



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ARAGON

**“CÁLCULO ELÉCTRICO DE UNA SUBESTACIÓN ULTRA
COMPACTA PARA TIENDAS DE AUTOSERVICIO”**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICISTA
P R E S E N T A :

**GOLLAZ LEPE EDGAR.
LÓPEZ NAVA JUAN MANUEL.**

ASESOR: ING. BENITO BARRANCO CASTELLANOS



Estado de México

2009.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Indice	I
Introducción	III
Capitulo I Sistemas eléctricos de potencia	1
1.1 Sistemas de distribución	2
1.2 Subestaciones Eléctricas	4
1.3 Conceptos técnicos aplicados al diseño de subestaciones.	8
1.4 Consideraciones de diseño.	19
1.5 Comparaciones de confiabilidad.	23
1.6 Clasificación de subestaciones eléctricas.	27
Capitulo II Subestaciones Ultra Compactas	28
2.1 Generalidades	28
2.2 Tablero de distribución de baja tensión.	41
2.3 Banco automático de capacitores para corrección de factor de potencia.	42
2.4 Accesorios y equipos de seguridad.	43
2.5 Documentos	46
2.6 Anexo.	48
Capitulo III Memoria de cálculo eléctrico para tiendas de autoservicio.	55
3.1 Normas aplicables.	55
3.2 Coordinación y aprobación.	57
3.3 Lineamientos para la ejecución de la mano de obra	64
3.4 Conductores y accesorios.	68
3.5 Tableros de alumbrado, receptáculos, fuerza y distribución.	71
3.6 Sistema de tierra y pararrayos.	73
3.7 Memoria de cálculo.	83
3.8 Cálculo de sistemas de tierras.	100
3.9 Cálculo de corto circuito del transformador.	117
Conclusiones	124
Glosario	126
Bibliografía	135

INTRODUCCIÓN

La planeación de la distribución de la energía eléctrica es una tarea compleja donde los planificadores deben asegurar que exista una adecuada capacidad en la subestación (capacidad en el transformador) y capacidad en el alimentador (capacidad en distribución).

El objetivo de esta tesis es la de proporcionar una descripción detallada del cálculo de una subestación ultra compacta para tiendas de autoservicio, de tal forma que sea una guía para el diseñador eléctrico para los nuevos proyectos, actualizar los existentes en remodelaciones dentro de lo posible y en proyectos en serie. En el capítulo 1 se mencionan tipos de subestaciones en general y sus componentes; en el capítulo 2 se hace una descripción a detalle del equipo a instalar en nuestro proyecto y los requerimientos técnicos que son necesarios para poner en marcha el equipo con capacidad de 13 a 23 KV; en el capítulo 3 es donde plasmamos la memoria de cálculo del equipo en una tienda que prestara sus servicios en una localidad determinada de la cadena **WAL★MART**.

La seguridad en el suministro de energía eléctrica desde la central al punto de consumo depende, en gran parte, del grado de protección previsto en las subestaciones y líneas intermedias. Una línea eléctrica debe estar protegida contra sobre intensidades, cortocircuitos y sobretensiones

El fallo de cualquier equipo eléctrico en una subestación o planta causa generalmente muy altos costos para la empresa, ya que además de los costos asociados con la reparación del equipo, se deben agregar los costos ocasionados por las pérdidas de producción por paradas no deseadas, que pueden llegar a ser más altos que el costo del equipo.

El mantenimiento es el conjunto de acciones, operaciones y actitudes tendientes a tener o restablecer un bien en un estado específico de funcionamiento, asegurando su continuidad y correcta operación. Lo anterior se realiza mediante una planeación y programación de actividades que garanticen un verdadero beneficio económico. Un programa de mantenimiento se debe fundamentar en un conocimiento detallado del equipo y de su entorno.

El diseño y cálculo de los diferentes componentes del sistema eléctrico deberán estar aprobados y verificados de acuerdo a las normas que rigen en la actualidad y que hacen referencia al sistema eléctrico.

CAPITULO 1 SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

La energía se manifiesta en varias formas, entre ellas la energía mecánica, térmica, química, eléctrica, radiante o atómica. Todas las formas de energía pueden convertirse en otras formas mediante los procesos adecuados. En el proceso de transformación puede perderse o ganarse una forma de energía, pero la suma total permanece constante, que es lo que dicta el principio de conservación de la energía.

Hoy en día, la electricidad es, sin lugar a dudas, el principal motor que impulsa las actividades en cualquier país y permite su desarrollo.

Un sistema eléctrico de potencia (SEP), es el conjunto de centrales generadoras, de líneas de transmisión interconectadas mediante centros de transformación (subestaciones) y redes de distribución esenciales para el suministro de energía eléctrica. La figura 1.1 representa el modelo formal de un sistema eléctrico de potencia.

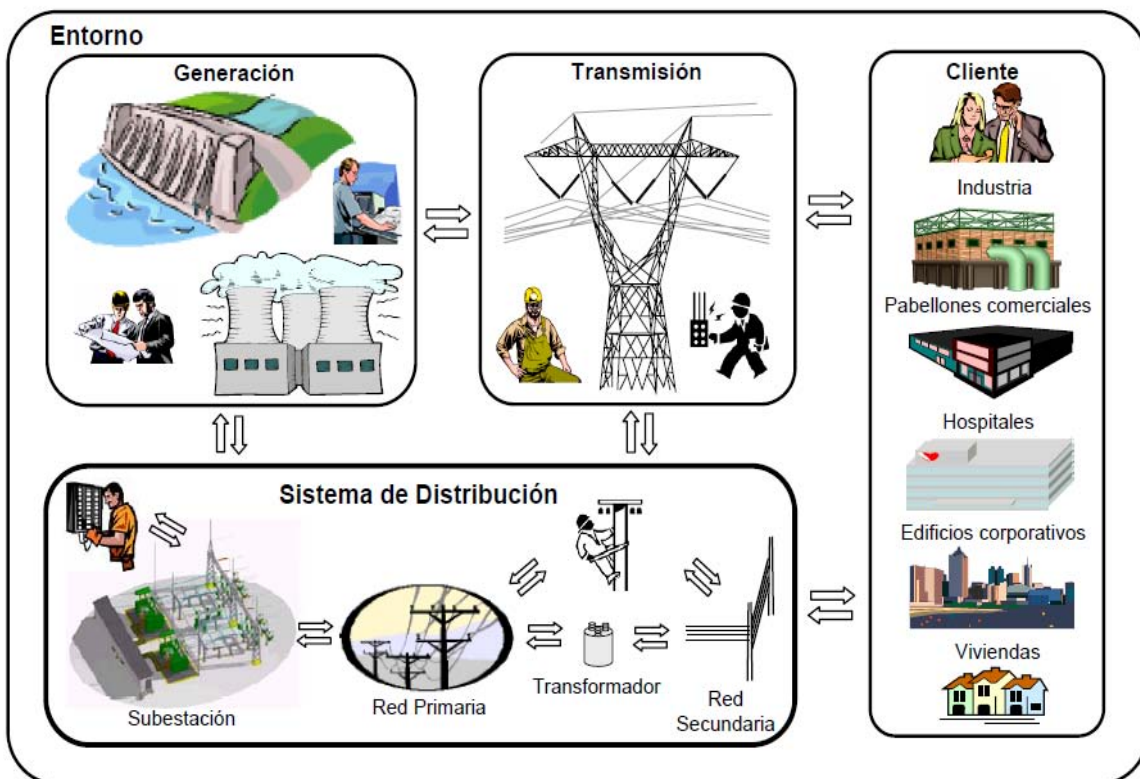


Figura 1.1.- Modelo Formal de un Sistema Eléctrico de Potencia.

La Generación, es donde se produce la energía eléctrica, por medio de centros de producción (o conversión de la energía). Las líneas de Transmisión, son los elementos encargados de transmitir o transportar la energía eléctrica desde los centros de generación hasta las Subestaciones de distribución, a través de distintas etapas de transformación de la tensión, por medio de las estaciones de transformación.

1.1 Sistema de Distribución

El Sistema de Distribución, se compone de los siguientes elementos o subsistemas:

- 1) Subestación de distribución,
- 2) Alimentadores o circuitos primarios,
- 3) Transformador,
- 4) Red secundaria, y
- 5) Acometida y equipo de medición.

Los alimentadores (Redes de Distribución), son el conjunto de instalaciones menores a 34.5 kV encargadas de entregar la energía eléctrica a los clientes en niveles de tensión normalizados y en las condiciones de seguridad y calidad establecidas por los reglamentos y normas.

1.1.1 Procesos sustantivos de un sistema eléctrico.

En los sistemas eléctricos existen procesos sistemáticos para poder proporcionar el suministro adecuado de calidad del fluido eléctrico. Dentro de estos procesos se encuentran la Planeación, el Diseño, la Construcción, la Operación y el Mantenimiento y Control. La figura 1.2 representa a estos procesos de manera secuencial en su ejecución.

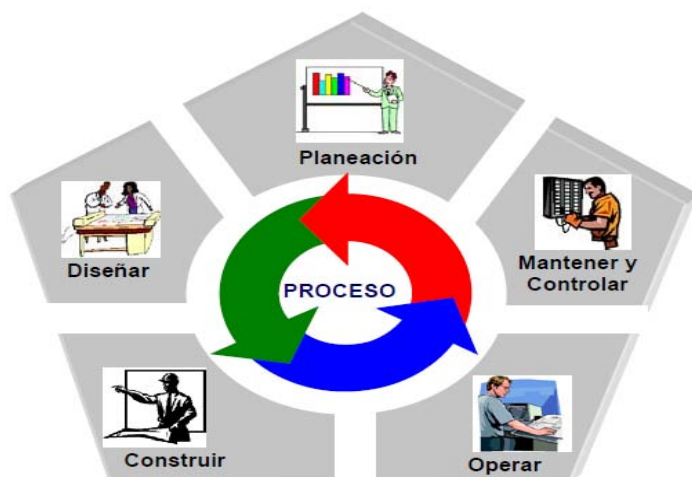


Fig. 1.2 Procesos sustantivos de un Sistema eléctrico.

1.1.2 Planeación de sistemas eléctricos de distribución.

Un sistema eléctrico debe cumplir por lo menos con los siguientes objetivos:

- 1) Suministrar un servicio con calidad, manteniendo las fluctuaciones de la tensión dentro de los límites permisibles especificados, dentro de las restricciones de medio ambiente, políticas regulatorias y reglamentaciones establecidas.
- 2) Garantizar una alta continuidad y confiabilidad en el suministro para los usuarios, brindando un servicio a precios competitivos.

Un buen plan de expansión del sistema de distribución, asegurará cumplir los objetivos citados.

El proceso de planeación requiere planes de corto y de largo plazo para la expansión del sistema, basados en análisis de ingeniería que incorporen los objetivos principales. El plan a largo plazo es una serie de vistas de “qué pasa sí” del sistema. Un registro escrito del plan de largo plazo evitará acciones inoportunas y la construcción de instalaciones que puedan volverse innecesarias prematuramente.

Cada problema de la planeación del sistema de distribución tiene una gran importancia. No obstante, es clave como punto de partida haber localizado y dimensionado la subestación de distribución, expandido la red primaria con la respectiva selección económica de su calibre, y haber diseñado el binomio transformador – red secundaria de manera óptima. Una vez logrado esto, se puede garantizar que los problemas restantes impactaran en un grado mínimo.

1.1.3 Localización, tamaño y cobertura de subestaciones de distribución

Este problema consiste en determinar la localización y la capacidad de transformación de las subestaciones de distribución y establecer su área óptima de servicio, es decir, donde se deben situar los límites entre subestaciones adyacentes en la red de alimentación primaria. El costo de hacer conexiones a la red de subtransmisión también deberá considerarse. El problema consiste en minimizar los costos, que incluyen los costos de capital de la subestación y el costo de pérdidas de potencia y energía en la red de transformadores de alimentación primaria.

En el caso de planear la demanda creciente de carga, el problema será dinámico y requerirá de una decisión sobre el tiempo más apropiado para realizar las instalaciones. En términos matemáticos, este es un tipo especial de problema combinatorio que consiste en seleccionar opciones de un gran número de alternativas. A menudo, se le denomina como el “problema de la mochila” y también sucede en situaciones relacionadas con cargamentos y problemas de localización de fábricas o bodegas. La técnica matemática conocida como el método de ramificación y acotamiento se ha aceptado generalmente como la técnica más eficiente para manejar este problema de optimización.

La localización de la subestación se considera una parte fundamental en la planeación de los sistemas de distribución a largo plazo, dado que éstas son el enlace entre los sistemas de distribución y subtransmisión.

Así mismo, la localización y el tamaño de las subestaciones primarias por lo general se determinan sin considerar detalladamente la red de alimentación primaria, sin embargo, algunos modelos han hecho intentos de una optimización global de subestaciones y segmentos primarios de alimentación

En toda instalación industrial o comercial es indispensable el uso de la energía, la continuidad de servicio y calidad de la energía consumida por los diferentes equipos, así como la requerida para la iluminación, es por esto que las subestaciones eléctricas son necesarias para lograr una mayor productividad.

Una subestación es un conjunto de máquinas, aparatos y circuitos, que tienen la función de modificar los parámetros de la potencia eléctrica, permitiendo el control del flujo de energía, brindando seguridad para el sistema eléctrico

1.2 Subestaciones eléctricas.

Se da el nombre de subestación eléctrica al conjunto de elementos que sirven para alimentar el servicio eléctrico de alta tensión a un local con una demanda grande de energía para obtener luz, fuerza, calefacción, y otros servicios

Las subestaciones eléctricas no obstante su elevado costo son convenientes al usuario debido a que las cuotas de consumo, medidas en alta tensión son mucho más económicas que cuando los servicios son suministrados por la

empresa en baja tensión, por lo cual, el gato inicial se compensa en poco tiempo quedando un ahorro permanente al propietario

Actualmente las subestaciones de tipo abierto para interiores han pasado a la historia los materiales modernos que hemos visto permiten la construcción de subestaciones unitarias o también llamadas compactas dentro de las cuales se disponen los aparatos y accesorios que señalan las normas de reglamento de obras e instalaciones eléctricas que son como sigue.

La subestación unitaria consta de un gabinete de medidas normalizadas fabricado de lámina rolada de frío protegida con pintura anticorrosiva en capa gruesa y tres manos de pintura auto motiva para alojar lo siguiente:

Sección a.

Destinada al equipo de medición de la empresa que suministra el servicio el cual es alojado con las líneas alimentadoras.

Sección b.

En esta sección se alojan las cuchillas de prueba que servirán para que la secretaria de economía nacional por conducto de su departamento de normas en casos necesarios verifique pruebas sin necesidad de desconectar el servicio, consistiendo en nueve cuchillas divididas en tres grupos

Sección c.

Es para alojar el interruptor, seccionar y apartarrayos auto valvular, conteniendo a la vez una celda de acoplamiento para el o los transformadores.

Sección d.

Transformador de distribución de potencia que en algunos casos pueden ser varios

Sección e.

La celda para acoplar los gabinetes de baja tensión

Con objeto de prever fallas ocasionales y que la industria quede sin servicio en su totalidad, es necesario proveer la instalación de dos o tres o cuatro transformadores en la subestación, los que pueden ser monofásicos o trifásicos y con capacidades diferentes como los casos que vamos a tratar:

Caso 1.- Instalación de dos transformadores de la misma capacidad preparados para el caso de que uno quede fuera de servicio.

Caso 2.– Suponiendo carga de 2000 Kva; dos transformadores de 1000 Kva, en caso de falla de uno, quedará el servicio al 50 %.

Caso 3.– Suponiendo carga de 2000 Kva; pueden instalarse 3 transformadores monofásicos de 670 Kva, en caso de falla de uno, los restantes se conectan con delta abierto y suministran los dos restantes 1340 Kva.

Caso 4.– Suponiendo 2000 Kva pueden instalarse cuatro transformadores monofásicos de 670 Kva dejando fuera uno para el caso de una falla, conectarlo y tener completo el servicio.

En muchas zonas del mundo las instalaciones locales o nacionales están conectadas formando una red. Esta red de conexiones permite que la electricidad generada en un área se comparta con otras zonas. Cada empresa aumenta su capacidad de reserva y comparte el riesgo de apagones.

Estas redes son enormes y complejos sistemas compuestos y operados por grupos diversos. Representan una ventaja económica pero aumentan el riesgo de un apagón generalizado, ya que si un pequeño cortocircuito se produce en una zona, por sobrecarga en las zonas cercanas puede transmitirse en cadena a todo el país.

Muchos hospitales, edificios públicos, centros comerciales y otras instalaciones que dependen de la energía eléctrica tienen sus propios generadores para eliminar el riesgo de apagones.

1.2.1 Regulación del voltaje

Las largas líneas de transmisión presentan inductancia, capacitancia y resistencia al paso de la corriente eléctrica . El efecto de la inductancia y de la capacitancia de la línea es la variación de la tensión si varía la corriente, por lo que la tensión suministrada varía con la carga acoplada.

Se utilizan muchos tipos de dispositivos para regular esta variación no deseada. La regulación de la tensión se consigue con reguladores de la inducción y motores síncronos de tres fases, también llamados condensadores síncronos. Ambos varían los valores eficaces de la inductancia y la capacitancia en el circuito de transmisión.

Ya que la inductancia y la capacitancia tienden a anularse entre sí, cuando la carga del circuito tiene mayor reactancia inductiva que capacitiva (lo que suele

ocurrir en las grandes instalaciones) la potencia suministrada para una tensión y corriente determinada es menor que si las dos son iguales.

La relación entre esas dos cantidades de potencia se llama factor de potencia. Como las pérdidas en las líneas de transmisión son proporcionales a la intensidad de corriente, se aumenta la capacitancia para que el factor de potencia tenga un valor lo más cercano posible a 1. Por esta razón se suelen instalar grandes condensadores en los sistemas de transmisión de electricidad.

1.2.2 Precauciones para el caso de averías en las subestaciones.

Primero.

Como paso más importante, desconectar toda la carga de baja tensión. **Jamás desconecte cuchillas con carga.**

Segundo.

Colóquese los guantes y tome la pértiga parándose en la tarima con el tapete de hule para retirar las cuchillas principales de alimentación.

Tercero.

Revise los fusibles y reponga el daño, pero antes de volver a conectar las cuchillas principales, indique si hay algún daño en los circuitos de baja tensión.

Cuarto.

Segur de que no hay defecto en a baja tensión antes de conectar la carga meta las cuchillas principales.

Cuando la subestación este dotada de interruptor automático proceda en la misma forma: desconecte el circuito de alimentación para poder revisar el interruptor en el caso de que se desconecte al conectarlo por segunda vez.

Es muy importante no olvidar suspender el servicio de la empresa antes de tocar cualquier parte activa del interruptor el cual puede haberse botado por alguna falla en los relevadores o por algún pequeño corto circuito en los circuitos de baja tensión.

Algunas instalaciones industriales tienen colocado dentro del local de la subestación el tablero con el interruptor de baja tensión pero es aconsejable para todos conceptos tener un local o lugar apropiado para tableros de control y principal, fuera de la subestación de servicio.

1.3 Conceptos técnicos aplicados al diseño de subestaciones

En sistemas de energía eléctrica de CA grandes y modernos, el sistema de transmisión y distribución funciona para entregar a usuarios en los centros de carga, la energía eléctrica en masa proveniente de fuentes de generación. Las plantas de generación incluyen por lo general:

- Estaciones generadoras
- Transformadores elevadores
- Líneas de transmisión interconectadas
- Estaciones de conmutación
- Transformadores reductores

El sistema de distribución abarca

- Líneas primarias de distribución
- Bancos de transformadores de servicio
- Líneas secundarias o redes, todas ellas dan servicio a las áreas de carga.

Como parte integrante del sistema de transmisión, la subestación o estación de conmutación funciona como:

- Punto de conexión para líneas de transmisión,
- Alimentadoras de subtransmisión
- Circuitos de generación y transformadores elevadores y reductores.
- El objetivo del diseño de la subestación

Es proporcionar:

Máxima confiabilidad.

- Flexibilidad.
- Continuidad de servicio.

Satisfacer estos objetivos a los costos de inversión más bajos que satisfagan las necesidades del sistema.

1.3.1 Niveles de voltaje.

Las necesidades del sistema comprenden la selección de niveles óptimos de voltaje, que dependen de las necesidades de carga y distancia de línea de transmisiones implicadas. Muchas grandes plantas termoeléctricas y nucleares están ubicadas a grandes distancias de los centros de carga para aprovechar menor costo de los terrenos, abundancia de agua para enfriamiento, abastecimiento económico de combustible y consideraciones ambientales menos estrictas. Por estas razones, el uso de voltajes de transmisión de hasta 765kV se vuelve más común.

Las subestaciones utilizadas en los sistemas de distribución operan en clases de voltaje de 13.8 a 69 Kva. Las subestaciones de transmisión, que dan servicio a fuentes de energía eléctrica en masa, operan de 69 a 765kV.

Las clases de voltaje utilizados en Estados Unidos para subestaciones grandes incluyen las de 69, 115, 138,

161, 230 y 287 Kva. (Considerando alto voltaje o clase HV), y 345, 500 y 765kV (consideradas extra alto voltaje o clase EHV.) En la actualidad se encuentran en etapa de planeación o construcción voltajes aun más altos, como son las de 1100 y 1500 Kva. Consideradas como ultra alto voltaje o clase UHV.

1.3.2 Sistemas convencionales de seguridad

Conexión a tierra de subestaciones.

La conexión a tierra de subestaciones es sumamente importante. Las funciones de conectar a tierra un sistema se enumeran a continuación:

- Proporcionar la conexión a tierra para el neutro a tierra para transformadores, reactores y capacitores.
- Constituyen la trayectoria de descarga a pararrayos de barra, protectores, espinterómetros y equipos similares.
- Garantizan la seguridad del personal de operación al limitar las diferencias de potencial que puedan existir en una subestación.
- Proporcionan un medio de descargar y desenergizar equipo para efectuar trabajos de conservación en el mismo.

- Proveen una trayectoria de resistencia suficientemente baja a tierra, para reducir al mínimo una elevación del potencial a tierra con respecto a tierra remota.

Los requerimientos de seguridad de las subestaciones exigen la conexión a tierra de todas las partes metálicas de interruptores, estructuras, tanques de transformadores, calzadas metálicas, cercas, montajes de acero estructural de edificios, tableros de conmutación, secundarios de transformadores de medida, etc., de manera que una persona que toque el equipo o se encuentre cerca del mismo, no pueda recibir descarga peligrosa si un conductor de alto voltaje relampaguea o entra en contacto con cualquier parte del equipo arriba enumerado.

En general, esta función se satisface si toda la armazón metálica con la que una persona pueda hacer contacto o que una persona pueda tocar al estar de pie en tierra, se encuentra de tal modo unida y conectada a tierra que no puedan hacer potenciales peligrosos. Esto significa que toda parte individual del equipo, toda columna estructural, etc., debe tener su propia conexión al emparrillado a tierra de la estación.

Una fuente muy útil de información con respecto a la conexión a tierra de subestaciones está contenida en la guía completa de la norma IEEE 80-1976, IEEE Guide for Safety in Substation Grounding, publicada en junio de 1976. Mucha de la siguiente información se basa en recomendaciones indicadas en la norma IEEE 80.

El sistema básico de tierra de subestaciones, utilizado en la mayor parte de las plantas eléctricas, toma la forma de una red de conductores enterrados horizontalmente. La razón por la que la red o emparrillado sean tan eficaces se atribuye a lo siguiente:

- En sistemas en donde la corriente máxima de tierra puede ser muy alta, raras veces es posible obtener una resistencia de tierra que sea tan baja como para garantizar que la elevación total del potencial del sistema no alcance valores inseguros para las personas. Si éste es el caso, el riesgo puede corregirse sólo mediante el control de potenciales locales. Una rejilla es por, lo general, el modo más práctico de lograr esto último.

- En subestaciones clase HV y EHV, no hay un electrodo que por sí solo sea adecuado para proporcionar la necesaria conductividad y capacidad de conducción de corriente. Sin embargo, cuando varios de ellos se conecten entre sí, y a estructuras, bastidores de equipos, y neutros de circuitos que deban conectarse a tierra, el resultado es necesariamente una rejilla cualquiera que sea la meta original. Si esta red a tierra se entierra en un suelo de conductividad razonablemente buena, proporciona un excelente sistema de conexión a tierra.

El primer paso en el diseño práctico de una rejilla o emparrillado consiste en examinar el plano de recorrido del equipo y estructuras. Un cable continuo debe rodear el perímetro de la rejilla para abarcar tantas tierras como sea práctico, evitar concentración de corriente y por lo tanto gradientes elevados en puntas de cables a tierra. Dentro de la rejilla, los cables deberán colocarse en líneas paralelas y a distancias razonablemente uniformes; cuando sea práctico, deben instalarse a lo largo de hileras de estructuras o equipo para facilitar las conexiones a tierra. El diseño preliminar debe ajustarse de manera que la longitud total del conductor enterrado, incluso empalmes y varillas, sea por lo menos igual a la longitud requerida para mantener las diferencias de potencial locales dentro de límites aceptables.

Un sistema típico de rejilla para una subestación puede tener alambre desnudo de cobre trenzado, núm 4/0, de 12 a 18 pulgadas abajo del nivel y separados en forma de rejilla entre 10 y 20 pies. (Sin embargo, muchas veces se utilizan otros calibres de conductores, profundidades y separaciones entre conductores en la red.) Los alambres 4/0 de cada unión deben estar unidos firmemente entre sí, y también puede estar conectada una varilla enterrada de acero y recubierta de cobre, de 5/8 de pulgada de diámetro y alrededor de 8 pies de largo.

En suelos cuya resistencia sea muy elevada, puede ser conveniente enterrar las varillas a mayor profundidad.

(Se han enterrado varillas hasta de 100 pies de longitud.) Un sistema típico de rejilla suele extenderse en toda la playa de distribución y, a veces, incluso unos pocos pies fuera de la cerca que rodea al edificio y el equipo.

Para asegurarse que todos los potenciales a tierra alrededor de la estación sean iguales, los diversos cables o barras a tierra de la playa y del edificio de la subestación deben unirse mediante conexiones múltiples fuertes y conectarse todos a la tierra principal de la estación. Esto es necesario para que no haya diferencias apreciables de voltaje entre los extremos de cables tendidos entre la playa de distribución y el edificio de la subestación.

Algunas corrientes elevadas de tierra, como la que pueden circular en los neutros de transformadores durante fallas a tierra, no deben aparecer en conexiones a tierra (emparrillados o grupos de varillas) de zonas pequeñas, con objeto de reducir al mínimo los gradientes de potencial en la zona que rodea las conexiones a tierra. Dichas zonas deben tener alambres de grueso calibre, para que puedan manejar adecuadamente las más difíciles condiciones de magnitud y duración de corrientes de falla.

Por lo general se utilizan cables o tiras de lámina de cobre para conexiones a tierra de bastidores de equipos.

Sin embargo, los tanques de transformadores se utilizan a veces como parte de la trayectoria a tierra de pararrayos que a aquellos se conecten. Análogamente, se pueden utilizar estructuras de acero como parte de la trayectoria a tierra si se puede establecer que la conductividad, incluso la de cualquiera de las juntas, es y puede mantenerse como equivalente a la del conductor de cobre que de otra forma se requeriría. Estudios realizados por algunas compañías de electricidad han llevado a que, en forma satisfactoria, se utilicen estructuras de acero como parte de la trayectoria al emparrillado a tierra desde alambres aéreos, pararrayos, etc. Cuando se siga esta práctica, cualquier película de pintura que pudiera introducirse en las juntas y producir alta resistencia se debe eliminar y aplicarse entonces un compuesto apropiado u otro medio efectivo en la junta para evitar el subsecuente deterioro de la junta por oxidación.

Las conexiones entre los diversos alambres a tierra y la rejilla de cables y conexiones dentro de la rejilla se cables suelen hacerse con abrazaderas, y soldadura eléctrica.

1.3.3 Protección con relevadores.

La subestación emplea muchos sistemas de protección con relevadores para proteger el equipo asociado con la estación, los más importantes son:

- a. Líneas de transmisión que emanan de la estación.
- b. Transformadores elevados y reductores.
- c. Barras de estación.
- d. Falla del interruptor automático.
- e. Reactores en paralelo.
- f. Capacitores en paralelo y en serie.

Las subestaciones que prestan servicio en sistemas de transmisión de electricidad en circuitos clase HV, EHV Y UHV deben contar con un alto orden de confiabilidad y seguridad, para continuidad del servicio al sistema eléctrico. Se está dando cada vez más importancia a sistemas altamente perfeccionados de protección con relevadores, que deben funcionar de modo confiable a altas velocidades para normalizar fallas en líneas y estaciones, con máxima seguridad y sin desconexiones falsas.

En la actualidad, en muchos sistemas clase EHV y UHV utilizan dos juegos de conjunto de relevadores electromecánicos para protección de línea de transmisión, con un conjunto completamente separado de relevadores de estados sólido, redundante, para contar con un segundo paquete de relevadores de protección.

El uso de dos conjuntos de relevadores que operen desde transformadores separados de potencial y corriente, y desde baterías separadas de la estación, permite la prueba de relevadores sin que haya la necesidad de retirar el servicio de línea o barra protegidas. Para aplicaciones más difíciles de protecciones con relevadores, como es el caso de líneas clase EHV que utilicen capacitores en la línea, algunas compañías utilizan dos conjuntos de relevadores de estado sólido para formar los sistemas de protección.

Las terminales de relevo de líneas de transmisión están ubicadas en la subestación, y comprenden muchos tipos diferentes de esquemas de reveladores a saber:

- Sub alcance directo
- Sub alcance permisible
- Sobre alcance permisible
- Comparación direccional
- Comparación de fase
- Alambre piloto.

Estos esquemas comprenden sistemas piloto de protección con relevadores, aplicables para la protección de líneas de transmisión para grandes corrientes.

1.3.4 Relevadores de falla de subalcance directo.

Estos relevadores de cada terminal de la línea protegida captan una corriente de falla que entra en la línea. Sus zonas de operación deben traslaparse pero no sobre alcanzar ninguna de las terminales remotas. La operación de los relevadores de cualquier terminal inicia tanto la temperatura del interruptor automático local como la transmisión de una señal remota y continúa de desconexión con objeto de efectuar la operación instantánea de todos los interruptores automáticos remotos.

Relevadores de subalcance permisible.

La operación y equipo para este subsistema son los mismos que los del sistema de subalcance directo con la excepción de que cuentan además con unidades detectores de falla en cada terminal los detectores de falla deben sobré alcanzar todas las terminales remotas; se utilizan para proporcionar más seguridad para supervisar una desconexión remota.

Relevadores de sobrealcance permisible.

Los relevadores de falla de cada terminal de la línea protegida captan la circulación de falla en la línea con sus zonas de operación que sobre alcanzan todas las terminales remotas se quiere que tanto la operación de los relevadores de falla local como la señal de transferencia de desconexión de todas las terminales remotas abran cualquier interruptor automático.

Relevadores de comparación direccional.

La señal de canal en estos sistemas se utiliza para bloquear la desconexión en contraste a su uso para iniciar la desconexión en los tres sistemas previos. Los

relevadores de falla de cada terminal de la sección de línea protegida captan la corriente de falla en la línea. Sus zonas de operación deben de alcanzar todas las terminales remotas. Se quiere unidades detectoras de falla adicionales en cada terminal para iniciar la señal de bloqueo de canal. Sus zonas de operación deben de extenderse más lejos o deben ser ajustadas en forma más sensible que los relevadores de falla de las terminales lejanas.

Relevadores de comparación de fase.

