



**UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ  
EXTENSIÓN CHONE**

**CARRERA: INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, MODALIDAD  
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**TÍTULO:**

**“ANÁLISIS DE CARGA ELÉCTRICA PARA EL MEJORAMIENTO  
DEL CIRCUITO ELÉCTRICO DE BAJA TENSIÓN  
DE LA CIUDADELA MARIO LOOR”**

**AUTORES:**

**GARCÍA ALCÍVAR CARLOS MIGUEL  
LOOR CELORIO JOHAN LEONARDO**

**TUTOR:**

**ING. JORGE WASHINGTON ANDRADE ANDRADE**

**CHONE-MANABÍ-ECUADOR**

**2017**

Ing. Jorge Washington Andrade Andrade docente, de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone, en calidad de tutor de Titulación,

## **CERTIFICO:**

Que el trabajo de titulación: “ANÁLISIS DE CARGA ELÉCTRICA PARA EL MEJORAMIENTO DEL CIRCUITO ELÉCTRICO DE BAJA TENSIÓN DE LA CIUDADELA MARIO LOOR”, ha sido exhaustivamente revisado en varias sesiones de trabajo, se encuentra listo para su presentación y apto para su defensa.

Las opiniones y conceptos vertidos en esta Investigación son fruto de la perseverancia y originalidad de sus autores: García Alcívar Carlos Miguel y Loo Celorio Johan Leonardo, siendo de su exclusiva responsabilidad.

Chone, Agosto del 2017

Ing. Jorge Washington Andrade Andrade  
TUTOR





UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO DE MANABÍ”  
EXTENSIÓN CHONE

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

INGENIEROS ELÉCTRICOS

Los miembros del tribunal examinador aprueban el informe escrito de investigación, con el título: “ANÁLISIS DE CARGA ELÉCTRICA PARA EL MEJORAMIENTO DEL CIRCUITO ELÉCTRICO DE BAJA TENSIÓN DE LA CIUDADELA MARIO LOOR”, elaborado por los egresados: García Alcívar Carlos Miguel y Loor Celorio Johan Leonardo, de la carrera de Ingeniería Eléctrica.

Chone, Agosto del 2017

Ing. Odilón Schnabel Delgado  
DECANO

Ing. Jorge Washington Andrade Andrade  
DIRECTOR DE TITULACIÓN

.....  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

.....  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

.....  
SECRETARIA

## **DEDICATORIA**

Este proyecto está dedicado a Dios, a mi familia y a las personas que más me han brindado su apoyo en este arduo y difícil camino de la vida, dándome los mejores consejos guiándome y haciéndome una persona de bien, con todo mi amor y afecto se los dedico a:

Segundo Joaquín Loor Basurto y Narcisa Jacqueline Celorio Zambrano.

*Johan Leonardo*

## **DEDICATORIA.**

A mis padres que me han dado la existencia y en ella la capacidad por superarme y desear lo mejor en cada paso por este camino difícil y arduo de la vida. Gracias por ser como son, porque su presencia y persona han ayudado a construir y forjar la persona que ahora soy.

*Carlos Miguel*

## **RECONOCIMIENTO.**

Al finalizar el presente trabajo de investigación, agradecemos a Dios sobre todas las cosas a nuestros padres y familiares porque nos brindaron su apoyo tanto moral y económicamente para seguir estudiando y lograr el objetivo trazado para un mejor futuro y ser orgullo para ellos y de toda la familia.

A la Universidad Laica “Eloy Alfaro de Manabí” Extensión Chone, por darnos la oportunidad de estudiar y ser unos profesionales. A nuestro tutor del trabajo de investigación, por su esfuerzo y dedicación, quien con su conocimiento, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado en nosotros que podamos terminar nuestros estudios con éxitos.

También agradecer a nuestros profesores durante toda mi vida profesional, porque todos han aportado con un granito de arena a nuestra formación, por sus consejos, sus enseñanzas y más que todos por su amistad.

*Johan Leonardo y Carlos Miguel*

## **SÍNTESIS.**

La presente investigación realiza un estudio, basados en información recabada para el *Análisis de Carga Eléctrica para el Mejoramiento del Circuito Eléctrico de Baja Tensión de la Ciudadela Mario Loor*, considerando que a medida que la población aumenta, también crece la demanda de consumo de energía eléctrica, lo que lleva a mejorar o repotenciar el o los circuitos involucrados.

A partir de esta primicia, se realizaron las respectivas investigaciones para cuantificar los sistemas utilizados en sectores vecinos, detallando tipologías, características, modelos de aplicación, zona de aplicación, anomalías que podrían generarse por el hecho de encontrarse a la intemperie tensiones mecánicas excesivas.

Las datos obtenidos de manera teórica y empírica, sirvieron para determinar que los circuitos existentes de las redes eléctricas aéreas de media y baja tensión de la ciudadela, se pueden mejorar mediante el uso de tecnología anti hurto en las líneas de baja tensión eléctrica, y en media tensión cambiando los elementos que se encuentren en mal estado y que no correspondan a la normativa de homologación MEER, por cuanto el 86,9% de la muestra informa que si se ocasionan interrupciones no programadas.

## **PALABRAS CLAVES**

Análisis de carga eléctrica; mejoramiento de circuito; anomalía de degrado de materiales; Ciudadela Mario Loor; redes de distribución; consumo eléctrico; tecnología anti hurto; repotenciar; normativa de homologación MEER.

## **ABSTRACT.**

This research is based on information gathered for the Electric Load Analysis for the Improvement of the Low Voltage Electrical Circuit of the Mario Looor Citadel, considering that as the population increases, so does the demand for electricity consumption. Which leads to improving or upgrading the circuit (s) involved.

From this first, the respective investigations were carried out to quantify the systems used in neighboring sectors, detailing typologies, characteristics, application models, application zone, anomalies that could be generated by the presence of excessive mechanical stresses exposed to the weather.

The data obtained in a theoretical and empirical manner, served to know that the existing circuits of the medium and low voltage aerial electric networks of the citadel can be improved by the use of antitheft technology in low voltage lines, Medium voltage by changing the elements that are in more state and that do not correspond to MEER homologation regulations.

## **KEYWORDS**

Electric charge analysis; Circuit improvement; Material degradation anomaly; Citadel Mario Looor; Distribution networks; Electricity consumption; Anti-theft technology; To repot; MEER approval standard.

## TABLA DE CONTENIDO

pág.

PORTADA.....	
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	
DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	III
APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN. ....	
DEDICATORIA .....	V
RECONOCIMIENTO.....	VII
SÍNTESIS. ....	VIII
INTRODUCCIÓN. ....	1
CAPITULO I .....	14
1. ESTADO DEL ARTE.....	14
1.1. Antecedentes y Fundamentos Teóricos.....	14
1.2. Producción de energía eléctrica.....	14
1.2.1. Estación Elevadora .....	15
1.2.2. Red De Transporte .....	15
1.2.3. Subestaciones de Transformación (S.E.T.) .....	15
1.2.4. Redes de Reparto .....	15
1.2.5. Estaciones Transformadoras de Distribución (E.T.D.).....	15
1.2.6. Red de Distribución en Media Tensión .....	16
1.2.7. Centros de Transformación (C.T.) .....	16
1.2.8. Red de Distribución de Baja Tensión.....	16
1.3. Accionamientos eléctricos .....	16
1.3.1. Aisladores .....	16
1.3.2. Armarios de distribución.....	17
1.3.3. Bobina de bloqueo .....	17
1.3.4. Cabinas de transformación.....	17

1.3.5.	Capacitor de acoplamiento .....	17
1.3.6.	Centros de transformación .....	18
1.3.7.	Descargadores.....	18
1.3.8.	Interruptor.....	19
1.3.9.	Línea aérea.....	19
1.3.10.	Línea de enlace con el electrodo de tierra .....	19
1.3.11.	Línea de tierra .....	19
1.3.12.	Masa de un aparato .....	19
1.3.13.	Nivel de aislamiento .....	20
1.3.14.	Poder de ruptura.....	20
1.3.15.	Puesta a tierra de protección .....	20
1.3.16.	Puesta a tierra de servicio.....	20
1.3.17.	Seccionador .....	21
1.3.18.	Subestación.....	22
1.3.20.	Transformador de corriente.....	23
1.3.21.	Seccionadores e interruptores .....	23
1.3.22.	Configuraciones de interruptores y seccionadores .....	24
1.3.23.	Interruptor automático o disyuntor.....	25
1.3.24.	Fusibles.....	25
1.3.25.	Relés de protección.....	26
1.3.26.	El transformador .....	26
1.3.27.	Características nominales.....	28
1.4.	Líneas de transporte de la energía eléctrica.....	29
1.4.1.	Líneas eléctricas.....	30
1.4.2.	Esquemas de distribución.....	31
1.4.4.	Esquema IT.....	35
1.4.5.	Aplicación de los tres tipos de esquemas .....	36

1.4.6.	Prescripciones especiales para la aplicación del esquema TN.....	36
1.4.7.	Clasificación de las redes.....	37
1.4.8.	Topologías de las redes, Sistemas radiales.....	38
1.4.9.	Anillos y mallas.....	39
1.4.10.	Alternativas y su caracterización.....	40
1.4.11.	Aisladores.....	41
1.4.12.	Conductores, Conductores para líneas aéreas.....	42
1.4.13.	Cables para líneas subterráneas.....	44
1.4.14.	Parámetros de la línea.....	47
1.5.	REDES DE DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSION.....	47
1.5.1.	Transformador.....	47
1.5.2.	Transformador de distribución.....	49
1.6.	Curva de carga.....	50
1.6.1.	Curva de Carga Tipo Residencial.....	50
1.6.2.	Curva de carga tipo comercial.....	51
1.7.	Parámetros de la carga.....	52
1.7.1.	Demanda máxima.....	52
1.7.2.	Carga conectada.....	52
1.7.3.	Capacidad instalada.....	53
1.7.4.	Factor de demanda.....	53
1.7.5.	Factor de utilización.....	53
1.7.6.	Factor de carga.....	54
1.7.7.	Factor de pérdidas.....	55
1.7.8.	Transformador subutilizado.....	62
1.7.9.	Equipo registrador de calidad de energía.....	62
1.7.10.	Pérdidas de energía eléctrica.....	62
1.7.11.	Pérdidas Técnicas de Energía.....	63

1.8.	Transformadores de distribución monofásicos en la red de la Ciudadela Mario Loor de Chone66	
1.9.	Transformador de Distribución Monofásico Convencional Tipo Poste.....	66
1.10.	Transformador de Distribución Monofásico Autoprotegido Tipo Poste .....	68
1.11.	Transformador de Distribución Monofásico Tipo Padmounted .....	69
1.12.	Perdidas de energía en transformadores de distribución monofásicos.....	70
1.12.1.	Pérdidas en el hierro.....	71
1.12.2.	Pérdidas por histéresis.....	72
1.12.3.	Pérdidas por Corrientes Parásitas o Corrientes de Eddy .....	73
1.13.	Pérdidas en el cobre .....	76
1.14.	Pérdidas totales en un transformador de distribución ante variaciones de carga.....	77
1.15.	Pérdidas totales en un aumentando las pérdidas en el hierro y reduciendo a la vez las del cobre. ....	79
1.16.	Pérdidas totales aumentando las pérdidas en el hierro manteniendo las pérdidas en el cobre constantes ante variacion de carga .....	81
1.17.	Comportamiento de las pérdidas en carga ante cambios en las pérdidas totales en condiciones nominales. ....	83
1.18.	Comportamiento de las pérdidas en función dela demanda .....	84
	CAPITULO II.....	87
2.	DIAGNOSTICO O ESTUDIO DE CAMPO. ....	87
2.1.	Sistema eléctrico y las cargas instalada en el circuito de baja tensión de la Ciudadela Mario Loor .....	87
2.2.	Antecedente. ....	87
2.3.	Levantamiento de las redes Existentes.....	87
2.4.	Términos de Referencia Antecedentes .....	88
2.5.	Estudio de Demanda Máxima Unitaria (DMU).....	88
2.7.	Transformadores Instalados .....	89

2.8.	Red de Media Tensión .....	95
2.8.2.	Estructuras utilizadas en los circuitos.....	96
2.9.	Red de Bajo Voltaje .....	96
2.9.1.	Seccionamiento y Protecciones Media Tensión .....	97
2.9.2.	Baja Tensión.....	97
2.10.	Materiales usados en la elaboración del circuito .....	97
2.11.	Lista de equipos y materiales.....	98
2.12.	Procesamiento de los resultados de la investigación de campo e interpretación de la información.....	98
	Análisis e interpretación de la entrevista.....	109
	CAPITULO III.....	111
3.	Mejoramiento del circuito eléctrico de baja tensión de la Ciudadela Mario Loor. ....	111
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	112
	CONCLUSIONES GENERALES.....	112
	RECOMENDACIONES.....	113
	BIBLIOGRAFÍA.....	114
	ANEXOS.....	118

## **INTRODUCCIÓN.**

Electricidad es la forma en que denominamos a la energía que llega a nuestros hogares y también la que sostiene todo el proceso industrial, pues es la que proporciona la fuerza necesaria para hacer funcionar prácticamente todo tipo de máquinas. Es un fenómeno físico por el que las distintas partes de la materia interacciona por medio de las partículas subatómicas.

La energía liberada en este proceso es aprovechada por el hombre para los usos más elementales, se manifiesta, por ejemplo, en los rayos, que son descargas naturales de electricidad estática producidas durante una tormenta eléctrica.

En la actualidad, la dependencia que tiene el mundo respecto de la electricidad es enorme, de allí la importancia que tiene la electricidad para el hombre moderno, forma parte de la vida cotidiana de las personas de una manera sorprendente.

Si bien la electricidad es aquello que posibilita el aprovechamiento de la energía, hay una diferencia sustancial de acuerdo a la fuente de obtención de esa electricidad, que puede ser de carácter renovable o puede producirse a través de una fuente no renovable. La mayoría de las centrales eléctricas queman gas natural y carbón, es decir que utilizan recursos no renovables, que tomarán millones de años en regenerarse.

La energía solar, la geotérmica o la eólica aparecen como alternativas, aunque hasta ahora no se han difundido lo suficiente como para modificar sustancialmente la distribución de esas cifras en el planeta tierra, sin embargo la energía hidráulica es la que por ahora lidera en varias regiones del mundo la generación de electricidad por su mecanismo idóneo y que perturba muy poco el ecosistema en consideración a otros métodos.

A nivel de Latino América, según BETTEGA. Eric, indica que: “Existe tendencia en el aumento de aparatos de consumo masivo en la población Latino Americana, lo que acarrea a su vez que haya una disminución considerable en la potencia eléctrica que puede entregar los transformadores de distribución, así como también en los conductores eléctricos que fueron instalados para conducir una cantidad de amperios

inferior”; lo que también es reflejado en el Ecuador, ya que la gran mayoría del circuito o anillo eléctrico ya es vetusto, debido a los años que tienen luego de ser instalados.

La electricidad es una forma de energía que se encuentra en todas las facetas y actividades de cualquier sociedad desarrollada. La utilización de la electricidad represento una importante evolución en las soluciones tecnológicas que dan respuestas a las necesidades de la humanidad.

Un ejemplo los constituyen los sistemas de iluminación, para dar satisfacción a la necesidad de alargar las horas hábiles, se desarrollaron distintos sistemas de iluminación desde los inicios de la humanidad hasta mediados del siglo XIX. Todos los sistemas desarrollados durante este tiempo, basados principalmente en la combustión, no aportaron grandes diferencias o avances entre ellos pues los resultados obtenidos entre la combustión de una antorcha de madera y la de una lámpara de petróleo, por poner un ejemplo, eran muy limitados y similares.

Por el contrario, a partir del desarrollo de la lámpara de incandescencia durante la tercera parte del siglo XIX, se dispone de sistemas prácticos limpios y seguros que permiten desarrollar cualquier actividad con independencia de las condiciones naturales de iluminación.

Desde el año 2014, se lanzó la campaña masiva por parte del Gobierno para mejorar la matriz eléctrica del Ecuador a través de centrales eléctricas, teniendo como uno de los principales objetivos el mejoramiento y en algunos casos el cambio de las redes eléctricas, repotenciación de los transformadores de transmisión y distribución.

Según fuentes de la página del CONELEC, institución que lleva el control energético, reconoce que falta mucho por hacer en algunos puntos del país, por lo que es necesario ayudar mediante la aplicación de proyectos de carácter técnico e investigativos que salgan del intelecto de los profesionales que egresan de la universidad.

Partiendo de estos antecedentes, y luego de efectuar una indagación situacional, se propone realizar un “Análisis de carga eléctrica para el mejoramiento del circuito

eléctrico de baja tensión de la Ciudadela Mario Loo”, por lo que se sustenta esta investigación en que los habitantes de la Ciudadela manifestaron su inconformidad cuando se les pregunto sobre la calidad de la energía eléctrica que recibían por parte de la empresa eléctrica de Chone.

Según, CALVAS. Roland (2001), manifiesta que: “Es necesario moderniza o repotenciar los circuitos eléctricos en media y baja tensión cada cierto tiempo, según lo indique el estudio de demanda y sea proyectada según coeficiente de crecimiento poblacional”, cabe indicar, que el circuito eléctrico de baja tensión instalado en la Ciudadela ya cumplió con los años de servicio toda vez que se sabe que el diseño tiene más de 20 años de trabajo y con un crecimiento poblacional que superó el 60% de su proyección.

Las pérdidas variables son las que dependen del comportamiento de la carga, por lo tanto del nivel de corriente. Estas pérdidas producidas debido al efecto Joule, se van a originar en los conductores de la red de distribución así como en los devanados de los transformadores de distribución, provocando fluctuaciones en el fluido eléctrico.

Por otro lado, los diseños obsoletos de circuitos eléctricos en baja tensión, provocan un sinnúmero de fenómenos o perturbaciones eléctricas que provocan fallos y desconexiones del fluido eléctrico, como lo expresa COLLOMBET, Christian (1999), “Las líneas de conducción de electricidad en media y baja tensión cuando superan la máxima corriente de carga por la cual fue diseñada el circuito, este provoca fenómenos conocidos como armónicos que afectan en el desempeño de los componentes de maniobra y de los aislantes”, lo que sin duda es uno de los causales de los apagones o interrupciones eléctricas en la Ciudadela.

En un sistema de potencia eléctrica, los aparatos y equipos que se conectan a él, tanto por la propia empresa como por los clientes, están diseñados para operar a (50 ó 60) ciclos, con una tensión y corriente sinusoidal. Por diferentes razones, se puede presentar un flujo eléctrico a otras frecuencias de (50 ó 60) ciclos sobre algunas partes del sistema de potencia o dentro de la instalación de un usuario.

La forma de onda existente está compuesta por un número de ondas sinusoidales de diferentes frecuencias, incluyendo una referida a la frecuencia fundamental, así la descomposición de una onda distorsionada en una onda sinusoidal a la frecuencia fundamental (60 Hz) más una onda de frecuencia distinta.

El término componente armónico o simplemente armónico, se refiere a cualquiera de las componentes sinusoidales mencionadas previamente, la cual es múltiplo de la fundamental. La amplitud de los armónicos es generalmente expresada en porciento de la fundamental.

Debido al efecto que está provocando el cambio de la matriz productiva en el Ecuador se alista el proceso de incorporar las cocinas de inducción a nivel nacional, lo que provocará un incremento en el consumo de electricidad, estableciendo un impacto muy alto en las líneas de baja tensión, esto obliga a repotenciar y en algunos casos cambiar el circuito eléctrico.

Por los atributos que se demuestran en los antecedentes de este proyecto no se debe menospreciar esta propuesta, debido a que a medida que avanza el tiempo, aparecen nuevas tecnologías que se les debe investigar pormenorizadamente para descubrir sus características, funcionabilidad, el donde y el cómo se los puede emplear sin que estos sufran daño estructural permanente.

Es por esto, que el tema de investigación es de gran relevancia para la sociedad por su carácter de innovador, como lo manifiesta STEVENSON, Williams (1979) denotando que “Ninguna maquina eléctrica es ideal o perfecta, es decir siempre sufrirá algún tipo de cambio en su tecnología que provocará pérdida o ganancia al realizar su labor”, lo que se ve reflejado en los transformadores que se encuentran instalados en la Ciudadela ya que se los observa con sobre carga y seguramente desbalanceado eléctricamente.

A medida que se desarrolla la investigación, se establece el marco teórico de los elementos que darán la pauta del inicio del proceso de selección de componentes y de los fenómenos físicos que surgen al emplear nuevos dispositivos con características mejoradas que ayudaran a mejorar la calidad de la energía eléctrica, tal como lo

manifiesta FIORINA Jean Noël (1992) indicando que “Cuando se desarrollan nuevas formas de elaborar elementos de conducción de electricidad, se mejora también la calidad de la energía que por este circula”, siendo este una de las partes más pertinente al momento de desarrollar la propuesta, considerando que hay que mejorar lo obsoleto.

Los materiales conductores son aquellos materiales cuya resistencia al paso de la corriente es muy baja, recordemos que un buen aislante presenta una resistencia de hasta 1024 veces mayor que un buen conductor. Se puede denominar material conductor a cualquier sustancia o material que sometido a una diferencia de potencial eléctrico proporciona un paso continuo de corriente eléctrica.

En general todas las sustancias en estado sólido o líquido poseen la propiedad de conductividad eléctrica, pero algunas sustancias son buenos conductores, las mejores sustancias conductoras son los metales.

Entre los materiales metálicos más utilizados mencionamos: la Plata, el cobre, aluminio, aleaciones de aluminio, aleaciones de cobre y conductores compuestos de aluminio-acero y cobre-acero cuyas aplicaciones en las industrias eléctricas son muy útiles.

Los datos recabados de las proyecciones y estadísticas de electrificación, indican que el lugar seleccionado se le debe efectuar el mejoramiento del tendido eléctrico, es por esto que se considera oportuna y efectiva esta investigación, teniendo como primicia el desarrollo de una propuesta que ayudará a la población de esta ciudadela.

Por otra parte y fortaleciendo aún más lo considerado, ARRIAGA, JESÚS (1998), indica que: “Las nuevas tecnologías en el desarrollo de materiales y modelos de aplicación, permiten ir descubriendo alternativas para mejorar la generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica, siendo estos empleados en una gran cantidad de aparatos eléctricos de consumo masivo en todo el mundo, debido a su tamaño y gran eficiencia”, este modelo de proyecto, permitirá de manera significativa, realizar un enfoque hacia la utilización de dispositivos que se emplean

en baja tensión y los efectos que tendrá en la matriz energética ayudando a la repotenciación para mejorar la distribución de electricidad.

La pertinencia de este proyecto es inaplazable, porque según COLLOMBET, Christian (1999), menciona que “Debido a que se ha incrementado el uso de equipos electrónicos consumidores de electricidad y más allá de consumismo, los usuarios deben estar en constante comunicación con la población en general”. Consecuentemente este proyecto estará orientado a la investigación para incentivar la búsqueda de nuevos métodos de corrección y mejora en la calidad de la energía eléctrica.

Por otro lado, con la elaboración de este proyecto se analizarán los materiales, elementos conductores, características técnicas de los dispositivos, la tecnología que se acople a las necesidades del usuario, en costo y beneficio, y minimizar el impacto ambiental que pueda afectar al medio ambiente de la localidad.

Muchos problemas en el suministro se originan en la red de suministro eléctrico comercial, que con sus miles de millas de líneas de transmisión, está sometida a condiciones climáticas como huracanes, tormentas con rayos, nieve, hielo e inundaciones, junto con fallas de los equipos, accidentes de tráfico y grandes operaciones de conexión.

Así mismo, los problemas en el suministro que afectan a los equipos tecnológicos actuales frecuentemente se generan en forma local dentro de una instalación a partir de diversas situaciones, como construcción local, grandes cargas de arranque, componentes defectuosos de distribución e incluso el típico ruido eléctrico de fondo.

A todo esto, se le debe incluir la predisposición que tienen los proponentes de este proyecto para realizar este trabajo, a los guías o tutores de esta investigación que contribuirán con su conocimiento, así como también a los moradores de la Ciudadela, por su interés en mejorar la calidad de la energía eléctrica que reciben.

A través de la ciencia se determina el cómo saber la diferencia entre una interrupción y un transitorio oscilatorio, podría servir de mucho al momento de decidir comprar dispositivos de corrección de suministro eléctrico.

Un error de comunicación puede tener consecuencias costosas cuando se adquiere el dispositivo inadecuado de corrección de suministro para sus necesidades, que incluye tiempos de inactividad, salarios perdidos e inclusive daños en los equipos.

Es necesario destacar que esta investigación fue elegida, por la importancia de tener y garantizar un suministro de energía eléctrica estable, como lo manifiesta REYES,E.A. (2001), que indica “ Un diseño de circuito de media y baja tensión, cuando se consideran todas las variables que afecten a largo plazo el desempeño de todos los elementos, es un diseño estable”, por la entereza que se le da al tema de estudio por parte de los proponentes de la investigación, y porque se ejerce un vínculo con la comunidad, elemento esencial para el desarrollo de este proyecto.

En el momento que se realiza un análisis del estado de las líneas de baja tensión que se encuentra en la Ciudadela, se identifican situaciones que difieren con otras investigaciones con características similares, tales como la metodología, tecnología de los equipos que se utilizará para realizar el análisis de los factores eléctricos, los equipos de recolección y almacenamiento de información.

Esta investigación se la considera necesaria debido a su alto nivel de conocimiento que se genera, porque servirá como modelo de guía para futuras investigaciones, es necesaria porque en la Ciudadela Mario Loor donde se a realizar esta investigación no tienen suministro de energía eléctrica estable, razones que hacen necesaria la realización de este proyecto; además que se la considera oportuna porque es el mejor momento debido al cambio de la matriz eléctrica.

Las causas de las interrupciones pueden variar, pero generalmente son el resultado de algún tipo de daño a red de suministro eléctrico, como caídas de rayos, animales, árboles, accidentes vehiculares, condiciones atmosféricas destructivas (vientos fuertes, gran cantidad de nieve o hielo sobre las líneas.

Por otra parte FERRACCI, Philippe (2004), manifiesta que “Al desarrollar circuitos eléctricos en media y baja tensión se mejora la calidad de vida de los usuarios del servicio, de energía eléctrica, cuando en ella no existiera ningún tipo de estudio, y es necesario rejuvenecer si existiese alguno que ya no pueda con la carga instalada”.

Este proyecto se acoge a lo segundo, ya que se pretende mejorar el circuito existente con herramientas y equipos de tecnología actual.

En el CAPÍTULO I, se analiza el estado del arte, detalla todo lo concerniente a la parte técnica, modelos gráficos, demostración científica, comparación y desarrollo del tema propuesto como proyecto de investigación en términos generales, es donde se precisa el objeto y el campo de investigación de este trabajo.

En el CAPITULO II, se diagnostica mediante estudio de campo utilizando los métodos y las técnicas de investigación apropiadas, no con el fin de elaborar una teoría, sino, para aumentar la objetividad de las interpretaciones dadas de los hechos y fenómenos estudiados sobre redes eléctricas.

En el CAPITULO III, mediante los resultados del diagnóstico, se permite establecer una alternativa en la solución del problema, estas acciones sirven para mejorar las redes eléctricas aéreas en medias y baja tensión existentes y para aquellas que se conciben mediante los nuevos proyectos encaminados al mejoramiento del ornato y buen vivir de los ciudadanos en los pueblos y ciudades.

Se utilizan varias metodología que se aplica a este proyecto, tales como el Tipo de Investigación, en este caso será de manera bibliográfica con los contenidos científicos citados, elaborados por otros autores y de criterio propio, por el conocimiento adquirido durante los años de estudio. También se refuerza el Nivel de Investigación, detallando de manera descriptiva y comprobatoria todo los resultados que sirven para elaborar el informe de este proyecto de investigación.

Además, se expresan los métodos que se aplican a esta investigación tales como el analítico, deductivo e inductivo, como también las técnicas de recolección de información siendo apropiada para este proyecto la encuesta y la observación, teniendo como referencia la población y muestra a los moradores de la Ciudadela Mario Loor del Cantón Chone.

## **FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.**

¿Qué beneficio se obtendría al realizar un análisis de carga eléctrica para el mejoramiento del circuito eléctrico de baja tensión de la Ciudadela Mario Llor?

El desarrollo tecnológico se ha vuelto totalmente dependiente de la disponibilidad continua de suministro eléctrico, en la mayoría de los países, el suministro eléctrico comercial se abastece a través de redes nacionales, que interconectan numerosas estaciones generadoras de electricidad a las diferentes cargas.

La red debe abastecer las necesidades básicas nacionales de iluminación, calefacción, refrigeración, aire acondicionado, transporte y residenciales, así como el abastecimiento crítico a comunidades gubernamentales, industriales, financieras, comerciales, médicas y de comunicaciones.

El suministro eléctrico comercial literalmente le permite al mundo moderno actual funcionar a un paso acelerado; la tecnología sofisticada ha penetrado profundamente en nuestros hogares y carreras, y con la llegada del comercio electrónico está cambiando continuamente la forma en la que interactuamos con el resto del mundo.

La tecnología inteligente exige un suministro libre de interrupciones o perturbaciones, un estudio reciente en los Estados Unidos ha demostrado que las firmas industriales y comerciales digitales están perdiendo 45.700 millones de dólares por año a consecuencia de interrupciones en el suministro, debido a las anomalías que aparecen en las líneas de transmisión y distribución de electricidad, hacen perecer a componentes críticos de muchos equipos que estén conectados a la red de suministro eléctrica pública.

En los procesos automatizados, líneas enteras de producción pueden descontrolarse, creando situaciones riesgosas para el personal de planta y costoso desperdicio de materia prima, la pérdida de procesamiento de datos en una gran corporación financiera puede costar miles de dólares irrecuperables por minuto de tiempo de inactividad, así como muchas horas posteriores de tiempo de recuperación, el daño de programas y datos causado por una interrupción en el suministro puede provocar

problemas en las operaciones de recuperación de software que puede llevar semanas resolver.

El Ecuador no está ajeno a esta realidad, muchos problemas en el suministro se originan en la red de suministro eléctrico comercial, que con sus miles de kilómetros de líneas de transmisión, está sometida a condiciones climáticas como humedad, frío intenso, calor abrasivo, salinidad, tormentas con rayos en ciertos inviernos, nieve, hielo e inundaciones, junto con fallas de los equipos, accidentes de tránsito y grandes operaciones de conexión.

Así mismo, los problemas en el suministro que afectan a los equipos tecnológicos actuales frecuentemente se generan en forma local dentro de una instalación a partir de diversas situaciones, como la de construcción, grandes cargas de arranque, componentes defectuosos en la distribución e incluso el típico ruido eléctrico de fondo provocado por los transformadores que no son sometidos a control de calidad, teniendo en su partes físicas, elementos de mala calidad y mal proceso de ensamblado que a corto plazo provoca el daño a la unidad.

Acordar términos y normativas, es el primer paso para tratar las perturbaciones energéticas en todas sus etapas, el uso generalizado de componentes electrónicos en todo lo que nos rodea, desde equipos hogareños hasta el control de procesos industriales masivos y costosos, ha hecho que se tome más conciencia sobre la calidad del suministro y los tipos de sistemas tecnológicas que se deben emplear para entregar energía eléctrica de buena calidad sin desmejorar el medio ambiente y el buen vivir de los ciudadanos .

