SUBSECRETARIA DE EDUCACIÓN SUPERIOR
TECNOLÓGICO NACIONAL DE MEXICO INSTITUTO
TECNOLOGICO DE TUXTLA GUTIERREZ

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

INGENIERIA ELECTRICA

Diseñar y construir una red de media tensión en raudales malpaso

REPORTE DE RESIDENCIA

BARRIOS GIRON JOSE EDUARDO

12270250

ASESOR INTERNO

ING. Jose Luís Rios Coutiño

ASESOR EXTERNO

ING. Tiorfe Moreno López

16 DE DICIEMBRE DEL 2016

Terminología en media tensión y simbología

Acometida: conductores eléctricos que conectan a la red de distribución del suministrador, al punto de recepción del suministro en la instalación del inmueble a servir.

Aislar: interponer un elemento no conductor para evitar el flujo de la corriente eléctrica de un punto a otro.

Alinear: instalar postes o estacas en una trayectoria recta.

Amarre: alambre blando que se usa para sujetar los conductores a los aisladores de paso.

Amortiguar: acción de moderar en los conductores aéreos la amplitud de una onda causado por viento, golpe o vibración.

Área rural: son las localidades o áreas con menos de 5 000 habitantes.

Área urbana: son las localidades o áreas con 5 000 habitantes o más; o bien, las cabeceras municipales independientemente del número de habitantes.

A tierra: conexión conductora, intencionada o accidental, entre un circuito o equipo eléctrico y el terreno natural o algún cuerpo conductor que sirva como tal.

Apisonar: compactación del terreno para fijar un poste o ancla.

Balancear carga: distribuir equivalentemente la carga entre las fases.

Boquilla: aislamiento rígido que sirve para conectar los conductores de entrada o salida al equipo eléctrico.

Brecha: franja de terreno libre de vegetación mínima necesaria para el trayecto de una línea. En vías de comunicación se debe entender como un acceso.

Conductor con aislamiento: conductor rodeado de un material de composición y espesor reconocidos por la norma oficial mexicana NOM-001-SEDE 2012 instalaciones eléctricas (utilización), como aislamiento eléctrico.

Conductor forrado: conductor rodeado de un material de composición o espesor que no son reconocidos por la NORMA oficial mexica NOM-001-SEDE 2012 instalaciones eléctricas (utilización), como aislamiento eléctrico.

Conductor desnudo: conductor que no tiene ningún tipo de cubierta o aislamiento eléctrico.

Cable semiaislado: es un cable forrado, sin pantalla metálica que se debe usar en forma similar a un conductor desnudo.

Conductor múltiple: es el formado por un conductor desnudo o soporte y uno o varios conductores de aluminio o cobre aislados y dispuestos helicoidalmente alrededor del conductor desnudo.

Conductor de puesta a tierra de los equipos: trayectorias conductoras utilizadas para conectar las partes metálicas, que normalmente no conducen corriente, de todos los equipos y al conductor del sistema puesto a tierra o al conductor del electrodo de puesta a tierra o a ambos.

Catenaria: curva que forma un conductor colgado de dos puntos.

Cepa: perforación en el terreno para hincar un poste o enterrar un ancla.

Cimentar: agregar a una cepa material diferentes al extraído para mejorar la rigidez del terreno.

Coca: vuelta de un cable o hilo enredado.

Conectador: dispositivo para unir electromecánicamente dos conductores.

Deflexión: cambio de dirección horizontal o vertical de una línea. El Angulo de deflexión es el que forma el eje de la nueva dirección con el eje de la anterior.

Densidad de rayos a tierra: número de descargas atmosféricas en un km^2 que inciden en una región en un periodo de un año.

Derecho de vía: es una franja de terreno que se ubica a lo largo de la línea aérea cuyo eje longitudinal coincide con el trazo topográfico de la línea. Su dimensión transversal varía de acuerdo con el tipo de estructuras, con la magnitud y desplazamiento lateral de la flecha, y con la tensión eléctrica de operación, ver NRF-014-CFE.

Desenergizar: interrumpir la tensión eléctrica a una línea o equipo.

Distribución: parte del sistema eléctrico en alta, media y baja tensión, que tiene como objetivo el suministro de la energía eléctrica a los consumidores finales.

Empalme: conexión eléctrica entre 2 conductores.

Empotrar: fijar un poste en el terreno.

Entorche: unión de dos cables o alambres entre sí.

Estacar: señalar el punto donde se debe localizar una estructura.

Espaciamiento: distancia de centro a centro.

Estructura de transición: aquellos tramos de cables que estando conectados o formando parte de un sistema de líneas subterráneas, quedan arriba del nivel del suelo y están provistos de terminales generalmente interconectadas.

Encerrado: rodeado por una carcasa, envolvente, cerca o paredes para evitar que las personas entren accidentalmente en contacto con partes energizadas.

Energizado(a): conectado(a) eléctricamente a una fuente de diferencial potencial.

Equipo: termino general que incluye dispositivos, aparatos y productos similares utilizados como partes de o en conexión con una instalación eléctrica.

Eslabón fusible: dispositivo de protección contra sobre corriente con una parte que se funde cuando se calienta por el paso de una sobre corriente que circule a través de ella e interrumpe el paso de la corriente eléctrica en un tiempo determinado.

Flecha: distancia medida verticalmente desde el punto más bajo del conductor hasta una línea recta imaginaria que une sus dos puntos de soporte.

Herraje: accesorio, diseñado fundamentalmente para desempeñar una función mecánica.

Hincar un poste: introducir un poste en su cepa.

Libramiento: altura mínima entre un conductor y el piso o alguna otra instalación.

Línea de media tensión: línea cuya tensión eléctrica de operación es mayor que 1 000 v hasta 34 500 v.

Línea de baja tensión: línea cuya tensión eléctrica es hasta de 1 000 v.

Línea rural: línea de media tensión construida a campo traviesa (en desplomado).

Línea urbana: línea de media tensión construida en área urbana o población.

Línea aérea: aquella que está construida por conductores desnudos, forrados o aislados, tendidos en el exterior de edificios o espacios abiertos y que están soportados por postes u otro tipo de estructuras.

Longitud del claro: distancia horizontal entre dos estructuras consecutivas de una línea aérea.

Neutro: punto de referencia eléctrico cuyo potencial con respecto a tierra es igual a cero en sistemas trifásicos balanceados.

Parámetro: plano imaginario en el límite de una propiedad privada y una propiedad pública o derecho de vía.

Partes vivas: conductores, barras conductoras, terminales o componentes eléctricos sin aislar o expuestos, con potencial y que representan riesgos de descarga eléctrica.

Persona calificada: es aquella persona física cuyos conocimientos y facultades especiales para intervenir en la proyección, cálculo, construcción, operación o mantenimiento de una determinada instalación eléctrica han sido comprobados en términos de la legislación vigente.

Planchar un conductor: eliminar deformaciones a un conductor.

Plomear: alinear el eje longitudinal de un poste en la vertical.

Puente: conexión aérea sin tensión mecánica para unir eléctricamente dos conductores.

Ramal: línea que se deriva de otra principal.

Remate: fijación terminal de un conductor con tensión mecánica a una estructura.

Retenida: elemento que compensa la tensión mecánica de los conductores en la estructura.

Sobrecarga: operación de un equipo por encima de su capacidad nominal, a plena carga, o de un conductor por encima de su ampacidad que, cuando persiste durante un tiempo suficientemente largo, podría causar daños o un calentamiento peligroso. Una falla, como un cortocircuito o una falla a tierra, no es una sobrecarga.

Tendido de conductor: montaje de conductores en los apoyos de una estructura.

Tensar un cable: aplicarle la tensión mecánica correspondiente a la temperatura de instalación.

Tensión eléctrica de un circuito: la mayor diferencia de potencial (tensión rms) entre dos conductores cualesquiera de un circuito considerado.

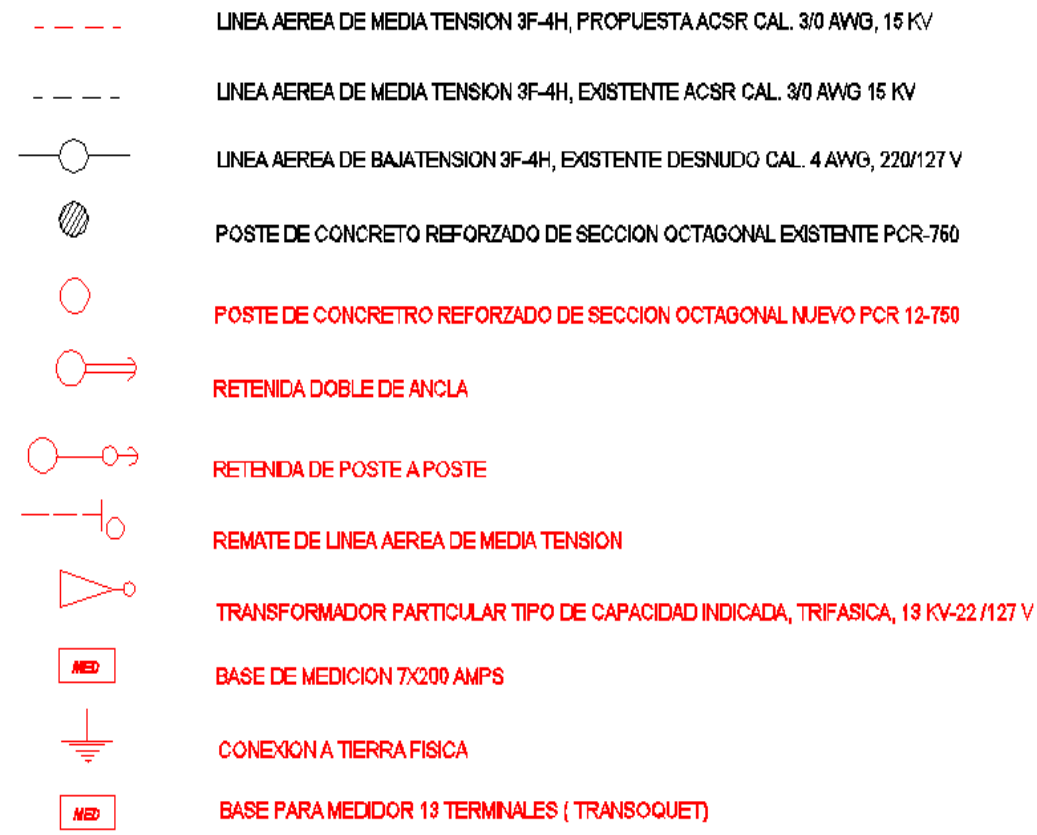
Tiempo de secas (estiaje): periodo del año en el que el terreno tiene el mínimo de humedad.