Las corrientes trifásicas de cada extremo de la línea protegida se convierten en un voltaje monofásico proporcional. Los ángulos de fase de los voltajes se comparan si se permiten con el semiciclo positivo del voltaje transmitan un bloque de señal de media onda sobre el canal piloto. Para fallas externas estos bloques están fuera de fase de modo que en forma alternada, la señal local y luego remota produzca en esencia una señal continua para bloquear o evitar la desconexión.

1.3.5 Protección de barra de estación.

La protección de barra de estación merece atención muy cuidadosa dado que las fallas de barra son, como una norma, las más serias que ocurran en un sistema eléctrico. A menos que sea debidamente aislada, una falla de barra puede dar como resultado la suspensión completa del servicio de una estación. Se utilizan muchos métodos para proteger las barras de estación entre los cuales está el uso de relevadores de sobrecorriente, protección de respaldo por relevadores de zonas adyacentes de protección, esquemas de comparación direccional, etc.

A causa de la elevada magnitud de las corrientes que se producen durante fallas de barra los transformadores de corriente pueden saturarse y ocasionar desconexión falsa durante las fallas externas. La posibilidad de saturación de ca y cd durante las fallas obliga a que los transformadores de corriente, utilizados para la protección diferencial de barra, sean precisos y de la mejor calidad posible. También los transformadores de corriente deben acoplarse para tener relaciones y características similares.

Los relevadores de barra de estado sólido desarrollados en Europa se han diseñado para funcionar correctamente incluso con el empleo de

transformadores de corriente de regular calidad y relaciones diferentes. Sin embargo, se considera buena práctica para utilizar los mejores transformadores de corriente que sea posible en los relevadores diferenciales de barra.

1.3.6 Protección de transformadores.

Los transformadores pueden estar sujetos a cortocircuitos entre alguna de sus fases y tierra, circuitos abiertos, cortocircuitos ente vuelta y vuelta y sobrecalentamiento. Los cortocircuitos entre fases son raros y pocas veces se originan como tales inicialmente, dado que los devanados de las fases por lo general están bien separados en un transformador trifásico. Las fallas suelen comenzar como fallas entre vueltas y muchas veces crecen hasta convertirse en fallas a tierra.

Es muy conveniente aislar transformadores con fallas en sus devanados tan rápidamente como sea posible, para reducir la posibilidad de incendios, con la destrucción del encargado en consecuente cambio de repuestos. La protección diferencial es el tipo preferido de protección, a transformadores debido a su sencillez, sensibilidad, selectividad y rapidez de operación. Si las razones del transformador de corriente no están perfectamente acopladas, tomando en cuentas las razones de voltaje del transformador, se requieren autotransformadores o transformadores auxiliares de corriente en los circuitos secundarios del transformador de corriente para acoplar debidamente las unidades, de modo que no circule la corriente apreciable en la bobina de operación del relevador excepto para condiciones de falla interna.

Al aplicar protección diferencial a transformadores, por lo general se requiere un poco menos de sensibilidad en los relevadores en comparación con los relevadores de generadores, puesto que deben permanecer sin operar para los cambios máximos de derivación del transformador que pudieran utilizarse. También es necesario tomar en cuenta la corriente de entrada de excitación del transformador, que pudiera circular en un solo circuito cuando el transformador se energice al cerrar uno de sus interruptores automáticos. Como regla la operación incorrecta del relevador puede evitarse si se imponen un corto tiempo de retardo para esta condición.

Los transformadores de cambio de derivación de carga de voltaje (LTC) pueden ser protegidos por relevadores diferenciales; en este caso también se

cumplen los mismos principios de aplicar protección diferencial a otros transformadores. Es importante seleccionar cuidadosamente el relevador diferencial, de manera que el desequilibrio en los circuitos secundarios del transformador de corriente en ningún caso sea suficiente para operar el relevador bajo condiciones normales. Se sugiere que los transformadores de corriente estén acoplados en el punto medio de la escala de cambio de derivación. El error del transformador de corriente será entonces mínimo para la posición máxima de derivación en cualquier dirección.

Deben escogerse transformadores de corriente que darán una corriente de secundario alrededor de 5 A a plena carga en el transformador. Esto no será posible en todos los casos, en especial para transformadores que tengan tres o más devanados, dado que la capacidad nominal de KVA puede variar ampliamente y no ser proporcional a las capacidades nominales de voltaje.

Deben aplicarse protección de sobrecorriente como protección primaria cuando no se pueda justificar un esquema diferencial o como protección de respaldo si se uso una diferencial. Muchas veces se puede obtener protección con relevadores más rápido para circulación desde una dirección, mediante el uso relevadores direcciones de energía eléctrica.

La protección de sobrecalentamiento de transformadores, en ocasiones, tiene la finalidad de dar indicación de sobre temperatura pero raras veces para hacer una desconexión en forma automática. Los relevadores de sobrecarga del tipo de replica pueden conectarse en circuitos de transformadores de corriente, para detectar la sobrecarga de la unidad.

Otros operan a la temperatura máxima del aceite e incluso otros operan a la temperatura máxima del aceite complementada con calor proveniente de un resistor adyacente conectado a un transformador de corriente en el circuito. En el sensor recientemente desarrollado, que utiliza un dispositivo de vidrio sensible a los cambios de temperatura, se utiliza técnicas de fibras ópticas para medir la temperatura de lugares calientes en los devanados.

1.3.7 Protección del interruptor automático.

En años recientes se ha puesto gran atención a la necesidad de contar con protección de respaldo en el caso de falla de un interruptor automático, para normalizar una falla que siga a la recepción de una orden de desconexión proveniente de los relevadores de protección. Para cualquier falla los relevadores de protección operan para desconectar los interruptores automáticos necesarios. Además, a estos mismos relevadores de protección, junto con los relevadores detectores de falla del interruptor automático, energizarán un temporizador para iniciar el esquema de respaldo de falla de interruptor automático. Si cualquier interruptor automático no normalizara la falla, los relevadores de protección permanecerán levantados, lo que permite que los temporizadores lleguen al final del intervalo de retardo y desconecten los otros interruptores automáticos para normalizar la falla.

Una falla de interruptor automático puede ser ocasionada por pérdida de alimentación de cd de desconexión, fusibles de desconexión quemados, falla de la bobina de desconexión, falla de los eslabones de desconexión del interruptor automático o falla del mecanismo del interruptor de corriente automático. Los dos tipos básicos de fallas son: 1) mecánica 2) eléctrica del interruptor automático para normalizar la falla.

La falla mecánica ocurre cuando el interruptor automático no mueve la siguiente recepción de una orden de desconexión, como resultado de la pérdida de alimentación de CD de desconexión, la falla de la bobina de desconexión o falla del eslabón de desconexión.

La falla eléctrica ocurre cuando el interruptor automático se mueve en un intento por despejar una falla al recibir la orden de desconexión pero no corta la corriente de falla ocasionada por la operación defectuosa del interruptor de corriente en sí.

Para normalizar fallas por estos dos tipos de falla del interruptor automático, se pueden utilizar dos esquemas diferentes de protección. Los esquemas más convencionales de falla del interruptor automático consisten en utilizar detectores instantáneos de falla operados por corriente, mismos que se elevan para iniciar un temporizador cuando operen los relevadores de falla. Si no opera un interruptor automático para normalizar la falla, el interruptor llega al final del retardo y desconecta los interruptores automáticos necesarios para

normalizar la falla. Sin embargo, si opera correctamente el interruptor automático para normalizar la falla, debe darse tiempo suficiente en el ajuste del temporizador para garantizar el restablecimiento del relevador detector de falla. Los tiempos totales de normalización de estación de tipo EHV que utilicen este esquema son muy rápidos, y por lo general tardan de 10 a 12 ciclos a partir del momento de la falla hasta que esta quede normalizada

Para aquellas fallas en donde ocurra una falla mecánica de los interruptores automáticos, se encuentra en uso un esquema aún más rápido. Este esquema depende del interruptor auxiliar del interruptor automático (por lo general un contacto de tipo abierto, de 52 A) para iniciar un temporizador rápido. El interruptor auxiliar esta especialmente ubicado para operar desde eslabones de desconexión automático, para captar el movimiento real del mecanismo del interruptor automático. Si la falla de este último es mecánica, el temporizador de falla del interruptor automático se acciona a través del interruptor auxiliar cuando operen los relevadores de protección. La ventaja del uso del interruptor auxiliar es el tiempo de restablecimiento extremadamente rápido del temporizador de falla del interruptor automático, que puede alcanzarse cuando el interruptor automático opera correctamente. Los esquemas en uso con el circuito rápido de falla del interruptor automático pueden lograr tiempo totales de normalización de 7.5 ciclos cuando ocurra una falla del interruptor automático.

1.4 Consideraciones de diseño

Muchos factores influyen para la correcta selección del tipo de subestaciones para una aplicación dada. El tipo de estación más apropiado depende de factores tales como el nivel de voltaje, capacidad de carga, consideraciones ambientales, limitaciones de espacio en el terreno y necesidades de derecho de vía de la línea de transmisión. Además, los criterios de diseño pueden variar entre sistemas.

Con el continuo aumento general en el costo de equipo, mano de obra, y terrenos y adaptación de los mismos, debe hacerse todo el esfuerzo posible para seleccionar criterios que representen la mejor opción para satisfacer las necesidades del sistema a los mínimos costos posibles. En vista de los costos de subestaciones importantes se reflejan en los transformadores, interruptores

automáticos y disyuntores, el trazo de la barra y el arreglo de conmutación seleccionado determinaran el número de disyuntores y interruptores automáticos requeridos. La selección de niveles de aislamiento y prácticas de coordinación afecta el costo en forma considerable, en especial en clase EHV.

El descenso de un nivel en el nivel básico de aislamiento (BIL) puede reducir el costo de equipo eléctrico importante en miles de dólares. Es esencial un cuidadoso análisis de esquemas alternos de conmutación, en particular a niveles EHV, y también puede dar como resultado considerables ahorros por seleccionar el equipo de mínimo que satisfaga las necesidades del sistema.

En la selección de trazos de barra y arreglos de conmutación para que una subestación satisfaga las necesidades del sistema y la estación, deben considerarse varios factores. Una subestación debe ser confiable, económica, segura, y con un diseño tan sencillo como sea posible; este último debe proporcionar un alto nivel de continuidad de servicio y contar con medios para futuras ampliaciones, flexibilidad de operación y bajos costos inicial y contar con medios para futuras ampliaciones, flexibilidad de operación y bajos costos inicial y final. Debe estar equipado con lo necesario para dar mantenimiento a líneas, interruptores automáticos y disyuntores, sin interrupciones en el servicio ni riesgos para el personal.

La orientación física de las rutas de líneas de transmisión muchas veces influyen en la ubicación y disposición de la barra en subestaciones. El lugar seleccionado debe ser tal que se pueda lograr un arreglo conveniente de las líneas.

Para confiabilidad, el diseño de la subestación debe evitar un paro total de la misma ocasionada por la falta del interruptor automático de barra, y debe permitir el rápido restablecimiento del servicio después que ocurra una falla. El arreglo planificado de las líneas con fuentes conectadas a lados opuestos de las cargas mejora la confiabilidad. El trazo debe permitir futuras adicciones y ampliaciones sin interrumpir el servicio.

1.4.1 Conexiones de la barra principal.

El esquema de subestación seleccionado determina el arreglo eléctrico y físico del equipo de conmutación.

Existen diferentes esquemas de barra cuando la importancia cambia entre los factores de confiabilidad, economía, seguridad y sencillez como lo justifican la función e importancia de la subestación.

Los esquemas de subestación más comunes son:

- **Una barra.**

No se utiliza para subestaciones grandes. Puede causar una prolongada interrupción de servicio en caso de falla de un interruptor automático.

- **Doble barra, doble interruptor automático**

El uso de dos interruptores automáticos por circuito hace costoso este esquema pero representa un alto nivel de confiabilidad cuando todos los circuitos se encuentran conectados para operar en ambas barras.

- **Barra principal y de transferencia**

Añade una barra de transferencia al esquema de una barra. Un interruptor extra de conexión de barra enlazara tanto la barra principal como la de transferencia.

- **Doble barra, un interruptor automático.**

Este esquema utiliza dos barras principales y cada circuito esta equipado con dos interruptores de desconexión selectores de barra

- **Barra anular**

Los interruptores automáticos están dispuestos en un anillo con circuitos conectados entre aquellos. Para una falla de un circuito se abren dos interruptores automáticos y en el caso de que uno de estos no opere para normalizar la falla será abierto otro circuito por la operación de relevadores de respaldo. Durante trabajos de conservación en interruptor automático, el anillo se abre pero todas la líneas permanecen en servicio.

- **Corta circuito o interruptor automático y medio**

Es a veces llamado esquema de tres interruptores, tiene tres interruptores automáticos en serie entre las barras principales. Dos circuitos se conectan entre los tres interruptores automáticos y de aquí el nombre de interruptor automático y medio

1.4.2 Subestaciones con arreglo sencillo de barras.

Este tipo de subestaciones, es bastante común en subestaciones receptores de 115 kilovolts o menores, en niveles de tensión de operación similares, en particular en redes que están suficientemente interconectadas, como es el caso de la subestación de distribución e industriales.

Por su simplicidad, este arreglo es el más económico, pero carece de los dos principales defectos, que son:

- a) no es posible realizar el mantenimiento sin la interrupción del servicio.
- b) no es posible una ampliación de subestación sin interrumpir el servicio.

El número de circuitos que se vea afectado por cualquiera de las razones anteriores, se puede reducir seccionando la barra, e inclusive formando anillos.

1.4.3 subestaciones con doble juego de barras.

En este esquema se usan dos juegos de barras idénticas, uno se puede usar como repuesto del otro, con este arreglo se puede garantizar que no existe interrupción de servicio; en el caso de que falle uno de los juegos de barras además de que:

- Se puede independizar el suministro de cargas, de manera que cada carga, se puede alimentar de cada juego de barras.
- Cada juego de barras, se puede tomar por separado para mantenimiento y limpieza de aisladores, sin embargo, los interruptores, no están disponibles para mantenimiento sin que se desconecten las barras correspondientes.
- la flexibilidad en operación normal, se puede considerar como buena.

Este arreglo se recomienda adoptarlo cuando la continuidad en el suministro de la carga, justifica costos adicionales.

1.4.4 Subestación con barra principal y barra de transferencia.

Esta es una variante del doble juego de barras; la llamada barra de transferencia, se usa únicamente como auxiliar, cuando se efectúa el mantenimiento en el interruptor de línea, de manera que el interruptor se puede desconectar en ambos extremos, mientras la línea o alimentador permanece en el servicio.

Este arreglo tiene la limitante de que toda la subestación queda fuera de servicio cuando ocurre una falla en las barras principales.

1.5 Comparaciones de confiabilidad.

Se han comparados los diversos esquemas para hacer resaltar sus ventajas y desventajas. La base de comparación que se utiliza es la justificación económica de un grado particular de confiabilidad. La determinación del grado de confiabilidad requiere de una evaluación de condiciones anticipadas de operación y la continuidad del servicio requerida por la carga a la que haya de servir.

Arreglos físicos.

Una vez hecha la determinación del esquema de conmutación mejor adaptado para una aplicación particular de subestación, es necesario considerar el arreglo de estación que satisfaga las muchas necesidades físicas del diseño. A la disposición del ingeniero de diseño están los siguientes arreglos de estación.

- Arreglos convencionales para intemperie, de interruptor y barra tipo abierto.
- Arreglos de subestación de barra invertida
- Subestaciones de tamaño pequeño, con revestimiento metálico de gas hexafluoruro de azufre.

Los arreglos para intemperie de interruptor y barra tipo abierto se usan, en general, en conexión con estaciones de generación y subestación. La disposición y características generales del diseño de estructuras de conmutación para intemperie se ven influenciadas por la función y tipo de instalación y por su capacidad, voltaje y limitaciones de superficie del terreno

1.5.1 Estructura de soporte.

Para soportar, montar e instalar debidamente el equipo eléctrico se requieren estructuras hechas de acero, aluminio , o madera, que requieren cimientos de concreto.

Una subestación típica de tipo abierto requiere estructuras de anclaje para soportar conductores de líneas de transmisión; soportar estructuras para seccionadores, transformadores de corriente. Transformadores de potencial, apartarrayos, filtros de línea, transformadores de voltaje de capacitor; y estructuras de soportes para barras rígidas y tirantes de la estación.

Cuando las estructuras son de acero o aluminio requieren cimientos de concreto, sin embargo, cuando son de madera no se requieren estos cimientos. El diseño de las estructuras de soporte se ve afectado por la s separaciones entre fases y la altura libre bajo los hilos que se requieren, por los tipos de aisladores, por la longitud y peso de las barras y otros equipos, y por el viento y la carga de hielo

En las subestaciones se requieren otros trabajos estructurales concretos que comprenden la selección y preparación del terreno, caminos, salas de control, registros, conduits, ductos, drenajes, diques y cercas.

1.5.2 Selección del terreno.

Estos trabajos comprenden un estudio de topografía y la trayectoria de escurrimientos de la zona, junto con la investigación del subsuelo

El punto de partida para diseño de una subestación eléctrica es el llamado diagrama unifilar. Este diagrama debe mostrar la conexión y arreglo de todos los equipos eléctricos, es decir, barras, puntos de conexión, transformadores de potencia, acoplamiento entre bahías, interruptores, transformadores de instrumento, cuchillas desconectadoras, apartarrayos, etc., Para elaborar el diagrama unifilar, se debe considerar el arreglo de barras, el grado de flexibilidad en operación y la confiabilidad; de hecho, antes de proceder a la definición de las características de los distintos elementos de la subestación; así como su posible localización, se debe elaborar al menos un diagrama simplificado en donde se indique el arreglo propuesto de barras y su posición relativa. Existen distintas variaciones para los arreglos de barras; la selección de un arreglo en particular, depende de varios factores, por ejemplo, el voltaje

del sistema, la posición de la subestación en el sistema, la flexibilidad de operación, la confiabilidad en suministro, y el costo.

En adición a esto se deben considerar los siguientes aspectos técnicos, antes de tomar una decisión:

- Simplicidad en el sistema.
- El mantenimiento se debe realizar fácilmente, sin interrupción del servicio; o peligro para el personal de operación.
- Se debe tener disponibilidad y arreglos alternativos; en el caso de salidas de servicio, o fallas en algunos equipos.
- El arreglo del equipo no debe limitar la expansión y aumento en el crecimiento de la carga, hasta un valor determinado.
- Debido a que de hecho, cada parte del equipo constituye un punto débil; de manera que en los casos necesarios se debe considerar la posibilidad de usar equipo adicional (redundancia en el equipo); para cubrir posibles contingencias (fallas).
- La instalación se debe realizar en forma tan económica, como sea posible, sin perder de vista la continuidad en el servicio.

1.6 Clasificación de subestaciones eléctricas.

Las subestaciones se pueden clasificar como sigue:

- Subestaciones en las plantas generadoras o centrales eléctricas.
- Subestaciones receptoras primarias.
- Subestaciones receptoras secundarias.

Subestaciones en las plantas generadoras o centrales eléctricas.- Estas se encuentran en las centrales eléctricas o plantas generadoras de electricidad, para modificar los parámetros de la potencia suministrada por los generadores, permitiendo así la transmisión en alta tensión en las líneas de transmisión. Los generadores pueden suministrar la potencia entre 5 y 25 kV y la transmisión depende del volumen, la energía y la distancia.

Subestaciones receptoras primarias.- Se alimentan directamente de las líneas de transmisión, y reducen la tensión a valores menores para la alimentación de los sistemas de subtransmisión o redes de distribución, de manera que, dependiendo de la tensión de transmisión pueden tener en su secundario tensiones de 115, 69 y eventualmente 34.5, 13.2, 6.9 o 4.16 kV.

Subestaciones receptoras secundarias.- Generalmente estas están alimentadas por las redes de subtransmisión, y suministran la energía eléctrica a las redes de distribución a tensiones entre 34.5 y 6.9 kV.

Las subestaciones, también se pueden clasificar por el tipo de instalación, por ejemplo:

- Subestaciones tipo intemperie.
- Subestaciones de tipo interior.
- Subestaciones tipo blindado.

Subestaciones tipo intemperie.- Generalmente se construyen en terrenos expuestos a la intemperie, y requiere de un diseño, aparatos y máquinas capaces de soportar el funcionamiento bajo condiciones atmosféricas adversas (lluvia, viento, nieve, etc.) por lo general se utilizan en los sistemas de alta tensión.

Subestaciones tipo interior.- En este tipo de subestaciones los aparatos y máquinas están diseñados para operar en interiores, son pocos los tipos de subestaciones tipo interior y generalmente son usados en las industrias.

Subestaciones tipo blindado.- En estas subestaciones los aparatos y las máquinas están bien protegidos, y el espacio necesario es muy reducido, generalmente se utilizan en fábricas, hospitales, auditorios, edificios y centros comerciales que requieran poco espacio para su instalación, generalmente se utilizan en tensiones de distribución y utilización.

Principales partes de una subestación eléctrica:

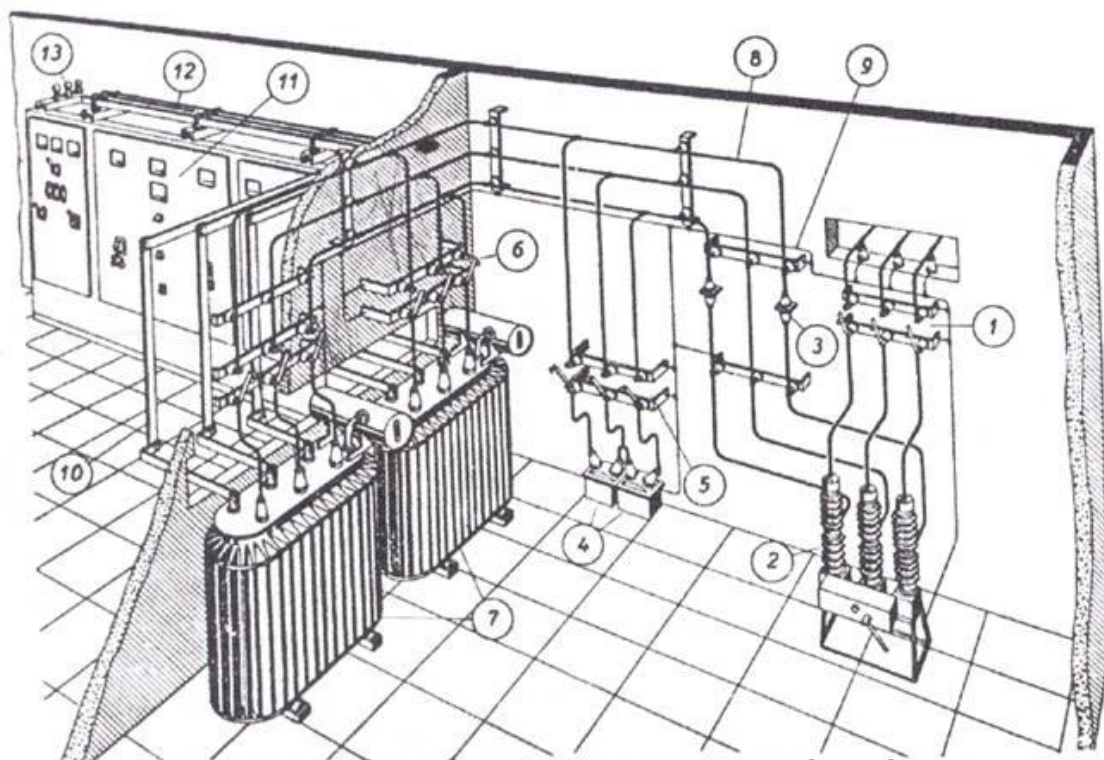


Figura 1.3.- Elementos principales de una subestación eléctrica de media potencia y media tensión.

1. Cuchillas desconectoras.
2. Interruptor.
3. TC.
4. TP.
5. Cuchillas desconectoras para sistema de medición.
6. Cuchillas desconectoras de los transformadores de potencia.
7. Transformadores de potencia.
8. Barras de conexión.
9. Aisladores soporte.
10. Conexión a tierra.
11. Tablero de control y medición.
12. Barras del tablero
13. Sujeción del tablero.

CAPITULO 2. SUBESTACIONES ULTRACOMPACTAS.

2.1 Generalidades

Las subestaciones ultracompactas consisten básicamente en un módulo unido mecánica y eléctricamente, donde se incluyen los medios de seccionamiento y protección de media tensión, un transformador auto enfriado en liquido biodegradable tipo KNAN con un punto de ignición mayor a 300°C, interruptor general en baja tensión la transferencia automática formada por interruptores sin unidad de disparo el tablero general de baja tensión con interruptores derivados, banco de capacitores, equipo de seguridad, accesorios y letreros de advertencia “PELIGRO ALTA TENSIÓN” en las puertas.

Esta especificación es general para todas las subestaciones, pero en todo caso se debe corroborar las características requeridas en el proyecto eléctrico de cada formato Wal Mart.

La subestación ultracompacta y todos los componentes que la integran deben cumplir con las normas nacionales e internacionales que apliquen y en su caso estar certificados.

2.1.1 Componentes.

A).-Subestación ultra compacta para uso exterior, compuesta por los siguientes equipos:

1. Gabinete de Acometida y equipo de medición de compañía suministradora
2. Cuchillas de paso
3. Apartarrayos
4. Gabinete para Interruptor en media tensión en aire con fusibles limitadores de corriente.
5. Gabinete de acoplamiento a transformador
6. Pasillo interior de operación

B).-Transformador auto enfriado en liquido biodegradable tipo KNAN 300°C.

C).-Tablero General en Baja Tensión para uso exterior compuesto de los siguientes equipos:

1. Gabinete de acoplamiento a transformador con trenzillas flexibles

2. Interruptor general en baja tensión y equipo de medición
3. Tablero de transferencia automática
4. Tablero de distribución de baja tensión
5. Banco automático de capacitores para corregir el factor de potencia
6. Accesorios y equipo de seguridad
7. Pasillo interior de operación.

La cantidad de secciones pueden ajustarse dependiendo del diseño del fabricante.

2.1.2 Gabinete.

- a) La subestación y tablero general en baja tensión será para uso exterior debe ser adecuada para las condiciones de intemperie (nema 3R) y tipo costa.
- b) La subestación, tableros generales ultracompacta deben diseñarse para poderse operar desde el frente.
- c) Los gabinetes deben estar diseñados de tal forma que las operaciones en servicio normal o emergencia y de mantenimiento puedan llevarse a cabo en condiciones seguras.
- d) Los sistemas de seguridad y bloqueos se deben utilizar para evitar operaciones erróneas que garanticen la seguridad del personal. No se permiten bloqueos por medio de chicotes o cables flexibles.
- e) La subestación ultracompacta y tablero general en baja tensión son un armazón que conste de un máximo de tres módulos capaces de ser transportados y movidos desde fábrica para su ensamble en campo.
- f) La subestación ultracompacta y tablero general en baja tensión se puede embarcar en una sola pieza o en segmentos que se acoplaran en sitio, siempre y cuando se garantice la condición nema 3R y tipo costa.
- g) En las estructura de sus tableros, suministrar canal base de 3 in. de ancho por 1 1/2 de altura para cada sección que compone la subestación ultracompacta. Conforme a la NOM-J118., mantiene la rigidez mecánica para todas las secciones.
- h) Suministrará orejas de izaje en el lateral derecho e izquierdo (Vista Frontal), para cada sección de embarque.
- i) La estructura debe diseñarse de tal manera que brinde la rigidez adecuada y

que todas las tapas (paredes) sean encharoladas y fácilmente desmontables (toda la estructura debe permitir desarmarse completamente)

j) La estructura y puertas deben fabricarse en lámina de acero al carbón calibre 12 USG y las tapas de calibre 14 USG.

k) Todas las puertas están diseñadas para abrir hasta un ángulo de 90 Grados, se suministran preparaciones para candados en puertas exteriores.

l) La lámina de la estructura y gabinetes debe ser fosfatizada por inmersión, pintada con pintura epóxica en polvo de aplicación electrostática color gris ANSI 49 y horneada posteriormente (acabado adecuado para uso en costa) La tornillería y demás accesorios no pintados deben tener acabado tropicalizado.

m) Las manijas deben ser de fusión de aluminio y del tipo giratoria con tres puntos de cierre para mayor facilidad y para lograr un mejor sello entre la puerta y estructura.

n) Las puertas interiores de las secciones de media tensión deben tener mirillas de cristal inastillable o de policarbonato (las mirillas deben permitir observar las cuchillas de paso e interruptor en media tensión)

o) Las dimensiones de los gabinetes deben seleccionarse de acuerdo a la tensión de suministro y a la capacidad del transformador (ver tabla No. 1).

p) Letreros de advertencia con la leyenda “PELIGRO ALTA TENSIÓN” en las puertas de acceso.

q) Se suministra para cada sección una resistencia calefactoras de 250W, 220V protegido por un interruptor termomagnético de 2P-10A. La alimentación de las resistencias a 220V.

r) El arreglo de las barras en las secciones de alta tensión debe ser fase A, fase B, fase C, del frente hacia atrás, de arriba hacia abajo o de izquierda a derecha vistas desde el frente del equipo. Solo se acepta una diferencia en la sección del transformador para su interconexión a MT y BT.

s) Se debe construir un pasillo de al menos 0.9 m de ancho al frente de las secciones de media tensión y otro de 1.1 m de ancho al frente del los equipos de baja tensión. Ambos pasillos separados por el transformador.

t) El fabricante de la subestación debe diseñar el anclaje de los gabinetes al piso,

el anclaje que se muestra en el plano es de referencia únicamente

u) En la pared lateral del gabinete de capacitores se deben realizar 6 aberturas para tubos de 103 mm con tapones plásticos fácilmente removibles que no permitan la entrada de agua.

v) Los tableros están diseñados para la entrada/salida de cables hacia los interruptores derivados. Se suministran soportes entre la sección del banco de capacitores y el tablero de distribución.

Clase de aislamiento (kV)	Capacidad del transformador (kVA)	Frente (m)	Fondo (m)	Altura (m)
Sección 15y 25	300 KVA	3.96	2.41	3.10
Sección de 15 y 25	500 – 1500 kVA	3.96	2.41	3.10
Sección de 34.5	1000 – 1500 kVA	4.46	2.41	3.10
Sección de 0. 48	500 - 1500 KVA	4.11	2.77	3.10

Tabla No. 2.1 Dimensiones de la subestación ultracompacta de acuerdo a la tensión de suministro

nota: estas dimensiones deberán ajustarse de acuerdo al diseño final del fabricante. La sección de media tensión tiene su propio pasillo y puerta así como la sección de baja tensión. El transformador queda sin gabinete y deberá sellarse perfectamente en la celda de acoplamiento.

En las subestaciones se deben efectuar (en fábrica) las siguientes pruebas de rutina:

- a) Prueba de Tensión Aplicada Hi-pot¹.
- b) Resistencia de aislamiento Megger y de continuidad.
- c) Pruebas de operación mecánica a los mecanismos, bloqueos y accionamientos.

Por otra parte, en el momento de la instalación en sitio (obra), se deben realizar como mínimo las siguientes pruebas:

- a) Resistencia de aislamiento en media y baja tensión.
- b) Continuidad eléctrica y mecánica.
- c) Pruebas de operación mecánica a los mecanismos, bloqueos y accionamientos.
- d) Ajuste y apriete de terminales.

¹ Las pruebas Hi-pot (alto potencial) buscan de probar la rigidez dieléctrica de los materiales aislantes. Esto lo podemos realizar tanto en Ca como en CC.

Es decir se busca el gradiente de potencial máximo que soporta el material aislante antes de producir rotura. Se le aplica un valor de tensión mayor a la de trabajo durante un cierto tiempo(1 a 30 minutos).Si la aislación soporta y el valor de la corriente de fuga se encuentra dentro de los límites admisibles, pasa la prueba de lo contrario no .NO EXISTEN TERMINOS MEDIOS

e) Se entregara original y copia de los resultados de las pruebas al cliente.

