



**SECRETARIA DE EDUCACIÓN PÚBLICA  
TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO  
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ**

**PROYECTO**

**ELABORACIÓN DE PROYECTO ELÉCTRICO EN MEDIA Y BAJA  
TENSIÓN PARA LA PLANTA DE PRODUCTOS LÁCTEOS, MEDIANTE  
LA NOM 001 SEDE 2012.**

**CARRERA**

**ING. ELÉCTRICA**

**PRESENTA**

**TRINIDAD MATUZ ROGER IVÁN**

**ASESOR**

**M.C. KARLOS VELÁZQUEZ MORENO**

**TUXTLA GUTIÉRREZ CHIAPAS, DICIEMBRE DEL 2019**

## **AGRADECIMIENTOS**

Le doy gracias a Dios por permitirme llegar a esta meta, que por unos momentos parecía muy lejos discernir la salida del túnel que me metí hace algunos años atrás, hoy puedo decir que por la gracia de Dios eh finalizado mi carrera profesional y logrado unos de mis sueños, terminar la carrera de ingeniería Eléctrica.

Agradecido con mis padres, Roger Trinidad Hernández y Martha Patricia Matuz Faviel, por haberme inculcado valores, que me servirán toda mi vida, que por el apoyo y confianza que me brindan día a día pude darles la dicha de tener una carrera profesional; y tener un sustento más para salir adelante.

Y en especial a toda esa familia, que se incluyó en toda mi carrera como estudiante, por los ánimos que me brindaron y la fortaleza que derramaban en cada palabra que me hacían llegar.

Gracias, a mis hermanas, que fueron y serán un modelo a seguir, por el empeño que le dedican a las cosas que las hace feliz, ya que sin el apoyo de cada una de ellas, no hubiese cumplido los compromisos que realice durante toda mi carrera como estudiante.

A mis amigos, que siempre estuvieron conmigo, haciéndome ver las cosas cuando se necesitaba y darme el valor para seguir adelante, que me ayudaron también en el proceso de mis estudios, dándome esas palmadas de aliento y motivación para llegar al final de mi carrera.

Gracias a mis catedráticos, que me han dado las herramientas teóricas y prácticas para afrontar todos los desafíos y retos profesionales que están por venir; con el tiempo fui formándome como profesional entregándome de lleno a los estudios y la investigación. Que hoy son fundamentales para mi desarrollo profesional.

# INDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 DESCRIPCION EMPRESA .....	2
1.2 JUSTIFICACION .....	3
1.3 OBJETIVO .....	3
2.- FUNDAMENTO TEÓRICO.....	4
2.1 HISTORIA DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA.....	4
2.2 GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA. ....	5
• 2.2.1 ENERGÍA SOLAR.....	6
• 2.2.2 ENERGÍA EÓLICA.....	7
• 2.2.3 ENERGÍA GEOTÉRMICA .....	8
• 2.2.4 ENERGÍA DE LAS MAREAS.....	8
• 2.2.5 ENERGÍA HIDROELÉCTRICA.....	8
• 2.2.6 ENERGÍA DE LA BIOMASA.....	10
• 2.2.7 ENERGÍA NUCLEAR .....	10
2.3 SISTEMA ELÉCTRICO.....	11
2.4 TIPOS DE REDES DE DISTRIBUCIÓN. ....	12
• 2.4.1 RED RADIAL .....	12
• 2.4.2 RED ANILLO .....	12
• 2.4.3 RED DE DISTRIBUCIÓN MALLADA.....	13
2.5 TRANSFORMADORES .....	14
• 2.5.1 COMPONENTES DEL TRANSFORMADOR .....	14
• 2.5.2 FUNCIONAMIENTO DEL TRANSFORMADOR .....	16
• 2.5.3 APLICACIÓN DEL TRANSFORMADOR .....	16
• 2.5.4 TIPOS DE TRANSFORMADORES .....	17
2.6 POSTES PARA RED ELECTRICA .....	18
2.7 CEPAS.....	26
• 2.7.1 CEPAS PARA POSTES DE CONCRETO.....	26
• 2.7.2 CEPAS PARA ANCLAS .....	27
• 2.7.3 CEPAS EN BANQUETA.....	29
2.8 ESTRUCTURAS DE MEDIA TENSION.....	32
• 2.8.1 CODIFICACIÓN DE ESTRUCTURAS DE MEDIA TENSIÓN .....	32
• 2.8.2 CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA TIPO R .....	37
• 2.8.3 CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA TIPO A .....	40
• 2.8.4 CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA TIPO V .....	42

2.9 RETENIDAS .....	44
• 2.9.1 CODIFICACIÓN DE RETENIDAS.....	45
• 2.9.2 CARACTERÍSTICA TIPO RETENIDA SENCILLA DE ANCLA .....	46
• 2.9.3 CARACTERÍSTICA TIPO RETENIDA A POSTE Y ANCLA .....	48
2.10 CONDUCTORES .....	49
• 2.10.1 CARACTERÍSTICAS DE CONDUCTORES DESNUDOS .....	50
• 2.10.2 FIJACIÓN DE CONDUCTORES DE MEDIA TENSIÓN.....	51
2.11 AISLADORES TIPO POSTE.....	52
2.12 ESLABÓN FUSIBLE UNIVERSAL .....	57
• 2.12.1 CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES GENERALES.....	57
• 2.12.2 FUSIBLES PARA TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS .....	62
3.- DESARROLLO.....	63
3.1 RECORRIDO Y LOCALIZACIÓN DEL INMUEBLE PARA EL LEVANTAMIENTO DE EQUIPOS. ....	63
3.2 ELABORACION DE PROYECTO.....	66
• 3.2.1 ELABORACIÓN DEL PLANO ELÉCTRICO MEDIA TENSIÓN. ....	68
• 3.2.2 ELABORACIÓN DEL PLANO ELÉCTRICO BAJA TENSIÓN. ....	68
3.3 CALCULOS ELECTRICOS. ....	68
• 3.3.1 CALCULO DE CARGA INSTALADA. ....	68
• 3.3.2 NORMATIVIDAD Y SELECCIÓN DE CONDUCTORES DE BAJA TENSIÓN. ....	71
• 3.3.3 CÁLCULO DEL CONDUCTOR DEL CIRCUITO ALIMENTADOR.....	72
• 3.3.4 CÁLCULO DE PROTECCIÓN DEL SECUNDARIO DEL TRASFORMADOR DE 45 KVA TRIFÁSICO.....	73
• 3.3.5 CÁLCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN DEL ALIMENTADOR DE BAJA TENSIÓN.....	74
• 3.3.6 CALCULO DE CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA. ....	75
• 3.3.7 CÁLCULO DE LA TUBERÍA DEL CONDUCTOR ALIMENTADOR PRINCIPAL. ....	75
3.4 DISEÑO Y CÁLCULO DE CIRCUITOS DERIVADOS. ....	77
• 3.4.1 DETERMINACIÓN DE CONDUCTOR POR CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN DE CORRIENTE: ...	78
• 3.4.2 DETERMINACIÓN DE CONDUCTOR POR CAÍDA DE TENSIÓN.....	79
• 3.4.3 TAMAÑO NOMINAL MÍNIMO DE LOS CONDUCTORES DE TIERRA FÍSICA PARA CANALIZACIONES Y EQUIPOS. ....	80
3.5 DISEÑO Y CALCULO DE EQUIPOS DE CONTROL PARA MOTORES (ARRANCADORES Y GUARDAMOTORES). ....	87
3.6 CALCULO DE LAS PROTECCIONES CONTRA SOBRETENSIONES (APARTARRAYOS).....	87
3.7 CALCULO DEL CONDUCTOR DE ENERGÍA. ....	88
3.8 DISEÑO Y CÁLCULO DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA.....	89
• 3.8.1 SUBESTACIÓN ELÉCTRICA.....	89

3.9 CÁLCULO DE CORTO CIRCUITO POR EL MÉTODO DE LOS MVA'S.....	90
4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES .....	95
5. REFERENCIAS .....	97
6.- ANEXOS.....	98
ANEXO 1.- PLANO ELÉCTRICO DE MEDIA TENSIÓN DE LÁCTEOS BLANQUITA. ....	98
ANEXO 2.- PLANO BAJA TENSIÓN CONTACTOS Y LUMINARIAS 1. ....	99
ANEXO 2.- PLANO BAJA TENSIÓN CONTACTOS Y LUMINARIAS 2. ....	100
ANEXO 3.- PLANO EQUIPOS DE PROCESO Y CÁMARA DE REFRIGERACIÓN. ....	101
ANEXO 4.- TABLA DE AMPACIDADES DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS DE BAJA TENSIÓN. ....	102
ANEXO 5.- TABLA DE VALOR NOMINAL O AJUSTE DE PROTECCIONES SOBRE CORRIENTE DE TRANSFORMADORES. ....	103
ANEXO 6.- TABLA DE CONDUCTOR DEL ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA MEDIANTE EL CONDUCTOR ALIMENTADOR. ....	103
ANEXO 7.- TABLA DE PORCENTAJE DE RELLENO EN TUBERÍA CONDUIT. ....	104
ANEXO 8.- TABLA DE DIMENSIONES DE LOS CONDUCTORES AISLADOS. ....	104
ANEXO 9.- TABLA DE PROPIEDADES DE LOS CONDUCTORES. ....	105
ANEXO 10.- TABLA DE DIMENSIONES DE TUBO METÁLICO TIPO PESADO, SEMIPESADO Y LIGERO. ....	106
ANEXO 11.- TABLA DE TAMAÑO NOMINAL DE LOS CONDUCTORES DE TIERRA PARA CANALIZACIONES Y EQUIPOS. ....	107
ANEXO 13.- TABLA RESISTENCIA Y REACTANCIA PARA CABLES DS. ....	109
ANEXO 15.- TABLA RESISTENCIA Y REACTANCIA PARA CABLES DE CORRIENTE ALTERNA DE 600 VOLTS. .....	109
ANEXO 12.- TABLA DE SELECCIÓN DE ARRANCADORES CON GUARDA MOTOR Y ESPECIFICACIONES DE ARRANCADOR. ....	110
ANEXO 14.- INFORME DE PRUEBAS DE TRANSFORMADOR DE 45 KVA TIPO PEDESTAL. ....	111
ANEXO 16.- DATO DE PLACA DE TRANSFORMADOR DE 45 KVA TIPO PEDESTAL. ....	112

# **ELABORACIÓN DE PROYECTO ELÉCTRICO EN MEDIA Y BAJA TENSION PARA LA PLANTA DE PRODUCTOS LÁCTEOS, MEDIANTE LA NOM 001 SEDE 2012.**

## **1. Introducción**

La energía eléctrica es algo con lo que interactuamos a diario, desde recibir una simple descarga de una persona hasta encender un foco o conectar un aparato eléctrico. Pero muchas veces nos preguntamos lo que es la energía eléctrica y como se utiliza para proporcionarnos no solamente electricidad, sino que también una vida más fácil y cómoda.

Su funcionamiento se basa en el principio de inducción electromagnética, descubierto por el científico británico Michael Faraday en el año 1831, que asegura que si un conductor eléctrico se desplaza dentro de un campo magnético, inducirá una corriente eléctrica que fluirá a través de dicho conductor. De manera, que la energía mecánica del hilo en movimiento se transformará en energía eléctrica.

También es importante conocer no solo como funciona la energía eléctrica sino que también el daño que nos puede causar y las medidas de que debemos tomar en cuenta. Pero en lo más relevante es conocer como la energía eléctrica pasa desde una central eléctrica hasta nuestras casas.

La elaboración del proyecto, tiene como objetivo de conocer, planificar y atender las necesidades de la planta de Lácteos, obteniendo los datos y equipos necesarios que permitan obtener información y los conocimientos adecuados para planear, implementar y desarrollar la correcta ejecución del proyecto mencionado anteriormente con el nombre de Elaboración De Proyecto Eléctrico En M.T Y B.T Para La Planta De Productos Lácteos, Mediante La (Nom 001 Sede 2012). , tomando en cuenta la normatividad de construcción que nos define la comisión federal de electricidad, así mismo asegurar que se amenore la problemática de dicha planta y poder beneficiarla en un determinado tiempo; y poder realizar el proyecto en el menor tiempo posible.

## **1.1 DESCRIPCION EMPRESA**

### **“PLANTA DE LACTEOS BLANQUITA”, SA. DE CV. OCOZOCOAUTLA, CHIAPAS**

#### **MISION**

Somos una empresa líder en el desarrollo, producción y mercadeo de productos lácteos y alimentos procesados de la más alta calidad, para satisfacer los gustos y necesidades de los consumidores, a través de acciones de eficiencia, eficacia, servicio, innovación, rentabilidad y con responsabilidad al medio ambiente y a la sociedad.

#### **VISION**

Ser una empresa líder en la elaboración de productos lácteos, reconocida por su confiabilidad, calidad y servicio eficiente, utilizando al máximo toda nuestra capacidad y tecnología para lograr consolidar nuestra participación en el mercado local, regional, nacional e internacional.

#### **VALORES**

- |           |              |                        |
|-----------|--------------|------------------------|
| * Calidad | * Honestidad | * Espíritu de servicio |
| * Higiene | * Honradez   | * Rapidez              |

## **1.2 JUSTIFICACION**

La elaboración de este proyecto, tiene como propósito de construir las líneas de M.T para la Planta de Productos lácteos Blanquita; con un tendido de red eléctrica proyectado de 500 mts, contando con postes tipo PC-13-600, cable ACSR 1/0 hacia la subestación eléctrica, donde se conectara un transformador tipo Pedestal de 45 KVA Trifásico, dando un mejor servicio al inmueble, considerando la economía del usuario y aminorar las deficiencias eléctricas que tiene.

Se diseñara el proyecto para los equipos de B.T contando con un alto nivel de consumo, ya que esta se hará en el área de procesos de dicha planta, con tal motivo que se necesita el balanceo de cargas, como la elaboración de cuadro de cargas para proteger todos los equipos necesarios y tomar las mejores decisiones sobre los materiales a implementar, sobre todo en las protecciones de los motores.

Debido al incremento de la facturación que sobrepasaba la tarifa donde se encontraba el usuario, lo primordial fue establecer adecuada mente la tarifa que se implementara de acuerdo a la carga instalada, obteniendo una mejoría en los próximos meses, como también el exceso de centros de cargas que estaban en dicho inmueble, se hizo la breve introducción para la selección de las protecciones de los motores, como lo son los arrancadores a plena carga, construido por un contactor magnético, guarda motor, botonera de paro y arranque.

Todo esto se realizó en base a la NOM-001-SEDE2012, con la finalidad de terminar con la problemática que tenía el usuario, actuando con responsabilidad y seguridad para el inmueble, considerando la carga total que se encuentra.

## **1.3 OBJETIVO**

Elaboración del proyecto eléctrico en M.T y B.T de la planta de productos lácteos Blanquita, de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana 001-SEDE-2012 de instalaciones eléctricas (Utilización).



## **2.- Fundamento Teórico**

### **2.1 HISTORIA DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA.**

#### **1800-1819**

Los primeros experimentos eléctricos se realizaron con DC. En 1800, Alessandro Volta publicó una descripción de una batería de plata / zinc, reconociendo que no sabía cómo funcionaba.

#### **1820**

Hans Christian Ørsted (1777-1851) descubre que una corriente eléctrica puede hacer que una aguja de la brújula cambie de dirección.

#### **1831**

Michael Faraday (1791-1867) construye el primer generador eléctrico, el "disco Faraday", lo que demuestra que la energía mecánica rotativa se puede convertir en energía eléctrica. Comienza la carrera por un generador práctico.

#### **1866**

Werner Siemens (1816-1892) perfecciona la dinamo, un generador en el que parte de la corriente de trabajo del generador se utiliza para alimentar los devanados de campo, eliminando tanto la necesidad de imanes permanentes como uno de los límites básicos para generar energía eléctrica.

#### **1880-1890**

Las lámparas de arco eran comunes en 1880, pero eran difíciles de mantener. Thomas Edison (1847-1931) encontró una solución más simple: en 1879, perfeccionó una luz incandescente práctica. Más importante aún, posteriormente desarrolló y comercializó todas las piezas para un sistema de distribución completo: cables subterráneos, medidores eléctricos, cableados, fusibles, interruptores y enchufes.

Aunque Edison inicialmente fue un defensor de DC, cuando Westinghouse y Tesla promovieron AC más eficiente, eventualmente cambió. Para 1882, Edison había instalado tres generadores "Jumbo" de 125 caballos de fuerza en la estación de Pearl Street en Nueva York, que alimentaban 5.000 lámparas en 225 casas. Para 1895, la electricidad estaba ampliamente disponible en las secciones comerciales de las grandes ciudades.

1882 fue un año trascendental para la energía eléctrica. Lo más importante fue la inauguración el 4 de septiembre de ese año de la central eléctrica de Thomas Edison en Pearl Street en la ciudad de Nueva York. Edison, quien había inventado una práctica bombilla incandescente en 1879, desarrolló un sistema de energía eléctrica para hacer que la iluminación eléctrica esté disponible para un gran número de personas.

El generador de Pearl Street produjo 100 kilowatts y sirvió a unos 500 clientes en el bajo Manhattan. A principios de ese año, la compañía Edison en Gran Bretaña había puesto en servicio una central eléctrica en el Viaducto Holborn en Londres. Esta fue la primera estación central comercial en el mundo, pero fue diseñada solo como una instalación temporal, por lo que la estación de Pearl Street a menudo se considera como el comienzo de la distribución de energía eléctrica.

Varias otras estaciones centrales comenzaron a operar antes de fines de 1882. El 30 de septiembre, en Appleton, Wisconsin, entró en servicio una estación hidroeléctrica, con una capacidad de aproximadamente 12 kilowatts; y en octubre de 1882, un rival de la compañía de Edison, la United States Electric Illuminating Company, abrió su primera estación central en Carolina del Sur.

## **2.2 GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.**

La producción de energía eléctrica tiene lugar en las centrales eléctricas. Estos lugares son los encargados de la generación de energía eléctrica a partir de diferentes materias primas, de las que se obtiene un tipo de energía que se transformará en electricidad a través de los procesos necesarios.

Pero para llegar a esto hay que encontrar primero los recursos naturales necesarios para llevar a cabo la transformación que dará lugar a la electricidad. Las materias primas pueden ser recursos renovables como el viento, el sol o el agua, o no renovables como el gas, el petróleo o el carbón. Dependiendo del tipo de recurso, la forma de producción se realiza de maneras distintas.



*Fig. I.- Energías Renovables*

Las energías renovables se caracterizan en que la naturaleza las regenera con rapidez y en que permiten trabajar de manera continuada. Las energías renovables que permiten la obtención de corriente eléctrica son la solar, la hidráulica y la eólica. Las energías no renovables son aquellas que se encuentran distribuidas en la Tierra de forma limitada y que por tanto se agotan con su utilización.

De los combustibles fósiles es el carbón el que se utiliza para calentar el agua en las centrales térmicas, mientras que en las centrales nucleares se aprovecha los efectos de la fusión o de la fisión para propiciar el aumento de temperatura del agua. El objetivo principal de cualquier tipo de central es producir el movimiento de un alternador, que al girar genera la corriente eléctrica por inducción.

Dentro de las principales fuentes de energía son:

### 2.2.1 Energía solar

La energía solar recolecta la energía del sol mediante el uso de paneles colectores para crear las condiciones que a continuación se pueden convertir en energía. **Grandes campos de paneles solares** se utilizan a menudo en el desierto para reunir suficiente energía para cargar pequeñas subestaciones, y muchos hogares utilizan sistemas solares **para tener agua caliente, refrigeración y complementar su electricidad**. El problema con la energía solar es que si bien hay abundantes cantidades de sol que podemos tomar, solamente ciertas áreas geográficas del mundo reciben suficiente potencia directa durante el tiempo suficiente para generar energía utilizable a partir de esta fuente.



*Fig.2.- Energía Solar*

### 2.2.2 Energía Eólica

La energía eólica se está convirtiendo cada vez en una de las energías más comunes. Las nuevas innovaciones están permitiendo que aparezcan parques eólicos que son cada vez, más fáciles de ver. Mediante el uso de grandes turbinas de viento, se puede activar un generador que permite producir electricidad. Si bien esto parecía como una solución ideal para muchos, la realidad de los parques eólicos está comenzando a revelar un impacto ecológico imprevisto que puede hacer que sea una opción no tan ideal como parecía.



*Fig. 3.- Energía Eólica*

### 2.2.3 Energía Geotérmica

La energía geotérmica es la energía que se produce debajo de la tierra. Es limpia, sostenible y favorable al medio ambiente. Las altas temperaturas que se producen continuamente en el interior de la corteza terrestre por el lento retraso de partículas radiactivas, presentan rocas calientes que calientan el agua y producen vapor. El vapor es capturado para mover turbinas, y estas al girar alimentan luego los generadores.

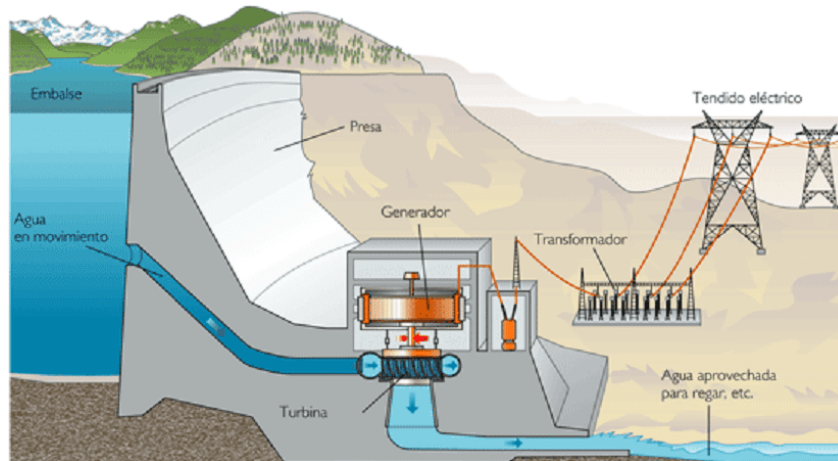
La energía geotérmica puede ser utilizada para una unidad residencial o a gran escala para una aplicación industrial. Fue utilizada en la antigüedad para el baño y para la calefacción. La mayor desventaja con la energía geotérmica es que sólo se puede producir en sitios seleccionados en todo el mundo. El mayor grupo de plantas de energía geotérmica en el mundo se encuentra en los géiseres, un campo geotérmico en California, Estados Unidos.

### 2.2.4 Energía de las mareas

La energía mareomotriz utiliza la subida y bajada de las mareas para convertir la energía cinética de las mareas entrantes y salientes en energía eléctrica. La generación de energía a través de la energía mareomotriz es sobre todo frecuente en las zonas costeras. Eso sí, supone una enorme inversión y cuenta con una disponibilidad limitada.

### 2.2.5 Energía hidroeléctrica

De lo que muchas personas no son conscientes es que la mayoría de las ciudades y pueblos en el mundo se basan en la energía hidroeléctrica, desde el siglo pasado. El poder del agua se utiliza para activar los generadores para producir la electricidad que se utiliza a continuación. Los problemas que se plantean con la energía hidroeléctrica en este momento tienen que ver con el envejecimiento de las presas que se utilizan para ella.



*Fig. 4.- Estructura de una Presa Hidroeléctrica*

La energía hidroeléctrica es una fuente de energía renovable que aprovecha la caída de agua desde una cierta altura para generar energía eléctrica. Se aprovecha así la energía cinética de una corriente o salto de agua natural.

Para conseguir aprovechar esa energía se aprovechan los recursos tal y como surgen en la naturaleza (por ejemplo, cataratas, gargantas, etc.) o se construyen presas. Las instalaciones más comunes hoy en día son las centrales hidroeléctricas.



*Fig. 5.- Presa Hidroeléctrica Chicoasén, Chiapas*

### ✚ 2.2.6 Energía de la biomasa

La energía de biomasa se produce a partir del material orgánico y se utiliza comúnmente en todo el mundo. La clorofila presente en las plantas capta la energía del sol mediante la conversión de dióxido de carbono del aire y el agua de la tierra en hidratos de carbono a través del proceso de la fotosíntesis. Cuando se queman las plantas, el agua y dióxido de carbono se libera de nuevo a la atmósfera. La biomasa generalmente incluye cultivos, plantas, árboles, hierba cortada, astillas de madera y residuos animales.

### ✚ 2.2.7 Energía Nuclear

Mientras que la energía nuclear sigue siendo un gran tema de debate en cuanto a qué tan seguro es de usar, (y si es o no es realmente eficiente cuando se toman en cuenta los residuos que produce) el hecho es que sigue siendo una de las principales fuentes de energía renovables a disposición del mundo. La energía se crea a través de una reacción nuclear específica, que a continuación se recoge y se utiliza para alimentar generadores de energía.



*Fig.6.- Energía Nuclear*

## 2.3 SISTEMA ELÉCTRICO.

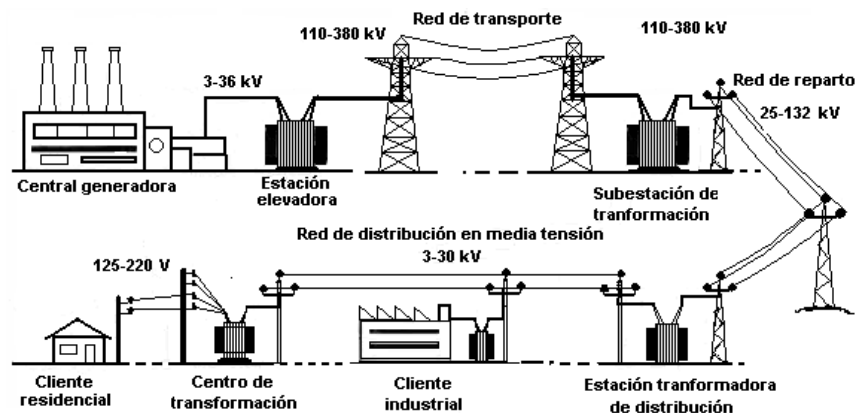
La red eléctrica es la red del sistema de energía eléctrica compuesta por la planta generadora, las líneas de transmisión, la subestación, los transformadores, las líneas de distribución y el consumidor. Comprende el conjunto de medios y elementos útiles para la generación, el transporte y la distribución de la energía eléctrica. Este conjunto está dotado de mecanismos de control, seguridad y protección.