Tierra: punto de referencia cuyo potencial eléctrico es igual a cero.

Tensión eléctrica a tierra: es la tensión eléctrica entre un conductor y tierra.

Tensión eléctrica nominal: en los circuitos puestos a tierra, es la tensión entre un conductor dado y el punto o conductor del circuito que esta puesto a tierra; en circuitos no puestos a tierra es la mayor diferencia de potencial entre un conductor dado y cualquier otro conductor del circuito.

Simbología



Código de colores

ROJO - NUEVO A INSTALAR

NEGRO - INSTALACIONES EXISTENTES

VERDE - RETIRO DE INSTALACIONES

AZUL - REUBICACION DE INSTALACIONES

INDICE

Terminología en media tensión y simbología 1
1. Introducción 7
1.1 Antecedentes 7
1.2 Estado del Arte 7
1.3 Justificación 9
1.4 Objetivos 9
1.5 Metodología 10
2. Fundamento Teórico 13
2.1 Media tensión 13
2.2 conceptos para la planeación de redes de distribución 14
2.3 cálculo de la corriente nominal 15
2.4 caída de tensión 16
2.5 Cálculo mecánico de conductores 17
3 DESARROLLO 18
3.1 Diseño y construcción de red aérea en media tensión 18
3.2 Codificación de estructuras en media tensión. 26
3.3 Tendido de las líneas de media tensión 28
3.4 Materiales utilizados en la obra 31
4. Resultados y Conclusiones 33
4.1 Resultados 33
4.2 Cálculos realizados 35
4.3 Conclusiones 38
Referencias Bibliográficas 38
Anexos 40

1. Introducción

1.1 Antecedentes

En muchos países como México tenemos problemas muy fuertes como son las grandes demandas de energía eléctrica. Ya que como podemos saber los costos de esta misma son elevados y en ocasiones no se puede llegar a cubrir a esos costos. Por ese motivo trataremos de darle una alternativa de solución para poder lograr su reducción de costo, y así mismo mejorar las instalaciones y abastecer la demanda consumida.

El enfoque de ahorro se ha basado en su mayoría en sustituir equipo eléctrico o electrónico por equipos más eficientes o de reciente aparición. Sin embargo, sustituir equipos no siempre es la mejor o la única opción, por lo que realizar este tipo de acciones arbitrariamente no garantiza una reducción de consumo de electricidad, por el contrario puede generar problemas que incrementan los gastos.

El incremento en la demanda de energía a nivel global es parte del aumento de la población, para atender la demanda se debe mejorar la forma en que se produce, distribuye y consume la energía. Por ello es conveniente implementar una mejora y ampliación de red de media tensión la cual con lleva a mejorar y satisfacer el consumo y las seberas caídas de-tensión en la red, dando así solución a la problemática, la cual se encontraba antes en la red de energía eléctrica ubicada en raudales malpaso.

Las Normas de Distribución - Construcción – e instalaciones Aéreas en Media y Baja Tensión, obedecen a la necesidad de tener una reglamentación a nivel nacional, para uniformizar la calidad y simplificar la construcción en instalaciones de distribución hasta 33 kV para áreas normales, que permita lograr una operación eficiente y segura con un mínimo de mantenimiento, incluyendo los desarrollos tecnológicos en materiales y equipos.

Un sistema eléctrico es el conjunto de máquinas, de aparatos, de barras y de líneas que constituyen un circuito con una determinada tensión nominal. Con esto pudiendo así cumplir con las normas y requisitos puestos por CFE ante la construcción de red de media tensión, en la cual se utilizó postes de diferente tamaño y soporte, así como también líneas de cable de diferente diámetro, estructuras de postes y crucetas, por último se utilizó un transformador de 45 KVA con sus respectivos componentes.

1.2 Estado del Arte

Hacia mediados del siglo XVIII se estableció la distinción entre materiales aislantes y conductores. Los aislantes eran aquellos que Gilbert había considerado eléctricos, en tanto que los conductores eran los "aneléctricos". Durante aquellos años, el científico francés Charles-François de Cisternay Du Fay fue el primero en distinguir claramente los dos tipos diferentes de carga eléctrica: positiva y negativa.

La red de suministro de energía es fundamental, ya que su objetivo es garantizar la producción, almacenamiento y distribución de energía para el transporte, la vida doméstica y la productividad de una sociedad de modo que ésta crezca y se desarrolle. Por tanto es-

importante reconocer los rasgos físicos que caracterizan la infraestructura eléctrica y sus diversas componentes.

La infraestructura de energía eléctrica incluye tanto la generación de electricidad como su transmisión, almacenaje y distribución. Entre estos elementos se encuentran las plantas de generación que producen electricidad de combustibles fósiles como el carbón, gas natural y biomasa o combustibles no fósiles como la eólica, solar, nuclear, hidráulica, etc.

De igual forma se deben incluir las redes de electricidad, como los sistemas de transmisión de alto voltaje, los trasformadores, las subestaciones y las estaciones de distribución local. El Estado ocupa un papel fundamental ya que es el responsable de la visión estratégica del - desarrollo del sector eléctrico y canalizarla a través de instituciones, de instrumentos, de mecanismos de estímulo, de planificación y, finalmente de regulación.

La electricidad es un descubrimiento muy antiguo, ya en Grecia, cuna de nuestra civilización, se conocían las propiedades del ámbar amarillo, llamado "electrón". En el año 1600 el doctor William Gilbert, descubre que la atracción que ejercen el azufre, el vidrio y la resina sobre cuerpos metálicos es debida a una fuerza natural, a la que bautiza con el nombre de "electricidad", derivado del vocablo griego "electrón".

Nigeria, el país más poblado de África, sufre de una escasez crónica de generación de energía Para ello se implementó mejorar la eficiencia de la distribución, se invirtió en la actualización de líneas, transformadores de distribución, medidores, asistencia técnica y generación de capacidades. Se amplió la reorientación comercial del conjunto de herramientas para el sector energético a fin de frenar el hurto de electricidad.

En 1800, Volta presentó la primera fuente electroquímica artificial de diferencia de potencial, cuyo principio básico consistió en que dos metales distintos, puestos en contacto por medio de un líquido acidulado, desarrollan electricidad. Sin saberlo, Volta inventaba lo que hoy conocemos como las pilas y baterías.

En algunos países como en España están utilizando la biomasa para generar energía eléctrica ya la energía que genera la biomasa proviene en última instancia del sol, los vegetales absorben y almacenan una parte de la energía solar que llega a la tierra y a los animales en forma de alimento y energía, cuando la materia orgánica almacena la energía solar, también crea subproductos que no sirven para los animales ni para fabricar alimentos pero su para hacer energía de ellos.

Lo que aquí se propone como proyecto es diseñar y construir una red de media tensión que normalice el consumo y las ciadas de voltaje de energía eléctrica, para ello se mejoraron los equipos los cuales deben de cumplir y satisfacer las necesidades de dichas instalaciones, estos equipos son líneas de media tensión, transformadores y estos con sus respectivas protecciones como aparta rayos y corta circuitos así mismo varilla puesta a tierra.

1.3 Justificación

El tener un control adecuado del consumo de energía eléctrica arrastra grandes beneficios a los consumidores en muchos aspectos, en primer lugar se puede mencionar la disminución de los elevados precios por consumo de energía, como también la reducción de caída de tensión lo cual es derivado por la distancia y el calibre del conductor y que mejor manera que diseñar y construir una red de media tensión para solucionar dicho problema.

Esta red eléctrica en media tensión ofrece abastecer de la mejor manera posible el consumo de energía eléctrica que se requiera ya sea en un pueblo, cuidad, país, o adonde quiera que sea distribuida, en este caso la red de media tensión va dirigida a una estación militar que cuenta con más de 3 casetas (dormitorios) por lo cual a la red de distribución se le implemento una mejora ya que no contaba con un buen servicio de energía eléctrica.

El propósito de esta red de media tensión es reducir en un 99% las caídas de tensión así mismo cumplir con la demanda requerida por cada caseta (dormitorios) las cuales se encuentran situadas en la localidad de raudales malpaso, este diseño y construcción de red de media tensión solucionara el problema de demanda, caída de tensión y además soluciona los daños que presentaban antes en dichas instalaciones ya que ahora cuenta con protección en cada uno de los puntos donde se requiera.

La red eléctrica de distribución de media tensión cuenta con protección a sobre descargas ya sean atmosféricas o simplemente por averías que surgen en la red, la cual garantiza la protección a los equipos instalados en dicha red, estos equipos de protección son altamente calificados para la protección a sobre descargas y teniendo así un mínimo de mantenimiento lo cual conlleva a reducir gastos innecesarios en quipos instalados en la red.

1.4 Objetivos

Diseñar y construir una red de media tensión en raudales malpaso.

Objetivo específico

Diseñar y construir una red de media tensión en raudales malpaso, mejorando la estabilidad de las instalaciones eléctricas, reduciendo el consumo y las altas caídas de voltaje que anteriormente se presentaban en dicha red.