En general esta investigación, dará un punto de partida para que a futuro tenga un material que sirva para identificar y puntualizar el tipo de sistemas que se pueda emplear en un determinado lugar junto a las condiciones naturales que determinarán el correcto funcionamiento de la red eléctrica proyectada.

## **OBJETIVO GENERAL.**

Realizar un análisis de carga eléctrica para el mejoramiento del circuito eléctrico de baja tensión de la Ciudadela Mario Loor.

## **HIPÓTESIS.**

Con un análisis de carga eléctrica para el mejoramiento del circuito eléctrico de baja tensión se garantiza un suministro constante de energía eléctrica a la Ciudadela Mario Loor Chone.

## **VARIABLE DEPENDIENTE.**

Análisis de carga eléctrica.

## **VARIABLE INDEPENDIENTE.**

Mejoramiento del circuito eléctrico de baja tensión.

## **TAREAS CIENTÍFICAS DE INVESTIGACIÓN.**

**TAREA 1.-** Realizar un análisis del estado del arte en selección a los modelos de circuitos eléctricos de distribución en baja tensión.

**TAREA 2.-** Detallar los fundamentos teóricos referente a las instalaciones de las redes de distribución en baja tensión.

**TAREA 3.-** Diagnosticar el sistema eléctrico y las cargas instalada en el circuito de baja tensión de la Ciudadela Mario Loor.

**TAREA 4.-** Diseñar la propuesta para el mejoramiento del circuito eléctrico de baja tensión de la Ciudadela Mario Loor.

## **DISEÑO METODOLÓGICO:**

### **Tipo de investigación.**

Este tipo de investigación utilizará métodos, técnicas e instrumentos que permitirá alcanzar el objetivo propuesto por el y los involucrados en el desarrollo de este proyecto o trabajo de titulación.

### **Métodos Teóricos.**

Los métodos teóricos que se aplicarán en el desarrollo de la investigación serán los siguientes:

**Análisis -Síntesis.** - este tipo de metodología permitirá obtener información relacionada con el problema que se investigará y permitirá obtener conocimiento del estado actual de la instalación eléctrica de la Ciudadela Mario Loo del canto Chone.

**Inducción- deducción.** - este tipo de metodología permitirá realizar una evaluación respecto a la situación del sistema eléctrico existente en la vivienda rural, esta información permitirá concluir y recomendar las acciones para evaluar las posibles variantes de los dispositivos a instalar.

**Bibliográfico.** - este tipo de metodología, se utilizará para la investigación, el material que permitirá la búsqueda de información con relación a las variables del tema.

La obtención de la información se la realizara mediante los textos de ingeniería eléctrica y electrónica, tesis de grado de la carrera de ingeniería eléctrica y electrónica, realizadas por estudiantes profesionales en la actualidad, revistas y o artículos científicos.

## **POBLACIÓN Y MUESTRA.**

### **Población.**

La población que será motivo de análisis estará formada por 82 viviendas de la Ciudadela Mario Loor Cantón Chone.

### **Muestra.**

La muestra se aplicará a la totalidad de la población 82 viviendas, tomando como muestra al Jefe (a) o Cabeza de familia de cada predio.

LUGAR	POBLACIÓN	f	%
Ciudadela Mario Loor Cantón Chone	Viviendas	82	100
	TOTAL	82	100

## **MÉTODOS Y TÉCNICAS.**

**Métodos empíricos.** - el método empírico que se empleará en el desarrollo de la investigación será el siguiente:

**Entrevista:** Se realizará entrevista a la familia que reside en la Ciudadela Mario Loor del Cantón Chone.

**La Encuesta:** Se realizará la encuesta a la familia que reside en la Ciudadela Mario Loor del Cantón Chone.

## CAPITULO I

### 1. ESTADO DEL ARTE.

#### 1.1. Antecedentes y Fundamentos Teóricos.

Un sistema eléctrico es el conjunto de máquinas, de aparatos, de barras y de líneas que constituyen un circuito con una determinada tensión nominal. Los sistemas eléctricos pueden clasificarse por su nivel de tensión y se utiliza la siguiente división donde los límites de la clasificación no son estrictos, dependen de criterios y de normas:

➤ Baja tensión, sistemas de hasta 1.000 V

Media tensión, sistemas hasta 36 kV, algunos consideran valores más altos (72,5 kV). El límite está en la diferente tecnología entre esta clase y la superior

➤ Alta tensión, sistemas hasta (245 – 300) kV

➤ Muy alta tensión, por encima de los (300 – 360) kV

Si tratamos de hacer una descripción del sistema eléctrico desde los puntos de producción de la energía hasta los de consumo, podemos considerar los siguientes escalones:

#### 1.2. Producción de energía eléctrica.

La energía se genera en los alternadores a tensiones de (3 a 36) kV en corriente alterna que están en las centrales generadoras. Entre ellas que podemos distinguir distintos tipos como hidráulicas, térmicas (carbón, combustibles líquidos, gas), nucleares u otros sistemas de producción de menor importancia como por ejemplo la energía solar, eólica, biomasa, etc

### **1.2.1. Estación Elevadora**

Dedicada a elevar la tensión desde el valor de generación hasta el de transporte a grandes distancias. Normalmente emplazadas en las proximidades de las centrales o en la central misma, elevan a tensiones de entre (66 y 380) kV

### **1.2.2. Red De Transporte**

Esta red, partiendo de las estaciones elevadoras, tiene alcance nacional, uniendo entre sí los grandes centros de interconexión del país y estos con los centros de consumo. Su misión es el transporte de potencias a grandes distancias. Las tensiones utilizadas en España son: (110 - 132 - 220 – 380) kV. Estas redes por su característica de interconexión son redes fundamentalmente malladas

### **1.2.3. Subestaciones de Transformación (S.E.T.)**

Su misión es reducir la tensión del transporte e interconexión a tensiones de reparto y se encuentran emplazadas en los grandes centros de consumo.

### **1.2.4. Redes de Reparto**

Son redes que, partiendo de las subestaciones de transformación reparten la energía, normalmente mediante anillos que rodean los grandes centros de consumo hasta llegar a las estaciones transformadoras de distribución. Las tensiones utilizadas son: (25 - 30 - 45 - 66 - 110 – 132) kV

### **1.2.5. Estaciones Transformadoras de Distribución (E.T.D.)**

Su misión es transformar la tensión desde el nivel de la red de reparto hasta el de la red de distribución en media tensión.

Estas estaciones se encuentran normalmente intercaladas en los anillos formados en la red de reparto

### **1.2.6. Red de Distribución en Media Tensión**

Son redes que, con una característica muy mallada, cubren la superficie del gran centro de consumo (población, gran industria, etc.) uniendo las estaciones transformadoras de distribución con los centros de transformación. Las tensiones empleadas son: (3 - 6 - 10 - 11 - 15 - 20 - 25 - 30) kV

### **1.2.7. Centros de Transformación (C.T.)**

Su misión es reducir la tensión de la red de distribución de media tensión al nivel de la red de distribución de baja tensión. Están emplazados en los centros de gravedad de todas las áreas de consumo

### **1.2.8. Red de Distribución de Baja Tensión**

Son redes que, partiendo de los centros de transformación citados anteriormente, alimentan directamente los distintos receptores, constituyendo pues, el último escalón en la distribución de la energía eléctrica. Las tensiones utilizadas son: 220/127 V. y 380/220 V

## **1.3. Accionamientos eléctricos**

Cualquier conjunto o sistema apto para transformar potencia eléctrica en potencia mecánica que, aplicada a la máquina accionada, permite a esta última efectuar el trabajo requerido.

### **1.3.1. Aisladores**

Sirven para mantener un conductor fijo, separado y aislado de partes que en general no están bajo tensión (a tierra).

Los aisladores que sirven para que un conductor atraviese una pared se denominan pasamuros. Se los denomina pasatapas cuando atraviesan la cuba de un transformador o la celda metálica de una instalación blindada. Podemos denominarlos genéricamente como aisladores pasantes.

### **1.3.2. Armarios de distribución**

Los aparatos de maniobra, de interrupción, de comando y de medición en tensiones medias y bajas, se encuentran reunidos y distribuidos en forma racional en armarios, con todas las conexiones de potencia (barras) y auxiliares (cableado) realizadas.

### **1.3.3. Bobina de bloqueo**

El equipo consiste en un inductor principal, un dispositivo de protección, descargador, y un dispositivo de sintonización para ser instalado en serie en una línea de alta tensión. Su impedancia debe ser despreciable a la frecuencia de la red, de manera de no perturbar la transmisión de Energía, pero debe ser selectivamente elevada en cualquier banda de frecuencia utilizable para la transmisión por onda portadora.

### **1.3.4. Cabinas de transformación**

Los centros donde se transforma energía de media a baja tensión, la asociación de equipos incluye tablero de media tensión, transformador y tablero de baja tensión.

En general son estaciones pequeñas de transformación con potencias nominales de hasta 630 kVA que encuentran aplicación en zonas residenciales, en edificios y en la industria.

### **1.3.5. Capacitor de acoplamiento**

Tiene la función de acoplar los sistemas de telecomunicaciones en alta frecuencia a las líneas aéreas de alta tensión, que de esta manera actúan como soporte de comunicaciones.

Los transformadores de tensión capacitivos pueden cumplir las funciones de transformador de tensión y de capacitor de acoplamiento para las altas frecuencias que sostienen la comunicación.

### **1.3.6. Centros de transformación**

Instalación provista de uno o varios transformadores reductores de Alta a Baja tensión con la aparamenta y obra complementaria precisas.

- a. Corriente de corta duración
- b. Intensidad máxima que soporta la aparamenta durante un tiempo especificado.
- c. Corriente de defecto o de falta
- d. Corriente que circula debido a un defecto de aislamiento.
- e. Corriente de defecto a tierra

Es la corriente que en caso de un solo punto de defecto a tierra, se deriva por el citado punto desde el circuito averiado a tierra o a partes conectadas a tierra.

- f. Cortocircuito

Defecto provocado por un contacto entre conductores o entre un conductor y tierra.

- g. Defecto a tierra (o a masa)

Defecto de aislamiento entre un conductor y tierra (o masa).

### **1.3.7. Descargadores**

El descargador es un aparato destinado a proteger el material eléctrico contra sobretensiones transitorias elevadas y a limitar la duración y frecuentemente la amplitud de la corriente subsiguiente.

- a. Intensidad nominal

Intensidad para la que está diseñada la aparamenta sin que existan fallos. Si se rebasa, pueden aparecer problemas de calentamiento excesivo y producirse esfuerzos mecánicos, soportable donde los esfuerzos térmicos y dinámicos respectivamente son admisibles.

**b. Intensidades límite térmica y dinámica**

Intensidades máxima soportable donde los esfuerzos térmicos y dinámicos respectivamente son admisibles.

**1.3.8. Interruptor**

El interruptor es un aparato de maniobra mecánico, capaz de establecer, conducir e interrumpir corrientes en condiciones normales del circuito; y también de establecer, conducir por un tiempo determinado, e interrumpir corrientes en determinadas condiciones anormales como las de cortocircuito.

**1.3.9. Línea aérea**

Es el elemento de transporte o distribución formado por conductores desnudos apoyados sobre elementos aislantes que, a su vez, son mantenidos a una determinada altura sobre el suelo y en una determinada posición por medio de apoyos repartidos a lo largo de su recorrido.

**1.3.10. Línea de enlace con el electrodo de tierra**

Cuando existiera punto de puesta de tierra, se denomina línea de enlace con el electrodo de tierra, a la parte de la línea de tierra comprendida entre el punto de puesta a tierra y el electrodo, siempre que el conductor este fuera del terreno o colocado aislado del mismo, en una determinada posición por medio de apoyos repartidos a lo largo de su recorrido.

**1.3.11. Línea de tierra**

Es el conductor o conjunto de conductores que une el electrodo de tierra con una parte de la instalación que se haya de poner a tierra, siempre y cuando los conductores estén fuera del terreno o colocados en el pero aislados del mismo.

**1.3.12. Masa de un aparato**

Conjunto de las partes metálicas de un aparato que en condiciones normales están aisladas de las partes activas.

### **1.3.13. Nivel de aislamiento**

La aparata debe soportar sobretensiones mayores de la tensión nominal de frecuencia industrial, por rayo y de maniobra.

### **1.3.14. Poder de ruptura**

Corriente máxima que es capaz de abrir el interruptor sin deterioro.

#### **a. Poder de conexión**

Corriente máxima que es capaz de establecer el interruptor sin deterioro.

#### **b. Poner o conectar a masa**

Unir eléctricamente un conductor al armazón de una maquina o a una masa metálica.

#### **c. Poner o conectar a tierra**

Unir eléctricamente con la tierra una parte del circuito eléctrico o una parte conductora no perteneciente al mismo por medio de la instalación de tierra.

### **1.3.15. Puesta a tierra de protección**

Es la conexión directa a tierra de las partes conductoras de los elementos de una instalación no sometidos normalmente a tensión eléctrica, pero que pudieran ser puestos en tensión por averías o contactos accidentales, a fin de proteger a las personas contra contactos con tensiones peligrosas.

### **1.3.16. Puesta a tierra de servicio**

Es la conexión que tiene por objeto unir a tierra temporalmente parte de las instalaciones que están normalmente bajo tensión o permanentemente ciertos puntos de los circuitos eléctricos de servicio.

Estas puestas a tierra pueden ser:

#### **a. Directas: cuando no contiene otra resistencia que la propia de paso a tierra**

**b.** Indirectas: cuando se realizan a través de resistencias o impedancias adicionales

**c.** Punto a potencial cero

Punto del terreno a una distancia tal de la instalación de toma de tierra, que el gradiente de tensión en dicho punto resulta despreciable, cuando pasa por dicha instalación una corriente de defecto.

**d.** Punto de puesta a tierra

Es un punto situado generalmente fuera del terreno, que sirve de unión de las líneas de tierra con el electrodo, directamente o a través de líneas enlace con él.

**e.** Punto neutro

Es el punto de un sistema polifásico que en las condiciones de funcionamiento previstas, presenta la misma diferencia de potencial con relación a cada uno de los polos o fases del sistema.

**f.** Resistencia global o total a tierra

Es la resistencia de tierra considerando la acción conjunta de la totalidad de las puestas a tierra.

**g.** Resistencia de tierra

Es la resistencia entre un conductor puesto a tierra y un punto de potencial cero.

### **1.3.17. Seccionador**

El seccionador es un aparato mecánico de conexión que asegura, en posición abierta, una distancia de seccionamiento que satisface condiciones especificadas. Un seccionador es capaz de abrir y de cerrar un circuito cuando se establece o interrumpe una corriente de valor despreciable, o bien no se produce ningún cambio importante de la tensión entre los bornes de cada uno de los polos del seccionador.

Es también capaz de conducir corrientes en las condiciones normales del circuito, y de soportar corrientes por un tiempo especificado en condiciones anormales como las de cortocircuito.

### **1.3.18. Subestación**

Conjunto situado en un mismo lugar, de la aparamenta eléctrica y de los edificios necesarios para realizar alguna de las funciones siguientes: transformación de la tensión, de la frecuencia, del número de fases, rectificación, compensación del factor de potencia y conexión de dos o más circuitos.

Quedan excluidos de esta definición los centros de transformación.

### **1.3.19. Tensión a tierra o con relación a tierra**

Es la tensión que aparece entre un elemento conductor y la tierra. En instalaciones trifásicas con neutro no unido directamente a tierra, se considerara como tensión a tierra la tensión entre fases. En instalaciones trifásicas con neutro unido directamente a tierra es la tensión entre fase y neutro.

#### **a. Tensión a tierra transferida**

Es la tensión de paso o de contacto que puede aparecer en un lugar cualquiera transmitida por un elemento metálico desde una instalación de tierra lejana.

#### **b. Tensión de puesta a tierra**

Tensión que aparece a causa de un defecto de aislamiento, entre una masa y tierra.

#### **c. Tensión máxima de un sistema**

Es la tensión más elevada, expresada en valor eficaz para los sistemas en corriente alterna, que puede presentarse en cualquier momento y en cualquier punto del sistema en condiciones regulares de servicio.

#### **d. Tensión nominal**

Tensión a la que debe funcionar la aparamenta sin que existan fallos de funcionamiento. La tensión nominal más elevada del material es un 20 % mayor que la tensión nominal. En los sistemas trifásicos se considera como tensión nominal la compuesta o de línea.

**e. Tierra**

Es la masa conductora de la tierra, o todo conductor unido a ella por una impedancia despreciable.

**1.3.20. Transformador de corriente**

Los transformadores de corriente presentan una corriente secundaria cuyo módulo es prácticamente proporcional a la corriente primaria y que difiere en fase en un ángulo próximo a cero.

Los hay de medición, destinados a alimentar instrumentos de medida, indicadores, registradores, integradores, relés de protección, o aparatos análogos y de distribución. Según la magnitud en juego se clasifican en Transformadores de Tensión y de Corriente.

**1.3.21. Seccionadores e interruptores**

Son aparatos que realizan cortes y conexiones de la intensidad que pasa por el circuito. La diferencia entre ellos es que el seccionador lo realiza de forma manual, es decir, no tiene ningún tipo de automatismo que haga que se corte la tensión, mientras que el interruptor realiza el corte de la intensidad cuando detecta que ésta ha sobrepasado la nominal. Por tanto realiza una labor de protección de los elementos que se sitúen por debajo, impidiendo que una subida de intensidad pueda dañarlos.

Características principales

- a.** Poder de ruptura y el de conexión, que indican la intensidad máxima que pueden abrir o cerrar sin deteriorarse
- b.** Corriente de corta duración, que es la intensidad máxima que soporta durante un tiempo especificado

- c. Intensidades límite térmica y dinámica, que indican las intensidades máximas donde los esfuerzos térmicos y dinámicos respectivamente son admisibles

#### **1.3.22. Configuraciones de interruptores y seccionadores**

- a. Distribución radial: Son varias líneas en paralelo independientes unas de otras. Si una salta, el resto sigue teniendo corriente pero la parte que ha saltado no recupera la corriente hasta que se repara la avería. Eso no se puede permitir en muchos casos
- b. Red mallada: Se colocan los interruptores en una red. Cuando se produce el cortocircuito se abren los dos interruptores adyacentes dejando que el suministro llegue al resto de los puntos
- c. Interruptor sencillo barra simple: Permite detectar si un interruptor ha fallado, es decir, si no ha abierto el circuito a pesar de que la intensidad es mayor de la nominal. Esto se hace con interruptores de medida. Al detectarse el fallo se abren los demás interruptores para evitar un fallo generalizado
- d. Interruptor sencillo barra simple con enlace: Igual que el caso anterior pero tiene unos dispositivos de enlace que hacen de barrera entre las distintas partes del circuito, con lo cual si uno de los interruptores falla, sólo se abrirían los interruptores cercanos, permitiendo que el resto funcione con normalidad
- e. Interruptor sencillo, barras principales y de transferencia: Permite detectar el fallo en el interruptor y abrir sólo el interruptor que ha fallado, permitiendo que el resto funcione con normalidad
- f. Interruptor doble barra doble: Más completo ya que hay un interruptor por cada barra

### **1.3.23. Interruptor automático o disyuntor**

Es un elemento de maniobra y corte que opera con intensidades distintas de cero, ya sea nominal, sobre intensidades de sobrecarga (1,5 ó 2 veces la nominal) y de cortocircuito.

Cuando el disyuntor está cerrado el contacto que se produce es muy bueno debido a que las partes fija y móvil están muy presionadas. Cuando se abre, en un tiempo muy pequeño las superficies están menos presionadas, por lo que al disminuir la superficie de contacto aumenta la densidad de corriente, es decir, mientras se van separando pasa la misma intensidad que antes pero por una superficie menor por lo que el aire se ioniza y se produce la chispa.

Si la intensidad que pasa no es muy elevada, el disyuntor es capaz de soportarlo pero cuando la intensidad es muy alta, la temperatura sube mucho con lo que el desgaste de los contactos es muy importante. Se deben usar métodos para evitar el arco eléctrico.

### **1.3.24. Fusibles**

Son dispositivos que permiten el paso de la corriente mientras sea menos que una determinada, pero que cuando ésta aumenta demasiado y aumenta la temperatura, se funden y se corta la corriente.

Las características que los determinan son por tanto la intensidad nominal, que indica la intensidad a la que se funde, y el tiempo que tardan en cortar la corriente.

A este tiempo se le llama tiempo de despeje de la falta, es decir, el tiempo que tarda el fusible en eliminar todo el material conductor que había entre sus bornes. Este tiempo es la suma del tiempo de fusión del material y el tiempo de arqueo, que es el tiempo que tarda en extinguir el arco una vez fundido el material.

Hay fusibles de alto poder de ruptura que disminuyen el tiempo total de despeje considerablemente, con lo cual impiden que la intensidad siga aumentando y realizan el corte a una intensidad menor.

### **1.3.25. Relés de protección**

Es un dispositivo que se utiliza para tomar una medida de campo y compararla con un patrón de referencia. Cuando el valor medido es superior a la del patrón, genera una señal para que el interruptor automático abra el circuito. El patrón de referencia usado puede ser de distinto tipo, por lo que el uso del relé es muy variado.

El relé de sobretensión detecta una corriente superior a la permitida para dar la señal, por lo que se utiliza entre otras cosas, para limitar la intensidad nominal de un interruptor determinado. Si se coloca después de un transformador diferencial, lo que se limita es la corriente diferencial de un circuito, por lo que se le añade una protección diferencial al automático.

Otra función puede ser de protección de retorno de corriente. Si nota que la corriente cambia de dirección, emite una señal para cortarla. Es peligroso que el generador reciba corriente ya que comenzaría a funcionar como un motor.

### **1.3.26. El transformador**

El transformador es un aparato estático, de inducción electromagnética, destinado a transformar un sistema de corrientes alternas en uno o más sistemas de corrientes alternas de igual frecuencia y de intensidad y tensión generalmente diferentes.

Un transformador en servicio en un sistema eléctrico, tiene ciertas características nominales que son objeto de garantías y se comprueban en ensayos.

Condiciones normales de servicio

Las normas fijan condiciones normales de servicio:

- a.** Altitud de la instalación (hasta 1000 metros sobre el nivel del mar)
- b.** Temperatura del refrigerante, por ejemplo para aparatos refrigerados por aire, la temperatura del aire ambiente no debe exceder los 40 °C

Además en las normas se fijan temperaturas mínimas del aire y valores promedios diarios y anuales que, si se previese excederlos, es indispensable indicarlos claramente a nivel de especificación.

La sobreelevación de temperatura es la diferencia entre la temperatura en distintas partes de la máquina y la temperatura ambiente.

Cuando el transformador está diseñado para funcionar en lugares donde la temperatura del aire de refrigeración excede los valores indicados en las normas, la sobreelevación de temperatura admisible para los arrollamientos, núcleo y aceite, lógicamente se debe reducir.

Las pruebas de calentamiento que establecen las normas, tienen por finalidad verificar el dimensionado térmico de la máquina con relación a la sobreelevación media de la temperatura.

#### Clasificación

- a.** Según el número de fases: Los hay monofásicos y trifásicos
- b.** Según la función desempeñada: Se dividen en trafos de medida y de potencia
- c.** Según el medio de refrigeración utilizado: Se caracterizan por una letra:
- d.** Aceite mineral o líquido aislante sintético inflamable : O
- e.** Líquido aislante sintético no inflamable : L
- f.** Gas: G
- g.** Agua : W
- h.** Aire : A

Según como circule el medio refrigerante: Se utilizan los siguientes símbolos:

Natural: N

Forzado: F

Dirigido para el caso particular del aceite: D

Según la variación: Dependiendo si varían la intensidad o la tensión y serán aumentadores si los valores del primario son menores que los del secundario, y reductores si los valores del secundario son mayores que los del primario

Según la disposición de los arrollamientos en el circuito magnético, pueden ser de columnas o acorazados

### **1.3.27. Características nominales.**

Las características nominales son datos que en base a las condiciones de servicio, definen las prestaciones a efectos de las garantías y condiciones de ensayo especificadas.

- a.** Tensión nominal (en valor eficaz) de un arrollamiento es la tensión aplicada u obtenida en vacío entre bornes de línea de un arrollamiento de un transformador polifásico o entre bornes de un arrollamiento monofásico
- b.** Relación de transformación nominal es la que existe entre las tensiones nominales de los distintos arrollamientos para la toma principal
- c.** Frecuencia nominal es aquella a la cual el transformador está destinado a funcionar normalmente a (50 o 60 Hz)
- d.** Potencia nominal, es el valor convencional de la potencia aparente (kVA o MVA), que establece las bases para el diseño, la construcción, las garantías del fabricante y los ensayos, determinando el valor de la corriente nominal que puede circular con la tensión nominal aplicada, de acuerdo con las condiciones especificadas
- e.** La corriente nominal es el valor que se obtiene dividiendo la potencia nominal de un arrollamiento por la tensión nominal de dicho arrollamiento y por el factor de fase apropiado (3 en los transformadores trifásicos)

- f. El nivel de aislamiento, es el conjunto de valores que caracterizan la aptitud de los arrollamientos a soportar las solicitaciones dieléctricas que se presentan en servicio
- g. La clase de precisión es el error máximo que va a cometer el transformador de medida. Para que se cumpla nos tenemos que mover en un rango de valores determinado de la potencia aparente consumida. La potencia aparente consumida debe estar entre el 25% y el 100% de la carga de precisión indicada. Por tanto la carga de precisión indica el rango de potencia aparente que estaría consumiendo el transformador de medida para la cual se cumple una clase de precisión determinada

#### **1.4. Líneas de transporte de la energía eléctrica**

La función de las líneas eléctricas es transmitir energía entre dos puntos en forma técnica y económicamente conveniente, para lo cual se busca optimizar las siguientes características:

- a. Resistencia eléctrica, ligada a las pérdidas
- b. Resistencia mecánica, ligada a la seguridad
- c. Costo limitado, ligado a la economía

En el diseño se trata de buscar soluciones que reduzcan el costo de la instalación y también de reconstrucción después de eventos destructivos.

Las características de las líneas que son de mayor importancia son su longitud y su tensión. Los parámetros eléctricos de importancia para observar su comportamiento en la red son resistencia, reactancia inductiva y capacitancia derivación.

A veces las líneas tienen cables de guarda, estos apantallan los conductores, protegiéndolos de descargas atmosféricas directas (rayos), recientemente han comenzado a difundirse cables de guarda con fibra óptica que se utiliza como vector de transmisión de información entre las estaciones que une la línea.

#### **1.4.1. Líneas eléctricas**

Las líneas constituyen uno de los principales elementos que intervienen en la composición de una red eléctrica. La interconexión de sistemas y el transporte, reparto y distribución de la energía dentro de un sistema determinado se realizan por medio de líneas aéreas o cables aislados.

La interconexión entre redes regionales o nacionales, así como el transporte entre grandes centros de producción y consumo, para los que siempre se emplean altas tensiones con distancias de orden elevado, son dominio exclusivo de las líneas aéreas.

En las redes de distribución en media tensión, comienzan ya a existir dos campos de utilización perfectamente delimitados: las líneas aéreas y los cables aislados. Cuando se trata de redes rurales, provinciales, o cuando las distancias superan algunos kilómetros, predominan de las líneas aéreas. Cuando se trata de centros urbanos, zonas industriales densas o distancias muy cortas, es práctica normal utilizar las líneas subterráneas.

En las redes de distribución en baja tensión podemos hacer las mismas consideraciones que en el caso de media tensión, si bien por tratarse en general de distancias cortas y distribuciones muy directas a los elementos de consumo, predominan claramente los conductores aislados.

La elección de un sistema u otro, depende de un gran número de factores. Las consideraciones económicas constituyen el principal factor de decisión. El coste de un sistema enterrado puede alcanzar de (5 a 10) veces el coste de un sistema aéreo. Un sistema aéreo de distribución puede tener una vida útil de 25 años, mientras que un sistema enterrado puede alcanzar los 50 años.

Un sistema aéreo es más propenso a sufrir mayor número de averías como consecuencia del viento, hielo, nieve o accidentes de todo tipo, sin embargo conviene no olvidar que la reparación y localización de averías es mucho más sencilla en un sistema aéreo que en un sistema subterráneo.

Cuando se deben transmitir grandes potencias desde la generación hasta los centros de consumo, es necesario en la electrotecnia de potencia el uso de tensiones elevadas. La corriente se conduce a través de conductores metálicos. Por lo tanto se producen pérdidas, entre las cuales la pérdida por efecto Joule es la más importante.

La pérdida Joule,  $P_j$  en un sistema de transmisión trifásico, cuando la resistencia óhmica de una fase es igual a  $R$ , resulta

$$P_j = 3 I^2 R$$

Introduciendo la potencia a transmitir en la expresión anterior, la pérdida Joule resulta:

$$P = \sqrt{3} UI \cos\varphi$$

$$P_j = P^2 \frac{R}{U^2 (\cos\varphi)^2}$$

Esta expresión muestra que la pérdida Joule de una línea es proporcional al cuadrado de la potencia a ser transmitida  $P$ , y a la resistencia óhmica  $R$  de la línea, además, inversamente proporcional al cuadrado de la tensión  $U$  y al factor de potencia  $\cos \varphi$ .

Las pérdidas, por motivos económicos, no deben superar un determinado porcentaje de la potencia a ser transmitida. De esta expresión surge que la conclusión más eficaz es la elevación de la tensión a utilizar.

Con una elevación de la tensión, también, se eleva el costo de la instalación. Por eso es necesario, al proyectar una instalación de transmisión de potencia, considerar todas estos aspectos que inciden en el costo del sistema de transmisión.

#### **1.4.2. Esquemas de distribución**

Para determinare las características de las medidas de protección contra choques eléctricos en caso de defecto (contactos indirectos) y contra sobre intensidades, así como de las especificaciones de la aparamenta, será preciso tener en cuenta el esquema de distribución empleado. Los esquemas de distribución se establecen en

función de las conexiones a tierra de la red de distribución o de la alimentación, por un lado, y de las masas de la instalación receptora, por otro. La denominación se realiza con el código de letras siguiente:

**a.** Primera letra: se refiere a la situación de la alimentación con respecto a tierra.

T = Conexión directa de un punto de la alimentación a tierra.

I = Aislamiento de todas las pares activas de la alimentación con respecto a tierra o conexión de un punto a tierra a través de una impedancia.

**b.** Segunda letra: Se refiere a la situación de las masas de la instalación receptora con respecto a tierra.

T = Masas conectadas directamente a tierra, independientemente de la eventual puesta a tierra de la alimentación.

N = Masas conectadas al punto de la alimentación puesto a tierra (en corriente alterna, ese punto es normalmente el punto neutro).

**c.** Otras letras (eventuales): Se refieren a la situación relativa del conductor neutro y del conductor de protección.