Una línea de transmisión eléctrica es básicamente el medio físico mediante el cual se realiza la transmisión y distribución de la energía eléctrica, está constituida por: conductores, estructuras de soporte, aisladores, accesorios de ajustes entre aisladores y estructuras de soporte, y cables de guarda (usados en líneas de alta tensión, para protegerlas de descargas atmosféricas).

La Red de Distribución de la Energía Eléctrica o Sistema de Distribución de Energía Eléctrica es la parte del sistema de suministro eléctrico cuya función es el suministro de energía desde la subestación de distribución hasta los usuarios finales (medidor del cliente). Se lleva a cabo por los Operadores del Sistema de Distribución (Distribution System Operator o DSO en inglés).

Los elementos que conforman la red o sistema de distribución son los siguientes:

Subestación de Distribución: conjunto de elementos (transformadores, interruptores, seccionadores, etc.) cuya función es reducir los niveles de alta tensión de las líneas de transmisión (o subtransmisión) hasta niveles de media tensión para su ramificación en múltiples salidas.



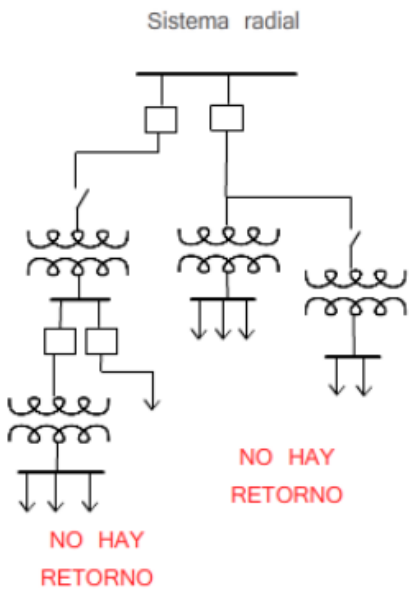
*Fig. 7.- Esquema de un Sistema Eléctrico*



## 2.4 TIPOS DE REDES DE DISTRIBUCIÓN.

### ✚ 2.4.1 Red radial

Las redes radiales se alimentan desde uno sólo de sus extremos, tienen la ventaja de ser redes muy sencillas en su instalación; es el más barato de construir, y se usa ampliamente en áreas escasamente pobladas. Como inconveniente principal ante un fallo del transformador como un cortocircuito o una línea eléctrica caída. Toda la red se quedaría sin energía eléctrica, la cual debe repararse antes de poder restablecerla.

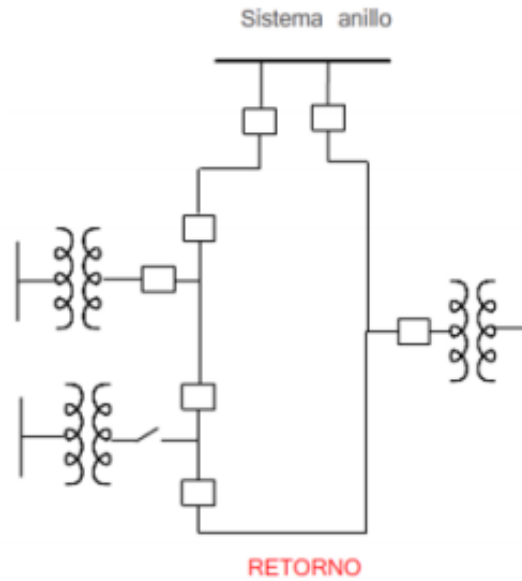


*Fig. 8.- Sistema de Distribución Radial*

### ✚ 2.4.2 Red Anillo

La red en anillo o en bucle cerrado se alimenta desde dos o más sitios cerrando un anillo, los receptores se insertan entre los transformadores. La ventaja principal es que ante una avería de un transformador el usuario seguirá recibiendo alimentación eléctrica desde otro transformador, es decir garantiza mejor la continuidad del servicio.

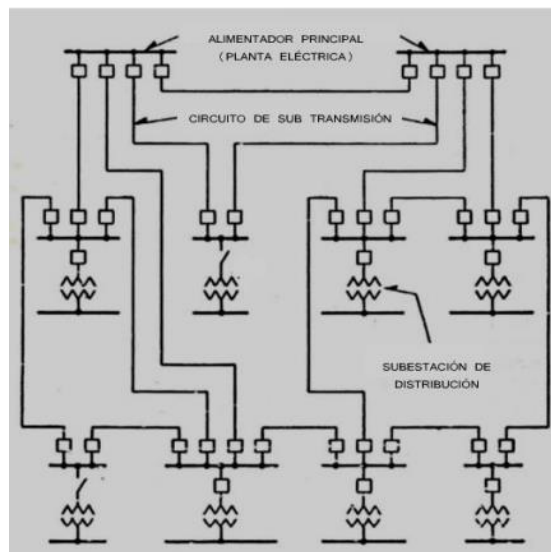
Recorre el área de servicio y regresa al punto original. La red anillo, generalmente está vinculado a una fuente de energía alternativa. Al colocar interruptores en ubicaciones estratégicas, la empresa puede suministrar energía al cliente desde cualquier dirección.



*Fig. 9.- Sistema de Distribución Anillo*

### ✚ 2.4.3 Red de Distribución Mallada

Están formadas por redes en anillo unidas en forma radial. Son redes muy complejas en donde la potencia de cortocircuito aumenta de forma drástica.



*Fig. 10.- Sistema Red de Distribución Mallada*

## 2.5 TRANSFORMADORES

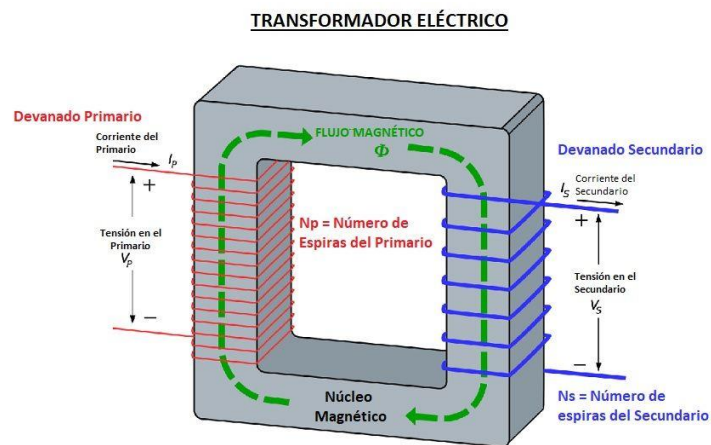
Un transformador es un dispositivo eléctrico pasivo electromagnético estático (o estacionario) muy simple que funciona según el principio de la ley de inducción de Faraday al convertir la energía eléctrica de un valor a otro.

Los transformadores son capaces de aumentar o disminuir los niveles de voltaje y corriente de su suministro, sin modificar su frecuencia, o la cantidad de energía eléctrica que se transfiere de un devanado a otro a través del circuito magnético.

Estos voltajes y corrientes de transmisión de CA más altos se pueden reducir a un nivel de voltaje mucho más bajo, seguro y utilizable, donde se puede usar para suministrar equipos eléctricos en nuestros hogares y lugares de trabajo, y todo esto es posible gracias al **transformador**.

### 2.5.1 Componentes del Transformador

Un transformador de distribución generalmente se compone de cuatro partes básicas. En su forma más simple, un transformador está formado por dos bobinas de conductores con espiras enrolladas (devanado) sobre un núcleo cerrado de hierro dulce (núcleo magnético). Este conjunto de vueltas se denominan: Bobina o Devanado Primario al que recibe el voltaje de entrada y Bobina secundaria o Secundario a aquella que entrega el voltaje transformado o de salida.



*Fig. 11.- Partes de un transformador*

- **Bobina primaria**

La bobina primaria, la primera parte integrante de un transformador de distribución, se compone de cable de cobre recubierto con esmalte y enrollado alrededor de un núcleo magnético. La corriente entrante de baja, de alta tensión alterna a partir de la planta de energía fluye a través del cable y en el proceso genera un flujo magnético.

- **Bobina secundaria**

El flujo magnético producido en la bobina primaria (o devanado primario) desarrolla un campo magnético en una bobina secundaria. Las bobinas secundarias consisten en aluminio o cobre en una cinta de espesa, con un aislamiento de papel impregnado con resina. Similar a la bobina primaria, estas cintas de aluminio o de cobre se enrollan alrededor de un imán. El campo magnético generado en la bobina secundaria induce una corriente de alta corriente y baja tensión alterna en la cinta, que fluye hacia fuera del transformador como energía lista para usar.

- **Núcleo magnético**

Un transformador de distribución no funcionará sin un núcleo magnético, el tercer elemento clave. Este imán en forma de "C" o "E" permite la generación del campo magnético en la bobina secundaria del flujo magnético en la bobina primaria. La base está hecha de pilas de láminas de chapa de acero que la mantiene unida mediante correas de acero o resina. Este núcleo magnético, así como las bobinas primaria y secundaria comprenden partes activas del transformador de distribución y son responsables de la regulación de la tensión.

- **Tanque**

Por último, un tanque de acero con recubrimiento en polvo y una junta sellada sirve como el paquete mecánico o contenedor de protección para las partes activas del transformador. Tiene un aceite mineral no conductor inerte, que sirve de refrigeración y protección contra la humedad, y en el que se sumerge el conjunto de la bobina de núcleo. El depósito también contiene buje, y en algunos casos equipos auxiliares para el transformador.

## 2.5.2 Funcionamiento del transformador

El funcionamiento de un transformador se basa en el principio de inducción electromagnética. El transformador se compone de dos bobinas, con distintas cantidades de vueltas. Ambas bobinas están unidas por un material ferromagnético para disminuir las pérdidas del transformador.

Se aplica un voltaje de corriente alterna al devanado primario, lo que genera en este un campo magnético, que se traslada a través del material ferromagnético al devanado secundario. Al ser un campo magnético variable (debido a la corriente alterna) genera en el devanado secundario una fem (fuerza electromotriz).

## 2.5.3 Aplicación del transformador

Es muy probable que en todos lados donde encontremos energía eléctrica, haya previamente un transformador que este proveyendo la energía con el potencial justo.

Es por eso que el uso de un transformador es prácticamente universal, de igual forma a continuación detallaremos alguno de los usos más comunes de estos:

- Para distribución de energía. Es mucho más eficiente transportar la energía con alto potencial y baja intensidad. Es por esto que se utilizan los transformadores para elevar el potencial a alta tensión. Sin embargo en nuestros hogares tenemos corriente de baja tensión. Por lo que también se necesitan transformadores para pasar de alta a media y baja tensión.
- Para protección de maquinaria eléctrica. En las industrias, los transformadores son muy utilizados para proteger y aislar los equipos eléctricos, controlando los pulsos de energía.
- Para general altos voltajes. Los transformadores son muy utilizados en el ámbito ferroviario para hacer mover las maquinarias que necesitan de un alto voltaje para funcionar.

#### ✚ 2.5.4 Tipos de transformadores

- Transformador de distribución. Son usados en el exterior e interior, para la distribución de la energía eléctrica de media tensión. Son producidos para potencias que van desde los 25 a los 1,000 kVA y una tensión primaria de 13.2 a 35 kV. Aunque pueden construirse en tensiones primarias específicas que se adaptan a las necesidades del usuario final. La variación de tensión en este transformador se realiza mediante un conmutador exterior de accionamiento sin carga. Se utilizan regularmente en zonas urbanas para el suministro eléctrico, asimismo en las principales industrias, en la minería, para la explotación petrolera, en grandes centros comerciales donde requiere un alto suministro eléctrico y en todo tipo de actividad que requiera de un uso intensivo de energía.
- Transformador seco encapsulado. Son refrigerados con aire y utilizan resina epoxi como medio de protección, lo que hace innecesario el mantenimiento posterior a su instalación. Se usan en el interior para la distribución de electricidad de media tensión. Debido a su tamaño son perfectos para ser usados en espacios reducidos.
- Son los sustitutos ideales para los transformadores que usan aceite como refrigerador en los lugares que requieran de una mayor seguridad para evitar incendios. Son fabricados en potencias que van desde los 100 hasta los 2,500 kVA y las mismas tensiones que el transformador de distribución. Al igual que los anteriores, su aplicación es en edificios, industrias y toda actividad que requiera de un suministro intensivo de energía eléctrica; aunque ya no utiliza materiales inflamables, su uso se extiende a industrias especializadas, laboratorios y hospitales en donde existe una reglamentación que prohíba usar objetos o elementos que puedan provocar un incendio.
- Transformador hermético de llenado integral. Soy muy útiles en espacios reducidos y pueden ser usados tanto en interior como en exteriores. Estos transformadores no llevan tanque de expansión de aceite por lo que no requieren de mantenimiento. Tienen una potencia que va desde 100 hasta 1,000 kVA y una tensión primaria de 13.2 a 35 kV, dependiendo el modelo. Sus aplicaciones abarcan las del transformador de distribución y el transformador seco.

- Transformador auto Protegido. En su fabricación se incorporan componente para la protección del sistema de distribución contra las sobrecargas, cortocircuitos en la red secundaria y fallas internas del transformador; como fusibles de alta tensión y un disyuntor de baja tensión que son montados de manera interna en el tanque del transformador. Son fabricados para potencias que van de los 5 a los 150 kVA y existen modelos de alta tensión para 15 o 24.2 kV y de baja tensión de 380/220 o 220/127 V.

## **2.6 POSTES PARA RED ELECTRICA**

La posteria es el elemento que soporta los conductores y demás componentes de una línea aérea separándolos del terreno; están sometidos a fuerzas de compresión y flexión, debido al peso de los materiales que sustentan y a la acción del viento sobre los mismos; además, a los desniveles del terreno.

En la elección de los postes, se tendrá en cuenta la accesibilidad de todas sus partes, para la revisión y conservación de su estructura por parte del personal especializado.

### **Poste de concreto**

Los postes de concreto se utilizan en la red aérea para la distribución de energía eléctrica de la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

En esta edición de la especificación se consideran cuatro tipos de postes de concreto siguientes:

Postes de concreto reforzado tipo costa y no costa (PCR) con características nominales y mecánicas de acuerdo con la **Tabla 1**.

Figura No.	Descripción corta	Dimensiones (véase figura 1)						Carga de prueba (N)	Masa aprox. (kg)
		A	B	C	D	E	F		
		(m)		(mm)					
2	PCR-6-900	6	0.3	174	264	160	74.5	8891	421
3	PCR-7-500	7	0.0.3	174	279	175	74.5	4 905	533
	PCR-7C-500	7	0.3	174	279	155	54.5	4 905	569
4	PCR-9-400	9	1,8	150	285	181	73	3 924	629
	PCR-9C-400	9	1,8	150	285	161	53	3 924	690
5	PCR-9-600	9	1,8	150	285	181	73	5 886	629
	PCR-9C-600	9	1,8	150	285	161	53	5 886	690
6	PCR-11-500	11	1,8	150	315	211	73	4 905	835
	PCR-11C-500	11	1,8	150	315	191	53	4 905	922
7	PCR-11-700	11	1,8	150	315	211	73	6 867	835
	PCR-11C-700	11	1,8	150	315	191	53	6 867	922
8	PCR-12-750	12	1,8	150	330	226	73	7 357	947
	PCR-12C-750	12	1,8	150	330	206	53	7 357	1 049
9	PCR-12-1250	12	1,8	175	355	204	51	12 262.5	1 355
10	PCR-13-600	13	1,8	150	345	241	73	5 886	1 065
	PCR-13C-600	13	1,8	150	345	221	53	5 886	1 150
11	PCR-14-700	14	1,8	150	360	256	73	6 867	1 120
12	PCR-15-800	15	1,8	150	375	271	73	7 848	1 320

*Tabla 1 Características nominales y mecánicas de los postes de concreto reforzado (PCR)*

NOTA:

Abreviaturas en la descripción corta.

PCR = Poste de concreto reforzado.

6...15 = Longitud en m.

C = Contaminación (costa y zona industrial).

900... 750 = Carga de prueba en kg.



Postes de concreto pretensado (PCP) con características nominales y mecánicas de acuerdo con la **Tabla 2**, estos postes se ofrecen mayor durabilidad a las condiciones de contaminación ambiental debido a que las especificaciones de fabricación y calidad del concreto son superiores a los que se consideran en los postes de concreto reforzado convencional.

FIGURA No.	Descripción corta	Dimensiones						Carga de prueba	Masa aproximada
		A	B	C	D	E	F		
		m	m	mm	mm	mm	mm		
13	PCP-7-500	7	0.3	174	279	155	54.5	4905	569
14	PCP-9-600	9	1.8	150	285	161	53	5886	690
15	PCP-11-700	11	1.8	150	315	191	53	6867	922
16	PCP-12-750	12	1.8	150	330	206	53	7357	1049
17	PCP-13-600	13	1.8	150	345	221	53	5 886	1150

*Tabla 2 Características físicas y mecánicas de los Postes de Concreto Pretensado (PCP)*

NOTA:

1.-Para los postes centrifugados se utilizarán los datos de la tabla 2 con la única diferencia que deben ser circulares y su nomenclatura debe ser PCPC en lugar de PCP.

2.-Abreviaturas en la descripción corta para postes de concreto

Pretensado PCP-7-500.

PC = Poste de concreto.

P = Pretensado.

7...13 = Longitud en m.

500... 1250 = Resistencia de la carga nominal en kg.

Postes de concreto pretensado centrifugado (PCPC) con características nominales y mecánicas iguales a las del poste de concreto pretensado pero con sección transversal circular, por lo que se fabrican de acuerdo con la **Tabla 3**, la compactación del concreto se realiza por el método de centrifugado, las elevadas fuerzas de consolidación y bajas relaciones agua-cemento producen concreto excepcionalmente denso con mayor durabilidad que los postes pretensados, por lo que estos postes se recomiendan en áreas de alta contaminación.

FIGURA No.	Descripción corta	Dimensiones						Carga de prueba	Masa aproximada
		A	B	C	D	E	F		
		m	m	mm	mm	mm	mm		
18	PCRGR60-7-500	7	0.3	174	279	155	54.5	4905	569
19	PCRGR60-9-600	9	1.8	150	285	161	53	5886	690
20	PCRGR60-11-700	11	1.8	150	315	191	53	6867	922
21	PCRGR60-12-750	12	1.8	150	330	206	53	7357	1049
22	PCRGR60-13-600	13	1.8	150	345	221	53	5 886	1150

**Tabla 3** Características físicas y mecánicas de los Postes de Concreto Reforzado con varilla grado 60 (PCRGR60)

NOTA:

1.-Abreviaturas en la descripción corta PCRGR60.

PCR = Poste de concreto Reforzado.

GR60 = Grado 60.

7...13 = Longitud en m.

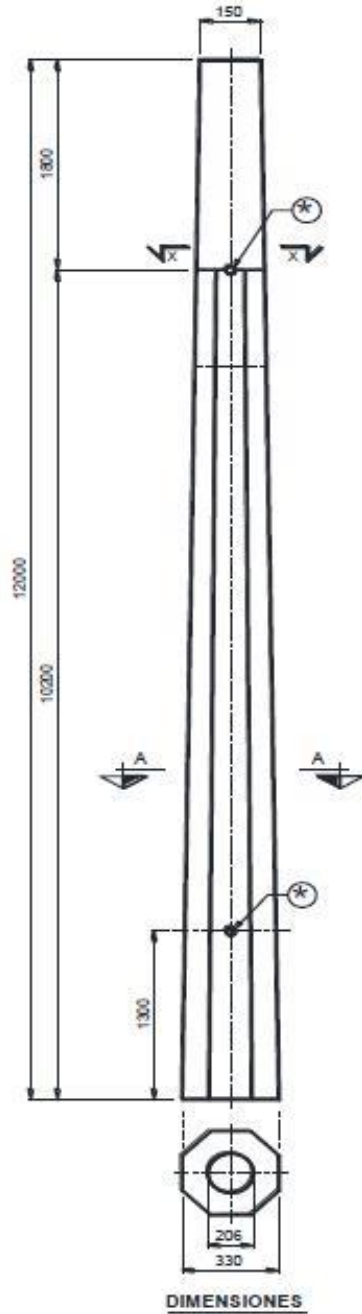
500... 750 = Resistencia de la carga nominal en kg.

## Marcado

Los postes deben marcarse en su pared exterior a partir de 3 m, con caracteres perfectamente claros en bajo relieve, de una altura mayor a 30 mm, con los datos que se indican a continuación (véase **Fig. 12**), para los postes centrifugados el número de serie debe ser marcado con pintura de poliuretano alifático o equivalente en color amarillo, con una durabilidad de al menos 20 años.

- a) Línea de referencia de empotramiento a  $3\text{ m} \pm 5\text{ cm}$  de la base.
- b) Siglas de CFE.
- c) Descripción corta.
- d) Año de fabricación.
- e) Razón social o logotipo del fabricante.
- f) Número de serie de fabricación, para pretensados centrifugados puede ser en ambos extremos o con pintura longitudinalmente en el cuerpo.
- g) Marcado del centro de gravedad (círculo o cruz en la cara de marcado).





- 8 Cables Ø7,9 mm
  - 8 Varillas Ø9,5 mm
- CORTE A-A**

**NOTAS:**

- 1.-Acotaciones en mm.
- 2.-El dibujo no está a escala
- 3.-La tensión longitudinal aplicada al acero de presfuerzo debe ser del 65% de su resistencia a la fluencia.
- 4.-La resistencia a compresión del concreto será  $f'c = 49.03 \text{ MPa}$  ( $500 \text{ Kg/cm}^2$ ).
- 5.-La distancia del primer anillo en cada extremo del poste será de 50 mm.
- 6.-El espesor del recubrimiento al primer acero es de 25 mm con tolerancia de + 5 mm
- 7.-La localización del acero longitudinal será como se indican en las secciones A-A.

**SIMBOLOGIA:**

- ⊛ Canalización de referencia a tierra.  
Tubo poliducto de 13 mm de diámetro nominal (ver figura 10 para localización).

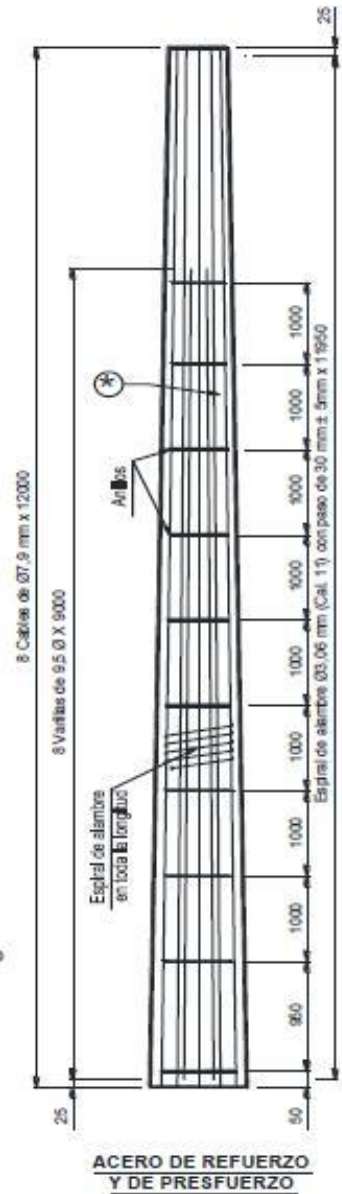


Fig. 13.- Poste PCR -12- 750



## 2.7 CEPAS

### ✚ 2.7.1 Cepas para postes de concreto

La profundidad de la cepa para empotrar postes está en función del tipo de terreno, de la altura, resistencia del poste y de su diámetro en el empotramiento. El diámetro de la cepa es de 50 cm como mínimo en todos los casos.

EMPOTRAMIENTO POR TIPO DE SUELO (cm)			
Altura (m) y resistencia (kg) del poste	Blando	Normal	Duro
	Arena, arcilla suelta y arcilla con arena	Tierra común	Tepetate, grava y roca
7 – 600	140	120	100
9 – 450	160	140	120
12 – 750	190	170	150
13 – 600	200	180	160
14 – 700	210	190	170
15 – 800	220	200	180

*Tabla 4 Cepas para postes de concreto*

Notas:

1. Un terreno normal que se anega como tierra de cultivo se debe considerar como un terreno blando.
2. Un terreno blando es posible considerarlo como terreno normal si se compacta con piedras 30 cm en la base y 60 cm en la parte superior del empotramiento.
3. En áreas urbanas en las que el poste está en banqueta terminada se considera como terreno normal.

Un terreno normal es posible considerarlo como terreno duro si se compacta con piedras de 30 cm en la base y 60 cm en la parte superior del empotramiento.

1. En zonas con actividad sísmica adicione 10 cm al empotramiento de la tabla anterior y si el terreno es blando proceda como se indica en el punto 2.
2. En líneas rurales con terreno blando o normal se debe agregar una capa de 30 cm de piedra en la parte superior de la cepa.

En caso de que no se tenga la tabla, se puede utilizar la fórmula siguiente para terreno normal:  
Profundidad del empotramiento = Altura del poste en dm + 50 cm.