2.1.3 Celda de acometida y equipo de medición

Celda para alojar el equipo de medición de la compañía suministradora, conteniendo, barras y aisladores necesarios para la acometida, barra de tierra a todo lo largo del gabinete.

La celda también debe contener:

- a) Puerta de dos hojas abatible al frente y puertas frontales del gabinete Nema 3R
- b) Mirillas de cristal inastillable o de policarbonato (en caso de no ubicarse en esta celda se deben localizar en la celda de cuchillas de paso)
- c) Zapatas de conexión bimetálicas para recibir la acometida del suministrador.
- d) Bus de cobre electrolítico adecuado para 400 A.
- e) Bus de cobre electrolítico de 0.635 x 2.54 cm a todo lo largo de la celda para puesta a tierra.
- f) Porta candado o chapa con llave en las puertas.
- g) Una zapata mecánica conectada a la barra de tierra de calibre 4/0 AWG.

2.1.4 Cuchillas de paso

Celda para cuchilla de paso en alta tensión, conteniendo, una cuchilla de ____ A continuos, para una tensión de ____ kV, 3 polos, 1 tiro, operación manual en grupo sin carga, montaje fijo, provisto de mecanismo para operar desde el frente exterior por medio de palanca con porta candado en las posiciones de abierto y cerrado, barras y soportes necesarios para la acometida, barra de tierra a todo lo largo del gabinete y accionamiento de palanca.

La celda también debe contener:

- a) Aisladores tipo A.
- b) Zapatas de conexión bimetálicas para recibir la acometida del suministrador para calibre 1/0 awg.

Mirillas de cristal inastillable o de policarbonato (en caso de no ubicarse en esta celda se deben localizar en la celda de medición)

- c) Bus de cobre electrolítico adecuado para 400 A.
- d) Bus de cobre electrolítico de 0.635 x 2.54 cm a todo lo largo de la celda para puesta a tierra.
- e) Porta candado en las posiciones de abierto – cerrado o cerradura.
- f) Bloqueo mecánico con el interruptor principal para imposibilitar la apertura y/o cierre de la cuchilla de operación sin carga, si el interruptor principal está cerrado.
- g) El accionamiento mecánico de la cuchilla debe asegurar que no se abra o cierre por razones de gravedad.
- h) Leyendas informativas en vinilo de alta resistencia o placas de aluminio al frente de la celda para la correcta operación de la cuchilla (también letrero de operación sin carga)
- i) Una zapata mecánica conectada a la barra de tierra de calibre 4/0 AWG.
- j) La estructura para montar la cuchilla de paso se debe aterrizar con barra o con cable desnudo calibre 4 AWG.

Característica	Unidad	Tensión de la subestación	
		15 y 25 kV	34.5 kV

Tensión nominal de operación	kV	23	34.5
Corriente nominal del equipo	A	400	400
Nivel básico al impulso (BIL)	kV	125	150
Tensión de prueba a 60 Hz durante 1 minuto	kV	60	80
Frecuencia nominal	Hz	60	60
Corriente en tiempo corto, pico 1 Seg	kA	25	25
Fases		3	
Hilos		3	3
Resistencia cantilever de aisladores		4000	4000
Clase IEC-168 de aisladores		A	A
Densidad de corriente en barras	A/cm ²	155	155

Tabla No. 2.2 Características generales para la selección de la cuchilla de paso.

2.1.5 Interruptor en media tensión

Celda para interruptor en media tensión, conteniendo, un interruptor en aire de 3 polos ____A, 1 tiro, operación manual y simultanea con carga, montaje fijo, provisto de 3 fusibles limitadores de corriente de alta capacidad interruptiva, de ____ A, tensión nominal ____ kV, 60 Hz, NBI 90 kV, equipado con dispositivo que dispara tripolarmente cuando alguno de los fusibles opera por corto circuito, accionamiento de palanca, barras principales y soportes necesarios, barra de puesta a tierra a todo lo largo del gabinete.

Apartarrayos de óxidos metálicos de ____ kV.

La posición del interruptor debe ser fase A, fase B y fase C de izquierda a derecha visto de frente. La interconexión del interruptor con el primario del transformador debe efectuarse con barra y conectores flexibles de capacidad adecuada de acuerdo a la capacidad del transformador.

La celda también debe contener:

- a) Puerta abatible al frente, cierre giratorio. Con tres puntos de cierre.
- b) Mirillas de cristal inastillable o de policarbonato
- c) Bloqueo mecánico en la puerta para evitar su apertura cuando el desconectador está en la posición de cerrado, el fabricante debe garantizar su correcto funcionamiento. Manija de presión en acero galvanizado, bloqueada mecánicamente cuando el desconectador esta en la posición de cerrado para evitar la apertura de la puerta.
- d) Cierre de presión en la puerta tipo levante y jale en acero cromado y con tres puntos de cierre.
- e) Portacandado en las posiciones de abierto – cerrado.
- f) Mecanismo de disco para la operación del seccionador.
- g) Aisladores tipo A.
- h) Bus de cobre electrolítico adecuado para 400 A.
- i) Bus de cobre electrolítico de 0.635 x 2.54 cm a todo lo largo de la celda para puesta a tierra.
- j) Leyendas informativas en vinilo de alta resistencia al frente de la celda para la correcta operación del interruptor.

- k) Una zapata mecánica conectada a la barra de tierra de calibre 4/0 AWG.
- l) La estructura para montar el interruptor se debe aterrizar con barra o con cable desnudo calibre 4 AWG.
- m) Fusibles.

Característica	Unidad	Tensión de la subestación	
		15 y 25 kV	34.5 kV

Tensión nominal de operación	kV	23	34.5
Corriente nominal del equipo	A	400	400
Nivel básico al impulso (BIL)	kV	125	150
Tensión de prueba a 60 Hz durante 1 minuto	kV	60	80
Frecuencia nominal	Hz	60	60
Corriente en tiempo corto, pico 1 Seg	kA	25	25
Fases		3	
Hilos		3	3
Resistencia cantilever de aisladores		4000	4000
Clase IEC-168 de aisladores		A	A
Densidad de corriente en barras	A/cm ²	155	155

Tabla No. 2.2A. Características generales para la selección del interruptor en alta tensión con conexión estrella-estrella o delta estrella.

Característica	Unidad	Tensión de la subestación		
		15 y 25 kV	23 KVA	34.5 kV
Capacidad del transformador		Capacidad nominal de los fusibles		
300 KVA	A	25	16	16
500 kVA A 40 25 16	A	40	25	16
750 kVA	A	65	40	25
1000 kVA	A	100	65	40
1250 kVA	A	100	65	40
1500 kVA	A	125	100	65

Tabla No. 2.3. Características generales para la selección de los fusibles en alta tensión.

2.1.6 Apartarrays

Apartarrays de óxidos metálicos de _____ kV.

- Los apartarrays deben ser de óxido de zinc de envoltura polimérica, seleccionados en base al factor de autorización del sistema del suministrador, generalmente se seleccionan de acuerdo a la tabla No. 4 y a los requisitos del suministrador indicados en los planos del proyecto (para factor de aterrizamiento 1.0 ver tabla No. 4A)
- Los apartarrays se deben conectar entre la cuchilla de servicio y el interruptor en alta tensión
- Los apartarrays se deben aterrizar con conductor de cobre de calibre 6 AWG como mínimo o con barra de sección transversal equivalente.

Característica	Unidad	Tensión de la subestación		
		15 kV	25 KVA	34.5 kV
Tensión nominal del apartarrayos	KV	12	18	27
MCOV		10.2	23.8	23.8

Tabla No.2. 4. Características generales para la selección de los apartarrays cuando el factor de aterrizamiento es 1.0

La celda de acoplamiento deberá contener barras de cobre de ____A. sin puertas ni ventanas con una densidad de barras de cobre de 155A/cm².

Zapatillas de conexión bimetálicas para interconectar el primario del transformador mediante cable semiaislado entre estas zapatillas y las terminales del transformador.

2.1.6 Transformador auto enfriado en líquido knan

Transformador auto enfriado en líquido biodegradable con un punto de ignición mayor a 300°C, clase KNAN, de _____ kVA y _____ kV, 3 fases, 4 hilos, 60 Hz, conexión _____ en el primario y _____ KV conexión _____ en el secundario, con 4 derivaciones de 2.5 % cada una, 2 arriba y 2 abajo de la tensión nominal primaria y una sobre elevación de temperatura de 55 °C sobre una temperatura ambiente de 30-40 °C como máximo y una eficiencia de 98.5%, con una impedancia de 5.75 a 6% mínima, el nivel de ruido debe estar de acuerdo con

las normas en vigor, para operar a una altura de 2400 MSNM.

La celda también debe contener:

a) La conexión en alta tensión debe ser con barra y conectores flexibles de capacidad adecuada de acuerdo a la capacidad del transformador. Así mismo deberá contar con los aisladores y soportes necesarios para garantizar la rigidez mecánica que garantice la capacidad de corto circuito que aplique en el lado de alta y de baja tensión.

b) La conexión en baja tensión debe ser con barras de cobre y conectores flexibles (trenzillas) considerando una densidad de corriente de 155 A/cm^2 , hasta salir de la celda del transformador.

c) Se debe aplicar las siguientes pruebas al transformador, las cuales servirán como protocolo y deben ser entregadas a la gerencia de compras antes de ser entregado el equipo en obra:

- Prueba de tensión aplicada.
- Prueba de tensión inducida.
- Prueba de resistencia de aislamiento.
- Medida de relación de transformación y secuencia de fases.
- Medida de relación de resistencia en alta y baja tensión.
- Medida de las pérdidas en el hierro y la corriente de vacío.
- Medida de las pérdidas en el cobre y la tensión de corto circuito.
- Comprobación del grupo de conexión y polaridad.
- % de corriente de excitación.
- % de impedancia.

Las pruebas deben ser certificadas

d) El fabricante debe garantizar el funcionamiento del transformadora plena carga durante el tiempo indeterminado, considerando que la temperatura ambiente será de _____°C promedio en época de calor.

Característica	Unidad	Tensión de la subestación		
		15 y 25 kV	23 KVA	34.5 kV

Capacidad del transformador		Impedancia del transformador		
300 KVA	%	5.75 - 6.0	5.75 - 6.0	5.75 - 6.0
500 KVA	%	5.75 - 6.0	5.75 - 6.0	5.75 - 6.0
750 KVA	%	5.75 - 6.0	5.75 - 6.5	5.75 - 6.5
1000 KVA	%	5.75 - 6.0	5.75 - 6.0	5.75 - 6.0
1250 KVA	%	5.75 - 6.0	5.75 - 6.0	5.75 - 6.0
1500 kVa	%	5.75 - 6.0	5.75 - 6.0	5.75 - 6.0

Tabla No. 2.5. Características generales para la selección de la impedancia del transformador.

Característica	Unidad	Tensión de la subestación		
		15 y 25 kV	23 KVA	34.5 kV

Capacidad del transformador	KVA	300	300	300
	KVA	500	500	500
	KVA	750	750	750
	KVA	1000	1000	1000
	KVA	1250	1250	1250
	KVA	1500	1500	1500
Tensión en el secundario del transformador	V	480/277	480/277	480/277
Tipo del transformador		Delta -estrella	Delta -estrella	Delta -estrella
		Estrella- Estrella	Estrella- Estrella	Estrella- Estrella

Tabla No. 2.6. Características generales para la selección del transformador.

La celda de acoplamiento deberá contener barras de cobre de ____A. sin puertas ni ventanas con una densidad de barras de cobre de 155A/cm².

2.1.7 Interruptor general en baja tensión

Celda para interruptor general en baja tensión conteniendo, un interruptor general electromagnético LSG, operación manual, montaje fijo con protección de falla a tierra de (1000Amp. o más), tipo autosoportados de frente muerto, 3 fases, 4 hilos,

480/277 V, conteniendo barras verticales y horizontales de capacidad de conducción de corriente _____A, adecuada a la corriente máxima del secundario del transformador, para acoplar el transformador con el interruptor general en baja tensión y con el tablero general de distribución en baja tensión (ver tabla no.2.7)

En la sección del interruptor se debe instalar una barra para interconectar las barras de neutro y tierra (aterrizar el neutro X_0), en dicha barra (puente de unión) se debe instalar el sensor de falla a tierra.

La celda también debe contener:

- a) Bus de cobre electrolítico adecuado para _____ A
- b) Bus de cobre electrolítico para neutro al 100 % de la corriente secundaria del transformador.
- c) Bus de cobre electrolítico de 0.635 x 2.54 cm a todo lo largo de la celda para puesta a tierra.
- d) Aisladores adecuados para 600 V.
- e) Interruptor electromagnético de capacidad nominal de acuerdo a la máxima corriente demandada en el secundario del transformador y con una capacidad interruptiva mínima de acuerdo al valor de corriente de corto circuito calculada.
- f) Una zapata mecánica conectada a la barra de tierra de calibre 4/0 AWG.

Capacidad del transformador	Capacidad del interruptor general	Tipo de interruptor	Protección de falla tierra	Capacidad de las barras para interconexión
300 kVA	3P – 400 A	Termomagnético	SI EN Y-Y, NO EN D-Y	400 A
500 kVA	3P – 600 A	Termomagnético	SI EN Y-Y, NO EN D-Y	600 A
750 kVA	3P – 1000 A	Electromagnético	Si	1000 A
1000 kVA	3P – 1200 A	Electromagnético	Si	1200 A
1250 kVA	3P – 1600 A	Electromagnético	Si	1600 A
1500 kVA	3P – 1600 A	Electromagnético	Si	2000 A

Tabla no. 2.7 Características generales para la selección del tipo de interruptor general en baja tensión y barras.

CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR	UNIDAD	TENSION DEL INTERRUPTOR R	AJUSTES DE COORDINACION 1 SETTING 1				AJUSTES DE COORDINACION 2 SETTING 1			
			LTPU	LTD	STPU	STD	LTPU	LTD	STPU	STD
300 KVA	A	480 VOLTS	1	15	4	0.2	0.92			
500 KVA	A	480 VOLTS	1	15	4	0.2	1			
750 KVA	A	480 VOLTS	0.8	15	4	0.2	0.9			
1000 KVA	A	480 VOLTS	1	15	4	0.2	1			
1250 KVA	A	480 VOLTS	1	15	4	0.2	0.95			
1500 KVA	A	480 VOLTS	1	15	4	0.2	0.92			

Tabla No. 2.8 Ajustes para la selección del Interruptor general de distribución en baja tensión.

La capacidad nominal e interruptiva de las protecciones se deben confirmar con los planos del proyecto de cada unidad.

12. TABLERO DE TRANSFERENCIA

Celda para equipo de transferencia automática, formado por: Hasta 1000 A dos contactores de 3P-1000A, Arriba de 1000 A dos interruptores Masterpact tipo NW de 3P-1000 A, sin unidad de disparo ni protección de falla a tierra, conectando el interruptor de servicio normal eléctrica y mecánicamente a la sección del interruptor general en baja tensión por medio barra de cobre aislado y conectando el interruptor de servicio de emergencia al grupo alterno por medio de cable aislado de calibre adecuado a la capacidad máxima de la planta de emergencia. Por la parte inferior se reciben las tuberías que conectan al generador de energía eléctrica. La barra de neutro debe tener una capacidad del 100 % de la corriente en el secundario del transformador, con barra de tierra y fusibles limitadores de corriente para el sistema de control (se puede utilizar interruptores termomagnéticos para el sistema de control siempre y cuando sean adecuados para la corriente de corto circuito y se revise que los conductores soportan la corriente de falla) Además, debe contar con sistema de control y medición digital.

El arreglo de las barras en la sección de transferencia debe ser fase A, fase B y fase C, del frente hacia atrás, de arriba hacia abajo o de izquierda a derecha vistas desde el frente del equipo. Capacidad de corto circuito en las barras mínimo de 40 KA.

La transferencia será suministrada por el proveedor que designe el propietario, quien será el responsable de proporcionar e instalar en la planta del fabricante de

la subestación lo siguiente:

- Charola de control.
- Control.
- Interruptores (incluyendo conectores al bus principal).
- Cableado.

Capacidad del transformador	Capacidad de los interruptores de transferencia	Tipo de interruptores	Protección de falla tierra	Capacidad de las barras para interconexión
300 kVA	3P – 400 A	Contactores	NO	400 A
500 kVA	3P – 600 A	Termomagnéticos	NO	600 A
750 kVA	3P – 600 A	Electromagnéticos	NO	1000 A
1000 kVA	3P – 1000 A	Electromagnéticos	NO	1200 A
1250 kVA	3P – 1200 A	Electromagnéticos	NO	1600 A
1500 kVA	3P – 2000 A	Electromagnéticos	NO	2000 A

Tabla No. 2.9. Características generales para la selección del tipo y la capacidad de los interruptores de transferencia.

2.2 Tablero de distribución en baja tensión

Celda para tablero general en baja tensión conteniendo, un tablero de distribución tipo autoportado de frente muerto, 3 fases, 4 hilos, 480/277 V, con interruptores derivados, en baja tensión, barras de _____ A, acoplado con barras de _____ A al tablero de transferencia. Capacidad de corto circuito en las barras mínimo de _____ KA.

El arreglo de las barras en la sección del tablero de baja tensión y su acoplamiento debe ser fase A, fase B y fase C, del frente hacia atrás, de arriba hacia abajo o de izquierda a derecha vistas desde el frente del equipo.

Los interruptores deben ser de marcas comerciales y con una red de distribución y refacciones en toda la República Mexicana.

La celda también debe contener:

- Bus de cobre electrolítico adecuado para _____A (las barras deben ser de la altura del tablero para futuras ampliaciones)
- Bus de cobre electrolítico para neutro al 100 % de la corriente secundaria del transformador.
- Bus de cobre electrolítico de 0.635 x 2.54 cm a todo lo largo de la celda

para puesta a tierra.

- Aisladores adecuados para 600 V.
- Interruptores derivados de la capacidad nominal indicada en el proyecto.
- Interruptores derivados de la capacidad interruptiva indicada en proyecto.
- Soportes adecuados para el cableado de los interruptores, respetando el radio de curvatura de los mismos.
- Los interruptores deben contar con zapatas adecuadas para el número y calibre de los conductores que se indican en proyecto.
- Los interruptores derivados deben identificarse de acuerdo a la carga que alimentan (la nomenclatura se indica en los planos de cada unidad)
- Chapas en las puertas frontales para evitar el robo de los interruptores derivados.
- Espacio lateral suficiente para permitir el radio de curvatura del conductor de mayor calibre en toda la sección.

Capacidad del transformador	Capacidad mínima de las barras	Capacidad interruptiva mínima del tablero y protecciones	Tensión nominal de operación
300 kVA	400 A 1	14 kA	480/277 V
480/277 V	480/277 V	480/277 V	480/277 V
750 kVA	750 kVA	25 kA	480/277 V
1000 kVA	1200 A	25 kA	480/277 V
1250 kVA	1600 A	35 kA	480/277 V
1500 kVA	2000 A	35 kA	480/277 V

Tabla No. 2.10. Características generales para la selección del tablero general de distribución en baja tensión.

2.3 Banco automático de capacitores para corrección de factor de potencia.

Celda para banco de capacitores automático de ___ kVAR, automático, 60 Hz, 480 V, compuesto por:

- Celdas trifásicas secas encapsuladas en resina de poliuretano, libres de PCB's de polipropileno metalizado autorregenerable y de bajas pérdidas.

Cada celda debe contar con un sistema antiexplosión por sobre presión que desconecte el capacitor en caso de falla.

- Contactores diseñados especialmente para cargas capacitivas y fusibles tipo FNQR o similar para todas las fases de cada capacitor.
- Regulador de potencia reactiva tipo Varlogic 12R de 12 pasos, alimentación a 230 V, 60 Hz, para transformador de corriente de $x/5$, ajuste automático del valor C/K, con tiempo de inserción de capacitores de 10 a 30 Seg. Programas: 1:1:1, 1:2:2, 1:2:4, 1:1:2, 1:1:2:2:4. Indicaciones en pantalla LCD de: Coseno phi, tendencia, estado de capacitores, tensión (L1, L2, L3), corriente (secundario), frecuencia, energía (activa, reactiva y aparente) programa de conexión.
- Transformador de corriente para la señal del banco automático.
- Extractor de aire caliente en la parte posterior de la celda, que opere de manera automática con el controlador del banco.

Capacidad del transformador en kVA	Potencia del capacitor en kVAR	KVAR por paso	Pasos	Transformador de corriente
300	75	15	5	1000:5
500	100	20	5	1000:5
750	125	25	5	1600:5
1000	150	30	5	2000:5
1250	175	40	5	2000:5
1599	200	50	5	2000:5

Tabla No. 2.11. Características generales para la selección del banco de capacitores.

2.4 Accesorios y equipo de seguridad

A) Equipo de protección y seguridad.

Gabinete conteniendo equipo de protección y seguridad para el personal, el cual debe contener:

- a) Un juego de guantes dieléctricos adecuados para la tensión del sistema.
- b) Un casco dieléctrico.

- c) Unas gafas de policarbonato.
- d) Un par de botas dieléctricas No. 28.
- e) Un extintor de 9.1 kg ABC.
- f) Espacio para fusibles de repuesto.
- g) Tres fusibles de repuesto de características idénticas a los instalados en el interruptor de alta tensión

B) Tarimas aislantes

Tanto en el pasillo de MT como de BT se deberá considerar una tarima aislantes con un espesor adecuado para caminar sobre ella. Su fijación no debe ser con materiales metálicos.

C) Equipo de medición en baja tensión.

En la parte superior de la sección de transferencia de 480/277 V se debe dejar las preparaciones para instalar el equipo de medición en baja tensión SATEC PM 172W, la conexión se debe realizar de acuerdo a las especificaciones del fabricante.

D) Equipo de ahorro de energía Novar.

Es necesario instalar una placa de 50 x 50 cm de material plástico para el montaje del equipo de ahorro de energía, ubicada en la sección de transferencia.

E) Servicios propios de la subestación ultracompacta.

Los servicios propios de la subestación se deben alimentar a través de un transformador seco de 15 kVA en 480 – 220/127 V, trifásico, con cambiador de derivaciones de +2, -2 del voltaje nominal, 3 fases, 4 hilos, 60 Hz y para operar a una altura de _____ MSNM, con una sobre elevación de temperatura de 150 °C.

En el tablero general de 480 V se debe instalar un interruptor termomagnético de 3P-20 A para alimentar al transformador de 15 kVA por medio de conductores de calibre adecuado por corriente y corto circuito (conductores de calibre 6 AWG de una longitud mínima de 5 metros)

En el secundario del transformador se debe conectar el tablero de servicios propios, el tablero debe ser adecuado para 220/127 V, 3 F, 4 H, con interruptor principal de 3P-50 A e interruptores derivados para alimentar a los siguientes

equipos:

- a) Sistema de alumbrado compuesto por luminarios fluorescentes con rejilla de alambre con 2 lámparas 32 W (T8), 127 V, encendido instantáneo, balastro electrónico. Alimentadas con un interruptor de 1P-10 A.
- b) Sistema de alumbrado de emergencia compuesto por un equipo de emergencia con 2 reflectores 3.5 W, para 5 horas continuas de respaldo, conectado a un contacto monofásico de 15 A, 127 V alimentado con un interruptor de 1P-10 A.
- c) Sistema de 2 contactos monofásicos de 15 A 127 V para servicio. Alimentados por un interruptor de 1P-15 A.
- d) Sistema de extracción de aire compuesto por 3 extractores de alta temperatura de 127 V colocados, uno en la parte superior posterior de la sección de la subestación, otro en la parte posterior del tablero general y el otro en la celda del capacitor alimentados por un interruptor de 1P-10 A.
- e) Sistema de resistencias calefactoras

No se permite instalar conductores sin canalizar afuera de los gabinetes.

F) Interruptor para el sistema contra incendio

Se debe instalar un interruptor en baja tensión (480 V) de 3 polos, para alimentar el sistema contra incendio, los conductores que alimentan el interruptor se deben conectar antes del interruptor general de baja tensión.

El marco de este interruptor será de acuerdo a lo especificado en la tabla 10.

El interruptor del sistema contra incendio debe ser del tipo termomagnético con marco adecuado a la corriente a rotor bloqueado, excepto SAM´S en cuyo caso será del tipo magnético con marco adecuado a la corriente nominal del motor (de acuerdo al proyecto) y con ajuste magnético de acuerdo a la corriente a rotor bloqueado del motor. La capacidad interruptiva debe ser adecuada a la corriente de falla para el tablero general.

G) Identificación de equipos y directorio de circuitos.

Todos los equipos se deben identificar con una placa de material adecuado con el nombre del equipo. En el tablero general de baja tensión se deben identificar los interruptores con una placa de material adecuado que indique el nombre del tablero o carga que se alimenta. En el tablero de servicios se debe colocar un

directorio de circuitos.

H) Código de colores.

Todo el alambrado de control se realizara de acuerdo a los estándares del proveedor de la subestación, exceptuando los conductores que se conecten al tablero de servicios propios; ya que en este caso se aplica el código de colores de Wal Mart. En los calibres que solamente se fabriquen en color negro se identificara en ambos extremos con una cinta adecuada del color especificado.

Fase	Tensión 480/277 V	Tensión 220/127 V
Fase A	Café	Negro
Fase B	Naranja	Rojo
Fase B	Amarillo	Azul
Neutro	Gris claro	Blanco
Puesta a tierra	Verde	Verde

Tabla No. 2.12. Código de colores para el aislamiento de los conductores en baja tensión.

2.5 Documentos.

El fabricante de la subestación ultracompacta debe entregar a la Supervisión de Wal Mart en obra (al momento de la instalación de la subestación) y a la Gerencia de la tienda o encargado de mantenimiento (al momento de las pruebas y puesta en marcha); la siguiente documentación:

- a) Manuales e instructivos de operación y mantenimiento de todos los equipos.
- b) Protocolo de pruebas del fabricante de cada equipo.
- c) Garantías de cada equipo y de la subestación en su conjunto por escrito.
- d) Planos de taller y diagramas de los fabricantes
- e) Certificados de los materiales y equipos sujetos a Normas Oficiales Mexicanas y Normas Mexicanas

17. Garantía y Servicios de Emergencia

El fabricante de la subestación deberá garantizar el equipo al menos por 12 meses a partir de la puesta en marcha o 18 meses contados a partir del embarque del equipo, lo que ocurra primero.

El proveedor de la subestación deberá cotizar por separado el servicio de mantenimiento preventivo, el cual constará de al menos tres visitas a la subestación; y que incluya una póliza de servicios de emergencia que atienda las

24 horas del día y los 365 días del año.

El proveedor deberá entregar el listado de los Centros de Servicio con que cuenta en la República Mexicana; así como el listado de tiempos de repuesta de acuerdo al kilometraje que aplique de su centro de Servicio a la unidad en la cual se instaló la subestación.

Nota: debido a que los interruptores de transferencia no cuentan con protección de falla a tierra en los casos en que el interruptor sea para 1000amp. O más será necesario que el Interruptor de la planta generadora cuente con la protección de falla a tierra.