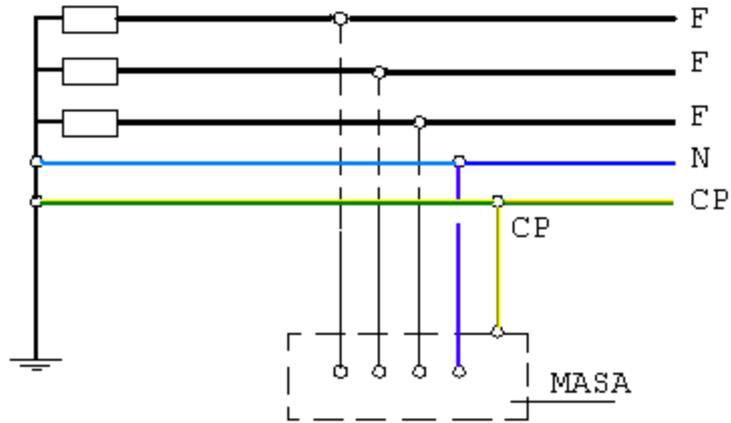
S = Las funciones del neutro y de protección, aseguradas por conductores separados.

C = Las funciones del neutro y de protección, combinadas en un solo conductor (conductor CPN).

**d.** Esquema TN

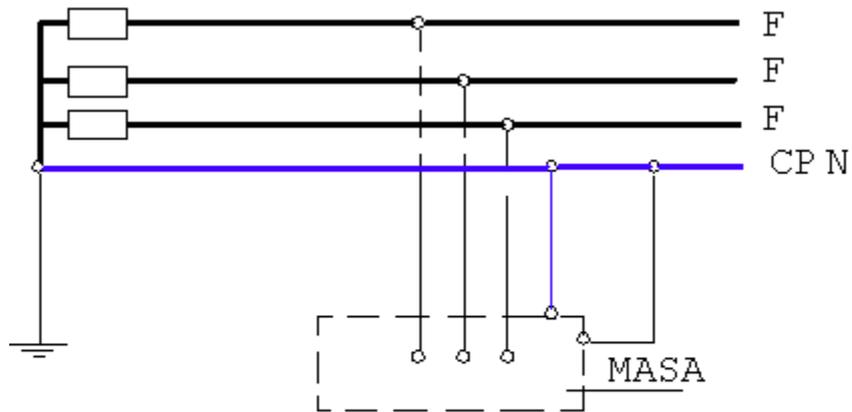
Los esquemas TN tienen un punto de la alimentación, generalmente el neutro compensador, conectado directamente a tierra y las masas de la instalación receptora conectadas a dicho punto mediante protectores de protección. Se distinguen tres tipos de esquemas TN según la disposición relativa del conductor neutro y del conductor de protección:

- a. Esquema TN-S : En el que el conductor neutro y el de protección son distintos en todo el esquema (fig. 1)



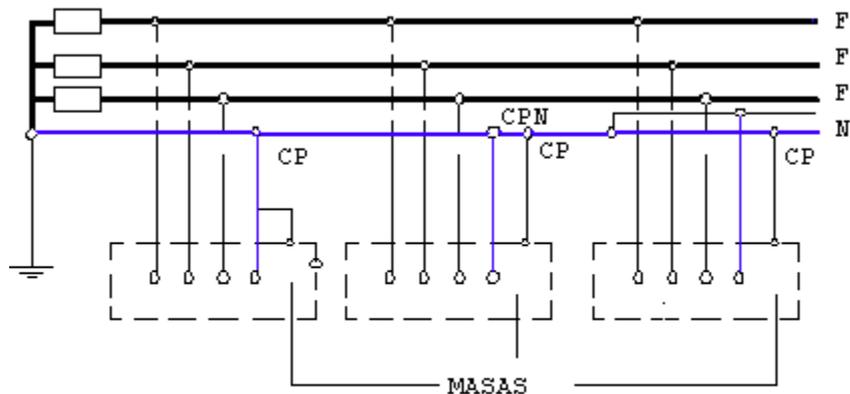
**Fig.1. Esquema TN-S**

- b. Esquema TN-C : En el que las funciones de neutro y protección están combinados en un solo conductor en todo el esquema (fig. 2)



**Fig.2. Esquema TN-C**

- c. Esquema TN-S-C : En el que las funciones de neutro y protección están combinadas en un solo conductor en una parte del esquema (fig. 3)

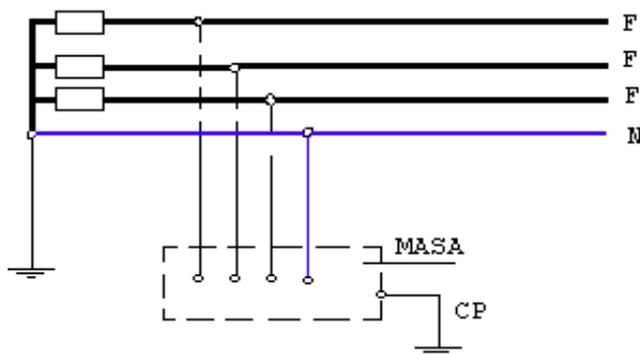


**Fig.3. Esquema TN-S-C**

En los esquemas TN cualquier intensidad de defecto franco fase-masa es una intensidad de cortocircuito. El bucle de defecto está constituido exclusivamente por elementos conductores metálicos.

#### 1.4.3. Esquema TT

El esquema TT tiene un punto de alimentación, generalmente el neutro o compensador, conectado directamente a tierra. Las masas de la instalación receptora están conectadas a una toma de tierra separada de la toma de tierra de alimentación (fig. 4).



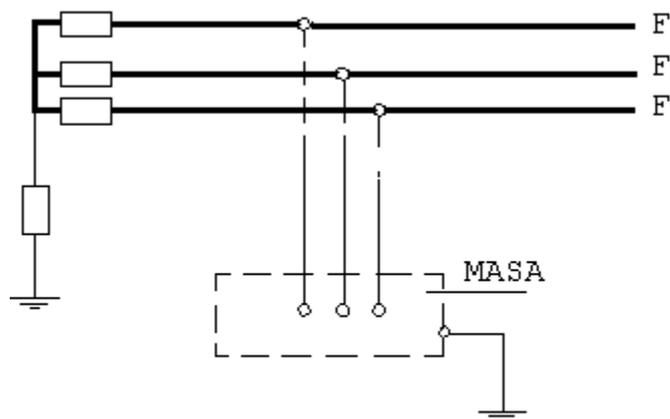
**Fig.4. Esquema TT**

En este esquema las intensidades de defecto fase-masa o fase-tierra pueden tener valores inferiores a los de cortocircuito, pero pueden ser suficientes para provocar la aparición de tensiones peligrosas.

En general, el bucle de defecto incluye resistencia de paso a tierra en alguna parte del circuito de defecto, lo que no excluye la posibilidad de conexiones eléctricas, voluntarias o no, entre la zona de la toma de tierra de las masas de la instalación y la de la alimentación. Aunque ambas tomas de tierra no sean independientes, el esquema sigue siendo un esquema TT si no se cumplen todas las condiciones de un esquema TN. Dicho de otra forma, no se tienen en cuenta las posibles conexiones entre ambas zonas de toma de tierra para la determinación de las condiciones de protección.

#### 1.4.4. Esquema IT

El esquema IT no tiene ningún punto de la alimentación conectado directamente a tierra. Las masas de la instalación receptora están puestas directamente a tierra (fig. 5).



**Fig.5. Esquema IT**

En este esquema la intensidad resultante de un primer defecto fase-masa o fase-tierra, tiene un valor lo suficientemente reducido como para no provocar la aparición de tensiones de contacto peligrosas.

La limitación del valor de la intensidad resultante de un primer defecto fase-masa o fase-tierra se obtiene, bien por la ausencia de conexión a tierra en la alimentación, o bien por la inserción de una impedancia suficiente entre un punto de la alimentación (generalmente el neutro y tierra). A este efecto puede resultar necesario limitar la

extensión de la instalación para disminuir el efecto capacitivo de los cables con respecto a tierra. Se recomienda no distribuir el neutro.

#### **1.4.5. Aplicación de los tres tipos de esquemas**

La elección de uno de los tres tipos de esquemas debe hacerse en función de las características técnicas y económicas de cada instalación. Sin embargo, hay que tener en cuenta los siguientes principios:

- a.** Las redes de distribución pública de baja tensión tienen un punto puesto directamente a tierra por prescripciones reglamentarias. Este punto es el punto neutro de la red. El esquema posible para instalaciones receptoras alimentadas directamente de una red de distribución pública de baja tensión será el esquema TT
- b.** En instalaciones alimentadas en baja tensión, a partir de un centro de transformación de abonado, se podrá elegir cualquiera de los tres esquemas citados
- c.** Puede establecerse un esquema IT en parte o partes de una instalación alimentada directamente de una red de distribución pública mediante el uso de transformadores adecuados

#### **1.4.6. Prescripciones especiales para la aplicación del esquema TN**

Para que las masas de la instalación receptora puedan estar conectadas a neutro como medida de protección contra contactos indirectos, la red de alimentación debe cumplir las siguientes prescripciones especiales:

- a.** La sección del conductor neutro debe, en todo su recorrido, ser igual a la indicada en la tabla siguiente, en función de la sección de los conductores de fase
- b.** En las redes de distribución subterráneas, cuando se utilicen conductores con envuelta protectora de aluminio, podrán utilizarse ésta como conductor

neutro, siempre que su sección sea por lo menos eléctricamente equivalente a la sección de los conductores de fase

- c. En las líneas aéreas, el conductor neutro se tenderá con las mismas precauciones que los conductores de fase
- d. Además de las puestas a tierra de los neutros señaladas en las Instrucciones y para las líneas principales y derivaciones serán puestos a tierra igualmente en los extremos de estas cuando la longitud de las mismas sea superior a 200 metros
- e. La resistencia de tierra del neutro no será superior a cinco ohmios en las proximidades de la central generadora o del centro de transformación, así como en los 200 últimos metros de cualquier derivación de la red
- f. La resistencia global de tierra, de todas las tomas de tierra del neutro, no será superior a dos ohmios
- g. Debe procurarse en las redes subterráneas la unión del conductor neutro de las cajas de empalme, terminales, etc., con las canalizaciones metálicas de agua próximas al emplazamiento de estas cajas y terminales
- h. Las masas de las instalaciones receptoras deberán conectarse al conductor neutro mediante conductores de protección

#### **1.4.7. Clasificación de las redes**

Podemos hacer una primera clasificación de las redes eléctricas según su disposición y modo de alimentación en los tres tipos siguientes:

- a. Red radial o en antena

La alimentación por uno solo de sus extremos transmitiendo la energía en forma radial a los receptores. Son simples y de forma sencilla se equipan de protecciones selectivas, pero les falta de garantía de servicio

- b. Red en bucle o en anillo

Tiene dos de sus extremos alimentados, quedando estos puntos intercalados en el anillo o bucle. Gran seguridad de servicio y facilidad de mantenimiento, pero tiene mayor complejidad y sistemas de protección así mismo más complicados

**c. Red mallada**

La red mallada es el resultado de entrelazar anillos y líneas radiales formando mallas. Sus ventajas radican en la seguridad de servicio, flexibilidad de alimentación y facilidad de conservación y manutención. Sus inconvenientes, la mayor complejidad, extensiva a las protecciones y el rápido aumento de las potencias de cortocircuito

Atendiendo a la tensión, las redes se clasifican en alta y baja tensión. La baja tensión comprende hasta los 1.000 voltios. Para la alta tensión, el Reglamento de Líneas Eléctricas en el artículo segundo, marca tres categorías de líneas teniendo en cuenta la tensión nominal y la tensión más elevada.

En la tabla aparecen las tensiones normalizadas.

CATEGORÍA DE LÍNEA	TERCERA	SEGUNDA	PRIMERA
Tensión Nominal kV	3- 6 - 10 - 15 - 20	30 - 45 - 66	132 - 220 - 380
Tensión Elevada kV	3,6 - 7,2 - 12,0 - 17,5 - 24,0	36,0 - 52,0 - 72,5	145,0 - 245,0 - 420,0

**1.4.8. Topologías de las redes, Sistemas radiales**

Supongamos que se tiene un centro de cargas, y varias cargas que deben ser alimentadas desde este centro. Desde cada carga hasta el centro se debe encontrar un camino a través de un cable. El cable puede ser exclusivo para cada carga o bien puede pasar por varias cargas sucesivamente.

El sistema de alimentación en el cual cada carga está unida con el centro de alimentación a través de un cable exclusivo, es característico de las instalaciones industriales en el nivel de alimentación de las cargas. Una ventaja de este sistema es que permite el control centralizado desde el centro de alimentación, un ejemplo clásico es un centro de control de motores.

El sistema de alimentación en el cual un solo cable va pasando por todas las cargas sucesivamente, es característico de la distribución domiciliaria, de los circuitos de iluminación de calles. Este sistema obliga a tener los dispositivos de control de las cargas distribuidos, uno en correspondencia de cada derivación de carga, salvo que simplemente se conecten y desconecten todas las cargas juntas desde el centro de alimentación.

Una mezcla entre los dos sistemas podemos llamarla arborescente, el cable nace troncal en el centro de alimentación, y se subdivide en ramas y más ramas, llegando hasta las cargas (hojas).

El cálculo de la red es simple, el flujo de carga se puede desarrollar suponiendo pérdidas nulas, la carga que pasa por una rama cualquiera es suma de todas las cargas comprendidas entre esa rama y las hojas.

#### **1.4.9. Anillos y mallas**

Buscando soluciones a la debilidad desde el punto de vista de seguridad de alimentación, se plantean redes de mayor complejidad.

Los esquemas radiales se pueden duplicar, radial doble, y cada carga puede seleccionar si se alimenta desde un cable o el otro, o bien una línea que alimenta muchas cargas puede terminar en otro centro de alimentación, alimentarse desde ambas puntas, formando un anillo.

Si a un sistema arborescente se le agregan más ramas entre nodos ya existentes, se forma un sistema mallado. El sistema mallado puede tener también más puntos de alimentación.

Frecuentemente en el nivel de distribución el funcionamiento de las redes, aun teniendo estructura mallada es radial, es decir se abren cierta cantidad de ramas a fin de poder alimentar todas las cargas y la red queda radial. En caso de pérdida de un cable en servicio se conectan otros cables (que estaban desconectados) a fin de que nuevamente la red con un nuevo esquema radial preste servicio a todos los usuarios, se puede decir que la red mallada funciona como red radial dinámica (que cambia).

El cálculo y verificación de esta red se debe repetir para distintas configuraciones, encontrando para cada elemento las condiciones críticas.

Si se desea mantener las mallas cerradas, debe considerarse que los sistemas de protecciones deberán garantizar el buen funcionamiento separando exclusivamente el tramo que en cada condición se encuentre en falla. Esta es la principal dificultad que aun cuando se plantean sistemas mallados a nivel de distribución se los hace funcionar en modo radial, para facilitar la identificación de los puntos donde ocurren las fallas.

Las redes de alta tensión (transmisión) son las que funcionan en modo mallado, a medida que se baja a tensiones menores el funcionamiento se plantea en modo radial.

#### **1.4.10. Alternativas y su caracterización**

En bajas tensiones las potencias manejadas son relativamente bajas, en redes industriales se alimentan directamente los usuarios, los equipos, las redes son frecuentemente radiales, difícilmente se justifican esquemas radiales dobles.

La red de baja tensión de distribución pública en cambio tiene generalmente un largo distribuidor del que se derivan las cargas, los distribuidores a su vez son derivados a lo largo de un alimentador.

En media tensión la red industrial puede ser radial simple cuando soporta una interrupción que puede ser poco probable, cuando no el esquema es radial doble.

A veces el esquema radial doble alimenta más centros a lo largo de su recorrido, permitiendo cierta economía de equipos de maniobra.

La red pública utiliza esquemas radiales simples mientras las cargas son modestas, cuando el área servida es de mayor importancia el esquema se hace anillado, trabajando en forma radial, solo excepcionalmente se avanza haciéndolo trabajar cerrado, las complicaciones entonces son grandes.

Difícilmente una industria posee un red de alta tensión compleja, esto solo se da en industrias muy grandes (acerías por ejemplo), a lo sumo se observan dos o tres

centros de alta tensión desde donde se derivan distribuciones de media tensión o se conectan eventuales generadores, los centros de alta tensión se unen a la red pública en forma radial o formando anillo que trabaja cerrado en ambos extremos.

La red de alta y muy alta tensión tiene siempre estructura de red mallada, de la que se desprenden estructuras arborescentes, radiales, que con el tiempo (al desarrollarse el área) se convierten en nuevas mallas, a su vez al superponerse a una red de alta tensión otra mayor, la de menor tensión reduce su función de transporte a distribución, y entonces frecuentemente pierde su estructura mallada y se hace (nuevamente) radial.

#### **1.4.11. Aisladores**

Los conductores empleados en líneas aéreas, en la mayor parte de los casos, son desnudos; por lo tanto, se necesita aislarlos de los soportes por medio de aisladores, fabricados generalmente con porcelana o vidrio. La sujeción del aislador al poste se realiza por medio de herrajes. Pero además, un aislador debe tener las características mecánicas necesarias para soportar los esfuerzos a tracción a los que está sometido.

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, las cualidades específicas que deben cumplir los aisladores son:

- a. Rigidez dieléctrica suficiente para que la tensión de perforación sea lo más elevada posible. Esta rigidez depende de la calidad del vidrio o porcelana y del grosor del aislador. La tensión de perforación es la tensión a la cual se ceba el arco a través de la masa del aislador
- b. Disposición adecuada, de forma que la tensión de contorneamiento presenta valores elevados y por consiguiente no se produzcan descargas de contorno entre los conductores y el apoyo a través de los aisladores. La tensión de contorneamiento es la tensión a la que se ceba un arco a través del aire siguiendo la mínima distancia entre fase y tierra, es decir, el contorno del aislador. Esta distancia se llama línea de fuga

- c. Resistencia mecánica adecuada para soportar los esfuerzos demandados por el conductor, por lo que la carga de rotura de un aislador debe ser cuanto menos igual a la del conductor que tenga que soportar
- d. Resistencia a las variaciones de temperatura
- e. Ausencia de envejecimiento. Deben perdurar lo máximo a lo largo del tiempo

Los aisladores son, de todos los elementos de la línea, aquellos en los que se pondrá el máximo cuidado, tanto en su elección, como en su control de recepción, colocación y vigilancia en explotación. En efecto, frágiles por naturaleza, se ven sometidos a esfuerzos combinados, mecánicos, eléctricos y térmicos, colaborando todos ellos a su destrucción. Todo nuevo tipo de aislador necesita ser confirmado por un uso muy prolongado, dada la imperfección de nuestro conocimiento en esta materia.

#### **1.4.12. Conductores, Conductores para líneas aéreas**

Los conductores, por las características eléctricas propias del material, pueden ser de cobre, aluminio y aluminio-acero y se presentan normalmente desnudos. Estos conductores van sujetos a los aisladores; éstos, a través de los herrajes, son colocados en las crucetas, que a su vez, se colocan sobre el poste que los mantiene distanciados del suelo.

##### **a. Conductor de aluminio-acero**

Estos conductores están compuesto de varios alambres de aluminio, de igual o diferente diámetro nominal, y de alambres de acero galvanizado. Los alambres van cableados en capas concéntricas. Los alambres centrales son de acero y las capas exteriores la forman alambres de aluminio.

Este tipo de conductores tiene un inconveniente con respecto a los de aluminio exclusivamente, es su mayor peso. No obstante, son mayores las ventajas ya que tienen una mayor resistencia mecánica, pudiendo disminuir con ello el número de apoyos y de aisladores al poderse aumentar la longitud de los vanos.

Son estos conductores los más utilizados en las líneas aéreas de media y alta tensión, ya que, al tener menor peso y precio, han desplazado a los conductores de cobre

**b. Cable aislado unipolar**

Es un conductor formado por una cuerda de aluminio sobre la que se pone una fina capa de cloruro de polivinilo, plastificado y estabilizado, que impermeabiliza al conductor y lo protege de los agentes atmosféricos, evitando de esta forma los efectos que le pudiera producir los ambientes más desfavorables, incluso los muy corrosivos. Su aplicación se reduce a líneas de baja tensión.

Este cable es adecuado para líneas aéreas sobre aisladores, pero no para la derivación de una línea aérea al interior de un edificio.

Las ventajas de este tipo de cables son:

Gran duración de la línea en medios corrosivos, debido a la protección ejercida por la capa de cloruro de polivinilo

Mayor regularidad en el suministro de energía en la línea, debido a la ausencia de cortocircuitos ocasionados por contactos accidentales, ramas de árboles u otros elementos que puedan caer o tocar a los conductores

Eliminación total de riesgos de accidentes, debidos a contactos de personas con la línea y descuidos en el trabajo de los operarios próximos a una línea de tensión

**c. Cable aislado multipolar trenzado**

En las redes de distribución, para reemplazar a las líneas aéreas de cobre desnudo o aislado, se ha generalizado un nuevo tipo de montaje a partir de cables trenzados.

Están constituidos por tres cables unipolares de campo radial, aislados individualmente sin funda exterior, cableados sobre un núcleo central formado por una cuerda portante de acero de 50 mm<sup>2</sup> de sección, protegida generalmente con una capa de cloruro de polivinilo.

Las ventajas que presentan los cables trenzados son:

Ventaja de acoplar los tres conductores alrededor de un cable fiador

El calentamiento mutuo entre fases es notablemente más débil que en un cable trifásico

Facilidad de fabricación, montaje y reparación, al presentarse las averías casi siempre en una sola fase

En la alimentación de pequeños núcleos rurales, en la que las líneas desnudas presentan peligro y la canalización subterránea es muy costosa, se emplea este tipo de cable como solución intermedia, para mejorar la estética

La ausencia de soportes facilita la circulación sobre las aceras y las calles

Las intensidades de carga admisibles se han determinado según normas para cables instalados al aire con temperatura ambiente de 40 °C y temperatura máxima, en el conductor, de 90 °C en régimen permanente.

Intensidades de carga admisible en cables en haces (Cu, Al). La tensión nominal de este tipo de cables no suele sobrepasar los 30 kV

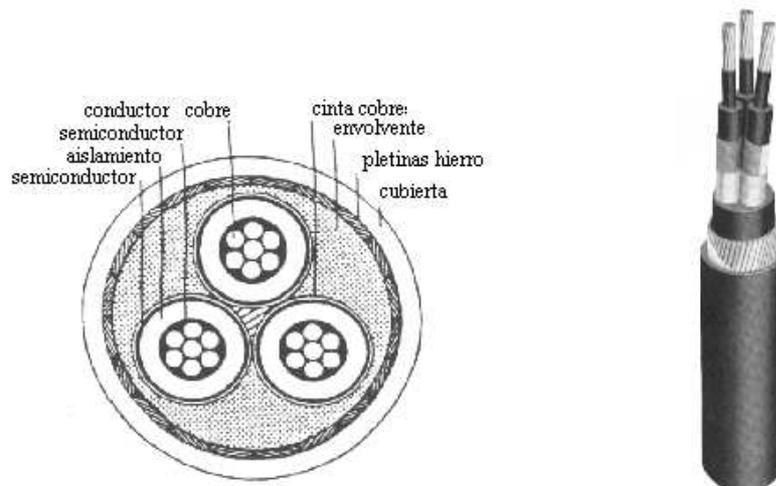
#### **1.4.13. Cables para líneas subterráneas**

En la figura se pueden ver las distintas partes que constituyen los cables empleados:

- a.** Conductores. Generalmente son cableados y su misión es conducir la corriente.

Cada uno de los cables se llama cuerda

- b.** Capa semiconductor. Capa que recubre al conductor, para impedir la ionización del aire, que en otro caso se produciría en la superficie de contacto entre el conductor metálico y el material aislante. Por otro lado, mejorar la distribución del campo eléctrico en la superficie del conductor



**Cable tripolar con almás apantalladas**

- c. Aislante. Envoltente de diferentes características, según el tipo de cable. Hay papel impregnado en aceite mineral o aislantes secos como son el policloruro de vinilo, el polietileno, el polietileno reticulado, el caucho natural o sintético y el etileno-propileno.
- d. Pantalla. Se aplica una pantalla sobre cada uno de los conductores aislados con el fin de confinar el campo eléctrico al interior del cable y limitar la influencia mutua entre cables próximos. La pantalla está constituida por una envoltura metálica de cobre
- e. Rellenos. Su misión es dar forma cilíndrica al conjunto de los tres conductores
- f. Armadura. Es un envoltente constituido por cintas, pletinas o alambres metálicos
- g. Cubierta. Recubre exteriormente el cable, protegiendo la envoltura metálica de la corrosión y de otros agentes químicos

Según su configuración

Los cables subterráneos se pueden dividir en unipolares y multipolares.

**a.** Cable unipolar

Este cable se ha empleado en corriente continua, pero en la actualidad se emplea mucho en muy alta tensión. Está constituido por una sola alma, que casi siempre es de sección circular. Los aislamientos y la protección son similares al cable multipolar

**b.** Cable multipolar

Se denomina cable multipolar el formado por dos o más conductores, bien sean de fases, neutro, protección o de señalización; cada uno lleva su propio aislamiento y el conjunto puede completarse con envolvente aislante, pantalla, recubrimiento contra la corrosión y efectos químicos, armadura metálica, etc

Según el campo eléctrico producido se clasifican en radiales y no radiales.

**a.** Cable de campo no radial

El campo eléctrico en la masa del aislamiento no es radial, ya que, además del campo debido a su propio conductor, inciden los campos de las otras dos fases, dando lugar a componentes tangenciales, como se puede ver en la figura. Esta forma de trabajo no favorece el aislamiento, por lo que queda relegado únicamente hasta tensiones de unos 15kV

**b.** Cables de campo radial

Para evitar los problemas que plantean los cables de campo no radial se coloca una pantalla exterior constituida por un envolvente metálico (cinta de cobre, hilos de cobre, etc.) que confinan el campo eléctrico al interior del cable.

Estos cables se emplean en alta tensión y se fabrican de forma unipolar o multipolar

#### **1.4.14. Parámetros de la línea**

##### **a. Resistencia eléctrica (R)**

La resistencia de los conductores es la causa principal de la pérdida de energía en las líneas de transporte. Entendiendo por tal resistencia, la llamada resistencia efectiva del conductor, cuyo valor viene dado en ohmios / metro.

Se modela como una resistencia en serie

##### **b. Reactancia del conductor (jX)**

Es la responsable del campo magnético y depende de la posición de los conductores. Se modela como una reactancia en serie por cada fase

##### **c. Susceptancia (jB)**

Al haber un medio dieléctrico (aire) entre los dos cables de alta tensión, se tiene un efecto de condensador entre cada dos fases y entre cada fase y tierra.

Se modela como una impedancia en paralelo

##### **d. Conductancia (G)**

El aire que envuelve las líneas de alta tensión puede volverse conductor debido al campo eléctrico, por lo que se producen pérdidas por efecto corona. Esto se atenúa agrupando los cables

### **1.5. REDES DE DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN**

#### **1.5.1. Transformador**

Máquina eléctrica estática la cual mediante inducción electromagnética transforma voltajes y corrientes eléctricas alternas o pulsantes entre dos o más devanados a la misma frecuencia y usualmente a valores diferentes de voltaje y corriente.

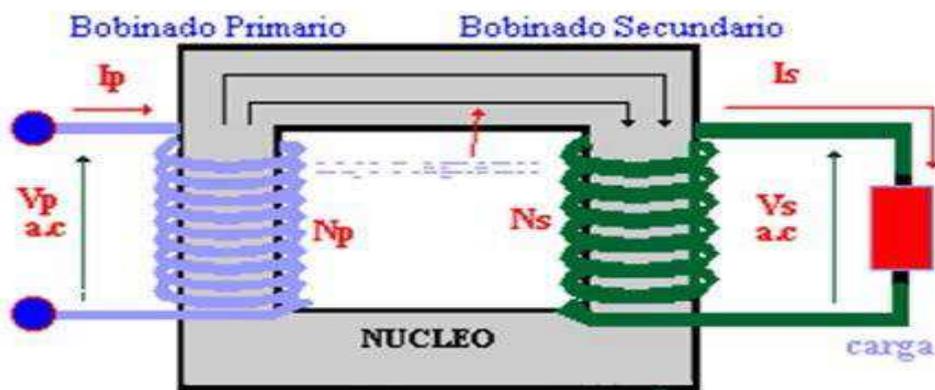
No se la considera una máquina eléctrica por que no tiene partes en movimiento sin embargo dada su importancia se la estudia como tal, el transformador por ser una

máquina estática tiene ventajas sobre las máquinas rotativas debido a que no tiene pérdidas mecánicas, las únicas pérdidas del transformador son eléctricas y del hierro, por tal razón su rendimiento es alto.

En el gráfico 1.1 se puede apreciar el modelo de un transformador sencillo, en el cual están montadas las bobinas eslabonadas por un núcleo magnético común, el bobinado que se conecta al primario se denomina primario, mientras que el bobinado que se induce el voltaje y además alimenta la carga se denomina secundario.

GRÁFICO 1.1

### MODELO BÁSICO DE UN TRANSFORMADOR



Fuente: Principios Fundamentales del Transformador, M. Lucero Espol.

En donde:

$V_{p.a.c}$  = Voltaje alterno primario del transformador  $V_s$  a.c = Voltaje alterno secundario del transformador  $I_p$  = Corriente primaria del transformador

$I_s$  = Corriente secundaria del transformador  $N_p$  = Bobinado primario del transformador  $N_s$  = Bobinado secundario del transformador

Núcleo = Laminas rectangulares de acero laminado

Carga = Equipo o sistema al cual se le alimenta de energía eléctrica alterna.

### 1.5.2. Transformador de distribución

Es un transformador para transferir energía eléctrica desde un circuito primario de distribución a un circuito secundario de distribución o circuito de servicio al consumidor. Normalmente los transformadores de distribución van hasta 500 Kva y hasta 34 500 V.

Los transformadores de distribución pueden ser monofásicos como trifásicos y de clase medio voltaje y bajo voltaje.

De acuerdo a la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE) se establece las siguientes potencias nominales para los transformadores de distribución, lo cual se indican en el Cuadro 1.1.

**CUADRO 1.1**

**CAPACIDADES NOMINALES EN LOS TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN**

<b>TIPO</b>	<b>CAPACIDADES (KVA)</b>
<b>MONOFÁSICOS</b>	3; 5; 10; 15; 25; 37.5; 50; 75; 100; 167; 250; 333
<b>TRIFÁSICOS</b>	15; 30; 45; 50; 60; 75; 100; 112.5; 125; 150; 160; 200;

Fuente: NTE INEN, Norma Técnica Ecuatoriana, 1998

La empresa eléctrica CNEL EP utiliza transformadores de distribución monofásicos entre 5 KVA y 75 KVA.

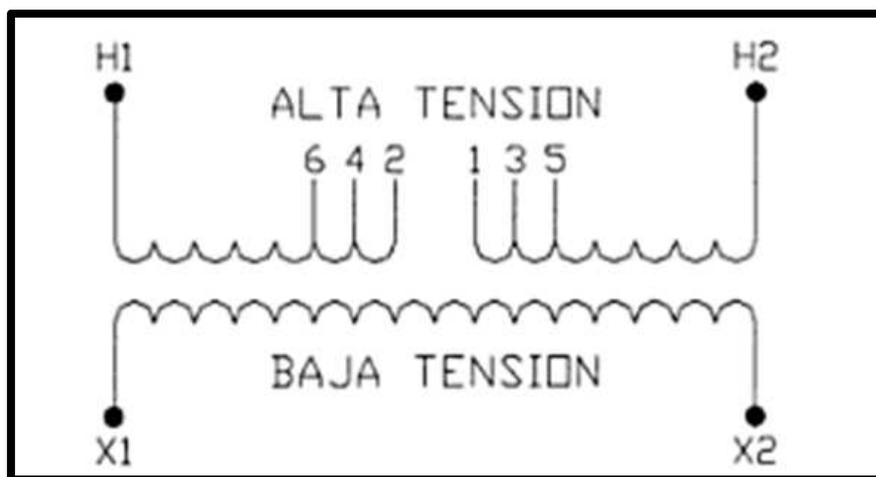
El proyecto de investigación solo se enfoca al estudio de los transformadores de distribución monofásicos existentes en la red de media tensión de la ciudadela Mario Llor de Chone.