### 2.7.2 Cepas para anclas

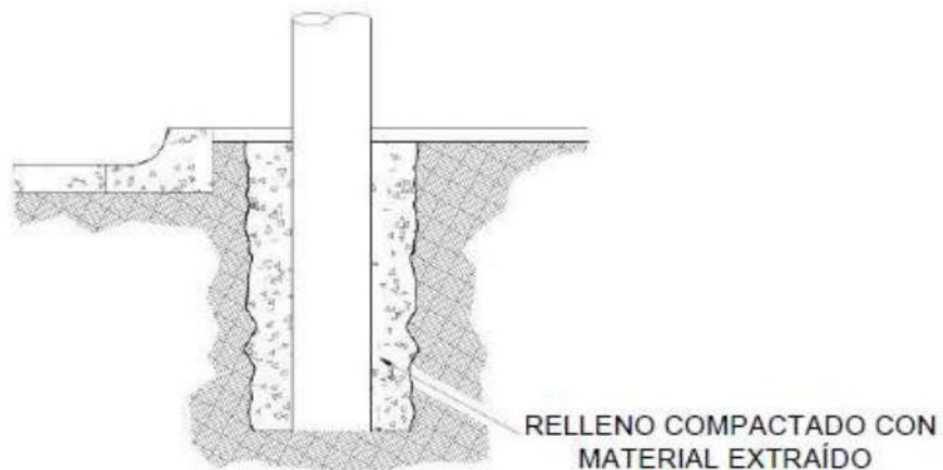
1. La profundidad de las cepas debe ser de 140 cm para que la inclinación del perno ancla sea de 45°.
2. El perno ancla debe quedar 20 cm fuera del nivel del piso terminado y se hace una zanja para que el perno ancla quede alineado al punto de sujeción del cable de retenida en la estructura. El perno ancla a usar es el 1PA.
3. Para la ubicación de la cepa para la instalación de la retenida debe ser de acuerdo con las dimensiones indicadas en la siguiente figura.
4. Las anclas deben quedar recargadas en la pared de la cepa.





### ✚ 2.7.3 Cepas en banqueta

Antes de hacer una cepa, compruebe con quien corresponda la existencia de instalaciones de agua, gas, drenaje, teléfono, cables eléctricos o fibra óptica, para no dañarlas.



*Fig. 17.- Cepa en banqueta*

Cuando la cepa se tenga que hacer sobre la banqueta, procure afectarla lo menos posible. Posteriormente debe repararla de manera similar a su estado original, esto mismo debe hacerse cuando se retire algún poste.

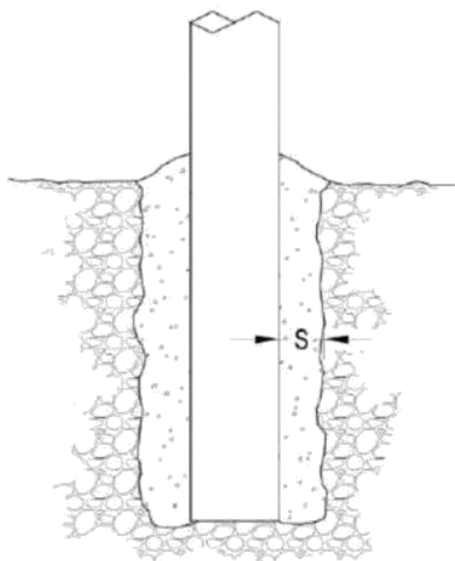
Cuando quite una retenida, nunca deje que el ojo del perno ancla sobresalga del suelo; córtelo y repare la banqueta procurando dejarla de manera similar a su estado original.

El poste debe quedar al centro de la cepa.

La separación del poste a la pared de la cepa debe permitir la entrada libre del pisón y de la piedra que se adicione. El tamaño máximo de la piedra debe ser de la mitad de distancia S (ver **Fig. 18**).

Se debe efectuar una compactación uniforme alrededor del poste en cada capa de 20 cm de material de relleno en la cepa.

Cuando se usen piedras, los huecos que se forman deben quedar bien rellenos de tierra o arena.

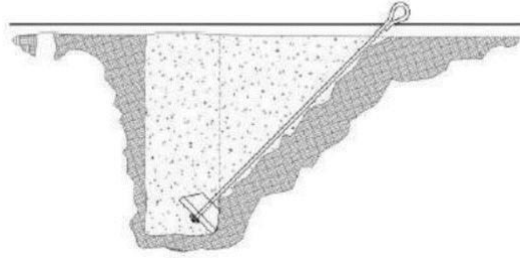


*Fig. 18.- Compactación de cepa para poste*

A la cepa para el ancla hacerle una cavidad para recargarla en terreno firme. Se debe hacer también una ranura para que el perno ancla quede instalado con el ángulo requerido por la retenida.

Para compactación en condiciones normales, el relleno para la cepa del ancla no requiere de otros materiales diferentes al extraído.

Al finalizar el relleno de una cepa, deje un pequeño montículo de material compactado, para evitar encharcamiento y para que con el tiempo, el terreno quede en su nivel.



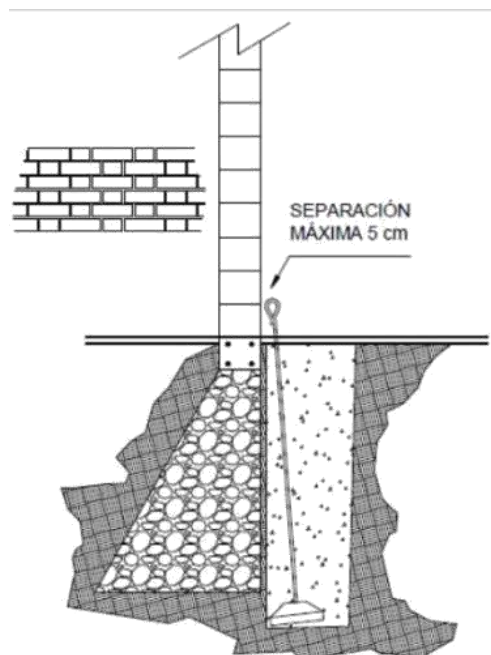
*Fig. 19.- Compactación de cepa para ancla*

La compactación en las cepas para retenidas de banquetta debe hacerse relleno y apisonando la tierra extraída revuelta con piedras.

El perno ancla debe quedar pegado a la pared de la cepa.

La cepa para retenida de banquetta se debe cavar a partir de la colindancia del paramento con la banquetta, a una distancia máxima entre éste y la retenida de 5 cm.

Para compactar en terrenos blandos utilice piedra de aproximadamente 20 cm de diámetro.



*Fig. 20.- Compactación de cepa para retenida banquetta*

## **2.8 ESTRUCTURAS DE MEDIA TENSION**


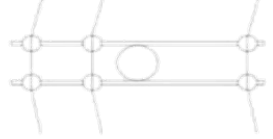


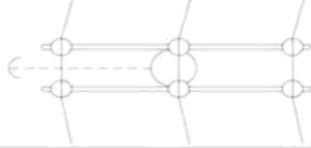
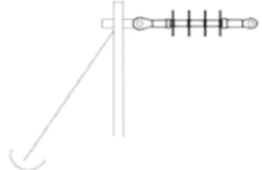
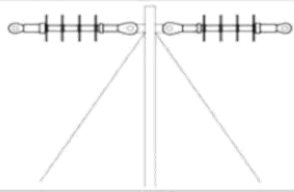
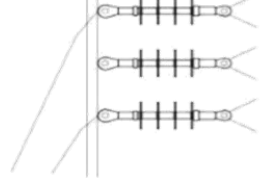
La sección de estructuras de media tensión está prevista con los lineamientos siguientes:

- Se consideran estructuras de líneas de media tensión todas aquellas que soporten conductores cuya operación sea de 13 kV 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 las líneas de media tensión aéreas se utilizan conductores desnudos y semiaislados.

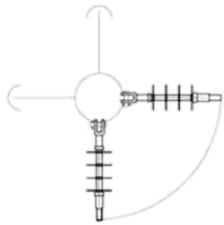
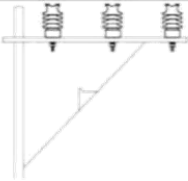
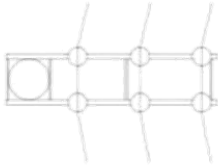
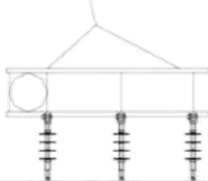
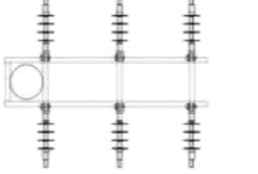
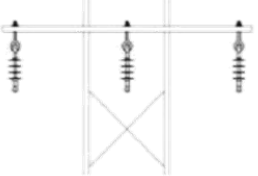
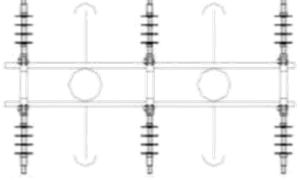
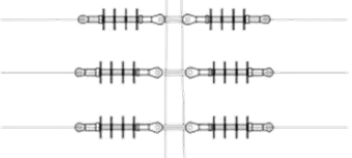
### **2.8.1 Codificación de estructuras de media tensión**

Este sistema de codificación se usa para croquis, módulos de materiales y designación de estructuras de líneas de media tensión. La clave de codificación consta de cuatro dígitos para el primer nivel y de tres dígitos para los siguientes.

- Los dos primeros dígitos son alfabéticos e indican la forma o la función de la estructura, como se indica a continuación:


DISPOSICIÓN DE CONDUCTORES	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
	TS	Te, Sencilla
	TD	Te, Doble
	CT	Cadena en T
	PS	Punta poste Sencillo
	PD	Punta poste, Doble
	RD	Remate, Doble cruceta
	AD	Anclaje, Doble
	DP	Deflexión, de Paso

**Tabla 5** Codificación de estructuras de media tensión 1.

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

**Tabla 6** Codificación de estructuras de media tensión 2.

- El tercer dígito indica el número de fases, ejemplo:

DISPOSICIÓN DE CONDUCTORES	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
	TS3	Te, sencilla, 3 fases

**Tabla 7** Codificación de estructuras de media tensión 3.

- El cuarto dígito indica la posición del neutro o guarda, ejemplo:

DISPOSICIÓN DE CONDUCTORES	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
	TS3N	Te, sencilla, 3 fases, neutro corrido
	TS3G	Te, sencilla, 3 fases, guarda

**Tabla 8** Codificación de estructuras de media tensión 4.

- Cuando la estructura tenga varios niveles, se codificará el primer nivel conforme lo indicado (excepto en las estructuras tipo D o AP, ya que se considera un nivel por circuito).



- a) El segundo nivel debe codificarse únicamente con los tres primeros dígitos, puesto que el cuarto dígito es común para toda la estructura. La clave del segundo nivel se describe en seguida de la del primer nivel, separadas por una diagonal. Ejemplo:

DISPOSICIÓN DE CONDUCTORES	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
<p>1er NIVEL</p> <p>2º NIVEL</p> <p>NEUTRO</p>	TS3N/RD3	Te, Sencilla, 3 fases, Neutro corrido, Remate Doble cruceta, 3 fases

*Tabla 9 Codificación de estructuras de media tensión 5.*

- b) En los casos de tres niveles o más, se aplicará el mismo sistema de codificación.

DISPOSICIÓN DE CONDUCTORES	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
<p>1er NIVEL</p> <p>2º NIVEL</p> <p>3º NIVEL</p> <p>NEUTRO</p>	TS3N/RD3/TS2	Te, Sencilla, 3 fases, Neutro corrido, Remate Doble cruceta, 3 fases, Te, sencilla, 2 fases.

*Tabla 10 Codificación de estructuras de media tensión 6.*

- En el caso de que en un mismo nivel se tengan diferentes condiciones en ambos lados de la estructura, utilizar un guión (-) para indicar la diferencia. Ejemplo:

	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
	AD3N-AD2	Anclaje, Doble, 3 fases, Neutro corrido, Anclaje, Doble, 2 fases.

*Tabla 11 Codificación de estructuras de media tensión 7.*

### 2.8.2 Características de la estructura tipo R

- La estructura tipo RD se usa para rematar los conductores donde principia o termina la línea. El remate de los conductores se hace en cruceta, las estructuras RD se deben instalar en tangente.
- Soporta las cargas verticales, transversales y longitudinales que transmiten los cables, así como el empuje del viento sobre el poste, sin embargo para el diseño rigen las cargas longitudinales de los cables.
- La capacidad de carga de esta estructura depende fundamentalmente de la resistencia de la cruceta así como el conjunto retenida, perno ancla, ancla y empotramiento. El diseño de estos componentes es compatible con la tensión horizontal máxima de diseño indicada en las tensiones de tendido.

- Una sola cruceta PR200, con apoyo fijo en el centro y carga aplicada horizontalmente en el extremo de la cruceta, tiene una resistencia de trabajo de 523 kg. Debido a la magnitud de las tensiones horizontales máxima de diseño indicado en las tablas de flechas y tensiones para tendido se deben utilizar dos crucetas en estructuras tipo R.
- La cruceta remate debe quedar perpendicular a los conductores.
- La posición de las grapas de remate estará en función de la conexión de la línea al equipo o derivación.
- En todas las estructuras de remate con neutro o cable de guarda debe existir una bajante de tierra.
- Antes de tensar los conductores el poste de una estructura de remate debe quedar ligeramente inclinado en sentido contrario a la tensión de los conductores, para que una vez rematados, el poste quede vertical.
- Al momento de rematar, los conductores de los extremos de las crucetas se deben tensar simultáneamente para evitar esfuerzos de torsión en el poste.

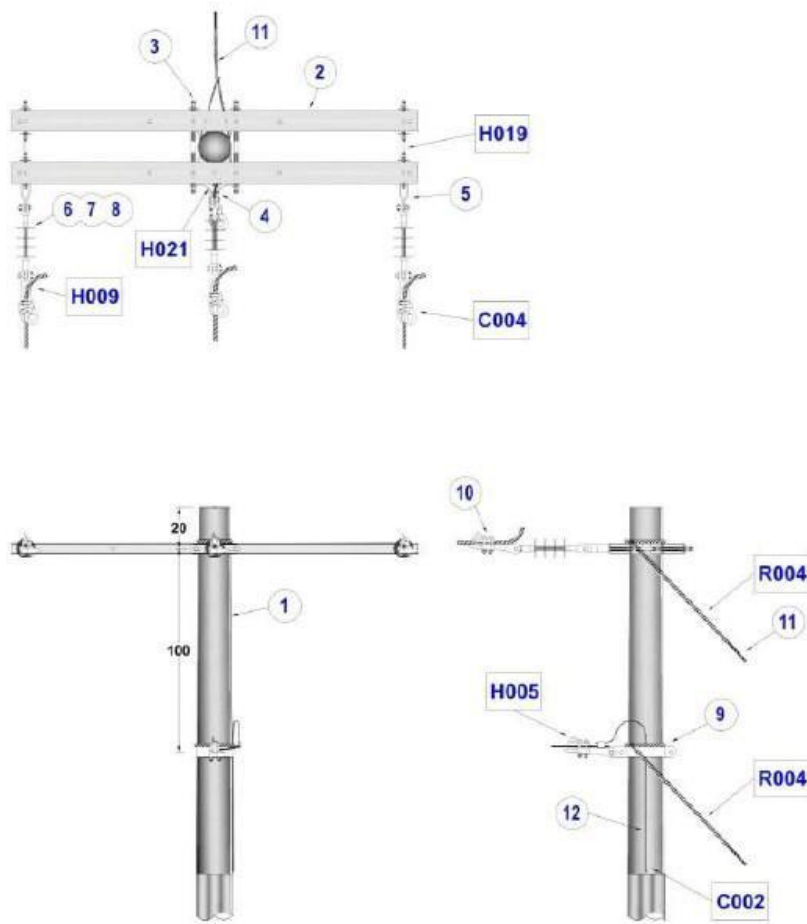


Fig. 21.- Estructura RD3N.

MÓDULO DE MATERIALES						
REF. No.	ESPECIFICACIÓN O NRF CFE	U	DESCRIPCIÓN CORTA	CANTIDAD		
				13 kV	23 kV	33 kV
1	J6200-03	Pz	Poste de concreto PCR-12-750	1	1	1
2	2C900-93	Pz	Cruceta PR200	2	2	2
3	2P200-49	Pz	Perno DR 16 x 457	4	4	4
4	2M300-37	Pz	Moldura RE	1	1	1
5	20100-38	Pz	Ojo RE	2	2	2
6	NRF-005	Pz	Aislador 13SHL45N	3	0	0
7	NRF-005	Pz	Aislador 23SHL45N	0	3	0
8	NRF-005	Pz	Aislador 34SHL45N	0	0	3
9	2A100-03	Pz	Abrazadera 1AG	1	1	1
10	2C500-68	Pz	Grapa remate	4	4	4
11		Lote	Retenida	2	2	2
12		Lote	Bajante de tierra	1	1	1
13	55000-86	Pz	Conector	1	1	1

Tabla 12 Materiales para estructura RD3N.

### 2.8.3 Características de la estructura tipo A

- La estructura A de anclaje para líneas de media tensión tiene como función aislar mecánicamente una línea con trayectoria recta, cambio de calibre y pequeñas deflexiones.
- En áreas urbanas generalmente se utilizan estructuras de anclaje con remate en las crucetas.
- La estructura AD se utiliza para todos los conductores normalizados:
  - Diámetro 9.47 mm 33.6 mm<sup>2</sup> (2 AWG) Cobre y Mayores Diámetro 20.38 mm 85.0 mm<sup>2</sup> (3/0 AWG) ACSR y Mayores Diámetro 24.30 mm 135.0 mm<sup>2</sup> (266.8 kcmil) AAC y Mayores.
- En líneas rectas debe existir una estructura de anclaje cada 1 km cuando menos; en zonas geográficas sometidas a condiciones climatológicas que ponen en riesgo el daño de las instalaciones deberá consultarse con el área correspondiente.

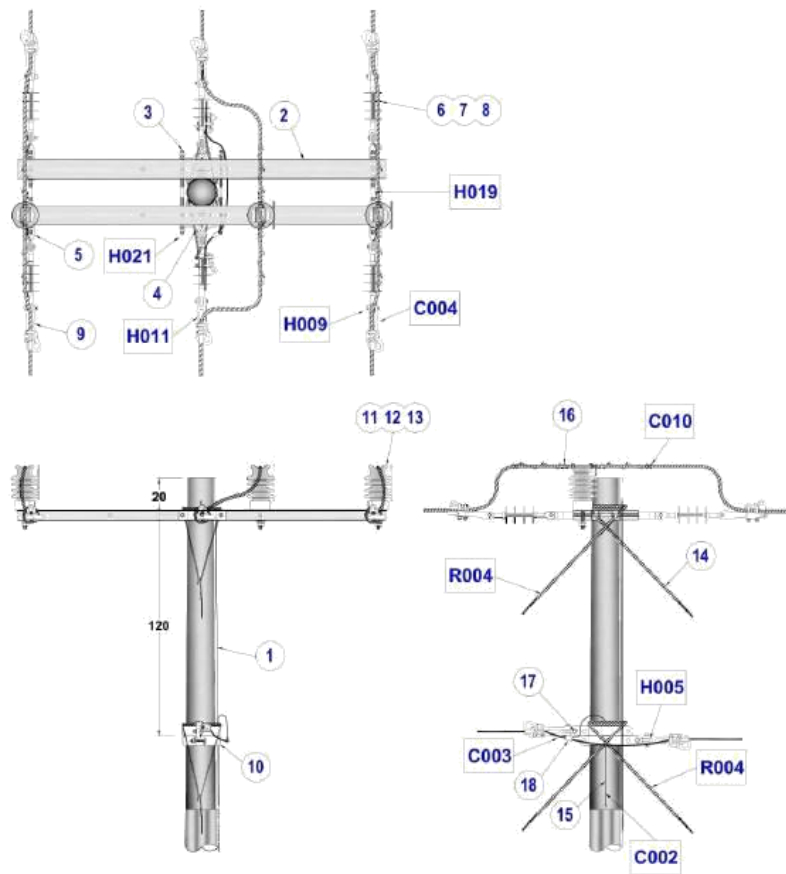


Fig. 22.- Estructura AD3N.

MÓDULO DE MATERIALES						
REF. No.	ESPECIFICACIÓN O NRF CFE	U	DESCRIPCIÓN CORTA	CANTIDAD		
				13 kV	23 kV	33 kV
1	J6200-03	Pz	Poste de concreto PCR-12-750	1	1	1
2	2C900-93	Pz	Cruceta PR200	2	2	2
3	2P200-49	Pz	Perno DR 16 x 457	4	4	4
4	2M300-37	Pz	Moldura RE	2	2	2
5	20100-38	Pz	Ojo RE	4	4	4
6	NRF-005	Pz	Aislador 13SHL45N	6	0	0
7	NRF-005	Pz	Aislador 23SHL45N	0	6	0
8	NRF-005	Pz	Aislador 34SHL45N	0	0	6
9	2C500-68	Pz	Grapa remate	6	6	6
10	2A100-03	Pz	Abrazadera 3AG	2	2	2
11	52000-92	Pz	Aislador 13PD	3	0	0
12	52000-92	Pz	Aislador 22PD	0	3	0
13	52000-92	Pz	Aislador 33PD	0	0	3
14		Lote	Retenida	4	4	4
15		Lote	Bajante de tierra	1	1	1
16	E0000-31	Lote	Alambre 4	2	2	2
17	2G400-00	Pz	Grillete GA1	2	2	2
18	55000-86	Pz	Conector	1	1	1

Tabla 13 Materiales para estructura AD3N.

#### 2.8.4 Características de la estructura tipo V

- La estructura tipo V (volada), es típicamente urbana y se utiliza para dar libramiento horizontal a edificaciones o a algún tipo de obstáculo como anuncios, arbotantes, etc.
- La cruceta debe quedar a 90° con respecto a la cara del poste.

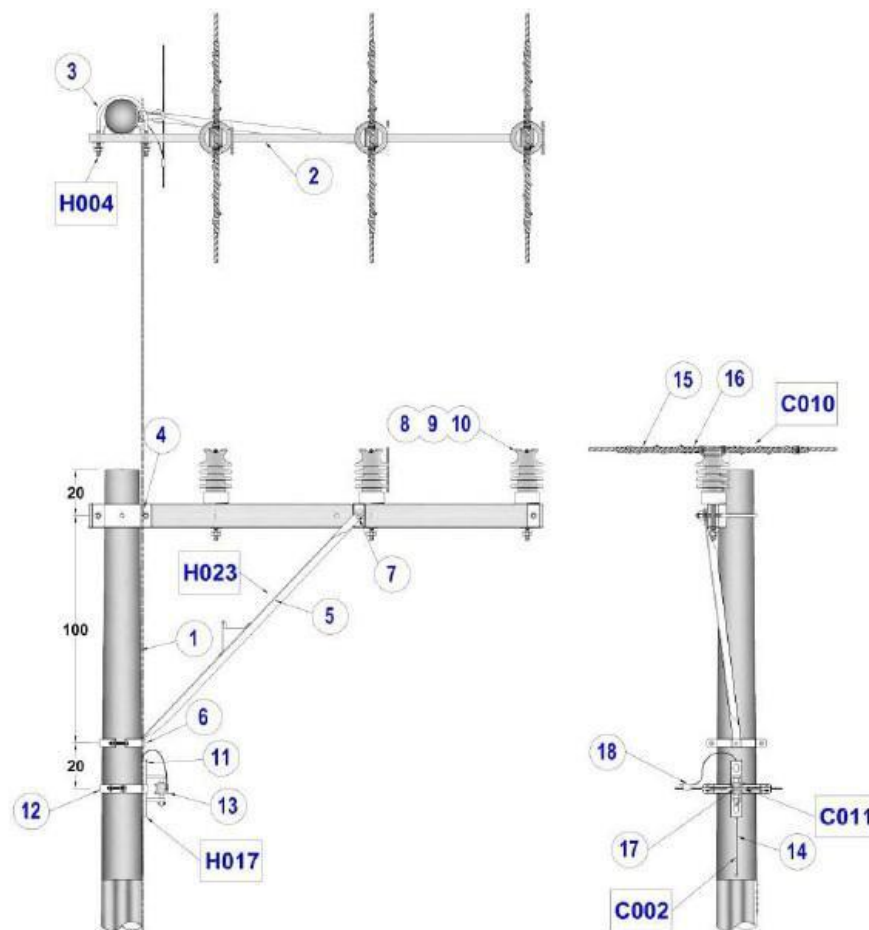


Fig. 23.- Estructura VS3N.

MÓDULO DE MATERIALES						
REF. No.	ESPECIFICACIÓN O NRF CFE	U	DESCRIPCIÓN CORTA	CANTIDAD		
				13 kV	23 kV	33 kV
1	J6200-03	Pz	Poste de concreto PCR-12-750	1	1	1
2	2C900-93	Pz	Cruceta PV200	1	1	1
3	2A100-05	Pz	Abrazadera UC	1	1	1
4	2C900-89	Pz	Placa PR	3	3	3
5	2T400-48	Pz	Tirante T2	1	1	1
6	2A100-04	Pz	Abrazadera 1BS	1	1	1
7	67B00-04	Pz	Tornillo 16 x 76	1	1	1
8	52000-92	Pz	Aislador 13PD	3	0	0
9	52000-92	Pz	Aislador 22PD	0	3	0
10	52000-92	Pz	Aislador 33PD	0	0	3
11	2B200-12	Pz	Bastidor B1	1	1	1
12	2A100-04	Pz	Abrazadera 2BS	1	1	1
13	2C400-16	Pz	Carrete H	1	1	1
14		Lote	Bajante de tierra	1	1	1
15	Nota 1	Pz	Varilla preformada	3	3	3
16	E0000-31	Lote	Alambre 4	3	3	3
17	E0000-31	Lote	Alambre 4	1	1	1
18	55000-86	Pz	Conector	1	1	1

Tabla 14 Materiales para estructura VS3N.