2.6 ANEXO.

Dimensiones de los transformadores (tabla 2.13)

DIMENSIONES DE LOS TRANSFORMADORES																		
VOLTS	KVA	DIMENSIONES EN PULGADAS							THROAT S.L.V.			THROAT S.H.V.			WT(LB)	GAL. (OIL)		
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	H	I	J			K	L
15	300	56 3/4	54 3/4	50 3/4	43 3/4	30	26	35 3/4	25 1/2	19 3/4	19 3/4	35 1/2	19 3/4	19 3/4	10	5 3/4	2963	103
25	300	56 3/4	58 3/4	50 3/4	43 3/4	30	24	35 3/4	25 1/2	19 3/4	19 3/4	45 1/4	23 3/4	23 3/4	12 1/4	5 3/4	3062	102
34.5	300	56 3/4	58 1/4	50 3/4	43 3/4	30	21	35 3/4	25 1/2	19 3/4	19 3/4	63	29 1/2	21 3/4	17	5 3/4	3239	106
15	500	61 3/4	55	67	48	34 1/4	30 1/4	40 1/4	25 1/2	19 3/4	19 3/4	35 1/2	19 3/4	19 3/4	10	5 3/4	3754	108
25	500	61 3/4	59	67	48	34 1/4	25 1/4	40 1/4	25 1/2	19 3/4	19 3/4	45 1/4	23 3/4	23 3/4	12 1/4	5 3/4	3801	111
34.5	500	61 3/4	59	67	48	34 1/4	25 1/2	40 1/4	25 1/2	19 3/4	19 3/4	63	29 1/2	21 3/4	17	5 3/4	3977	132
15	750	67	63 3/4	78	51 1/2	33 3/4	33 3/4	43 3/4	25 1/2	23 3/4	27 1/2	35 1/2	19 3/4	19 3/4	10	5 3/4	5300	175
25	750	67	63 3/4	78	51 1/2	33 3/4	31 3/4	43 3/4	25 1/2	23 3/4	27 1/2	25 3/4	23 3/4	23 3/4	12 1/4	5 3/4	5443	174
34.5	750	67	63 3/4	95 3/4	51 1/2	33 3/4	30	43 3/4	25 1/2	23 3/4	27 1/2	63	29 1/2	21 3/4	17	5 3/4	5520	178
15	1000	72	69 3/4	81 1/2	54 3/4	37	37	46 3/4	25 1/2	23 3/4	27 1/2	35 1/2	19 3/4	19 3/4	10	5 3/4	6523	207
25	1000	72	69 3/4	81 1/2	54 3/4	37	35	46 3/4	25 1/2	23 3/4	27 1/2	45 1/4	23 3/4	23 3/4	12 1/4	5 3/4	6616	206
34.5	1000	72	69 3/4	99 1/4	54 3/4	37	32	46 3/4	25 1/2	23 3/4	27 1/2	63	29 1/2	21 3/4	17	5 3/4	6796	185
15	1250	75 1/2	72	90 1/2	58 1/7	40 1/2	40 1/2	50 1/2	25 1/2	23 3/4	27 1/2	35 1/2	19 3/4	19 3/4	10	5 3/4	9202	270
25	1250	75 1/2	72	90 1/2	58 1/7	40 1/2	38 1/2	50 1/2	25 1/2	23 3/4	27 1/2	45 1/4	23 3/4	23 3/4	12 1/4	5 3/4	9308	269
34.5	1250	75 1/2	72	109 1/2	58 1/7	40 1/2	35 1/2	50 1/2	25 1/2	23 3/4	27 1/2	63	29 1/2	21 3/4	17	5 3/4	9502	287
15	1500	75 1/2	72	90 1/2	58 1/7	40 1/2	40 1/2	50 1/2	25 1/2	23 3/4	27 1/2	35 1/2	19 3/4	19 3/4	10	5 3/4	9202	270
25	1500	75 1/2	72	90 1/2	58 1/7	40 1/2	38 1/2	50 1/2	25 1/2	23 3/4	27 1/2	45 1/4	23 3/4	23 3/4	12 1/4	5 3/4	9308	269
34.5	1500	75 1/2	72	109 1/2	58 1/7	40 1/2	35 1/2	50 1/2	25 1/2	23 3/4	27 1/2	63	29 1/2	21 3/4	17	5 3/4	9502	287

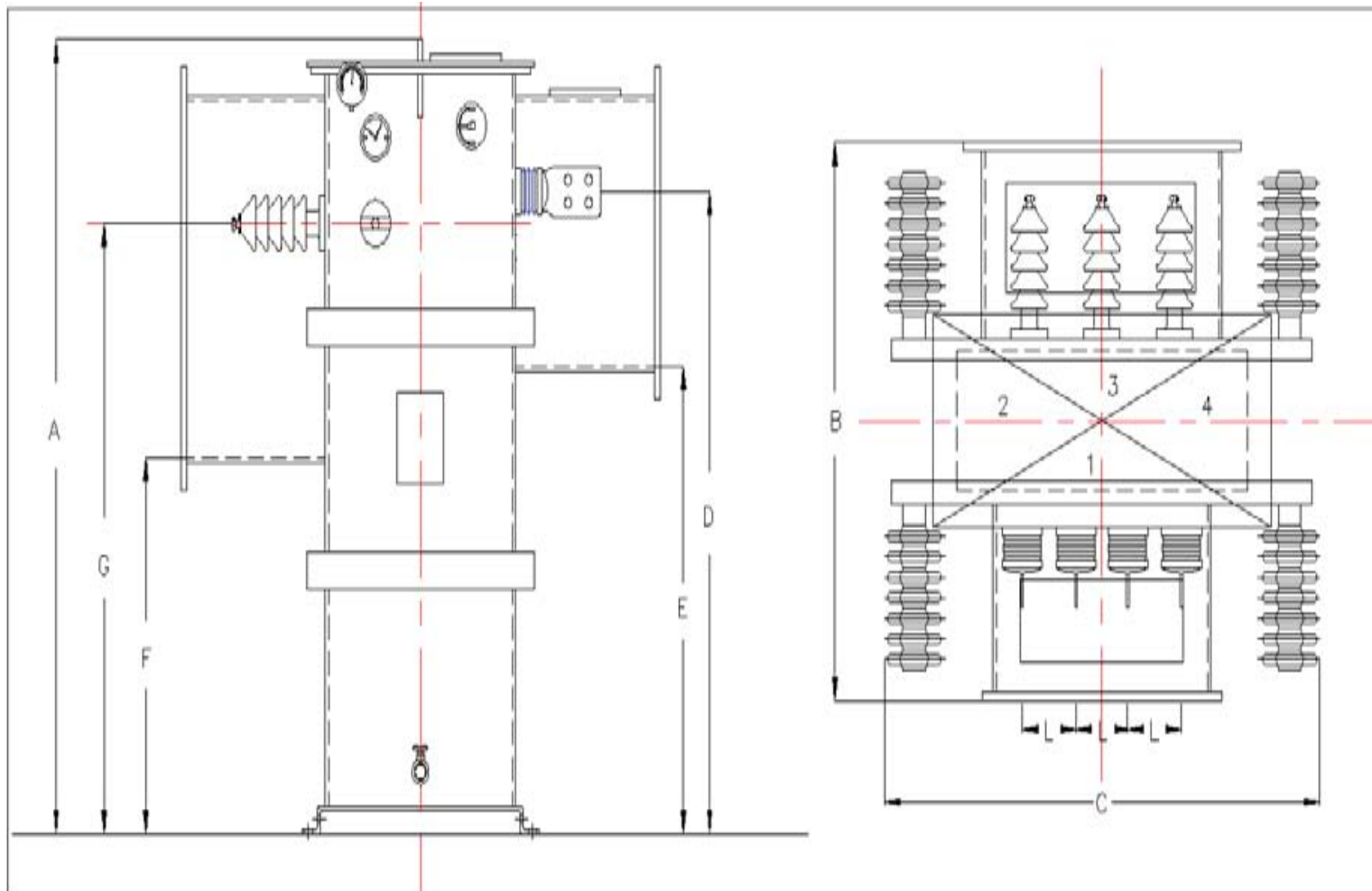


FIG 2.1 DIMENSIONES DE UN TRANSFORMADOR

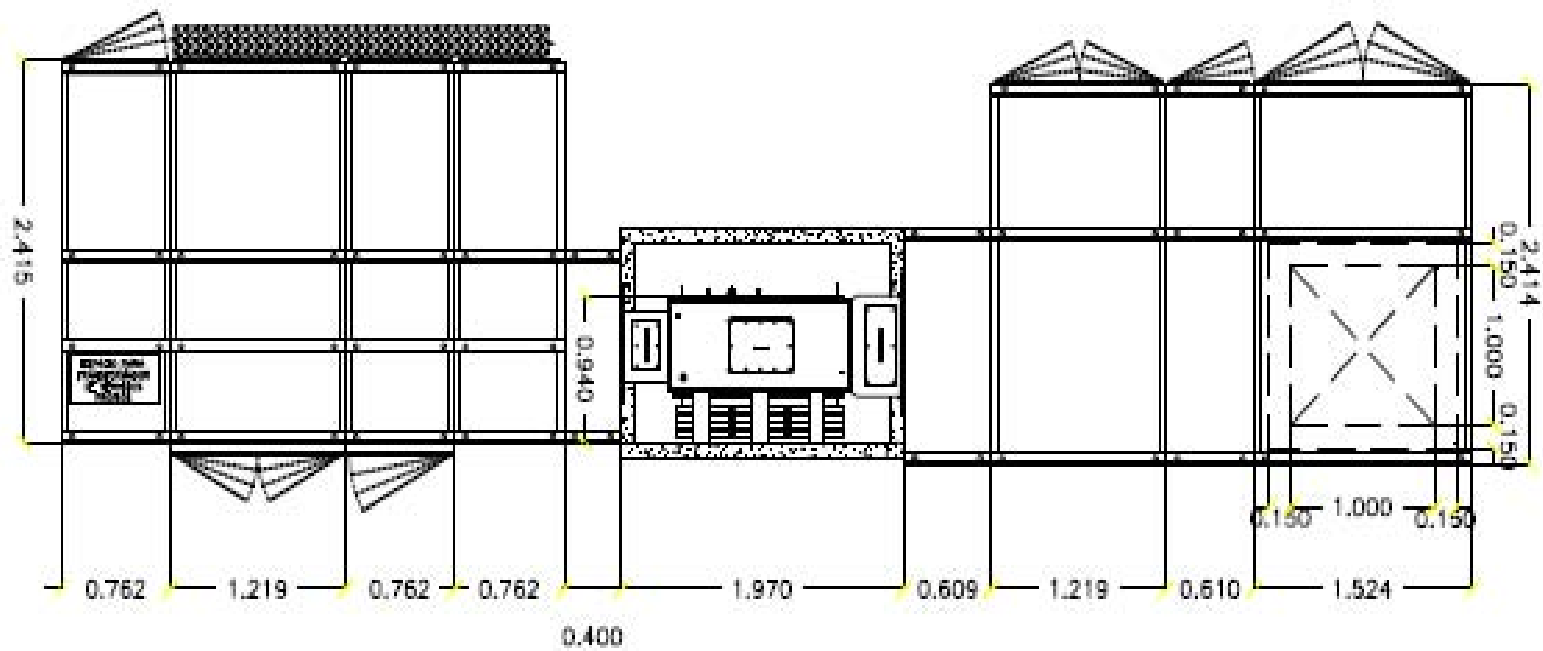


FIG 2.2 SUBESTACIÓN DE 13 A 23 KV. CON TR-300 KVA.

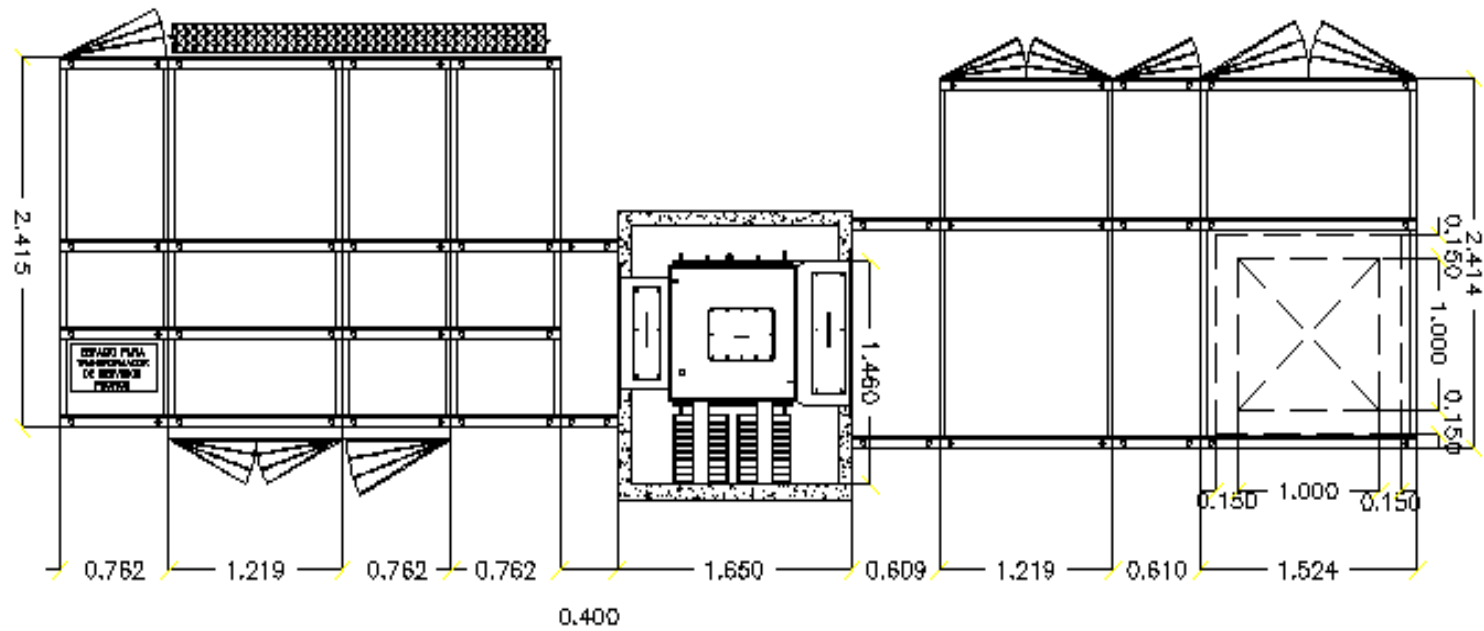


FIG 2.3 SUBESTACIÓN DE 13 A 23 KV CON TR-500 KVA

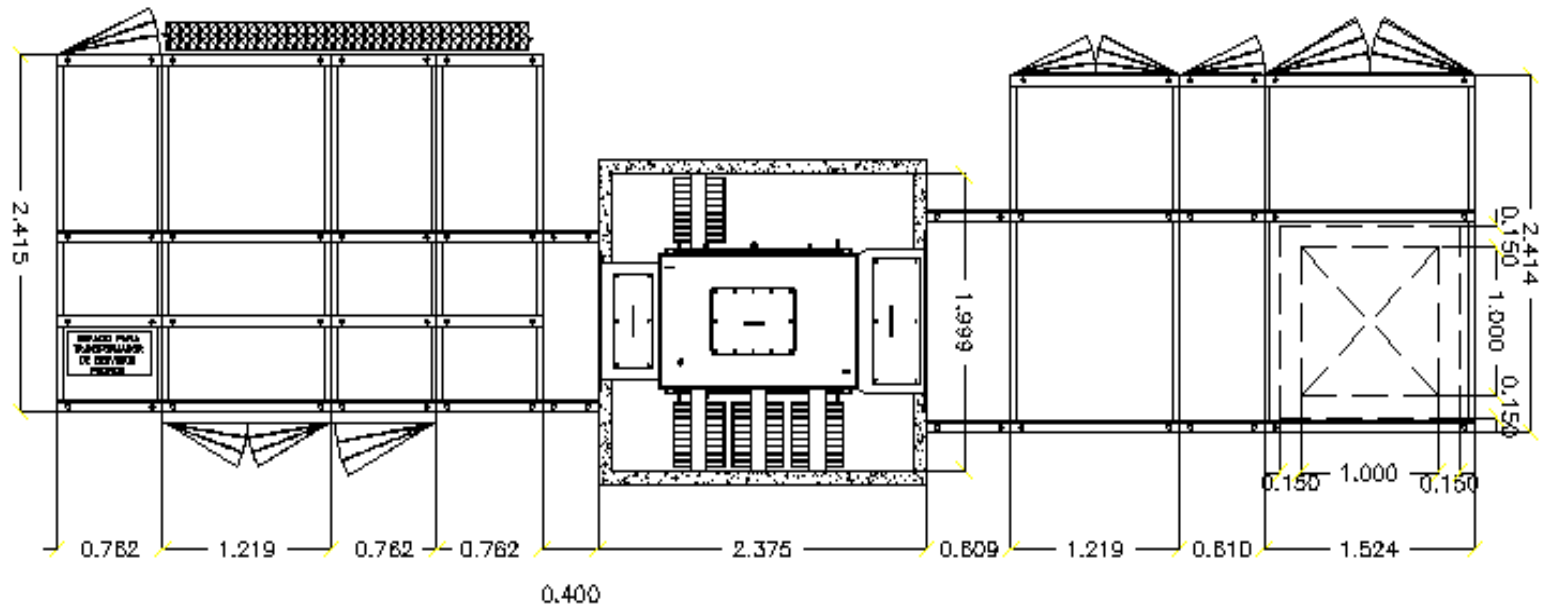


FIG 2.4 SUBESTACION DE 13 A 23 KV. CON TR-750KVA.

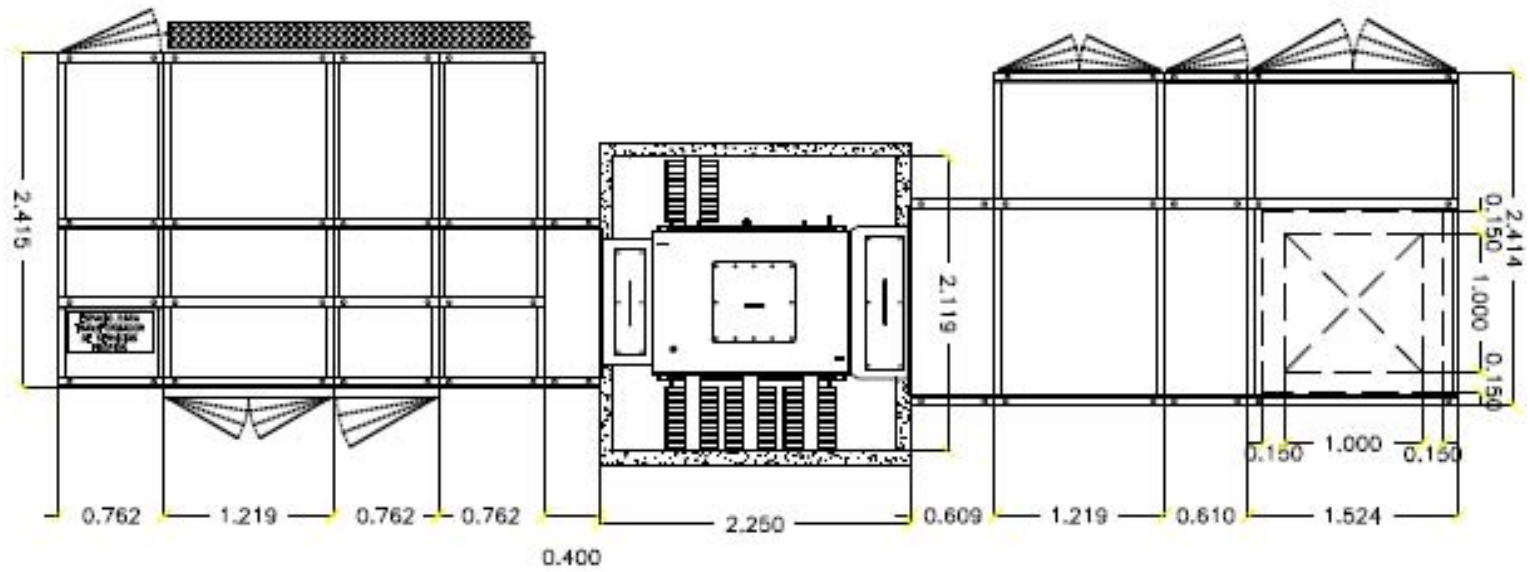


FIG 2.5 SUBESTACION DE 13 A 23 KV CON TR-1000KVA.

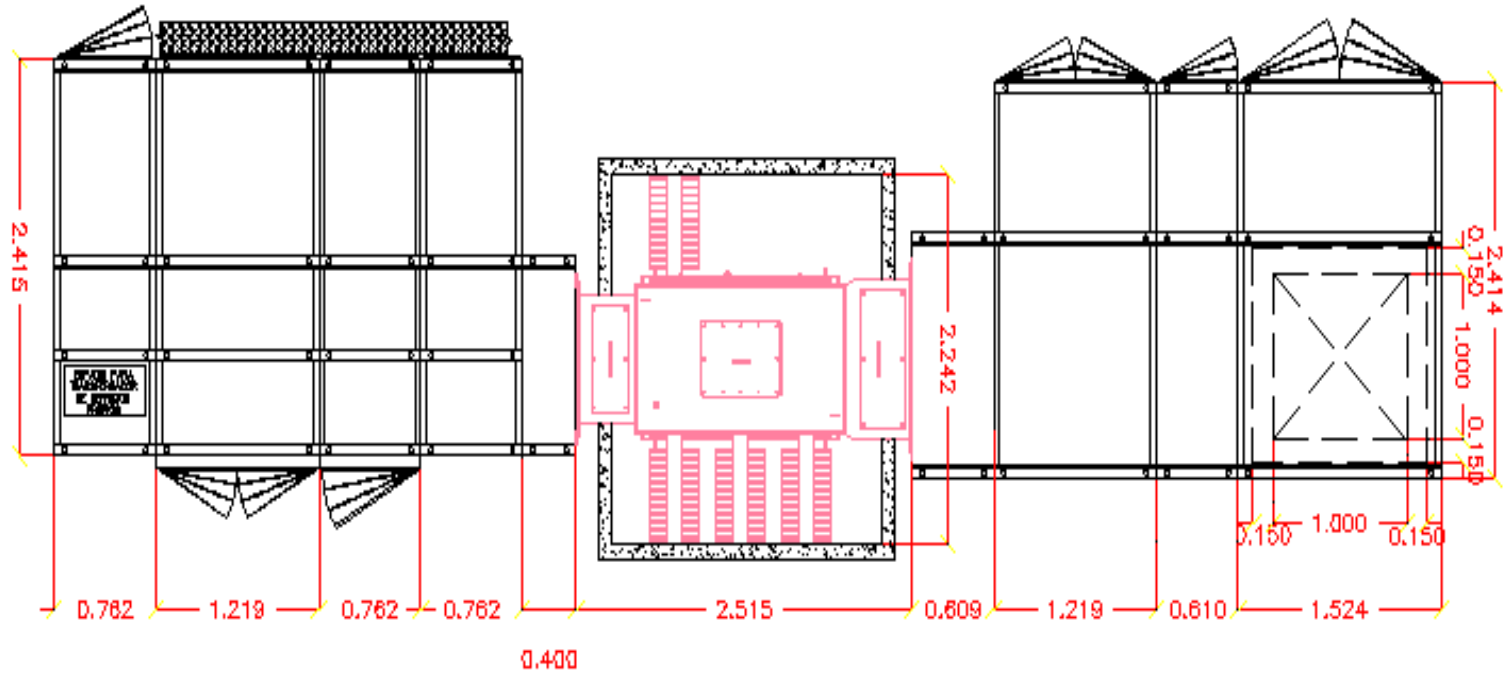


FIG 2.6 SUBESTACION DE 13 A 23 KV CON TR-1500 KVA.

CAPITULO 3

MEMORIA DE CALCULO ELECTRICO PARA TIENDAS DE AUTOSERVICIO.

3.1 Normas aplicables.

El objetivo de las normas es establecer las especificaciones y lineamientos de carácter técnico que deben satisfacer las instalaciones destinadas a la utilización de la energía eléctrica a fin de que ofrezcan condiciones adecuadas de seguridad para las personas y sus propiedades referente a la protección por daños eléctricos. Las normas y códigos contienen regulaciones que establecen requerimientos de diseño e instalación de equipos y sistemas eléctricos.

- Las siguientes normas y códigos aplican para los locales comerciales y la plaza Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2005, relativa a las instalaciones destinadas al suministro y uso de la energía eléctrica.
- National Electrical Code 1996. El Nacional Electrical Code (NEC), es una publicación de la NFPA para salvaguardar la pérdida de la vida y de la propiedad.
- Life Safety Code. Es una publicación de la NFPA, establece los requerimientos mínimos de alumbrado para evacuación y emergencia de edificios, impacta en el alumbrado de evacuación.
- National Fire Protection Association (NFPA). La NFPA es una organización reconocida internacionalmente dedicada a promover la ciencia de la protección contra el fuego y mejorando las técnicas de protección contra el fuego.
- Underwriters laboratorios, Inc. (UL). La UL es una organización que investiga, prueba los materiales, dispositivos, productos y equipos, métodos de construcción y sistemas para definir peligros que puedan afectar la vida y la propiedad. Cualquier producto autorizado para llevar listado UL se ha evaluado con respecto a todos los peligros razonables a la vida y propiedad, y se ha determinado que proporciona seguridad en un cierto grado contra esos peligros.
- ANCE. Asociación Nacional de Normalización y Certificación del Sector eléctrico.

ANCE es una organización similar a UL pero en México.

- NOM-007-ENER-2004 (Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales).
- NOM-013-ENER 2004 (Eficiencia energética para sistemas de alumbrado para vialidades y exteriores de edificios).

El diseño y cálculo de los diferentes componentes del sistema eléctrico deberán estar aprobados y verificados de acuerdo a las normas que rigen en la actualidad y que hacen referencia al sistema eléctrico.

Las instalaciones eléctricas deberán sujetarse estrictamente a los planos de proyecto, a las especificaciones de materiales y equipos, a los alcances indicados en este, así como ejecutarse de acuerdo a la norma (Oficial Mexicana) NOM-001-SEDE-2005 al reglamento de construcción del Estado y a las Normas y lineamientos de la Dirección de Obras Los materiales y equipos eléctricos, deberán ser de primera calidad, de los tipos, número de catalogo y marcas aprobadas por la NOM-001-SEDE-2005.

Antes de iniciar los trabajos, el contratista presentará a la Dirección de Obra, muestra de los materiales que no sean los indicados en estas especificaciones con los números de NOM- 001-SEDE-2005, para su autorización; además que en el caso de equipos se presentaran catálogos ilustrativos, planos y/o diagramas del fabricante. La mano de obra será de primera calidad, hecha por personal competente calificado y con amplia experiencia en este tipo de trabajos.

Los trabajos de las instalaciones eléctricas, deberán hacerse con herramientas apropiadas y no se admitirán los trabajos desarrollados con herramientas inadecuadas. El sistema de trabajo, la programación y el desarrollo del mismo durante la ejecución de la obra, será el aprobado por la Dirección de Obra, de acuerdo con el programa que presente el contratista, para ser inte-relacionado con el programa de obra civil.

La posición exacta de las salidas eléctricas, contactos, alumbrado y de comunicaciones y seguridad, así como las trayectorias de las canalizaciones, deberán fijarse en la obra, de acuerdo con los planos de proyecto, las especificaciones respectivas y la Dirección de Obra.

El transporte de personal, materiales, equipos, además del almacenaje de materiales, equipos y herramientas, la vigilancia y la limpieza de desperdicios, forman parte de los alcances en los trabajos correspondientes a las instalaciones. Las estructuras, herrajes, colgadores, soportes, necesarios para la instalación y montaje de las canalizaciones y equipos eléctricos, serán suministrados e instalados por el contratista eléctrico.

Los trabajos de obra civil, albañilería, yeso, pintura y jardinería y / o decoración que son necesarios para la correcta ejecución de los trabajos, relativos a las instalaciones eléctricas serán hechas por otros contratistas, de acuerdo con la Dirección de la Obra, siempre y cuando estos trabajos sean programados con anticipación de los trabajos respectivos, de otra forma, serán por cuenta del contratista eléctrico.

Todos los materiales y equipos deberán ser instalados de manera correcta y limpia, la instalación de cualquier material o equipo que no se sujete a las normas, reglamentos y/o especificaciones, será removido y reinstalado y/o repuesto sin costo adicional para el propietario.

El contratista garantizará sus trabajos, materiales y equipos suministrados por él, por el termino de un año a partir del día en que se entreguen las instalaciones totalmente terminadas y operando correctamente.

Cualquier cambio o modificación a las especificaciones y planos de proyecto, no podrán efectuarse sin autorización escrita de la Dirección de la Obra. **Previo presupuesto autorizado.**

3.2 Coordinación y Aprobación.

El contratista deberá asistir a las juntas de coordinación que programe la Dirección de Obra, con el fin de solucionar problemas y no retrasar el avance de la obra. El contratista elaborará y presentara a la Dirección de la Obra, un programa de obra desglosado, en el cual muestre el tiempo de ejecución de sus trabajos coordinados con el avance de las instalaciones. El contratista se obliga a llevar bitácora de obra, para lo cual deberá tener permanentemente en la obra. La aprobación de las instalaciones ante la Unidad Verificadora, así como también la obtención del visto bueno por la misma para contratar el servicio eléctrico, son responsabilidad del contratista eléctrico, para ello

presentará los planos actualizados de los cambios o ajustes propios de la instalación

Instructivo de operación y manejo

El contratista deberá entregar un instructivo para operación y manejo de los diferentes sistemas que haya instalado.

Manuales de mantenimiento

El contratista deberá entregar los manuales oficiales de mantenimiento de los equipos instalados, certificados por los fabricantes y /o proveedores de los mismos.

Catálogos

Independientemente de los instructivos y manuales, el contratista deberá entregar un juego completo de catálogos de todos los equipos y materiales instalados.

Dibujos y boletines técnicos

El contratista deberá entregar los dibujos y boletines técnicos (con especificaciones) de todos los equipos, incluyendo los dibujos y datos de cimentaciones y /o bases de los mismos.

Listas de partes

El contratista deberá entregar una relación completa de los equipos de suministrados, con las listas de partes y de refacciones para cada uno de ellos.

Proveedores

El contratista deberá entregar una relación completa de los equipos y materiales instalados, indicando la razón social y datos generales de los proveedores.

Residente

El contratista se obliga a tener en la obra, un residente de tiempo completo o como requiera la obra, capaz y con autoridad para tomar decisiones.

Tuberías

Las tuberías tendrán una sección recta adecuada para alojar los conductores, de acuerdo con los establecidos en la NOM-001-SEDE-2005 tabla 10-1, esto es:

- a) Para un conductor se permite utilizar hasta 53% de la sección recta.
- b) Para dos conductores el 31%

c) Para más de dos conductores el 40% mínimo (incluyendo la sección del cobre y del aislamiento).

Las tuberías deberán ir separadas de otras instalaciones para evitar daños que pudieran sufrir en caso de fallas.

Las curvas de 90° en tubos, se harán con herramientas apropiadas para evitar las disminuciones de las secciones rectas y los radios interiores de dichas curvas deberán estar de acuerdo con el diámetro de las tuberías en la siguiente tabla 3.1

Tamaño nominal de la Tubería (mm)	Conductores sin Cubierta de plomo (mm)	Conductores con cubierta de plomo (mm)
13 – 16 (½")	102	152
19 – 21 (¾")	127	203
25 – 27 (1")	152	279
32 – 35 (1¼")	203	356
38 – 41 (1½")	254	406
50 – 53 (2")	305	533
63 – 63 (2½")	381	635
76 – 78 (3")	457	787
100 –103 (4")	610	1016
125 –129 (5")	762	1270
150 –155 (6")	914	1549

--	--	--

Las curvas de 90° se harán con codos de línea del fabricante. Las tuberías con más de 20 metros de longitud en un diámetro menor de 27 mm, deberán tener una caja de registro cada 20 m, y en ningún caso aceptara más de tres curvas en ángulo recto (90°) u varios dobleces equivalentes. Las tuberías conduit deberán conservarse limpias.

Las tuberías se acoplaran a las cajas de registro y salidas de interruptores, por medio de sus conectores especiales y contratuerca; invariablemente todas las tuberías y conectores deberán tener un monitor para proteger el aislamiento de los conductores. Las tuberías que se instalen en forma ahogada en losas y /o pisos, deberán fijarse firmemente a las cimbras junto con sus cajas, después de que se haya colocado el armado. Las tuberías colocadas deberán taponarse en sus extremos y salidas para evitar la introducción de cuerpos extraños, evitando dificulten o impidan el alambrado.

Ninguna tubería podrá sujetarse a otras tuberías eléctricas o no eléctricas (agua, ductos de aire acondicionado, etc.) ni de estructura de plafones falsos. Tampoco se podrán instalar usando amarres de alambre o soportes de madera.

3.2.1 Caja de conexiones y conductores.

Todas las cajas deberán fijarse a la construcción y ninguna podrá sujetarse exclusivamente por medio de las tuberías o ductos que se amarran a ellas. Todas las cajas para salidas, deberán taparse durante la construcción, para evitar la introducción de cuerpos extraños. Todas las cajas deberán quedar con tapas y /o placas y en ningún caso se permitirá que las cajas queden abiertas. Todas las cajas metálicas deben estar puestas a tierra; la cual se realizara con una conexión entre el conductor o conductores de puesta a tierra de cualquier equipo y la caja metálica por medio de un tornillo de tierra que no tenga otro uso o de un dispositivo aprobado y listado para puesta a tierra.

La instalación de conductores dentro de las tuberías, solo podrá hacerse en las secciones de tuberías que están totalmente terminadas y soportadas. Los

conductores deberán ser continuos de caja a caja, sin empalmes y conexiones dentro de las tuberías. El número de conectores que pueden instalarse en una tubería, estará limitado por la NOM-001-SEDE-2005 tablas de Apéndice C, de instalaciones eléctricas en vigor. El calibre del conductor mínimo para circuitos derivados de alumbrado será el número 12 y para circuitos derivados de contactos Cal. 10.

El aislamiento de los conductores deberá ser de diferente color para facilitar su identificación de acuerdo con el código de color que establece la NOM 001-SEDE-2005. Los conductores se instalarán sin cortes y conexiones en cajas intermedias, cuando no se tengan que alimentar salidas eléctricas de dichos conductores. Para que los conductores deslicen fácilmente dentro de los tubos, se recomienda el uso de compuestos especiales o talco, prohibiéndose el uso de aceite y grasas que dañan el aislamiento.

Las conexiones entre conductores se harán con conectores plásticos de media vuelta o a base de soldadura con un metal de aleación fundible, estos deberán de unirse previamente dejando al ultimo un encintado o con conectores mecánicos de cobre, aislados con las capas necesarias para igualar la resistencia dieléctrica del aislamiento del conductor y el aislamiento plástico, cubriendo además con cinta de fricción para su protección mecánica.

Antes de proceder a hacer las conexiones, se harán las pruebas necesarias para comprobar que se han seleccionado correctamente todos los circuitos, de acuerdo con los planos de proyecto; siendo necesario para ello, instalar y conectar los interruptores derivados del tablero respectivo.

3.2.2 Tableros e Interruptores

Todos los tableros deberán llevar la lista de los interruptores derivados con una leyenda escrita claramente y protegida con mica, identificando los circuitos derivados, conforme lo establece la NOM 001-SEDE-2005. Todos los conductores (terminales) en los tableros e interruptores deberán quedar identificados.

En todos los interruptores y equipo de control deberá dejarse un letrero indicando el circuito y el equipo que protegen y controlan. Todos los tableros deberán quedar balanceados eléctricamente.

3.2.3 Protección del alimentador

De acuerdo al artículo 240-6, las capacidades normalizadas para interruptores y fusibles son:

10,15,20,25, 30, 35,40,45,50,60,70,80, 90, 100, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 1000, 1200. 1600, 2000, 2500, 3000, 4000, 5000 y 6000 a Por lo tanto se tiene un interruptor termomagnético general de: 3 polos - 200 amp.