1.5 Metodología

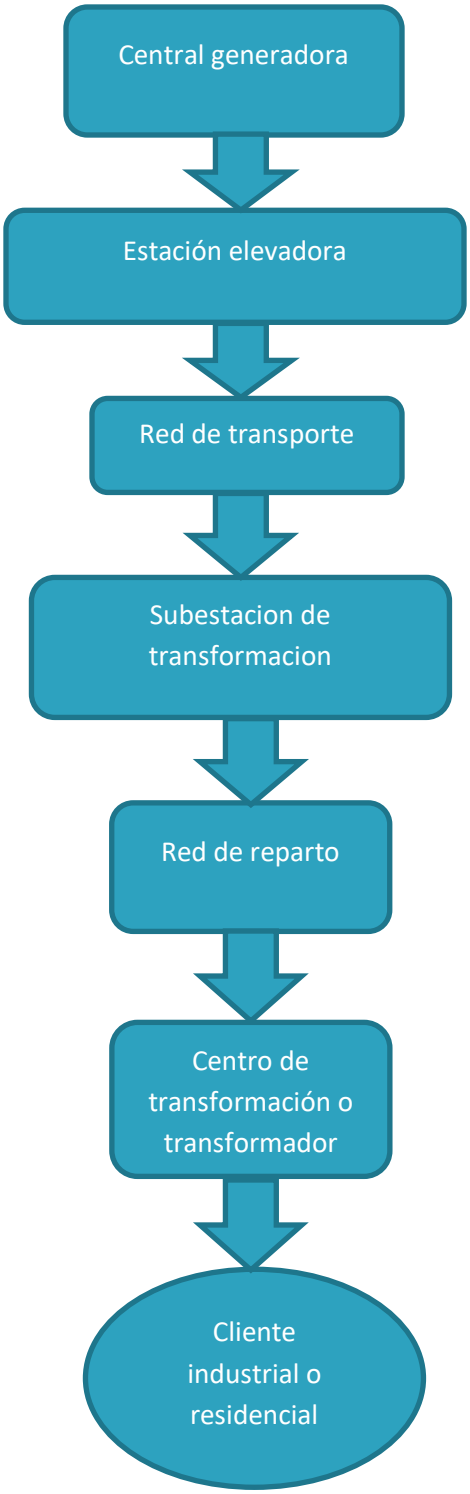


Fig.1.1 *Diagrama a bloques del hardware*

Central generadora En una central hidroeléctrica se utiliza energía hidráulica para la generación de energía eléctrica. En general, estas centrales aprovechan la energía potencial gravitatoria que posee la masa de agua de un cauce natural en virtud de un desnivel, también conocido como «salto geodésico». En su caída entre dos niveles del cauce, se hace pasar el agua por una turbina hidráulica que transmite energía a un generador eléctrico donde se transforma en energía eléctrica.

La energía hidroeléctrica es electricidad generada aprovechando la energía del agua en movimiento. La lluvia o el agua de deshielo, provenientes normalmente de colinas y montañas, crean arroyos y ríos que desembocan en el océano. La energía que generan esas corrientes de agua puede ser considerable, como sabe cualquiera que haya hecho descenso de rápidos.

Este tipo de energía lleva años explotándose. Los agricultores, desde la Grecia antigua han utilizado molinos de agua para moler trigo y hacer harina. Localizados en los ríos, los molinos de agua recogen el agua en movimiento en cubos situados alrededor del molino. La energía cinética del agua en movimiento gira el molino y se convierte en la energía mecánica que mueve el molino.

Estación elevadora Como norma general, se puede hablar de subestaciones eléctricas «elevadoras», situadas en las inmediaciones de las centrales generadoras de energía eléctrica, cuya función es elevar el nivel de tensión, hasta 132, 220 o incluso 400 kV, antes de entregar la energía a la red de transporte; y subestaciones eléctricas.

Red de transporte Transmisión de energía eléctrica. La red de transporte de energía eléctrica es la parte del sistema de suministro eléctrico constituida por los elementos necesarios para llevar hasta los puntos de consumo y a través de grandes distancias la energía eléctrica generada en las centrales eléctricas.

Estación transformadora al igual que la subestación, la estación transformadora es una instalación formada por elementos de mando, corte, medida, regulación, transformación y protección; y cuya misión es la de reducir los valores de alta tensión procedentes de las subestaciones transformadoras en valores de media tensión.

Red de reparto La distribución de la energía eléctrica desde las subestaciones de transformación de la se realiza en dos etapas.

La primera está constituida por la red de reparto, que, partiendo de las subestaciones de transformación, reparte la energía, normalmente mediante anillos que rodean los grandes centros de consumo, hasta llegar a las estaciones transformadoras de distribución. Las tensiones utilizadas están comprendidas entre 25 y 132 kV. Intercaladas en estos anillos están las estaciones transformadoras de distribución, encargadas de reducir la tensión desde el nivel de reparto al de distribución en media tensión.

La segunda etapa la constituye la red de distribución propiamente dicha, con tensiones de funcionamiento de 3 a 30 kV y con una característica muy radial. Esta red cubre la superficie de los grandes centros de consumo (población, gran industria, etc.), uniendo las-

estaciones transformadoras de distribución con los centros de transformación, que son la última etapa del suministro en media tensión, ya que las tensiones a la salida de estos centros es de baja tensión (125/220 ó 220/380 V[1])

centro de transformación (abreviado **CT**) es una instalación eléctrica que recibe energía en alta tensión (30 kilovoltios) o en media tensión (10, 15 o 20 kilovoltios) y la entrega en media o baja tensión para su utilización por los usuarios finales, normalmente a 400 voltios en trifásica y 230 en monofásica.

Cliente industrial o residencial La comercialización de energía eléctrica es el proceso final en la entrega de electricidad. El uso residencial, comercial e industrial de la electricidad se limitó, en un principio, a la iluminación, pero esto a los clientes generalmente se les carga una cuota de servicio mensual (el fijo) y los cargos adicionales en si el término electricidad doméstica, se refiere a la corriente alterna (CA) de propósito general para suministro de energía eléctrica.

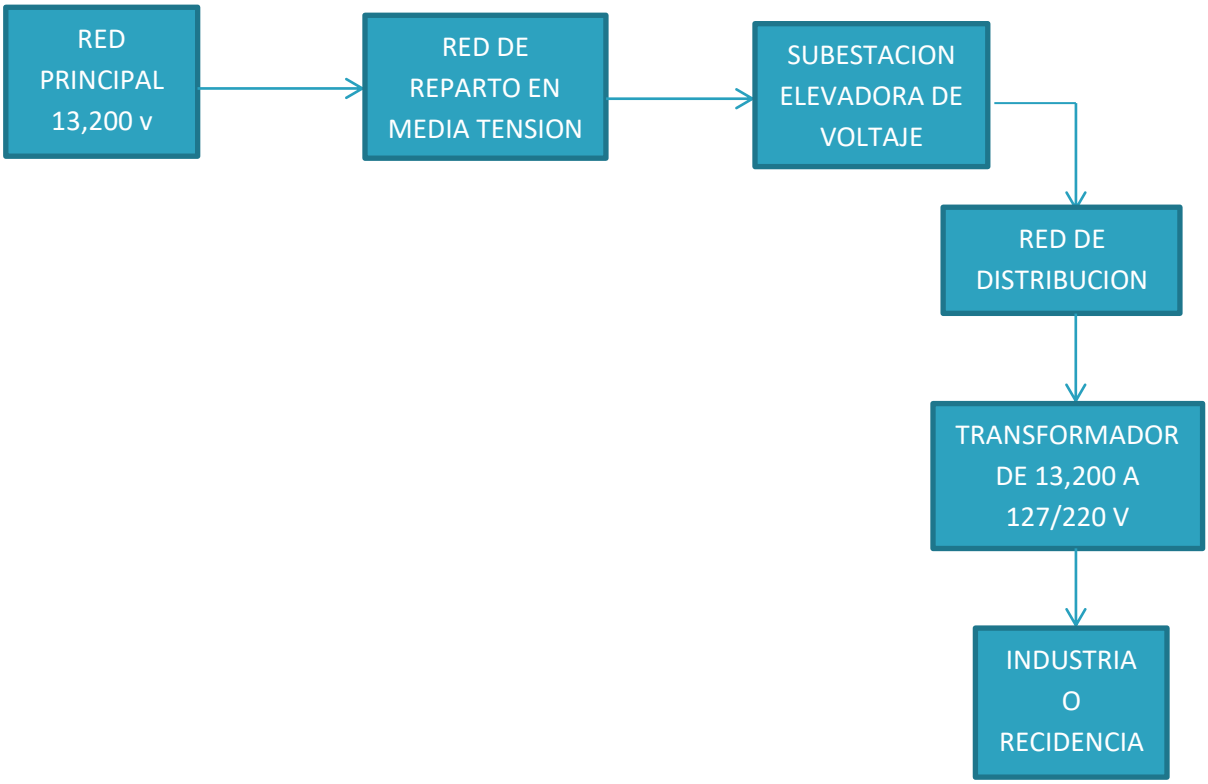


Fig.1.2 *Diagrama a bloques del software*

2. Fundamento Teórico

2.1 Media tensión

La sección de estructuras de media tensión está prevista con los lineamientos siguientes:
Se consideran estructuras de líneas de media tensión todas aquellas que soporten conductores cuya operación sea de 13 hasta 33 kV. La identificación de las estructuras está codificada con base al tipo, de la posición de los diferentes niveles y número de conductores en la estructura. Esto facilita su sistematización al momento de presupuestar o requerir materiales.