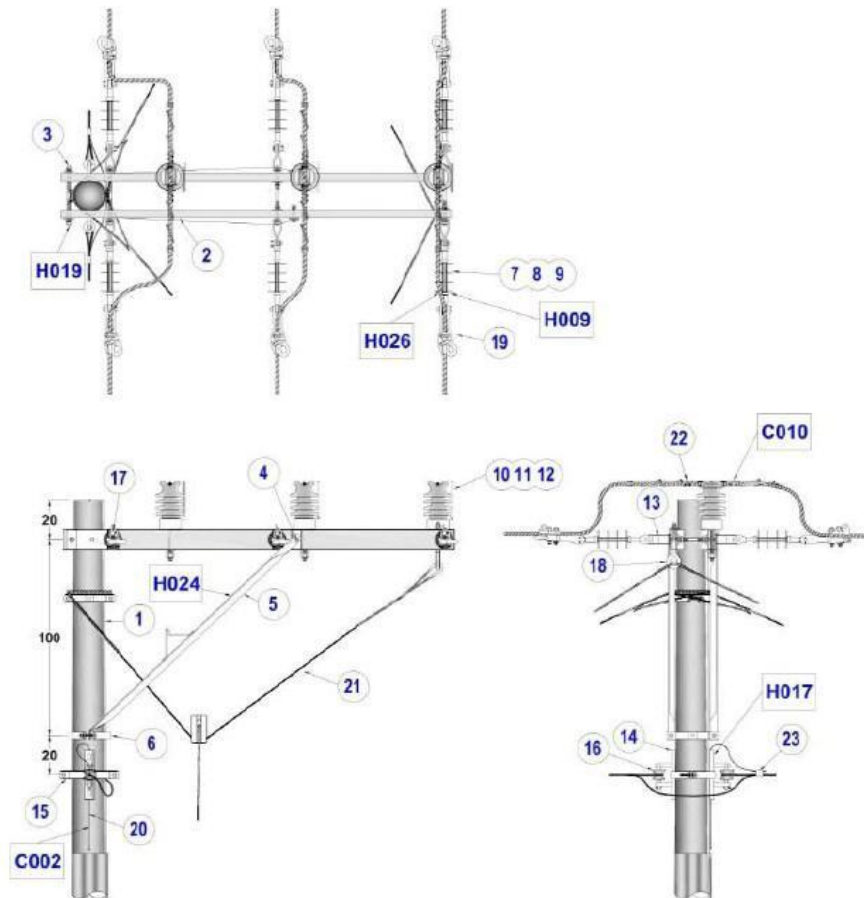


Fig. 24.- Estructura VA3N.



MÓDULO DE MATERIALES						
REF No.	ESPECIFICACIÓN O NRF CFE	U	DESCRIPCIÓN CORTA	CANTIDAD		
				13kV	23kV	33kV
1	J6200-03	Pz	Poste de concreto PCR-12-750	1	1	1
2	2C900-93	Pz	Cruceta RV200	2	2	2
3	2P200-49	Pz	Perno DR 16 x 305	4	4	4
4	2C900-89	Pz	Placa PR	10	10	10
5	67B00-04	Pz	Tomillo 16 x 305	2	2	2
6	2T400-48	Pz	Tirante T2	2	2	2
7	2A100-04	Pz	Abrazadera 1 BS	2	2	2
8	NRF-005	Pz	Aislador 13SHL45N	6	0	0
9	NRF-005	Pz	Aislador 23SHL45N	0	6	0
10	NRF-005	Pz	Aislador 34SHL45N	0	0	6
11	52000-92	Pz	Aislador 13PD	3	0	0
12	52000-92	Pz	Aislador 22PD	0	3	0
13	52000-92	Pz	Aislador 33PD	0	0	3
14	20100-38	Pz	Ojo RE	6	6	6
15	2B200-12	Pz	Bastidor B1	2	2	2
16	2A100-02	Pz	Abrazadera 2BD	1	1	1
17	2C400-16	Pz	Carrete H	2	2	2
18		Lote	Bajante de tierra	1	1	1
19	2C500-68	Pz	Grapa remate	6	6	6
20	2A600-11	Pz	Placa 1PC	2	2	2
21	2P200-40	Pz	Perno 1PC	1	1	1
22		Lote	Retenida	4	4	4
23		Lote	Alambre 4	3	3	3
24	55000-86	Pz	Conector	1	1	1

*Tabla 15 Materiales para estructura VA3N.*

## 2.9 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.

Para estructuras RD, AD y DA, las retenidas se colocan en la dirección de la línea, para contrarrestar la tensión horizontal de los cables.

Para estructuras en deflexión como la TD, PD, VD, y DP, las retenidas se colocan en la dirección del ángulo bisectriz, para contrarrestar la componente transversal de la tensión máxima de los cables debida a la deflexión de la línea.

Las anclas para retenidas no deben estar colocadas en:

- Paso obligado de peatones, vehículos y animales.
- Cauce de agua que pueda aflojar el terreno o deslavarlo.
- Propiedades particulares.

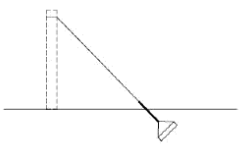
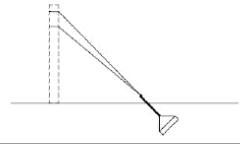
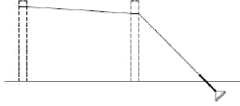
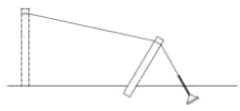
Las retenidas para instalaciones de media y baja tensión en una misma estructura son independientes y comunes al perno ancla.

En todas las retenidas para sujetar instalaciones de media tensión (independientemente del tipo de poste) se debe instalar aislador tipo R de retenida.

### 2.9.1 Codificación de retenidas

La codificación de las retenidas está compuesta por tres dígitos alfabéticos.

El primero será la letra R de retenida y los dos siguientes dígitos son indicativos del nombre del tipo de retenida, anotándose en éstos la primera letra de las palabras que la describen, tal como se indica en los croquis siguientes:

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

**Tabla 16** Codificación de las retenidas 1.

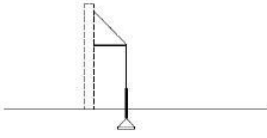
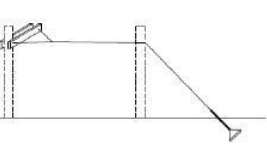
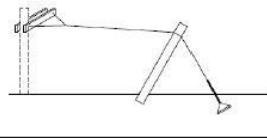

DISPOSICIÓN DE RETENIDAS	CLAVE	NOMBRE
	RBA	Retenida de banqueta y ancla
	RVP	Retenida volada a poste y ancla
	RVE	Retenida volada a estaca y ancla
	RPP	Retenida poste a poste

Tabla 17 Codificación de las retenidas 2.

### 2.9.2 Característica tipo retenida sencilla de ancla

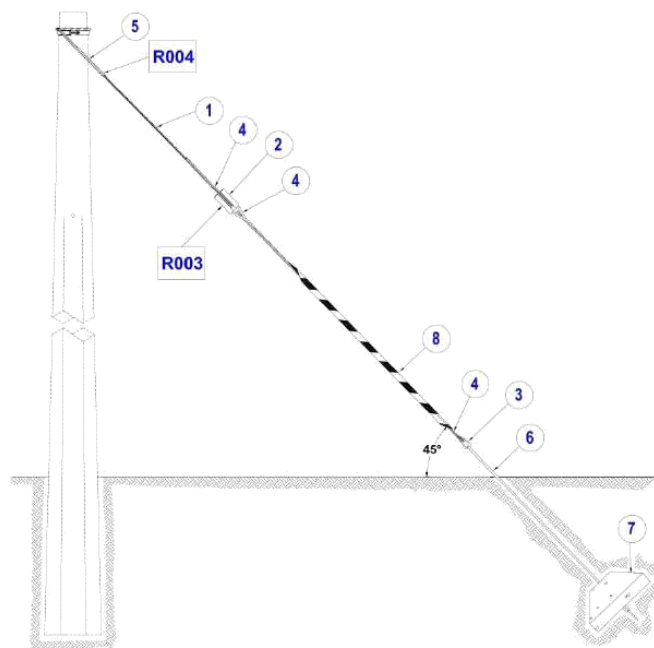


Fig. 24.- Retenida sencilla de ancla para línea de media tensión.

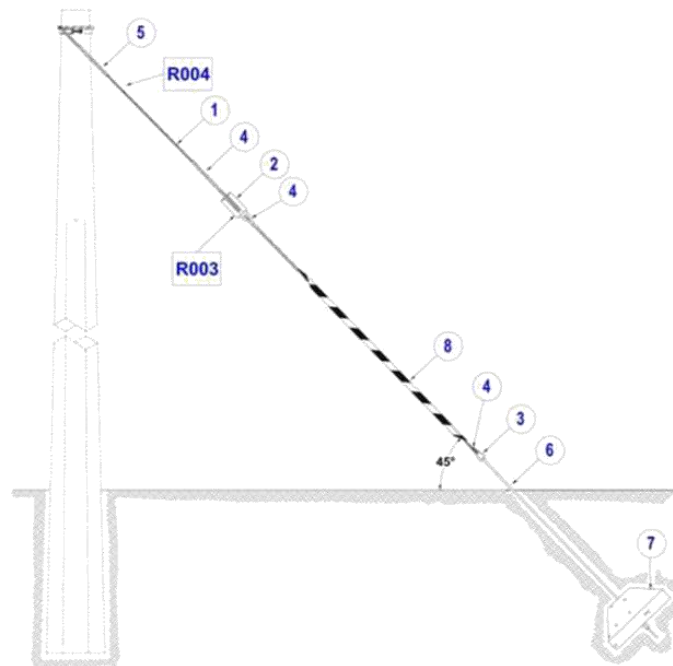
MÓDULO DE MATERIALES PARA RETENIDA RSA EN MEDIA TENSIÓN				
REF. No.	ESPECIFICACIÓN O NRF CFE	U	DESCRIPCIÓN CORTA	CANTIDAD
1		Lote	Cable para retenida	1
2	52000-55	Pz	Aislador R	1
3	2R300-31	Pz	Guardacabo G2	1
4		Pz	Remate preformado P	3
5		Pz	Remate preformado PRA	1
6	2P200-59	Pz	Perno ancla 1PA	1
7	2A400-10	Pz	Ancla cónica C3	1
8	2P600-43	Pz	Protector para retenida R1	1

*Tabla 18 Materiales para retenida RSA en media tensión.*

Notas:

Instale aislador 3R en 13 y 23 kV y aislador 4R en 33 kV.

Se puede utilizar ancla A2.



*Fig. 25.- Retenida sencilla de ancla para línea de baja tensión.*

MÓDULO DE MATERIALES PARA RETENIDA RSA EN BAJA TENSIÓN				
REF. No.	ESPECIFICACIÓN O NRF CFE	U	DESCRIPCIÓN CORTA	CANTIDAD
1		Lote	Cable para retenida	1
2	52000-55	Pz	Aislador 2R	1
3	2R300-31	Pz	Guardacabo G2	1
4		Pz	Remate preformado P	3
5		Pz	Remate preformado PRA	1
6	2P200-59	Pz	Perno ancla 1PA	1
7	2A400-10	Pz	Ancla C3	1
8	2P600-43	Pz	Protector para retenida R1	1

Tabla 19 Materiales para retenida RSA en baja tensión.

### 2.9.3 Característica tipo retenida a poste y ancla

2.11.9.

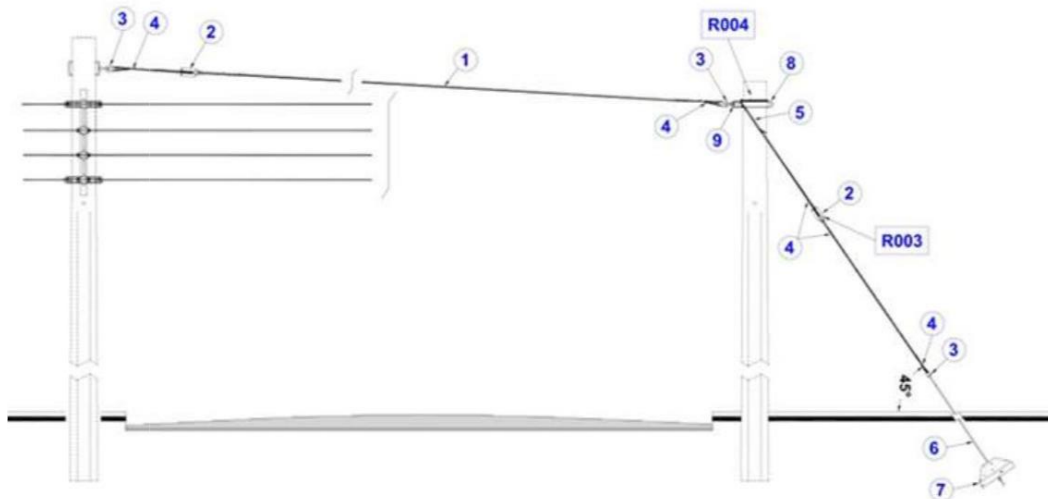


Fig. 26.- Retenida a poste y ancla

MÓDULO DE MATERIALES PARA RETENIDA RPA EN MEDIA TENSIÓN				
REF. No.	ESPECIFICACIÓN O NRF CFE	U	DESCRIPCIÓN CORTA	CANTIDAD
1		Lote	Cable para retenida	1
2	52000-55	Pz	Aislador R (1)	2
3	2R300-31	Pz	Guardacabo G2	3
4		Pz	Remate preformado P	7
5		Pz	Remate preformado PRA	1
6	2P200-59	Pz	Perno ancla 1PA	1
7	2A400-10	Pz	Ancla C3 (2)	1
8	2A100-03	Pz	Abrazadera 2AG	1
9	2G300-84	Pz	Grillete GA1	1

*Tabla 20 Materiales para retenida RPA en media tensión.*

Notas:

Utilice un aislador 3R en líneas de 13 y 23 kV y aislador 4R en 33 kV.

Se puede utilizar también Ancla A2

## 2.10 CONDUCTORES

Para seleccionar conductores se deben considerar factores eléctricos, mecánicos, ambientales y económicos.

Eléctricamente se calcula el calibre en función de la carga por alimentar y la distancia de la fuente a la carga. (Analizando regulación y pérdidas de energía por conducción). Empleando como mínimo 53.5 mm<sup>2</sup> (1/0 AWG) ACSR, 85 mm<sup>2</sup> (3/0 AWG) AAC y 33.6 mm<sup>2</sup> (2 AWG) Cu.

Las condiciones ambientales pueden ser normales, contaminadas o hielo.

Los conductores se normalizan en base a los siguientes criterios:

 Calibres

 Material

- Líneas de media tensión aérea con conductor desnudo: o AAC: en áreas urbanas y de contaminación.
- ACSR: Líneas y áreas rurales en todos los calibres normalizados
- COBRE: En áreas donde se justifique técnica y económicamente.

Para conectar ramales en media tensión se utilizará conector derivador tipo L, T.

Cuando se instalen conectores derivador mecánicos para línea viva (pericos) se deben instalar en un estribo de cobre.

Para rematar líneas de baja tensión de ACSR o AAC se utilizarán remates preformados.

El conductor de cobre se podrá empalmar, conectar y rematar entorchando, también se podrán utilizar conectores a compresión.

En remates de líneas de media tensión se usará grapa de remate, las líneas de baja tensión se rematarán mediante remates preformados.

### 2.10.1 Características de conductores desnudos

Cable ACSR: Cable de aluminio con refuerzo central de acero.

Cable AAC: Conductor fabricado en aluminio, de nominación usada en conductores desnudos.

Cable de Cobre: Cable de cobre desnudo en temple duro, semiduro y suave.

Tamaño o designación		Material	Hilos	Área (mm <sup>2</sup> )	Diámetro (mm)	Peso (kg/1000 m)	kg/1000 m 3 Conductores + 5 %	Carga de ruptura (kg)	Ampacidad (A)	Equivalente en Ampacidad
mm <sup>2</sup>	AWG o kcmil									
33.6	2	Cu	7	33.62	8.14	305	931	1312	230	-
53.49	1/0	Cu	7	53.48	9.36	485	1479	2155	310	-
85.01	3/0	Cu	7	85.01	11.8	771	2352	3341	420	-
127	250	Cu	19	126.7	15.24	1149	3505	5048	540	-
85.0	3/0	AAC	7	85.01	12.75	234.4	715	1377	330	Cu 1/0
135	266.8	AAC	19	135.2	16.31	372.8	1137	2784	440	Cu 3/0
171	336.4	AAC	19	170.5	18.29	470.1	1434	2730	510	Cu 4/0
242	477	AAC	19	241.7	21.77	666.4	2033	3773	640	300
53.49	1/0	ACSR	6/1	62.4	10.11	216	659	1940	240	Cu 2
85.01	3/0	ACSR	6/1	99.23	12.75	343	1046	3030	315	Cu 1/0
135	266.8	ACSR	26/7	157.22	16.28	545	1662	5100	455	Cu 3/0
171	336.4	ACSR	26/7	198.3	18.31	689	2101	6375	530	Cu 4/0
242	477	ACSR	26/7	281.1	21.8	977	2980	8820	660	300

*Tabla 21 Características de conductores desnudos.*

## 2.10.2 Fijación de conductores de media tensión

La fijación del conductor sobre aisladores de paso será con amarres.

La fijación de conductores sobre aisladores 1C o carrete H será con amarres.

El amarre para líneas de media tensión con conductores de cobre será con alambre suave (o recocido) de cobre 13.3 mm<sup>2</sup> (6 AWG) para todos los calibres.

En líneas de media tensión con conductores de AAC o ACSR, el amarre será con alambre suave de aluminio 21 mm<sup>2</sup> (4 AWG) en todos los calibres.

Las grapas remate y suspensión serán de hierro o bronce para conductor de cobre y de aluminio para sujetar ACSR o AAC.

En grapas remate o suspensión, instale las arandelas de presión, apriete correctamente la abrazadera U con las tuercas y no omita instalar la chaveta.



En los puentes de línea de media tensión con conductores de AAC o ACSR apoyados en aislador de paso no se instalarán varillas protectoras.

## **2.11 AISLADORES TIPO POSTE**

### **Objetivo:**

Establecer los requerimientos principales para la adquisición, así como las características electromecánicas y dimensionales que deben cumplir los aisladores tipo poste (sintéticos o de porcelana), utilizados por la comisión federal de electricidad (cfe) en redes y líneas aéreas de distribución hasta 138 kV.

### **Definiciones:**

- Aislador: Un aislador es un soporte no conductor, para un conductor eléctrico.
- Aislador Tipo Poste: Es aquel que consiste de una pieza de material aislante ensamblado permanentemente aun a base metálica y en ocasiones a un herraje para fijación del conductor, para ser montado rígidamente a una estructura o cruceta por medio de un perno o varios tornillos.
- Aislador para Zonas Contaminadas, PC: Aislador tipo poste que, por sus características dimensionales de diseño del perfil y materiales, es adecuado para trabajar en zonas con nivel de contaminación media, alta y extra alta, de acuerdo a la norma NMX-J-562/1-ANCE.
- Aislador para Zonas con Descargas Atmosféricas, PD: Aislador tipo poste que, por sus características dimensionales de diseño del perfil y materiales, es adecuado para trabajar en zonas con incidencia de descargas atmosféricas, con una probabilidad mínima de flameo o perforación a 60 Hz.

- Distancia de Fuga: Es la distancia en milímetros más corta a lo largo del contorno de la superficie aislante externa del aislador, en la cual se aplica la tensión eléctrica de operación.
- Carbonización (Tracking): Es una degradación irreversible por la formación de caminos conductores iniciándose y desarrollándose en la superficie de un material aislante. Estos caminos son conductores aún en condiciones secas. La carbonización puede ocurrir en superficies de contacto con aire y también en las interfaces de los diferentes materiales aislantes.

Símbolos y abreviaturas:

La descripción corta muestra las principales características descriptivas de los aisladores tipo poste de acuerdo a lo siguiente:

Dónde: R S U V J W

R= Tensión eléctrica nominal de sistema.

S= Instalación

U= Aplicación.

V= Material del aislador.

J= Material del herraje

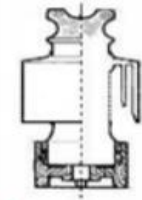
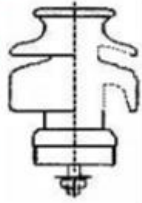
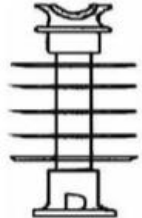
W= Distancia de fuga.

Los valores que describen a un aislador tipo poste son los siguientes:

- Tensión Eléctrica Nominal del Sistema “R”
  - 13 – 13.2 KV
  - 22 – 23 KV
  - 33 – 34.5 KV
  - 69 – 69 KV
  - 115 – 115 KV
  - 138 – 138 KV
  
- Instalación “S”
  - P = Montaje en poste de madera, fibra de vidrio o concreto (para tensiones igual o menores a 34.5 kV).
  - PA = Montaje en poste de acero (para tensiones mayores a 34.5 kV).
  - PM = Montaje en poste de madera o fibra de vidrio (para tensiones mayores a 34.5 kV).
  
- Aplicación “U” (para Tensiones Igual o Menores a 34.5 kV)
  - C = Aislador para zonas contaminadas.
  - D = Aislador para zonas con descargas atmosféricas.
  
- Material del Aislador “V”
  - P = Porcelana construido en una sola pieza.
  - H = Envoltente de hule silicón, con núcleo de porcelana, fibra de vidrio, concreto polimérico o cualquier material aislante.
  - Z = Concreto polimérico construido en una sola pieza.

- Material del Herraje “J”
  - G = Acero inoxidable, acero o hierro nodular galvanizado por inmersión en caliente tipo especial, conforme a la norma NMX-H-004.
  - L = Aluminio.
- Distancia de Fuga “W”
  - 1 = Con distancia específica de fuga mayor a 20 mm / kV.
  - 2 = Con distancia específica de fuga mayor a 25 mm /kV.
  - 3 = Con distancia específica de fuga mayor a 31 mm / kV.
  - 4 = Con distancia específica de fuga mayor a 31 mm / kV y distancia de fuga protegida.

2.13.1.

Descripción	Descripción corta	Figura ilustrativa
Aislador tipo poste de una red de distribución de 13.8 kV, para una zona de contaminación, con envoltorio de hule silicón, núcleo de porcelana y herraje de acero inoxidable o hierro nodular galvanizado, con distancia específica de fuga igual o mayor a 31 mm / kV y con distancia de fuga protegida de una sola pieza.	<u>13 P C H G 4</u>	
Aislador tipo poste de una red de distribución de 23 kV, para una zona de contaminación, de porcelana y herraje de acero inoxidable o hierro nodular galvanizado, con distancia específica de fuga igual o mayor a 25 mm / kV  <b>NOTA:</b> Nótese que este aislador tiene distancia de fuga protegida. En caso de cumplir con lo especificado, este aislador puede ser clasificado como 22 PCPG3 ó 22 PCPG4	<u>22 PCPG2</u>	
Aislador tipo poste de una red de distribución de 34.5 kV, para una zona de contaminación, envoltorio de hule silicón con núcleo de porcelana, fibra de vidrio o concreto polimérico con herraje de aluminio, con distancia específica de fuga igual o mayor a 31 mm / kV	<u>33 P C H L 3</u>	

**Tabla 22** Aisladores tipo poste 1.



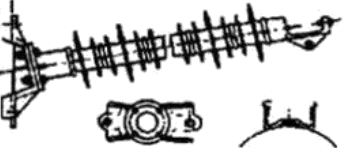
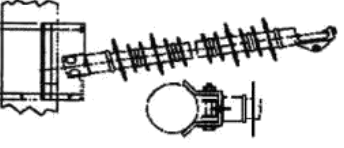
Descripción	Descripción corta	Figura ilustrativa
Aislador tipo poste de una red de distribución de 34.5 kV, para una zona de descargas atmosféricas, de porcelana y herraje de acero inoxidable o hierro nodular galvanizado, con distancia específica de fuga igual o mayor a 20 mm/ kV	33 PDPG1	
Aislador tipo poste de una red de distribución de 69 kV, para montaje en poste de madera, para una zona normal, de porcelana, herraje de acero galvanizado y con una distancia de fuga igual o mayor a 20 mm / kV. <b>NOTA:</b> Para postes de acero la descripción es 69 PA PG1	69 PM PG1	
Aislador tipo poste de una red de distribución de 115 kV, para montaje en poste de acero, para una zona de contaminación, con envoltorio de hule de silicón, herraje de acero galvanizado y con una distancia de fuga igual o mayor a 31 mm/kV. <b>NOTA</b> Para postes de madera la descripción es 115 PM PG1	115 PA H G 3	
Aislador tipo poste de una red de distribución de 138 kV, para montaje en poste de madera o fibra de vidrio, para una zona de contaminación, con envoltorio de hule silicón, herraje de acero galvanizado y con una distancia de fuga igual o mayor a 25 mm/ kV	138 PM H G2	

Tabla 23 Aisladores tipo poste 2.

Tensión Eléctrica nominal del sistema operación (kV)	Tensión máxima De diseño (kV)	Distancia de fuga (Nota1)				
		DF 1	DF 2	DF 3	DF 4	
					Total (Nota 2)	Protegida
13.8	15.5	300	375	465	465	180
23	27	516	645	800	800	380
34.5	38	760	950	1 178	1 178	600
69	72.5	1 450	1 810	2 245		
85	100	2 460	3 075	3 813		
115	123	2 460	3 075	3 813		
138	145	2 900	3 625	4 495		

Tabla 24 Tensión máxima de diseño para aisladores tipo poste.

## 2.12 ESLABÓN FUSIBLE UNIVERSAL

Objetivo:

Esta especificación establece las características técnicas de control de calidad y pruebas que debe cumplir el eslabón fusible universal.





Campo de aplicación:

Aplican para eslabones fusibles para distribución los cuales se utilizan en cortacircuitos fusible hasta 38 kV y 100 a que adquiere la comisión federal de electricidad (cfe) y sus empresas productivas subsidiarias (EPS).

### 2.12.1 características y condiciones generales

Clasificación

Se clasifican de acuerdo con sus relaciones de rapidez de fusión en:

-  Eslabón fusible tipo fraccionario f (alto impulso) véase **Tabla 25**.
-  Eslabón fusible tipo k (rápido) ver **Tabla 26**.
  
-  Eslabón fusible tipo s (estándar), ver **Tabla 27**.
-  Eslabón fusible tipo t (lento) ver **Tabla 28**.