De acuerdo al artículo 240-3, los conductores deberán protegerse contra sobrecorriente de acuerdo a lo siguiente:

240-3-b.- dispositivos con rango de 800a o menos. La capacidad de los conductores debe corresponder a corriente nominal normalizada del interruptor, se permite el valor inmediato superior del dispositivo, solamente si esta capacidad no es mayor a los 800 a.

240-3-c.- dispositivos con rango mayor a 800a. La capacidad de los conductores debe corresponder a corriente nominal normalizada del interruptor, o bien ser mayor.

3.2.4 Accesorios para Alumbrado

Los apagadores y receptáculos deberán protegerse con cinta de plástico y contra de fricción cubriendo los puntos de conexión y puntos vivos, antes de fijarlos en las cajas respectivamente.

En general, los apagadores se instalaran a la altura que indiquen los planos.

Los apagadores se instalaran a la altura de 1.2 metros sobre el piso terminado.

Apagadores operados por medio de balancín, de línea intercambiable, tipo italiano operación silenciosa de acuerdo con los planos de proyecto y de la marca indicada en los planos de color marfil.

Los apagadores sencillos serán de 1 polo, 15 Amp. 127 volts, o 254 volts. En caso de existir.

3.2.5 Pruebas

Pruebas de rigidez dieléctrica (aislamiento). Esta prueba deberá hacerse en todos los circuitos por medio de un megger, de acuerdo con los que establecido por el fabricante y la NOM 001-SEDE-2005.

A continuación se dan los valores mínimos de resistencia del aislamiento, según las capacidades de conducción de los conductores, en condiciones de operación normales.

Capacidad de conducción (amp.) o calibre del conductor.	Resistencia del aislamiento para conductores con aislamiento para 600 Volts. en Ohms.
Núm. 12 y menores	1.000
25 a 50 amp.	0.250
51 a 100 amp.	0.100
101 a 200 amp	. 0.050
201 a 400 amp	. 0.025

TABLA 3.2

Los valores anteriores deberán medirse con todos los tableros, interruptores, dispositivos de protección contra sobre corriente, instalados y conectados en su lugar. Se deberá probar la continuidad de conexión a tierra de todos los conductores de conexión a tierra, cajas, partes metálicas de los equipos y partes metálicas de la instalación accesibles a las personas. Así como medir las resistencias a tierra y esta deberá estar dentro de los límites especificados por la NOM 001-SEDE-2005.

Todas las pruebas deberán efectuarse en presencia de la dirección de la obra y se deberán registrar por escrito todos los resultados de las mismas, será

requisito indispensable para la recepción de la instalación eléctrica, la presentación de dichos resultados.

3.3 Lineamientos para la ejecución de la mano de obra, en el tendido de cables para las redes eléctricas en general.

- Limpieza de registros normales.
- Guiado y limpieza de ductos.
- Tendido de cables.
- Transportarlo de bodega al lugar de uso.
- Regresar tramos desperdiciados a bodega.
- Poner herramienta de mano necesaria.
- Medir de registro a registro, para evitar cocas de desperdicio.
- Dejar cocas en registros derivados.
- Tratar de dejar el menor número de conexiones posibles.
- Unir los tramos donde se tenga registro.
- El tendido deberá comprender un registro inicial de uso hasta el registro final de conexión con sus derivaciones correspondientes.
- No se utilizaran grasas para instalar cable.
- Dejar perfectamente peinados los cables con su identificación del circuito o centro de carga alimentador. El cable en los registros no deberá apoyarse en el piso, deberá dejarse con apoyos aislados a muros, dejando placas de señalamiento de servicios que alimenta.
- Cabecear los extremos de los cables finales, mientras se efectúa la conexión mecánica y la protección con cinta de aislante.
- Quitar las tapas registros mientras se esté trabajando en el día, colocando señalamientos para evitar cualquier accidente, taparlos al terminar la jornada de trabajo.
- Señalar con pintura los registros de baja tensión en color o con letras B. T. en color amarillo.
- Ajustar perfectamente las tapas o reportar a la supervisión de obra para la Cía. constructora para que las arregle o las cambie, así mismo,

reportar registros mal contruidos, mal acabados o con faltantes de obra civil.

- Verificar el emboquillado de los tubos al paño de registros, reportando a la supervisión anomalías de estos.
- Efectuar las pruebas de continuidad del cable y de la resistencia del mismo en los extremos.
- Una vez terminados los trabajos, colocar la tapa y sellar con material que evite la entrada de agua o cuerpos extraños.
- Llevar a cabo todos los trabajos anteriores con la mayor seguridad posible.
- En caso de encontrar anomalías ajenas a la instalación eléctrica que afecte el buen servicio deberá ser reportado de inmediato y por escrito (bitácora o memorándum), a la supervisión de obra.

3.3.1Tubo conduit metálico y accesorios

Tubo conduit metálico y accesorios ESP No. T-1

Tubo conduit metálico rígido, de pared gruesa, galvanizado, roscado en sus extremos, del diámetro marcado en los planos de proyecto, norma NMX-B 709:

Accesorios para tubo conduit metálico rígido de pared gruesa

- Monitores metálicos, fundidos, fabricados con cuerda del diámetro adecuado al tubo conduit, con la boca pulida y sin presentar aristas que dañen el aislamiento de los conductores.
- Contratueras: metálicas, planas, troquelada, fabricadas con lámina de acero rolada en frío, galvanizadas, o bronce en forma de collarín dentado con cuatro, seis y ocho dientes, con cuerda interna, de los diámetros adecuados al tubo conduit.
- Coples de uniones: metálicos, en pared gruesa, fabricados con lámina de acero rolada en frío galvanizado de acuerdo con el tubo conduit y su diámetro, con cuerda interna de la misma marca del tubo conduit.
- Codos desvío a 90°, de pared gruesa galvanizada, roscado en sus extremos para el tubo.

Tubo conduit no metálico rígido de PVC tipo pesado

Tubo conduit, rígido de PVC. (Cloruro de polivinilo), tipo pesado del diámetro marcado en los planos de proyecto.

- Conectores (contras y monitores): Hechos de PVC. del diámetro de tubo y de la misma Marca. coples o uniones: hechos de PVC. y del diámetro del tubo y de la misma marca.
- Coples de dilatación: hechos de PVC. del diámetro del tubo y de la misma marca, Codos 90°: fabricadas de PVC del diámetro del tubo, de la misma marca.

Tubo conduit metálico flexible.

Tubo conduit metálico, flexible, de lámina de acero galvanizada, con cubierta exterior de PVC, sello hermético, resistente a la flama, liquido y vapores, incluyendo la mayoría de los agentes químicos, tipo It, de uso normal, temperatura de aplicación 75° C máximos, Licuatite para instalarse en juntas constructivas y conexión de equipos.

Accesorios para tubo conduit metálico flexible.

Conectores rectos tipo macho y hembra, conectores curvos (codo 90') y empaques de neopreno para tubo conduit metálico flexible y hermético.

3.3.2 Cajas y accesorios.

Cajas cuadradas de 100 mm. para tubo conduit de 13 mm de diámetro de lámina de acero rolada en frío, reforzada cal. 20 , troquelado profundo de 32 mm como mínimo, con las siguientes salidas, 5 de 13mm de diámetro en fondo y 10 salidas entre los 4 lados de 13 mm; para instalaciones ocultas de las marcas. Raco, Metálicos de México, o Elmsa.

Cajas cuadradas de 100 mm, para tubo conduit de 16 y 21 mm de diámetro de lámina de acero rolada en frío, reforzada cal. 20 troquelado profundo de 38 mm como mínimo, con las siguientes salidas, 8 para 21 mm en el fondo, 1 para 13mm y 4 para 19 mm entre los 4 lados: para instalaciones ocultas, de las marcas Raco, Metálicos de México o Elmsa.

Cajas rectangulares chalupas y cuadradas de lámina de acero rolada en frío, reforzada cal. 20 troquelada profundo, con salidas preparadas, para tubo

conduit, para instalaciones ocultas de la marca, Raco, Elmsa o Metálicos de México

Accesorios para cajas registro metálicas troqueladas

Tapas de lámina de acero rolada en frío, reforzada cal. 20 de la misma marca de las cajas, todas con salida para tubo conduit de 13 mm de diámetro. Sobretapas sencillas para cajas cuadradas de 100 mm, fabricadas en lámina de acero rolada en frío, reforzada, cal. 20 troqueladas para instalaciones ocultas de la misma marca de las cajas, según el diámetro indicado.

Cajas registro metálicas especiales (en caso de necesitarse)

a) Cajas metálicas especiales, serán de lámina negra de acero rolada en frío, cal. 20 de las dimensiones especificadas en planos de proyecto y /o adecuadas a los ductos conductores y conexiones, que cumplan con normas : tapa atornillada por tornillos cadminizados, terminadas en esmalte color gris anticorrosivo, secado al horno.

b) Cajas para registro de alimentaciones telefónicas y de intercomunicaciones de lámina negra de acero rolado en frío, terminadas en esmalte anticorrosivo color gris, secado al horno, con puertas embisagradas y dispositivo de cierre, tendrán en su interior una tabla de 15 mm de espesor.

Se sujetaran a las siguientes dimensiones:

Caja	Dimensiones (mm)
A	560 x 280 x 130
B	560 x 560 x 130
C	300 x 300 x 130

TABLA 3.3

Cajas registró metálicas fundidas

- a) Cajas condulet, metálicas, de fundición de aluminio libre de cobre con recubrimiento de resina las series: ovalada, FS (rectangular) completas con tapas metálicas de fundición y empaques de neopreno, de la marca Crouse Hinds Domex, o equivalente.

3.4 Conductores y accesorios.

Conductores de cobre suave, con aislamiento tipo THW-LS, de cloruro de polivinilo (PVC), y recubrimiento de baja emisión de humos, para 600 Volts, 75° C, temperatura máxima de operación; de los calibres AWG, especificaciones en los planos de proyecto, los conductores serán del tipo cable y deberán tener impreso claramente sobre el aislamiento, la marca, el calibre de conductor y el tipo de aislamiento. En general se usará para circuitos derivados alumbrado, contactos y para controles en interiores, de las marcas: **Condumex, Latincasa.**

Conductores de cobre suave, con aislamientos tipo THW-LS vinílico especial de cloruro de polivinilo. Para 600 V. 75° C. Temperatura máxima de operación en ambientes seco o húmedos, aceites, grasas y agentes químicos; de los calibres AWG especificados en los planos de proyecto, los conductores serán del tipo cable y deberán tener impreso claramente sobre el aislamiento, la marca, el calibre del conductor y el tipo de aislamiento. En general se usará para alimentaciones, tanto en interiores como en exteriores, para circuitos de fuerza y circuitos de alumbrado de las marcas: **Condumex, Latincasa.**

Conductores de cobre suave, desnudo de los calibres AWG, especificados en los planos de proyecto. Los conductores de calibre no. 6 AWG. Y mayores serán cables de la marca: **Condumex, Latincasa.**

Cordón uso rudo, de cobre, flexible, suave con aislamiento y cubierta vinílica (PVC 60° C), 600 V., 203 conductores, cal. 12 AWG. ó 10 AWG de las marcas especificadas en la sección IE-4/ml.

Para la selección de conductores deben considerarse los factores de temperatura agrupamiento caída de tensión, por corto circuito etc., el conductor neutro se considera como activo según la sección 310-15 nota 10 inciso C.

Los conductores deben cumplir con su código de colores y radios de curvatura como está establecido en el proyecto.

Las tuberías que llegan a los tableros, estas no deben exceder del 40% de relleno quedando el 60% de espacio para ventilación de los cables como se indica en la tabla 10-4 de esta norma, más de dos conductores

El tipo de tubería a instalar esta especificado en el proyecto.

Las tuberías deberán soportarse a menos de 1 metro de los tableros o registros y a cada 2.5 metros entre soportes como máximo cuando vaya visible por muro o estructura.

Los registros y gabinetes que se utilizan deben ser de tamaño suficiente para proveer espacio libre a todos los conductores dentro del, como se indica en la tabla 370-16b.

Código de colores

	220/127v.	480/277v.
FASE A	NEGRO	CAFE
	ROJO	NARANJA
FASE B		
FASE C	AZUL	AMARILLO
NEUTRO	BLANCO	GRIS CLARO
TIERRA	DESNUDO O FORRO VERDE	DESNUDO O FORRO VERDE

3.4.1 Conectores, cintas y marcadores

Conectores mecánicos, metálicos, fundidos para: conexiones terminales empalmes, conexiones de equipos a tierra, conexiones de cable a tubería de agua o electrodo de tierra, etc.

Conector Tipo	Conexión
QA (zapata con 1 perforaciones.	Entre conductor y equipo
QQA (zapata con 2 perforaciones)	Entre conductores, alimentadores y tableros Cal. 1/0 AWG a sistemas de tierra. Partes metálicas de canalización y equipo a sistema de tierra.
GRD	Cable a electrodo de tierra.

TABLA 3.4

- Conectores de plástico con rosca metálica interior están diseñados para adaptarse a diferentes tipos de conexiones para cables y alambres sólidos y flexibles en todas sus posibles combinaciones.

Los conectores de plástico con rosca metálica interior pueden conectar los conductores con áreas entre 0.5 m² y 8.31 mm², que pueden ser unidos. Conectores de plástico con rosca interior para conexiones eléctricas para diferentes combinaciones con Norma NOM-SEDE-2005, Marca. Panduit, Thorsman IDE o Gardner Bender. Cinta de aislar plástica de 19 mm. de ancho para proporcionar un aislamiento de las conexiones previamente soldada igual al aislamiento de los conductores, en cuanto a rigidez dieléctrica se refiere; de la Marca. Scotch no. 33. Cinta de fricción, ahulada y adhesiva de 19 mm de

ancho, para proporcionar protección mecánica a la cinta que brinda el aislamiento en las conexiones, de la marca Artlik.

Marcadores para identificación de circuitos y conductores en: terminales, tableros y equipos varios impresos con letras o números en un lado, y con material adhesivo en el otro; de la marca Almetek industries. Compuesto para alambrar debe ser inocuo para el aislamiento de los conductores, aprobado por la dirección de obra. *Conectores rectos tipo CGK, con bushing cónico a prueba de agua marca Crouse Hinds Domex para usarse con cordón uso rudo.*

3.5 Tableros de alumbrado, receptáculos, fuerza y distribución.

Tableros de distribución de la energía eléctrica general, estarán trabajando a una tensión de 480/277Volts, 3 Fases, 4 hilos, 60 hz, en gabinete de sobreponer tipo Nema 1, además contarán con interruptores termomagnéticos, e interruptor electromagnético principal para tablero general o zapatas principales según se indique, de la marca Square'd, Federal Pacific de las características indicadas en los planos del proyectos y catálogo de conceptos, con una capacidad interruptiva de 65,000 Amp. Los tableros subgenerales y derivados se instalarán de acuerdo a lo especificado en el proyecto.

Como puntos principales se tienen:

- 1.- Revisar que la capacidad de las barras fases, tablillas del neutro y tierra sea la Especificada.
- 2.- Que la capacidad nominal de los interruptores termomagnéticos derivados sea la Indicada, así como su capacidad interruptiva.
- 3.- Que el gabinete este debidamente aterrizado.
- 4.- Que los conductores cumplan con su código de colores espacios de trabajo y radios de curvatura como esta establecido en el proyecto.
- 5.- Todos los tableros subgenerales, derivados e interruptores termomagnéticos deben estar debidamente identificados.
- 6.- No se deben realizar empalmes dentro de los tableros.
- 7.- En ambientes húmedos o corrosivos el acabado de los tableros será tropicalizado.

Circuitos de fuerza en 480 volts

Los circuitos de fuerza en 480v son los siguientes.

Para servicios comunes tenemos los siguientes tableros.

El tablero "HIDRO" que alimenta el sistema de bombeo de agua potable.

Dos tableros que alimenta el sistema de protección contra incendio uno para la bomba de 15HP y un tablero para la bomba Jockey de 1.5 HP

Para el cálculo del alimentador y la protección de estos circuitos deberán contar con la información de los equipos que operan en este sistema, estos datos son proporcionados por el contratista de hidráulica. Y nos indican la descripción, marca, modelo y posición en el cuarto de bombeo de cada uno de los equipos.

Para el cálculo de la alimentación eléctrica, protecciones y accesorios de cada equipo, Se determina por medio de los siguientes artículos y tablas.

Artículo 430. Circuitos de motores y sus controladores

Tabla 430-150 corriente eléctrica a plena carga

Tabla 310-16 capacidad de conducción de corriente permisible de conductores aislados.

Sección 430-24. Varios motores y otras cargas.

Sección 430-32 motores de servicio continuo de más de 756w.

3.5.1 Interruptores y fusibles.

Interruptores de seguridad para servicio pesado y ligero con portafusibles, construido en gabinete nema 1 en interiores y nema 3R para el área de exteriores, con operación manual de un tiro por medio de una palanca de navajas con protección de fusibles (cartuchos), tipo sencillo, para servicio servicios :

- 1 Fases, 2 Hilos 277 VCA 60 Hz.
- 2 Fases, 2 Hilos 480 VCA 60 Hz.
- 3 Fases, 3 Hilos 480 VCA 60 Hz.

- Capacidades nominales de 30 Amp. A 450 A. en 2 y 3 polos.
Gabinete metálico, construcción Nema-1 Servicio interior y nema-3R servicio exterior, hecho con lámina de acero estirada en frío, terminado en esmalte anticorrosivo color gris, secado al horno, previo tratamiento de bonderizado y desengrasado con inmersión en caliente con mecanismo de cierre y porta candado, de acuerdo a lo especificado en los planos de proyecto de las marcas: Square'd.
- Capacidades nominales 30 a. A 450 a., 3 polos.
Gabinete metálico, construcción nema 1, servicio interior, hecho de lámina de acero estirado en frío, terminado en esmalte anticorrosivo color gris, secado en horno, previo tratamiento de bonderizado y desengrasado por inmersión en caliente con mecanismo de cierre, y portacandado.
- Fusibles
Un fusible tipo cartucho de doble elemento, nema clase J, con una capacidad interruptiva de 34,367 A. para VCA y con capacidades nominales en amp., especificadas en planos de proyecto; de las marcas Square´D.

3.6 Sistema de tierras y pararrayos.

El sistema de tierras y pararrayos se diseñara en base a las recomendaciones de las normas nacionales e internacionales. Basados en la protección del usuario y el operador.

Descripción general del sistema de pararrayos.

El Sistema de pararrayos es el conjunto de conductores, puntas de protección y electrodos de conexión a tierra que sirven para drenar las corrientes debidas a descargas atmosféricas en un inmueble, de tal forma que sean conducidas a tierra sin que originen daños en su recorrido. De acuerdo con sus características de funcionamiento se clasifican en:

- a. Pararrayos de Franklin.
- b. Pararrayos tipo jaula de Faraday.

Consiste en una serie de puntas de protección que se instalan en la azotea de la construcción y que forman un circuito cerrado por medio de cable de cobre trenzado de fabricación especial que se fija directamente a la construcción por medio de abrazaderas de cobre para cable; este sistema lleva varias conexiones a tierra que se deben instalar en los lugares más apropiados de acuerdo con el proyecto que se ejecute. En este sistema las pequeñas acumulaciones de protones son disipadas en la atmósfera y en caso de acumulaciones grandes al ocurrir la descarga atmosférica ésta se lanza a tierra sin dañar la construcción.

Los elementos principales del sistema son:

1. Puntas de protección, en determinados sitios del perímetro de la azotea, y en puntos sobresalientes del techo.
 2. Red principal de conductores (ocultos ó semi ocultos).
 3. Red vertical ó conductores de bajada.
 4. Electrodo de conexión a tierra.
 5. Protección especial, independiente, en árboles ó mástiles.
- c. Variación del pararrayos de Franklin, tales como: pararrayos magnetizado, reactivo, toroide, etc.

El sistema PREVECTRON es un pararrayos ionizante que obtiene y almacena su energía, del campo eléctrico atmosférico. En condiciones de tormenta éste campo aumenta considerablemente; la energía acumulada es liberada en forma masiva, provocando un fenómeno de ionización artificial que asociado al efecto de punta ya existente, aumenta el poder de atracción a la descarga atmosférica, incrementando sustancialmente los radios de protección.

Lo anterior, aunado a un adecuado conductor de bajada y a una buena tierra, permite el paso y disipación de la energía del rayo sin provocar daño alguno a las construcciones protegidas.

El Prevectron está constituido por los siguientes elementos:

- Punta receptora de cobre electrolítico conectada permanentemente a tierra, vía un conductor de bajada.
- Unidad eléctrica ionizante montada dentro de un contenedor de acero inoxidable, en el cuál están fijados:
- Los electrodos inferiores para la captación de energía.
- Los electrodos superiores para la emisión de iones.

3.6.1 Características y especificaciones que deben tener los materiales en el sistema de pararrayos.

Los conductores serán desnudos formados por varios hilos de cobre suave ó aluminio dispuestos en pares y cableados entre sí, con alta conductividad, gran cantidad de aire en el espacio interno, gran flexibilidad y se clasifican en las siguientes tres clases:

Clase I: Alturas no mayores a 23m.

Clase II: Alturas mayores a 23m.

Clase III: Exclusivamente de cobre, y para usarse en chimeneas y otras construcciones donde puedan existir gases o emanaciones corrosivas.

- Conectores.

Los conectores serán del tipo mecánico como los indicados en los dibujos anexos.

- Electrodo.

Los electrodos serán de los siguientes tipos:

- a. Varilla de cobre-acero de 3.05m. de longitud y 16mm. de diámetro.
- b. Rehilete de cobre.

- Mantenimiento preventivo.

a. Todas las terminales aéreas: asegurar que ninguna esté suelta, rota ó de alguna forma dañada ó que se haya desconectado del cable, para esto deberá hacerse un recorrido exhaustivo por toda la red de pararrayos, moviendo fuertemente con la mano todas las puntas del sistema de pararrayos.

- b. Todas las conexiones a cuerpos metálicos: Asegurar que estén apretadas. Revisar en forma exhaustiva todas las conexiones a cuerpos metálicos, de tal forma que todas éstas sean firmes, para evitar una descarga lateral, la cual pueda provocar un incendio.
- c. Conectores: Los conectores de la red de pararrayos deben estar fuertemente apretados y no debe haber discontinuidad. Revisar que todos los conectores estén firmemente conectados, para garantizar la continuidad eléctrica.
- d. Abrazadera para cable: Checar que todas las abrazaderas ó medios de sujeción estén firmemente sujetas y espaciadas a no más de 90cm. (3ft).
- e. Revisar si hay movimiento en la abrazadera al moverlo fuertemente con la mano o con unas pinzas.
- f. Tierras: Que los conductores de bajada no estén dañados y estén aún firmemente conectados, si hay cualquier evidencia de daño mecánico del sistema, la zona en conflicto debe revisarse cuidadosamente. Para esto es conveniente medir continuidad mediante un aparato, ya que por ser en algunos casos instalaciones ocultas, no se puede apreciar a simple vista si están dañadas las bajadas. Deberá medirse la resistencia a tierra de cada uno de los electrodos para garantizar que esta tiene un valor menor a 10 ohms, en caso de que sea mayor deberá hacerse un tratamiento adecuado para bajar este valor.

Para la medición de la resistencia a tierra del electrodo el método más adecuado es el de caída de voltaje, el cual se describe a continuación:

Equipo de medición:

El medidor de resistencia de conexión a tierra deberá reunir las siguientes características:

1. Una fuente de tensión.
 2. Un circuito para eliminar las corrientes de tipo electrolítico y las corrientes de interferencia.
 3. Un circuito de medición.
- g. Modificaciones al sistema: Cualquier cuerpo metálico nuevo en el edificio deberá conectarse al sistema de pararrayos. Cualquier adición a la estructura

del edificio que quede fuera de la zona de protección del sistema de pararrayos deberá preverse su sistema de pararrayos e interconectarse con el actual.

Para ésta interconexión deberán seguirse los lineamientos marcados en NFPA, los cuales constan de lo siguiente:

- Ubicación de las puntas.
- Posición: En los sitios en los cuales se forman concentraciones de carga en una tormenta eléctrica, los cuales son función de la forma ó tipo de techos.
- Tipos de techos:
 - Plano
 - Inclinado
 - Pendiente ligera: Con pendiente igual ó menor de 12m., ó con pendiente igual ó menor a $\frac{1}{4}$ en claro mayor a 12m.
- Colocación de las puntas:
 - En función de la forma del techo.
 - a) Techos planos.
 - b) Techos inclinados.
 - c) Techos con pendiente ligera.
- Espaciamiento:
 - a) Del límite del contorno protegido=0.60m.
 - b) Entre puntas:
 - b-1) En contornos: 6m. puntas de 25cm. a 60cm.
 - b-2) En superficies planas: 15m. Máximo.

Altura de las puntas:

- La parte más alta de una punta debe tener una altura POR LO MENOS 25cm. Mayor que el contorno que protege, con un máximo de 91cm. (VER REFERENCIA B, U.L.)

Alturas normales de las puntas:

- mínima: 25cm. máxima: La que resulte al extenderse a lo más 91cm. por encima del contorno protegido (tripié obligatorio en puntas de más de 60cm.)

Trayectoria de los conductores.

- Conductores horizontales:
- Deben interconectar las puntas formando una red cerrada.
- Cada punta deberá tener por lo menos 2 trayectorias a tierra en donde no existan curvas ascendentes.
- Los cambios de dirección no deben tener radio menor de 20cm. EVITARLOS.
- En azoteas planas se formarán redes de máximo 15X45 cm. Para conectar las puntas en ellas.
- Se deberán fijar firmemente cada 91cm. (Longitud máxima en aire 1.80m.)

Conductores verticales:

- Deben conectar la red horizontal a tierra.
- Posición: Depende de:
 - a) Ubicación de tierras.
 - b) Trayectorias más directas.
 - c) Ubicación de cuerpos metálicos.

Cantidad:

- a) Mínimo hasta 2 perímetros de 75.2 m.
- b) Sí el perímetro excede 76.2m., se aumentará 1
- c) por cada 30m. o fracción.

Localización:

- a) Se deberá lograr una distribución uniforme de potencial de tierra a lo largo del perímetro.
- b) Diagonalmente opuestas si son 2.
- c) 30m. de espaciamiento promedio más de 2.
- d) La condición 2.1.2 obliga la posición de bajadas en cambios de nivel.

Conexiones a tierra.

- Ubicación: Donde se logre una dispersión fácil de la descarga en el terreno.

Preferible: fuera de cimentaciones.

- Medios de conexión a Tierra. Electrodo formado por:
 - a) Varillas (3m. mínimo)
 - b) Rehiletos (1.5 – 2 m. profundidad).
 - c) Cable enterrado: Mínimo: 3.6m. de longitud a 0.6m. de profundidad.
- Valor de la resistencia: Es función del tipo de terreno y del tipo de conexión usada.

Pruebas:

- a) Debe medirse la resistencia del electrodo del sistema, por lo que deben instalarse desconectores adecuados.
- b) Deben probarse al instalarse, y una vez al año.
- c) Valor suficiente de la resistencia: 20 Ohms.

Conexiones adicionales.

- Para cuerpos metálicos que puedan recibir una descarga (chimeneas, respiraderos, ductos, etc.)
- Para cuerpos metálicos, en los que debido a su cercanía con el Sistema (máximo 1.80m) en ellos pueda INDUCIRSE una carga que origine una descarga lateral.
- Tierra común: De sistemas que estén conectados a tierra (eléctrico, telefónico, agua, gas, etc.)

Sistemas de instalación.

- Aparente (preferible).
- Oculto (en ductos NO metálicos)
- Usando estructura metálica (siempre y cuando de la misma sea posible garantizar su conductividad presente y futura).

Especificaciones de materiales.

- General: Deben ser diseñados y fabricados especialmente para sistemas de pararrayos dentro de las normas.

- Tipos de conductores:
 - a) Clase I, para edificios de 22.86m. de altura máxima (ANPASA Cat. 32-S).
 - b) Clase II, para edificios de más de 22.86m. de altura (ANPASA Cat. 40).
 - c) En sistemas de tierras:
 - 1) Puesta a tierra: Revisar que las conexiones para puesta a tierra de los equipos estén aún firmes, para esto deberá revisarse cuidadosamente cada una de las conexiones de puesta a tierra, limpiarlas de toda suciedad, para tener un buen contacto eléctrico.
 - 2) Electrodo de tierra: Tratamiento del suelo mediante humedad y sales, para bajar la resistencia de cada electrodo, para esto se agrega en el registro del electrodo sulfato de sodio ó de magnesio. Medición de la resistencia a tierra, mediante el método descrito anteriormente.

3.6.2 Mantenimiento correctivo en el sistema de pararrayos

1. Terminales aéreas: Reposición de terminales rotas ó dañadas, para lo cual se quita de su base y se sustituye por la nueva revisando que la base quede firme.
 2. Conexiones a cuerpos metálicos: Reponer el conector de contacto al cuerpo metálico dañado, para garantizar la condición original de instalación y evitar descargas laterales.
 3. Conectores: Reposición de los conectores de la red de pararrayos que estén dañados, restituyendo la condición original de instalación.
 4. Abrazaderas para cable: Cambiar las abrazaderas flojas ó dañadas, quedando firmemente sujetas y espaciadas a no más de 90cm. (3ft).
 5. Tierras: Cambiar el cable de bajada que esté dañado.
- Deberá medirse la resistencia a tierra de cada uno de los electrodos para garantizar que está en un valor menor a 10 ohms, en caso de que sea mayor se deberá hacer un tratamiento adecuado para bajar este valor, agregando sulfato de sodio ó magnesio en el registro del electrodo de tierras.

- Información requerida para el proyecto e instalación del sistema de pararrayos.
 - a. Planos de la Construcción: Plantas, Cortes y Elevaciones, Planta Azotea (detalle de terminación, pretilas, etc.).
 - b. Tipo de techos de la Construcción: Losa plana, a dos aguas, diente de sierra, inclinado, de concreto, lámina de asbesto ó metálica, etc.
 - c. Estructura de la Construcción: Concreto ó fierro estructural u otros.
 - d. Tipo de terreno de la Construcción: Rocoso, tepetate duro ó semiduro, arenoso, tierra natural, etc.
 - e. Equipos instalados en azoteas: Chimeneas, equipos de aire acondicionado, tanques de gas, torres de enfriamiento, antenas de radio, t.v., otros equipos, etc.
 - f. Si existen varias construcciones cuales necesita el cliente que se protejan: una ó más o todas sus edificaciones.
 - g. Bajadas verticales a tierra – Aparentes ú ocultas, colocadas al mismo tiempo con la estructura, etc.
 - h. Colocación de varillas de tierra – En lugar adecuado en c/construcción por tipo de terreno, etc.
 - i. Tipo de terminación y acabados en planta azotea (pretilas, impermeabilización, etc.)
 - j. Equipos probables que se instalaran en la azotea y su localización.

3.6.3 Criterios de diseño del sistema de pararrayos.

De la información que nos proporcionan las Normas (N.F.P.A. y U.L.), pueden concluirse los siguientes criterios sobre los más importantes factores a decidir en el desarrollo del proyecto de un sistema de protección, así cómo en sus especificaciones. Estos factores son:

1. Ubicación de las Puntas.
2. Trayectoria de Conductores.
3. Conexiones a Tierra.
4. Conexiones Adicionales.
5. Sistemas de Instalación.
6. Especificación de Materiales.

Ubicación de las puntas.

- **Posición:** En los sitios en los cuáles se forman concentraciones de carga en una tormenta eléctrica, los cuáles son función de la forma ó tipo de techos.
- **Tipos de techos:**
 - a. Plano.
 - b. Inclinado.
 - c. Pendiente Ligera: Con pendiente igual ó menor a $1/8$ en claro igual ó menor de 12m., ó con pendiente igual ó menor a $1/4$ en claro mayor a 12m.