En líneas de media tensión se consideran tramos cortos a menores de 65 m y tramos largos a mayores de 65 m. Los primeros se construyen principalmente en zonas urbanas puesto que están determinados por los tramos en instalaciones de baja tensión, en tanto que los segundos se construyen por lo general en zonas rurales. Un tramo flojo, es un tramo de línea menor de 40 m donde la tensión mecánica de los conductores es menor al 40% de la indicada en las tablas de flechas y tensiones a la temperatura del lugar, al momento de rematar.

Se consideran conductores ligeros hasta:
Cobre 2 AWG
ACSR 1/0 AWG
AAC 3/0 AWG
Conductores de calibre mayor se consideran pesados.

Para el diseño de redes de media tensión (MT) es importante realizar tanto cálculos eléctricos como cálculos mecánicos, ya que las redes no solo dependen un buen conductor o un excelente aislamiento, sino también de los elementos presentes en las estructuras. Por lo tanto las líneas aéreas de media tensión (MT) son aquellas que se utilizan en la distribución de la energía eléctrica en las ciudades, zonas rurales y provinciales.

Se define como línea aérea: Al elemento de transporte o distribución formados 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 postes de concretos, crucetas y anclas, estos están repartidos a lo largo de su recorrido o distancia que tengan las línea de distribución eléctrica.

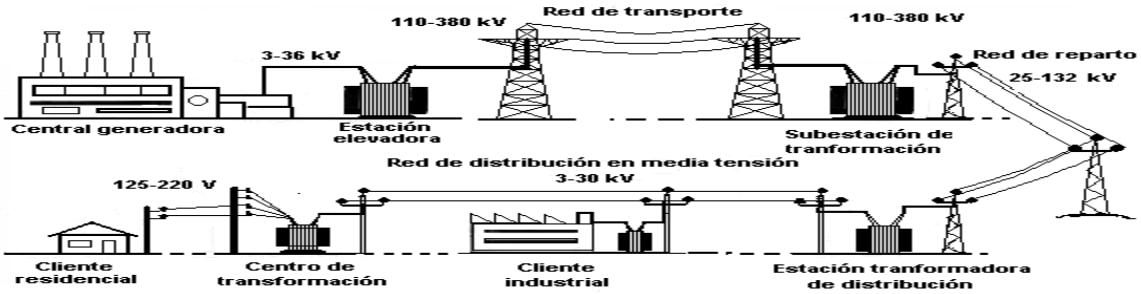


FIG. 2.1 *Distribución de una central generadora*

No obstante la denomina media tensión (MT) la hacen las compañías eléctricas según el reglamento de líneas eléctricas de alta tensión estas líneas son las llamadas de 3ª categoría. La tensión de las líneas de MT según el reglamento es 20 Kv, pero según la zona geográfica podemos encontrar líneas de diferente tensión como 11Kv, 15Kv, etc.

Ventajas

Las líneas que forman la red de distribución se operan de forma radial, sin que formen mallas, al contrario que las redes de transporte y de reparto. Cuando existe una avería, un dispositivo de protección situado al principio de cada red lo detecta y abre el interruptor que alimenta esta red.

Desventajas

Su falta de garantía de servicio: Estas desventajas pueden ser compensadas en la actualidad con los dispositivos modernos de desconexión automática de la zona en falla llamados órganos de corte de red o la utilización de los dispositivos llamados reconectadores que desconectan y cierran la zona en falla, procurando de esa manera despejar la zona en falla y volver el servicio sobre la línea completa.

2.2 conceptos para la planeación de redes de distribución

Definiciones

Carga instalada: Es la suma de los valores nominales de todas las cargas por alimentar o instalar las cuales se puede expresar en KW, o KVA.

Densidad de carga: Es el cociente de la carga instalada entre el área de la zona en proyecto, se expresa en KW/m^2 o kVA/m^2.

Demanda: Es la potencia consumida por la carga, tomada en un valor medio en un intervalo de tiempo determinado, se expresa en KW, KVA o amperes.

Demanda máxima: Es la mayor demanda que se tiene dentro de un intervalo de tiempo en un circuito eléctrico y se expresa en KW, KVA o amperes.

Factor de demanda: Es la relación de la demanda máxima de un circuito eléctrico respecto a su carga instalada, en un intervalo de tiempo determinado, generalmente es menor de uno; siendo unitario únicamente cuando, durante el intervalo considerado todas las cargas instaladas

Factor de diversidad: Es la relación existente entre la suma de las demandas máximas individuales de las distintas partes de un sistema y la demanda máxima resultante del sistema entero, es mayor o igual a uno.

Factor de coincidencia Es la relación existente entre la demanda máxima de un sistema y la suma de las demandas máximas de los componentes del mismo, es menor o igual a uno. Este factor es reciproco del de diversidad.

Factor de utilización: Es la relación existente entre la demanda máxima del sistema y la capacidad nominal del mismo. Este factor indica el grado en el que el sistema está siendo aprovechado durante el pico de carga (demanda máxima).

Factor de potencia: Es la relación entre la potencia real (kW) y la potencia aparente (KVA), es menor o igual a uno.

Tensión de servicio: Es la diferencia de potencia medida en las terminales de la acometida de servicio o equipo de medición.
Tensión nominal: Es la tensión de referencia o tensión de placa del equipo, es decir, es la tensión con la cual el equipo trabaja en condiciones normales.

Sistema de operación radial: Es aquel en que el flujo de energía tiene una solo trayectoria, de la fuente a la carga, de tal manera que una falla en cualquier componente de la red puede producir una interrupción en todos los servicios.

2.3 cálculo de la corriente nominal

Se debe calcular la corriente nominal de las redes de media tensión mediante las siguientes formulas:

Para un sistema trifásico

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * \mathrm{v}} \quad \text{(Ec.1)}$$

Sistema bifásico (monofásico bifilar)

$$I = \frac{\mathrm{S}}{\mathrm{V}} \quad \text{(Ec. 2)}$$

Dónde:

I: intensidad de línea o corriente nominal de operación (A).
S: es la sumatoria de las demandas máximas conectadas en MT no afectadas por factores de simultaneidad (KVA).
V: tensión de línea fase-fase (kv)

2.4 caída de tensión

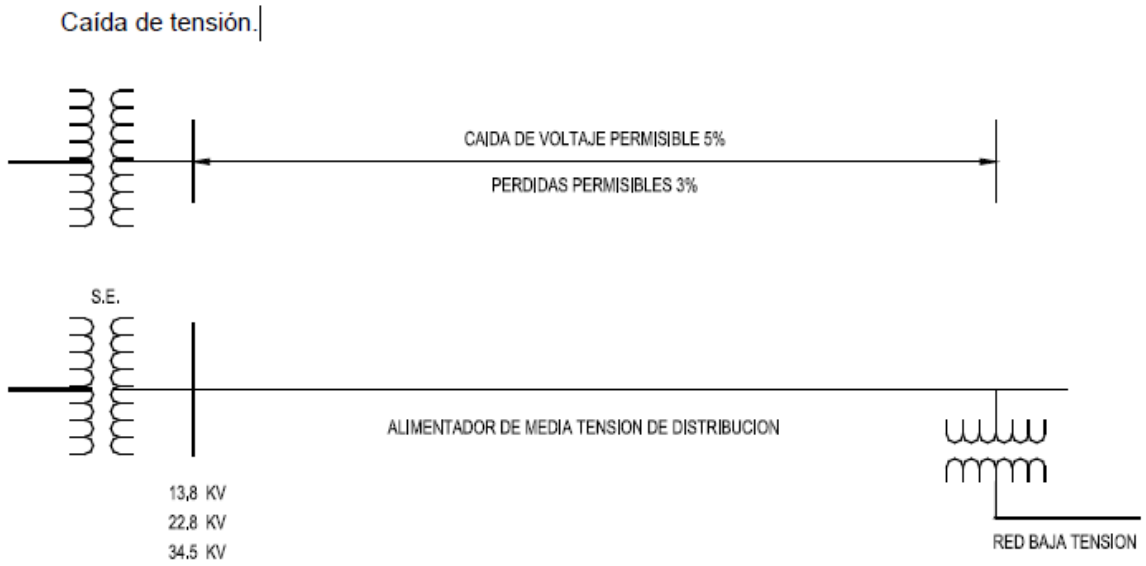


Fig.2.2 *Caída de tensión*

Para calcular la caída de tensión, utilice los datos de la siguiente tabla para todas las tensiones eléctricas nominales de las líneas de media tensión de distribución en todas las estructuras normales, menos en las estructuras tipo C y H. Se supone un sistema trifásico balanceado. Multiplique la caída de tensión correspondiente al calibre y material del conductor por la corriente de fase y por la longitud en kilómetros. La caída de tensión es entre fases.

caída de tensión por Amper por kilometro							
Conductor		factor de potencia en %					
calibre AWG o kCM	material	75	80	85	90	95	100
1/0	CU	0,9054	0,946	0,920	0,881	0,808	0,595
3/0	CU	0,778	0,753	0,718	0,668	0,590	0,375
250	CU	0,657	0,628	0,588	0,537	0,460	0,252
1/0	ACSR	1,247	1,247	1,237	1,213	1,154	0,953
3/0	ACSR	0.962	0,946	0,922	0,882	0,811	0,6
266.4	ACSR	0,740	0,718	0,687	0,644	0,573	0,375
336.8	ACSR	0,673	0,647	0,614	0,567	0,493	0,297
477	ACSR	0,588	0,56	0,523	0,474	0,401	0,209

TABLA 2.1 *Tabla de conductores*

Regulación: La regulación se relaciona con la caída de tensión en los conductores de una red determinada, en generadores y transformadores eléctricos. No resulta conveniente que haya una caída de tensión excesiva en el conductor por que el usuario final o transformador de MT a BT tensión estaría alimentado por un valor reducido de tensión muy distinto al valor asignado.