### 1.5.3. Transformador de Distribución Monofásico

Son transformadores de distribución, que son conectados a una línea o fase y un neutro o tierra. Estos transformadores tienen un solo devanado de alta tensión y uno de baja tensión como se puede apreciar en el gráfico 1.2

## GRÁFICO 1.2

### ESQUEMA ELÉCTRICO DE UN TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN MONOFÁSICO



Fuente: Pedro Avelino Pérez, Transformadores de Distribución, 2001.

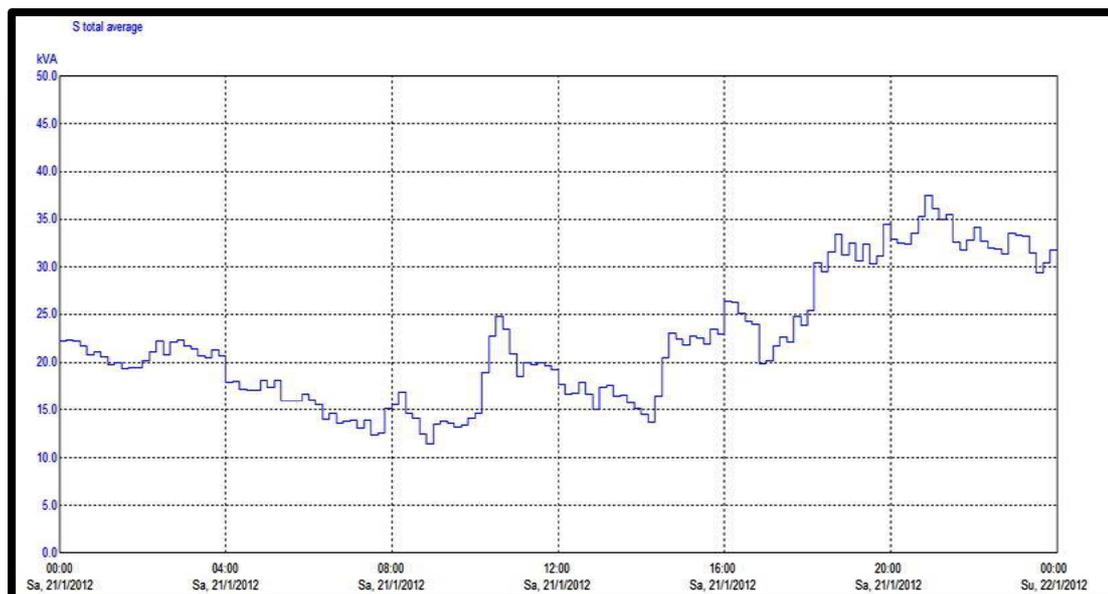
#### 1.6. Curva de carga

Es la gráfica de la variación de la carga en un periodo de carga determinado. Esta curva nos permite obtener la energía consumida, que no es más que el área bajo la curva, existen curvas de carga tipo residencial, comercial e industrial.

##### 1.6.1. Curva de Carga Tipo Residencial

Es un perfil de carga del tipo residencial que tiene la particularidad de que su demanda máxima se presenta alrededor de las 19h00 a 22h30 aproximadamente, ya que como su nombre propio lo dice los usuarios consumen mucho más cuando llegan a sus respectivas residencias en horas de la noche como se puede observar en el gráfico 1.3.

### GRÁFICO 1.3 CURVA DE CARGA TIPO RESIDENCIAL

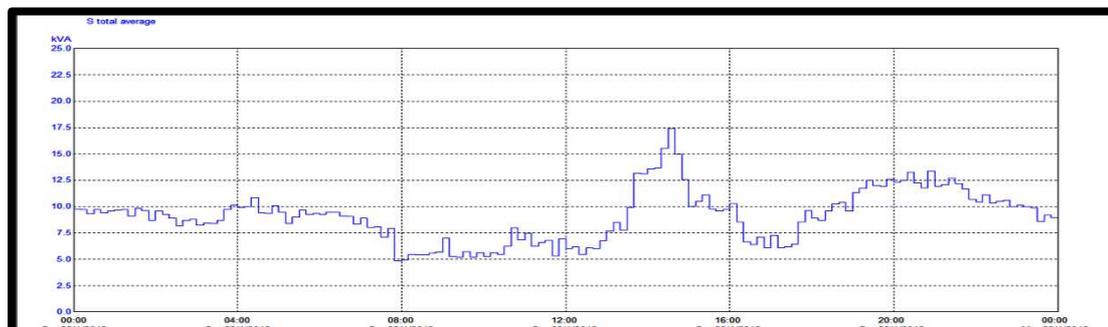


Fuente: Mediciones de curvas de carga en transformadores de distribución monofásicos de la Ciudadela Mario Loo de Chone, equipo Topas 1000, 2011-2012

#### 1.6.2. Curva de carga tipo comercial

Es un perfil de carga del tipo comercial que tiene la particularidad de que su demanda máxima se presenta alrededor de las 13h30 a 16h00 aproximadamente, horario en que se registra mayor consumo para cargas comerciales, observar en el gráfico 1.4.

#### Gráfico 1.4 curva de carga tipo comercial



Fuente: Mediciones de curvas de carga en transformadores de distribución monofásicos de la Ciudadela Mario Loo de Chone, equipo Topas 1000, 2011-2012

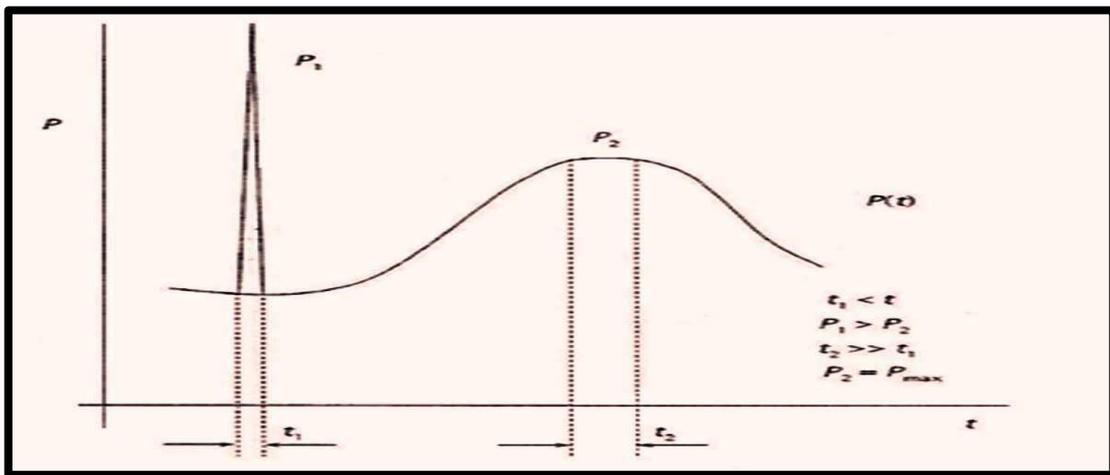
## 1.7. Parámetros de la carga

La carga eléctrica es un aparato o conjunto de aparatos conectados a un sistema eléctrico y que demanda una potencia eléctrica, el valor de la potencia demandada es el valor de la carga.

### 1.7.1. Demanda máxima

Para caracterizar la carga se hace referencia a la Demanda Máxima, que es la mayor de todas las potencias demandadas que han ocurrido durante un periodo específico de tiempo. En un sistema eléctrico, se pueden tener variaciones súbitas de la demanda como la de arranque de un motor o puesta en servicio de un transformador pero se debe establecer un periodo mínimo de tiempo que se debe mantener este valor de potencia para que se considere como el máximo, normalmente los aparatos están calibrados para considerar como Demanda Máxima aquella que se mantiene durante un periodo de 15 minutos.

Gráfico 1.6 representación gráfica de la entrada de una carga súbita



Fuente: Sistemas Eléctricos de Distribución, Juan Antonio Yebra Morón, 2009

### 1.7.2. Carga conectada

Es la suma de las potencias nominales de los equipos que utilizan energía.

### 1.7.3. Capacidad instalada

Es la suma de todas las potencias nominales de los equipos que suministran energía, como generadores y transformadores.

### 1.7.4. Factor de demanda

Se define como la relación existente entre la demanda máxima y la carga conectada.

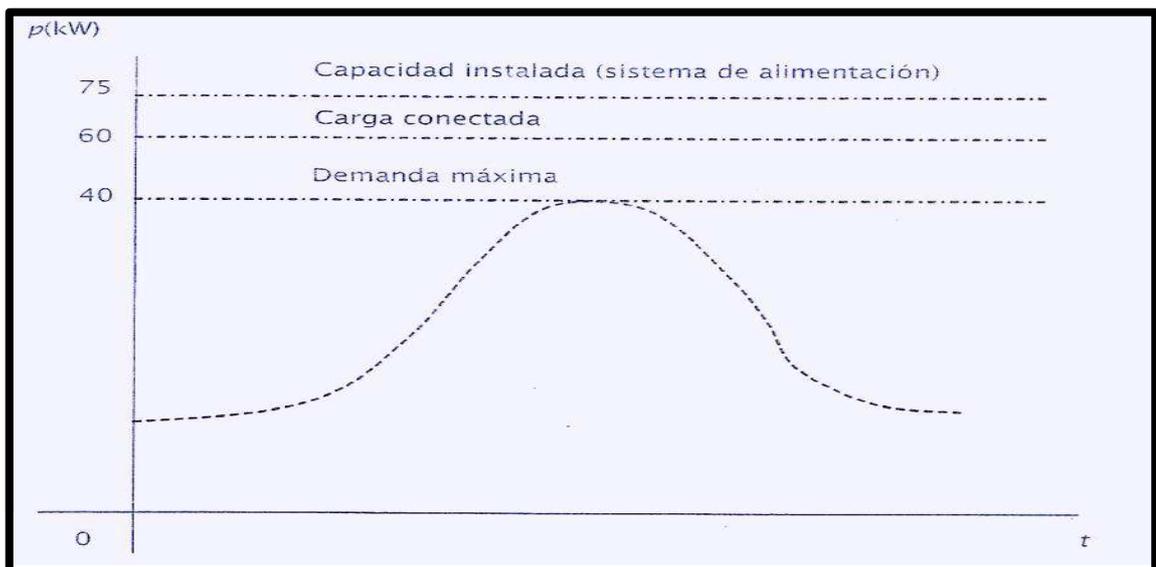
$$\text{Factor de Demanda} = \frac{\text{Demanda Máxima}}{\text{Carga Conectada}}$$

### 1.7.5. Factor de utilización

El factor de utilización se ha definido como la relación entre la demanda máxima y la capacidad instalada, éste factor representa o refleja la permanencia de la carga máxima en un periodo de tiempo comparada con la carga nominal.

$$\text{Factor de Utilización} = \frac{\text{Demanda Máxima}}{\text{Capacidad Instalada}}$$

**Gráfico 1.7 demanda máxima de una carga variable, del valor de la carga conectada y de la capacidad instalada**



Fuente: Sistemas Eléctricos de Distribución, Juan Antonio Yebra Morón, 2009

### 1.7.6. Factor de carga

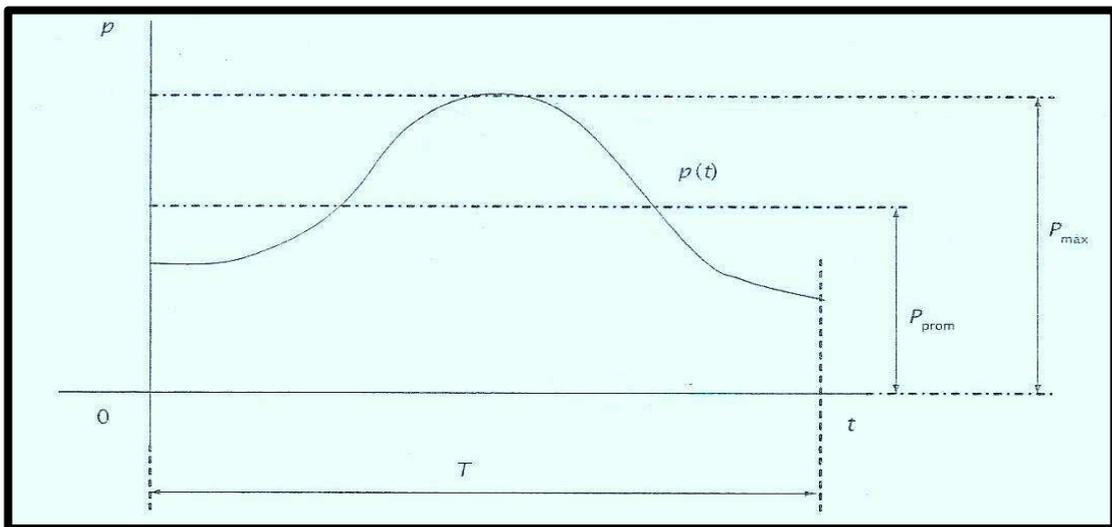
Dada una función  $p(t)$  como se muestra en la gráfica, que representa a la potencia instantánea demandada por una carga cualquier, el factor de carga está definido en un intervalo  $T$ , por la siguiente expresión:

$$F.C. = \frac{1}{P_{max}} \int_0^T \frac{p(t)}{T} dt$$

En donde la expresión de la Integral, indica el valor promedio  $P(t)$  y la expresión fuera de la integral es el recíproco del valor máximo de la potencia  $P_{m\acute{a}x}$ , de acuerdo a lo anterior, el Factor de Carga se puede definir como la relación de la demanda promedio y la demanda máxima.

$$F.C. = \frac{\text{Demanda Promedio}}{\text{Demanda M\acute{a}xima}}$$

**Gráfico 1.8 representación gráfica de la potencia promedio y potencia máxima**



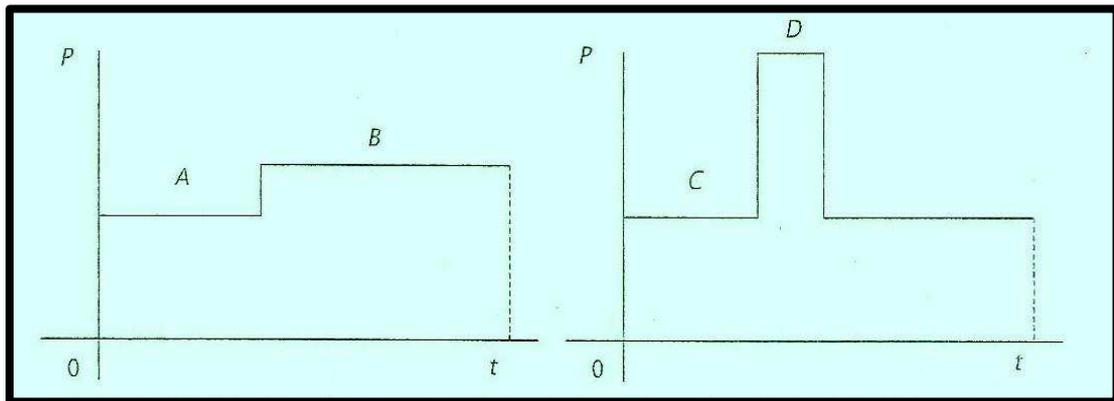
Fuente: Sistemas Eléctricos de Distribución, Juan Antonio Yebra Morón, 2009

El factor de carga es mayor que cero y menor o igual a uno, el factor de carga es igual a uno cuando se trata de una carga constante como el ejemplo de una carga de alumbrado público, que normalmente entra y sale a la vez, como se observa en la

gráfica 1.9 que en la primera curva es casi igual a uno al ser las demandas A y B casi iguales, en cambio en la segunda gráfica el factor de carga se aproxima a 0.5.

Básicamente el factor de carga indica el grado con que se mantiene el valor de la potencia máxima.

**Gráfico 1.9 ciclos de carga**



Fuente: Sistemas Eléctricos de Distribución, Juan Antonio Yebra Morón, 2009

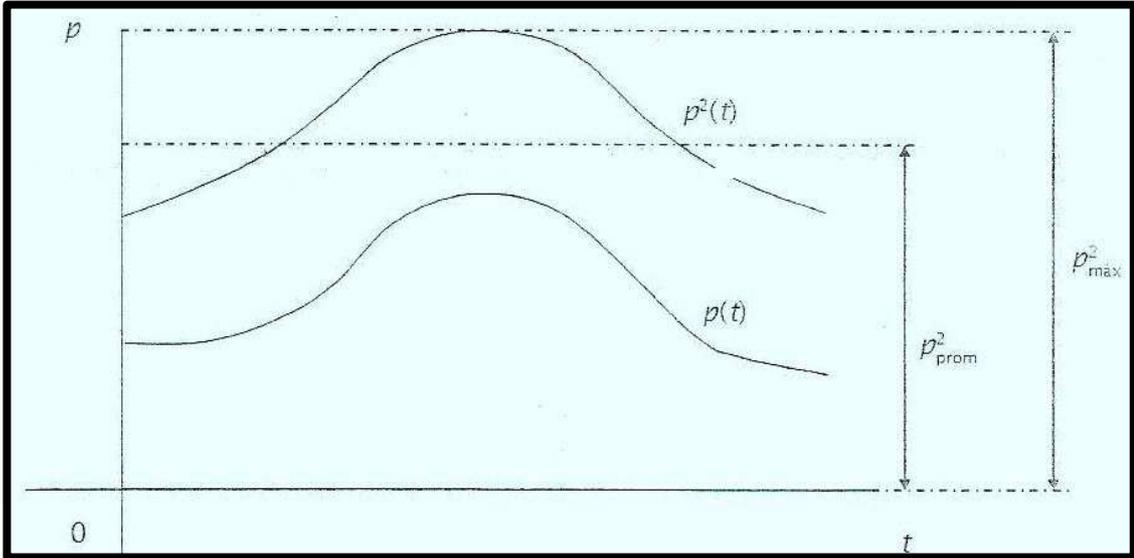
### 1.7.7. Factor de pérdidas

Es el porcentaje de tiempo requerido por la carga pico para producir las mismas pérdidas que producidas por las cargas reales sobre un período de tiempo especificado, dada la función de la gráfica, que representan las pérdidas instantáneas de potencia  $Ri^2$ , el factor de pérdidas se define en un intervalo T, por la siguiente expresión:

$$F_{per} = \frac{1}{RI^2_{m\acute{a}x}} \int_0^T \frac{Ri^2}{T} dt$$

En donde la expresión dentro de la integral expresa el valor promedio de las pérdidas  $Ri^2$  y la expresión dentro de la integral indica el recíproco de las pérdidas durante la demanda máxima.

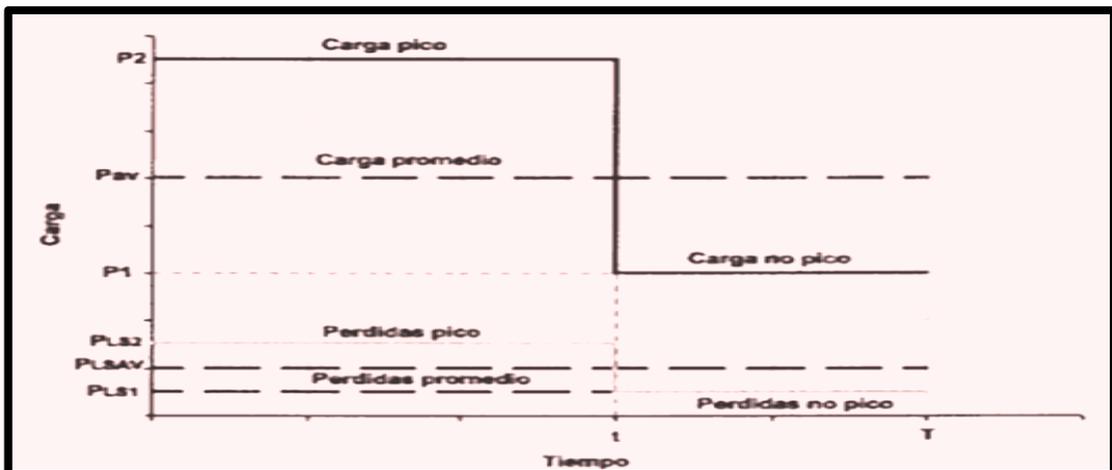
**Gráfico 1.10 ciclos de pérdidas de potencia**



Fuente: Sistemas Eléctricos de Distribución, Juan Antonio Yebra Morón, 2009

El Factor de Pérdidas no se puede determinar directamente del factor de carga, porque el factor de pérdidas se determina a partir de las pérdidas en función del tiempo, que a su vez son proporcionales en función del tiempo al cuadrado de la carga. Sin embargo, los valores límites de la relación si pueden ser encontrados.

**Gráfica 1.11 curva de carga, factor de pérdidas**



Fuente: Transmission and Distribution Electrical Engineering, Third Edition, Colin Bayliss-Brian Hardy, 2007

Asumiendo que se alimenta a una carga variable como se indica en la figura 1.11, en la cual se muestra una carga arbitraria o idealizada, sin embargo, ello no representa una curva de carga diaria, entonces; Las pérdidas Joule dependen del cuadrado de la corriente, esta depende de la carga, el factor de pérdidas (aceptando que depende del cuadrado de la carga) es:

$$Fpér = \left[ \frac{(P2^2 * t) + (P1^2 * (T - t))}{(P2^2 * T)} \right]$$

Se puede plantear un caso extremo, que representa una carga que funciona a pleno P2 durante t, y luego la carga es cero P1 = 0

$$Fpér = \frac{t}{T}$$

$$Fpér = \frac{t}{T} = FC$$

El otro caso es una carga que funciona en un tiempo muy pequeño  $t = 0$  con P2, situación que representa por ejemplo la sobrecorriente de arranque (de un motor), y luego funciona por todo el resto del tiempo T con la carga P1.

$$FC = \frac{P1}{P2}$$

$$Fpér = \left( \frac{P1}{P2} \right)^2 = FC^2$$

Para un sistema de distribución Buller y Woodrow propusieron una fórmula empírica utilizable en aproximaciones estadísticas.

En donde:

$$F_{pér} = c(FC) + (1-c)(FC)^2$$

**Fper** = Factor de Pérdidas

**FC** = Factor de Carga

**c** = es un coeficiente variable que depende de aproximaciones estadísticas.

Para la gráfica 1.11 el factor de carga conforme se alimenta a una carga variable. Asíumase que las pérdidas no pico es PLS1 a alguna carga no pico P1 y que la pérdidas pico es PLS2 a la carga pico P2, según la grafica 2.11, entonces;

El factor de carga es;

$$FC = \frac{P_{av}}{P_{máx}} = \frac{P_{av}}{P_2}$$

De la gráfica 1.11;

$$P_{av} = \frac{(P_2 * t) + (P_1 * (T - t))}{T}$$

$$FC = \frac{(P_2 * t) + (P_1 * (T - t))}{P_2 * T} = \frac{t}{T} + \frac{P_1}{P_2} * \frac{T - t}{T}$$

El factor de pérdidas es;

$$F_{pér} = \frac{P_{LSav}}{P_{LSmáx}} = \frac{P_{LSav}}{P_{LS2}}$$

Donde;

**PLSav** = Pérdidas de potencia promedio

**PLSmáx** = Pérdidas de potencia máxima

**PLS2** = Pérdidas pico a la carga pico

De la figura 2.11;

$$P_{LSav} = \frac{(P_{LS2} * t) + (P_{LS1} * (T - t))}{T}$$

$$P_{LSav} = \frac{(P_{LS2} * t) + (P_{LS1} * (T - t))}{P_{LS2}}$$

Donde;

**PLS1** = Pérdidas no pico a la carga no pico

**t** = Duración de la carga pico

**T-t** = Duración de la carga no pico

Las pérdidas físicas son función de las cargas asociadas, por tanto, las cargas pico y no pico pueden expresarse respectivamente como:

$$P_{LS1} = k * P_1^2$$

$$P_{LS2} = k * P_2^2$$

Donde k es una constante, así sustituyendo el factor de pérdidas puede expresarse como;

$$F_{pér} = \frac{(kP_2^2 * t) + (kP_1^2 * T - t)}{(k * P_2^2) * T} = \frac{t}{T} + \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^2 * \left(\frac{T - t}{T}\right)$$

Usando las ecuaciones anteriores, el factor de carga puede relacionarse con el factor de pérdidas para los siguientes casos

**CASO 1:** La carga no pico es cero  $P_1 = 0$  ,(ver gráfica 2.11) puesto que  $P_1=0$ , entonces  $PLS1= 0$ , por lo tanto, la ecuación ;

$$FC = \frac{P_2 * t + P_1 * (T - t)}{P_2 * T} = \frac{t}{T} + \left( \frac{P_1}{P_2} \right) * \left( \frac{T - t}{T} \right)$$

Se convierte en  $FC = \frac{t}{T}$ ; y la ecuación

$$P_{LS1} = k * P_1^2$$

Se convierte en

$$Fper = \frac{t}{T}; \text{ lo que da; } FC = Fper = \frac{t}{T}$$

Esto es, el factor de carga es igual al factor de pérdidas y ambas son iguales a la constante  $\frac{t}{T}$

**CASO 2:** La duración de carga pico es muy corta  $t$  tiende a cero (ver figura 2.11) La ecuación;

$$FC = \frac{P_2 * t + P_1 * (T - t)}{P_2 * T} = \frac{t}{T} + \left( \frac{P_1}{P_2} \right) * \left( \frac{T - t}{T} \right)$$

Se convierte en  $Fper = \frac{P_1}{P_2}$ , y la ecuación;

$$P_{LS1} = k * P_1^2$$

Se convierte en;

$$Fpér = \left( \frac{P_1}{P_2} \right)^2$$

*Por lo tanto;  $F_{per}$  es igual al  $FC^2$*

**CASO 3:** La carga es estable t tiende a T(ver figura2.11)

Esto es, la diferencia entre la carga pico y la carga no pico es despreciable, por ejemplo, si la carga del consumidor es un planta petroquímica, este sería el caso.

Aquí la carga pico se sostiene en todo T y por lo tanto,

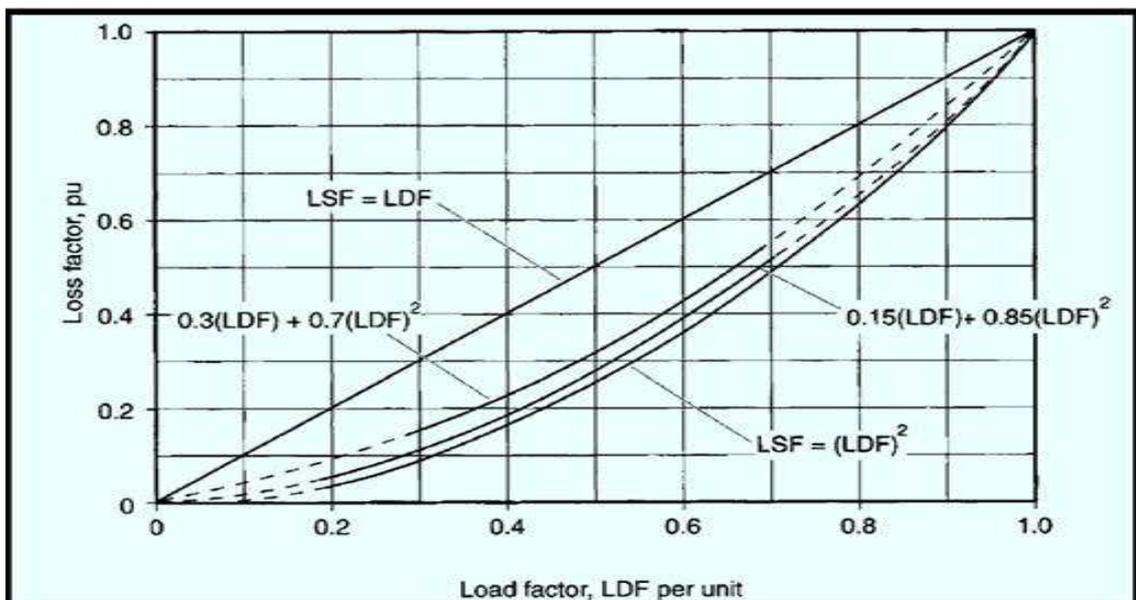
$$F_{per} = FC$$

Esto es el valor del factor de pérdidas que se aproxima al valor del factor de carga, en general, el valor del factor de pérdidas está entre;

$$FC^2 < F_{per} < FC$$

En la siguiente gráfica se demuestra gráficamente las tendencias del Factor de pérdidas con respecto al factor de carga según el tipo de carga.

**GRÁFICA 1.12 CURVAS DE FACTORES DE PÉRDIDAS (LSF) EN FUNCIÓN DEL FACTOR DE CARGA (LDF)**



Fuente: Transmission and Distribution Electrical Engineering, Third Edition, Colin Bayliss-Brian Hardy, 2007

C= es un coeficiente variable que depende de aproximaciones estadísticas. Cuando C es aproximadamente igual a 0.3 para sistemas de transmisión

C es aproximadamente igual a 0.15 para sistemas de distribución

Por lo tanto se obtienen las siguientes formulas para el factor de pérdidas con respecto al factor de carga;

$F_{per}=FC$ , para cargas lineales  $F_{per}=FC^2$ , para cargas pico muy corta

$F_{per}= 0.3 FC +0.7FC^2$ , para sistemas de transmisión  $F_{per}= 0.15FC+ 0.85FC^2$ , para sistemas de distribución

#### **1.7.8. Transformador subutilizado**

Es un transformador en el cual su factor de uso presenta un porcentaje muy por debajo respecto a la capacidad nominal del transformador, normalmente se considera aun transformador subutilizado cuando su factor de uso es menor o igual al 60 %.

#### **1.7.9. Equipo registrador de calidad de energía**

Es un indicador del nivel de adecuación de la instalación para soportar y garantizar el buen funcionamiento de sus cargas. Permite detectar y registrar todos los detalles de las perturbaciones eléctricas, realizar análisis de tendencias y verificar la calidad del suministro eléctrico.

#### **1.7.10. Pérdidas de energía eléctrica**

Las pérdidas de energía eléctrica son comunes e inherentes a las compañías de electricidad, se tornan en un problema muchas veces grave cuando éstas rebasanciertos límites lógicos, es práctica común clasificar las pérdidas de energía eléctrica en técnicas y no técnicas.

En el cuadro 2.2 se muestra la clasificación en que equipos y sistemas se dan las pérdidas de energía eléctrica técnicas y no técnicas.

## CUADRO 1.2 CLASIFICACIÓN DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA

PÉRDIDAS DE ENERGÍA	
TÉCNICAS	NO TÉCNICAS
TRANSFORMADORES	ADMINISTRATIVAS
LINEAS	ACCIDENTALES
FACTOR DE POTENCIA	FRAUDULENTAS
MOTORES	
GENERADORES	

Fuente: Los Autores

En este proyecto de tesis solo nos vamos a centrar en las pérdidas técnicas de energía eléctrica que se dan en los transformadores de distribución.