Colocación de las puntas:

En función de la forma del techo:

- Techos planos.
- Techos inclinados.
- Techos con Pendiente Ligera.
- Espaciamiento:
- Del límite del contorno protegido =0.60m.

Entre puntas:

- b.1 En contornos:
 - 6m. puntas de 25cm. a 60cm.
 - 7.62m. puntas de más de 60cm.
- b.2 En superficies planas:
 - 15m. máximo.

Altura de las Puntas:

- La parte más alta de una punta debe tener una altura POR LO MENOS 25cm. mayor que el contorno que protege, con un máximo de 91cm. (U.L.)

Alturas normales de las puntas:

- Mínima: 25cm.
- Máxima (U.L.): La que resulte al extenderse a lo más 91cm. por encima del contorno protegido (triple obligatorio en puntas de más de 60cm).

- Trayectoria de Conductores.

Conductores Horizontales:

- Deben interconectar las puntas formando una red cerrada.
- Cada punta deberá tener por lo menos 2 trayectorias a tierra en donde no existan curvas ascendentes.
- Los cambios de dirección no deben tener radio menor de 20 cm. EVITARLOS.
- En azoteas planas se formarán redes de máximo 15 x 45m., para conectar las puntas en ellas.
- Se deberán fijar firmemente cada 91cm. (Longitud máxima en aire 1.80m.)
- Conductores Verticales:
- Deben conectar la red horizontal a tierra.

Posición: Depende de:

- a) Ubicación de tierras.
- b) Trayectorias más directas.
- c) Ubicación de cuerpos metálicos.

16.7.2.2.3 Cantidad:

- a) Mínimo 2 hasta perímetros de 76.2m.
- b) Sí el perímetro excede de 76.2m. se aumentará 1 por cada 30m., o fracción.

16.7.2.2.4 Localización:

- a) Se deberá lograr una distribución uniforme del Potencial de Tierra a lo largo del perímetro.
- b) Diagonalmente opuestas sí son 2.
- c) 30m. De espaciamiento, más de 2.
- d) La condición 16.3.2.1.2, obliga la posición de bajadas en cambios de nivel.

3.6.4 Conexiones a Tierra.

- Ubicación: Donde se logre una dispersión fácil de descarga en el terreno. Preferible fuera de cimentaciones.
- Medios de Conexión a Tierra. Electrodo formado por:

- a) Varillas (3m. mínimo)
- b) Rehiletos (1.5-2m. Profundidad)
- c) Cable enterrado mínimo: 3.6m. longitud a 0.3-0.6m. de profundidad.
- Valor de la resistencia: Es función del tipo de terreno y del tipo de conexión usada.

Pruebas:

- a) Debe medirse la resistencia del electrodo desconectado del Sistema, por lo que deben instalarse desconectores adecuados.
- b) Deben probarse al instalarse y una vez al año.
- c) Valor suficiente de la resistencia: 50 Ohms.

Conexiones Adicionales.

- Para cuerpos metálicos que puedan recibir una descarga (Chimeneas, Respiraderos, ductos, etc.)
- Para cuerpos metálicos, en los que debido a su cercanía con el Sistema (máximo 1.80m.) en ellos pueda INDUCIRSE una carga que origine una descarga lateral.
- Tierra común: De Sistemas que estén conectados a tierra (Eléctrico, Telefónico,
- Agua, Gas, etc.)
- Sistemas de Instalación.
- Aparente (preferible)
- Oculto (en ductos NO metálicos).
- Usando estructura metálica (siempre y cuando de la misma sea posible garantizar su conductividad presente y futura).

Especificación de materiales.

- General: Deben ser diseñados y fabricados especialmente para
- Sistemas de Pararrayos dentro de las normas.

Instalación del sistema de pararrayos.

Para el desarrollo de la correcta instalación de un sistema, la observación primordial, es el respeto absoluto a un buen proyecto que haya sido desarrollado dentro de las normas.

Respeto a la correcta ubicación de los elementos y a la estricta especificación de los materiales.

A fin de facilitar la correcta interpretación de un proyecto, es de interés el análisis de las siguientes observaciones generales relativas a los eventos principales a desarrollarse en una instalación de este tipo, que son:

1. Localización de la posición de puntas.
2. Fijación de las bases para puntas.
3. Determinación del recorrido de conductores.
4. Fijación de conductores.
5. Conexiones.
6. Determinación de la posición de los electrodos de tierra.
7. Instalación de los electrodos.
8. Conexiones adicionales.
9. Pruebas.

Localización de la posición de puntas.

Tomar en cuenta que:

- La parte más alta de las puntas debe quedar por lo menos 25cm. Más alta que el contorno protegido.
- La separación máxima de la orilla del contorno protegido 60cm.
- Los espaciamientos máximos entre puntas 7.6m para puntas de 60cm. de altura ó mayores y 6m. para puntas más bajas.
- Fijación de las bases.

Usar algún elemento rígido adecuado al ambiente en que se instale, por ejemplo: taquete de plástico con tornillo de latón.

- Determinación del recorrido de conductores.

HORIZONTALES: Tomar en cuenta:

1. De cada punta deberán existir 2 trayectorias a tierra sin curvas ascendentes.
2. Los cambios de dirección no deben tener radio menor de 20cm.

VERTICALES: Tomar en cuenta:

1. Deben ser lo más directo posibles.
2. No deben tener curvas inversas.

3. Procurar, de ser posible, alejarlos de ventanas metálicas. En caso contrario, deberán interconectarse éstas.
4. Si se requiere cambiar la ubicación proyectada, procurar que el espaciamiento entre bajadas continúe siendo uniforme, por lo tanto debe concluirse que NO ES POSIBLE suprimir bajadas.
5. En la parte inferior de un cable vertical aparente (3m.), deberá instalarse una guarda de protección que protege al conductor de daño mecánico. Se sugieren Tuberías NO metálicas.

Fijación de conductores.

1. Antes de sujetarse el cable deberá ser tensado para garantizar trayectorias lo más rectas posible.
2. El espaciamiento máximo entre puntos de sujeción (abrazadera) será 90cm.
3. Para fijar las abrazaderas se usarán elementos apropiados al medio ambiente en que se instale.

Conexiones.

1. Las conexiones deberán ser las mínimas necesarias y de la máxima rigidez mecánica, tanto inicial como futura.
2. Siempre se deberán usar conectores mecánicos especiales para este uso.
3. Las conexiones soldadas deberán evitarse.

16.8.6 Determinación de la posición de los electrodos de tierra.

1. Cercanos a los conductores de bajada tierra.
2. Preferentemente fuera de cimentaciones.
3. Separados por lo menos 60cm. de la construcción.
4. Preferible donde el terreno sea lo más húmedo posible ó este en el máximo contacto con humedad.

Instalación de los electrodos.

Varillas ó Bayonetas:

1. Deben elevarse totalmente (3m.) y asegurarse que el terreno es bueno, ó sea a través de la superficie de la varilla se establezca un buen contacto con el terreno, por lo tanto, deberá evitarse el hacer una excavación para colocar en ella la varilla.

2. La conexión entre el cable y la varilla se hará con un conector especial para este fin, que garantice la superficie de contacto adecuada.

3. Preferentemente, pero no indispensable, se construirá un registro para tener acceso al conector anterior, el que estará en el extremo superior de la varilla a 30cm. de profundidad.

Rehiletos:

1. Se usarán en terrenos donde sea posible clavar la varilla en excavaciones especiales para ellos, de la máxima profundidad posible.

2. El rehilete se colocará en el fondo de la excavación en una mezcla de cisco de carbón y sal en proporción de 5 a 1.

3. Es muy importante que la excavación sea tapada con tierra de las mejores condiciones de conductividad, al máximo grado de COMPACTACION que sea posible.

Desconectores de Tierras:

1. Cada electrodo de tierra deberá proveerse de un medio que permita su desconexión del sistema para poder llevar a cabo lecturas del valor de su resistencia a tierra.

2. Normalmente es recomendable la instalación del desconector en el extremo inferior de cada conductor de bajada, pero debe tenerse en cuenta que es importante que entre el mismo y el electrodo no debe haber ninguna conexión.

Conexiones adicionales.

Deberán conectarse al Sistema:

1. Cuerpos metálicos colocados en azoteas, que tengan altura superior a las puntas y que por lo tanto puedan recibir una descarga directa.

2. Cuerpos metálicos localizados a menos de 1.80m. en los cuales, al circular una descarga por el sistema, pueden presentarse cargas INDUCIDAS que originen una descarga lateral.

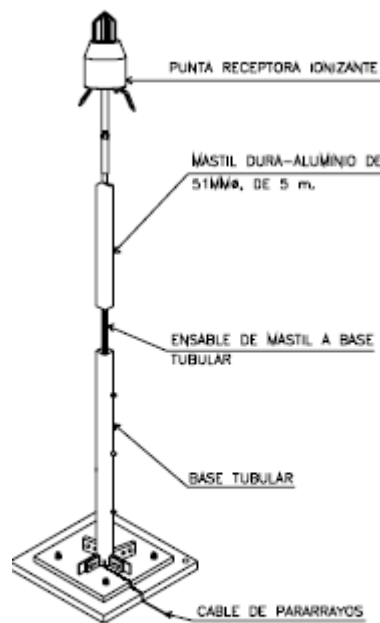
3. Es conveniente interconectar también todos los elementos ó sistemas que se encuentren conectados a tierra, tales como los neutros de la red eléctrica, tuberías de agua, gas, teléfonos, etc.

Para considerar satisfactoria una instalación, deberá ésta tener:

1. Continuidad total en sus circuitos, que puede comprobarse haciendo pasar una corriente a través de ellos.

2. Resistencia a tierra adecuada en sus electrodos. Se consideran satisfactorios valores medidos de hasta 50 ohms para cada electrodo independiente.
3. Rigidez mecánica en sus elementos de soporte.

El sistema de pararrayos elegido es mediante punta ionizante debido a las características de la construcción como son columnas de acero y lamina de acero, requerimos proteger a los usuarios en el interior de la cubierta de una posible descarga atmosférica, la manera más eficiente de lograr esto, es dirigir o asegurar la descarga en un punto que deseamos, para dirigirla a tierra y dispar esa energía generada.



PARARRAYOS IONIZANTE TIPO
PREVECTRON 2, CAT. TS-3.40
SA ESC.

3.6.5 Selección.

Debido a que en esta plaza comercial tenemos palapas hechas con estructura metálica y forrada de palma, con formas irregulares también debido a las diversas alturas de los edificios. El pararrayos elegido por medio de puntas ionizantes, debido a que requerimos menos espacio para la instalación y menos puntos de aterrizaje.

La disipación de la energía será por medio de un sistema conformado por una delta en la cual en lugar de varillas copperweld tendremos rehiletos. El conductor por el cual conduciremos la descarga atmosférica será de cobre de 28 hilos.

3.6.6 Sistema de tierras

La ingeniería de tiene como alcance la elaboración del presente documento, planos y especificaciones de los materiales para el sistema general de tierras de los sistemas de tierras particulares de Subestaciones y demás equipos.

El presente documento tiene por objeto definir las especificaciones, las normas aplicables, los criterios de diseño y la memoria de cálculo que serán empleados en el proyecto verificando y/o rectificando que dicho sistema de tierras cumple con las normas mexicanas aplicables vigentes y con las características de seguridad, flexibilidad, confiabilidad, facilidad de expansión, simplicidad y economía; así como ratificar o rectificar el tipo y calibre de cable desnudo de aluminio mencionado en las bases de la licitación.

Condiciones ambientales

Las condiciones ambientales en las cuales operara el sistema general de tierras, sin alterar sus características son:

- .Temperatura ambiente máxima 40 ° c
- .Temperatura ambiente mínima - 4 ° c
- .Temperatura ambiente promedio 30 ° c
- .Humedad relativa 10 --90 %

Normas

Se debe cumplir con las partes aplicables de la última edición de las normas nacionales que se indica a continuación:

NOM-001-SEDE-2005	Relativa a las instalaciones eléctricas, utilización.
NMX-J-118:	Norma Mexicana para Equipo Eléctrico.

Definiciones y términos de referencia

Los procedimientos para diseñar sistemas de tierras se basan en conceptos tradicionales, pero su aplicación puede ser muy compleja. Los conceptos son ciencia, pero la aplicación correcta es un arte, ya que cada instalación es única en su localización, tipo de suelo y equipos a proteger.

Como se puede invertir tanto dinero como se desee en un sistema de tierras, se plantearán a continuación los puntos más relevantes a observar en su diseño básico. El propósito de la puesta a tierra de los equipos eléctricos es eliminar los potenciales de toque que pudieran poner en peligro la vida, las instalaciones y para que operen las protecciones por sobre corriente de los equipos. Lo cual se logra conectando al punto de conexión del sistema eléctrico con el planeta tierra, todas las partes metálicas que pueden llegar a energizarse, mediante un conductor apropiado a la corriente de corto circuito del propio sistema en un punto determinado.

Los sistemas de puesta a tierra de equipos, por su importancia como medio de protección están normalizados a nivel mundial. En nuestro país, la norma vigente NOM-001-SEDE-2005, Instalaciones Eléctricas, utilización, contiene los requisitos mínimos de seguridad desde el punto de vista de la conducción de corrientes de falla. En los siguientes puntos se establecerá, en forma resumida, lo más importante de dicha norma.

Equipos y canalizaciones que deben estar puestos a tierra.

Equipo Fijo en General {NOM 250-42}.

Las partes metálicas expuestas y no conductoras de corriente eléctrica del equipo que no estén destinadas a transportar corriente, deben ser puestas a tierra, en cualquiera de los siguientes casos.

Donde el equipo está localizado a una altura menor a 2.4 m y a 1.5 m horizontalmente de tierra u objetos aterrizados que puedan entrar en contacto con una persona. Si el equipo está en un lugar húmedo y no está aislado, o

está en contacto con partes metálicas. Si el equipo está en un lugar peligroso o, donde el equipo eléctrico es alimentado por cables con cubierta metálica.

Si el equipo opera con alguna terminal a más de 150 V a tierra, excepto en:

Cubiertas de Interruptores automáticos que no sean el interruptor principal y, que sean accesibles a personas calificadas únicamente Estructuras metálicas de aparatos calentadores, exentos mediante permiso especial y si están permanentemente y efectivamente aisladas de tierra {NOM 250-42, excep. 2}.

Carcasas de transformadores y capacitores de distribución montados en postes de madera a una altura mayor de 2.4 m sobre nivel del piso {NOM 250-42, excep. 3}. Equipos protegidos por doble aislamiento y marcados de esa manera {NOM 250-42, excep. 4}. Equipo Fijo Específico {NOM 250-43}

Todas las partes metálicas no conductoras de corriente de las siguientes clases de equipos, no importando voltajes, deben ser puestas a tierra, mediante los conductores calculados según la Tabla 250-95 de la NOM, observando que no obstante se corran cables en paralelo por diferentes canalizaciones, el calibre de todos los cables de puesta a tierra dependen únicamente de la protección.

Armazones de Motores como se especifica en la NOM (430-142).

Gabinetes de controles de motores, excepto los que van unidos a equipos portátiles no aterrizados.

Equipos eléctricos de elevadores y grúas.

Equipos eléctricos en talleres mecánicos automotrices, teatros, y estudios de cine, excepto luminarias colgantes en circuitos de no más de 150 Volts a tierra.

Equipos de Proyección de cine. Anuncios luminosos y equipos asociados.

Generador y motores en órganos eléctricos. Armazones de tableros de distribución y estructuras de soporte, exceptuando las estructuras de tableros de corriente directa aislados efectivamente. Equipo alimentado por circuitos de control remoto de clase 1, 2 y 3 y circuitos de sistemas contra incendios cuando la NOM en la parte B del artículo 250 requiera su aterrizado. Luminarias conforme a la NOM en sus secciones 410-17 a 410-21. Bombas de agua, incluyendo las de motor sumergible. Capacitores {NOM 460-10}. Ademes

metálicos de pozos con bomba sumergible. Equipos No Eléctricos {NOM 250-44}.

Las siguientes partes metálicas de equipos no eléctricos serán puestas a tierra: Estructuras y vías de grúas operadas eléctricamente. La estructura metálica de elevadores movidos no eléctricamente, a las que están sujetos conductores eléctricos. Los cables de acero de los elevadores eléctricos.

Partes metálicas de subestaciones de voltajes de más de 1 KV Por otra parte, la Norma Oficial Mexicana establece que la resistencia de un solo electrodo "no debe ser mayor de 25 ohms, con acometidas en baja tensión, en las condiciones más desfavorables (época de estiaje)" {NOM 250-84}.

Para subestaciones, la NOM menciona "La resistencia eléctrica total del sistema de tierra debe conservarse en un valor (incluyendo todos los elementos que forman el sistema) menor a 25 ohms para subestaciones hasta 250 KVA y 34.5 KV, 10 ohms en subestaciones mayores de 250 KVA y hasta 34.5 KV y de 5 ohms en subestaciones que operen con tensiones mayores a 34.5 KV" {2403-2c}.

3.6.7 Materiales de puesta a tierra

Es muy importante tomar en cuenta que por norma {NOM 250-26c}, los electrodos de puesta a tierra de los sistemas eléctricos deben estar accesibles y preferiblemente en la misma zona del puente de unión principal del sistema.

De acuerdo con la norma oficial mexicana {NOM 250-81}, el sistema de electrodos de puesta a tierra se forma interconectando los siguientes tipos de electrodos (siempre que existan):

Tubería metálica de agua enterrada

Estructura metálica del inmueble

Electrodo empotrado en concreto

Anillo de tierra

En caso de no disponer de alguno de los anteriores, se deben usar uno o más de los electrodos especialmente construidos:

Electrodo de varilla o tubería

Electrodos de placa

Otras estructuras o sistemas metálicos subterráneos cercanos

Electrodos de puesta a tierra especialmente contruidos.

La norma oficial mexicana {NOM 250-83} dispone que se puedan usar uno o más de los electrodos siguientes: Varilla o tubería, electrodos de placa y estructuras metálicas subterráneas.

Electrodos de varilla o tubería

De acuerdo con la NOM {250-83c} los electrodos de varilla y tubo, no deben tener menos de 2.40 m de largo y deben instalarse de tal modo que por lo menos 2.00 m de su longitud esté en contacto con la tierra.

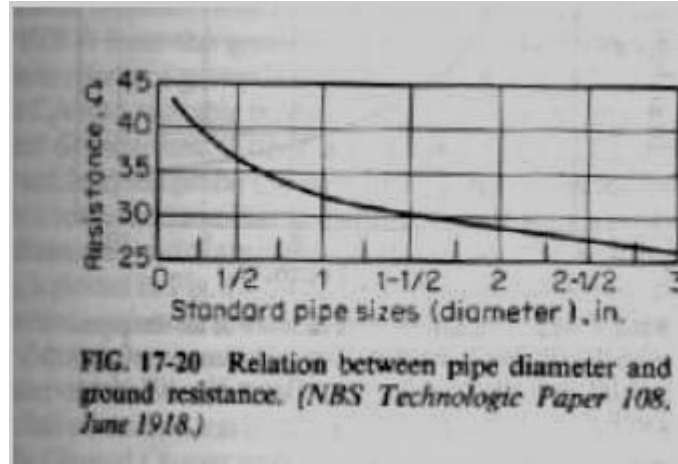
Las varillas de metales no ferrosos deben estar aprobadas y tener un diámetro no inferior a 13 mm de diámetro, y las demás de por lo menos 16 mm. Las tuberías deben tener un diámetro no inferior a 19 mm, y si son de hierro, deben tener una protección contra corrosión en su superficie.

Las varillas de acero con un recubrimiento de cobre de 10 milésimas dura un promedio de 35 años en un suelo promedio; si tiene un recubrimiento de 13 milésimas dura hasta 45 años. En cambio, una varilla de acero galvanizado tiene una vida estimada de 15 años.

Estos electrodos se aplican al suelo mediante percusión hasta que alcanzan la profundidad adecuada. En caso de terrenos rocosos o de tepetate, las varillas no pueden meterse de esa manera; se doblan o solamente no pueden entrar. Ocasionalmente se ha sabido de casos donde las varillas han sido regresadas hacia la superficie después de haber tratado de clavarlas en terrenos rocosos. Cuando la roca está a menos de 2,40 m, estos electrodos pueden meterse en diagonal hasta con un ángulo de 45 grados de la vertical. Pero, si no es este el caso, se deben enterrar horizontales en una trinchera abierta para el caso a 800 mm de profundidad por lo menos.

Varillas de mayor diámetro.

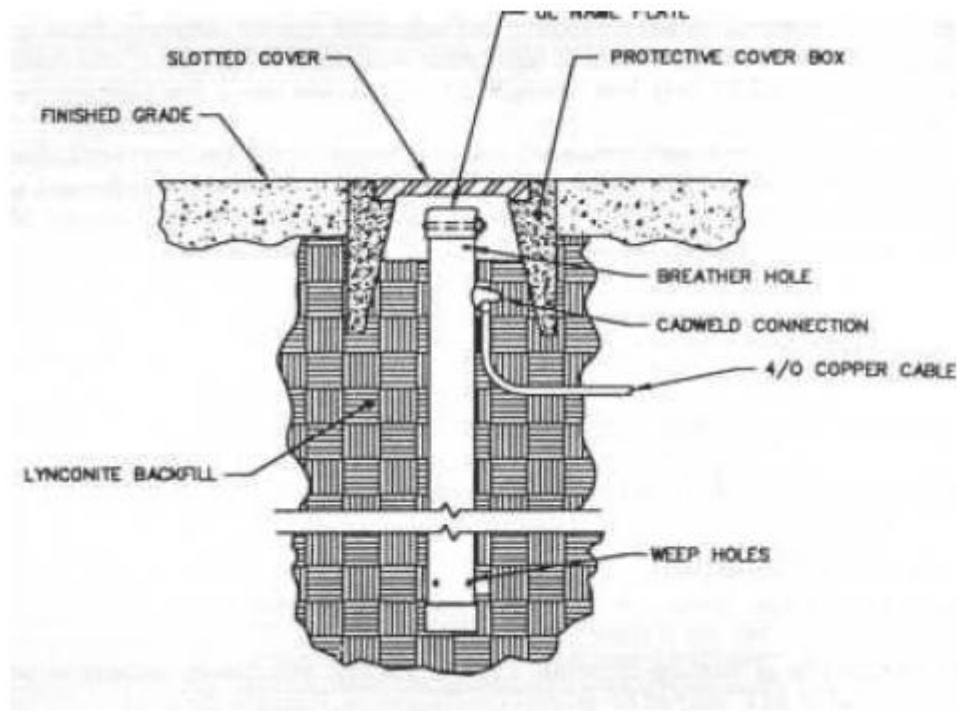
Usando varillas de 19 mm en lugar de varillas de 13 mm se logra una reducción en la resistencia a tierra de hasta un 10% máximo.



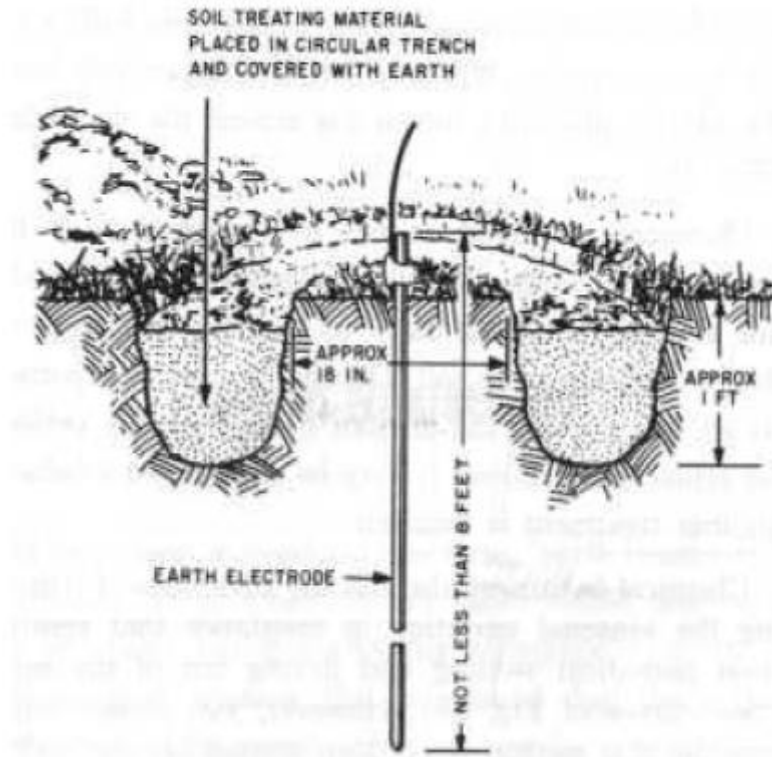
Mejoramiento del terreno.

El problema de lograr una resistencia baja en la roca, así como en otros suelos de alta resistividad, está asociada con el material en contacto con el electrodo y la compactación que éste recibe al rellenar el agujero.

El relleno ideal debe compactarse fácilmente, ser no corrosivo y a la vez buen conductor eléctrico. La bentonita entre otros compuestos como el sulfato de magnesio o de sulfato de cobre, o de compuestos químicos patentados (THOR GEL, GEM, etc.) cumple con esos requisitos. *La bentonita es una arcilla consistente en el mineral montmorillonita, un silicato de aluminio, y tiene la particularidad de absorber hasta cinco veces su peso de agua y de hincharse hasta 13 veces su volumen seco. Y tiene una resistividad de 2.5 ohm-m con humedad del 300%. Aparte del relleno con alguno de los compuestos mencionados, existen otros métodos químicos más. En el primero, en un registro junto a la varilla se colocan unos 30 cm de los compuestos. Ver dibujo.*



Este método es efectivo donde hay poco espacio como en banquetas o estacionamientos. El otro método es excavar una zanja alrededor de la varilla y llenarla con unos 20 o 40 kg de los compuestos químicos mencionados arriba, diluyendo con agua. La primera carga dura unos 2 o 3 años y, las posteriores aún más, por lo que el mantenimiento es menos frecuente con el tiempo.



Por último, se puede utilizar uno de los cementos puzolánicos – graníticos - conductores (Earth-Link 101, etc.) de la siguiente manera: se cubre el cable del electrodo [4/0 AWG] colocado horizontalmente en una zanja de unos 75 cm de profundidad, con una capa de cemento seco de unos 5 cm de grueso y 50 cm de ancho. Con el tiempo, el cemento toma la humedad del suelo y endurece. Este método desarrollado en Japón en los 70s, tiene la ventaja que no requiere mantenimiento, es antirobo, y por el tipo de material, no se corroen los cables con el tiempo. Y, se adapta perfectamente a los lugares donde la capa superficial es poco profunda y de alta resistividad.

Conectores

Los conectores de conductores de puesta a tierra con los electrodos pueden ser del tipo de soldadura exotérmica.



Conectores a presión.



Conectores a presión.

Las abrazaderas u otros medios aprobados {NOM 250-115}, no deben tener soldaduras con materiales de puntos de baja fusión (estaño, plomo, etc.).

Las abrazaderas deben ser adecuadas para el número y tipo de conductores. Además, deben de ser compatibles con los materiales de los conductores y los electrodos de puesta a tierra, y cuando se usen enterradas, deben ser del tipo apropiado (NOM 250-115).

Diseño de sistemas de tierra

La normatividad actual indica que el diseño de una red de tierras debe tener presente los potenciales de paso y de contacto que salvaguarden la vida de las personas (NOM 250-156, 2403-1b).

Valores aceptables de resistencia a tierra.

La resistencia a tierra dependerá de la aplicación, hay que considerar que en altas frecuencias, los valores no son iguales.

Resistencia a tierra de un sistema eléctrico de poca potencia (baja tensión).

La norma oficial mexicana {NOM 250-84} establece que la resistencia de un solo electrodo no debe ser mayor de 25 ohms o, aquel debe complementarse con otro electrodo. Note que la NOM no especifica una resistencia a tierra en particular, pero requiere redundancia donde los electrodos proporcionan solamente una alta resistencia a tierra.

Resistencia a tierra de un sistema eléctrico de alta potencia (mediana y alta tensión).

Para subestaciones, la NOM {921-25b} menciona "La resistencia eléctrica total del sistema de tierra incluyendo todos los elementos que lo forman, debe conservarse en un valor menor a 25 ohms para subestaciones hasta 250 kVA y 34,5 kV, 10 ohms en subestaciones mayores de 250 kVA y 34,5 kV y de 5 ohms en subestaciones mayores a 250 kVA que operen con tensiones mayores a 34,5 kV. La limitante para este tipo de sistemas es la seguridad del personal, ya que en el caso fortuito de una falla a tierra de cierto valor, el voltaje de paso generado en el suelo puede ser tan alto que puede ser letal para una persona. Lo anterior se controla usando las mallas de tierra, las cuales disminuyen la resistencia de tierra y las inductancias que se generan con corrientes de alta frecuencia, y además con el uso múltiple de conductores horizontales y verticales, se controlan las sobre- tensiones generadas en el suelo.

Naturaleza del sistema general de tierras.

La correcta conexión a tierra de todo el sistema eléctrico, es un factor de suma importancia para la seguridad del personal y del equipo eléctrico en sí. El propósito que se persigue con la existencia de los sistemas de tierra, es la protección para el personal operativo, autorizado o no autorizado y la protección de los equipos e instalaciones contra tensiones peligrosas.

Evitar que durante la circulación de la corriente de falla a tierra, se produzcan diferencias de potencial entre distintos puntos de la instalación, proporcionando para esto, un circuito de muy baja impedancia para la circulación de estas corrientes, de acuerdo a lo establecido en las normas, reglamentos públicos en

vigor Una instalación de puesta a tierra se compone esencialmente de electrodos, que son los elementos que están en íntimo contacto con el suelo (enterrados) y de conductores, utilizados para enlazar a los electrodos entre sí y a éstos, con los gabinetes de los equipos y demás instalaciones expuestas a corrientes nocivas, manteniendo al mismo tiempo, una superficie equipotencial a su alrededor.

La norma oficial mexicana {NOM 250-84} establece que la resistencia de un solo electrodo no debe ser mayor de 25 ohms o, aquel debe complementarse con otro electrodo. Note que la NOM no especifica una resistencia a tierra en particular, pero requiere redundancia donde los electrodos proporcionan solamente una alta resistencia a tierra.

Configuración del sistema general de tierras

Para la correcta operación del sistema eléctrico y electrónico Además será utilizado para conectar a tierra todos los elementos de la instalación que en condiciones normales de operación no están sujetos a tensiones, pero que pueden tener diferencia de potencial con respecto a tierra a causa de fallas accidentales en los circuitos eléctricos, así como los puntos de la instalación eléctrica en los que es necesario establecer una conexión a tierra para dar mayor seguridad, mejor funcionamiento y regularidad en la operación y en fin, todos los elementos sujetos a corrientes eléctricas importantes de corto circuito y sobre tensiones en condiciones de falla. (No es alcance del presente contrato). Este sistema será constituido de un conductor desnudo de aluminio, varillas de tierra de acero con recubrimiento de cobre, y de los conectores apropiados de acuerdo al tipo de material por unir; del diámetro, tipo y características que se determine en la memoria de cálculo respectiva y en los planos del proyecto ejecutivo, La resistencia a tierra en cualquier punto del sistema, no debe ser mayor a 25 ohms y la diferencia de potencial en cualquier punto de la red no deberá ser mayor a 150 voltios, según norma de C.F.E.

Recomendaciones

El Sistema de tierras nos sirve para poder descargar segura y adecuadamente las corrientes resultantes de una falla de tierra, y no permitir sobre tensiones peligrosas para el personal y los equipos de las instalaciones eléctricas. Además de lo anterior aterrizaremos las columnas de acero utilizaremos varillas copperweld de 16mm de diámetro por 3 mts de largo. Esto con el fin de evitar corrientes parasitas o inducciones causadas en una descarga atmosférica, para ello se deberán de aterrizar las columnas en su base. El aterrizamiento se hará con cable de 4/0 awg desnudo acoplado el cable a la columna con un conector soldable marca Cadwell. Además se aterrizará el tanque de gas, debido a lo comentado anteriormente.