En un sistema de distribución los cálculos de regulación se harán para un tramo de línea, siendo la caída total de tensión la suma de las caídas en cada uno de los tramos intermedios, por lo tanto Para el cálculo de la caída de tensión se utiliza el método del momento eléctrico. El porcentaje de caída de tensión está dado por:

$$\%\Delta V = k\mathrm{v} * \mathrm{p} * \mathrm{L}$$

Dónde:
Kv: constante de regulación
p: potencia a transportar (kW)
L: longitud de la línea (km)

Existen básicamente dos definiciones de regulación, dependiendo del país donde se haga la instalación: Normativa estadounidense: la regulación se define como sigue:

$$\Delta V\% = \frac{\mathrm{V1n} - \mathrm{V2n}}{\mathrm{V1N}}$$

V_{2} ***n*** Es la tensión en bornes de la carga o transformador

Normativa europea (IEC): la regulación se define como:

$$\Delta \mathrm{V}\% = \frac{\mathrm{V1n} - \mathrm{V2n}}{\mathrm{V2n}}$$

Dónde:

V_{1}***n*** Es la tensión aguas arriba (parte más cercana a la central de producción) de la carga o transformador, es decir en el alimentador.

2.5 Cálculo mecánico de conductores

El objeto del cálculo es controlar la tensión mecánica de los conductores para cada uno de los tipos de carga y condiciones climáticas a las que está expuesta el conductor para evitar esfuerzos y daños que pongan en riesgo la seguridad y continuidad del servicio, evitar la aparición de fenómenos vibratorios, aprovechar al máximo su capacidad mecánica, conseguir un balance adecuado entre distancia de vanos y dimensionamiento de postes.

El Proyecto Tipo define las tablas de tendido, donde se determinan las tensiones y las flechas a las que debe instalarse el conductor en función de los siguientes parámetros:

- Longitud del vano
- Temperatura ambiente
- Zona de viento (A, B o C)
- Área (urbana o rural)
- Tipo de conductor

3 DESARROLLO

3.1 Diseño y construcción de red aérea en media tensión

El diseño y objetivo de la construcción de red de media tensión es normalizar la demanda de consumo de energía eléctrica y reducir las altas caídas de tensión con la finalidad de evitar las fallas que comúnmente se presentan el cual es uno de los problemas principal a corregir en este diseño y construcción de la red de media tensión ubicada en loma bonita municipio de raudales malpaso.

El presente diseño se hace para la mejora de la red de media tensión ubicado en loma bonita municipio de raudales malpaso. Teniendo en cuenta el lugar de desarrollo del proyecto y los gráficos establecidos en el proyecto se puede establecer la zona, con las distancias de seguridad establecidas para cada uno de los casos que se puedan presentar dentro del alcance del diseño como se puede apreciar en la ***Fig. 3.1***

Fig.3.1 *Ubicación geográfica*

Como primer paso se hace reconocimiento de campo en el cual se puedan observar los puntos a establecer donde pasara la red de media tensión, así como también ir tomando en cuenta si es necesario abrir brecha o en dando caso solicitar permiso de derecho de vía lo cual es una franja de terreno que se ubica a lo largo de la línea aérea cuyo eje longitudinal coincide con el trazo topográfico de la línea y esto lo podemos observar en las siguientes figuras.

Fig. 3.2 *Reconocimiento de campo*

En la Fig. 3.2 podemos apreciar el punto de inicio de la red de media tensión, cabe señalar que la red eléctrica en media tensión no perjudica terrenos a terceras personas ya que se encuentra situada a un costado la carretera pavimentada, teniendo así como único detalle derramar algunos árboles que se interponen en el cruce de la línea de media tensión dando seguimiento al reconocimiento de campo en la siguiente fig. 3.3

Fig. 3.3 *Reconocimiento de campo*

Para dar seguimiento al reconocimiento de campo es importante tener el punto de partida tomando en cuenta los factores a considerar como se explica en la figura 3.2. Para determinar la zona es necesario conocer las distancias y potencias proyectadas a transportar, entre otros parámetros, por lo que se hace necesario la elaboración de un plano preliminar, para la elaboración de este plano debemos realizar un levantamiento físico como se puede observar en la figura 3.4

Fig. 3.4 *reconocimiento de campo*

Es la etapa por la cual se investiga, razona y deduce el método más apropiado para así poder llevar óptimamente el trabajo de campo, por eso es importante realizar la visita al terreno, preguntar la mayor cantidad de datos posibles a los lugareños, así como también de planos referenciales existentes del lugar donde se está llevando a cabo el reconocimiento de campo como se observa en la sig. fig.3.4

Fig.3.5 *reconocimiento de campo*

En la fig.3.5 se observa el punto de finalización del diseño de la red de distribución de media tensión realizada donde se puede ver la una de las casetas de comandancia, las cuales fueron electrificadas. Tomando toda la información adicional que se considere relevante para el diseño y así poder instalar los postes según la reglamentación establecidos en las normas de **CFE**.

Como segundo paso, observaremos las cepas y posturas de postes utilizados en la red de media tensión y se establecerán las medidas de profundidad utilizadas para la postura de cada poste así como también mostraremos si es necesario estacar los postes con piedras que ayudan a darle fuerza y rigidez a cada poste, esto con el fin de dejar de la mejor forma posible y tener la seguridad de que ese poste no sufra daños conforme al paso del tiempo, a continuación mostraremos las imágenes sig.

Fig. 3.6 *cepas y posturas de postes*

Como podemos observar en la figura 3.6, el suelo se muestra rígido y eso nos ayuda a no meter tanta piedras (escombro) para que el poste quede de forma segura, pero si es necesario darle la profundidad adecuada ya que la norma establece que debe de cumplir con dicha profundidad de lo contrario podría sufrir serios daños, y esto generaría costos elevados que no se tienen provistos en el proyecto, avanzando con el tema presentamos las siguientes imágenes.

Fig. 3.7 *cepas y posturas de poste*

En esta imagen observamos una cepa con la profundidad adecuada establecida en la norma de CFE, con una profundidad 170 cm y una anchura o circunferencia aproximada de 50 cm con ello se cumple y estable lo requerido en la norma, por otra parte no será tan necesario ser rellenada de escombro o piedras ya que el suelo representa una buena rigidez lo cual es de gran ayuda.

Fig. 3.8 *colocación de postes*

En la fig. 3.8 se observa la colocacion de un poste PCR 12-750 lo cual significa que es de una longitud de 12 M de largo y soporta una carga de 750 kg aproximadamente, para la postura de este poste se necesitan maneobras muy precisas de lo contrario seria muy peligroso colocarlo, la forma mas segura y facil de hacerlo es por medio de una grua la cual se puede observar en la misma figura ya antes mencioanda.

Fig. 3.9 *cara y plomeado de poste*

Tercer y último paso. En este poste se observa uno de los puntos muy importante llamado darle cara al poste, este punto se establece a la hora en que se está colocando el poste ya que se puede manobrear de una forma sencilla con la ayuda de la crua, esta cara debe quedar con dirección al siguiente poste por último se plomea para que quede los más recto posible y al momento de tender las líneas no se vea caído sobre alguno de los extremos.

Obteniendo estos puntos se le da seguimiento a las posturas de anclas, estas anclas deben de tener una ángulo y dirección que sean referente a donde se va a establecer el pesor de las líneas, las posturas de las anclas deben de ser de forma segura ya que esto garantiza la seguridad muy importante en los postes, cada ancla tiene una profundidad de 150 cm como mínimo y 170 como máximo y de ser necesario se debe asegurar con escombro. Lo podemos observar en la siguiente fig.

Fig. 3.10 *Armado de ancla*

Fig. 3.11 *postura de ancla*

Estructuras para retenidas: La retenida es un elemento mecánico que sirve para contrarrestar las tensiones mecánicas de los conductores en las estructuras y así eliminar los esfuerzos de flexión en el poste. Las retenidas se instalan en sentido opuesto a la resultante de la tensión de los conductores por retener. Generalmente se deben de anclar en el piso con un ángulo de 45°; para colocarlas en ángulos diferentes se deben analizar los esfuerzos mecánicos.

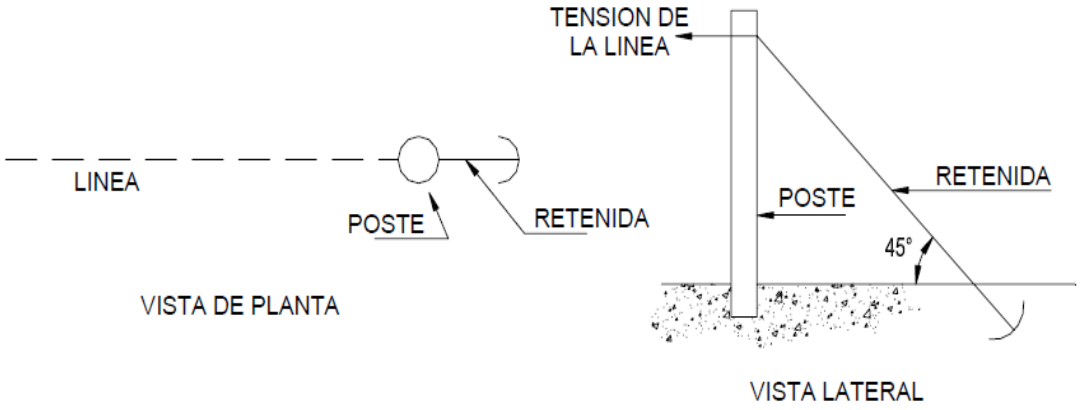


Fig. 3.12 *postura de ancla*

Estructuras para retenidas

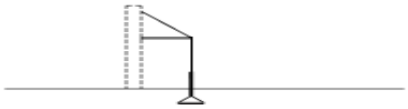
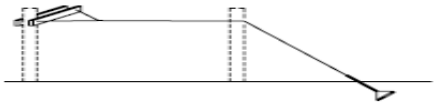
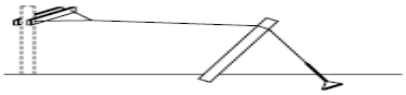
DISPOSICIÓN DE RETENIDAS	CLAVE	NOMBRE
	RBA	Retenida de banqueta y ancla
	RVP	Retenida volada a poste y ancla
	RVE	Retenida volada a estaca y ancla
	RPP	Retenida poste a poste