Descripción corta	Tensión nominal (kV)	Corriente nominal (A)	Longitud total (mm)
E F 15-F-0.33	15	0.33	600
E F 15-F-0.50	15	0.50	600
E F 15-F-0.75	15	0.75	600
E F 15-F-1.25	15	1.25	600
E F 15-F-1.50	15	1.50	600
E F 15-F-2.50	15	2.50	600
E F 15-F-2.75	15	2.75	600
E F 15-F-3.50	15	3.50	600
E F 15-F-5.50	15	5.50	600
E F 27-F-0.33	27	0.33	600
E F 27-F-0.50	27	0.50	600
E F 27-F-0.75	27	0.75	600
E F 27-F-1.25	27	1.25	600
E F 27-F-1.50	27	1.50	600
E F 27-F-2.50	27	2.50	600
E F 27-F-2.75	27	2.75	600
E F 27-F-3.50	27	3.50	600
E F 27-F-5.50	27	5.50	600
E F 38-F-0.50	38	0.50	750
E F 38-F-0.75	38	0.75	750
E F 38-F-1.25	38	1.25	750
E F 38-F-1.50	38	1.50	750
E F 38-F-2.50	38	2.50	750
E F 38-F-2.75	38	2.75	750
E F 38-F-3.50	38	3.50	750
E F 38-F-5.50	38	5.50	750

*Tabla 25 Designación y características de los eslabones fusible tipo F (alto impulso) para distribución.*

NOTA:

La tolerancia permisible en la longitud del eslabón fusible es de  $\pm 20$  mm.

Abreviaturas en la descripción corta:

15, 27 y 38 = Tensión nominal, en kV.

0.33, 0.50, 1, 2, 3...100 = Corriente nominal, en A.

EF = Eslabón fusible.

F = Fraccionario (alto impulso).

Descripción corta	Tensión nominal (kV)	Corriente nominal (A)	Longitud total (mm)
EF 15K-1	15	1	600
E F 15K-2	15	2	600
EF 15K-3	15	3	600
E F 15K-5	15	5	600
E F 15K-6	15	6	600
E F 15K-8	15	8	600
E F15K-10	15	10	600
E F 15K-12	15	12	600
E F 15K-15	15	15	600
E F15K-20	15	20	600
E F 15K-25	15	25	600
E F 15K-40	15	40	600
E F 15K-65	15	65	600
E F 27K-1	27	1	600
E F 27K-2	27	2	600
E F 27K-3	27	3	600
E F 27K-5	27	5	600
E F27K-6	27	6	600
E F 27K-8	27	8	600
EF27K-10	27	10	600
E F27K-12	27	12	600
E F27K-15	27	15	600
E F 27K-20	27	20	600
E F 27K-25	27	25	600
E F 27K-40	27	40	600
E F 27K-65	27	65	600
E F 38K-1	38	1	750
E F 38K-2	38	2	750
E F 38K-3	38	3	750
E F 38K-5	38	5	750
E F 38K-6	38	6	750
E F 38K-8	38	8	750
EF38K-10	38	10	750
E F38K-12	38	12	750
E F38K-15	38	15	750
E F38K-20	38	20	750

*Tabla 26 Designación y características de los eslabones fusible tipo K (rápido) para distribución.*

NOTA:

La tolerancia permisible en la longitud del eslabón fusible es de  $\pm 20$  mm.

Abreviaturas en la descripción corta:

15, 27 y 38 = Tensión nominal, en kV.

K = Rápido.

1, 2, 3,...65 = Corriente nominal, en A.

EF = Eslabón fusible.



Descripción corta	Tensión nominal (kV)	Corriente nominal (A)	Longitud total (mm)
E F 15S-1	15	1	600
E F 15S-2	15	2	600
E F 15S-3	15	3	600
E F 15S-5	15	5	600
E F 15S-8	15	8	600
E F 15S-10	15	10	600
E F 15S-12	15	12	600
EF 15S-15	15	15	600
E F 15S-25	15	25	600
EF 15S-40	15	40	600
E F 15S-65	15	65	600
E F 27S-1	27	1	600
E F 27S-2	27	2	600
E F 27S-3	27	3	600
E F 27S-5	27	5	600
E F 27S-8	27	8	600
EF27S-10	27	10	600
E F27S-12	27	12	600
E F27S-15	27	15	600
E F 27S-25	27	25	600
E F 27S-40	27	40	600
E F 27S-65	27	65	600
E F 38S-1	38	1	750
E F 38S-2	38	2	750
E F 38S-3	38	3	750
E F 38S-5	38	5	750
E F 38S-8	38	8	750
E F 38S-10	38	10	750
E F38S-12	38	12	750
E F 38S-15	38	15	750

*Tabla 27 Designación y características de los eslabones fusible tipo S (estándar) para distribución.*

NOTA:

La tolerancia permisible en la longitud del eslabón fusible es de  $\pm 20$  mm.

Abreviaturas en la descripción corta:

15, 27 y 38 = Tensión nominal, en kV.

S = Estándar.

1, 2, 3,...65 = Corriente nominal, en A.

EF = Eslabón fusible.

Descripción corta	Tensión nominal (kV)	Corriente nominal (A)	Longitud total (mm)
E F 15T-10	15	10	600
E F 15T-12	15	12	600
E F 15T-15	15	15	600
E F 15T-20	15	20	600
E F 15T-25	15	25	600
E F 15T-30	15	30	600
E F 15T-40	15	40	600
E F 15T-50	15	50	600
E F 15T-65	15	65	600
E F 15T-80	15	80	600
E F 15T-85	15	85	600
E F 15T-100	15	100	600
E F 27T-10	27	10	600
E F 27T-12	27	12	600
E F 27T-15	27	15	600
E F 27T-20	27	20	600
E F 27T-25	27	25	600
E F 27T-30	27	30	600
E F 27T-40	27	40	600
E F 27T-50	27	50	600
E F 27T-65	27	65	600
E F 27T-80	27	80	600
E F 27T-85	27	85	600
E F 27T-100	27	100	600
E F 38T-10	38	10	750
E F 38T-12	38	12	750
E F 38T-15	38	15	750
E F 38T-20	38	20	750
E F 38T-25	38	25	750
E F 38T-30	38	30	750
E F 38T-40	38	40	750
E F 38T-50	38	50	750
E F 33T-65	38	55	750
E F 38T-80	38	80	750
E F 38T-85	38	85	750
E F 38T-100	38	100	750

**Tabla 28** Designación y características de los eslabones fusible tipo T (lento) para distribución.

NOTA:

La tolerancia permisible en la longitud del eslabón fusible es de  $\pm 20$  mm.

Abreviaturas en la descripción corta:

15, 27 y 38 = Tensión nominal, en kV.

T = Lento.

10, 12, 15,...100 = Corriente nominal, en A.

EF = Eslabón fusible.

## 2.12.2 Fusibles para transformadores trifásicos

Tabla selectiva de eslabón fusible para protección contra sobre corriente en transformadores de distribución trifásicos.

Nota: La siguiente tabla no es aplicable para transformadores particulares (industriales o de bombeo) cuyo tipo y ciclo de carga es diferente a la de una red de distribución.

TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS						
kVA	TENSIÓN DEL PRIMARIO (V)					
	13200		23000		33000	
	I	F	I	F	I	F
15	0.66	0.75	0.38	0.50	0.26	0.50
30	1.31	1.5	0.75	0.75	0.52	0.50
45	1.97	2	1.13	1	0.79	0.75
75	3.28	3	1.88	2	1.31	1
112.5	4.92	5	2.82	3	1.97	2
150	6.56	6	3.77	4	2.62	3

*Tabla 29 Fusible para protección contra sobrecorriente en transformadores trifásicos.*

I.- Corriente nominal en media tensión.

F.- Capacidad nominal del eslabón fusible.

Nota: 1. Utilice eslabón fusible de tipo universal con velocidad estándar, K y fraccionario.

### **3.- Desarrollo**

#### **3.1 RECORRIDO Y LOCALIZACIÓN DEL INMUEBLE PARA EL LEVANTAMIENTO DE EQUIPOS.**

Para el diseño del sistema eléctrico de media y baja tensión, se implementara las especificaciones técnicas de la CONSTRUCCION DE INSTALACIONES ELECTRICAS AEREAS EN MEDIA Y BAJA TENSION MEDIANTE LA ESPECIFICACION CFE DCCIAMBT, aprobada por la DIRECCION GENERAL DE DISTRIBUCION Y ABASTECIMIENTOS DE LA ENERGIA ELECTRICA.

Cabe resaltar la importancia que aportara la (NOM 001 SEDE 2012 INSTALACIONES ELECTRICAS), es de suma importancia cumplir con lo que dictamina el suministrador, ya que si el proyecto eléctrico no está cumpliendo los requisitos principales, hay la posibilidad de que esta no sea aceptada por parte de la empresa suministradora (CFE, Comisión federal de electricidad).

En primer instancia, para llevar a cabo la obra eléctrica es necesario conocer el lugar donde se llevara a cabo el proyecto, y sobre todo la ubicación, ya que es fundamental conocer los equipos y artefactos que están o que se implementaran en un determinado tiempo; teniendo en cuenta la importancia de saber en dónde se situaran los equipos para la definición de centros de carga y equipos de protecciones.

Una vez que tuvimos la certeza de la ubicación y de corroborar los equipos existentes y la instalación eléctrica que está situada en ese inmueble, se procedió hacer un levantamiento eléctrico en baja tensión, donde nos percatamos de los diferentes equipos y tipos que hay, para así facilitar el trabajo del diseño eléctrico en baja tensión.

Como también se desarrolló lo que es el plano arquitectónico para la realización exacta de la ubicación y los equipos a instalar en la Planta de Lácteos Blanquita.

En relación a la media tensión, en ese caso se determinó la tensión de suministro en media tensión existente donde hay un sistema de 3F (3 FASES), dado que también el transformador que tenía instalado era un Tipo poste Trifásico de 30 KVA, se identifica este tipo de

transformador por el tipo de carga eléctrica y por la carga instalada anteriormente en el inmueble.

Una vez teniendo los elementos técnicos necesarios para realizar el proyecto eléctrico de media tensión es elemental el plasmar los elementos eléctricos a partir del punto de suministro (interconectado), como lo son el tipo de estructuras, tipo de sistema, tamaño del conductor eléctricos alimentador, distancias entre el punto de conexión y la carga, estructuras ajenas al sistema eléctrico.

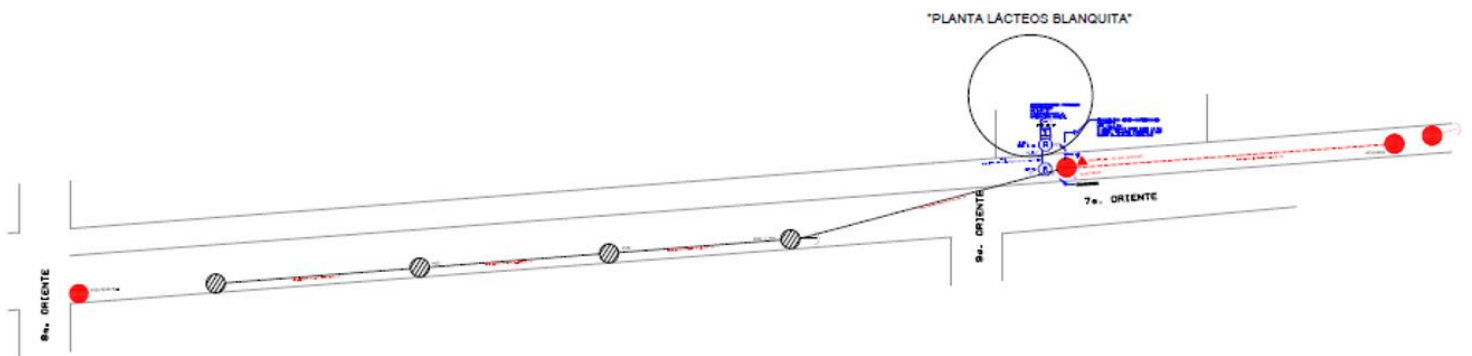
Otro factor importante para concebir el proyecto de manera integral, es el focalizar la ubicación en donde se ubicara el transformador proyectado, para el caso de la obra de (PRODUCTOS LACTEOS BLANQUITA), Este se ubicó en un lugar dedicado, libre de peligro de golpes mecánicos y con espacios libres para realizar maniobras y mantenimiento preventivos y correctivos así como de ventilación adecuada para el equipo.

Esto será con el objetivo de que al momento de solicitar el punto de conexión ante la compañía suministradora CFE, el personal de planeación tenga los elementos suficientes para dar el visto bueno del punto de suministro en media tensión.

La red eléctrica existente para obtener los servicios de energía eléctrica en media tensión para la PLANTA DE LACTEOS BLANQUITA, se encuentra a una distancia aproximada de 500 metros, dicha red de energía eléctrica es de tipo aérea propiedad de la comisión federal de electricidad (C.F.E.).

El circuito en que nos interconectaremos está construido con una línea de media tensión en 3 fases - 3 hilos con cable ACSR cal. 3/0 y siendo de 13.8 kV. Con postes de concreto reforzado de 12 metros de altura, de 750 kg de resistencia a la flexión, y estructuras de tipo VS3.

En el presente plano, se identifica las trayectorias existentes y la obra específica a partir del punto de conexión solicitada al suministrador CFE (Comisión Federal de Electricidad).



Como puede observarse el punto de conexión a la compañía suministradora de energía eléctrica es mediante la colocación de un poste de concreto, el cual debido a la altura del poste existente se proyectó un poste de concreto reforzado PCR-13-600; acorde a las especificaciones del suministrador CFE.

### 3.2 ELABORACION DE PROYECTO

En la elaboración de proyecto se obtuvo toda la información recabada del levantamiento eléctrico, que gracias a ese recorrido tuvimos la oportunidad de realizar los cálculos eléctricos, ya que esta es la parte más fundamental por las decisiones que se deben de tomar, como por ejemplo la capacidad y tipo de transformador que será conveniente, teniendo en cuenta los equipos existentes y por lo tanto un factor de crecimiento.

Para saber la capacidad del transformador, se realizó el cálculo de todos los equipos existentes, y se obtuvo que hay contactos y luminarias, como también hay 23 equipos y la cámara de enfriamiento que conforman la PLANTA DE LACTEOS BLANQUITA, teniendo en cuenta que son motores de diferentes capacidades y sobre todo voltajes que varían.

La carga instalada es la siguiente:

❖ Número de equipos:

- ✚ 7 equipos de la cámara de enfriamiento.
- ✚ 23 equipos de área de proceso.
- ✚ 12 contactos Dúplex (127 Vca, 60 Hz)
- ✚ 4 contactos sencillos (127 Vca, 60 Hz)
- ✚ Luminarias Tipo industrial

❖ Tipo de sistema: Trifásicos (3F-4H), Bifásicos (2F-3H), monofásicos (1F-3H).

❖ Capacidades de los equipos instalados:

EQUIPO	SISTEMA	POTENCIA	VOLTAJE	FRECUENCIA
C. enfriamiento	2Φ	186.5 W	220 V~	60 HZ
C. enfriamiento	2Φ	496.8 W	220 V~	60 HZ
C. enfriamiento	2Φ	496.8 W	220 V~	60 HZ
C. enfriamiento	2Φ	745.2 W	220 V~	60 HZ
C. enfriamiento	2Φ	745.2 W	220 V~	60 HZ
1 Bomba C. Enfrito.	1Φ	552.0 W	127 V~	60 HZ
2 Bomba C. Enfrito.	1Φ	552.0 W	127 V~	60 HZ

EQUIPOS DE LA CAMARA DE ENFRIAMIENTO.

EQUIPO	SISTEMA	POTENCIA	VOLTAJE	FRECUENCIA
Descargadora	3Φ	1030.0 W	220 V~	60 HZ
Transporte D/Leche	3Φ	1372.0 W	220 V~	60 HZ
Clarificadora	2Φ	746.0 W	220 V~	60 HZ
Clarificadora	3Φ	10632.0 W	220 V~	60 HZ
Presurizador	3Φ	1492.0 W	220 V~	60 HZ
Presurizador	2Φ	1386.0 W	220 V~	60 HZ
Presurizador	3Φ	1492.0 W	220 V~	60 HZ
Congelador	1Φ	300.0 W	127 V~	60 HZ
Compresor P/A	1Φ	1029.0 W	127 V~	60 HZ
Fundidora	2Φ	594.0 W	220 V~	60 HZ
Quemadora	3Φ	5145.0 W	220 V~	60 HZ
Succionadora D/Leche	3Φ	686.0 W	220 V~	60 HZ
Succionadora D/suero	3Φ	1119.0 W	220 V~	60 HZ
Jaladora(cortadora)	3Φ	1029.0 W	220 V~	60 HZ
Bomba portátil	1Φ	1143.0 W	127 V~	60 HZ
Revolvedora portátil	3Φ	1492.0 W	220 V~	60 HZ
Calentadora	3Φ	1700.0 W	220 V~	60 HZ
Homogeneizadora	3Φ	1200.0 W	220 V~	60 HZ
Bomba calera 2	2Φ	1492.0 W	220 V~	60 HZ
Bomba calera 2	3Φ	1492.0 W	220 V~	60 HZ
Compresor	1Φ	698.0 W	127 V~	60 HZ
Motor de calera	3Φ	1235.0 W	220 V~	60 HZ
Bomba D/agua casa	2Φ	1492.0 W	220 V~	60 HZ

EQUIPOS INSTALADOS EN AREA DE PROCESOS.



EQUIPO	PIEZAS	SISTEMA	POTENCIA	VOLTAJE	FRECUENCIA
ContactoDúplex	12	1Φ	250 W	127 V~	60 HZ
ContactoSencillo	4	1Φ	125 W	127 V~	60 HZ
Luminarias	50	1Φ	1000 W	127 V~	60 HZ

## CONTACTOS Y LUMINARIA DEL INMUEBLE

### 3.2.1 Elaboración del plano eléctrico Media Tensión.

Teniendo el valor de la carga total se propone instalar un transformador trifásico tipo pedestal con relación de transformación 13,200/220-127 volts, 60 Hz, conexión delta-estrella.

Se inicia con la elaboración del plano eléctrico de Media tensión a proyectar; el cual se entrega a la Comisión Federal de electricidad CFE, para su evaluación y aprobación, indicando punto de entronque, distancias entre postes, estructuras, conductores y transformador a utilizar (ver **Anexo 1**).

### 3.2.2 Elaboración del plano eléctrico Baja Tensión.

Obteniendo la carga que está instalada en la planta de lácteos, desarrollaremos el plano eléctrico de baja tensión, ya teniendo en cuenta el plano estructural del inmueble, el posicionamiento de los contactos y luminarias (ver **Anexo 2**), equipos de proceso y cámara de refrigeración (ver **Anexo 3**).

## 3.3 CALCULOS ELECTRICOS.

Conociendo la capacidad de generación de la PLANTA DE LACTEOS BLANQUITA, se proceden hacer los cálculos respectivos para la definición de capacidad del transformador y de los conductores alimentadores.

### 3.3.1 Calculo de carga Instalada.

Esta se determina sumando todas las cargas existentes en el inmueble, tomando en cuenta la POTENCIA ACTIVA general, dado que este es el consumo real que se obtendrá con un uso del 100% de los equipos.

Obteniendo la suma de todas las cargas que existen se tiene como resultado:

POTENCIA
1030.0 W
1372.0 W
746.0 W
10632.0 W
1492.0 W
1386.0 W
1492.0 W
300.0 W
1029.0 W
594.0 W
5145.0 W
686.0 W
1119.0 W
1029.0 W
1143.0 W
1492.0 W
1700.0 W
1200.0 W
1492.0 W
1492.0 W
698.0 W
1235.0 W
1492.0 W

Potencia total de la planta de proceso es de:

**39, 996 Watts**

POTENCIA
186.5 W
496.8 W
496.8 W
745.2 W
745.2 W
552.0 W
552.0 W

Potencia total de la cámara de refrigeración es de:

**3,774.5 Watts**

POTENCIA
3000.0 W
500.0 W
510.0 W
490.0 W

Potencia total de contactos y luminarias es de:

**4,500.0 Watts**

Teniendo como resultado de la potencia Real de:

$$39,996.0 W + 3,774.5 W + 4,500.0 W = 48,270.5 Watts$$

Debido a que la carga instalada fue de 48,270.5 Watts, y hay cargas trifásicas en la instalación eléctrica, fue seleccionado un Transformador de **45 KVA Tipo Pedestal, Marca PROLEC, Trifásico, con relación de Transformación de 13,200/220-127 volts, 60 Hz, conexión delta-estrella. Considerando que se dejara un porcentaje de utilización del 80%, que da un total de 38,616.4 Watts.**

### 3.3.2 Normatividad y selección de conductores de Baja tensión.

Los artículos a los que se refiere el presente documento corresponden a la NOM001- SEDE-2012 a menos que se indique otra norma, reglamento, etc. Para la correcta interpretación de este informe de trabajo, es necesario consultar y aplicar las siguientes normas vigentes.

Clave	Emisión	Título
NOM-001-SEDE-2012	2012	Instalaciones eléctricas (utilización)
NOM-008-SCFI-2002	2002	Sistema general de unidades de medidas

**Tabla 1-** Normas vigentes para construcción de baja tensión.

### 3.3.3 Cálculo del conductor del circuito alimentador.

La selección del calibre del conductor alimentador será aquel que cumpla con las condiciones de capacidad de conducción y por caída de tensión. Finalmente será permitido seleccionar el calibre o sección transversal por ampacidad de los conductores, normalmente mediante la (Tabla 310-15(b) (16), de la NOM 001 SEDE 2012. (ver **Anexo 4**).

Los principales factores que se deben considerar al calcular el calibre mínimo para un conductor de baja tensión son:

- Que la sección del conductor pueda transportar la corriente necesaria
- Que la temperatura de operación del conductor no dañe su aislamiento
- Que la caída de tensión esté dentro de los parámetros de funcionamiento del equipo eléctrico (norma eléctrica)

Es vital considerar los tres aspectos a la vez, porque en caso contrario se podrían ocasionar los siguientes problemas si la sección de cobre es menor a la requerida:

- El conductor tendrá mayor resistencia eléctrica, aumentando las pérdidas de energía.
- El conductor tendrá mayor temperatura de operación, aumentando la resistencia eléctrica y deteriorando el aislamiento.
- La caída de tensión en la línea será mayor a la permitida, lo cual puede afectar la operación en el punto de carga y dañar los equipos.

Para la obtención del conductor primero se calcula la corriente nominal del circuito eléctrico de todo el inmueble. Para esto, se toma en cuenta la potencia aparente del transformador dado que este es un Transformador de 45 KVA trifásico.

Sacamos la corriente nominal del transformador, tomando en cuenta que nos da una potencia aparente, para calcularlo nos guiamos de la siguiente formula:

$$I_n = \frac{\text{Potencia aparente (KVA)}}{(\sqrt{3})(\text{Voltaje de fase})}$$

$I_n$  = Corriente Nominal

$$I_n = \frac{45 \text{ KVA}}{(\sqrt{3})(.220 \text{ kV})} = \mathbf{118 \text{ Amp.}}$$

Por lo tanto se obtiene un conductor de cobre de **1/0 THW** por fase; con un aislamiento para temperatura de **75°C**.

### **3.3.4 Cálculo de protección del secundario del transformador de 45 KVA Trifásico:**

Datos:

Capacidad del Transformador: **45KVA**

Tensión del secundario: **220 VCA** entre F-F

Corriente nominal del secundario del transformador:

$$I_n = \frac{45 \text{ KVA}}{(\sqrt{3})(.220 \text{ V})} = \mathbf{118 \text{ Amp.}}$$

Teniendo la corriente nominal, tomando en cuenta las especificaciones que indica la NOM 001 SEDE 2012, en la Tabla 450-3(a) (ver **Anexo 5**) indica que el valor nominal o ajuste

máximo de la protección contra sobrecorriente para la protección del secundario, se aplica el 125% del valor nominal, dando un valor de **147.5 Amp**. Obtenida de la siguiente formula:

$$Inc = [(In)(125\%)]$$

*In*= corriente nominal

*In*= 118 Amp

*Inc*= corriente nominal corregida

$$Inc = [(118 \text{ Amp})(125\%)] = 147.5 \text{ Amp}.$$

Por lo tanto, acorde a la NOM OFICIAL, la capacidad máxima de la protección automática pudiera ser de 147.5 Amp, pero dado que ese valor es el máximo permitido por la NOM, el valor final que será seleccionado para la protección automática del secundario del transformador será de 150 Amp.

Datos de la protección del secundario:

**Interruptor termomagnético Marca SQUARE D, 3 polos, 150A con capacidad interruptiva de 18 Ka.**

### 3.3.5 Cálculo de caída de tensión del alimentador de baja tensión.

Una vez seleccionado el conductor por capacidad de conducción de corriente se debe verificar que cumpla con la máxima caída de tensión permitida, que es 3 % (Art. 215-2-a, nota 2) de la NOM-001-SEDE-2012. Es conveniente tomar en cuenta que la caída de tensión global desde el medio de desconexión principal hasta cualquier salida de la instalación (sea alumbrado, fuerza, contactos, calefacción, etc.) no debe exceder del 5 %. La caída de tensión se debe distribuir razonablemente en el circuito derivado y en el circuito alimentador, procurando que en cualquiera de ellos la caída de tensión no sea mayor del 3 %.

La caída de tensión la obtuvimos por la siguiente formula:

$$\%e = (2 * L * In) / (Vf * S)$$

DONDE:

L= Longitud.

In= Corriente Nominal

Vf= Voltaje fase.

S= sección transversal del conductor en mm<sup>2</sup> (53.49)

$$\%e = (3.47 * 15 * 118) / (220 * 53.49)$$

$$\underline{\%e = 0.52}$$

### 3.3.6 Cálculo de conductor de puesta a tierra.

El tamaño del conductor del electrodo de puesta a tierra en la acometida, en cada edificio o estructura alimentada por un alimentador o circuito derivado o en un sistema derivado separado de un sistema de corriente alterna puesto a tierra o no puesto a tierra, se debe seleccionar de acuerdo al *Artículo 250 Tabla 250-66* (ver **Anexo 6**) de la norma vigente y no debe ser menor al dado en la misma.

Se selecciona 1 conductor calibre **6 de cobre desnudo** por la tubería ya que se están instalando 1 conductor por fase cal. 1/0 awg en 1 tubería de acuerdo a la *Tabla 250-66 De la NOM-001-SEDE-2012*.

### 3.3.7 Cálculo de la tubería del conductor alimentador principal.

Para calcular el diámetro de la tubería (conduit) a utilizar, se deberá de conocer el tamaño de los conductores que se instalaran dentro de la tubería.