### 1.7.11. Pérdidas Técnicas de Energía

La diferencia de la energía que ingresa y la energía que se factura es igual a las pérdidas técnicas que se producen en el recorrido que realiza la energía eléctrica, esta hipótesis será verdadera, siempre y cuando se logre facturar toda la energía destinada al usuario final. Las pérdidas técnicas de energía representan la energía que se pierde durante la transmisión dentro de la red y la distribución como consecuencia de un calentamiento natural de los conductores que transportan la electricidad desde las plantas generadoras a los consumidores. Este tipo de pérdidas es normal en cualquier distribuidora de energía y no pueden ser eliminadas totalmente; sólo pueden reducirse a través del mejoramiento de la red.

Además, se incluyen las pérdidas en los núcleos de los transformadores y en las bobinas de voltaje de los medidores de energía, que no dependen de la magnitud de la corriente. En el análisis de un sistema de distribución, las pérdidas técnicas se hallan vinculadas a los equipos y subsistemas:

- a. Sistemas de subtransmisión.
- b. Redes primarias
- c. Transformadores de distribución

d. Redes secundarias

e. Alumbrado público

En el cuadro 2.3 se indican las pérdidas en (GWh) que tienen los transformadores de distribución en cada una de las empresas distribuidoras.

**CUADRO 1.3 PÉRDIDAS DE ENERGÍA EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN DE LAS EMPRESAS DISTRIBUIDORAS**

<b>EMPRESA</b>	<b>Pérdidas en Transformadores (GWh)</b>	<b>Pérdidas en Transformadores (%)</b>
1. Ambato	7.80	19.56
2. Azogues	0.91	18.80
3. Centro Sur	13.39	30.53
4. CNEL-Bolívar	1.59	15.45
5. CNEL-EI Oro	10.11	7.85
6. CNEL-Esmeraldas	9.28	8.29
7. CNEL-Guayas-Los Ríos	27.54	8.33
8. CNEL-Los Ríos	6.97	8.42
9. CNEL-Manabí	31.36	6.80
10. CNEL-Milagro	9.23	7.65
11. CNEL-Santa Elena	8.94	12.79
12. CNEL-Santo Domingo	13.26	25.81
13. CNEL-Sucumbíos	5.32	11.30
14. Cotopaxi	3.99	13.35
15. Eléctrica de Guayaquil	120.70	14.54
16. Galápagos	0.40	16.81
17. Norte	7.04	14.67
18. Quito	53.74	21.21
19. Riobamba	4.98	13.22
20. Sur	7.01	24.44
<b>TOTAL</b>	<b>343.56</b>	

Fuente: CONELEC, Distribución de Energía; Estadística del Sector Eléctrico Ecuatoriano, año 2010.

**CUADRO 1.4 AREAS DE CONCESIÓN DE LAS EMPRESAS ELÉCTRICAS  
DISTRIBUIDORAS**

<b>Empresa</b>	<b>Provincias a las que sirve de manera total o parcial</b>	<b>Área de Concesión (km<sup>2</sup>)</b>
E.E. Ambato	Tungurahua, Pastaza, Morona, Napo	40805
CNEL- Sucumbíos	Sucumbíos, Napo, Orellana	37842
E.E. Centro Sur	Azuay, Cañar, Morona	28962
E.E. Sur	Loja, Zamora, Morona	22721
CNEL-Manabí	Manabí	16865
CNEL-	Esmeraldas	15366
E.E. Quito	Pichincha, Napo	14971
E.E. Norte	Carchi, Imbabura, Pichincha, Sucumbíos	11979
CNEL-Guayas	Guayas, Los Ríos, Manabí, Cotopaxi, Azuay	10511
E.E Galápagos	Galápagos	7942
CNEL-Sta. Elena	Guayas, Sta. Elena	6774
CNEL El Oro	El Oro, Azuay	6745
CNEL-Sto.	Sto. Domingo, Esmeraldas	6574
CNEL-Milagro	Guayas, Cañar, Chimborazo	6175
E.E. Riobamba	Chimborazo	5940
E.E. Cotopaxi	Cotopaxi	5556
CNEL-Los Ríos	Los Ríos, Guayas, Bolívar, Cotopaxi	4059
CNEL-Bolívar	Bolívar	3997
Eléctrica de Guayaquil	Guayas	1399
E.E. Azogues	Cañar	1187

Fuente: CONELEC, Distribución de Energía; Estadística del Sector Eléctrico  
Ecuatoriano, año 2010.

## 1.8. Transformadores de distribución monofásicos en la red de la Ciudadela Mario Llor de Chone

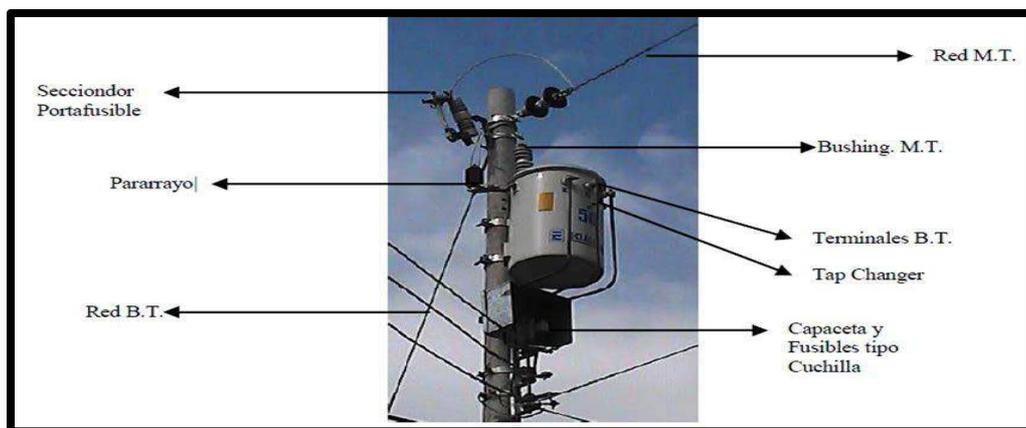
En la Empresa Eléctrica existen tres tipos de transformadores de distribución monofásicos: el transformador tipo poste convencional, tipo poste autoprotegido y tipo padmounted, sin embargo el procedimiento del cálculo y el diseño constructivo del conjunto núcleo- bobina, prácticamente es el mismo para los tres tipos, solo hay cambios en su presentación externa, o sea, en la configuración de su tanque o cuba, de los accesorios y protecciones adicionales.

## 1.9. Transformador de Distribución Monofásico Convencional Tipo Poste

Los transformadores de distribución convencional tipo poste constan de núcleo y bobinas montados, de manera segura, en un tanque lleno con aceite; llevan hacia afuera las terminales necesarias que pasan a través de bujes apropiados.

El transformador de poste tipo convencional que se utilizan en la empresa eléctrica en Manabí incluye sólo la estructura básica del transformador sin equipo de protección alguno. La protección deseada por sobrevoltaje, sobrecarga y cortocircuito se obtiene usando pararrayos y seccionadores portafusibles montados separadamente en poste o en la cruceta, muy cerca del transformador.

**Gráfica 1.13 transformador de distribución monofásico convencional tipo poste**



Fuente: Pedro Avelino Pérez, Transformadores de Distribución, 2001

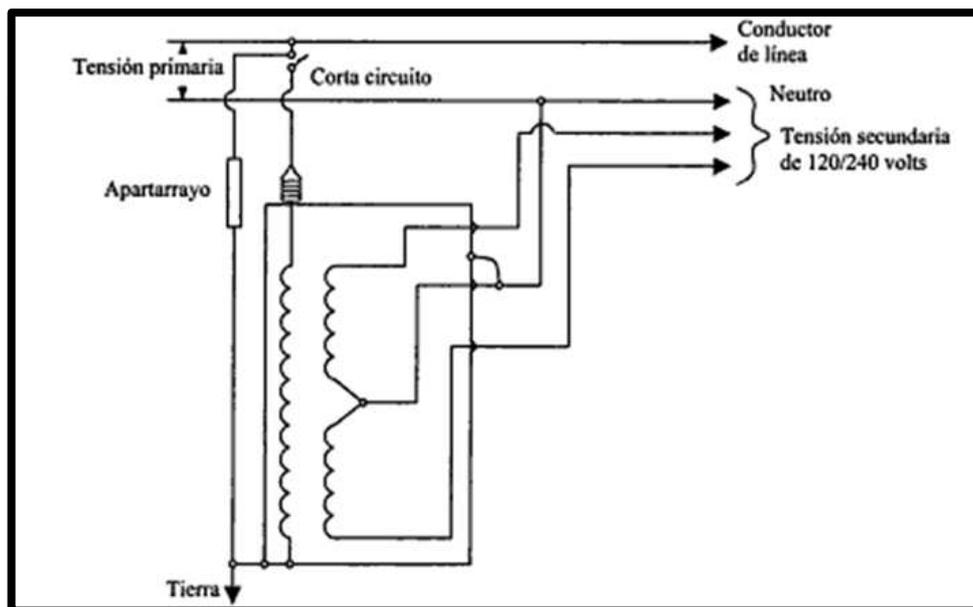
Este tipo de transformador no tiene ningún dispositivo de protección, para que sedesconecte el transformador de la red en caso de un cortocircuito. Los dispositivos de protección se instalan adicionalmente en la parte exterior del transformador en su etapa de montaje.

Este tipo de transformadores por lo general se utiliza en sistemas trifásicos, en forma de bancos de 2 o 3 unidades, que pueden tener uno o dos bushing, dependiendo de la conexión y la línea.

En estos transformadores existen problemas como sobrevoltage, sobrecargas, cortocircuitos en las redes secundarias, fallas internas; para lo cual se ubica elementos protectores que comprenden:

- a. Fusible de baja tensión
- b. Portafusibles de media tensión
- c. Apartarrayos

**Gráfica 1.14 arreglo esquemático de un transformador de distribución monofásico convencional tipo poste**



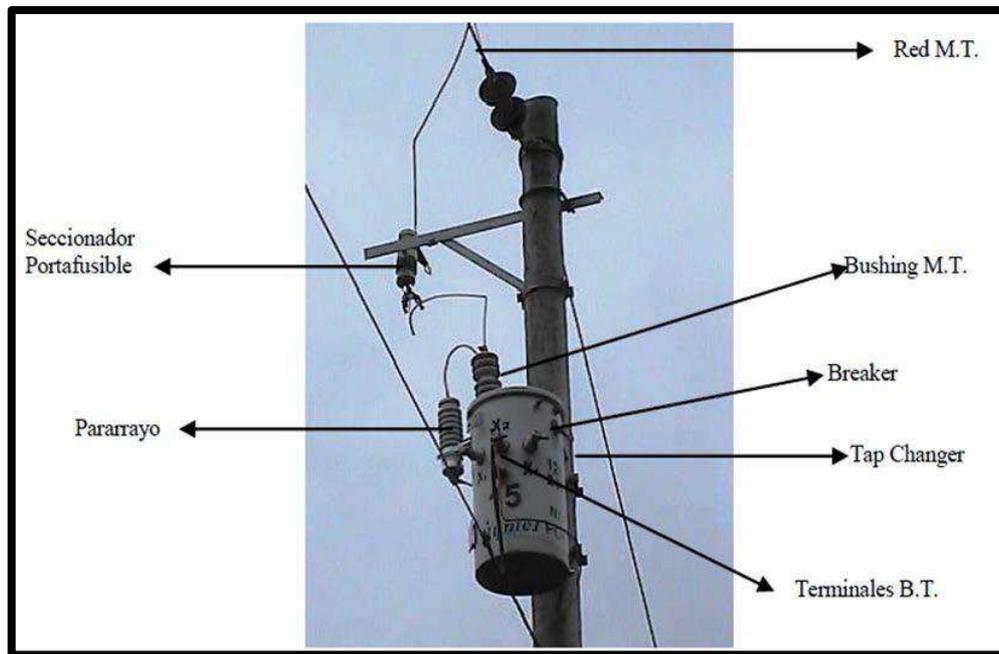
Fuente: Pedro Avelino Pérez, Transformadores de Distribución, 2001

### 1.10. Transformador de Distribución Monofásico Autoprotegido Tipo Poste

El transformador de poste autoprotegido tiene un breaker de protección secundario por sobrecarga y cortocircuito, controlado térmicamente y montado en su interior; un tirafusible protector de montaje interno conectado en serie con el devanado de mediovoltaje para desconectar el transformador de la línea en caso de falla interna de las bobinas, y un Apartarrayos montados en forma integral en el exterior del tanque para protección por sobrevoltage.

En todos estos transformadores, el cortacircuito opera una lámpara de señal cuando se llega a una temperatura de devanado predeterminada, a manera de advertencia antes del disparo. Si no se atiende la señal y el cortacircuito dispara, puede restablecerse éste y restaurarse la carga por medio de un asa externa.

**Gráfica 1.15 transformador de distribución monofásico autoprotegido tipo poste**



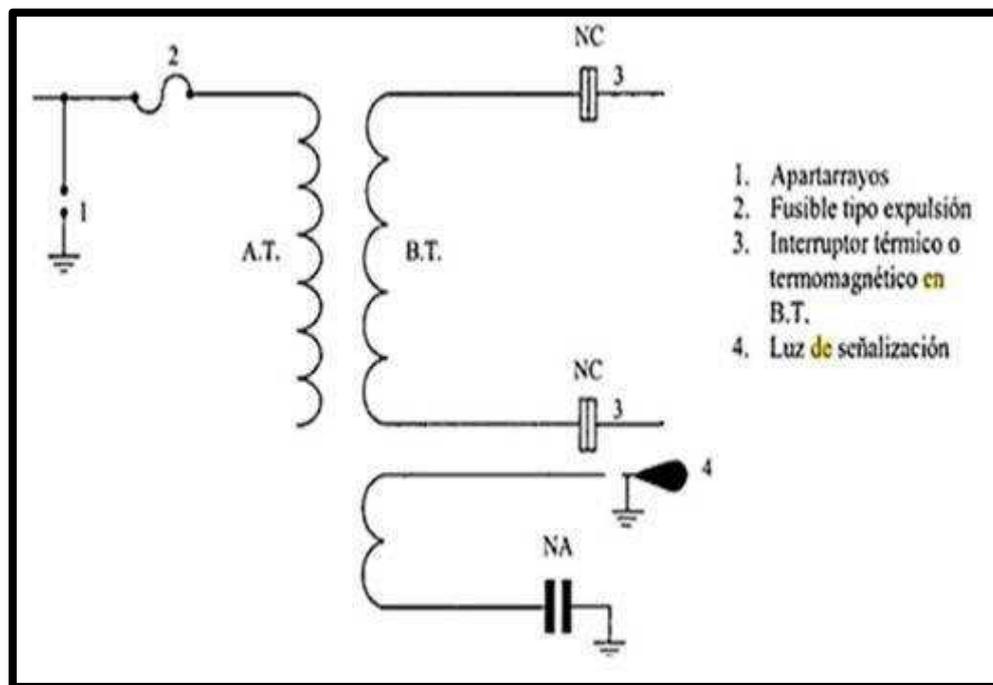
Fuente: Pedro Avelino Pérez, Transformadores de Distribución, 2001

Con la finalidad de mejorar la confiabilidad y continuidad del servicio eléctrico, se ha adoptado el uso de los transformadores de distribución del tipo autoprotegido que cuentan con un sistema de protecciones contra fallas y sobrecargas, que podrían

reducir la vida útil del transformador para así aislarlo de la red en caso de falla, y solo afectara a los usuarios que son servidos por este transformador, estos elementos de protección los cuales vienen incorporados en el equipo comprenden:

- a. Apartarrayos de alta tensión
- b. Fusible tipo expulsión en media tensión
- c. Interruptor térmico o termomagnético en baja tensión (secundario)

**Gráfica 1.16 diagrama unifilar eléctrico de un transformador de distribución monofásico autoprotegido tipo poste**



Fuente: Pedro Avelino Pérez, Transformadores de Distribución, 2001

### 1.11. Transformador de Distribución Monofásico Tipo Padmounted

Los transformadores de distribución Tipo Padmounted son diseñados para servicio subterráneo y exterior montados sobre una base de concreto, el transformador es armado con los compartimientos de alta y baja tensión separados, y equipados con puertas frontales.

El compartimiento de baja tensión tiene una provisión para que el usuario instale el candado de seguridad. Todas las partes vivas se encuentran en compartimientos totalmente bloqueados adecuadamente por seguridad.

El transformador Padmounted es la alternativa ideal entre seguridad y estética que se está brindando al usuario al momento de no disponer de un espacio físico para la obra civil de centros de transformación o disponga sistemas de alimentación de líneas subterráneas en alta y baja tensión muy común en industrias, edificios, conjuntos residenciales, siempre satisfaciendo las normas internacionales.

**Gráfica 1.17 transformador de distribución tipo padmounted**



Fuente: ECUATRAN S.A

### **1.12. Pérdidas de energía en transformadores de distribución monofásicos.**

En este capítulo presenta el comportamiento en pérdidas de energía que tienen los transformadores de distribución monofásicos, para que de esta manera el lector pueda entender el porque los transformadores de distribución asocian pérdidas de energía y de donde provienen.

Todos los transformadores asocian tanto pérdidas en el hierro como en el cobre. Las pérdidas en el hierro se producen permanentemente, mientras el transformador esté energizado y por lo tanto son independientes de la carga del transformador, éstas dependen del voltaje y de la frecuencia de operación.

Los transformadores de mayor capacidad requieren de núcleos más grandes, las pérdidas en el hierro se incrementan a medida que aumenta la capacidad del transformador. Sin embargo el aumento en las pérdidas en el hierro es proporcionalmente inferior al aumento en la capacidad de transformación.

### **1.12.1. Pérdidas en el hierro**

Las pérdidas en vacío o pérdidas en el hierro, conocidas como pérdidas fijas, se producen debido a la magnetización del núcleo, Se refiere a aquellas pérdidas por el efecto del campo magnético variable, presente en el núcleo de los transformadores de distribución.

Las más representativas son las pérdidas por histéresis y las pérdidas por corrientes parásitas o corrientes de Eddy. Estas son independientes de la carga que alimenta el transformador, más no así del material con que está conformado el núcleo y su construcción.

Estas pérdidas se producen de manera permanente, mientras el transformador se encuentre energizado, y por lo tanto son independientes de la carga del transformador, dependen del voltaje de operación, pero para el análisis se consideran constantes durante el tiempo que permanezca energizado.

Los transformadores de mayor capacidad necesitan de núcleos más grandes, por lo cual las pérdidas en el núcleo aumentan con relación a la capacidad del transformador.

Otro origen de pérdidas en el hierro son las corrientes de Foucault (pérdidas por corrientes de Eddy), que son inducidas por un flujo magnético variable, que provoquen que circulen corrientes parásitas en el hierro.

### 1.12.2. Pérdidas por histéresis

Están relacionadas directamente con la memoria del material magnético con que está construido el núcleo del transformador, debido a cambios de ciclo en la dirección de flujo magnético en el acero, son la tendencia que tiene el material de conservar su imanación o a oponerse a una variación de esta imanación. Con este fenómeno la fuerza electromotriz sufre una variación debido al sometimiento del material a campos magnéticos cíclicos.

$$P_{histéresis} = \eta * B^{1.6} * f * 10^{-6}$$

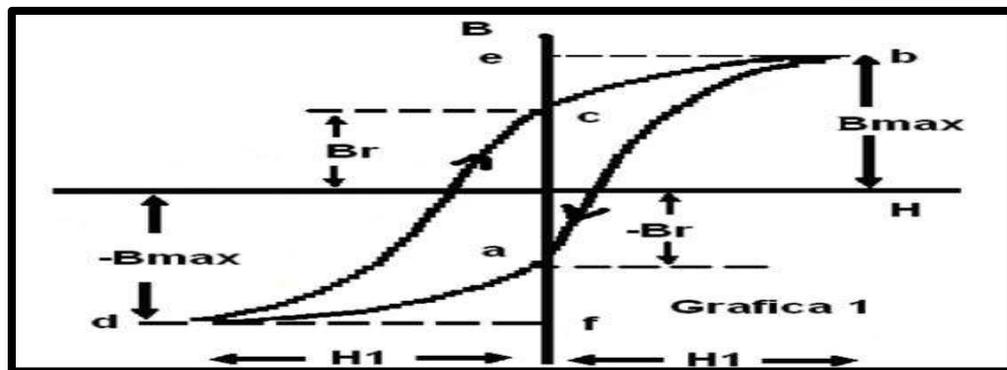
$\eta$ =coeficiente de Steinmetz del material.

**B**= densidad de flujo máxima.

**f** = frecuencia del campo magnéticoal que está sometido el material ferromagnético.

El modelo conocido del circuito del transformador, no tiene en cuenta la saturación o las pérdidas en el Hierro, sin embargo durante su funcionamiento rutinario del transformador, se empiezan a detectar los efectos de las pérdidas que empiezan a existir en el equipo. Los materiales magnéticos presentan un seguimiento en el plano (H,B), en el cual la permeabilidad es diferente para una intensidad de campo H que aumenta con respecto a una intensidad de campo que disminuye. El ciclo tiene indicado el siguiente sentido:

Gráfica 2.1 enómeno de histéresis



Fuente: Serway, Campos electromagnéticos, Magnetismo, 2009

Como se ve en la gráfica, se tienen dos puntos característicos que son ordenadas, (Hmax, Bmax) y (-Hmax,-Bmax). Tanto la fuerza magnetomotriz (H) o (Fmm) como B (Campo magnético) se mueve en los sentidos indicados.

La conclusión a la que se puede llegar es que la energía que almacena el circuito (H creciente) es mayor a la energía que se entrega (H decreciente), por tanto las pérdidas por histéresis están dadas por el área de ciclo de Histéresis multiplicado por el volumen del Hierro sobre el cual se está trabajando. Se debe tener en cuenta la frecuencia, porque son la cantidad de ciclos por segundo que existen en el fenómeno, la frecuencia depende del tipo de material con el que se esté trabajando.

### 1.12.3. Pérdidas por Corrientes Parásitas o Corrientes de Eddy

Las pérdidas por corrientes parásitas o pérdidas en el núcleo son:

$$P_{parásitas} = 2.2 * f^2 * B * e^2 \cdot 10$$

$e$  = espesor de las láminas del material

$B$  = densidad de flujo máxima.

$f$  = frecuencia del campo magnético al que está sometido el material ferromagnético

El material ferromagnético del núcleo de un transformador es sometido a un flujo magnético alterno que tiene como principio a la ley de Faraday, cuando esto ocurre se tiene necesariamente una f.e.m inducidas en el área de dicho material, esto se da en cuanto a mayor sea el flujo generado a menor la resistividad del material.

Las corrientes de Foucault existen a variar el flujo magnético en un medio, como consecuencia de esta variación, surge en el medio un campo eléctrico el cual esta descrito por una integral curvilínea a lo largo de un camino cerrado cualquiera, que limite la superficie atravesada, como dice la ley de Faraday:

$$\oint_{abcd} E \cdot dl = -\frac{d}{dt} \int B \cdot nds$$

a-b-c-d es el camino cerrado que limita la superficie atravesada por el flujo cuando el medio es conductor, el camino descrito es asiento de una corriente generada por la fuerza electromotriz inducida y resultante de la integral del campo eléctrico.

La llamada pérdida por corriente de Foucault crea el campo que se disipa en forma de calor en el medio.

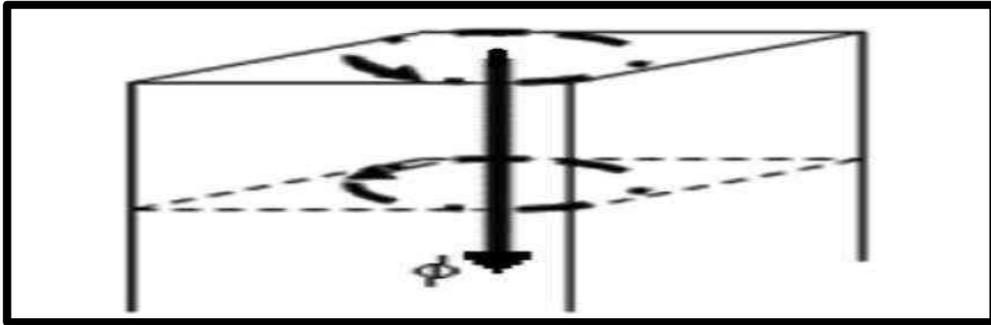
Se debe tener en cuenta que cuando la inducción magnética en los materiales ferromagnéticos suele ser relativamente elevada y la resistividad de los materiales no es demasiado grande, las fuerzas electromotrices inducidas, las corrientes de Foucault y las pérdidas asociadas podrían volverse apreciables si no se proveen medios para reducir las.

La fuerza electromotriz ( $e$ ), inducida a lo largo de un camino a-b-c-d-a, que limita una superficie a través de la cual varía el flujo está dada por:

$$e = -\frac{d\phi}{dt}$$

La fuerza electromotriz hace que por el circuito a-b-c-d-a circule una corriente de intensidad ( $I$ ), generada por una fuerza magnetomotriz, en el sentido que se oponga a la variación del flujo, dando como resultado una inducción magnética menor a la región central del bloque en su superficie.

Gráfica 2.2 corrientes de eddy en un medio cúbico

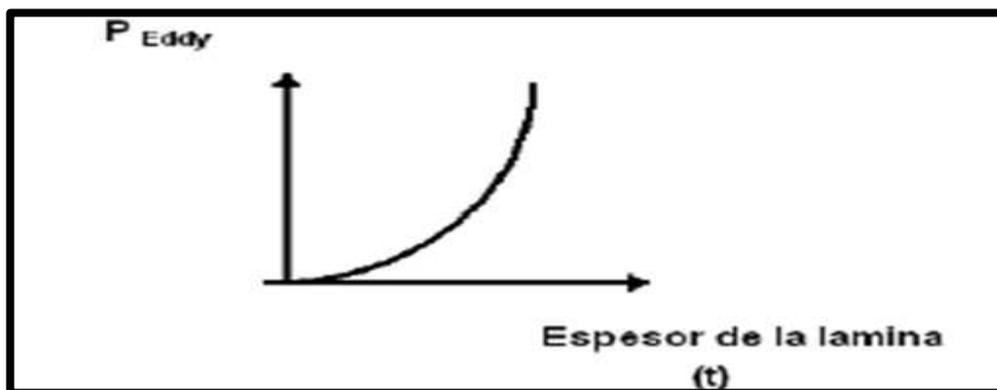


Fuente: Fuente: Serway, Campos electromagnéticos, Magnetismo, 2009

En la gráfica se puede observar como las corrientes circulan de manera normal al flujo que las origina. Se deben tomar medidas para estas corrientes, ya que hacen parte del gran flujo generado. Las soluciones para este problema son las siguientes:

**Laminación:** En lugar de que el núcleo sea una sola pieza, se crean laminas de material ferromagnético aisladas entre sí, esto aumenta la resistencia por disminución de la sección, cuanto más finas sean las láminas, menor será el efecto, se usa este método cuando los núcleos son sometidos a campos alternos.

Gráfica 2.3 comportamiento de las pérdidas de eddy según el espesor de la lámina



Fuente: Fuente: Serway, Campos electromagnéticos, Magnetismo, 2009

**Contaminación del hierro con silicio:** A fin de elevar la resistividad sin provocar un desmejoramiento sensible de las propiedades magnéticas del hierro utilizado, de manera simplificada se tiene:

$$P_{parásitas} = k * f^2 * V_{fe} * B_{máx}^2$$

**K** = Factor que depende del material

**F** = Frecuencia (60Hz)

**Vfe** = Volumen del material usado (hierro)

**Bmax** = magnitud del flujo magnético máximo

Se observa de la dependencia de la frecuencia, ya que al no existir la frecuencia no existiría pérdidas.

La corriente de excitación de un transformador produce necesariamente un flujo en el núcleo, el cual trae consigo a las corrientes de Eddy, las corrientes de Eddy dependen de la laminación del material, esto se debe a la resistencia que tiene la lámina para reducir este tipo de pérdidas.

### 1.13. Pérdidas en el cobre

Las pérdidas en el cobre de un transformador, están dadas por el efecto de Joule, es decir por las pérdidas que inducen las corrientes que atraviesan el cobre de los devanados. Estas pérdidas necesariamente dependen del nivel de carga que existe en el transformador durante su operación, cuando una corriente atraviesa el material conductor, se produce un calentamiento en el material, la ecuación básica por la que se guía este principio es la siguiente:

$$P_{cu} = (I_1^2 * R_1) + (I_2^2 * R_2)$$

En donde:

**Pcu** = Pérdidas en los bobinados del transformador

I1 = Intensidad en el bobinado primario

I2 = Intensidad en el bobinado secundario

R1 = Resistencia del bobinado primario

R2 = Resistencia del bobinado secundario

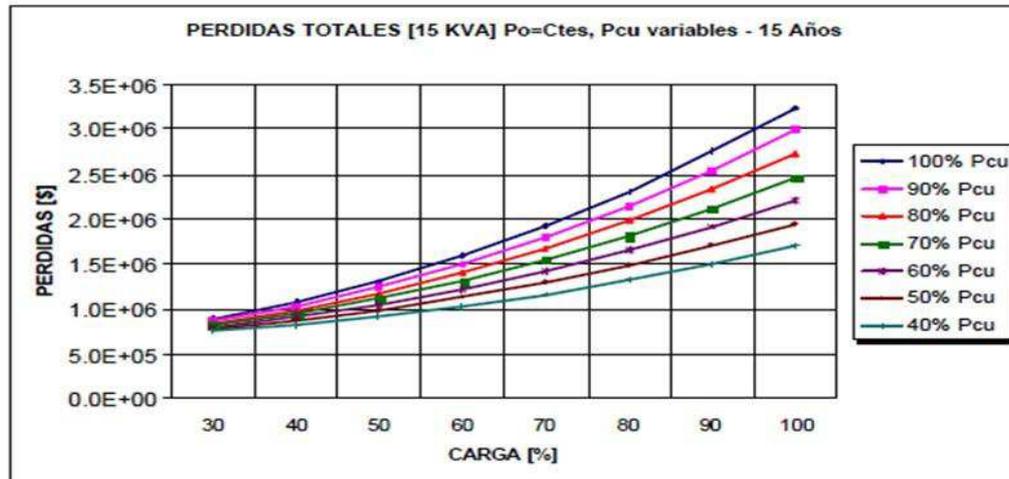
Es la suma de las potencias pérdidas en los bobinados de un transformador, funcionando bajo carga nominal. El valor de esta potencia depende de la intensidad de corriente tanto en el bobinado primario como en el secundario, la cual varía mucho desde el funcionamiento en vacío a plena carga. Un concepto se debe tener en cuenta es que el efecto del calor cuando se dan las diferentes pérdidas solo puede disminuirse, mas no eliminarse del todo, cabe tener en cuenta que las pérdidas producidas por este efecto, pueden ser reducidas al máximo, utilizando superconductores, pero esto es una solución muy costosa.

Una solución que se le pueda dar a los materiales de cobre en el transformador y reducir el calor generado por las pérdidas, es aumentar la sección transversal de los conductores, hacer un sobredimensionamiento de estos puede reducir en grandes proporciones las pérdidas. La mayoría de los transformadores están diseñados con corriente alterna a una frecuencia de 60 ciclos por segundo, lo que implica que un transformador trabajando a valores nominales y a una temperatura no mayor a la de referencia debe ser capaz de disipar calor debido a sus pérdidas.

