mes	\$ 5,500,000.00	2		mes	\$ 5,500,000.00	0	\$ 13,200,000.00
Comunicaciones (telefonía, fax, email, etc.)	Mes	\$ 1,500,000.00	2		mes	\$ 1,500,000.00	0	\$ 3,600,000.00
<b>TOTAL OTROS COSTOS</b>								\$ <b>110,508,000.00</b>
<b>COSTO TOTAL = (3) + (4) = (5)</b>								\$ <b>811,016,800.00</b>

**Anexo IV Flujo de caja del proyecto**  
(Se anexa impresión de archivo de EXCEL)

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Moreno, A. (2007). Análisis costo beneficio: una introducción a la evaluación económica y social de proyectos de inversión. Bogotá: Editor: s.l.
- Castro, R., Mokate, K. (2003). Evaluación económica y social de proyectos de inversión. Bogotá: Universidad de los Andes
- Londero, E. (1998). Beneficios y beneficiarios: una introducción a la estimación de los efectos distributivos en el análisis costo beneficio. Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Lora, E. (2008). Técnicas de medición económica: metodología y aplicaciones en Colombia. Bogotá: Alfa Omega.
- Vielma E. (1997). Determinantes individuales y sociales del comportamiento del consumidor de electricidad en la zona residencial de las parroquias Olegario Villalobos, Carracciolo Parra Pérez y Cristo de Aranza de la ciudad de Maracaibo. Trabajo de Grado. Universidad Dr. Rafael Beloso Chapín. Maracaibo - Venezuela.
- DANE (2003). Encuesta de calidad de vida. Tomado de:  
<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/salud/calidad-de-vida-ecv/encuesta-de-calidad-de-vida-2003>
- CREG - 015 2018. Por la cual se establece la metodología para la remuneración de actividad de distribución de energía eléctrica en el sistema interconectado nacional.
- Superintendencia de Servicios Públicos (2017). Diagnóstico de la Calidad del Servicio de Energía Eléctrica en Colombia 2017. Tomado de:  
[https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/SSPD%20Publicaciones/Publicaciones/2018/Oct/diagnosticodecalidad2017\\_version\\_06072018\\_1.pdf](https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/SSPD%20Publicaciones/Publicaciones/2018/Oct/diagnosticodecalidad2017_version_06072018_1.pdf)
- Medina, C., Morales, L. (2007). Borradores de Economía. Borrador No. 467. Demanda por servicios públicos domiciliarios en Colombia y subsidios: implicaciones sobre el bienestar. Banco de la República – Colombia.
- LASHERAS, Miguel A., (1999). La regulación económica de los servicios públicos. ED. Ariel, S.A., Barcelona.