Para calcular el porcentaje de ocupación de los conductores en una tubería (conduit) se debe tomar en cuenta todos los conductores de fase y el neutro cuando se utilicen y los conductores de puesta a tierra, tanto si están con o sin aislamiento.

La ocupación máxima permitida de un tubo (conduit) se muestra en la *Tabla 2* (ver **anexo 7**) la cual aplica a instalaciones completas de tubo (conduit).

Se consulta la **Tabla 10-5 De la NOM-001-SEDE-2012** (ver **Anexo 8**) y se busca la sección transversal del conductor 1/0 con aislamiento THW.

De la **Tabla 10-5**, se observa que el área del conductor de tamaño 1/0 AWG es de 143 mm<sup>2</sup> con aislamiento.

Se consulta la **Tabla 8 De la NOM-001-SEDE-2012** (ver **Anexo 9**) y se busca la designación del conductor **6** de cobre sin aislamiento y con 7 alambres.

De la **Tabla 8**, se observa que el área del conductor de tamaño 6 de 7 alambres sin aislamiento es de 17.09 mm<sup>2</sup>

Se procede a realizar las siguientes operaciones:

<b>Número de conductores</b>	<b>Tamaño AWG</b>	<b>Sección transversal mm<sup>2</sup></b>	<b>Total mm<sup>2</sup></b>
<b>4</b>	<b>1/0</b>	<b>143</b>	<b>572</b>
<b>1 Sin aislamiento</b>	<b>6</b>	<b>17.09</b>	<b>17.09</b>
		<b>Total</b>	<b>589.09</b>

Con el área de ocupación total de los conductores dentro de 1 tubería (conduit) de **589.09 mm<sup>2</sup>** se consulta la **Tabla 10-4 De la NOM-001-SEDE-2012** (ver **Anexo 10**).



En la sexta columna para más de dos conductores se busca el área de **589.09 mm<sup>2</sup>** se encuentra en la fila de **867 mm<sup>2</sup>** y el diámetro de la tubería (conduit) que corresponde se encuentra en la columna 1 y resulta una designación de 53mm (2")

Por lo tanto selecciono 1 tubería de 53 mm (2 pulg) la tubería alojara a 4 conductores cal. 1/0 AWG más 1 conductor desnudo cal. 6. De acuerdo a la **Tabla 10-4 de la De la NOM-001-SEDE-2012**. Se recomienda cumplir con cada una de estas especificaciones para que la unidad de verificación de instalaciones eléctricas UVIE pueda aprobar y certificar toda la instalación de la planta de lácteos y se realice la contratación del servicio eléctrico.

### **3.4 DISEÑO Y CÁLCULO DE CIRCUITOS DERIVADOS.**

Para realizar el cálculo para los circuitos derivados para este proyecto se tomó como referencia el Tablero " **SQUARDE D CATALOGO QOC30UF**) una carga total de 48,270.5 Watts, alimentador trifásico, 3f-4h, 220/127 V.

Para el **TABLERO 1** tenemos una carga total de 15572 Watts 3f-4h, 220 V.

$$I_n = \frac{15572}{(\sqrt{3})(220 V)(0.9)} = \mathbf{45.41 Amp.}$$

Para el **TABLERO 2** tenemos una carga total de 4964 Watts 3f-4h, 220 V.

$$I_n = \frac{4964}{(\sqrt{3})(220 V)(0.9)} = \mathbf{14.48 Amp.}$$

Para el **TABLERO 3** tenemos una carga total de 10614 Watts 3f-4h, 220 V.

$$I_n = \frac{10614}{(\sqrt{3})(220 V)(0.9)} = \mathbf{30.95 Amp.}$$

Para el **TABLERO 4** tenemos una carga total de 4004 Watts 3f-4h, 220 V.

$$I_n = \frac{4004}{(\sqrt{3})(220 V)(0.9)} = \mathbf{11.68 Amp.}$$

Para el **TABLERO 5** tenemos una carga total de 4917 Watts 3f-4h, 220 V.

$$I_n = \frac{4917}{(\sqrt{3})(220 V)(0.9)} = \mathbf{14.34 Amp.}$$

Para el **TABLERO 6** tenemos una carga total de 3699.5 Watts 3f-4h, 220 V.

$$I_n = \frac{3699.5}{(\sqrt{3})(220 V)(0.9)} = \mathbf{18.68 Amp.}$$

#### **3.4.1 Determinación de conductor por capacidad de conducción de corriente:**

La tabla 310-16 de la NOM-001-SEDE-2012 da la capacidad de conducción de corriente (A) permisible en conductores aislados para 0-2000 V nominales y 60 °C a 90 °C. No más de tres conductores activos en una canalización, cable o directamente enterrados, para una temperatura ambiente de 30 °C.

El conductor 6 AWG ( $S = 13.3 \text{ mm}^2$ ) con aislamiento para 60 °C tiene una capacidad de conducción de corriente permisible de 55 A por lo cual se selecciona como conductor principal del **TABLERO 1**.

El conductor 8 AWG ( $S = 8.37 \text{ mm}^2$ ) con aislamiento para 60 °C tiene una capacidad de conducción de corriente permisible de 40 A, considerando también la caída de tensión; por lo cual se selecciona como conductor principal del **TABLERO 2, TABLERO 3, TABLERO 4, TABLERO 5, TABLERO 6**.

### ✚ 3.4.2 Determinación de conductor por caída de tensión

Distancia L entre el Interruptor y las luminarias = 20 m

$$\%e = \frac{4 \times L \times I_n}{V_n \times S} = \frac{4 \times 20 \times 8.75 \text{ A}}{127 \text{ V} \times 5.26} = 1.06\% \quad \text{Caída de tensión con Cal. 10 AWG}$$

Distancia L entre el Interruptor y los contactos = 20 m

$$\%e = \frac{4 \times L \times I_n}{V_n \times S} = \frac{4 \times 20 \times 13.12 \text{ A}}{127 \text{ V} \times 5.26} = 2.46\% \quad \text{Caída de tensión con Cal. 10 AWG}$$

Dónde:  $W = \text{Potencia en Watts}$

$f.p. = \text{Factor de Potencia (0.9)}$

$V_n = 127 \text{ V}$

$V_L = 220 \text{ V}$

$L = \text{Longitud del circuito}$

$I_n = \text{Corriente Nominal}$

$S = \text{Sección Transversal del Conductor}$

Se selecciona el Cal. # 10 como conductor alimentador (conductor de fases y neutro), la elección de este conductor se hace en concordancia con la protección y además para lograr una baja caída de tensión (menor a 5% desde el alimentador general hasta los equipos) que se presenta debido a la distancia y la corriente nominal que fluye por el conductor. La elección del dispositivo de protección (interruptor termo magnético) se hizo considerando la corriente nominal de cada circuito para este caso con Interruptor de 1 X 15 A para este circuito de alumbrado y para los circuitos de contactos polarizados se establece un interruptor de 1 X 20 A. Por la cantidad de Circuitos a Conectar se elige el TABLERO SQUARDE D CATALOGO QOC30UF CON ZAPATAS PRINCIPALES, TRIFASICO 3F - 4H 240/120 V.,10 Ka. Que alimentara a todos los centros de cargas en el inmueble.

El método para los cálculos de dispositivos de protección, conductores de fases, conductores puestos a tierra y de puesta a tierra del Tablero QOC30UF N se hicieron como se ha descrito anteriormente con alimentador cal. 1/0 Cu 3f-4h, en tubería galvanizado pared gruesa de 2” (53 mm).

### 3.4.3 tamaño nominal mínimo de los conductores de tierra física para canalizaciones y equipos.

La **Tabla 250-95 De la NOM-001-SEDE-2012** ( ver Anexo 11) nos dice cuál es el tamaño nominal mínimo de los conductores de tierra para canalizaciones y equipos de acuerdo a la capacidad o ajuste máximo del dispositivo automático de protección contra sobre corriente en el circuito antes de los equipos, canalizaciones, etc.

El conductor de puesta a tierra del circuito de luminarias, de acuerdo al interruptor principal de 1 X 15 A, le corresponde a un conductor Cal. 14.

El cálculo de las canalizaciones se hizo para una ocupación de conductores de máximo un 40 % del área disponible en el tubo, apoyándose en las **Tablas 10-5 De la NOM-001-SEDE-2012** (Dimensiones de los conductores aislados y cables de aparatos) y **Tabla 10-4 De la NOM-001-SEDE-2012** (Dimensiones de tubo conduit metálico tipo pesado, semipesado y ligero y área disponible para los conductores), para no más de tres conductores activos en un cable o canalización para este circuito se selecciona una tubería de 3/4 (21mm).





TABLERO SQUARE D CATALOGO QOC24UF CON ZAPATAS PRINCIPALES, TRIFASICO 3F - 4H 240/120 V., 10 Kva.

CIRCUITO N DESCRIPCION	MOTOR TRIFASICO V=4F-4Q, 4H 40, 60, 90, 120, 150V	MOTOR TRIFASICO 220 V., 4F, 4Q, 60, 90, 120, 150	MOTOR TRIFASICO 220 V., 4F, 4Q, 60, 90, 120, 150	MOTOR TRIFASICO 220 V., 4F, 4Q, 60, 90, 120, 150	MOTOR TRIFASICO 187V., 4F, 3H, 60, 90, 120, 150V	FASEA (WATTS)	FASE B (WATTS)	FASE C (WATTS)	TOTAL CARGA (WATTS)	VOLTAJE	CORRIENT EIN (AMPERES )	CORRIENT EIN+1,25 (AMPERES )	CONDUCTOR(AWG)		LONGITU D(FTS)	CAIDA DE TENSIÓN(%)	PROTECCION ITM	
													FASE A (WATTS)	FASE B (WATTS)			FASE C (WATTS)	FASE C (WATTS)
1,3,5	QUINTABORRA	1				1715	1715	1715	5145	220	15,00	18,75	5,26	3,314	5	0,27	3	20
2,4,6	SUCCHORORRA	1				228,66	228,66	228,66	686	220	2,00	2,50	5,26	3,314	5	0,04	3	15
7,9,11	SUCCHORORRA			1		373	373	373	1119	220	3,26	4,08	5,26	3,314	5	0,06	3	15
8,10,12	JALADORRA				1	343	343	343	1029	220	3,00	3,75	5,26	3,314	5	0,05	3	15
13,15,17	REVOLVERORRA				1	497,33	497,33	497,33	1492	220	4,35	5,44	5,26	3,314	5	0,08	3	15
16	FORJATI MARRASCA				1		1143		1143	127	10,00	12,50	5,26	3,314	15	1,08	1	20
						3156,99	4299,99	3156,99	10614	220	30,95	38,69	8,37	5,26	8	0,56	3	40
						0,26 DESBALANCO ENTRE FASES												

TABLERO 3









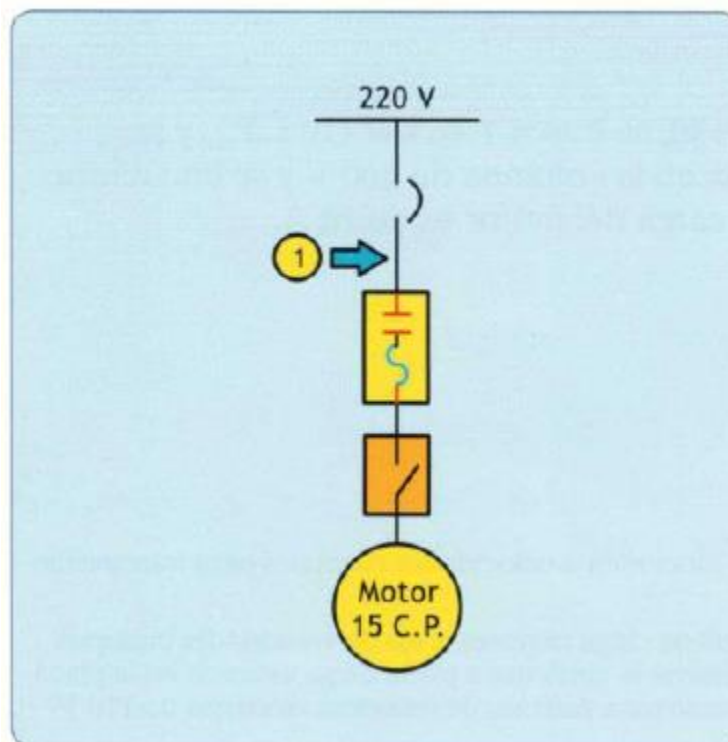
### 3.5 DISEÑO Y CALCULO DE EQUIPOS DE CONTROL PARA MOTORES (ARRANCADORES Y GUARDAMOTORES).

Los arrancadores de motor son uno de los principales inventos para aplicaciones de control de motores. Como su nombre indica, un iniciador es un dispositivo eléctrico que controla la potencia eléctrica para arrancar un motor. Estos dispositivos eléctricos también se utilizan para el propósito de detener, invertir y proteger los motores eléctricos. Los siguientes son los dos componentes principales para el arranque de un motor:

1. **Contactador:** la función principal del contactor es controlar la corriente eléctrica al motor. Un contactor puede hacer o romper la energía al circuito.

2. **Relé de sobrecarga:** el sobrecalentamiento y el consumo de demasiada corriente pueden hacer que el motor se quemara y se vuelva prácticamente inútil. Los relés de sobrecarga evitan que esto suceda y protegen el motor de cualquier potencial de peligro.

Un arrancador es un conjunto de estos dos componentes, que le permite encender o apagar un motor eléctrico. A continuación un Diagrama unifilar de un motor:



Para la selección del contactor; debemos de tener en cuenta dos aspectos principales;

- ✚ Categoría de empleo
- ✚ Potencia del motor eléctrico

La categoría de empleo está definida en la NOM IEC6097-1 esta norma nos indica las distintas aplicaciones que podemos darle a un contactor o mejor dicho las diferentes categorías que deben fabricar los distribuidores de contactores.

También para la selección de los guarda motores de los equipos se hace la misma operación, teniendo en cuenta que estos equipos tienen un margen de regulación, dependiendo de la corriente generada por los equipos.

La potencia del motor eléctrico lo sacamos de la placa de datos de cada motor eléctrico.

Pero para eso debemos de calcular la Potencia eléctrica, esta se saca de la siguiente manera:

$$PE = \frac{Pm}{\eta}$$

Donde:

$\eta = \text{Eficiencia de motor}$

$Pm = \text{Potencia Mecanica HP}$

### **Ejemplo:**

Datos técnicos del motor eléctrico

$Pm = 4HP$        $Pm = 2984.0 W$        $\eta = 95 \%$

$V = 220 CA$

$$PE = \frac{Pm}{\eta}$$

$$PE = \frac{2984.0W}{.95} = 3141.5W = 4.2 HP$$

Obtenido ese dato, podemos seleccionar la capacidad del contactor a utilizar para cada uno de los equipos. Esta fórmula será fundamental para calcular la potencia eléctrica de los motores a utilizar.

Las capacidades de los motores que estarán en la PLANTA DE LACTEOS BLANQUITA serán los siguientes; Teniendo en cuenta que ya está calculada la Potencia Eléctrica; con una eficiencia del 80%; por los equipos que han sido reparados y por el tiempo de utilidad que se le ha dado.

EQUIPO	SISTEMA	PM	PE	V	A	F
Descargadora	3Φ	1030.0 W	1287.5	220 V~	3.75	60 HZ
Transporte D/Leche	3Φ	1372.0 W	1715.0	220 V~	5.00	60 HZ
Clarificadora	3Φ	10632.0 W	13290.0	220 V~	38.75	60 HZ
Presurizador	3Φ	1492.0 W	1865.0	220 V~	4.35	60 HZ
Presurizador	3Φ	1492.0 W	1865.0	220 V~	5.43	60 HZ
Quemadora	3Φ	5145.0 W	6431.25	220 V~	18.75	60 HZ
Succionadora D/Leche	3Φ	686.0 W	857.5	220 V~	2.50	60 HZ
Succionadora D/suero	3Φ	1119.0 W	1398.75	220 V~	4.07	60 HZ
Jaladora(cortadora)	3Φ	1029.0 W	1286.25	220 V~	3.75	60 HZ
Revolvedora portátil	3Φ	1492.0 W	1865.0	220 V~	5.43	60 HZ
Calentadora	3Φ	1700.0 W	2125.0	220 V~	6.19	60 HZ
Homogeneizadora	3Φ	1200.0 W	1500.0	220 V~	4.37	60 HZ
Bomba calera 2	3Φ	1492.0 W	1865.0	220 V~	5.43	60 HZ
Motor de calera	3Φ	1235.0 W	1543.75	220 V~	4.50	60 HZ

Checamos la columna 6 de la tabla, y verificamos las corrientes generadas por los motores eléctricos de la Planta de Lácteos. Ya teniendo las especificaciones de operación, podemos hacer la selección de contactores y guarda motores. (ver **Anexo 12**).

EQUIPO	CORRIENTE	ARRANCADOR
Descargadora	3.75	<b>LE1M35M712</b>
Transporte D/Leche	5.00	<b>LE1M35M714</b>
Clarificadora	38.75	<b>ATRN0152DU</b>
Presurizador	4.35	<b>LE1M35M712</b>
Presurizador	5.43	<b>LE1M35M714</b>
Quemadora	18.75	<b>LE1D25M7</b>
Succionadora D/Leche	2.50	<b>LE1M35M708</b>
Succionadora D/suero	4.07	<b>LE1M35M712</b>
Jaladora(cortadora)	3.75	<b>LE1M35M712</b>
Revolvedora portátil	5.43	<b>LE1M35M714</b>
Calentadora	6.19	<b>LE1M35M7116</b>
Homogeneizadora	4.37	<b>LE1M35M712</b>
Bomba calera 2	5.43	<b>LE1M35M712</b>
Motor de calera	4.50	<b>LE1M35M712</b>

### 3.6 CALCULO DE LAS PROTECCIONES CONTRA SOBRETENSIONES (APARTARRAYOS).

Se deben instalar **APARTARRAYOS DE OXIDO DE ZINC TIPO TRANSICIÓN (RISER POLE)**.

La selección del voltaje máximo de operación continúa:

$$\text{MCOV: } \left( \frac{V \text{ entre fases}}{\sqrt{3}} \right) (\text{factor TOV})$$

Donde el factor TOV es el factor que considera el aumento de tensión temporal y de acuerdo a la Norma ANSI C62.11-1987, se toma como 1.06

El factor de conexión a tierra del sistema FA considera el aumento transitorio de tensión a que se someten las fases no falladas durante una falla a tierra y el cual depende del tipo de puesta a tierra del neutro del sistema. En un sistema con neutro sólidamente conectado a tierra. Este factor es típicamente de 1.3 A 1.4.

La tensión nominal del apartarrayo debe entonces seleccionarse como igual o mayor al producto de la tensión máxima de operación MCOV y el factor de puesta a tierra.

Tensión nominal = (MCOV) (FA) del apartarrayo.

Para este proyecto se tiene un sistema de 13.2 KV con neutro sólidamente conectado a tierra.

$$\text{MCOV} = \left( \frac{13.2 \text{ KV}}{\sqrt{3}} \right) (1.06) = 8.07 \text{ kv}$$

Considerando un factor de puesta a tierra de 1.4:

Tensión nominal = (8.07)(1.4) = 11.30 kv, lo que indica que el **apartarrayo a seleccionar deberá de ser clase 12 KV.**

### 3.7 CALCULO DEL CONDUCTOR DE ENERGÍA.

La impedancia para el conductor de Energía se calcula de la siguiente manera:

$$Z = \sqrt{(R^2 + X_L^2)}$$

Obtenemos para el cable de energía de Aluminio cal 3/0,  $Z = 0.000533 \text{ Ohm/m}$ . (ver Anexo 13).

Se calcula la caída de Tensión según la fórmula:

$$\%e = \frac{ZLI}{V_n}$$

Dónde:

Z= Impedancia del Conductor. (0.5330)

L= Longitud del Conductor. (0.025km)

I= Corriente Nominal en A. (1.97A)

$V_n$ = Voltaje de Fase a Neutro (7.620 kv)

$$I = \frac{kVA \times 1000}{1.73 \times 13,200} = 1.97 \text{ A}$$

$$\%e = \frac{(Z)(L)(I)}{V_n} = \%e = \frac{0.5330 \times 0.025 \times 1.97}{7.620} = 0.0034\%$$

El calibre del conductor propuesto en este proyecto cumple con la caída de tensión máxima de acuerdo a las normas de distribución subterránea de CFE que nos limita a una caída máxima del voltaje a un 1% y a considerar un conductor no menor al calibre 1/0 de AL.

Es importante mencionar que en los registros de media tensión que se construirán para cambios de dirección o en la acometida para el equipo a alimentar se dejara una cantidad excedente de cable igual al perímetro del registro que nos permita en caso de emergencia tenerlo en disponibilidad, el cual deberá ser alojado en ménsula que estará instalado en el perímetro interior del registro a un nivel medio sobre el nivel de piso terminado.



### 3.8 DISEÑO Y CÁLCULO DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA.

El suministro de la energía eléctrica para la Planta de lácteos blanquita. Será por la compañía suministradora de energía (CFE) a una tensión de 13200 volts.

#### 3.8.1 Subestación eléctrica.

La carga total demandada es de 48.2705 KW, tomando un Factor de Diversidad (0.9) tenemos  $(48.2705 \times 0.9) = 43.45$  kW con esto tenemos 48.2075 KW total, ahora bien tomando en cuenta con un porcentaje de utilización del 80 % determinamos que  $(48.2705 \times 0.8) =$  la potencia de utilización será de **38.6164 KW**, considerando el tipo de instalación para la planta de lácteos.

Por lo que se selecciona un transformador trifásico tipo pedestal para operación en radial capacidad de **45 KVA**. Ya calculada con conexión en media y baja tensión Delta – Estrella aterrizada 13,200/7620V, 220/127, 60 Hz, con enfriamiento natural en aceite, con fusibles en media tensión y codos portafusiles para 200 A clase 15 KV, 1000MSNM y clase de aislamiento especificación CFE K0000-07. Y 2.52% de impedancia en el transformador. (ver **Anexo 14**).

Es importante mencionar que el transformador en el lado de media tensión aérea contara con protección CCF15KV de 2 Ampers y en el transformador se instalaran Codos Portafusibles de acuerdo a la capacidad del equipo.

Se recomienda que para el sistema de tierra física del transformador se utilice intensificador de tierra (GEM) para disminuir la resistencia de la tierra y poder cumplir con las normas de CFE.

Así mismo la capacidad y su ubicación están fundamentadas por las bases de proyecto y los cálculos de regulación obtenidos. Se selecciona un transformador tipo pedestal debido a las ventajas de seguridad, conservación, mantenimiento, espacio y economía.

### 3.9 CÁLCULO DE CORTO CIRCUITO POR EL MÉTODO DE LOS MVA'S.

El cálculo de corto circuito utilizando el método de los mva's se tiene:

Para el proyecto solamente se calculó la corriente de corto circuito en la barra número 2 ya que es el bus principal de todo el sistema eléctrico en donde se pretende tener la corriente corto circuito máxima del sistema.

#### Paso 1 convertir impedancias a MVA'S

- Suministrador (CFE)  $MVA_{Acc} = 250 \text{ MVA}$
- Transformador  $MVA_{Acc} = 0.045/0.43 = 0.1046$
- Tablero distribución  $MVA_{Acc} = 0.05364/0.43 = 0.1247$
- Tablero 1  $MVA_{Acc} = 0.0173/1.48 = 0.0116$
- Tablero 2  $MVA_{Acc} = 0.0055/2.3 = 0.0024$
- Tablero 3  $MVA_{Acc} = 0.0051/2.3 = 0.0022$
- Tablero 4  $MVA_{Acc} = 0.0044/2.3 = 0.0019$
- Tablero 5  $MVA_{Acc} = 0.0054/2.3 = 0.0023$
- Tablero 6  $MVA_{Acc} = 0.0041/2.3 = 0.0017$

Fórmula utilizada para convertir impedancias a MVA'S

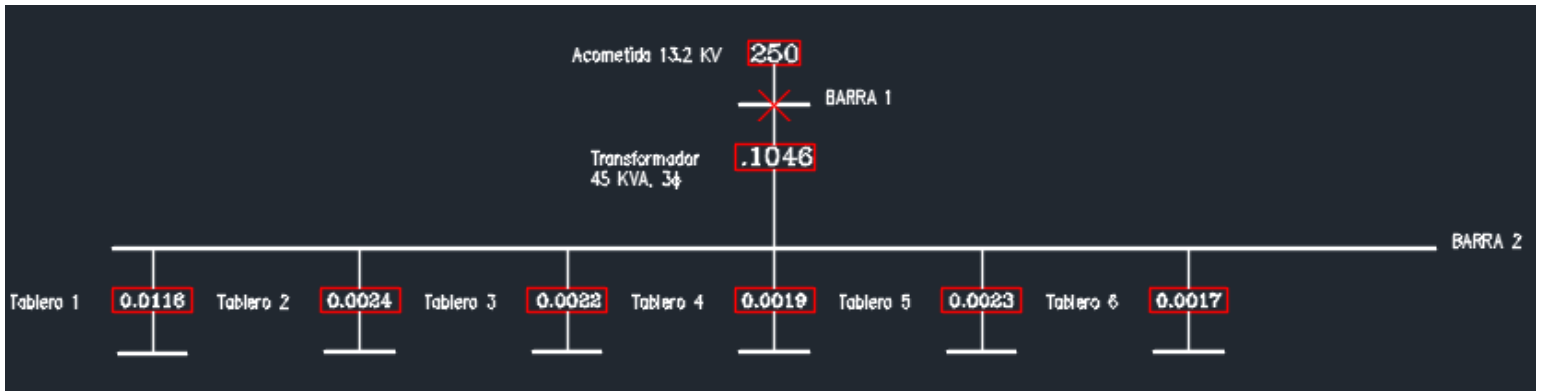
$$MVA_{cc} = \frac{KVAS/1000}{Z}$$

Dónde:  $MVA_{cc} = mvas \text{ corto circuito.}$

$KVAS = \text{carga instalada por tablero en kvas}$

$Z = \text{Impedancia del conductor. (ver Anexo 15)}$

**Paso 2** Se elabora el diagrama de MVA'S



**Paso 3** Se reduce el diagrama de MVA'S

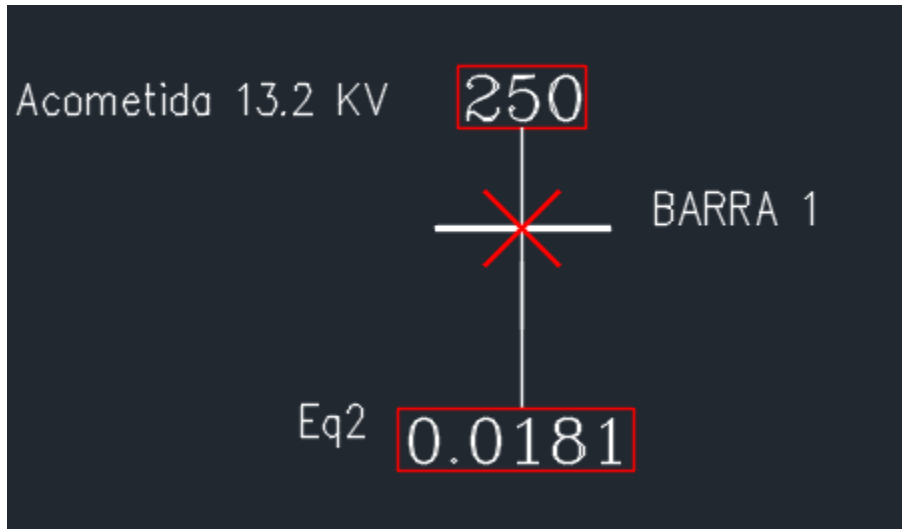
MVA'S en serie: se reducen en paralelo.