#### **1.14. Pérdidas totales en un transformador de distribución ante variaciones de carga**

Las pérdidas totales en un transformador de distribución ante variaciones de carga se presentan variaciones de pérdidas tanto en el hierro como en el cobre. Al mantener las pérdidas del hierro constantes y variar las pérdidas en el cobre y la carga del transformador de distribución se encuentra que a menores pérdidas en el cobre en condiciones nominales de operación las pérdidas totales se reducen, así como se muestra el comportamiento en la siguiente gráfica.

**Gráfica 2.4 pérdidas reduciendo pérdidas en el cobre ante variaciones de carga.**



Fuente: CODENSA, división y planificación de la red Bogotá DC 2001

Para el comportamiento de la carga de un transformador de distribución ante una reducción en las pérdidas en el cobre nos muestra los incrementos en la carga que permitan obtener pérdidas mínimas antes de proceder a seleccionar el transformador de la capacidad inmediatamente superior.

En la grafica siguiente nos muestra el comportamiento dicho.

**Gráfica 2.5 variación de la carga máxima ante reducción de las pérdidas en el cobre**



Fuente: CODENSA, división y planificación de la red Bogotá DC 2001

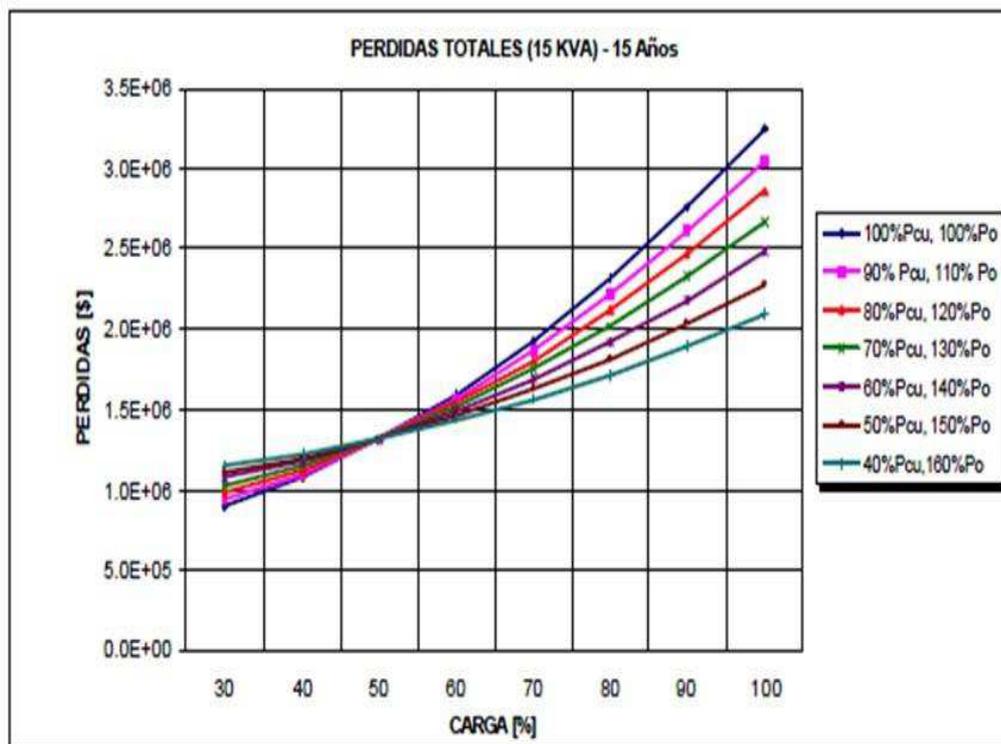
**1.15. Pérdidas totales en un aumentando las pérdidas en el hierro y reduciendo a la vez las del cobre.**

En esta condición se encuentra que en el 50 % de la carga cualquier combinación de pérdidas en el hierro y en el cobre presentan las mismas pérdidas. El efecto de reducir las pérdidas en el cobre es más significativo que el de aumentar las del hierro, pues entre los casos analizados las menores pérdidas se presentan para una combinación de 40 % de pérdidas en el cobre y un 160 % de las pérdidas en el hierro, esto para cargas superiores al 50%.

En la figura se presenta el comportamiento de las pérdidas totales en el transformador para diferentes niveles de carga, se parte de las pérdidas permisibles por la norma tanto

para el hierro como para el cobre, posteriormente se incrementan las pérdidas en el hierro y a medida que estas aumentan, se reducen las del cobre.

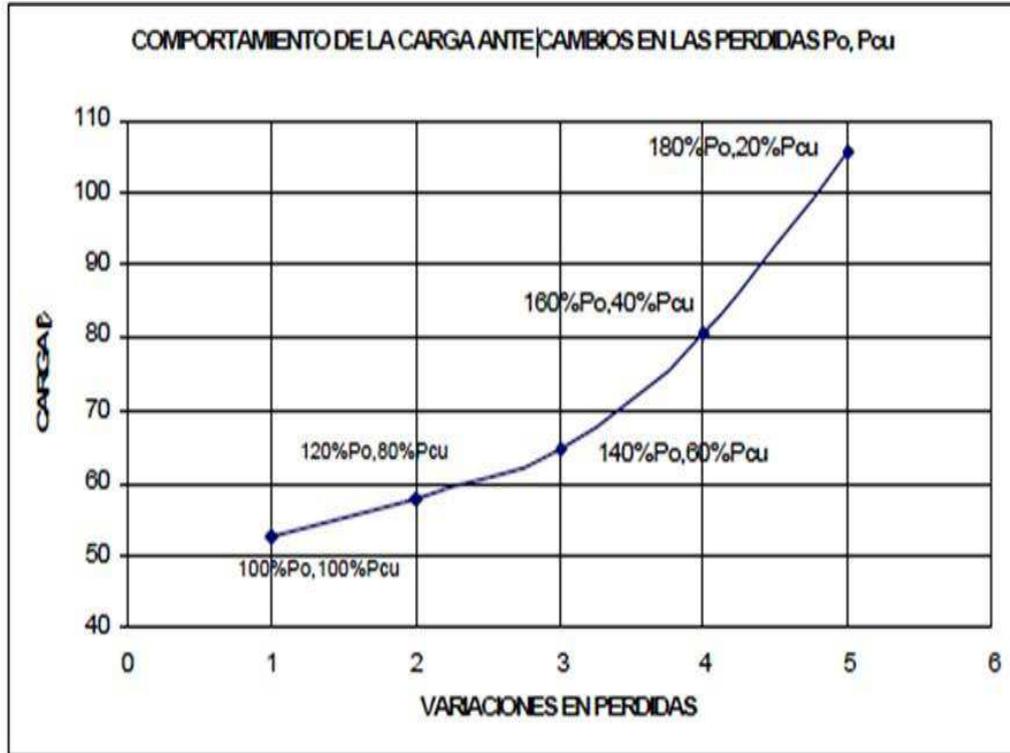
**Gráfica 2.6 pérdidas aumentando las pérdidas en el hierro y reduciendo a la vez las pérdidas en el cobre ante variaciones de carga**



Fuente: CODENSA, división y planificación de la red Bogotá DC 2001

Las pérdidas base para los casos analizados son las permisibles por la norma a partir de estas se realizan las diferentes variaciones. El comportamiento de la carga media de un transformador de distribución que garantiza pérdidas mínimas ante variaciones simultáneas de las pérdidas tanto en el hierro como en el cobre se evidencian entre las combinaciones mostradas en la figura a continuación.

**Gráfica 2.7** variación de la carga máxima ante reducción de las pérdidas en el cobre

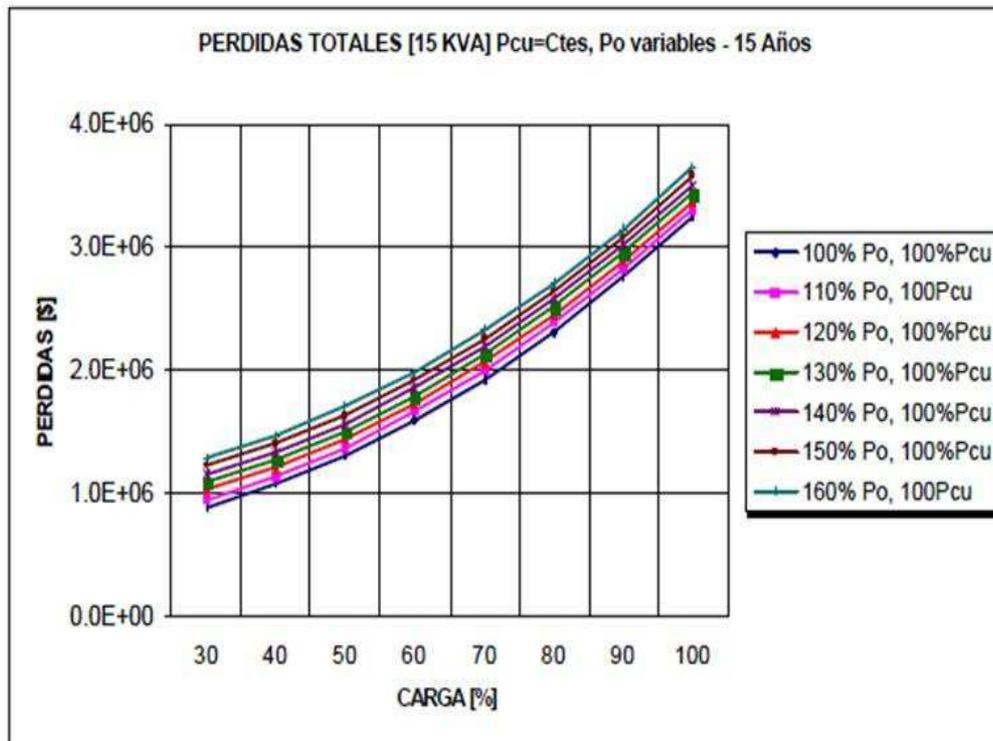


Fuente: CODENSA, división y planificación de la red Bogotá DC 2001

**1.16. Pérdidas totales aumentando las pérdidas en el hierro manteniendo las pérdidas en el cobre constantes ante variación de carga**

Para este caso el comportamiento de las pérdidas totales es a incrementarse, esto ya que las pérdidas en el cobre varían con la carga y las del hierro permanecen constantes, entonces a medida que aumenta la carga las pérdidas totales se aumentan como se muestra en la figura.

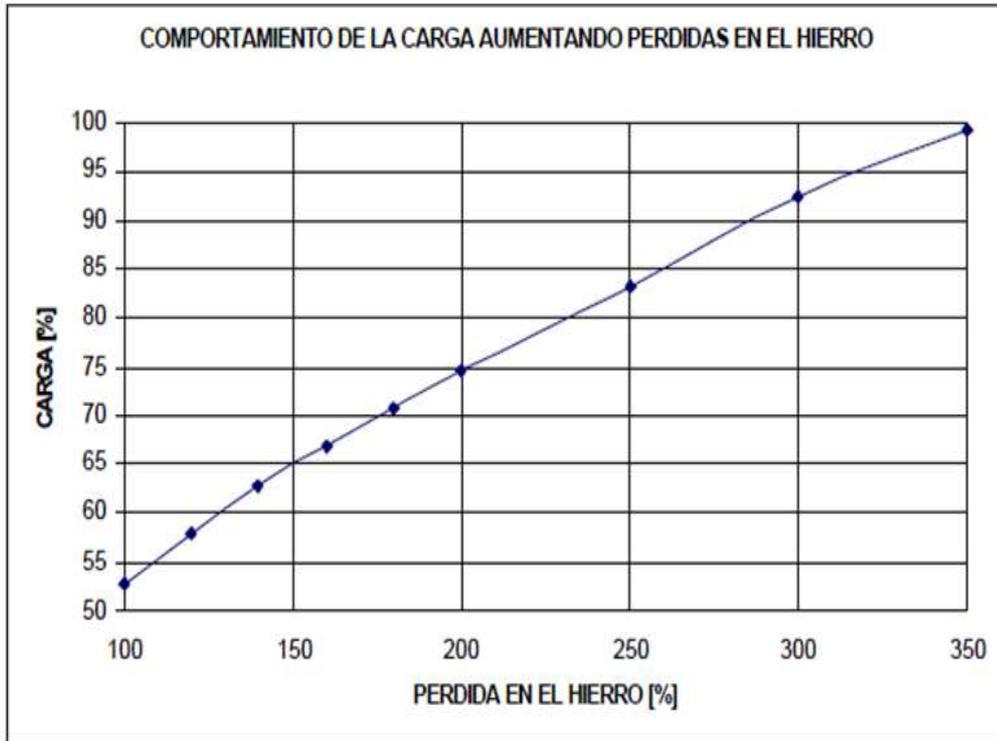
**Gráfica 2.8 pérdidas aumentando las pérdidas en el hierro, manteniendo las pérdidas en el cobre constante ante variación de carga**



Fuente: CODENSA, división y planificación de la red Bogotá DC 2001

Ante las variaciones que se puedan presentar en la carga de un transformador antes de proceder a la selección de un transformador de la capacidad inmediatamente superior ante las variaciones de las pérdidas de hierro en aumento, se muestra en la grafica el análisis desde el punto de vista de las pérdidas mínimas.

**Gráfica 2.9 comportamiento de la carga permisible ante el aumento de las pérdidas en el hierro.**



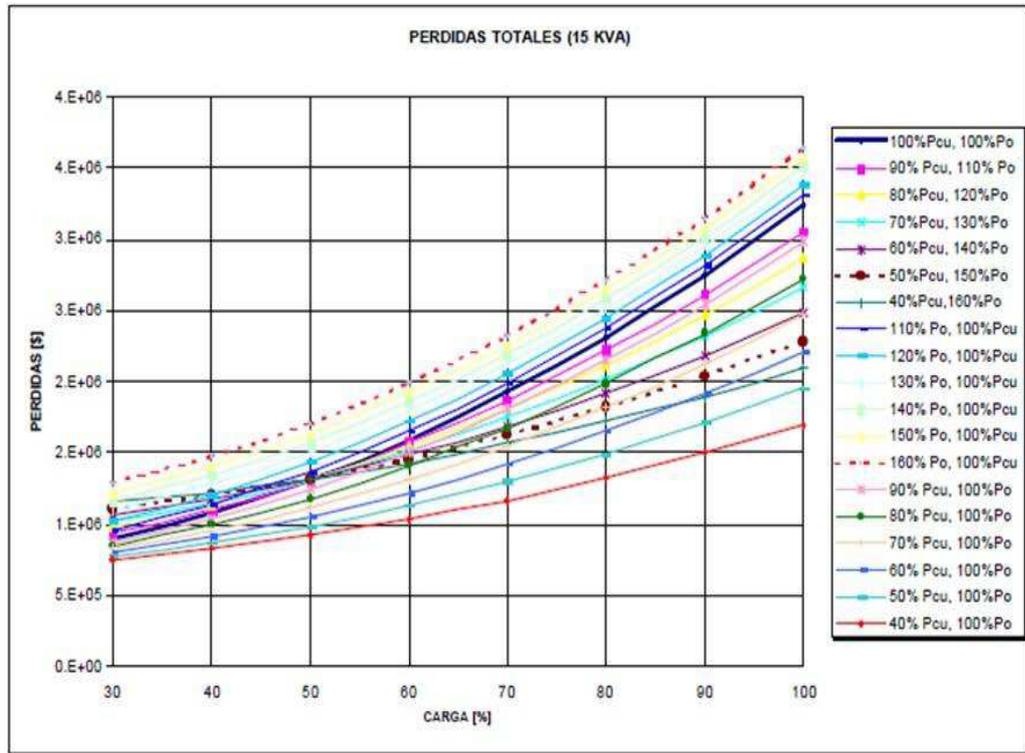
Fuente: CODENSA, división y planificación de la red Bogotá DC 2001

### **1.17. Comportamiento de las pérdidas en carga ante cambios en las pérdidas totales en condiciones nominales.**

Las pérdidas totales menores se presentan en los equipos en donde las pérdidas en el hierro se mantienen constantes y se reducen las pérdidas en el cobre.

Las pérdidas totales se incrementan en los equipos donde se mantienen las pérdidas en el cobre constantes iguales a las normalizadas en condiciones de carga nominal y se incrementan las pérdidas en el hierro. Este comportamiento se da ya que las pérdidas en el cobre se incrementan con la carga y en las pérdidas en el hierro permanecen constantes y son independientes de la carga del transformador de distribución.

**Gráfica 2.10 comportamiento de las pérdidas totales ante ,Variaciones en las pérdidas totales y en la carga**



Fuente: CODENSA, división y planificación de la red Bogotá DC 2001

Se evidencia que al reducir las pérdidas en el cobre el comportamiento de las pérdidas totales tiende a ser constante (curva con menor pendiente) que al dejar las pérdidas constantes en el cobre y aumentar las del hierro para alcanzar la igualdad

$$P_o = P_u.$$

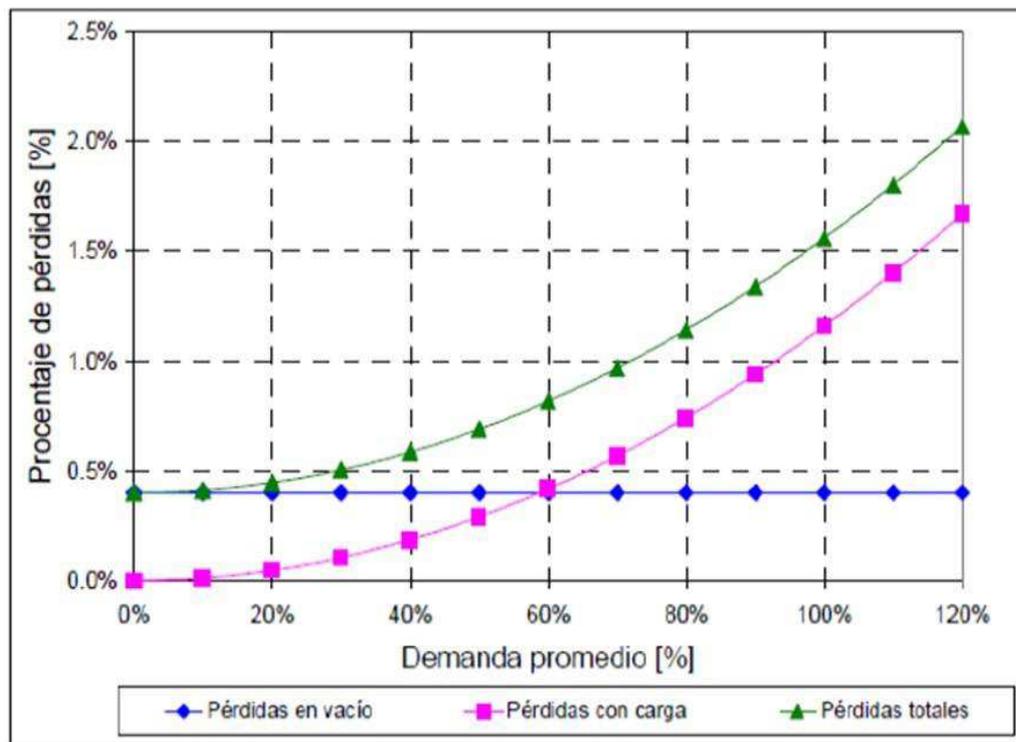
### 1.18. Comportamiento de las pérdidas en función de la demanda

Las pérdidas ligadas al transformador se determinan principalmente a las sin carga o pérdidas en el hierro y las pérdidas con carga o pérdidas en el cobre.

En la gráfica se indica el comportamiento en cuanto a las pérdidas que tiene un transformador de 25 KVA en función de su demanda, como se dijo anteriormente las pérdidas en el hierro son constantes es decir no dependen de la demanda solo

dependen del voltaje de operación y la frecuencia, mientras las pérdidas con carga aumentan con el cuadrado de la demanda como se estableció en la fórmula  $P_{cu} = (I_1^2 * R_1) + (I_2^2 * R_2)$ .

**Gráfica 2.11 comportamiento de las pérdidas en función de la demanda**

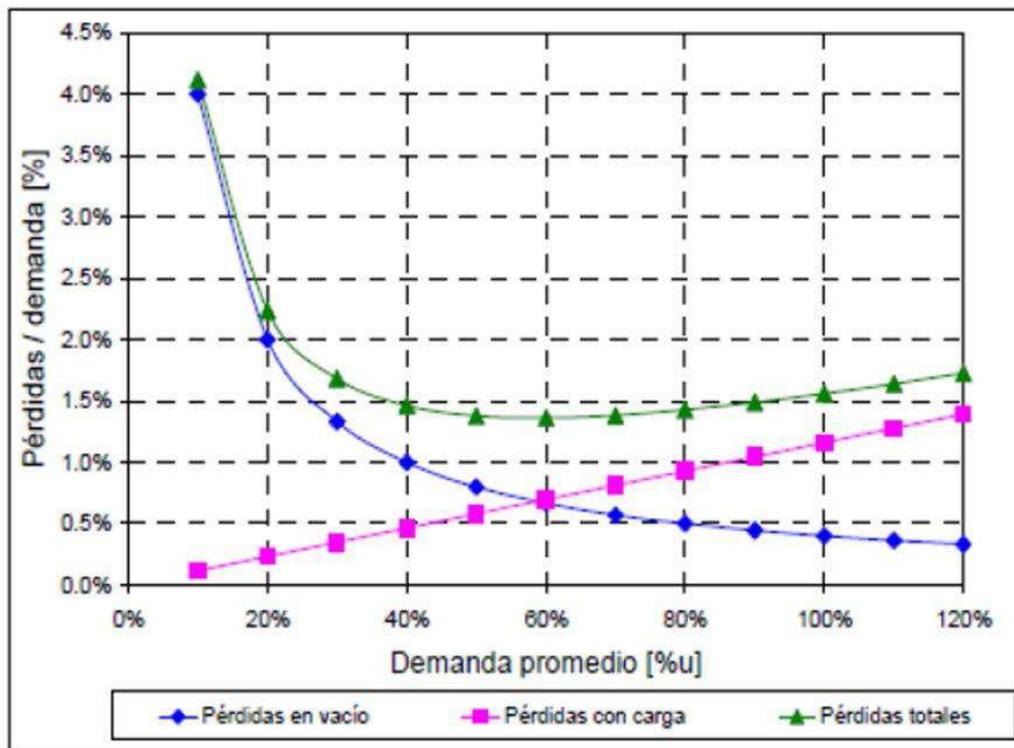


Fuente: CODENSA, división y planificación de la red Bogotá DC 2001

Según el comportamiento que tiene las pérdidas, estas son mínimas cuando no existe demanda, pero se debe tener en cuenta que esta situación no tiene ningún sentido finalidad si se desea utilizar de forma eficiente un transformador.

Por tal motivo es que se obtiene la relación entre las pérdidas y la demanda, para determinar el punto óptimo de explotación desde el punto de vista de pérdidas óptimas, en el siguiente gráfico se indica la forma en cómo un transformador opera de forma más eficiente con una demanda entre el 50% y 70% de su capacidad nominal, también se puede finalizar diciendo que tener una carga por debajo del 30% de la capacidad nominal se considera que el transformador trabaja de forma ineficiente.

**Gráfica 2.12 comportamiento de las pérdidas vs demanda en función de la demanda promedio**



Fuente: CODENSA, división y planificación de la red Bogotá DC 2001

## **CAPITULO II**

### **2. DIAGNOSTICO O ESTUDIO DE CAMPO.**

#### **2.1. Sistema eléctrico y las cargas instalada en el circuito de baja tensión de la Ciudadela Mario Loor**

##### **2.2. Antecedente.**

La ciudadela Mario Loor se encuentra ubicada al margen derecho de la salida Sur-oeste del Cantón Chone de la Provincia de Manabí, posee 82 lotes para vivienda o soluciones habitacionales y un área verde; fue creada el 9 de diciembre del año 2003 como comité Pro- Mejoras, adoptando este nombre en sus primeros gestiones.

Posterior mente Adopta el nombre de Ciudadela Mario Loor, ya que este personaje fue un morador muy destacado y generoso, siendo el gestor para la creación del asentamiento de viviendas en el sector, además donó un terreno en la cual se edificó la Unidad Educativa Alfonso Abab Solórzano.

##### **2.3. Levantamiento de las redes Existentes**

La red existente en media tensión tiene una longitud aproximada de 320mt, que inicia desde la derivación que se ubica en la margen derecha del paso lateral vía Chone-Quito diseñada con conductor ACSR AWG #2, junto a la entrada hacia la ciudadela y finaliza en el poste existente con el transformador auto protegido de 25kva que suministra energía eléctrica al sector más lejano de la Ciudadela Mario Loor.

La red de baja tensión, inicia en el poste existen a la entrada de la ciudadela, en la cual se ubica un transformador auto protegido de 25kva, cuyas líneas de baja tensión tienen una longitud aproximada de 502mt, diseñadas con conductor ACSR AWG #2 para las fases y ACSR AWG #4 para el neutro, sostenidas en estructuras ESD-3EP.

#### 2.4. Términos de Referencia Antecedentes

La potencia instalada en la red eléctrica concerniente a los circuitos (CT1, CT2, CT3), es de 75kva totales, distribuidos en 3 transformadores monofásico, cuya potencia nominal de cada uno de ellos es de 25kva, todos ellos auto protegido a un nivel de voltaje de 13,8-7,96kv.

#### 2.5. Estudio de Demanda Máxima Unitaria (DMU)

Debido a que la carga está determinada por un usuario que requiere facilidades y por ser una urbanización de interés social la demanda máxima a determinar está destinada para un usuario o consumidor **TIPO “D”**, cuya DMU oscila entre 1,2 – 2 KVA según lo indica las Normas Vigente en CNEL EP.

La DMU de los usuarios de la Urbanización, se justifica en los **Anexo**, cuya planilla de carga para un usuario representativo presenta una demanda de 1,11 KVA teniendo en consideración los diferentes aparatos y artefactos eléctricos a utilizar.

#### 2.6. Determinación de la Demanda Máxima Unitaria Proyectada (DMUP)

Con el fin de garantizar el diseño eléctrico para años futuros, incrementamos la DMU en un 6% anual para los próximos 10 años.

El incremento progresivo (DMUp) está dado por:

$$DMUp = DMU \left( 1 + \frac{Ti}{100} \right)^n$$

Donde:

DMUp = Demanda Máxima Unitaria Proyectada en KVA

DMU = Demanda Máxima Unitaria en KVA

Ti = Tasa de incremento acumulativo media anual de la demanda n = 10 Años.

$$DMUp = 1.11 \left(1 + \frac{6}{100}\right)^{10}$$

$$DMUp = 1,99 \text{ KVA}$$

### Resumen de demanda por vivienda.

POTENCIA INSTALADA=	1,00 KW
DMU=	1,10 KVA
DMUp =	1,99 KVA
FACTOR DE DEMANDA=	0,75
FACTOR DE POTENCIA=	0,92
NUMERO DE VIVIENDAS=	82

### 2.7. Transformadores Instalados

Con un número total de 82 viviendas independientes y una demanda máxima proyectada representativa para cada vivienda de 1,99 KVA con un factor de demanda de 0,75 se procede a seleccionar la capacidad de los transformadores considerando una carga especial total de 12 KVA para el alumbrado público y otros. Se ha estimado 3 circuitos eléctricos independientes para la misma, es decir desde el CT-1 hasta CT-3; y para cada uno de ellos se detallan las características respectivas. Así tenemos:

RESUMEN DE CARGAS POR CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DEL ANÁLISIS DEL PROYECTO "CIUDADELA MARIO LOOR"					
ÍTEM	Nº USUARIOS	FD	DMUp (KVA)	DEMANDA REQUERIDA KVA	TRANSFORMADOR INSTALADO KVA
CT-1	28	1,75	1,99	25,44	25
CT-2	34	1,75	1,99	29,33	25
CT-3	20	1,75	1,99	17,66	25

## CIRCUITO TRANSFORMADOR 1.

El circuito esta alimentado por un transformador de 25 KVA y sirve a 28 usuarios de la ciudadela, 13 luminarias de 150 W vapor de NA, tiene una longitud de 252 metros lineales.