Fig. 3.13 *Codificación de estructuras para retenidas*

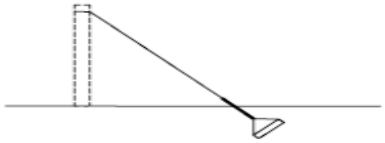
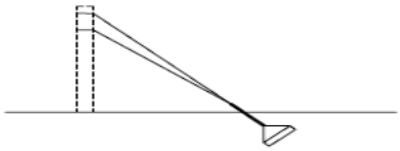
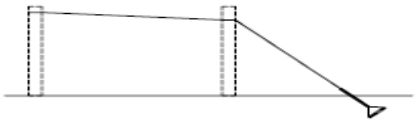
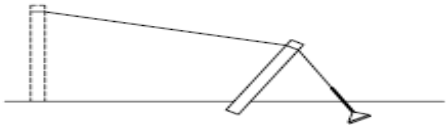
DISPOSICIÓN DE RETENIDAS	CLAVE	NOMBRE
	RSA	Retenida sencilla de ancla
	RDA	Retenida doble de ancla
	RPA	Retenida a poste y ancla
	REA	Retenida a estaca y ancla

Fig. 3.14 *Codificación de estructuras para retenidas*

3.2 Codificación de estructuras en media tensión.

Ya obteniendo establecidos los pasos anteriormente mencionados, se prosigue a instalar crucetas en cada uno de los postes que se incrustaron para la realización de la red de media tension y cada uno de los respectivos postes lleva una forma de estructura la cual es referente al tipo o diseño de postura de crucetas las cuales son las que sostendrán la línea de media tension, para ello mostramos varios tipos de estructuras basado en las normas de CFE en las sig. fig.

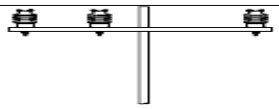
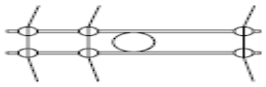
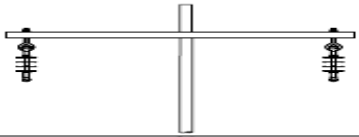
DISPOSICIÓN DE CONDUCTORES	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
	TS	Te, Sencilla
	TD	Te, Doble
	CT	Cadena en T
	PS	Puntaposte Sencillo

Fig.3.12 *estructuras de media tensión*

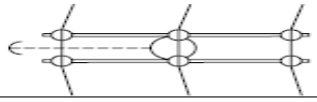
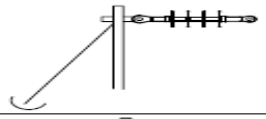
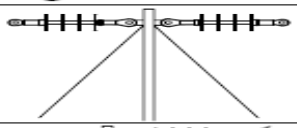
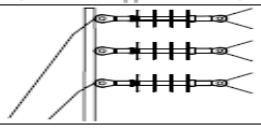
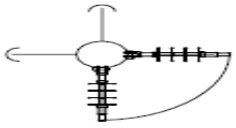
DISPOSICIÓN DE CONDUCTORES	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
	PD	Puntaposte, Doble
	RD	Remate, Doble cruceta
	AD	Anclaje, Doble
	DP	Deflexión, de Paso
	DA	Deflexión, de Anclaje

Fig. 3.13 *estructuras de media tensión*

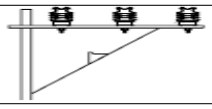
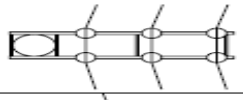
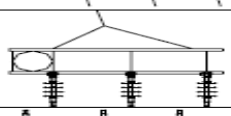
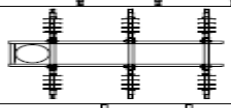
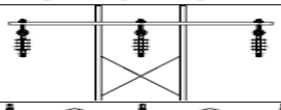
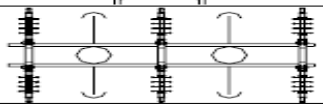
DISPOSICIÓN DE CONDUCTORES	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
	VS	Volada, Sencilla
	VD	Volada, Doble
	VR	Volada, Remate
	VA	Volada, Anclaje
	HS	Hache, de Suspensión
	HA	Hache, de Anclaje

Fig. 3.14 *estructuras de media tensión*

Como podemos observar en las fig. Anteriores nos damos cuenta que existen varios tipos de estructuras las cuales nos benefician para lograr una mejor y eficiente postura de líneas de media tensión, cabe señalar que no todo el tiempo son utilizadas en su mayoría ya que muchas de ellas son pocas utilizadas, esto porque pueden existir factores en los cuales no son de su necesidad o simplemente requieren de otro tipo de estructura, en nuestro caso presentamos una tabla general de las estructuras utilizadas en la red de media tensión.

CUADRO DE DISPOSITIVOS AEREOS DE PROYECTOS					
CLARO INTERPOSTAL	POSTES		M.T	B.T	OBSERVACIONES
37.0 MTS	1	PCR 12-750	VA3N		PUNTO DE CONEXION C/ LINEA DE CFE EXISTENTE ,ACSR 3/0 AWG , 3F-4H
26.0 MTS / 30.0 MTS	2	PCR 12-750	VD3N/VR3N		
	3	PCR 9-400	REA		RETENIDA ESTACA/ANCLA
30.0 MTS	4	PCR 12-750	VD3N		
65.0 MTS	5	PCR 12-750	VS3N		
50.0 MTS	6	PCR 12-750	VD3N		
50.0 MTS	7	PCR 12-750	VA3N		SECCIONAMIENTO CON CCF-15 KV
40.0 MTS	8	PCR 12-750	VS3N		
30.0 MTS	9	PCR 12-750	VD3N		
21.0 MTS	10	PCR 12-750	VD3N		
35.0 MTS	11	PCR 12-750	VD3N/RD3N		SECCIONAMIENTO CCF-15 KV
32.0 MTS	12	PCR 12-750	VD3N		
45.0 MTS	13	PCR 12-750	AD3N		RETENIDA DOBLE DE ANCLA RDA
45.0 MTS	14	PCR 12-750	VS3N		
31.0 MTS	15	PCR 12-750	VD3N		
50.0 MTS / 12.0 MTS	16	PCR 12-750	VD3N		
	17	PCR 7-500	REA		RETENIDA ESTACA/ANCLA
75.0 MTS	18	PCR 12-750	VA3N		RETENIDA DOBLE A ESTACA
75.0 MTS	19	PCR 12-750	VS3N		
50.0MTS	20	PCR 12-750	VS3N		
64.0 MTS	21	PCR 12-750	VS3N		TRANSFORMADOR NK TIPO POSTE DE 45 KVA TRIFASICO
58.0 MTS	22	PCR 12-750	VS3N		
80.0 MTS / 6.0 MTS	23	PCR 12-750	VA3N		RETENIDA DOBLE A ESTACA
	24	PCR 7-500	REA		RETENIDA ESTACA/ANCLA
1.83 MTS	25	PCR 12-750	RD3N		TRANSFORMADOR NK TIPO POSTE DE 112.5 KVA TRIFASICO
	26	PCR 11-500	PH3		PARRILLA PARA TRANSFORMADOR H3

Tabla. 1 *Cuadro de dispositivos y estructuras*

En la Fig. 3.15 podemos observar las distancias interpostales de cada una de los postes así como también el tipo de estructura para cada una de ellas, y la cantidad de postes utilizados en la red de media tensión, se estable al igual los transformadores utilizados en la obra y se especifican su capacidad de acuerdo a la demanda que se genera en dichas casetas.

3.3 Tendido de las líneas de media tensión

El tendido de las líneas de media tensión tiene como finalidad transportar la energía eléctrica de un punto a otro, utilizando para ello postes, crucetas, aisladores, entre otros equipos ya antes mencionados. Esta línea de distribución en media tensión (13,200 v) que va dirigida a un par de casetas de vigilancia ubicado en loma bonita municipio de raudales malpaso tiene una finalidad y es abastecer adecuadamente la demanda que se requiere y reducir lo la caída de tensión en 99%.

Estos objetivos se logran con el diseño y construcción de líneas de media tensión ajustando y modificando todas sus partes desde un inicio hasta el final del proyecto, tal como lo podemos observar en la siguiente fig. En donde mostramos el nuevo diseño y tendido de líneas en media tensión las cuales abastecerán en un 100 % la demanda de mandada, y contara con protección a sobre descargas o cortos circuitos auto protegiéndose automáticamente.

Fig. 3.16 *Tendido de líneas*

Para el tendido de la línea de media tensión se realiza una maniobra con el cual se facilita el tendido de las líneas, esto se logra levantando el carrete de conductor utilizando un par de crucetas tal como se observa en la fig. 3.16 con lo cual logramos devanar el cable de aluminio con alma de acero ACSR calibre 3/0 para con ello poder realizar el tendido más fácil y rápidamente.

Fig. 3.17 *Tendido de líneas*

De acuerdo a la fig. 3.17 observamos el acarreo de las lineas de media tension las cuales seran las que transporten la energia electrica (13,200 v) de un punto a otro, para ello debemos saber la distancia que hay de poste a poste para no fallar a la hora de tender el cable. Las lineas no deben de ir tan tensadas pero tampoco tan flojas.