MVA'S en paralelo: se reducen en serie.

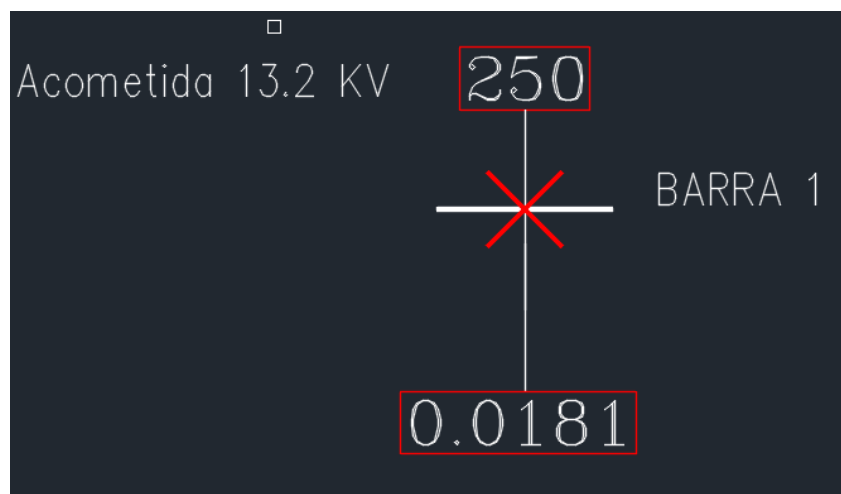
**Paso 4** Se procede al cálculo de Corto Circuito en BARRA1



$$Eq1 = 0.0116 + 0.0024 + 0.0022 + 0.0019 + 0.0023 + 0.0017 = \mathbf{0.0221}$$



$$Eq2 = \frac{0.1046 \times 0.0221}{0.1046 + 0.0221} = 0.0181$$

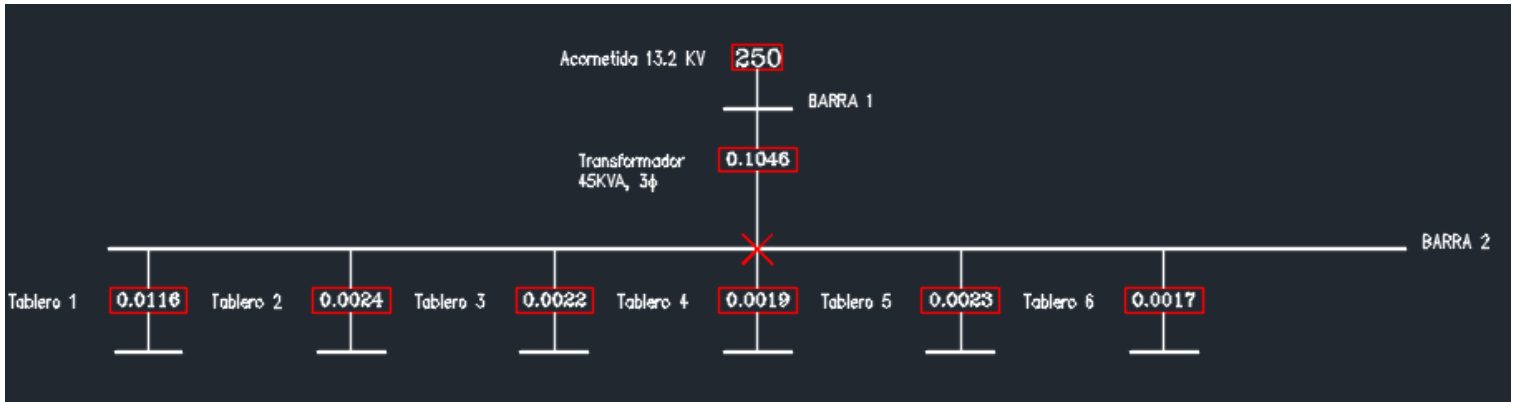


$$MVA Eq BARRA1 = 250 + 0.0181 = 250.0181$$

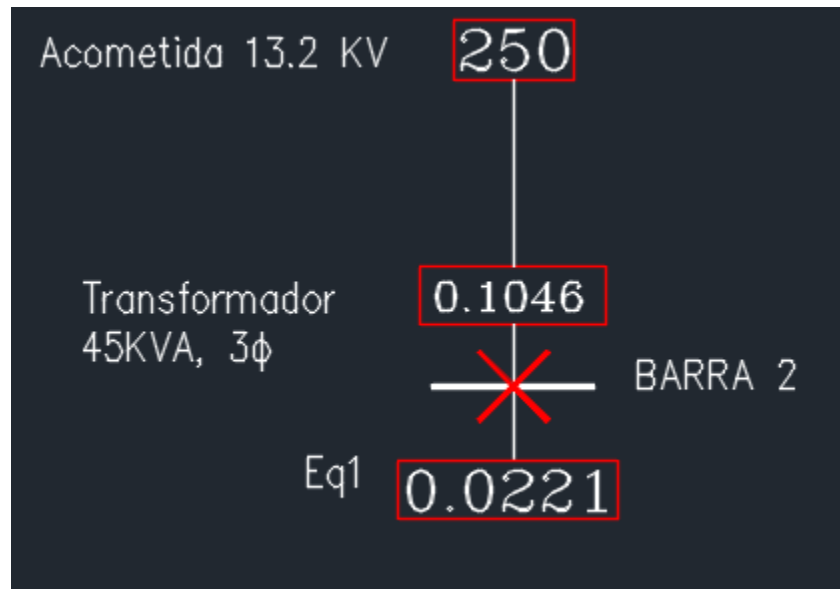
$$POTENCIA DE CORTO CIRCUITO = 250.0181 MVA$$

$$I_{cc} BARRA 1 = \frac{250.0181 KVA}{\sqrt{3} \times 13.2 Kv} = 10.93 KA$$

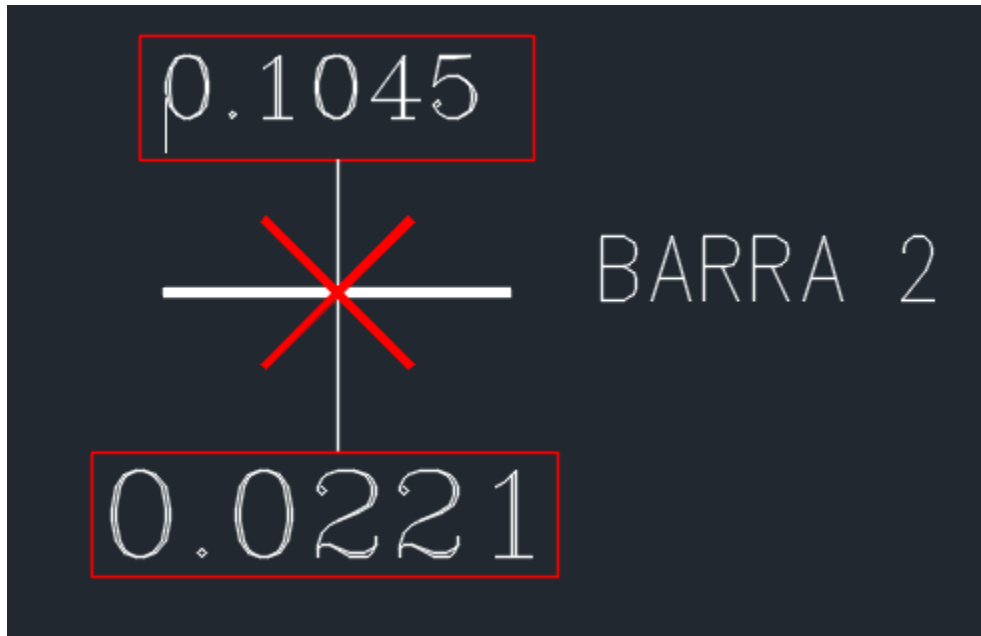
**Paso 5** Se procede el cálculo de Corto Circuito en BARRA 2



$$Eq1 = 0.0116 + 0.0024 + 0.0022 + 0.0019 + 0.0023 + 0.0017 = \mathbf{0.0221}$$



$$Eq2 = \frac{250 \times 0.1046}{250 + 0.1046} = 0.1045$$



$$MVA Eq BARRA2 = 0.1045 + 0.0221 = 0.1266$$

$$POTENCIA DE CORTO CIRCUITO = \mathbf{0.1266 MVA}$$

$$I_{cc} BARRA 2 = \frac{126.6 KVA}{\sqrt{3} \times 0.22 Kv} = 0.33 KA$$

Por lo tanto para el proyecto se determina que es necesario instalar como interruptor principal con capacidad de corto circuito de 18 KA que para este proyecto será 3x150A Marca SQUARE D modelo **HDL36150** con capacidad de cc de 18 KA.

## **4. Resultados y Conclusiones**

En el transcurso de la obra eléctrica que se desarrolló de principio a fin, donde la planeación y ejecución tuvieron un gran valor en la residencia profesional, se fue adquiriendo ese aprendizaje tan importante que me dará la oportunidad de seguir desarrollando proyectos de la misma complejidad o mayor envergadura. Obtuve que todo proyecto eléctrico tiene como fin de mejorar la calidad de la energía del usuario.

Describiendo cada parte de la obra, se fue haciendo mención de la seriedad y responsabilidad que se fue brindando a esto, ya que para realizar este tipo de obras es fundamental tener el conocimiento y sobre todo el impacto para todas las generaciones que vendrán; obteniendo una satisfacción por la realización de la residencia profesional.

Optando conocimientos fuera de la ingeniería, como desarrollar habilidad para el manejo de software como lo son Excel para la realización de cálculos y poder adquirir los cuadros de cargas necesarios, como también AutoCAD para la realización de planos eléctricos, el manejo de google maps para la localización del inmueble, ya que esta es de suma importancia para señalar las líneas aéreas de M.T existentes para el interconectado.

Existen muchas normas que un ingeniero debe seguir para una eficiente instalación eléctrica, en este proyecto de memoria de residencia profesional me di a la tarea de aprender las bases de las normas que rigen para realizar un proyecto de instalación eléctrica como son la NOM-001-SEDE-2012 UTILIZACION, para proteger al usuario debemos cumplir como mínimo esta norma.

En el transcurso de mi residencia profesional aprendí de manera más amplia cada uno de los materiales y equipos a instalar así como las marcas de cada una de ellas. Es fundamental saberlos para proponer materiales de buena calidad y certificados para un proyecto como este.

Otras de las normas con la cual aprendí mucho es la NORMA AEREA Y SUBTERRANEA EN MEDIA Y BAJA TENSION DE LA CFE en la cual explica ampliamente los requerimientos mínimos así como los materiales y equipos a instalar para proyectar un plano en media tensión como lo realizamos en este proyecto, cabe mencionar que el plano proyecto en media tensión debe estar aprobado por el departamento de planeación de la CFE antes de la construcción de la misma.

En definitiva, la realización de este proyecto durante los últimos meses me ha servido para adquirir los conocimientos y la madurez suficiente para desempeñar la labor de un ingeniero eléctrico. He entendido como diseñar, construir y distribuir la energía eléctrica en un edificio desde la acometida de media tensión de la CFE hasta las cargas finales utilizadas por el usuario, con las protecciones adecuadas y calculadas, buscando siempre la estabilidad y la seguridad en el suministro.

Las evidencias y resultados presentados en este proyecto fueron de La planta de lácteos Banquita SA. De CV. El cual tuvo como objetivo el diseño y la elaboración del proyecto de M.T y B.T y el de mejorar dicho inmueble por la cantidad de equipos y anomalías que se presentaban como el alto costo de facturación y el bajo factor de potencia.

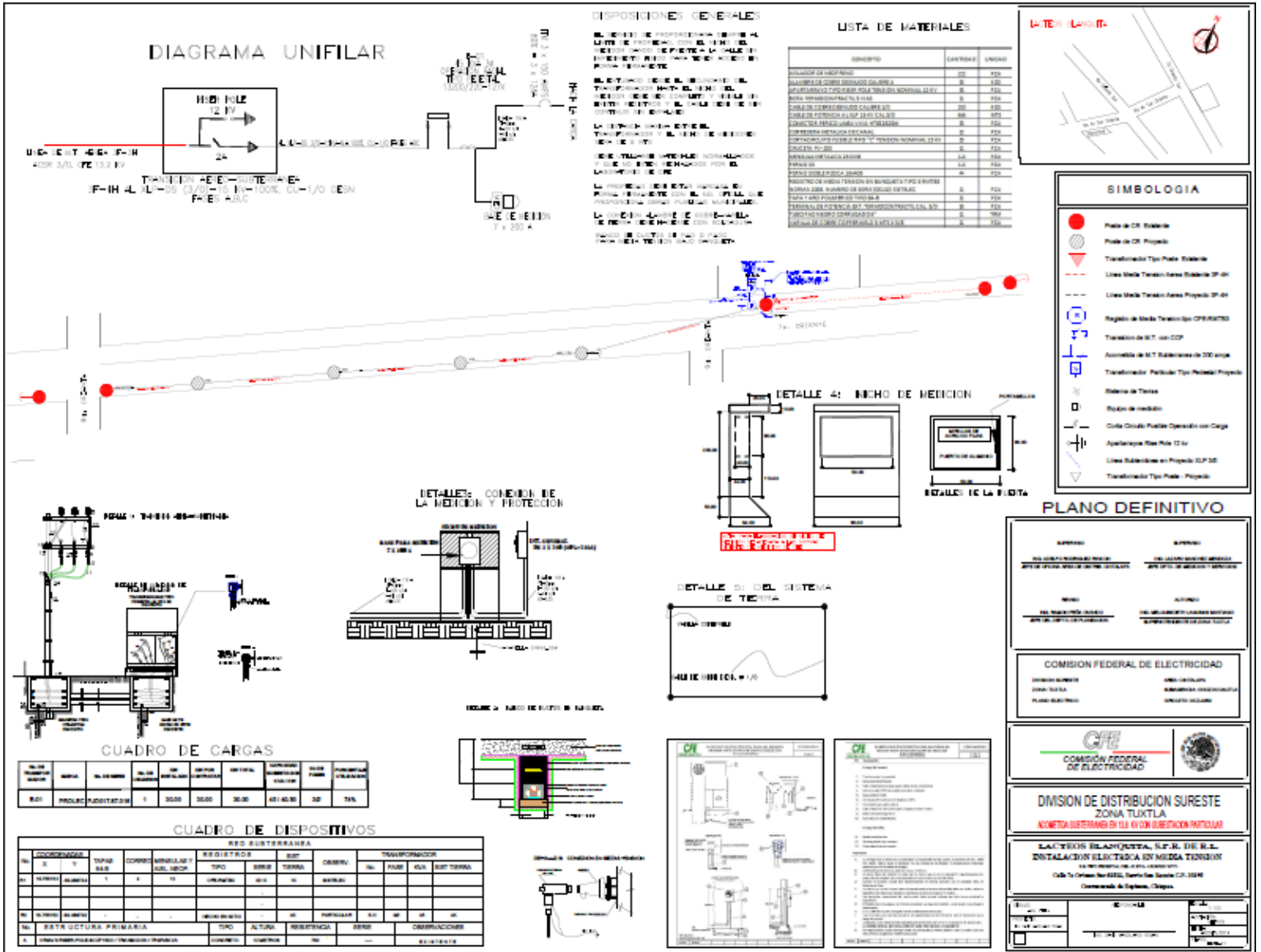
Gracias a que la empresa CELMEC, DISEÑO Y CONSTRUCCION, S.A. DE C.V. me brindó la oportunidad de formar parte de este proyecto durante 6 meses, pude obtener la visión de lo que será mi vida laboral, relacionándome con la gente que saca adelante las obras, teniendo en cuenta siempre el objetivo durante estos meses, y aprovechando las experiencias de cada uno de ellos.



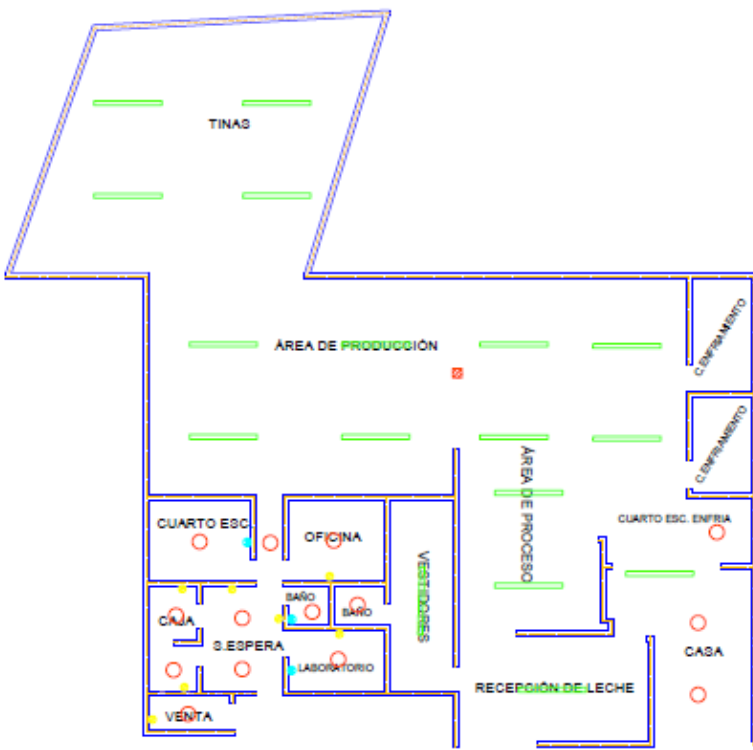
## 5. Referencias

- [1] Ángeles, J. O. (2007). *Instalaciones Electricas comerciales e industriales*. Mexico, D.F.: Schneider Electric .
- [2] Electric, S. (Enero de 2016). *euroelectrica*. Obtenido de <https://euroelectrica.com.mx/wp-content/uploads/2019/01/Compendiado-Schneider-2016-Web.pdf>
- [3] Electricidad, C. F. (2012). *Norma oficial mexicana (nom-001-sede-2012)*. México, D.F.: 1ro.
- [4] Electricidad, C. F. (Febrero de 2014). *lapem.cfe*. Obtenido de <https://lapem.cfe.gob.mx/normas/construccion/pdfs/T/DCCSSUBT.pdf>
- [5] Electricidad, C. F. (Enero de 2016). *lapem.cfe*. Obtenido de <https://lapem.cfe.gob.mx/normas/pdfs/t/J6200-03.pdf>
- [6] Geographic, N. (05 de Septiembre de 2010). *nationalgeographic*. Obtenido de <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/energia-hidroelectrica>
- [7] Harper, G. E. (2004). *Manual Practico de Instalaciones Eléctricas*. Mexico, D.F.: 2da.
- [8] Tecnologia, A. e. (24 de Diciembre de 2017). *altatecnologia*. Obtenido de <https://www.google.com/search?q=TIPOS+DE+TRANSFORMADORES+Y+SUS+APLICACIONES>.

## 6.- Anexos



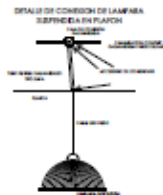
Anexo 1.- Plano eléctrico de media tensión de lácteos blanquita.



PLANTA BAJA CASA

### SIMBOLOGIA

- TOMA COMBINER DINAMI ROTAREDO CON TUBO 1/2" A 1/2" (20.32 mm) CATÁLOGO GENERAL CON PLACA DE FIBRA MOLDADA MARCA QUINERO KUBIK DE INSULACION 100% DE BOKADO.
- TOMA COMBINER DINAMI ROTAREDO CON TUBO 1/2" A 1/2" (20.32 mm) CATÁLOGO GENERAL CON PLACA DE FIBRA MOLDADA MARCA QUINERO KUBIK DE INSULACION 100% DE BOKADO.
- CONEXION DE LAMPARA EN PLAZON SUPERIOR EN PLAZON SUPERIOR.
- CONEXION DE LAMPARA EN PLAZON SUPERIOR EN PLAZON SUPERIOR.
- INDICADOR DE CONTACTO DINAMI ROTAREDO CON TUBO 1/2" A 1/2" (20.32 mm) CATÁLOGO GENERAL CON PLACA DE FIBRA MOLDADA MARCA QUINERO KUBIK DE INSULACION 100% DE BOKADO.
- INDICADOR DE CONTACTO DINAMI ROTAREDO CON TUBO 1/2" A 1/2" (20.32 mm) CATÁLOGO GENERAL CON PLACA DE FIBRA MOLDADA MARCA QUINERO KUBIK DE INSULACION 100% DE BOKADO.
- INDICADOR DE CONTACTO DINAMI ROTAREDO CON TUBO 1/2" A 1/2" (20.32 mm) CATÁLOGO GENERAL CON PLACA DE FIBRA MOLDADA MARCA QUINERO KUBIK DE INSULACION 100% DE BOKADO.
- INDICADOR DE CONTACTO DINAMI ROTAREDO CON TUBO 1/2" A 1/2" (20.32 mm) CATÁLOGO GENERAL CON PLACA DE FIBRA MOLDADA MARCA QUINERO KUBIK DE INSULACION 100% DE BOKADO.
- INDICADOR DE CONTACTO DINAMI ROTAREDO CON TUBO 1/2" A 1/2" (20.32 mm) CATÁLOGO GENERAL CON PLACA DE FIBRA MOLDADA MARCA QUINERO KUBIK DE INSULACION 100% DE BOKADO.
- INDICADOR DE CONTACTO DINAMI ROTAREDO CON TUBO 1/2" A 1/2" (20.32 mm) CATÁLOGO GENERAL CON PLACA DE FIBRA MOLDADA MARCA QUINERO KUBIK DE INSULACION 100% DE BOKADO.



ESPECIFICACIONES IMPRINTABLES DE LA NORMA

1. OBJETIVO  
 2. ALCANCE  
 3. REFERENCIAS  
 4. DEFINICIONES  
 5. MATERIALES Y EQUIPO  
 6. PROCEDIMIENTO  
 7. RESULTADOS  
 8. ANEXOS  
 9. GLOSARIO  
 10. BIBLIOGRAFIA



**GRUPO LACTEO**  
INDUSTRIA LACTEA

---

**NORTE**

---

**LACTEO BLANQUEO**

---

**MICRO INDUSTRIA**

**IE-02**

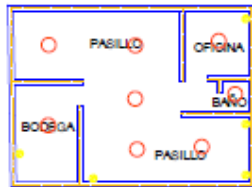
Anexo 2.- Plano baja tensión contactos y luminarias 1.



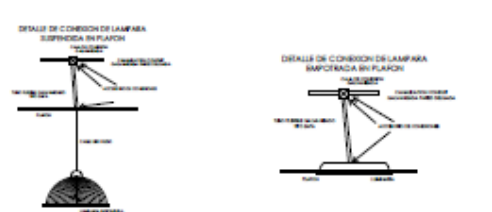
PLANTA ALTA C. REFRIGERACIÓN



PLANTA ALTA CASA



PLANTA ALTA OFICINA



**REQUISITOS DE LA FORMA**

1. El plano debe ser elaborado en el formato A3 y en escala 1:100.

2. El plano debe ser elaborado en el formato A3 y en escala 1:100.

3. El plano debe ser elaborado en el formato A3 y en escala 1:100.

4. El plano debe ser elaborado en el formato A3 y en escala 1:100.

5. El plano debe ser elaborado en el formato A3 y en escala 1:100.

6. El plano debe ser elaborado en el formato A3 y en escala 1:100.

7. El plano debe ser elaborado en el formato A3 y en escala 1:100.

8. El plano debe ser elaborado en el formato A3 y en escala 1:100.

9. El plano debe ser elaborado en el formato A3 y en escala 1:100.

10. El plano debe ser elaborado en el formato A3 y en escala 1:100.

**GRUPO LACTEO**  
(SINBA SUAVIA)

---

**NORTE**

---

**LACTEOS SUAVITA**

---

**MICRO INDUSTRIA**

IE-03

Anexo 2.- Plano baja tensión contactos y luminarias 2.