El cálculo de transformación requerida es el siguiente:

$$DMp (CT1) = (DMUp * N * (1/FD) * Fcoin) + Ap$$

Donde:

Fcoin, Factor de coincidencia está en función del número de clientes conectados a la red expresada:

$$Fcoin = N^{-0,0944}$$

Ap, alumbrado público:

$$Ap = (\# \text{ luminarias} * 1,25 * \text{potencia luminarias}) \text{ KVA}$$

De acuerdo a esto se tiene:

$$DMp (CT1) = (1,99 * 28 * (1/1,75) * 0,73) + 2,20$$

$$DMp (CT1) = \mathbf{25.44 \text{ KVA}}$$

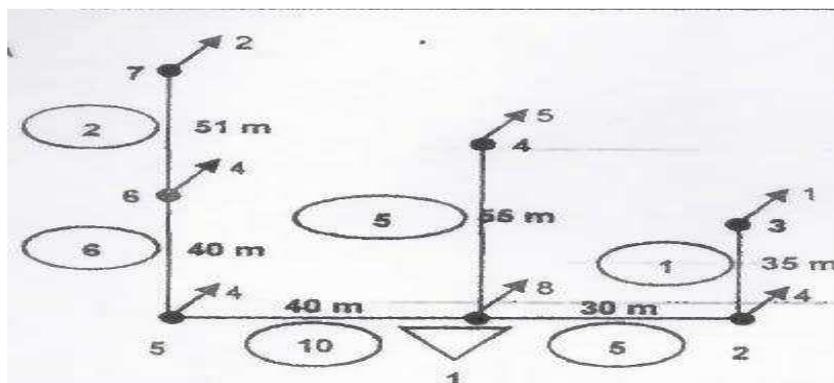
De acuerdo al cálculo anterior se ha procedido a seleccionar un transformador monofásico auto protegido de **37,5 KVA**

Nombre del propietario:	Ciudadela Mario Loo	Centro de transformación	37.5	KVA
-------------------------	---------------------	--------------------------	------	-----

Nº del proyecto:	1	Usuario Tipo	D	
Tipo de instalación	Aérea	DMUp	2.5	KVA

Tensión 120/240 V	Numero de fases 2	Circuito N°	CT-1	
Límite de caída de Voltaje	3.5 %	Material del Conductor	AL. DESNUDO	ACSR AWG #2 ACSR AWG #4

ESQUEMA



TRAMO			DMUp	CONDUCTOR	COMPUTO			
ASIGNACIÓN	LONG. MT	NUMERO DE USUARIOS	KVA	CALIBRE	KVA M	KVA M	PARCIAL	TOTAL
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	8	2,54	ACSR AWG #2 ACSR AWG #4	184	0	0	0
1-2	30	4	2,01	ACSR AWG #2 ACSR AWG #4	184	60,3	0,33	0,33
2-3	35	1	1,00	ACSR AWG #2 ACSR AWG #4	184	35	0,19	0,52
1-4	56	5	2,19	ACSR AWG #2 ACSR AWG #4	184	122,64	0,67	0,67
1-5	40	4	2,01	ACSR AWG #2 ACSR AWG #4	184	80,4	0,44	1,11
5-6	40	4	2,01	ACSR AWG #2 ACSR AWG #4	184	80,4	0,44	2,55
6-7	51	2	1,50	ACSR AWG #2 ACSR AWG #4	184	76,5	0,42	2,97

## CIRCUITO DEL TRANSFORMADOR 2

El circuito esta alimentado por un transformador de 25 KVA y sirve a 34 usuarios de la Ciudadela, 8 luminarias de 150 W vapor de NA, tiene una longitud de 160 metros lineales. El cálculo de transformación requerida es el siguiente:

$$DMp (CT2) = (DMUp * N * (1/FD) * Fcoin) + Ap$$

De acuerdo a esto se tiene

$$DMp (CT1) = (1,99 * 34 * (1/1,75) * 0,72) + 1,5$$

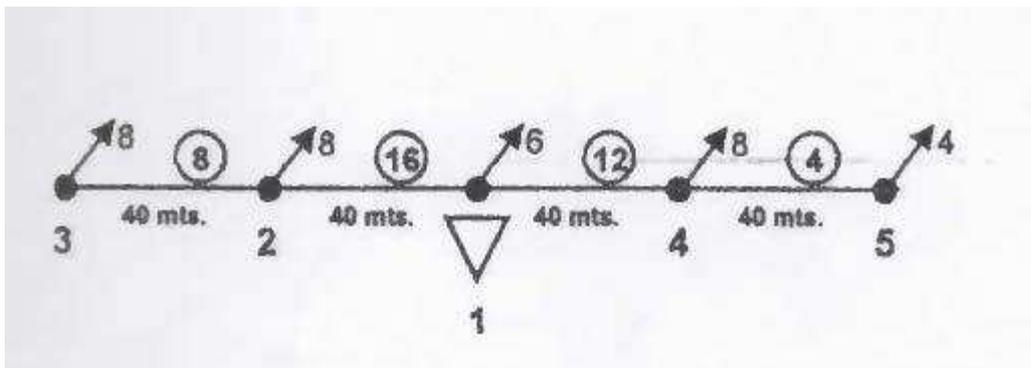
$$DMp (CT1) = \mathbf{29,33 \text{ KVA}}$$

De acuerdo al cálculo anterior y vasado al proceso realizado en el circuito del transformador 1 se ha procedido a seleccionar un transformador monofásico auto protegido de **37,5 KVA**

Nombre del propietario:	Ciudadela Mario Loor	Centro de transformación	37.5	KVA
-------------------------	----------------------	--------------------------	------	-----

N° del proyecto:	2	Usuario Tipo	D	
Tipo de instalación	Aérea	DMUp	2.5	KVA
Tensión 120/240 V	Numero de fases 2	Circuito N°	CT-1	
Límite de caída de Voltaje	3.5 %	Material del Conductor	AL. DESNUDO	ACSR AWG #2 ACSR AWG #4

### ESQUEMA



TRAMO			DMUp	CONDUCTOR	COMPUTO			
ASIGNACIÓN	LONG. MT	NUMERO DE USUARIOS	KVA	CALIBRE	KVA M	KVA M	PARCIAL	TOTAL
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	6	2,32	ACSR AWG #2 ACSR AWG #4	184	0	0	0
1-2	40	8	2,54	ACSR AWG #2 ACSR AWG #4	184	101,6	0,55	0,55
2-3	40	8	2,54	ACSR AWG #2 ACSR AWG #4	184	101,6	0,55	1,10
1-4	40	8	2,54	ACSR AWG #2 ACSR AWG #4	184	101,6	0,55	0,55
4-5	40	4	2,01	ACSR AWG #2 ACSR AWG #4	184	80,4	0,44	0,99

### CIRCUITO DEL TRANSFORMADOR 3

El circuito esta alimentado por un transformador de 25 KVA y sirve a 20 usuarios de la Ciudadela, 3 luminarias de 150 W vapor de NA, tiene una longitud de 90 metros lineales. El cálculo de transformación requerida es el siguiente:

$$DMp (CT3) = (DMUp * N * (1/FD) * Fcoin) + Ap$$

De acuerdo a esto se tiene

$$DMp (CT3) = (1,99 * 20 * (1/1,75) * 0,75) + 0,6$$

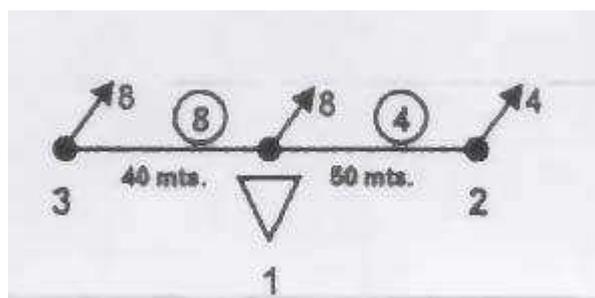
$$(CT3) = 17,66 \text{ KVA}$$

De acuerdo al cálculo anterior se ha procedido a seleccionar un transformador monofásico auto protegido de **25 KVA**.

Nombre del propietario:	Ciudadela Mario Loor	Centro de transformación	25	KVA
-------------------------	----------------------	--------------------------	----	-----

<b>N° del proyecto:</b>	<b>3</b>	<b>Usuario Tipo</b>	<b>D</b>	
Tipo de instalación	Aérea	DMUp	2.5	KVA
Tensión 120/240 V	Numero de fases 2	Circuito N°	CT-1	
Límite de caída de Voltaje	3.5 %	Material del Conductor	AL. DESNUDO	ACSR AWG #2 ACSR AWG #4

ESQUEMA



TRAMO			DMUp	CONDUCTOR	COMPUTO			
ASIGNACIÓN	LONG. MT	NUMERO DE USUARIOS	KVA	CALIBRE	KVA M	KVA M	PARCIAL	TOTAL
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	8	2,54	ACSR AWG #2 ACSR AWG #4	184	0	0	0
1-2	50	4	2,01	ACSR AWG #2 ACSR AWG #4	184	100,5	0,57	0,57
1-3	40	8	2,54	ACSR AWG #2 ACSR AWG #4	184	101,6	0,55	0,55

La relación de voltaje en el primario y secundario es:

PRIMARIO 7960 Voltios

SECUNDARIO 120/240 Voltios

Tipo: Auto protegido

Frecuencia:	60Hz
Temperatura:	15.0°C
Incr. Temp:	65°C
Altd. Diseño:	3.000msnm
Clase Aislamiento:	AO
Refrigeración:	ONAM
Polaridad:	Aditiva +1 a -3 x 2.5%

Los transformadores se instalan en Postes de hormigón armado de 11 metros de altura 350 Kg. ER de acuerdo a lo exigido en las normas vigentes de CNEL EP.

## **2.8. Red de Media Tensión.**

### **2.8.1. Red Primaria**

La alimentación en media tensión para la Ciudadela es trifásica proveniente del alimentador 3 de la subestación Chone. La línea se construyó con conductor de aluminio ASCR # 2 para las fases y ACSR # 4 para el neutro.

La alimentación en media tensión, empieza en el Poste existente P0 desde donde la línea trifásica ingresa con la fases A, B, C, en un tramo de 163 metros hasta el poste P4, a partir de allí seguirá bifásica con la fase B, C en un tramo de 92 metros hasta el poste P12 desde donde seguirá monofásica con la fase C hasta llegar a la última cuadra de la Ciudadela, con una longitud de 65 metros.

Cabe indicar que en la construcción de la línea de media tensión se utilizaron estructura normalizada para nivel de 13800 voltios y se ha procurado realizar un balance entre fase de la capacidad total.

Están instalado 3 seccionadores portafusible de 15 KV- 100 Amperios y 3 pararrayo de 10 KV al inicio de la red, seccionadores portafusible de 15 KV-100 Amperios en inicio de ramales y un seccionador en cada uno de los

transformadores.

Los conductores utilizados en la línea de media tensión son, Al ACSR #2 AWG para la Fase y Al ACSR #4 AWG para el Neutro.

### **2.8.2. Estructuras utilizadas en los circuitos.**

Las estructuras a utilizada en la construcción de la línea de media tensión y red de bajo voltaje de la Ciudadela son las recomendadas por CNEL EP en las normas de aprobación de proyectos eléctricos. Para ellos se agrega la hoja de estacamiento en los anexos, en la que se indica la estructura a emplearse en cada poste de la Urbanización.

Estas estructuras están montada en Poste de Hormigón Armado de 11 metros de longitud y 350 Kg. de Esfuerzo a la Rotura.

Los aisladores de suspensión de caucho siliconado a utilizado son los de Clase ANSI DS- 52- 1 normalizados para una tensión de 13,8 KV.

### **2.9. Red de Bajo Voltaje**

El circuito secundario está construido con cable de aluminio desnudo ACSR # 2 para las fases y ACSR # 4 para el neutro, el recorrido de la red y las estructuras de soporte se muestra en el plano respectivo, estas estructuras están soportadas con sus correspondientes accesorios de seguridad y herraje.

El circuito secundario tiene una longitud total de 502 metros lineales para la Ciudadela Mario Loor, cada transformador está conectado con neutro corrido que se conecta desde el bushing de Bajo Voltaje de los transformadores y aterrizado a tierra.

De esta red secundaria se procede a derivar las correspondientes acometidas antifraude concéntricas aislado TW #6 AWG hacia las viviendas, las mismas que son aéreas y llegan hasta cada uno de los medidores de energía de las viviendas de la Ciudadela.

La iluminación interna de la Ciudadela cuenta con 24 luminarias de 150 W vapor de sodio, que están conectadas a la red de B.T a través de conectores de compresión debidamente machinados.

El cálculo de caída de tensión de los circuitos secundarios está en el **Anexo #5** del estudio eléctrico.

### **2.9.1. Seccionamiento y Protecciones Media Tensión**

Para proteger a los transformadores contra falla a tierra y origen interno, están instalados al inicio de la derivación aéreas trifásica en M.T proyectada 3 Seccionadores–Fusible de 15 KV-100 Amperios con tira fusible de 25 amperios tipo K.

Además están instaladas cajas porta fusibles de 15 KV-100 Amperios en cada uno de los ramales de derivación y en cada centro de transformación. Los seccionadores fusibles son de tipo abierto con capacidad de interrupción Simétrica de 5.000 Amperios y la Asimétrica de 8.000 Amperios.

Las protecciones contra falla de origen atmosférico procederán por medio de pararrayos tipo válvula de 10 Kv. incorporado, que forma parte de una unidad con el transformador.

Cada Transformador y su Pararrayo están aterrizado a tierra.

### **2.9.2. Baja Tensión**

La Protección Secundaria principal se realizara por medio del brearker incorporado en el transformador y la protección de cada una de las viviendas están realizados con un termo magnético bipolar de donde saldrán los circuitos independientes que energizarán las cargas representativas de cada una de las viviendas.

## **2.10. Materiales usados en la elaboración del circuito**

### **a. Poste**

Los utilizados son 15 postes de hormigón de 11 metros de longitud y de esfuerzo a

la Rotura de 350 Kg. Que sirven de apoyo para a las redes eléctricas y transformadores.

**b. Puesta A Tierra**

Para cada transformador está instalado una puesta a tierra compuesta por un conductor de cobre desnudo #2 y varilla cooperweld de 1,8 mm x 16 mm en el punto neutro y tierra, enterrada a un metro de profundidad de la base.

**c. Medición**

La medición está siendo realizada en forma individual para cada vivienda y se ubicará de tal forma que permita la lectura y control por parte del personal de CNEL EP.

**d. Herrajes y Crucetas.-**

Todos los herrajes y crucetas empleado son completamente galvanizada por proceso de inmersión en caliente.

**2.11. Lista de equipos y materiales.**

Se adjunta a la presente memoria la lista y especificación de equipo y materiales que están en el presente proyecto.

**2.12. Procesamiento de los resultados de la investigación de campo e interpretación de la información.**

Para el procesamiento y tabulación de la información se utilizó parte de las herramientas del paquete office, con lo que se procedió a la tabulación y elaboración de cuadros y gráficos estadísticos.

Para lo cual se utilizarán las interrogantes planteadas en la encuesta realizada en la Ciudadela Mario Loo de Chone, la cual se detallan a continuación:

1 ¿Considera usted que actualmente es imprescindible el uso de energía eléctrica?

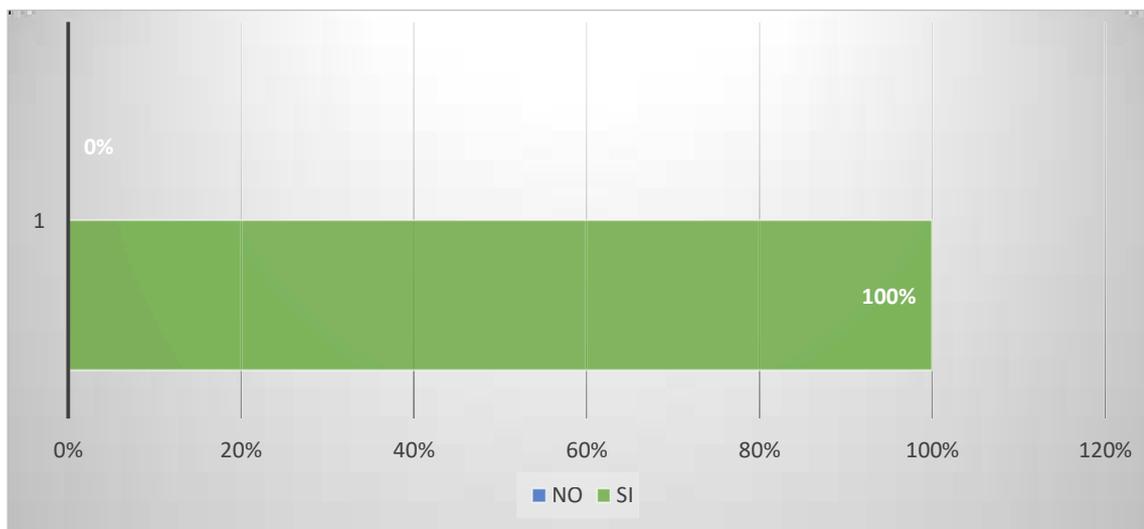
TABLA 1

ALTERNATIVA	f	%
SI	84	100
NO	0	0
TOTAL	84	100

**Fuente:** Habitantes de la Ciudadela Mario Loor

**Autores:** García Alcívar Carlos Miguel y Loor Celorio Johan Leonardo

GRAFICO 1



### **Análisis e interpretación.**

Que el 100% de la muestra seleccionada informa que SI es Imprescindible el uso de la energía eléctrica.

Por lo que se considera de suma importancia mantener la calidad de la energía eléctrica mediante la repotenciación de los circuitos eléctricos en media como en baja tensión eléctrica.

2 ¿Sabe usted si se realizaron mejoramiento en el circuito eléctrico de su Ciudadela?

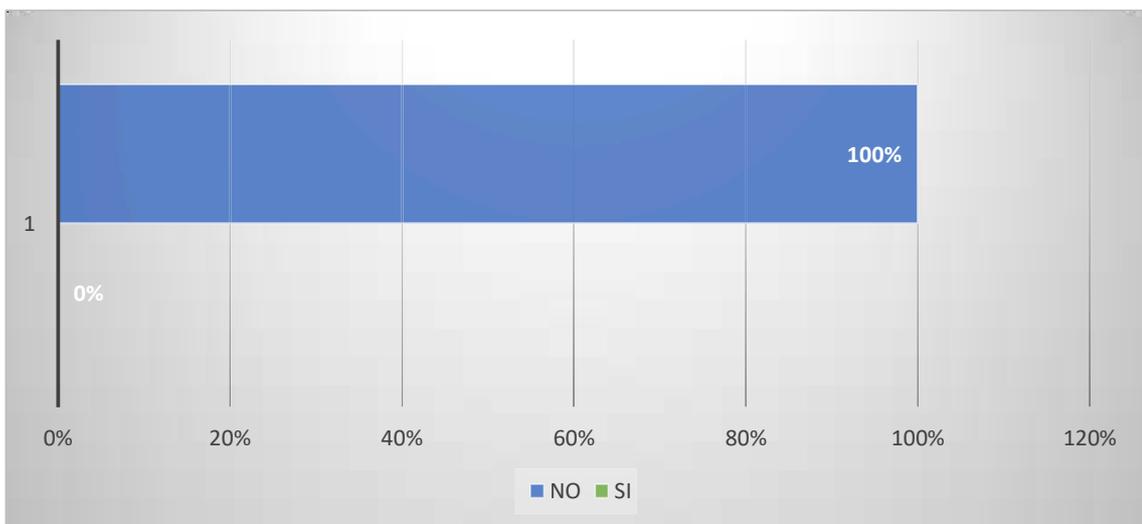
TABLA 2

ALTERNATIVA	f	%
SI	0	0
NO	84	100
TOTAL	84	100

**Fuente:** Habitantes de la Ciudadela Mario Loor

**Autores:** García Alcívar Carlos Miguel y Loor Celorio Johan Leonardo

GRAFICO 2



### **Análisis e interpretación.**

Que el 100% de la muestra seleccionada informa que NO saben si se realizaron mejoramiento en los circuitos eléctricos de la Ciudadela.

Por lo que se debe mejorar la comunicación con la comunidad en asuntos que refieran al mejoramiento de los circuitos eléctricos en media y baja tensión de la ciudadela.

3 ¿Le gustaría que a la ciudadela le hagan un estudio de carga eléctrica con el fin de conocer el estado en que se encuentran?

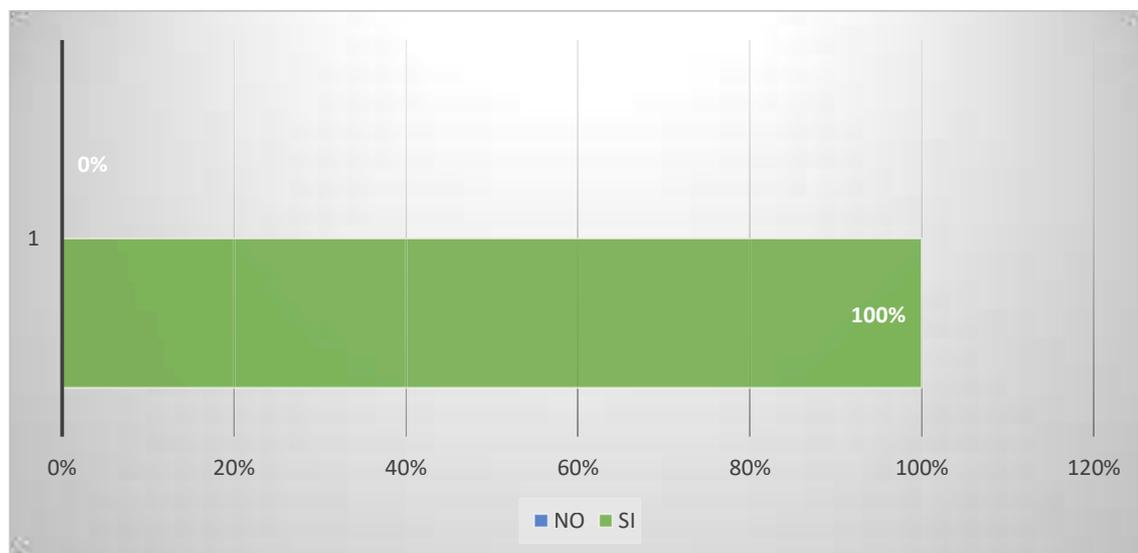
TABLA 3

ALTERNATIVA	f	%
SI	84	100
NO	0	0
TOTAL	84	100

**Fuente:** Habitantes de la Ciudadela Mario Loor

**Autores:** García Alcívar Carlos Miguel y Loor Celorio Johan Leonardo

GRAFICO 3



**Análisis e interpretación.**

Que el 100% de la muestra seleccionada informa que SI le gustaría conocer las el estado en que se encuentra el circuito eléctrico de la ciudadela.

Por lo que es importante realizar este proyecto que verificará el estado de las redes y circuitos eléctricos de la ciudadela.

#### 4 ¿Sufre de interrupciones no programadas en el servicio eléctrico?

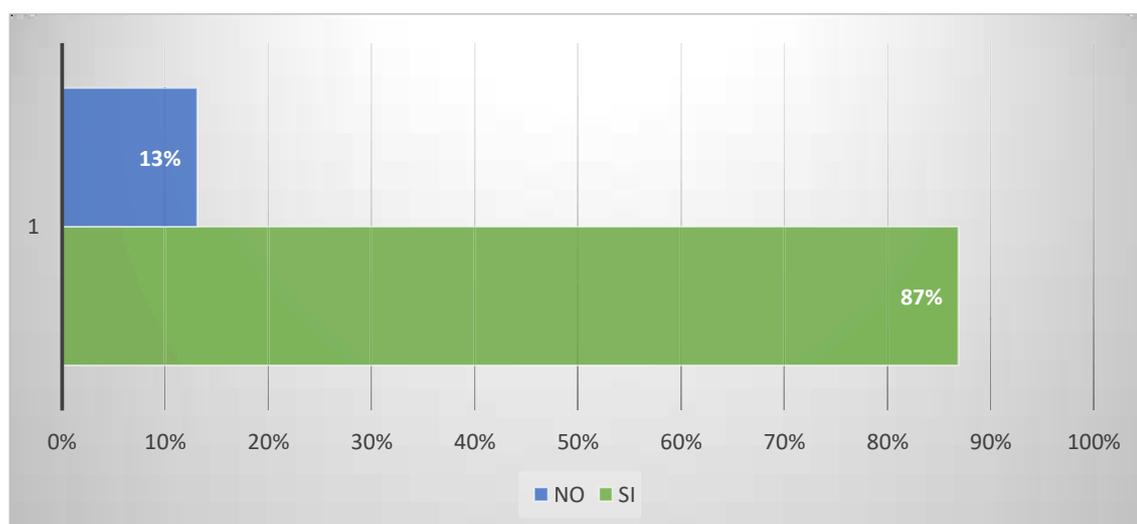
TABLA 4

ALTERNATIVA	f	%
SI	73	86,90
NO	11	13,10
TOTAL	84	100

**Fuente:** Habitantes de la Ciudadela Mario Loor

**Autores:** García Alcívar Carlos Miguel y Loor Celorio Johan Leonardo

GRAFICO 4



#### **Análisis e interpretación.**

Que el 87% de la muestra seleccionada informa que SI se han sufrido de interrupciones no programadas en el servicio eléctrico y el 13% restante manifestaron que NO.

Por lo que se considera oportuno que las notificaciones de las interrupciones del servicio eléctrico deben ser informados con antelación.

5 ¿Usted recibe avisos sobre interrupciones programadas en el servicio eléctrico?

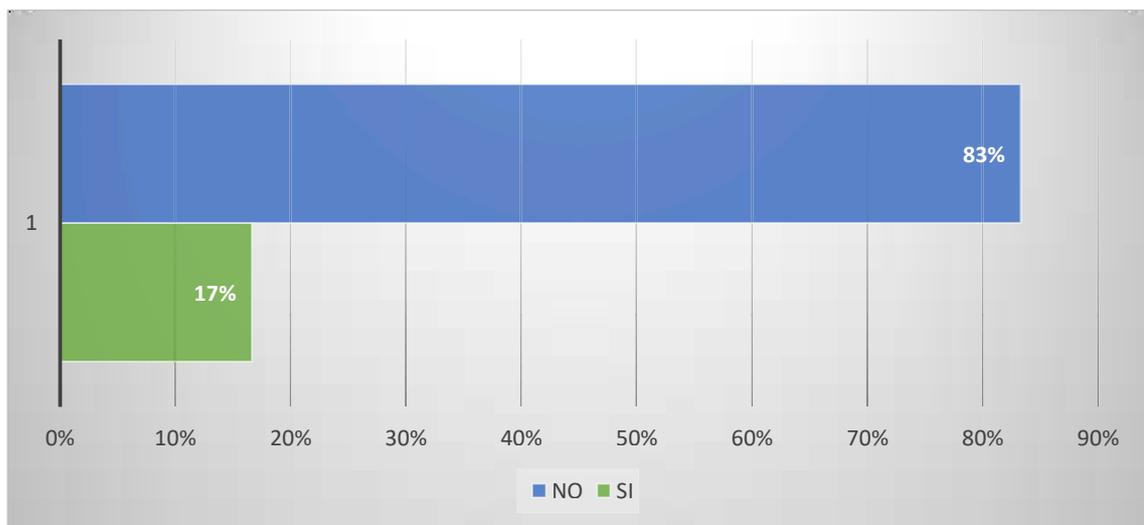
TABLA 5

ALTERNATIVA	f	%
SI	14	16,67
NO	70	83,33
TOTAL	84	100

**Fuente:** Habitantes de la Ciudadela Mario Loor

**Autores:** García Alcívar Carlos Miguel y Loor Celorio Johan Leonardo

GRAFICO 5



### **Análisis e interpretación.**

Que el 83% de la muestra seleccionada informa que NO recibe avisos sobre interrupciones programadas del servicio eléctrico y el 17% restante manifestaron que SI.

Por lo que se considera que las comunicaciones de interrupciones programadas del servicio eléctrico deben ser más precisas y ser recibidas por la mayoría de las personas que habitan en el sector afectado.

6 ¿Conoce usted si las interrupciones del fluido eléctrico han sido provocados o accidentales?

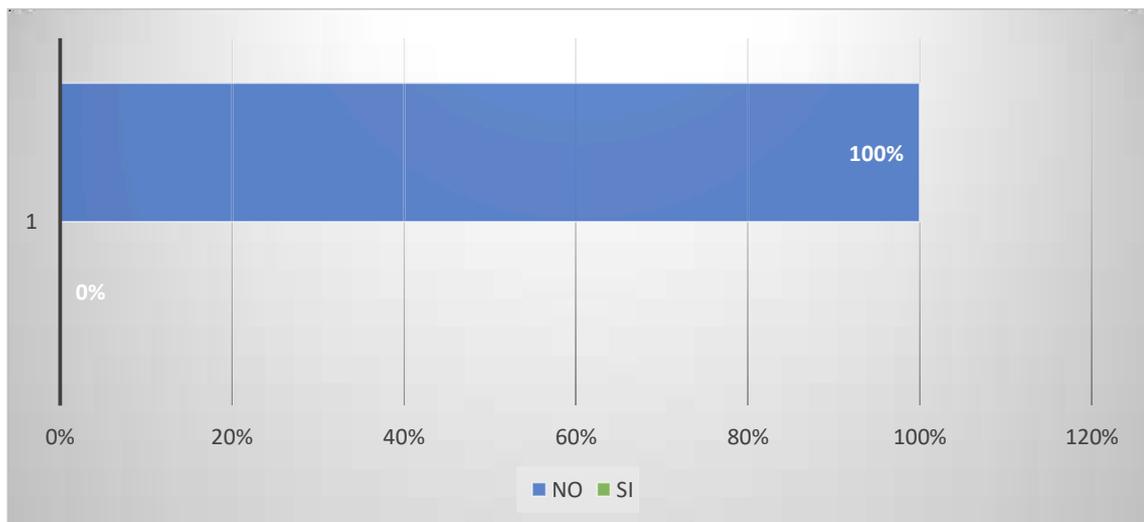
TABLA 6

ALTERNATIVA	f	%
SI	0	0
NO	84	100
TOTAL	84	100

**Fuente:** Habitantes de la Ciudadela Mario Loor

**Autores:** García Alcívar Carlos Miguel y Loor Celorio Johan Leonardo

GRAFICO 6



### **Análisis e interpretación.**

Que el 100% de la muestra seleccionada informa que NO saben si las interrupciones del fluido eléctrico han sido provocados o accidentales.

Por lo que se debe realizar campañas informativas para conocer sobre las razones que provocan las interrupciones del fluido eléctrico en la ciudadela.

7 ¿Se encuentra satisfecho con la calidad de la iluminación de su ciudadela?

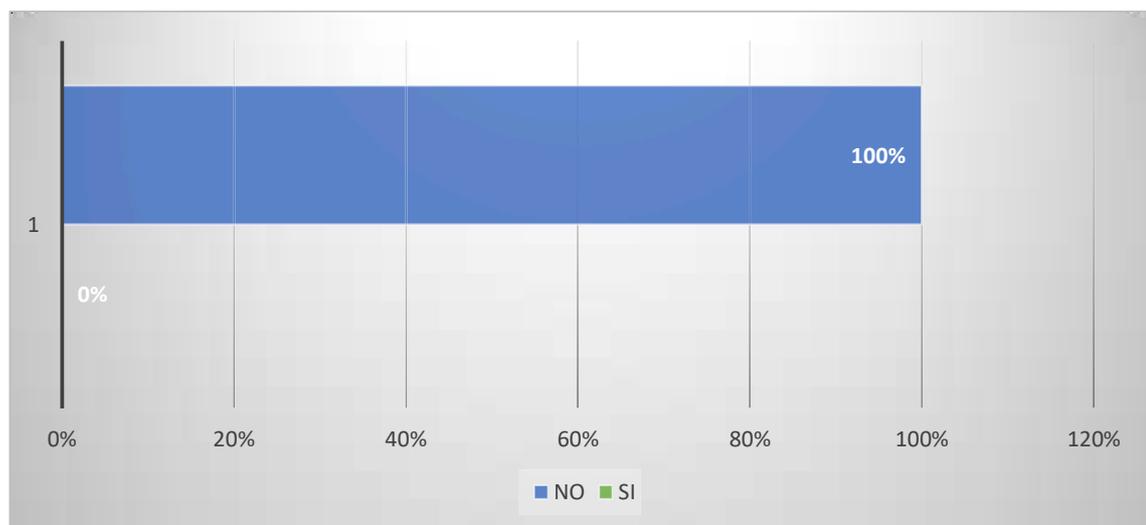
TABLA 7

ALTERNATIVA	f	%
SI	0	0
NO	84	100
TOTAL	84	100

**Fuente:** Habitantes de la Ciudadela Mario Loor

**Autores:** García Alcívar Carlos Miguel y Loor Celorio Johan Leonardo

GRAFICO 7



**Análisis e interpretación.**

Que el 100% de la muestra seleccionada informa que NO se encuentran satisfechos con la calidad de la iluminación de su ciudadela.

Por lo que importante repotenciar los circuitos de media y baja tensión con el fin de mejorar la calidad de energía eléctrica y así ubicar mayor cantidad de lámparas de iluminación externa.

8 ¿Se encuentra satisfecho con la calidad de la energía eléctrica que recibe en su hogar?