Fig. 3.18 *Tendido de líneas*

como podemos observar ya tenemos casi sujeta las lineas de alimentacion y nos podemos dar cuenta de la manera en que se va realizando el levanjtamiento de las mismas, estas lineas deben ir sujetas a los aisladores de una forma segura con forme a la norma de CFE y asi poder proporcionarle seguridad y estabilidad.

Fig. 3.19 *Tendido de líneas*

Por ultimimo mostramos en la fig. 3.19 La finalización y aseguramiento del levantamiento de líneas en media tensión, de la cual consta el diseño y construcción de la línea nueva ahora ya establecida, de la tal cual se vino dando seguimiento paso a paso en todo el desarrollo del tema, estas líneas constan de un voltaje de 13, 200 v. quedando sujetas bajo las normas establecidas en CFE.

3.4 Materiales utilizados en la obra

La lista de materiales que a continuación presentamos, son los que ocupamos con base a la construcción y diseño de la obra en loma bonita municipio de raudales malpaso, estos materiales van de acuerdo a la capacidad de la red tomando en cuenta los puntos como pesor y longitud entre otros puntos.

Lista de materiales

MATERIALES	ESPECIFICACION
POSTES	PCR 12-750
	PCR 9-400
	PCR 7-500
	PCR 11-500
CRUCETAS	PV200
AISLADORES	ASUS
	1C
	3R
CONDUCTOR ACSR AWG	3/0
NEUTRO	1/0
TRANSSFORMADORES	TIPO COSTA 112.5 KVA
	TIPO COSTA 45 KVA
TORNILLOS	DOBLE ROSCA 16X405
	MAQUINA16X72
TIRANTES	T1
	H2
REMATE	PERFORMADO 5/16
ANCLAS	PERFORMADO 1/0
RETENIDAS	AG16
GRILLETE	OJO/R
PERNO	ANCLA 1PA
	IPO
CORTA CIRCUITO	15 KVA
APARTA RAYO	PROTECCION A SOBRE DESCARGAS
FUSIBLE	LISTON ESLAVON FUSIBLE
GUARDA CABO	C1
MOLDURA	RE
ABRAZADERAS	UC
	UL
	1BS
	2BS
PLACAS	1PC
	2PC
ANCLA CONICA	C3
SOPORTE	CV1
BASTIDORES	B1
	B3
ESTRIBO	MEDIA TENSION
CONECTORES	ACOMPRESION
	A TOPE
	A LINEA VIVA
	MECANICO PARA VARILLA A TIERRA
ALUMINIO	SOLIDO #4
ALAMBRE COBRE	#4
GUARDA LINEA	FORRO DE LINEAS
VARRILLA	COPERWERL
CABLE DE BAJA TENSION	TWH 4/0

TABLA 2 *LISTA DE MATERIALES*

4. Resultados y Conclusiones

4.1 Resultados

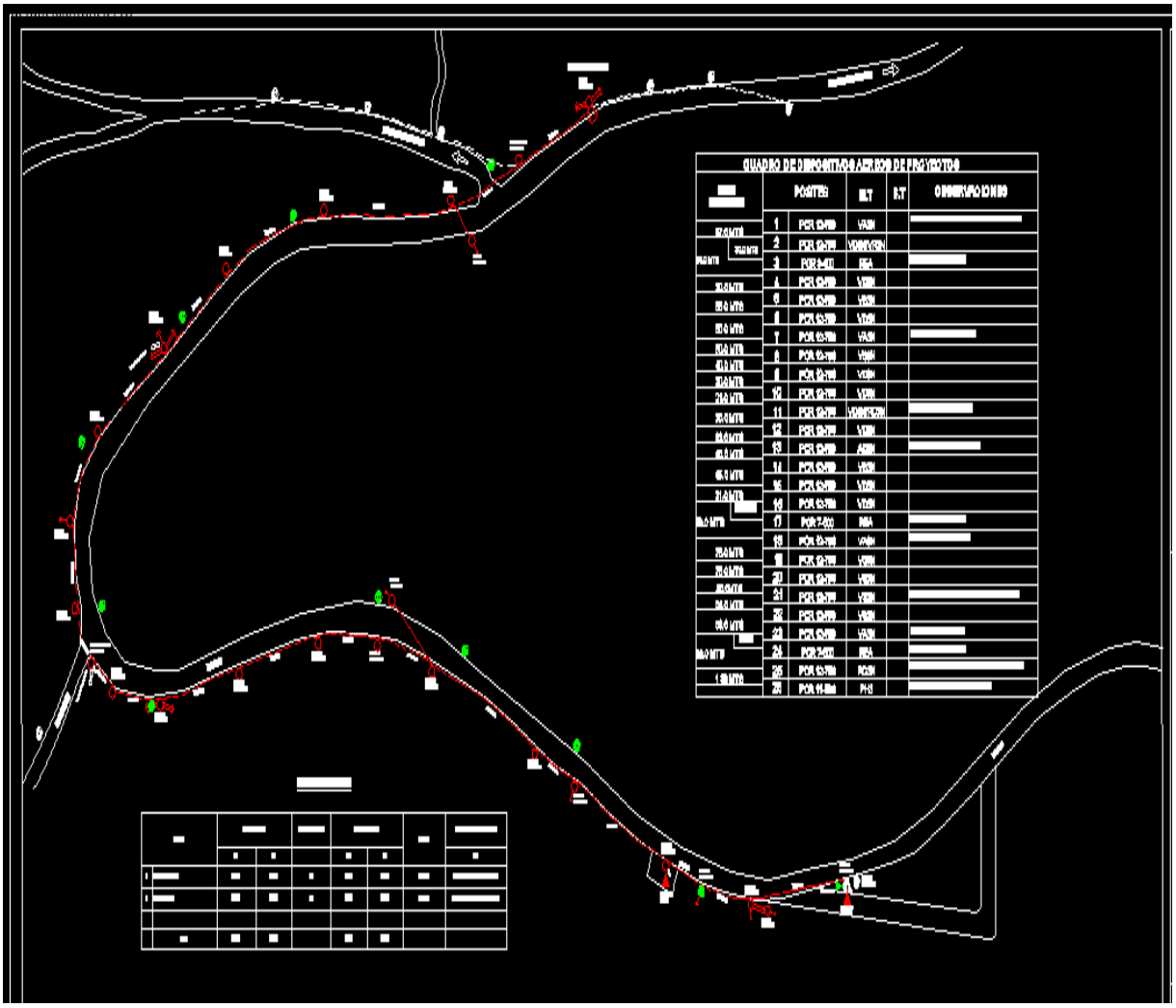


FIG. 3.20 *Diseño de proyecto*

En la fig.3.20 se presenta el plano definitivo como resultado, para esto fue necesario conocer la distancia y la potencia a transportar, entre otros parámetros, para el diseño de este plano fue necesario realizar un levantamiento físico y cartográfico del área a diseñar, con toda esta información recolectada se procedió a la elaboración del plano. En este plano se ubicaron los transformadores, postes primarios y postes secundarios.

Fig.3.21 *transformador conectado a la nueva red*

Como resultado obtenido en la obra realizada en loma bonita municipio de raudales malpaso podemos observar en la figura 3.21 la colocación del transformadores de 45 kva y con esto poder dar como terminada la obra, en el cual se puede ver cómo está conectado ya puesto en lo que es el poste, conectado a las líneas de media tensión con el propósito de abastecer a una de las casetas.

Fig.3.22 *transformador conectado a la nueva red*

En la fig. 3.22 observamos la terminación del transformador de 112.5 KVA el cual alimentara la segunda caseta, y dando como terminado el proyecto se asume las pruebas de alimentación, estas realizadas por CFE tal como se observa en la siguiente fig., antes mencionada, siendo correcta las pruebas por CFE se da por concluido la obra.

SERVICIO		CARGA ISNSTALADA		FACTOR DE DEMANDA	CARGA DE DEMANDA		CIRCUITO	CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR
		KVA	KW		KVA	KW		KVA
E1	ALOJAMIENTO SEMAR	86,099	77,489	0.9	77,489	69,740	CTO. “A”	45 KVA TRIFASICO, 13.2KV-220/127V
E2	SEGURIDAD FISICA	21,8 61	19,675	0.9	19,675	17,708	CTO.”B”	112.5 KVA TRIFASICO, 13.2KV-220/127V
	TOTAL	127,960	97,164		97,164	87,448		

TABLA. 3 *Cuadro de cargas*

4.2 Cálculos realizados

Cálculos de las protecciones termomagnéticas: transformador 112.5 kva

Interruptor general

Se podría determinar la capacidad del interruptor termomagnetico general, “A” de acuerdo a la capacidad de conducción de corriente del transformador. Pero para fines prácticos lo calculamos con referencia a la carga instalada en watts siendo la protección a instalar la siguiente:

Por corriente:

In= W / (VL*Vn*Fp)
IC= In / (FA*FT)

Si tenemos que la carga es:

W= 83,000 W

Entonces tenemos que:

In= 83,000 / (220*1.73*0.9) = 242.3 A

Aplicando los factores de corrección por agrupamiento y temperatura de 0.88 y 0.94 respectivamente, nos queda como sigue.

Ic= 242.3 / 0.752= 322.2 A

Por caída de tensión:

%e= (2*L*I)/(Vn*S) para un circuito bifásico 2f 3h

Si conocemos la distancia que abra del interruptor principal hasta el tablero general, y para fines de cálculos consideramos un porcentaje de caída de tensión de 2%.

Despejando S

S= (2 * L * I) / (Vn * %e)

S= (2 * 15 * 322.2) / (127 * 2) = 38.05 mm^2

%e= (2 * 15 * 322.2) / (127 * 42.4060) = 1.79

Cálculos de las protecciones termomagnéticas: transformador de 45 kva.