3.7 Memoria de cálculo.

La presente memoria de cálculo tiene como finalidad mostrar los criterios de diseño y selección de los alimentadores principales, derivados y sus protecciones en baja tensión para la carga de alumbrado, contactos y fuerza.

Selección del conductor: para la selección adecuada del calibre de un conductor aislado de baja tensión (600 volts o menos) se consideran los siguientes factores. selección del calibre por capacidad de conducción de corriente. Capacidad de conducción de corriente. los conductores de los circuitos derivados deben tener una capacidad de conducción de corriente no menor que la correspondiente a la carga por servir y 125 % para cuando son cargas continuas art. 220-10 b) de NOM 001 SEDE 2005.

Capacidad de conducción de corriente para cables de cobre aislados de baja tensión en canalización de soporte tipo charola se tomó de las tablas que indica la NOM 001 SEDE 2005 art. 318-11 b), 4) tabla a-310-2 apéndice a para instalaciones eléctricas (NOM-001-SEDE 2005), y para más de 3 conductores en tubo conduit o cables directamente enterrados tabla 310-16 de la NOM 001 SEDE 2005.

Las tablas están basadas para una temperatura ambiente de 40°C., cuando se tienen conductores al aire y 30°C para más de 3 conductores en una misma

canalización o cuando se tiene una temperatura ambiente superior a 30°, en el local donde se tienen instalados los conductores. Los valores de ampacidad de las tablas se ven afectados por factores de corrección por agrupamiento y por temperatura respectivamente. por consiguiente se consideran como factores de reducción de ampacidad, todos aquellos factores que producen calentamiento en los conductores. Los cuales podemos clasificar de la siguiente manera:

-factor de corrección por agrupamiento:

Cuando más de 3 conductores son instalados en una misma canalización tubo conduit o ducto cerrado, la ampacidad de cada conductor deberá ser reducida de acuerdo a la siguiente tabla:

número de conductores con corriente	factor de corrección por agrupamiento
4 a 6	0.80
7 a 9	0.70
10 a 20	0.50
21 a 30	0.45
31 a 40	0.40
41 a mas	0.35

- factores de corrección por temperatura ambiente superior a 30° c.
 Cuando la temperatura ambiente exceda los 30°, en el lugar donde se instala el conductor, su ampacidad debe ser reducida de acuerdo a los factores de corrección de las tablas de la segunda sección, tabla 310- 16 del NOM-001-SEDE-2005.
- selección del calibre de un alimentador de alumbrado.

Las normas técnicas (NOM), establecen que en donde se tiene una operación normal en la cual la carga máxima constituye una carga continua como en el caso de un alumbrado del tipo comercial o cargas similares, la carga máxima deberá ser incrementada un 25% para el cálculo de los conductores del alimentador art. 220-3 a).

- selección del calibre por caída de tensión.

En el artículo 215, (215-2) como información nota 1 de la norma oficial mexicana para instalaciones eléctricas, se indica que la caída de tensión desde la entrada de servicio hasta el ultimo punto de la canalización, de preferencia debe estar en un 5% de caída de tensión. Ya que se establece que los conductores para los alimentadores serán calculados con una caída de tensión no mayor de 3.5% para cargas de fuerza o alumbrado o una combinación de las dos, la máxima caída de tensión recomendada para combinaciones de alimentadores y circuitos derivados de preferencia en un 5% global máximo.

Por consiguiente una vez que se ha seleccionado un conductor por ampacidad se debe verificar su calibre por caída de tensión.

- cálculo de la caída de tensión

Para el cálculo de la caída de tensión de un conductor podemos utilizar dos modos, por cálculo de caída de tensión por resistencia y por impedancia aplicando las siguientes formulas.

Para un sistema de 3 fases – 4 hilos

$$e\% = \frac{2 * I * in * \sqrt{3}}{vf-f * st} \text{ (por resistencia)}$$

in = corriente nominal del circuito

$vf-f$ = tensión entre fases

$vf-n$ = tensión entre fase y neutro

$e\%$ = caída de tensión expresada en %

l = longitud en metros

s = seccion del conductor en mm^2

Para un sistema de 3 fases – 4 hilos

$$e\% = \frac{\sqrt{3} \cdot 100 \cdot l \cdot i_n (r \cos \phi + x \operatorname{sen} \phi)}{v_{f-f}} \quad (\text{por impedancia})$$

r = resistencia del conductor en ohms/km

x = reactancia del conductor en ohms/km

ϕ = angulo de factor potencia

$e\%$ = caída de tensión expresada en %

l = longitud en metros del conductor

i_n = corriente nominal del circuito

- La caída de tensión global desde el medio de desconexión principal hasta cualquier salida de la instalación. (Sea alumbrado fuerza, 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%
- calibres mínimos permisibles.

Los calibres mínimos recomendados son los siguientes:

- Para alumbrado: cal no. 12 awg a 8 awg
- Para contactos: cal no. 10 awg
- Para fuerza: cal no. 10 a 500 kcm
- selección del conductor por ampacidad.

Para seleccionar el conductor de un circuito de alumbrado y/o contactos se procede de la siguiente manera:

Con el valor de la carga y el voltaje de operación se calcula la corriente en amperes a partir de la ley de ohms, y a éste valor se le denomina corriente nominal (i_n). Enseguida se aplican los siguientes factores:

a) se le aplica el factor de agrupamiento.

b) se le aplica el factor de temperatura.

Cuando ya se han aplicado estos factores, se llama "corriente corregida" (i_c). con la corriente corregida, se entra a las tablas de la norma antes mencionadas según corresponda a la canalización de los conductores, referente a la capacidad en amperes de cables y se selecciona el calibre que habrá de instalarse.

ECUACIONES DE CÁLCULO

Cálculos de corriente

a) para circuitos monofásicos. (Conociendo los watts)

$$i_n = \text{watts} / (\text{vfn} * \text{f.p.})$$

Donde:

Watts = potencia monofásica en w.

vfn = voltaje de fase a neutro (277 o 127 volts)

f.p = factor de potencia, considerado 0.9

i_n = corriente nominal en amp.

b) para circuitos trifásicos. (Conociendo los watts)

$$i_n = \text{watts} / (\text{vf-f} * \sqrt{3} * \text{f.p.})$$

Donde:

watts = potencia trifásica en w.

vff = voltaje entre fases (480 o 220 volts)

f.p. = factor de potencia, considerado 0.9

i_n = corriente nominal en amp.

calculo de caída de tensión.

a) para circuitos monofásicos.

$$e\% = \frac{4 * I * in}{vf-n * st} \text{ (por resistencia)}$$

Donde: I = longitud del conductor en metros

in = corriente nominal del circuito en amperes

vf-n = voltaje de fase a neutro (277 o 127 volts)

st = sección transversal del conductor en mm²

e% = porcentaje de caída de tensión.

$$e\% = \frac{2 I-in (r \cos \varnothing + x \operatorname{sen} \varnothing) \times 100}{vf-n} \text{ (por impedancia)}$$

r = resistencia del conductor en ohms/km

x = reactancia del conductor en ohms/km

\varnothing = angulo de factor potencia

e% = caída de tensión expresada en %

I = longitud en metros del conductor

in = corriente nominal del circuito

B) para circuitos trifásicos a (4 hilos)

$$e\% = \frac{2 * I * in}{vf-n * st} \text{ (por resistencia)}$$

$$e\% = \frac{\sqrt{3} * 100 * I-in (r \cos \varnothing + x \operatorname{sen} \varnothing)}{vf-f} \text{ (por impedancia)}$$

vf-f

Donde:

l = longitud del conductor en metros

i_n = corriente nominal del circuito en amperes

v_f-n = voltaje de fase a neutro (277 o 127 volts)

st = sección transversal del conductor en mm^2

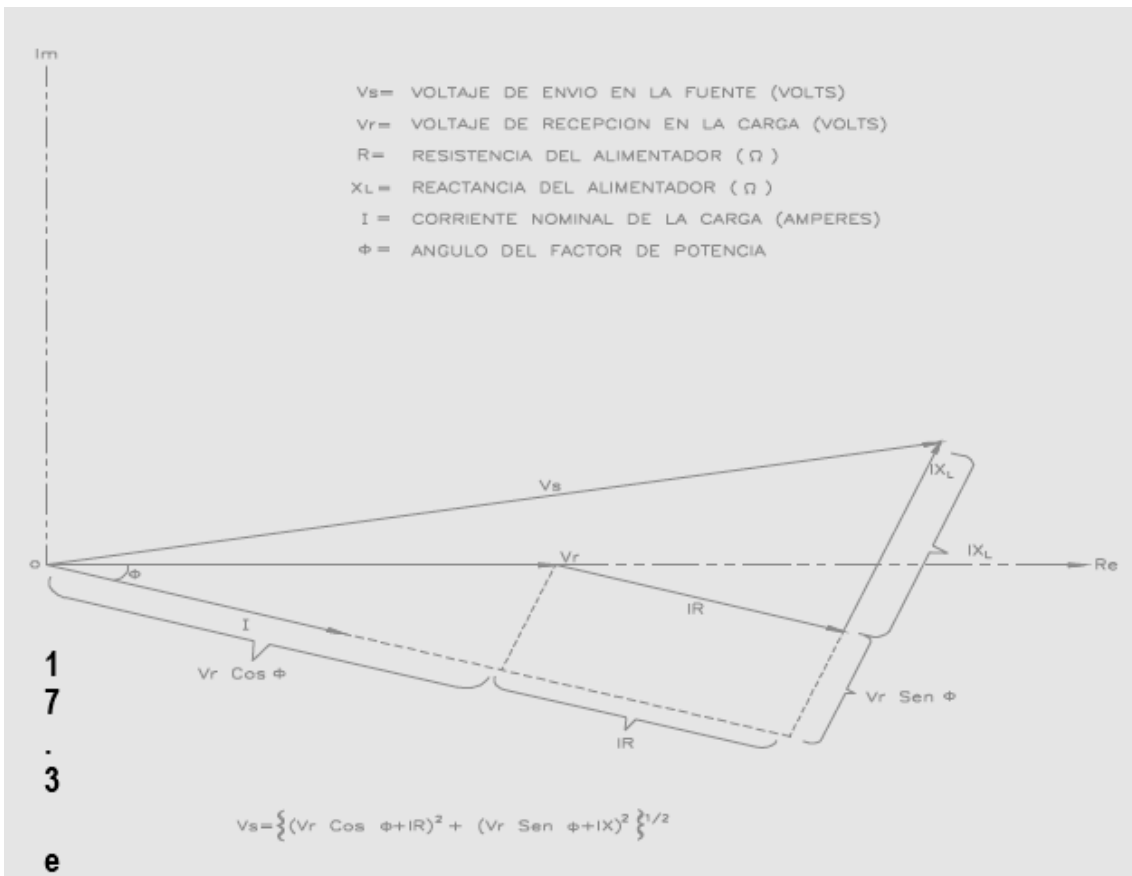
$e\%$ = porcentaje de caída de tensión.

r = resistencia de conductor en ohms/ km

x = reactancia del conductor en ohms/ km.

ϕ = Angulo del factor de potencia.

Considérese el siguiente diagrama fasorial para las ecuaciones antes mencionadas.



Ejemplos de cálculo

SISTEMA DE PROTECCION CONTRA INCENDIO.

Circuitos de fuerza del sistema de protección contra incendio Localizado en el cuarto de bombeo.

Para el cálculo del alimentador y la protección se deberá tener las potencias de los equipos que operan para este sistema, Los cuales son proporcionados por el proyectista de la instalación Hidráulica.

Así mismo para la alimentación eléctrica se determina por medio de los siguientes artículos y tablas.

Articulo 695. Bombas contra incendio.

Tabla 430-150 corriente eléctrica a plena carga

Tabla 430-7(b) letras de código a rotor bloqueado.

Tabla 310-16 capacidad de conducción de corriente permisible de conductores aislados en canalización cerrada.

Ejemplo:

Se tienen un motor de 15cp. Un motor de 1.5cp Alimentados en 460v, 3 fases 3 hilos 60 hz.

De esta manera se tiene que:

Del motor de 15cp se tiene la corriente nominal de 21 amp.

Del motor de 1.5cp se tiene la corriente nominal de 2.6 amp.

En este caso la letra de código G este dato es proporcionado por el fabricante del equipo.

Por lo tanto de la tabla 430-7(b) se tiene lo siguiente.

Motor de 15cp se tiene $21 \text{ amp.} \times 6.29 = 132.09 \text{ amp.}$

Motor de 2cp se tiene $2.6 \text{ amp.} \times 6.29 = 16.35 \text{ amp.}$

Corriente a rotor bloqueado bomba contra incendio= 132.09 amp.

Corriente a rotor bloqueado bomba jockey= 16.35 amp.

De esta manera se obtiene que la protección para la bomba contra incendio será de 3P-50amp. Magnético Mac-Gar con ajuste magnético de 175amp.Y el alimentador será de 3 conductores calibre 3/0 AWG

3.8 CALCULO SISTEMAS DE TIERRAS

Calculo de la red de tierras **STD. 80 IEEE-1986**

Subestación eléctrica transformadora

1.- datos

Corriente de falla a tierra: $I = 7,462.03$ Amperes (simétricos)

Duración de la falla: $t = 0.50000$ seg.(30 Ciclos **171 MVA (MONOFASICA)**)

Resistividad: **13.2 KVOLTS**

a) Del terreno: $p_e = 13 \Omega\text{-m}$

b) De la superficie: $p_s = 1000 \Omega\text{-m}$

Area de la subestación: $A = 135.45 \text{ m}^2$

a) ancho de la subestación: $a = 5 \text{ m}$

b) longitud de subestación: $l = 27.09 \text{ m}$

Area de la red: $A = 28.9548 \text{ m}^2$

a) ancho de la red: $a = 1.08 \text{ m}$

b) longitud de la red: $l = 26.81 \text{ m}$

Profundidad de la red: $h = 0.6 \text{ m}$

Relación X/R: $X/R = 5$

Longitud de conductor enterrado incluyendo cable y electrodo. $L = 132.99 \text{ m}$

Diámetro de la varilla: $d = 0.0159 \text{ m}$

De acuerdo al estándar IEEE 80 de 1986, el tiempo de duración de la falla se ha tomado de 30 ciclos (0.5 seg.)

Ya que para propósito de cálculo, el tiempo de repuesta del interruptor y/o fusible no se tiene para todas las marcas de equipos que pueden instalarse. El estándar IEEE242-1986, para propósitos de protección y coordinación de sistemas de potencia comerciales establece que la corriente de corto circuito debe considerarse durante 1/2 ciclo o un ciclo. Como no puede asegurarse que el dispositivo de protección opere durante el primer ciclo se adopta como medida segura que este opere en un lapso de 0.5 seg. o 30 ciclos.

2.- determinación de la sección mínima del conductor para evitar la fusión:

Corriente máxima de malla $I_G = C_p D_f I_A$ ecuación (1)

Donde:

I_G = Corriente máxima de malla en Amperes.

D_f = Factor de decremento para un tiempo de duración total de la falla t_f en segundos.

C_p = Factor de la proyección que toma en cuenta los incrementos relativos de la corriente de falla a lo largo de la vida útil de la instalación, cuando no existieran incrementos en la corriente de falla, $C_p = 1$

I_A = Corriente simétrica de malla (valor rms) en Amperes.

Para una relación: $X/R = 5$

Tiempo de duración de la Falla= 0.50000 seg.

Para él cálculo de la red de tierra se considera la corriente asimétrica, se debe de encontrar un factor de decremento " D_f " en el cual se tomará en cuenta el efecto de desplazamiento de la componente de corriente directa (cd), por lo tanto la formula es:

Subestación eléctrica transformadora

$$\sqrt{-2t_f/T_a} D_f = 1 + T_a/T_f [1 - e] \dots\dots\dots \text{ecuación (2)}$$

Donde :

t_f =Duración de la falla en segundos

T_a =Constante de tiempo subtransitoria en segundos

$$\omega = 2\pi f$$

$$T_a = X''/R = X/\omega R \quad T_a = 0.013263$$

Sustituyendo valores en la ecuación (2) se tiene:

$$D_f = 1.0132$$

por tanto se tiene la siguiente tabla:

tf(seg)	ciclos 60 Hz.	Factor Df X/R=				
		5	10	20	30	40
	Ta	0.0133	0.0265	0.0531	0.0796	0.1061
0.00833	0.5	1.4625	1.5764	1.6482	1.6747	1.6885
0.01667	1	1.3158	1.4623	1.5763	1.6229	1.6481
0.05	3	1.1248	1.2322	1.3784	1.4624	1.5150
0.1	6	1.0643	1.1248	1.2322	1.3158	1.3784
0.2	12	1.0326	1.0643	1.1248	1.1812	1.2322
0.3	18	1.0219	1.0433	1.0848	1.1248	1.1629
0.4	24	1.0164	1.0326	1.0643	1.0950	1.1248
0.5	30	1.0132	1.0262	1.0517	1.0766	1.1010
0.75	45	1.0088	1.0175	1.0348	1.0517	1.0684
1	60	1.0066	1.3693	1.0262	1.0390	1.0517

Por tanto la corriente máxima de la malla es y sustituyendo los valores en la ecuación (1)

$$IG= 7560.35 \text{ A.}$$

Sección de conductor

Por medio de la fórmula siguiente se obtiene el área del conductor que se requiere para soportar la corriente de falla durante un tiempo determinado sin llegar a la fusión.

$$\sqrt{-4 IG} = A (TCAP \times 10 / tc \text{ ar } pr) \text{ Ln } ((Ko + Tm) / (Ko + Ta))$$

Por tanto el área es:

$$A_{mm^2} = I_G \sqrt[4]{\frac{t_c \alpha_r \rho_r \times 10}{TCAP} \frac{1}{\ln[1 + (T_m - T_a)/(K_o + T_a)]}}$$

$$A_{cmils} = 1973.52 I_G \sqrt[4]{\frac{t_c \alpha_r \rho_r \times 10}{TCAP} \frac{1}{\ln[1 + (T_m - T_a)/(K_o + T_a)]}} \text{ ecuación (3)}$$

Donde:

I= I_G= Corriente rms en Kiloamperes

A= Sección transversal del conductor en mm².

T_m= Temperatura máxima permisible en ° C.

T_a= Temperatura ambiente en ° C.

T_r= Temperatura de referencia para las constantes del material en ° C.

α_r = Coeficiente térmico de resistividad a la temperatura de referencia T_r.

α_o = Coeficiente térmico de resistividad a ° C.

ρ_r = Resistividad del conductor a la temperatura de referencia T_r en mW - cm.

K_o= 1/α_o, ó (1/ α_r) - T_r

t_c= Tiempo de duración del flujo de corriente en segundos.

TCAP= Factor de capacidad térmica en J/cm³/°C.

Por lo que se tiene la siguiente tabla de las constantes de los Materiales

Tabla No. 1

Descripción	Conductividad de el Material (%)	Factor α _r @ 20 °C	K _o (1/α _o) @ 0 °C	Temperatura de fusión (° C)	R _r @ 20°C μΩ -cm	Factor efecto. TCAP (J/cm ³ /° C)
Alambre de cobre suave recocido	100	0.00393	234	1083	1.7241	3.422
Alambre de cobre duro estirado	97	0.00381	242	1084	1.7774	3.422
Alambre de cobre con alma de acero	40	0.00378	245	1084/1300	4.397	3.846

Alambre de cobre con alma de acero	30	0.00378	245	1084/1300	5.862	3.846
---	-----------	----------------	------------	------------------	--------------	--------------

Por tanto el área que se tiene en el conductor sustituyendo todos los datos en la formula (3)

$$\sqrt{Acmils = 1973.52 \times IG \times 33.878565 \times 2.38890342}$$

Acmils= 56188.43

Cmils.

CAL. 4 AWG.

por tanto de la tabla siguiente se obtiene el calibre del conductor.

Tabla No. 2

CALIBRE		DIAMETRO CONDUCTOR	
Circular mills	A.W.G	Pulgadas	Milímetros
1,000,000		1.152	29.26
800,000 750,000		1.031	26.18
700,000		0.998	25.35
		0.964	24.48
600,000 500,000		0.893	22.68
400,000		0.813	20.65
		0.728	18.49
350,000 300,000		0.681	17.29
250,000		0.63	16.00
		0.575	14.60

211,600 133,100	4/0 3/0 2/0	0.528 0.47 0.419	13.41 11.93 10.64
105,500 66,370	1/0 1 2/0	0.373 0.332 .292	9.47 8.43 7.41
52,630 41,740 26,240	3 4 6	0.26 0.232 0.184	6.60 5.89 4.67
16,510 10,380 6,530 4,110	8 10 12 14	0.146 0.116 0.0915 0.0726	3.70 2.94 2.32 1.84

El conductor calibre 4 AWG tiene una sección de 41,740 CM., pero por resistencia mecánica emplearemos el calibre 4/0 AWG., (211.6 KCM), con diámetro $d = 0.0134$ m.

Cálculo de potenciales en la malla

1.- cálculo de potencial de contacto en la malla:

La cual se calcula con la siguiente expresión:

$$E_{cm} = \rho K_m K_{ii} G/L \text{ ecuación (4)}$$

Cálculo del factor K_m :

2

2

$$K_m = 1/2 \pi [\ln (D / 16hd + ((D + 2h) / 8Dd) - (h/4d)) + K_{ii}/K_h (\ln (8/\pi((2n-1))))]$$

Donde :

$K_{ii} = 1$ Para mallas con varillas de tierra a lo largo del perímetro o con varillas en las esquinas de la malla o con varillas a lo largo del perímetro y por toda la malla.

$2/n$

$$K_{ii} = 1/(2n)$$

Para mallas sin varillas de tierra o mallas que contengan sólo algunas varillas, ninguna localizada en las esquinas o en el perímetro.

$$K_h = \sqrt{1 + h/h_0} = 1.2649$$

Cálculo del factor K_i :

$$K_i = 0.656 + 0.172n = 1.4442$$

$$\sqrt{n} = n_A \times n_B = 4.5826$$

n_A = Es el número de conductores a lo ancho de la malla. = 3

n_B = Es el número de conductores a lo largo de la malla. = 7

$$K_m = 0.1592 \times (4.2357 + -0.9211)$$

$$K_m = 0.5275$$

Donde :

D = Espaciamiento entre conductores paralelos, en metros. = 2.04

n = No. de conductores paralelos en una dirección. = 4.5826

d = Diámetro del conductor de la malla en metros. = 0.01341

h = Profundidad de enterramiento de los conductores de la malla, en metros.

K_{ii} = Factor de corrección que ajusta los efectos de los conductores interiores de la malla.

K_h = Factor de corrección que enfatiza el efecto de la profundidad de la malla.

K_i = Factor de corrección para la geometría de la red, método simplificado.

h_0 = 1 metro (Profundidad de referencia de la malla).

ρ_e = Resistividad del terreno en W-m.

Por tanto el POTENCIAL DE CONTACTO EN LA MALLA y sustituyendo valores en la ecuación (4) es:

E _{cm} = 13	0.5275	1.4442	7560.3544
			-----=
			136.59

$$E_{cm} = 548.1970 \text{ Volts.}$$

Cálculo de la longitud de la malla L:

Para mallas con varillas de tierra: $L = L_c + 1.15L_r = 136.59$

Donde: $L_c =$ Longitud de conductores enterrados en la malla. = 108.99

$L_r =$ Longitud total de las varillas de las varillas de tierra.= 24

2.- cálculo del potencial de paso en la malla:

$$E_{pm} = \rho I G K_s K_i / L \quad \text{ecuación (5)}$$

Cálculo de K_s :

$n-2$

$$K_s = 1 / \pi (1/2h + 1 / (D+h) + 1 (1 - 0.5) / D$$

$$K_s = 0.3183 \times (0.8333 + 0.3788 + + 0.4749$$

$$K_s = 0.5370$$

Cálculo de factor K_i :

$$K_i = 0.656 + 0.172n$$

$$K_i = 1.86$$

Sustituyendo los valores de K_s y K_i en la ecuación (5), tenemos que el valor de E_p es:

$$E_{pm} = 718.6953 \text{ Volts.}$$

3).- cálculo de los potenciales tolerables.

A).- cálculo de potencial de paso:

$$E_p'' = (1000 + 6C_s(h_s, k) \times \rho_s) \times 0.157 / \sqrt{t_s} \quad \text{ecuación (6)}$$

Calculando el factor $C_s(h_s, K)$:

Donde K es el factor de reflexión:

$$K = \frac{\rho_e - \rho_s}{\rho_e + \rho_s} = K = -0.9743$$

Con el valor de K se entra a la tabla de la figura 8 - IEEE Std 80-1986:

Dando el factor de reducción Cs : Cs= 1

Sustituyendo valores en la ecuación (6) anterior el potencial de paso es :

$$E_p'' = (1000 + 6.0000 \times 1000.0000 \times 0.2220)$$

$$E_p'' = 1554.2207 \text{ Volts.}$$

b).- cálculo de potencial de contacto :

$$E_c'' = (1000 + 1.5C_s(h_s, k) \times \rho_s) \times 0.157 / \sqrt{t_s} \text{ ecuación (7)}$$

Sustituyendo valores en la ecuación (7) anterior el potencial de contacto es :

$$E_c'' = (1000 + 1.5000) \times 1000 \times 0.2220$$

$$E_c'' = 555.0788 \text{ Volts.}$$

4).- Comparación de tensiones tolerables y existentes en la malla.

Para garantizar que la red es segura se tendrá que cumplir:

$$E_{cm} < E_c'' \quad \text{y} \quad E_{pm} < E_p''$$

Por tanto

VERDADERO

VERDADERO

5).- cálculo de la resistencia de malla :

$$R_m = \rho \left(\frac{1}{L} + \frac{1}{\sqrt{20A} \left(1 + \left(\frac{1}{1 + h \left(\frac{\sqrt{20}}{A} \right)} \right)} \right)} \right)$$

Sustituyendo valores tenemos:

$$R_m = 0.9959 \text{ Ohms.}$$

6).- verificación de las condiciones de seguridad:

Si :

$$L_c > K_m K_i \rho_e I_G \sqrt{t}$$

$$(157 + 0.235 C_s \rho_s)$$

Por lo que : $L_c > L_r$

$$L_c > 135.0686$$

Por lo tanto la red si es segura.

3.9 Cálculo de corto circuito del transformador

Considerando el suministro de energía al sistema con una capacidad infinita y el sistema está formado por un Transformador de baja potencia, se puede conocer el valor de Corriente de Corto Circuito máxima que será suministrado por la fuente en el lado Secundario y así seleccionar el Interruptor general de Baja Tensión.

Datos :

Capacidad del Transformador trifásico:

$$TR-1 = 1250 \text{ KVA}$$

Impedancia en porciento del transformador:

$$Z = 5.76 \%$$

Voltaje en el lado Secundario del Transformador:

$$V = 480.00 \text{ Volts}$$

Nota :

Se considera que la energía eléctrica de suministro por el lado Primario es de capacidad infinita (bus infinito), se requiere seleccionar un interruptor general para el lado Secundario (baja tensión) a.) La corriente máxima en el lado secundario es :

$$I_{sec} = (KVA \times 1000) / (1.732 \times V_f)$$

$$I_{sec} = 1503.56 \text{ Amperes}$$

b.) La corriente de Corto Circuito Simétrica máxima que puede ser suministrada por el Transformador esta en función de la Impedancia del mismo, es decir:

$$I_{cc \text{ máx.}} = (100\% / Z\%) \times I_{sec}$$

$$I_{cc \text{ máx.}} = 26,103.48 \text{ Amperes Simétricos}$$

$$I_{cc \text{ máx.}} = 26.10 \text{ Ka's}$$

c.) Es sumamente difícil que se presente un corto circuito trifásico, generalmente es entre dos fases

o fase a tierra, por lo tanto, se requiere conocer la corriente de corto circuito Asimétrica cuyo valor

máximo es de aproximadamente 1.25 veces la corriente Simétrica, es decir :

$$I_{cc \text{ asim.}} = I_{cc \text{ máx.}} \times 1.25$$

$$I_{cc \text{ asim.}} = 32,629.35 \text{ Amperes Asimétricos}$$

$$I_{cc \text{ asim.}} = 32.63 \text{ Ka's}$$

Con los valores encontrados es posible seleccionar un Interruptor con las características basándose en las Tablas y Catálogos de los diferentes fabricantes de estos equipos

Selección de bases:

$$S_b = 1 \text{ MVA.}$$

$$KV_b(a.t.) = 13.2 \text{ KV.} \quad I_b(a.t.) = 54.6749$$

$$KV_b(b.t.) = 0.480 \text{ KV.} \quad I_b(b.t.) = 1,503.5604$$

$$KV_b(b.t.) = 0.220 \text{ KV.} \quad I_b(b.t.) = 3,280.4955$$

Valores en por unidad (p.u)

Las fuentes que contribuyen cuando ocurre una corriente de falla en un corto circuito son:

- a).- La Cia. Suministradora.
- b).- Los motores de inducción que estén instalados.

Compañía suministradora:

Dato proporcionado por cia. Suministradora: La potencia de corto circuito en la acometida de 100MVA.

Para los motores, se considera que la corriente de corto circuito con la que contribuyen es de:

$$I_{m.c} = 4 I_n.$$

Donde:

$I_{m.c}$ = La corriente con la que contribuye el motor a la Falla

I_n = La corriente nominal del motor.

Cálculo de las impedancias en por unidad

Para el cálculo de las impedancias en por unidad es necesario contar con el diagrama unifilar.

Refiriéndonos al diagrama unifilar se calculará todas las impedancias que se han necesarias para encontrar la corriente de corto circuito en los diferentes puntos que se marquen.

Impedancia de la fuente suministradora: 170.6 MVA

$$Z_s(p.u) = \frac{S_{base}}{S_s(MVA_{c.c})}$$

por lo tanto:

$$Z_s(p.u) = \frac{2 \text{ MVA}}{100 \text{ MVA}} = 0.0059 \text{ p.u.}$$

Impedancia del transformad $Z_t = 0.07 \text{ p.u.}$ $S_t = 1250 \text{ KVA}$ donde la impedancia en p.u. para la base nueva tenemos:

$$Z_t(p.u) = Z_t(p.u.) \text{ dado } \left[\frac{K \text{ KV dado}^2}{\text{KV bases}} \times \frac{S_{\text{base nueva}}}{S_t \text{ dado}} \right]$$

$$\text{por lo tant } Z_t(p.u.) = 0.0575 \times \left[\frac{13.2}{13.2} \right]^2 \times \left[\frac{2000}{2000} \right] = 0.0560 \text{ p.u.}$$

Impedancia de los alimentadores (conductores) y de los motores

Alimentador :

$$Z_L(p.u.) = Z (\Omega/m) \times L (m) \times \left[\frac{S_{\text{base nueva}}}{(\text{KV} \times \text{KV})_{\text{base}}} \right]$$

donde :

$Z(\Omega/m)$ = Impedancia del conductor en ohms por metro

L = Longitud del conductor en metros.

$S_{\text{base nueva}}$ = La potencia base del sistema.

KV_{base} = Es el voltaje base en baja tensión del sistema.