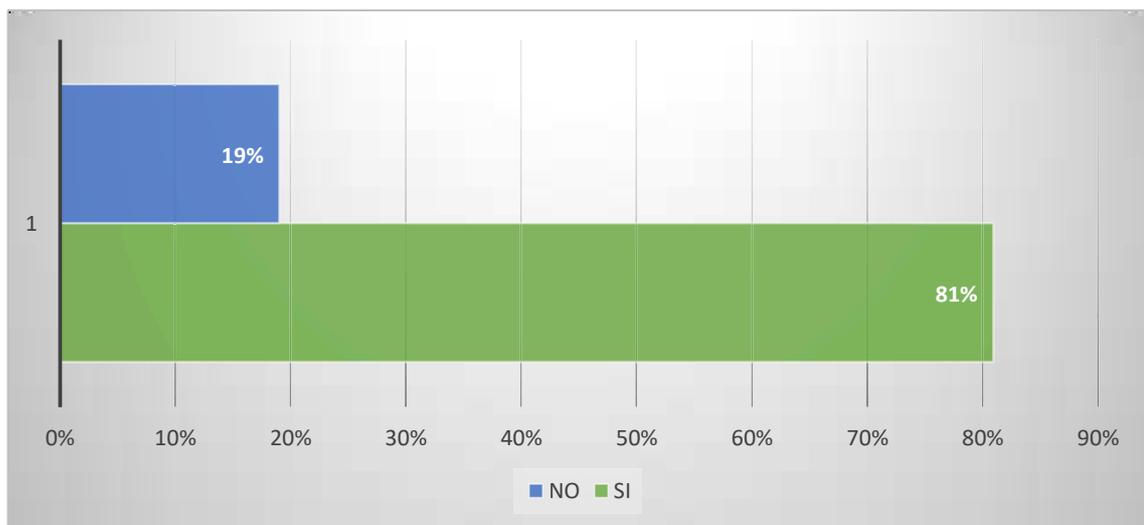
TABLA 8

ALTERNATIVA	f	%
SI	68	80,95
NO	16	19,05
TOTAL	84	100

**Fuente:** Habitantes de la Ciudadela Mario Loor

**Autores:** García Alcívar Carlos Miguel y Loor Celorio Johan Leonardo

GRAFICO 8



### **Análisis e interpretación.**

Que el 81% de la muestra seleccionada informa que SI encuentra satisfecho con la calidad de la energía eléctrica que recibe en su hogar y el 19% restante manifestaron que NO.

Por lo que se debe hacer conocer mediante métodos visuales y prácticos, la calidad de energía eléctrica que tenemos en nuestro medio.

9 ¿Considera usted que al realizar el estudio del mejoramiento del circuito eléctrico de baja tensión, disminuirá el riesgo de accidentes eléctricos?

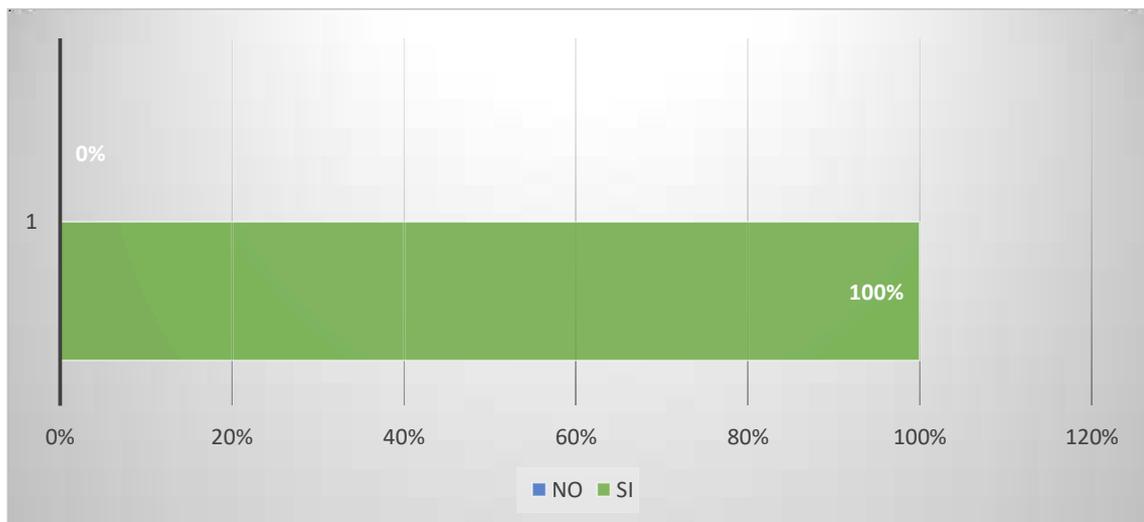
TABLA 9

ALTERNATIVA	f	%
SI	84	100
NO	0	0
TOTAL	84	100

**Fuente:** Habitantes de la Ciudadela Mario Loor

**Autores:** García Alcívar Carlos Miguel y Loor Celorio Johan Leonardo

GRAFICO 9



### **Análisis e interpretación.**

Que el 100% de la muestra seleccionada informa que SI considera que al realizar el estudio del mejoramiento del circuito eléctrico de baja tensión, disminuirá el riesgo de accidentes eléctricos.

Por lo que es importante la ejecución de este proyecto de investigación, ya que se podrá comprobar el estado en que se encuentra los circuitos de media y baja tensión eléctrica.

10 ¿Conoce usted sobre el uso de las cocinas de inducción y los problemas que este trae al circuito eléctrico no repotenciado?

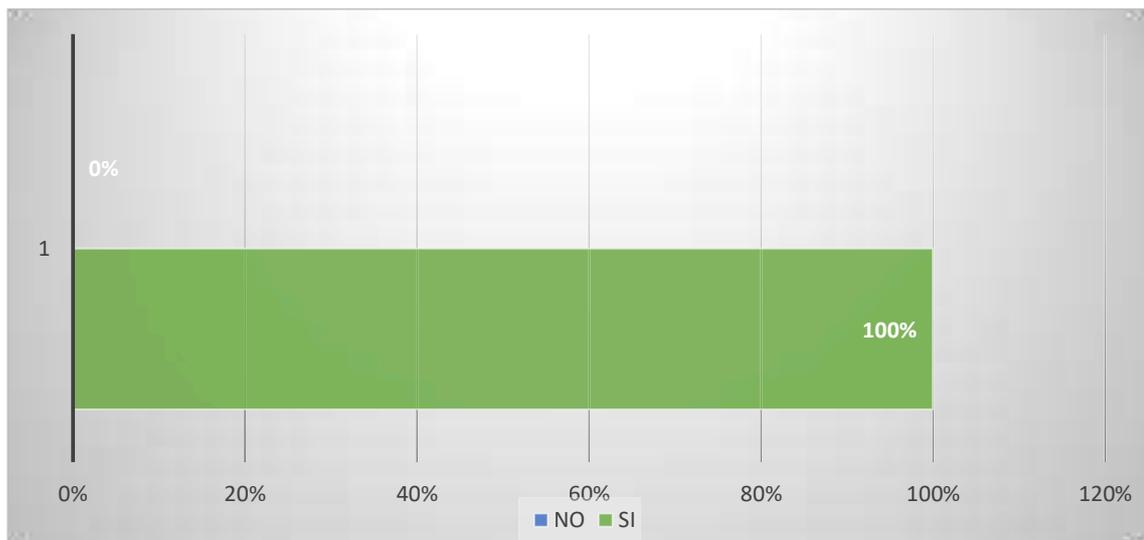
TABLA 10

ALTERNATIVA	f	%
SI	84	100
NO	0	0
TOTAL	84	100

**Fuente:** Habitantes de la Ciudadela Mario Loor

**Autores:** García Alcívar Carlos Miguel y Loor Celorio Johan Leonardo

GRAFICO 10



### **Análisis e interpretación.**

Que el 100% de la muestra seleccionada informa que SI conocen sobre el uso de las cocinas de inducción y los problemas que este trae al circuito eléctrico no repotenciado.

Que el conocimiento de los encuestados es superficial, por lo que se considera oportuno reforzar mediante trípticos o medios informativos sobre las bondades de las cocinas de inducción.

### **Análisis e interpretación de la entrevista.**

Según la entrevista realizada a un dirigente de la Ciudadela Mario Loor, el Sr. Efraín Rosales García, manifestó lo siguiente:

1. ¿Cuál es su criterio, sobre la calidad del servicio eléctrico suministrado por la empresa eléctrica pública?
  - Indica que es de muy mala calidad.
2. ¿Qué opina usted, sobre la calidad de la energía eléctrica que llega hasta su ciudadela?
  - Indica que es de muy mala calidad.
3. ¿Cuál es el criterio respecto al mal funcionamiento de los equipos eléctricos por la pésima calidad de la energía eléctrica?
  - Manifiesta que para un buen funcionamiento de los equipos eléctricos no debe haber corte del servicio, ya que provocan daño.
4. ¿En qué estado considera usted que se encuentra el sistema eléctrico de su vivienda y de su sector?
  - Manifestó que considera que está en buen estado.
5. ¿Cuál es su criterio, sobre la seguridad respecto a los accidentes tipo eléctrico en su vivienda y su sector?
  - Indica que sería bueno conocer de primeros auxilios para saber qué hacer en casos de accidentes, así se evitaran muchos daños físicos por no saber qué hacer en una emergencia provocado por la electricidad.
6. ¿Considera usted que, al realizar un estudio de carga eléctrica en el circuito eléctrico de la Ciudadela Mario Loor, se obtendrán datos con los que se llegara a soluciones para mejorar las instalaciones?
  - Expresa que si es oportuno el realizar el estudio de mejoramiento

7. ¿Cree usted que las instalaciones eléctricas de su Ciudadela contienen materiales eléctricos que ya pasaron su vida útil?
  - Indico que la mayoría de los circuitos ya pasaron su vida útil
8. ¿Cree usted, que el análisis de carga eléctrica para el mejoramiento del circuito eléctrico de baja tensión de la Ciudadela Mario Loor optimizará el suministro de energía eléctrica?
  - Indica que SI optimizará el suministro de energía eléctrica.
9. ¿Cree usted que al realizar el proyecto y su implementación mejorará la calidad de la energía eléctrica y disminuirá los riesgos de accidentes eléctricos?
  - Expreso que si mejorará la calidad de la energía y que también bajara los accidentes.
10. ¿Cree usted que esta investigación aportará al desarrollo socio económico considerando que el servicio eléctrico es indispensable para el desarrollo de las actividades?
  - Indico que si aportara al desarrollo socio económico.

**Análisis e interpretación;** Con la finalidad de establecer la importancia que tiene el servicio eléctrico para el desarrollo de las actividades diarias de las familias de la Ciudadela Mario Loor, se pudo obtener el siguiente resultado, que para el dirigente del barrio, considera favorable e indispensable el estudio y realización de este proyecto, lo que establece significativamente que esta investigación es beneficiosa para la comunidad.

## CAPITULO III

### 3. Mejoramiento del circuito eléctrico de baja tensión de la Ciudadela Mario Loor.

Al obtener el estado actual de la línea de media y red de bajo voltaje de la ciudadela Mario Loor de Chone, se determinó que el sistema eléctrico está siendo sobre utilizado en su capacidad, debido a que el circuito está diseñado con tres transformadores de 25kva, de los cuales dos se encuentran sobre cargado, y que mediante los cálculos antes realizados denotaron que se deben de ampliar la capacidad de los transformadores de los circuitos uno y dos por transformadores de 35,7 kva.

Cabe indicar que la red secundaria admite la instalación de nuevos transformadores, ya que se determinó que la intensidad admisible por el conductor es superior a la demanda máxima, permitiendo utilizar el mismo tendido de la red, para realizar las mejoras del circuito.

PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO		
RAMALES CIRCUITOS	POTENCIA INSTALADA KVA	POTENCIA REQUERIDA KVA
RAMAL CT1	25	<b>37,5</b>
RAMAL CT2	25	<b>37,5</b>
RAMAL CT3	25	25

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

### **CONCLUSIONES GENERALES.**

Al concluir el proceso de la investigación, se determina que:

La utilidad y relevancia de este estudio se demuestra en cada uno de los capítulos.

Al realizar el estudio general para el diseño y mantenimiento de una red aérea de media y baja tensión, se localizaron problemas de carácter técnico, debido a la dificultad que ocasionaban las líneas de las acometidas que estaban muy unidas.

Se encontró con problemas de sulfato en las uniones de las mordazas de las líneas de baja tensión lo que acarrea problemas de voltaje de medida al final de la línea.

En el momento de la toma de los datos en el transformador se dificultó por problemas de los bushing que estaban corroídos y sulfatados por el exceso de carga en el transformador.

Se determina que existe inseguridad respecto a la calidad del suministro eléctrico y aún más grave la existencia de accidentes eléctricos debido al mal funcionamiento de las instalaciones eléctricas residenciales.

## **RECOMENDACIONES.**

Considerando el contexto de las conclusiones, se deduce que:

Se debe mejorar de manera urgente la ubicación de las acometidas que se encuentran en la mayoría de los postes de una forma anti técnica, con el fin de disminuir el riesgo de cortocircuitos por la sobrecarga de un punto de conexión.

Se dé el cambio de los transformadores del circuito uno y dos, ya que han sobrepasado su capacidad de trabajo y el tiempo de su vida útil, siendo esto demostrado en el desarrollo del estudio, y corroborado visualmente.

Se utilice de luminarias de Na de 150w para mejorar el sistema de alumbrado exterior; ya que el sistema de iluminación colocada en los postes se encuentra actualmente afectado por los años de trabajo, el cual ha contribuido a la sulfatación de los cables y a la oxidación de las bases de los postes.

Se utilice materiales adecuados y de calidad en las instalaciones eléctricas tanto en las redes de distribución como en las residenciales que permitan reducir al mínimo la probabilidad de accidentes que pongan en riesgo la vida y la salud de los usuarios.

El presente trabajo de investigación una vez culminado se presente y socialice a las autoridades para su posterior aplicación y sea una herramienta más para el beneficio de todos.

## **BIBLIOGRAFÍA.**

ACI American Concrete Institute “Código de Construcción para Concreto Reforzado ACI 318S-05”, Enero 2005.

Balcells, J., Autonell, J., Barra, V., Brossa, J., Fornieles, F., García, B., Ros, J., Sierra, J., (2011). Eficiencia en el USO de la Energía Eléctrica.

BALCELLS, Josep, Eficiencia en el uso de la Energía Eléctrica, Editorial de la Universidad Politécnica de Cataluña, España 2012.

Basantes, M (2008), Diseño de la Red de distribución eléctrica del Barrio “La Garzota”, Parroquia Chillogallo, Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito,

BETTEGA Eric Armónicos: rectificadores y compensadores activos; Enero 2000

CALVAS Roland Las perturbaciones eléctricas en BT; Enero 2001

CALVAS Roland Perturbaciones en los sistemas electrónicos y esquemas de conexión a tierra; Junio 1998

Carrasco, E., (2008) Instalaciones eléctricas de baja tensión en edificios de viviendas, Editorial Tébar, ISBN 8473602951, 9788473602952.

COLLOMBET, Christian Los armónicos en las redes perturbadas y su tratamiento; Septiembre 1999

Cortes, M., (1994), La máquina eléctrica en general, Reverte ISBN 8471460211, 9788471460219.

De las Heras, S., (2003), Instalaciones Neumáticas, Editorial UOC, ISBN 8497880021, 9788497880022

DORANTES, González, Automatización y Control. Prácticas de Laboratorio, Editorial McGraw-Hill 2004.

DURAN, José, Electrónica, editorial Medes S.A., Barcelona 2009.

Enríquez, G (1999), El ABC de la Calidad de la Energía Eléctrica, México, Editorial. Limusa.

Enríquez, G. (2006), El ABC del alumbrado y las instalaciones eléctricas en baja tensión, Editorial Limusa, ISBN 9681860500, 9789681860509

Equinoccio, (2008), Proyecto del sistema de distribución eléctrico. Procesamiento e interpretación, ISBN 9802372242, 9789802372249.

FERRACCI, Philippe, La calidad de la energía eléctrica Original francés: octubre 2001 Versión español; octubre 2004

Fink, Beaty, D., Wayne, H (1996) Manual de Ingeniería Eléctrica, Tomo III, H, Estados Unidos de América.

FIORINA Jean Noël Onduladores y armónicos (caso de cargas no lineales); Junio 1992

Fournier, L., (1983) Recursos Naturales, EUNED, ISBN 9977640181, 9789977640181

GOMEZ, C. Conceptos Generales De Redes Eléctricas. Colon: Inacap; Marzo 2005.

Graninger, J., Stevenson, W, (1996) Análisis de Sistemas de potencia, Estados Unidos de América.

Harper E., (2002), Protección de instalaciones eléctricas industriales y comerciales, Editorial Limusa, ISBN 9681861523, 9789681861520.

Herranz, G., (1980), Convertidores electromecánicos de energía, Marcombo, ISBN 842670400X, 9788426704009.

Jáuregui, E., (2014), Recepción y distribución de señales de radiodifusión ELES0108, IC Editorial, ISBN 8416207399, 9788416207398

MARTIN, Ricardo, Manual Práctico Electricidad, Editorial de Cultura S.A., Colombia 2004.

Montané, P. (1988), Protecciones en las Instalaciones eléctricas: evolución y perspectivas, Marcombo, ISBN 8426706886, 9788426706881

Montecelos, J., (2015), Subestaciones Eléctricas, Ediciones Paraninfo S.A., ISBN 8428337179,9788428337175

Mujal, R., (2003) Tecnología eléctrica, Universidad Politécnica de Catalunya, ISBN 8483017164, 9788483017166

Müller, W (1984), Electrotecnia de potencia: Curso superior, Reverte, ISBN 8429134557, 9788429134551.

Navarro, R., (2007), Maquinas Eléctricas y Sistemas de potencia, Pearson Educación, ISBN 9702608147, 9789702608141.

Normas para Sistemas de Distribución (EEQ-PARTE A), Pág. 20, revisión N.-2007-01.

Normas para Sistemas de Distribución (EEQ-PARTE B) Apéndice B-00-G, Revisión N-03, Fecha 2008 04-30.

Ramírez. J., (2004), Redes de Distribución de energía, Universidad Nacional de Colombia (Manizales), ISBN 9589322876, 9789589322864

Reverte (2001), Transformadores de distribución: teoría, calculo, construcción y pruebas, ISBN 9686708480, 9789686708486

Rifaldi, A., Sirabonian, N. (1998), Sistemas de Distribución. Marcombo

Rivier, J., (2000), Calidad del servicio: regulación y optimización de inversiones, Universidad Pontifica Comillas, ISBN 8489708886, 9788489708884.

Sanz y Toledo (2007), Instalaciones Eléctricas de enlace y centros de transformación, Editorial Paraninfo, ISBN 8497326628, 9788497326629

SCHONEK Jacques Las peculiaridades del 3er armónico; Julio 2000

Senner, A. (1994), Principios de electrotecnia, Reverte, ISBN 8429134484, 9788429134483.

Toledo, J., Sanz, J., (1998), Instalaciones Eléctricas de Enlace y Centros de Transformación, Madrid, Paraninfo.

Trashorras, J. (2013), Desarrollo de redes eléctricas y centros de transformación, Editorial Paraninfo, ISBN 8497329368, 9788497329361.

Viqueira, J. (1996), Redes Eléctricas, México, Editorial Limusa.

Weedy, B. (1981), Sistemas eléctricos de gran potencia, Reverte, ISBN 8429130942, 9788429130942

WEB GRAFÍAS.

<http://electronicafacil.net/tutoriales/Fuentes-alimentacion.php>

[http://recursostic.educacion.es/newton/web/Documentacion\\_4D/fisica/electromag/Induccion.htm](http://recursostic.educacion.es/newton/web/Documentacion_4D/fisica/electromag/Induccion.htm)

[http://asifunciona.com/electrotecnia/ke\\_induc\\_elec magnetica/ke\\_induc\\_elec magnetica\\_1.htm](http://asifunciona.com/electrotecnia/ke_induc_elec magnetica/ke_induc_elec magnetica_1.htm)

<http://buenastareas.com/ensayos/Transformadores-Toroidales/7029463.html>.

ANEXOS.

ANEXOS

ANEXO 1



**UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ  
EXTENSIÓN CHONE.**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**FORMULARIO DE ENTREVISTA**

**Dirigida a:** Presidente o representante de la Ciudadela Mario Loor del Cantón Chone.

**Objetivo:** Realizar un análisis de carga eléctrica para el mejoramiento del circuito eléctrico de baja tensión de la Ciudadela Mario Loor.

**Instrucciones:** Mucho agradeceremos se sirva responder con sinceridad y honestidad a cada una de las interrogantes que se formula en la siguiente entrevista, de su respuesta y contestación dependerá el éxito de la misma.

**CUESTIONARIO DE PREGUNTAS**

1. ¿Cuál es su criterio, sobre la calidad del servicio eléctrico suministrado por la empresa eléctrica pública?
2. ¿Qué opina usted, sobre la calidad de la energía eléctrica que llega hasta su ciudadela?
3. ¿Cuál es el criterio respecto al mal funcionamiento de los equipos eléctricos por la pésima calidad de la energía eléctrica?
4. ¿En qué estado considera usted que se encuentra el sistema eléctrico de su vivienda y de su sector?
5. ¿Cuál es su criterio, sobre la seguridad respecto a los accidentes tipo eléctrico en su vivienda y su sector?

6. ¿Considera usted que, al realizar un estudio de carga eléctrica en el circuito eléctrico de la Ciudadela Mario Loor, se obtendrán datos con los que se llegara a soluciones para mejorar las instalaciones?
7. ¿Cree usted que las instalaciones eléctricas de su Ciudadela contienen materiales eléctricos que ya pasaron de su vida útil?
8. ¿Cree usted, que el análisis de carga eléctrica para el mejoramiento del circuito eléctrico de baja tensión de la Ciudadela Mario Loor optimizará el suministro de energía eléctrica?
9. ¿Cree usted que al realizar el proyecto y su implementación mejorará la calidad de la energía eléctrica y disminuirá los riesgos de accidentes eléctricos?
10. ¿Cree usted que esta investigación aportará al progreso de su sociedad familiar considerando que el servicio eléctrico es indispensable para el desarrollo de las actividades?

Gracias por su aporte y colaboración.



- NO ( )
- 4.- ¿Sufre de interrupciones no programadas en el servicio eléctrico?
- SI ( )
- NO ( )
- 5.- ¿Usted recibe avisos sobre interrupciones programadas en el servicio eléctrico?
- SI ( )
- NO ( )
- 6.- ¿Conoce usted si las interrupciones del fluido eléctrico han sido provocados o accidentales?
- SI ( )
- NO ( )
- 7.- ¿Se encuentra satisfecho con la calidad de la iluminación de su ciudadela?
- SI ( )
- NO ( )
- 8.- ¿Se encuentra satisfecho con la calidad de la energía eléctrica que recibe en su hogar?
- SI ( )
- NO ( )
- 9.- ¿Considera usted que al realizar el estudio del mejoramiento del circuito eléctrico de baja tensión, disminuirá el riesgo de accidentes eléctricos?
- SI ( )
- NO ( )
- 10.- ¿Conoce usted sobre el uso de las cocinas de inducción y los problemas que este trae al circuito eléctrico no repotenciado?
- SI ( )
- NO ( )

Gracias por su aporte y colaboración

ANEXO 3

PLANILLA PARA LISTA Y ESPECIFICACIÓN DE EQUIPOS Y MATERIALES  
REQUERIDOS

<b>NOMBRE DEL PROYECTO:</b>		CIUDADELA MARIO LOOR		
<b>DIRECCIÓN:</b>		PASO LATERAL VÍA QUITO KM 2		
<b>CANTÓN:</b>		CHONE		
ÍTEM	UNIDAD	CANT.	ESPECIFICACIÓN	
A-01	Unidad	2	Transformador Monofásicos auto protegidos	37.5 KVA
		1	Transformador Monofásicos auto protegidos	25 KVA
			Conexión A.T.	13.8GDRy-7.6KV
			Conexión B.T.	240/120V
B-01	Unidad	6	Seccionador Fusible KV Normal KV KV Bill Amper. Amper. Nominal	15 KV 110 100
B-02	Unidad	3	Fusible tipo K Amper.	3
C-01	Metros	1324 502	Sparrow Al ACSR # 2 BT y MT Swanate Al ACSR # 4 BT	184 A 140 A

ANEXO 4 FACTORES DE DIVERSIDAD PARA DETERMINACIÓN DE LA  
DEMANDA MÁXIMA

 <b>EMPRESA ELÉCTRICA QUITO S.A.</b>	<b>NORMAS PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN PARTE A GUÍA PARA DISEÑO</b>	REVISIÓN: 04																																																																																																								
	ISO 9001-2000	CÓDIGO: DD.DID.722.IN.03	FECHA: 2009-03-31																																																																																																							
APENDICE A-11-D1 HOJA 1 DE 1	PARAMETROS DE DISEÑO																																																																																																									
	FACTORES DE DIVERSIDAD PARA DETERMINACIÓN DE DEMANDAS MÁXIMAS DIVERSIFICADAS DE USUARIOS COMERCIALES																																																																																																									
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>NÚMERO DE USUARIOS</th> <th>FACTOR DE DIVERSIDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>1,00</td></tr> <tr><td>2</td><td>1,50</td></tr> <tr><td>3</td><td>1,78</td></tr> <tr><td>4</td><td>2,01</td></tr> <tr><td>5</td><td>2,19</td></tr> <tr><td>6</td><td>2,32</td></tr> <tr><td>7</td><td>2,44</td></tr> <tr><td>8</td><td>2,54</td></tr> <tr><td>9</td><td>2,61</td></tr> <tr><td>10</td><td>2,66</td></tr> <tr><td>11</td><td>2,71</td></tr> <tr><td>12</td><td>2,75</td></tr> <tr><td>13</td><td>2,79</td></tr> <tr><td>14</td><td>2,83</td></tr> <tr><td>15</td><td>2,86</td></tr> <tr><td>16</td><td>2,88</td></tr> <tr><td>17</td><td>2,90</td></tr> <tr><td>18</td><td>2,92</td></tr> <tr><td>19</td><td>2,93</td></tr> <tr><td>20</td><td>2,94</td></tr> <tr><td>21</td><td>2,95</td></tr> <tr><td>22</td><td>2,96</td></tr> <tr><td>23</td><td>2,97</td></tr> <tr><td>24</td><td>2,98</td></tr> <tr><td>25</td><td>2,99</td></tr> </tbody> </table>	NÚMERO DE USUARIOS	FACTOR DE DIVERSIDAD	1	1,00	2	1,50	3	1,78	4	2,01	5	2,19	6	2,32	7	2,44	8	2,54	9	2,61	10	2,66	11	2,71	12	2,75	13	2,79	14	2,83	15	2,86	16	2,88	17	2,90	18	2,92	19	2,93	20	2,94	21	2,95	22	2,96	23	2,97	24	2,98	25	2,99	<table border="1"> <thead> <tr> <th>NÚMERO DE USUARIOS</th> <th>FACTOR DE DIVERSIDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>26</td><td>3,00</td></tr> <tr><td>27</td><td>3,01</td></tr> <tr><td>28</td><td>3,02</td></tr> <tr><td>29</td><td>3,03</td></tr> <tr><td>30</td><td>3,04</td></tr> <tr><td>31</td><td>3,04</td></tr> <tr><td>32</td><td>3,05</td></tr> <tr><td>33</td><td>3,05</td></tr> <tr><td>34</td><td>3,06</td></tr> <tr><td>35</td><td>3,06</td></tr> <tr><td>36</td><td>3,07</td></tr> <tr><td>37</td><td>3,07</td></tr> <tr><td>38</td><td>3,08</td></tr> <tr><td>39</td><td>3,08</td></tr> <tr><td>40</td><td>3,09</td></tr> <tr><td>41</td><td>3,09</td></tr> <tr><td>42</td><td>3,10</td></tr> <tr><td>43</td><td>3,10</td></tr> <tr><td>44</td><td>3,10</td></tr> <tr><td>45</td><td>3,10</td></tr> <tr><td>46</td><td>3,10</td></tr> <tr><td>47</td><td>3,10</td></tr> <tr><td>48</td><td>3,10</td></tr> <tr><td>49</td><td>3,10</td></tr> <tr><td>50</td><td>3,10</td></tr> </tbody> </table>	NÚMERO DE USUARIOS	FACTOR DE DIVERSIDAD	26	3,00	27	3,01	28	3,02	29	3,03	30	3,04	31	3,04	32	3,05	33	3,05	34	3,06	35	3,06	36	3,07	37	3,07	38	3,08	39	3,08	40	3,09	41	3,09	42	3,10	43	3,10	44	3,10	45	3,10	46	3,10	47	3,10	48	3,10	49	3,10	50	3,10
NÚMERO DE USUARIOS	FACTOR DE DIVERSIDAD																																																																																																									
1	1,00																																																																																																									
2	1,50																																																																																																									
3	1,78																																																																																																									
4	2,01																																																																																																									
5	2,19																																																																																																									
6	2,32																																																																																																									
7	2,44																																																																																																									
8	2,54																																																																																																									
9	2,61																																																																																																									
10	2,66																																																																																																									
11	2,71																																																																																																									
12	2,75																																																																																																									
13	2,79																																																																																																									
14	2,83																																																																																																									
15	2,86																																																																																																									
16	2,88																																																																																																									
17	2,90																																																																																																									
18	2,92																																																																																																									
19	2,93																																																																																																									
20	2,94																																																																																																									
21	2,95																																																																																																									
22	2,96																																																																																																									
23	2,97																																																																																																									
24	2,98																																																																																																									
25	2,99																																																																																																									
NÚMERO DE USUARIOS	FACTOR DE DIVERSIDAD																																																																																																									
26	3,00																																																																																																									
27	3,01																																																																																																									
28	3,02																																																																																																									
29	3,03																																																																																																									
30	3,04																																																																																																									
31	3,04																																																																																																									
32	3,05																																																																																																									
33	3,05																																																																																																									
34	3,06																																																																																																									
35	3,06																																																																																																									
36	3,07																																																																																																									
37	3,07																																																																																																									
38	3,08																																																																																																									
39	3,08																																																																																																									
40	3,09																																																																																																									
41	3,09																																																																																																									
42	3,10																																																																																																									
43	3,10																																																																																																									
44	3,10																																																																																																									
45	3,10																																																																																																									
46	3,10																																																																																																									
47	3,10																																																																																																									
48	3,10																																																																																																									
49	3,10																																																																																																									
50	3,10																																																																																																									

ANEXO 5

PLANILLA PARA LA DETERMINACIÓN DE CARGA INSTALADA Y  
DEMANDA DE DISEÑO

<b>NOMBRE DEL PROYECTO:</b> CIUDADELA MARIO LOOR								
<b>CANTÓN:</b> CHONE								
<b>PROVINCIA:</b> MANABÍ								
<b>USUARIO:</b> TIPO "D"								
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANT.	WATT	P.N.(W)	F.F.U%	C.I.R.(W)	F.S.%	D.M.U(W)
1	PUNTO DE ALUMBRADO	6	60	360	60%	216,00	80%	173,00
2	REFRIGERADORA	1	300	300	60%	180,00	100%	180,00
3	LICUADORA	1	150	150	60%	90,00	50%	45,00
4	EQUIPO DE SONIDO	1	150	150	60%	90,00	60%	54,00
5	PLANCHA	1	1000	1.000	60%	600,00	70%	420,00
6	VENTILADOR	1	150	150	60%	90,00	70%	63,00
7	TELEVISOR	1	120	120	80%	96,00	90%	86,40
			<b>1930,00</b>			<b>1362,00</b>	<b>1021,40</b>	

ANEXO 6

REALIZANDO ENCUESTA A LOS MORADORES DE LA CIUDADELA  
MARIO LOOR



REALIZANDO ENCUESTA A LOS MORADORES DE LA CIUDADELA  
MARIO LOOR



ANEXO 7

TRANSFORMADOR DEL CIRCUITO 1 DE LA CIUDADELA MARIO LOOR



TRANSFORMADOR DEL CIRCUITO 2 DE LA CIUDADELA MARIO LOOR



TRANSFORMADOR DEL CIRCUITO 3 DE LA CIUDADELA MARIO LOOR