Interruptor general

Se podría determinar la capacidad del interruptor termomagnetico general, "**B**" de acuerdo a la capacidad de conducción de corriente del transformador. Pero para fines prácticos lo calculamos con referencia a la carga instalada en watts siendo la protección a instalar la siguiente:

Por corriente:

In= W / (VL*Vn*Fp)
IC= In / (FA*FT)

Si tenemos que la carga es:

W= 27 000 W

Entonces tenemos que:

In= 27,000 / (220 * 1.73 * 0.9) = 78.8 A

Aplicando los factores de corrección por agrupamiento y temperatura de 0.88 y 0.94 respectivamente, nos queda como sigue.

Ic= 78.8 / 0.752= 104.7 A

Por caída de tensión:

%e= (2 * L * I) / (Vn * S) para un circuito bifásico 2f 3h

Si conocemos la distancia que abra del interruptor principal hasta el tablero general, y para fines de cálculos consideramos un porcentaje de caída de tensión de 2%.

Despejando S

S= (2 * L * I) / (Vn * %e)

S= (2 * 15 * 104.7) / (127 * 2) = 12.36 mm^2

%e= (2 * 15 * 104.7) / (127 * 13.3030) = 1.85

Cálculos de corto circuito.

En un sistema eléctrico resulta de gran importancia el estudio del corto circuito, porque nos permite determinar la selección adecuada de los interruptores o fusibles ya que son los que pueden resistir las elevadas corrientes de corto circuito que se presentan.

Los tipos de fallas que se pueden presentar en los sistemas trifásicos son:

1- **Entre fases.**
2- **De fase a fase.**
3- **De dos fases a tierra.**
4- **De fase a neutro.**
5- **Arqueo.**

Para la selección de los dispositivos de protección de la mayoría de las plantas industriales, basta calcular un corto circuito trifásico, y para esto se necesita determinar las siguientes ecuaciones, para las impedancias.

Para la red: **Z% Red=** (kva b / kva red) x 100
Para el transformador: **ZT=** (kva b / kva t) x Zt
Para los conductores: **Z cond =** (OHMS x KVA b) / (kv^2 x 10)
Corriente de corto circuito: **Icc=** (KVA b x 100) / (√3 x Vn x ZeqF)

CORRIENTES DE CORTO CIRCUITO:

Icc = (KVA B X 100) / **(**√3 x Vn x ZeqF)
Icc = (45 x 100) / (1.732 x 0.22 x 4.166) = 2,834.80 A **Transformador de 45 kva**

Icc = (KVA B X 100) / **(**√3 x Vn x ZeqF)
Icc = (112.5 x 100) / (1.732 x 0.22 x 4.166) = 7,087.00 A **Transformador de 112.5 kva**

Ahora ya tenemos una idea en cuanto a la capacidad de corto circuito a la que se someterán los equipos-, por lo tanto deben estar bien proyectados nuestros sistemas de protección para evitar daños cuantiosos, lesiones al personal, interrupciones, así como de la producción.

4.3 Conclusiones

El diseño y construcción de la nueva red de media tensión realizada en loma bonita municipio de raudales malpaso asegura el cumplimiento total de las necesidades, teniendo una mejora en la calidad del servicio de energía dando como resultado la postura de dos transformadores y así poder abastecer la demanda de las casetas de vigilancia y evitar las fallas que se presentaban.

Los resultados de los cálculos demuestran la seguridad y estabilidad a cada uno de sus equipos, entre ellos los transformadores, corta circuito y aparta rayo, esto conlleva a la mejora de la red en media tensión ya antes mencionada, el propósito fue mejor sus equipos y como punto más importante estabilizar la caída de tensión que de acuerdo a los cálculos realizados fue corregido.

Este diseño de red fue creada para abastecer las cargas demandadas por cada una de las casetas, a estas cargas se le implemento un 25 % en la postura de cada uno de los transformadores, esto con el fin de que si algún día incrementen las cargas el transformador no sufra daños oh en dados caso los equipos utilizados en las casetas.

Referencias Bibliográficas

ABENGOA CHILE. (2003). Estándares y procedimientos de trabajo seguro en línea 1x220 kV. Proyecto Valdivia, Celulosa Arauco y Constitución S.A.

ABENGOA CHILE. (2004). Estándares y procedimientos de trabajo seguro en construcción de líneas 2x23 kV. Proyecto Transición Ujina-Rosario, Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi.

Checa, Luis María. (1988). Líneas de transporte de energía eléctrica. 3 Ed. Barcelona: Marcombo.

De Corral, Ignacio, Manuel de Villena. (1994). Topografía de obras. 1ª Ed. México: Alfa omega.

BEER, Ferdinand. Mecánica Vectorial para Ingeniero. 6ª Edición. Mc Graw Hill

CENTELSA. Datos técnicos [en línea]. Consultada en Mayo de 2012.Última Actualización. Disponible en: <http://www.centelsa.com.co/index.php?pag=0014>

COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Decreto 4978. (27, Diciembre, 2007). Por la cual se reglamenta el artículo 59 de la Ley 1151 de 2007 y se dictan otras disposiciones. Bogotá, D.C. 2007. 9 p.

COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Resolución 18 1294. (06, Agoto, 2008). Por la cual se modifica el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE, Anexo General. Bogotá, D.C., 2008. 164p.

ELECTRICARIBE. BDI (Base de Datos de Instalaciones) – Electricaribe S.A. E.S.P.

ELECTRICARIBE. Especificaciones técnicas para Líneas Aéreas de Baja Tensión [documento en cinta magnética]. Versión 2012. Barranquilla (Colombia). Gas Natural Fenosa. Marzo de 2012. Disponible en Electricaribe S.A. E.S.P. Barranquilla (Colombia)

ELECTRICARIBE. Especificaciones técnicas para Líneas Aéreas de Media Tensión Sin Neutro [documento en cinta magnética]. Versión 2012. Barranquilla (Colombia). Gas Natural Fenosa. Marzo de 2012. Disponible en Electricaribe S.A. E.S.P. Barranquilla (Colombia)

ELECTRICARIBE. Especificaciones Técnicas Líneas Aéreas Configuración Especial [documento en cinta magnética]. Versión 2012. Barranquilla (Colombia). Gas Natural Fenosa. Marzo de 2012. Disponible en Electricaribe S.A. E.S.P. Barranquilla (Colombia)

EPSA. Empresa de energía del Pacífico. Criterios de diseño para redes aéreas de distribución. [Documento en cinta magnética]. Versión 2010. Cali (Colombia)

IGNASI, Joan; GUTIERRREZ, Jordi. Transporte de Energía Eléctrica en corriente continua: HVDC. [En línea]. Endesa Distribución. Abril 2005

JIMENEZ, Obed; CANTU Vicente y CONDE Arturo. Líneas de Transmisión y Distribución [en línea]. 1° Edición. Nuevo León [México]. Ciudad Universitaria, San Nicolás de los Garza. Abril de 2006[citado en 2012-04-21]. Disponible en <http://gama.fime.uanl.mx/~omeza/pro/LTD/LTD.pdf>

ICONTEC**.** Norma Técnica Colombiana – NTC 2050.

REVISTA SEMANA. Medio departamento del Atlántico inundado por ruptura del Canal del Dique. Revista Semana [en línea]. Semana.com. 15 de Diciembre del 2010 [citado

Mayo de 2012]. Disponible en internet: <http://www.semana.com/wf_ImprimirArticulo.aspx?IdArt=148967>

YEBRA, Juan. Sistemas Eléctricos de Distribución [en línea]. 1° Edición. México D.F. Reverte Ediciones S.A. 2009. Disponible en internet: <http://www.reverte.com/catalogo/img/pdfs/9788429130294.pdf>

Anexos

Medidas de Protección en las Instalaciones Eléctricas

Se debe evitar que:

Las personas y demás seres vivos sufran lesiones, quemaduras o la muerte;

Haya daños o pérdidas de bienes materiales; y haya daños al medio ambiente.

Para evitar lo anterior, las instalaciones eléctricas deben planearse y efectuarse para: revenir el contacto directo con las partes energizadas (vivas) de la instalación;

Prevenir el contacto indirecto con los conductores expuestos en caso de falla;

Prevenir el contacto directo o indirecto con barreras o separaciones adecuadas;

Limitar la corriente que pueda pasar a través del cuerpo a un valor inferior al choque eléctrico y al de sobre corriente;

Activar la desconexión automática de la alimentación, en un lapso de tiempo que permita limitar la corriente y no causar el choque eléctrico o una sobre corriente, en caso de contacto indirecto;

Evitar el efecto térmico, eliminando cualquier riesgo de ignición de materiales inflamables debido a las altas temperaturas o a los arcos eléctricos;

Utilizar protección contra sobre corriente para evitar temperaturas excesivas o averías electromecánicas;

Conducir una corriente de falla o de fuga en forma segura, sin que alcancen una temperatura superior a la máxima permisible para los conductores;

Instaurar métodos de puesta y unión a tierra para la conducción segura de corrientes de falla; en especial, en caso de contacto indirecto; eliminar una tensión excesiva motivada por fenómenos atmosféricos, electricidad estática, fallas en la operación de los equipos de interrupción o bien por fallas entre partes vivas de circuitos alimentados a tensiones

diferentes; y evitar sobrecargar los circuitos instalados debido a una mala planeación o prácticas inadecuadas.

Normas de distribución – construcción – instalaciones aéreas
En media y baja tensión.

Los materiales y equipos que se incluyen en éstas normas, deben cumplir con las especificaciones y Normas de Referencia CFE vigentes, en caso de no existir éstas, se debe cumplir con la Normativa Nacional o Internacional aplicable.

En la elaboración de éstas normas se ha cuidado el cumplir con lo dispuesto en:

1. Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica.

2. Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica.

3. NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999, Instalaciones eléctricas (utilización).

4. Ley Federal de Metrología y Normalización y su Reglamento.

5. NORMA Oficial Mexicana NOM-008-SCFI-2002, Sistema General de Unidades de Medida.