Impedancia de los motores:

Motor :

$$Z_m(p.u) = \frac{\text{KV motor}}{1.732 \times 4 (\ln)} \left[\frac{S_{\text{base nueva}}}{(\text{KV} \times \text{KV})_{\text{base}}} \right]$$

Para el alimentador de la subestación receptora transformadora, tenemos:

$$L = 30 \quad Z_{1/0E.P} = 0.000164042 \Omega/m, \quad 1 \text{ conductores por fase}$$

Sustituyendo los valores en la formula :

$$ZL1(p.u) = 0.000164042/1 \times 15 \times 1/(13.2 \times 13.2)$$

$$ZL1(p.u) = 0.000028$$

Para los motores del tablero " HA ", I= 264A. se tiene:

$$I_n = 264.00 \quad KV = 0.48 \quad S_{base} = 1$$

Por tanto:

$$Z_m(p.u) = \frac{0.48 \times 1}{1.732 \times 4 \times 0.361 (0.48 \times 0.48)} =$$

$$Z_m(p.u) = 1.1391$$

FORMULA EMPLEADA:

$$\left[\frac{I}{A} \right]^2 t = K \log \frac{T_2 + T}{T_1 + T}$$

Donde:

I= CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO EN AMPERES.

K= CONSTANTE QUE DEPENDE DEL MATERIAL DEL CONDUCTOR

A= AREA DE LA SECCION TRANSVERSAL DEL CONDUCTOR EN CIRCULAR M.

t= DURACION DE LA FALLA EN SEGUNDOS.

T=TEMP. EN ° C (BAJO CERO) EN LA CUAL EL MATERIAL TIENE RESISTENCIA ELECTRICA TEORICAMENTE NULA.

T1=TEMPERATURA MAXIMA DE OPERACION DEL CONDUCTOR EN ° C

T2=TEMPERATURA MAXIMA DE CORTO CIRCUITO DEL AISLAMIENTO DEL CONDUCTOR ° C

TABLA DE VALORES DE K Y T:

MATERIAL	K	T
COBRE	0.0297	234.50
ALUMINIO	0.0125	228 00

CALCULO DEL ALIMENTADOR DE LA PLANTA DE EMERGENCIA AL TRANSFER:

$I = 26,103.48 \text{ A.}$

$t = 0.0167 \text{ seg. EN EL 1er CICLO}$

$K = 0.0125 \text{ PARA ALUMINIO}$

$T_1 = 75 \text{ THW.}$

$T_2 = 150 \text{ C}$

$T = 234.5 \text{ C}$

UTIZANDO LA FORMULA SE TIENEN QUE EL AREA QUE SE REQUIERE PARA EL ALIMENTADOR Y SUSTITUYENDO VALORES EL LA FORMULA SE TIENE LA SIGUIENTE FORMULA REDUCIDA.

$A = 98,286.51 \text{ AREA EN CIRCULAR MILS.}$

POR TANTO SE TIENE LA SIGUIENTE TABLA:

TABLERO O MOTOR	ALIMENTADOR	C.M. DADO	C. M. CALCULADO	CONDUCTOR CORREGIDO
TGN	barras			
TGN	400	400,000	98,286.51	
	5 X FASE	2,000,000	98,286.51	

CALCULO DEL TRANSFORMADOR

Para el cálculo del transformador realizamos las sumatorias de todas las cargas instaladas en la plaza comercial equipos de alumbrado, fuerza, receptáculos. y la potencia del transformador a instalar la sacaremos de la potencia instalada por los factores de demanda de acuerdo al tipo de carga:

Aplicando estos factores a las cargas instaladas se puede mostrar la siguiente tabla:

CARGA TOTAL INSTALADA: 1,908,154 V.A

CARGA DEMANDADA: 1,043,812 V.A

FACTOR DE DEMANDA: 0.54

CARGA DE FUERZA: 1,200,729 V.A

CARGA DE CONTACTOS: 331,899 V.A

CARGA DE ILUMINACION: 173,365 V.A

10% DE RESERVA: 190,815.

DE ESTA POTENCIA DE DEMANDA TENEMOS QUE EL TRANSFORMADOR COMERCIAL INMEDIATO ES DE 1250 KVA.

PARA LA PROTECCION DEL SECUNDARIO DEL TRANSFORMADOR TENEMOS:

$I = 1,250,000 \text{ VA}$

$480 \times \text{RAIZ}(3)$

$I = 1504 \text{ AMPERES.}$

POR LO QUE LA PROTECCION SERA POR MEDIO DE UN INTERRUPTOR ELECTROMAGNETICO DE 3P-1600 AMPERES. EL CUAL CONTARA CON PROTECCION DE FALLA A TIERRA.

CALCULO DE LA PROTECCION EN EL PRIMARIO:

$I = 1,250,000 \text{ VA}$

$13,200 \times \text{RAIZ}(3)$

$I = 54.68 \text{ AMPERES.}$

LA PROTECCION SERA POR MEDIO DE FUSIBLES LIMITADORES DE CORRIENTE DE 3P-125A.

CONCLUSIONES

Uno de los problemas que enfrentan las empresas de energía eléctrica, es la creciente complejidad de los sistemas eléctricos de potencia. Cada vez los equipos son operados cerca de sus límites de seguridad con el fin de satisfacer la demanda de energía; esto ha sido ocasionado por la construcción de grandes plantas de generación conectadas al sistema a través de líneas de transmisión muy largas, que impactan directamente en la estabilidad del sistema, aun en condiciones normales de operación.

La subestación compacta ocupa la mitad del espacio usado por una subestación tradicional. El acceso a la acometida por ambos lados, le permitirá pegar la subestación a alguna pared.

Seguridad

- La cuchilla de operación sin carga no abre si el Seccionador de operación con carga está cerrado.

La puerta frontal no abre estando la cuchilla de operación sin carga cerrada.

- Acceso restringido a personal no calificado ya que todas las puertas tienen integradas portacandados.
- Leyendas de operación e identificación claras y al frente del tablero, además de mirillas de cristal inastillable.

Las Subestaciones cuentan con:

- Dispositivo de Bloqueo Mecánico.- Mismo que imposibilita la apertura y cierre del seccionador sin carga, cuando el seccionador con carga esté cerrado.
- Bloqueo de Puertas.- No permite la apertura de la puerta del seccionador con carga, cuando el seccionador sin carga esté cerrado.
- Instrucciones de Operación y Seguridad.- Colocadas en lugares visibles al personal.

Ventajas

- Reducción de espacio para el suministro de energía.
- Versatilidad en conexión y arreglos.
- Bajos costos de Instalación.
- Fácil operación de equipo.
- Ahorro en el consumo de energía

En este trabajo de tesis el motivo principal fue crear una guía o manual que sirviera de manera eficaz para futuros proyectos similares en el diseño de la subestación utilizada en tiendas de autoservicio (de manera particular las tiendas de la cadena Wal-Mart).

La base de esta tesis está sustentada en la NOM 001-SEDE-2005, así como de algunas otras de carácter más específico. De la misma manera se consultaron manuales de subestaciones de diferentes marcas en el mercado.

En el marco de esta tesis se ha realizado el cálculo de subestaciones ultra compactas que se requieren en diferentes tipos de tiendas, tomando en cuenta las características de consumo de energía de las mismas.

Edgar & Juan Manuel

Aislamiento funcional: aislamiento necesario para asegurar el funcionamiento normal de un aparato y la protección fundamental contra los contactos directos.

Aislante: Un material aislante es aquel que, debido a que los electrones de sus átomos están fuertemente unidos a sus núcleos, prácticamente no permite sus desplazamientos y, por ende, el paso de la corriente eléctrica cuando se aplica una diferencia de tensión entre dos puntos del mismo. Material no conductor que, por lo tanto, no deja pasar la electricidad.

Amperímetro: Aparato que mide la intensidad de la corriente eléctrica cuando lo intercalamos con un hilo conductor.

Amperio: Unidad que mide la intensidad de una corriente eléctrica. Su abreviatura es A, y su nombre se debe al físico francés André Marie Ampere.

Autoseccionador: aparato que abre un circuito automáticamente en condiciones predeterminadas, cuando dicho circuito está sin tensión.

Bobina: Arrollamiento de un cable conductor alrededor de un cilindro sólido o hueco, con lo cual y debido a la especial geometría obtiene importantes características magnéticas.

Borne: Cada uno de los botones de metal a los que se une los hilos conductores de un aparato eléctrico.

Buscapolos: Destornillador para comprobar la existencia de corriente al encenderse una lámpara de neón que tiene en su interior.

Cables rígidos: Cables que se utilizan para transportar energía y que tienen la particularidad de estar instalados entre las canalizaciones fijas hasta los enchufes.

Caja de conexiones: En electricidad, caja empotrable o de superficie destinada a alojar empalmes de cables. También caja de empalmes.

Caja de elementos: En electricidad, caja empotrable destinada a alojar los interruptores, bases, etc. Si no va empotrada y va atornillada se denomina zócalo.

Calibrador: Herramienta que sirve para determinar el calibre (grosso) del los alambres.

Canalización: conjunto constituido por uno o varios conductores eléctricos por los elementos que los fijan y por su protección mecánica.

Cargas lineales: La mayor parte de las cargas eléctricas se tipifican como cargas convencionales; estas se comportan linealmente, lo cual significa que al aplicar una tensión, la forma de onda de la corriente conserva esa misma forma, aunque en general estará desplazado en el tiempo un ángulo (j).

Cautín (soldador): Aparato para soldar con estaño.

Central eléctrica: conjunto de instalaciones utilizadas directa e indirectamente para la producción de energía eléctrica.

Central Hidroeléctrica: Es aquella central donde se aprovecha la energía producida por la caída del agua para golpear y mover el eje de los generadores eléctricos.

Central térmica: Instalación donde se obtiene energía eléctrica a partir del carbón (hulla, antracita o lignito). A veces también cubre las centrales que usan derivados del petróleo.

Circuito: es la trayectoria que sigue una corriente eléctrica para desplazarse del polo negativo al polo positivo del generador del voltaje o fuerza electromotriz (fem.). Circuito eléctrico es aquel que, con elementos colocados por el ser humano, tales como conductores, componentes electrónicos, configurados de tal forma para llevar a cabo una función. Puede decirse que el circuito eléctrico más corto es un conductor que une los 2 polos de una fuente eléctrica, es obvio que esto no tiene sentido práctico, más bien se define como corto circuito.

Coefficiente de falta a tierra: es el coeficiente UPF/UP , siendo UPF la tensión eficaz entre una fase sana del punto P y tierra durante una falta a tierra, y UP la tensión eficaz entre cualquier fase del punto P y tierra en ausencia de falta. La falta a tierra referida puede afectar a una o más fases en un punto cualquiera de la red.

Capacitor eléctrico: Dispositivo que almacena pequeñas cantidades de electricidad. Su capacidad se mide en faradios.

Capacitor electrolítico: Componente electrónico que almacena corriente continua.

Conductor: Son los elementos metálicos, generalmente cobre o aluminio, permeables al paso de la corriente eléctrica y que, por lo tanto, cumplen la función de transportar la "presión electrónica" de un extremo al otro del cable. Material que opone mínima resistencia ante una corriente eléctrica. Los materiales que no poseen esta cualidad se denominan aislantes.

Conductores activos: los destinados normalmente a la transmisión de energía eléctrica.

Conector: Pieza destinada a establecer conexiones debidamente aisladas y a prueba de humedad.

Conector RCA: Tipo de conexión utilizada para las señales de audio y vídeo.

Consumo energético: Gasto total de energía en un proceso determinado.

Corriente: Movimiento de electricidad por un conductor. Es el flujo de electrones a través de un conductor. Su intensidad se mide en Amperios (A).

Corriente de contacto: corriente que pasa a través del cuerpo humano cuando está sometido a una tensión.

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

Corriente Eléctrica Alterna: Es el flujo de corriente en un circuito que varía periódicamente de sentido.

Cortacircuitos: En electricidad, dispositivo para producir un corte en la corriente cuando se produce un cortocircuito o una sobrecarga eléctrica. Este corte se produce al fundirse un fusible.

Corte omnipolar: corte de todos los conductores activos. Simultáneo, la conexión y desconexión se efectúa al mismo tiempo en el conductor neutro o compensador y en las fases o polares. No simultáneo, la conexión se establece a antes.

Cortocircuito: Contacto accidental de dos cables con distinta polaridad.

Desoldador: Aparato que succiona el estaño de un componente electrónico para poder desmontarlo y sustituirlo si es el caso.

Diferencial: En electricidad, interruptor de seguridad, que corta la corriente al producirse una descarga a tierra o al contacto de una persona con un polo positivo.

Diodo: Componente electrónico que deja pasar la corriente de una batería cuando se conecta el ánodo al positivo y el cátodo al negativo, oponiéndose al paso de corriente si se conecta al contrario.

Distribución: Incluye el transporte de electricidad de bajo voltaje y la actividad de suministro de la electricidad hasta los consumidores finales.

Disyuntor: interruptor automático por corriente diferencial. Se emplea como dispositivo de protección contra los contactos indirectos, asociado a la puesta a tierra de las masas.

Electroimán: Es la magnetización de un material mediante la electricidad.

Elementos conductores: todos aquellos que son susceptibles de propagar un potencial.

Emplazamiento peligroso: espacio en el que una atmósfera explosiva está presente en tal cuantía, como para requerir precauciones especiales, en la construcción, instalación y utilización del material eléctrica.

Energía: La energía es la capacidad de los cuerpos o conjunto de éstos para efectuar un trabajo. Todo cuerpo material que pasa de un estado a otro produce fenómenos físicos que no son otra cosa que manifestaciones de alguna transformación de la energía.

Capacidad de un cuerpo o sistema para realizar un trabajo. La energía eléctrica se mide en kilowatt-hora (kWh).

Energía alternativa: Energía procedente de fuentes no convencionales, por ejemplo, la energía solar y la eólica.

Energía atómica o nuclear: La que mantiene unidas las partículas en el núcleo de cada átomo y que, al unirse dos núcleos ligeros para formar uno mayor (reacción de fusión) o al partirse en dos o más fragmentos un núcleo muy pesado (reacción de fisión) es liberada en forma de energía calorífica o radiante. Aprovechamiento del calor desprendido en la reacción de fisión de elementos radioactivos para generar vapor que, a su vez, mueve una turbina que da lugar a energía eléctrica.

Energía eólica: Energía cinética del aire, es producida por los vientos y se aprovecha en los molinos de viento en los aerogeneradores. También se utiliza para la generación de electricidad en las centrales eólica. Generación de energía eléctrica debido al movimiento de las aspas de los generadores por la velocidad del viento, en zonas donde éste es fuerte.

Energía geotérmica: Obtención de calor para calefacción y para producción de energía eléctrica mediante el uso del vapor producido por las altas temperaturas del interior de la Tierra. El calor interno de nuestro planeta produce el derretimiento de las rocas y el calentamiento de las aguas subterráneas y los gases subterráneos calientan el agua de las capas inferiores, la que emana a la superficie en forma de vapor o líquido caliente. Estas erupciones, intermitentes, normalmente las encontramos en zonas volcánicas y se conocen con el nombre de géiser.

Energía hidráulica: Energía originada mediante turbinas por el aprovechamiento de la presión que se produce en un salto de agua por la diferencia de alturas. Fuerza viva de una corriente o de una caída de agua que se aprovecha en forma de energía mecánica para mover maquinarias o producir energía eléctrica.

Energía Hidrotérmica: Resulta por la caída de temperatura de un cuerpo, entre un manantial frío y otro caliente. En una central de este tipo se emplea el agua caliente de la superficie del mar y la fría del fondo. Como el agua no es lo suficientemente caliente se emplea un líquido de ebullición muy baja, para vaporizarla (cloruro de etilo), cuyo vapor accionará un turboalternador, como en las centrales termoeléctricas.

Energía Mareomotriz: Se aprovecha el flujo y reflujo del agua del mar, cerrando con una presa -provista de turboalternadores- la entrada de un río en puntos donde las mareas sean suficientemente importantes.

Energía Química: Suministrada por reacciones químicas. Ejemplos de ellas: los explosivos, las pilas eléctricas.

Energía Radiante: Es la energía de las ondas electromagnéticas: rayos gamma, equis y ultravioleta; rayos luminosos e infrarrojos, ondas hertzianas.

Energía solar: Energía producida mediante el efecto del calor del sol en una placa solar. Se usa principalmente en hogares para calentar agua y para calefacción, y en instalaciones de alumbrado en carreteras mediante una batería que se carga durante el día. Proviene del sol y se produce por la fusión de los núcleos atómicos de hidrógeno, componente principal del Sol.

Energía Térmica: Energía calorífica producida por la combustión en las máquinas térmicas de hulla, petróleo, gas natural y otros combustibles.

Estañar: Soldar dos metales con estaño.

Fotocélula: interruptor cuya acción de conectar o desconectar está comandada por una célula fotoeléctrica.

Fuente de energía: aparato generador de energía eléctrica.

Halógeno: metaloide de la familia del cloro.

Hub: es un accesorio que se usa para conectar un caño de acero flexible a una caja o tablero.

Hz: símbolo de la unidad de frecuencia "hertz".

Ignitor: elemento del circuito auxiliar de las lámparas halógenos metálicos. Su misión es la de emitir un pulso de alta tensión para el encendido.

Iluminación artificial: aquella que se logra a través de aparatos de luz.

Iluminación combinada: combinación de dos o más métodos de alumbrado.

Ignitor: elemento del circuito auxiliar de las lámparas halógenos metálicos. Su misión es la de emitir un pulso de alta tensión para el encendido.

Iluminación artificial: aquella que se logra a través de aparatos de luz.

Iluminación combinada: combinación de dos o más métodos de alumbrado.

Iluminación de emergencia: Iluminación que debe entrar en funcionamiento automático y permitir, en caso de falla del alumbrado general o cuando la tensión de éste baje a menos del 70% de su valor nominal, la evacuación segura y fácil del público al exterior; solamente podrá ser alimentado por fuentes propias de energía y deberá poder funcionar durante un mínimo de una hora, proporcionando en el eje de los pasos principales una iluminación adecuada.

Iluminación decorativa: sistemas de iluminación dedicados a iluminar lugares o sitios que se quieren mostrar con detalles, tanto sea de formas, como color o diseño.

Incandescencia: Sistema en el que la luz se genera como consecuencia del paso de una corriente eléctrica a través de un filamento conductor.

Inducción: Producción de corrientes llamadas corrientes inducidas en un circuito bajo la influencia de un imán o de una corriente. Influjo recíproco de las corrientes eléctricas sobre los imanes.

Instalación de Alta Tensión: tensiones por encima de 33.000V

Instalación de Baja Tensión: tensiones entre 50V y 1.000V

Instalación de Media Tensión: tensiones entre 1.000X y 33.000V

Instalación de Muy Baja Tensión: tensiones hasta 50V

Instrumento de medida: Conjunto formado por el sistema de medida, la caja del mismo y los accesorios incorporados.

Interruptor: Aparato de poder de corte destinado a efectuar la apertura y/o cierre de un circuito que tiene dos posiciones en las que puede permanecer en ausencia de acción exterior y que corresponden una a la apertura y la otra al cierre del circuito. Puede ser unipolar, bipolar, tripolar o tetrapolar.

- **Unipolar:** Interruptor destinado a conectar o cortar un circuito formado por 1 cable.
- **Bipolar:** Interruptor destinado a conectar o cortar un circuito formado por dos cables. Puede ser un vivo y el neutro o dos fases.
- **Tripolar:** Interruptor destinado a conectar o cortar un circuito formado por tres cables.
- **Tetrapolar:** Interruptor destinado a conectar o cortar un circuito formado por 4 cables.

Lámpara incandescente: Fuente de luz, cuyo funcionamiento se basa en el principio de la incandescencia.

Lámpara fluorescente: Las lámparas fluorescentes tubulares es en realidad una lámpara de descarga de vapor de mercurio de baja presión, en la cual la luz se produce mediante el empleo de polvos fluorescentes que son activados por la energía ultravioleta de la descarga.

Línea general de distribución: Canalización eléctrica que enlaza otra canalización, un cuadro de mando y protección o un dispositivo de protección general con el origen de canalizaciones que alimentan distintos receptores, locales o emplazamientos.

Luminaria: Aparato que sirve para repartir, filtrar o transformar la luz de las lámparas, y que incluye todas las piezas necesarias para fijar y proteger las lámparas y para conectarlas circuito de alimentación.

Núcleo magnético: Una cantidad de material ferroso que se coloca en una bobina o en un transformador para que nos proporcione un trayecto mejor que el aire para un flujo magnético incrementando, por lo tanto, la inductancia de la bobina y aumentando el acoplamiento.

Pantallas: Son los elementos metálicos generalmente de cobre, materializados en forma de cintas o alambres aplicados en forma helicoidal o cintas corrugadas, que tienen como objeto proteger al cable contra interferencias exteriores, darle forma cilíndrica al campo eléctrico, derivar a tierra una corriente de falla, etc. En el caso de los cables aislados con papel impregnado o de altísima tensión para uso enterrado, esta protección esta

formada por una envoltura (vaina) continua y estanca de plomo o aluminio.

Potencia: Es el trabajo o transferencia de energía realizada en la unidad de tiempo. Se mide en Watt (W) o kilovatio (kW).

Potencia nominal de un motor: Es la potencia mecánica disponible sobre su eje, expresada en vatios, kilovatios o megavatios.

Potencia activa: Es la que efectivamente se aprovecha como potencia útil en el eje de un motor, la que se transforma en calor en la resistencia de un calefactor, etc.

Potencia reactiva: Es la que los campos magnéticos de los motores, de los reactores ó balastos de iluminación etc. intercambian con la red sin significar un consumo de potencia activa en forma directa.

Potencia aparente: Es la que resulta de considerar la tensión aplicada al consumo y la corriente que éste demanda, esta potencia es lo que limita la utilización de transformadores, líneas de alimentación y demás elementos componentes de los circuitos eléctricos.

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

Punto mediano: Es el punto de un sistema de corriente continua o de alterna monofásica, que en las condiciones de funcionamiento previstas, presenta la misma diferencia de potencial, con relación a cada uno de los polos o fases del sistema.

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

Protecciones eléctricas: Se trata de delgadas capas de material sintético conductor que se coloca en los cables de aislación seca de XLPE de tensión superior o igual a 3,3 kV y en los de ERP a partir de 6,6 kV. La capa inferior, colocada entre el conductor y el aislante, tiene por objeto hacer perfectamente cilíndrico el campo eléctrico en contacto con el conductor, rellenando los huecos dejados por los alambres que constituyen las cuerdas. La capa externa cumple análoga función en la parte exterior de aislamiento y se mantiene al potencial de tierra.

Protecciones mecánicas: Son las armaduras metálicas formadas por alambres o flejes de acero o aluminio (para cables unipolares).

Receptor: Aparato o máquina eléctrica que utiliza la energía eléctrica para un fin particular.

Red de distribución: El conjunto de conductores con todos sus accesorios, sus elementos de sujeción, protección, etc., que une una fuente de energía o una fuente de alimentación de energía con las instalaciones interiores o receptoras.

- **Privadas:** Son las destinadas, por un único usuario, a la distribución de energía eléctrica de Baja Tensión, a locales o emplazamientos de su propiedad o a otros especialmente autorizados por la Dirección General de la Energía.

- **Publicas:** Son las destinadas al suministro de energía eléctrica en Baja Tensión a varios usuarios. En relación con este suministro generalmente son de aplicación para cada uno de ellos, los preceptos fijados en los Reglamentos Electrotécnicos de Baja Tensión, así como los Reglamentos de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía que pudieran existir en cada país.

Sistema simétrico homopolar. Sistema equilibrado homopolar.

Sistema simétrico inverso. Sistema equilibrado inverso.

Sistema sinusoidal. Sistema eléctrico constituido por una red sinusoidal.

Sistema trifásico. [ing. *three-phase system*] **1** Conjunto de tres sistemas monofásicos con sus generadores conectados en estrella o en triángulo. **2** Conjunto ordenado de tres funciones sinusoidales de la misma frecuencia o de sus tres fasores.

Sistema trifásico equilibrado. [ing. *balanced three-phase system*] Sistema trifásico cuyas tensiones e intensidades están equilibradas.

Solución de un dipolo. Cualquier par posible de valores (v,i) de su tensión e intensidad.

Por ejemplo, el conjunto de todas las soluciones de una fuente de tensión de 10 V es $(10,i)$, sin ninguna restricción para i . Si existe una relación tensión-intensidad del dipolo, el conjunto de soluciones del dipolo es el conjunto de pares (v,i) que satisfacen su relación tensión-intensidad. Por ejemplo, el conjunto de soluciones de

una resistencia R , cuya relación tensión intensidad es $v= Ri$ es el conjunto de todos los pares $(v, i=v/R)$, donde v puede ser cualquier valor. El conjunto de todas las soluciones de una autoinducción de valor L , cuya relación tensión-intensidad es $v = L \frac{di}{dt}$, es el conjunto de todos los pares $(v, i = \frac{1}{L} \int v dt)$.

Sobrepresión interna: Se denomina protección por sobrepresión interna aquella en la que las máquinas o materiales eléctricos están provistos de una envolvente o instalados en una sala en la que se impide la entrada de los gases o vapores inflamables, manteniendo en su interior aire u otro gas ininflamable a una presión superior a la de la atmósfera exterior.

Tensión: Potencial eléctrico de un cuerpo. La diferencia de tensión entre dos puntos produce la circulación de corriente eléctrica cuando existe un conductor que los vincula. Se mide en Volt (V), y vulgarmente se la suele llamar voltaje.

Tensión a tierra: Tensión entre una instalación de puesta a tierra y un punto a potencial cero, cuando pasa por dicha instalación una corriente de defecto.

Tensión de contacto: Diferencia de potencial que durante un defecto puede resultar aplicada entre la mano y el pie de la persona, que toque con aquélla una masa o elemento metálico, normalmente sin tensión.

Tensión de defecto: Tensión que aparece a causa de un defecto de aislamiento, entre dos masas, entre una masa y un elemento conductor, o entre una masa y

tierra.

Tensión nominal: Valor convencional de la tensión con la que se denomina un sistema o instalación y para los que ha sido previsto su funcionamiento y aislamiento. Para los sistemas trifásicos se considera como tal la tensión compuesta.

Tensión nominal de un aparato: Tensión prevista de alimentación del aparato y por la que se designa. También gama nominal de tensiones o intervalo entre los límites de tensión previstas para alimentar el aparato.

Tensión nominal de un conductor: Tensión a la cual el conductor debe poder funcionar permanentemente en condiciones normales de servicio.

Vainas exteriores: La mayoría de los cables poseen vainas exteriores que forman una barrera contra la humedad y las agresiones mecánicas externas. Según la propiedad que se quiera resaltar, estas vainas pueden ser de diferentes materiales. Así pueden ser de PVC para cables de uso general y con el agregado de aditivos especiales adquiere características de resistencia a la propagación del incendio, al frío, a los hidrocarburos o de reducida emisión de gases tóxicos - corrosivos (RETOX). También pueden ser de Polietileno para cables de uso enterrado que requieran una buena resistencia contra la humedad o de Polietileno Clor-sulfonado (Hypalon) cuando se requiera flexibilidad y resistencia a las aceites.

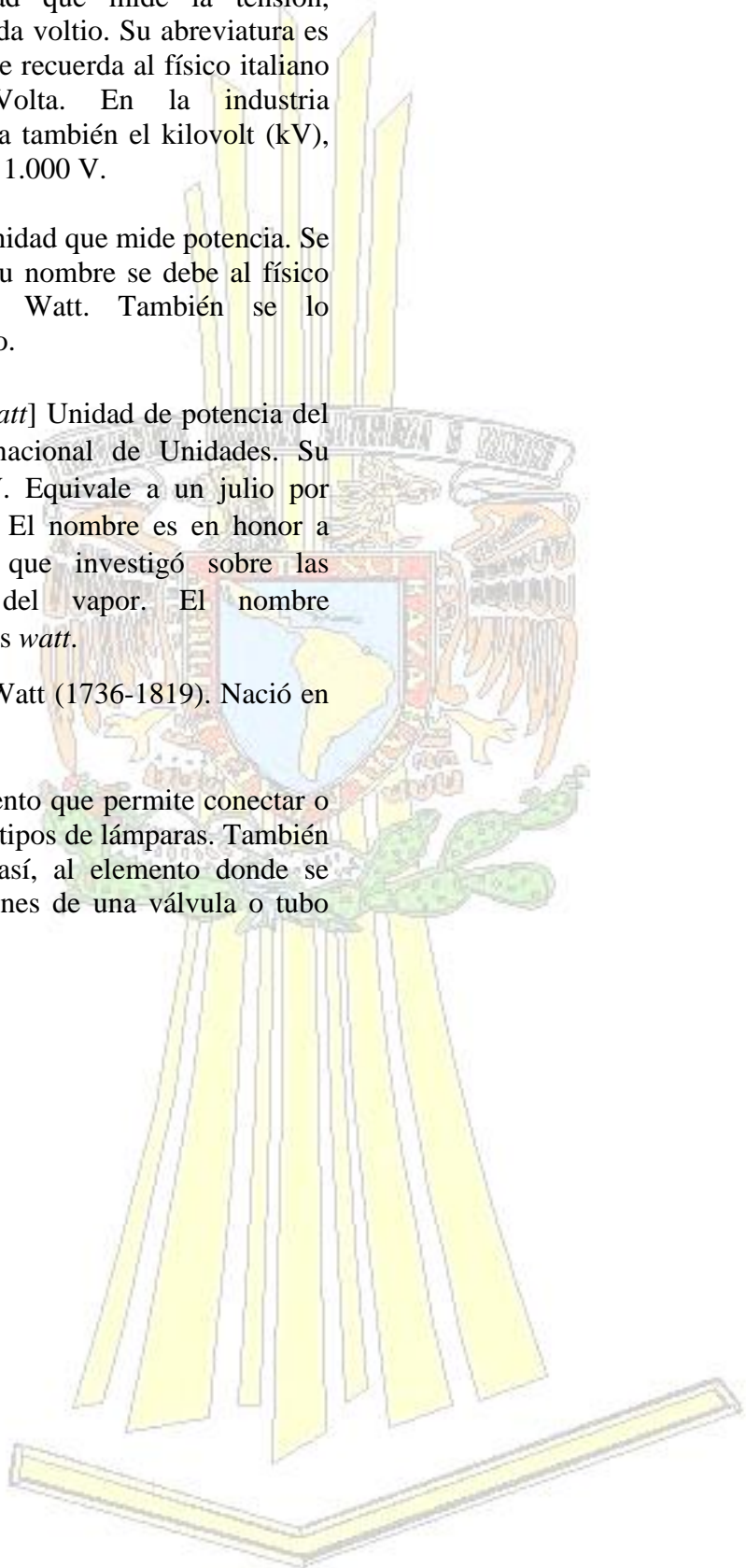
Voltio: Unidad que mide la tensión, también llamada voltio. Su abreviatura es V, y su nombre recuerda al físico italiano Alessandro Volta. En la industria eléctrica se usa también el kilovolt (kV), que equivale a 1.000 V.

Vatio: Es la unidad que mide potencia. Se abrevia W y su nombre se debe al físico inglés James Watt. También se lo denomina vatio.

watio. [ing. *watt*] Unidad de potencia del Sistema Internacional de Unidades. Su símbolo es W. Equivale a un julio por segundo (J/s). El nombre es en honor a [James Watt](#), que investigó sobre las aplicaciones del vapor. El nombre internacional es *watt*.

Watt. James Watt (1736-1819). Nació en Greenock

Zócalo: Elemento que permite conectar o montar, cierto tipos de lámparas. También se denomina así, al elemento donde se insertan los pines de una válvula o tubo electrónico.



BIBLIOGRAFIA.

WALMART
Proyecto ejecutivo.

MANUAL DE SUBESTACIONES.
Luz y fuerza del centro.

CATALOGO COMPENDIADO PRODUCTOS DE DISTRIBUCIÓN Y DE CONTROL.
Septiembre, 2006.
Schneider Electric S.A Square D

www.iem.com.mx

dyme.com.mx