Tabla 310-15(b)(16) Ampacidades permisibles en conductores aislados para tensiones hasta 2000 volts y 60 °C a 90 °C. No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización, cable o directamente enterrados, basados en una temperatura ambiente de 30 °C\*

Tamaño o designación		Temperatura nominal del conductor [Véase la tabla 310-104(a)]					
		60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C
mm <sup>2</sup>	AWG o kcmil	TIPOS TW, UF	TIPOS RHW, THHW, THHW-LS, THW, THW-LS, THWN, XHHW, USE, ZW	TIPOS TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THHW-LS, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	TIPOS UF	TIPOS RHW, XHHW, USE	TIPOS SA, SIS, RHH, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2
		COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE		
0.824	18 <sup>+</sup>	—	—	14	—	—	—
1.31	16 <sup>+</sup>	—	—	18	—	—	—
2.08	14 <sup>+</sup>	15	20	25	—	—	—
3.31	12 <sup>+</sup>	20	25	30	—	—	—
5.26	10 <sup>+</sup>	30	35	40	—	—	—
8.37	8	40	50	55	—	—	—
13.3	6	55	65	75	40	50	55
21.2	4	70	85	95	55	65	75
26.7	3	85	100	115	65	75	85
33.6	2	95	115	130	75	90	100
42.4	1	110	130	145	85	100	115
53.49	1/0	125	150	170	100	120	135
67.43	2/0	145	175	195	115	135	150
85.01	3/0	165	200	225	130	155	175
107.2	4/0	195	230	260	150	180	205
127	250	215	255	290	170	205	230
152	300	240	285	320	195	230	260
177	350	260	310	350	210	250	280
203	400	280	335	380	225	270	305
253	500	320	380	430	260	310	350
304	600	350	420	475	285	340	385
355	700	385	460	520	315	375	425
380	750	400	475	535	320	385	435
405	800	410	490	555	330	395	445
456	900	435	520	585	355	425	480
507	1000	455	545	615	375	445	500
633	1250	495	590	665	405	485	545
760	1500	525	625	705	435	520	585
887	1750	545	650	735	455	545	615
1013	2000	555	665	750	470	560	630

Anexo 4.- Tabla de ampacidades de conductores eléctricos de baja tensión.

Tabla 450-3(a) Valor nominal o ajuste máximo de la protección contra sobrecorriente para transformadores de más de 600 volts (como porcentaje de la corriente nominal del transformador).

Limitaciones sobre el lugar	Impedancia nominal del transformador	Protección del secundario (ver la Nota 2)				
		Protección del primario, más de 600 volts		Más de 600 volts		600 volts o menos
		Interruptor automático (ver la Nota 4)	Valor nominal del fusible	Interruptor automático (ver la Nota 4)	Valor nominal del fusible	Valor nominal del Interruptor automático o fusible
Cualquier lugar	No más del 6%	600% (ver Nota 1)	300% (ver Nota 1)	300% (ver Nota 1)	250% (ver Nota 1)	125% (ver Nota 1)
	Más del 6%, pero máximo el 10%	400% (ver Nota 1)	300% (ver Nota 1)	250% (ver Nota 1)	225% (ver Nota 1)	125% (ver Nota 1)
Lugares supervisados únicamente (ver Nota 3).	Cualquiera	300% (ver Nota 1)	250% (ver Nota 1)	No se exige	No se exige	No se exige
	No más del 6%	600%	300%	300% (ver Nota 5)	250% (ver Nota 5)	250% (ver Nota 5)
	Más del 6% pero máximo el 10%	400%	300%	250% (ver Nota 5)	250% (ver Nota 5)	250% (ver Nota 5)

NOTAS:

1. Cuando el valor nominal del fusible o el ajuste del interruptor automático exigido no correspondan a un valor nominal o ajuste estándares, se permitirá tomar el valor nominal o ajuste estándar inmediatamente superior.

**Anexo 5.-** Tabla de valor nominal o ajuste de protecciones sobre corriente de transformadores.

Tabla 250- 66.De la NOM-001-SEDE-2012. Conductor del electrodo de puesta a tierra para sistemas de corriente alterna.

Tamaño nominal del mayor conductor de entrada a la acometida o sección equivalente de conductores en paralelo mm <sup>2</sup> (AWG o kcmil)		Tamaño nominal del conductor al electrodo de tierra mm <sup>2</sup> (AWG o kcmil)	
Cobre	Aluminio	Cobre	Aluminio
33,62 (2) ó menor	53,48 (1/0) ó menor	8,367 (8)	13,3 (6)
<b>42,41 o 53,48 (1 ó 1/0)</b>	67,43 o 85,01 (2/0 ó 3/0)	<b>13,3 (6)</b>	21,15 (4)
67,43 o 85,01 (2/0 ó 3/0)	4/0 ó 250 kcmil	21,15 (4)	33,62 (2)
Más de 85,01 a 177,3 (3/0 a 350)	Más de 126,7 a 253,4 (250 a 500)	33,62 (2)	53,48 (1/0)
Más de 177,3 a 304,0 (350 a 600)	Más de 253,4 a 456,04 (500 a 900)I	53,48 (1/0)	85,01 (3/0)
Más de 304 a 557,38 (600 a 1100)	Más de 456,04 a 886,74 (900 a 1750)	67,43 (2/0)	107,2 (4/0)
Más de 557,38 (1100)	Más de 886,74 (1750)	85,01 (3/0)	126,7 (250)

**Anexo 6.-** Tabla de conductor del electrodo de puesta a tierra mediante el conductor alimentador.

**Tabla 2. De la NOM-001-SEDE 2012. Factores de relleno en tubo (conduit)**

Número de conductores	Uno	Dos	Más de dos
Todos los tipos de conductores	53%	31%	40%

**Anexo 7.- Tabla de porcentaje de relleno en tubería conduit.**

**Tabla 10-5. De la NOM-001-SEDE-2012 (continuación 1) Dimensiones de los conductores aislados y cables de aparatos.**

Tipo	Tamaño nominal		Diámetro aproximado mm	Área aproximada mm <sup>2</sup>
	Desnudo mm <sup>2</sup>	AWG		
TW,	2,082	14	3,38	8,97
THHW, THHW-LS	3,307	12	3,86	11,7
THW, THW-LS	5,6	10	4,47	15,7
THW-2	8,367	8	5,99	28,2
TW	13,3	6	7,72	46,8
THW	21,15	4	8,94	62,8
THW-LS	26,67	3	9,65	73,2
THHW	33,62	2	10,5	86,0
THHW-LS	42,41	1	12,5	123
THW-2	53,48	1/0	13,5	143
RHH*	67,43	2/0	14,7	169
RHW*	85,01	3/0	16,0	201
RHW-2*	107,2	4/0	17,5	240
	126,67	250	19,4	297
	152,01	300	20,8	341
	177,34	350	22,1	384
	202,68	400	23,3	427
	253,35	500	25,5	510
	304,02	600	28,3	628
	354,69	700	30,1	710
	380,03	750	30,9	752
	405,37	800	31,8	792
	456,04	900	33,4	875
	506,71	1000	34,8	954
	633,39	1250	39,1	1200
	760,07	1500	42,2	1400
	886,74	1750	45,1	1598
	1013,42	2000	47,8	1795

**Anexo 8.- Tabla de dimensiones de los conductores aislados.**



**Tabla 8. De la NOM-001-SEDE-2012. Propiedades de los Conductores.**

Tamaño (AWG o kcm)	Área		Conductores				Resistencia en corriente continua a 75 °C		
			Trenzado		Total		Cobre		Aluminio
	mm <sup>2</sup>	Kcmil	Cantidad de hilos	Diámetro	Diámetro	Área	No Cubierto	Recubierto	Aluminio
				mm	mm	mm <sup>2</sup>	Ω /km	Ω /km	Ω /km
18	0.823	1620	1	-----	1.02	0.823	25.5	26.5	-----
18	0.823	1620	7	0.39	1.16	1.06	26.1	27.7	-----
16	1.31	2580	1	-----	1.29	1.31	16	16.7	-----
16	1.31	2580	7	0.49	1.46	1.68	16.4	17.3	-----
14	2.08	4110	1	-----	1.63	2.08	10.1	10.4	-----
14	2.08	4110	7	0.62	1.85	2.68	10.3	10.7	-----
12	3.31	6530	1	-----	2.05	3.31	6.34	6.57	-----
12	3.31	6530	7	0.78	2.32	4.25	6.5	6.73	-----
10	5.261	10380	1	-----	2.588	5.26	3.984	4.148	-----
10	5.261	10380	7	0.98	2.95	6.76	4.07	4.226	-----
8	8.367	16510	1	-----	3.264	8.37	2.506	2.579	-----
8	8.367	16510	7	1.23	3.71	10.76	2.551	2.653	-----
<b>6</b>	13.3	26240	7	1.56	4.67	<b>17.09</b>	1.608	1.671	2.652
4	21.15	41740	7	1.96	5.89	27.19	1.01	1.053	1.666
3	26.67	52620	7	2.2	6.6	34.28	0.802	0.833	1.32
2	33.62	66360	7	2.47	7.42	43.23	0.634	0.661	1.045
1	42.41	83690	19	1.69	8.43	55.8	0.505	0.524	0.829
1/0	53.49	105600	19	1.89	9.45	70.41	0.399	0.415	0.66
2/0	67.43	133100	19	2.13	10.62	88.74	0.317	0.329	0.523
3/0	85.01	167800	19	2.39	11.94	111.9	0.2512	0.261	0.413
4/0	107.2	211600	19	2.68	13.41	141.1	0.1996	0.205	0.328

**Anexo 9.-** *Tabla de propiedades de los conductores.*

**Tabla 10-4. De la NOM-001-SEDE-2012. Dimensiones de tubo (conduit) metálico tipo pesado, semipesado y ligero y área disponible para los conductores (Basado en la Tabla 10-1, Capítulo 10)**

Tamaño nominal mm	Diámetro interior mm	Área interior total mm <sup>2</sup>	Área disponible para conductores mm <sup>2</sup>		
			uno conductor fr = 53%	dos conductores fr = 31 %	Más de dos conductores fr = 40%
16 (1/2)	15,8	196	103	60	78
21 (3/4)	20,9	344	181	106	137
27 (1)	26,6	557	294	172	222
35 (1-1/4)	35,1	965	513	299	387
41 (1-1/2)	40,9	1313	697	407	526
<b>53 (2)</b>	52,5	2165	1149	671	<b>867</b>
63 (2-1/2)	62,7	3089	1638	956	1236
78 (3)	77,9	4761	2523	1476	1904
91 (3-1/2)	90,1	6379	3385	1977	2555
103 (4)	102,3	8213	4349	2456	3282
129 (5)	128,2	12907	6440	4001	5163
155 (6)	154,1	18639	9879	5778	7456

**Anexo 10.-** *Tabla de dimensiones de tubo metálico tipo pesado, semipesado y ligero.*

**Tabla 250-95. De la NOM-001-SEDE-2012. Tamaño nominal mínimo de los conductores de tierra para canalizaciones y equipos.**

Capacidad o ajuste máximo del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de los equipos, canalizaciones, etc. (A)	Tamaño nominal mm <sup>2</sup> (AWG o kcmil)	
	Cable de cobre	Cable de aluminio
<b>15</b>	<b>2,082 (14)</b>	---
20	3,307 (12)	---
30	5,26 (10)	---
40	5,26 (10)	---
60	5,26 (10)	---
100	8,367 (8)	13,3 (6)
200	13,3 (6)	21,15 (4)
300	21,15 (4)	33,62 (2)
400	33,62 (2)	42,41 (1)
500	33,62 (2)	53,48 (1/0)
600	42,41 (1)	67,43 (2/0)
800	53,48 (1/0)	85,01 (3/0)
1000	67,43 (2/0)	107,2 (4/0)
1200	85,01 (3/0)	126,7 (250)
1600	107,2 (4/0)	177,3 (350)
2000	126,7 (250)	202,7 (400)
2500	177,3 (350)	304 (600)
3000	202,7 (400)	304 (600)
4000	253,4 (500)	405,37 (800)
5000	354,7 (700)	608 (1200)
6000	405,37 (800)	608 (1200)

Véase limitaciones a la instalación en 250-92(a)

**Nota:** Para cumplir lo establecido en 250-51, los conductores de tierra de los equipos podrían ser de mayor tamaño que lo especificado en este Tabla.

**Anexo 11.-** *Tabla de tamaño nominal de los conductores de tierra para canalizaciones y equipos.*

**TABLA 3.3 NORMA CFE-BMT-DP. Resistencia y reactancia inductiva para cables ds. Cables de conductor de aluminio.**

SECCIÓN TRANSVERSAL mm <sup>2</sup>	RESISTENCIA 90° EN C.A. Ω/KM	REACTANCIA INDUCTIVA EN Ω/KM		
		15000 V	25000 V	35000 V
33,6 (2 AWG)	1,100	0,347	-	0,3262
53,5 (1/0 AWG)	0,691	0,3267	0,3263	0,3176
67,5 (2/0 AWG)	0,548	0,3181	0,3178	0,3090
85,0 (3/0 AWG)	0,434	0,3095	0,3093	0,3000
107,2 (4/0 AWG)	0,345	0,3005	0,3002	0,2920
126,7 (250 kcmil)	0,292	0,2925	0,2922	0,2849
152,6 (300 kcmil)	0,244	0,2854	0,2853	0,2794
177,3 (350 kcmil)	0,209	0,2798	0,2796	0,2741
202,8 (400 kcmil)	0,183	0,2746	0,2743	0,2693
228,0 (450 kcmil)	0,163	0,2697	0,2695	0,2656
253,4 (500 kcmil)	0,147	0,2660	0,2658	0,2576
304,0 (600 kcmil)	0,123	0,2579	0,2577	0,2545
329,4 (650 kcmil)	0,113	0,2549	0,2547	0,2528
352,7 (700 kcmil)	0,105	0,2522	0,2519	0,2491
380,0 (750 kcmil)	0,098	0,2494	0,2492	0,2468
405,0 (800 kcmil)	0,092	0,2472	0,2470	0,2419
456,0 (900 kcmil)	0,083	0,2422	0,2420	0,2375
506,7(1000 kcmil)	0,075	0,2377	0,2376	-

### Anexo 13.- Tabla resistencia y reactancia para cables ds.

Tabla 9.- Resistencia y reactancia en corriente alterna para los cables para 600 volts, 3 fases a 60 Hz y 75 °C.

Tres conductores individuales en un tubo conduit.

Area mm <sup>2</sup>	Tamaño (AWG o kcmil)	Ohms al neutro por kilómetro														
		$X_L$ (Reactancia) para todos los conductores		Resistencia en corriente alterna para conductores de cobre sin recubrimiento			Resistencia en corriente alterna para conductores de aluminio			Z eficaz a FP = 0.85 para conductores de cobre sin recubrimiento			Z eficaz a FP = 0.85 para conductores de aluminio			
		Conduit de PVC o Aluminio	Conduit de acero	Conduit de PVC	Conduit de Aluminio	Conduit de Acero	Conduit de PVC	Conduit de Aluminio	Conduit de Acero	Conduit de PVC	Conduit de Aluminio	Conduit de Acero	Conduit de PVC	Conduit de Aluminio	Conduit de Acero	
2.08	14	0.190	0.240	10.2	10.2	10.2	—	—	—	8.9	8.9	8.9	—	—	—	
3.31	12	0.177	0.223	6.6	6.6	6.6	—	—	—	5.6	5.6	5.6	—	—	—	
5.26	10	0.164	0.207	3.9	3.9	3.9	—	—	—	3.6	3.6	3.6	—	—	—	
8.36	8	0.171	0.213	2.56	2.56	2.56	—	—	—	2.26	2.26	2.30	—	—	—	
13.30	6	0.167	0.210	1.61	1.61	1.61	2.66	2.66	2.66	1.44	1.48	1.48	2.33	2.36	2.36	
21.15	4	0.157	0.197	1.02	1.02	1.02	1.67	1.67	1.67	0.95	0.95	0.98	1.51	1.51	1.51	
26.67	3	0.154	0.194	0.82	0.82	0.82	1.31	1.35	1.31	0.75	0.79	0.79	1.21	1.21	1.21	
33.62	2	0.148	0.187	0.62	0.66	0.66	1.05	1.05	1.05	0.62	0.62	0.66	0.98	0.98	0.98	
42.41	1	0.151	0.187	0.49	0.52	0.52	0.82	0.85	0.82	0.52	0.52	0.52	0.79	0.79	0.82	
53.49	1/0	0.144	0.180	0.39	0.43	0.39	0.66	0.69	0.66	0.43	0.43	0.43	0.62	0.66	0.66	
67.43	2/0	0.141	0.177	0.33	0.33	0.33	0.52	0.52	0.52	0.36	0.36	0.36	0.52	0.52	0.52	
85.01	3/0	0.138	0.171	0.253	0.269	0.259	0.43	0.43	0.43	0.289	0.302	0.308	0.43	0.43	0.46	
107.2	4/0	0.135	0.167	0.203	0.220	0.207	0.33	0.36	0.33	0.243	0.256	0.262	0.36	0.36	0.36	
127	250	0.135	0.171	0.171	0.187	0.177	0.279	0.295	0.282	0.217	0.230	0.240	0.308	0.322	0.33	
152	300	0.135	0.167	0.144	0.161	0.148	0.233	0.249	0.236	0.194	0.207	0.213	0.269	0.282	0.289	
177	350	0.131	0.164	0.125	0.141	0.128	0.200	0.217	0.207	0.174	0.190	0.197	0.240	0.253	0.262	
203	400	0.131	0.161	0.108	0.125	0.115	0.177	0.194	0.180	0.161	0.174	0.184	0.217	0.233	0.240	
253	500	0.128	0.157	0.089	0.105	0.095	0.141	0.157	0.148	0.141	0.157	0.164	0.187	0.200	0.210	
304	600	0.128	0.157	0.075	0.092	0.082	0.118	0.135	0.125	0.131	0.144	0.154	0.167	0.180	0.190	
380	750	0.125	0.157	0.062	0.079	0.069	0.095	0.112	0.102	0.118	0.131	0.141	0.148	0.161	0.171	
507	1000	0.121	0.151	0.049	0.062	0.059	0.075	0.089	0.082	0.105	0.118	0.131	0.128	0.138	0.151	

Notas:

1. Estos valores se basan en las siguientes constantes: conductores del tipo RHH con trenzado de Clase B, en configuración acunada. La conductividad de los alambres es del 100 por ciento IACS para cobre y del 61 por ciento IACS para aluminio; la del conduit de aluminio es del 45 por ciento IACS. No se tiene en cuenta la reactancia capacitiva, que es insignificante a estas tensiones. Estos valores de resistencia sólo son válidos a 75 °C y para los parámetros dados, pero son representativos para los tipos de alambres para 600 volts que operen a 60 Hz.

2. La impedancia (Z) eficaz se define como  $R \cos(\theta) + X \sin(\theta)$ , en donde  $\theta$  es el ángulo del factor de potencia del circuito. Al multiplicar la corriente por la impedancia eficaz se obtiene una buena aproximación de la caída de tensión de línea a neutro. Los valores de impedancia eficaz de esta tabla sólo son válidos con un factor de potencia de 0.85. Para cualquier otro factor de potencia (FP) del circuito, la impedancia eficaz (Ze) se puede calcular a partir de los valores de R y XL dados en esta tabla, como sigue:  $Z_e = R \times FP + X_L \sin[\arccos(FP)]$ .

### Anexo 15.- Tabla resistencia y reactancia para cables de corriente alterna de 600 volts.



LE1M35...

### Descripción y uso del producto:

Los arrancadores LE1M y LE1D fueron diseñados para controlar motores de inducción jaula de ardilla con arranque a tensión plena alimentados directamente de la línea. Incluyen un contactor magnético y un relevador de sobrecarga instalados en un gabinete, totalmente preparados para su puesta en marcha.

### Aplicaciones y beneficios del producto:

- Industria, infraestructura, edificio, automotriz, etc.
  - En cualquier aplicación en donde se requiere protección estándar del motor
  - Arranque y paro de un motor a tensión plena
  - La protección sobrecarga del motor con un relevador térmico
- Integran la función contactor y la protección de sobrecarga
- Los arrancadores LE1M ofrecen un grado de protección IP 65 (protección contra el polvo y contra lanzamiento de agua en todas direcciones)
- Los arrancadores LE1D09 - D35 ofrecen un grado de protección IP557 (protección contra el polvo, lanzamiento de agua en todas direcciones y contra los golpes de hasta 2.00 J)

### Beneficios:

- Ensamblados en gabinete de políéster o metálico

### Características:

- Límites de tensión de operación: 690 Vca según IEC 60947-4-1
  - En conformidad con UL y CSA, 600 Vca
- Temperatura de operación: -5 °C a 40 °C
- Grado de protección: IP 65 (protección contra el polvo y salpicaduras de agua)
- Gabinete de policarbonato (evite exponer el equipo a sustancias tales como: detergentes, solventes, alcohol)
- En la cara frontal presentan:
  - Botón de arranque (verde)
  - Botón de paro/rearme (rojo)

## Tabla de selección

### Oferta arrancadores a tensión plena no reversibles en gabinete de políéster LE1M

Potencias nominales				Rango de ajuste (A)	Referencia arrancador
220 Vca		440 Vca			
kW	HP	kW	HP		
0.12	0.125	0.25	0.3	0.54-0.8	LE1M35**05
0.18	0.25	0.37	0.5	0.8-1.2	LE1M35**06
0.25	0.3	0.55	0.75	1.2-1.8	LE1M35**07
0.37	0.5	0.75	1	1.8-2.6	LE1M35**08
0.55	0.75	1.5	2	2.6-3.7	LE1M35**10
1.1	1.5	2.2	3	3.7-5.5	LE1M35**12
1.5	2	3	4	5.5-8	LE1M35**14
2.2	3	4	5	8-11.5	LE1M35**16
3	4	5.5	7.5	10-14	LE1M35**21
3.7	5	7.5	10	12-16	LE1M35**22

\*\* Indique el código de la tensión de control: M7 = 220 Vca, R7 = 440 Vca.

**Anexo 12.-** *Tabla de selección de arrancadores con guarda motor y especificaciones de arrancador.*



PROLEC GE INTERNACIONAL S. DE R. L. DE C.V.

División Transformadores Industriales

Bldv. Carlos Salinas de Gortari Km. 9.25, Apodaca, N.L.

Informe de Pruebas de Transformador Marca PROLEC GE

ORDEN DE FABRICACION: PJC017				Reporte: PJC017 - 112 - 010			
3 Fases, 60 Hz Enfriamiento: ONAN				Polaridad de fases: SUSTRACTIVA			
Devanado de Alta Tensión				Devanado de Baja Tensión			
45 KVA		BIL: 95 KV		45 KVA		BIL: 30 KV	
13200 Volts		Conexión: Delta		220 Volts		Conexión: Estrella	
Deriv:	13850 V	13530 V	13200 V	12870 V	12540 V		
Resultados de la prueba de relación de transformación				Resistencia ohmica de devanados		Prueba de resistencia de aislamiento: (valores corregidos a 20 °C)	
No. Serie	10			Valores Corregidos a 20°C		Tensión de prueba: 2500 VCD	
Posición	Fase A	Fase B	Fase C	Calc:	Pos. A.T.	B.T.	Temperatura de prueba: 26 °C
No. 1	109.190	109.210	109.210	109.119	3	37.4421 Ω	0.008356 Ω
No. 2	106.560	106.620	106.610	106.521			Conexión 30 seg 1 min IA
No. 3	103.930	103.990	104.000	103.923			AT vs BT+T 18900 MΩ 23520 MΩ 1.24
No. 4	101.320	101.390	101.410	101.325			BT vs AT+T 19880 MΩ 24640 MΩ 1.24
No. 5	98.740	98.790	98.770	98.727			

Factor de potencia de aislamientos. % corregido a 20 °C  
 CH 0.58 CL 0.31 CHL 0.6

Capacitancia del devanado (Picofaradios)  
 CH 759 CL 2318 CHL 1337

w = watts, Z = impedancia, % = porcentaje, mA = milampères

PÉRDIDAS EN VACÍO Y CORRIENTE DE EXCITACIÓN (valores corregidos a 20°C)

Tensión Nominal 220 V	100%
Temperatura de Prueba 26 °C	% Exc Pérdidas sin carga
	0.457 171.03 W

PERDIDAS DEBIDAS A LA CARGA (valores corregidos a 65)

Posición Nominal: 3	Posición 3	%Z
Tensión Nominal 13200 V	pérdidas	
KVA Erro. 45 ONAN 65 °C	506.67 W	2.52

Serie	Regulación (FP)	100%	90%	85%	80%	75%
		1.1511	2.0076	2.1532	2.2597	2.3400

Serie 10	Eficiencia:	125%	100%	75%	50%	25%
		98.32	98.52	98.67	98.69	98.23


La sobreexposición de temperatura dada por el diseño básico ha sido verificado por resultados de prueba de temperatura de un transformador de características similares.

PRUEBA DE AISLAMIENTOS						
Prueba de Tensión Aplicado		Prueba de Tensión Inducido		Prueba de Tensión de Impulso por Rayo		
Tensión nominal	Tensión de prueba aplicada	Duración de la prueba	Dos veces: 220 Volts a 240 Hz por 7200 ciclos	AT onda reducida	47.5 KV AT onda plena	95 KV
13200 V	34 KV	60 Seg				
220 V	10 KV	60 Seg				

Pruebas de líquido aislante		Esta unidad contiene abajo de 1 ppm de BPC al momento de su manufactura.		Prueba de hermeticidad:	
Factor de Potencia	Rigidez Dieléctrica	kPa	Duración		
0.235 %	52.2 KV	48	3 Horas		

Resumen de Resultados				Lo que se certifica es un reporte verdadero basado en pruebas de fábrica, acordes con la última revisión de la norma mexicana NMX-J-169 de métodos de prueba y que aplica unicamente al producto identificado con el número de serie marcado en el presente informe.
Pruebas	Medidos	Garante	Resultado	
Pérdidas de excitación:	171.03 W		Satisfactorio	
Corriente de Excitación:	0.457 %		Satisfactorio	
Pérdidas debidas a la Carga:	506.67 W		Satisfactorio	
Totales:	677.70 W		Satisfactorio	
% Tensión de Impedancia:	2.52 %	2.20 - 2.68	Satisfactorio	

Cliente:  
 Fecha de Prueba: 2/5/2015  
 Fecha de Emisión: 2/5/2015

Aprobó: 

Daniel Rodriguez Guz Supervisor de Lab. de ensayo

Prohibida la reproducción parcial o total sin previa autorización del laboratorio de Prolec GE.S. de R.L. de C.V. cma: 10.9-C

Anexo 14.- Informe de pruebas de Transformador de 45 KVA tipo Pedestal.

