



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**GUIA DE DISEÑO DE INSTALACIONES
ELECTRICAS EN ESTRUCTURAS
VERTICALES**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

P R E S E N T A N

ANGEL ARMANDO CALVO IGLESIAS

GABRIEL NAPOLEON DIAZ LEYVA

HECTOR MANUEL MEJIA MORA

DIR. M. en I. ROBERTO ESPINOZA LARA



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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

	PAGINA
CAPITULO 1	1
GENERALIDADES	
CAPITULO 2	7
CLASES DE EDIFICIOS Y REQUERIMIENTOS ESPECIALES	
CAPITULO 3	17
CARACTERISTICAS DE LA CARGA	
CAPITULO 4	30
SISTEMAS DE DISTRIBUCION PRIMARIA Y SECUNDARIA	
CAPITULO 5	45
EQUIPO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION	
CAPITULO 6	64
SISTEMAS DE PROTECCION	
CAPITULO 7	75
ACOMETIDAS Y MEDICION	
CAPITULO 8	85
CONDICIONAMIENTO DE ESPACIO PARA EQUIPO ELECTRICO	
EJEMPLO	96
BIBLIOGRAFIA	109

PROLOGO

Este trabajo tiene como finalidad dar al lector un panorama general de los principales aspectos que intervienen en el diseño de una instalación eléctrica de las grandes estructuras.

Debido al gran desarrollo de los países industrializados en las últimas décadas, se han visto en la necesidad de concentrar sus recursos humanos para poder seguir ese desarrollo.

Esto ha dado como resultado el incremento de edificios modernos, los cuales se caracterizan por su elevada concentración de cargas, debido a los altos niveles de iluminación y la gran cantidad de cargas de fuerza que necesitan para su funcionamiento.

El crecimiento de estas estructuras hizo más complejo el desarrollo de las instalaciones eléctricas, pero estos problemas han sido resueltos por el avance de la tecnología en el ramo de la industria eléctrica.

Por esta razón, nos enfocaremos más hacia la instalación eléctrica desde el punto de vista de alimentación a las cargas, sistema de distribución. Pero sin descuidar los demás puntos que integran una instalación eléctrica.

Cabe mencionar que escogimos el Sistema de Distribución como punto principal, por ser la base de una instalación eléctrica, ya que de él depende la vida útil, flexibilidad, la confiabilidad, la seguridad y el resto de la instalación.

Además, queremos expresar nuestro agradecimiento a todos los profesores de la Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Eléctrica, ya que cada uno de ellos aportó de alguna manera los conocimientos necesarios para la realización de este trabajo, y en especial al M. en I. Roberto Espinoza y Lara quien nos brindó su dirección y ayuda a lo largo de este proyecto. A todos ellos gracias.

CAPITULO 1

GENERALIDADES

Los edificios comerciales de hoy, dependen para su optimización, esencialmente de un adecuado y confiable Sistema Eléctrico, al grado de que la seguridad requerida en ocasiones, excede al de las plantas industriales.

El rubro, edificios comerciales, incluye una gran variedad de estructuras, como son: Hospitales, Oficinas, Departamentos, Colegios, etc. cada una de cuyas estructuras presenta problemas específicos, y sin embargo, los problemas que presentan son comunes a todos; y por ello, la solución se encuentra en hacer modificaciones a conceptos estandarizados.

Atendiendo a la función de las estructuras, los edificios los podemos agrupar de la siguiente manera:

1. Grandes edificios de tiendas, Complejo para Oficinas, y Unidad Departamental.
2. Pequeños Edificios Públicos, tiendas también pequeñas, como talleres y Supermercados.
3. Edificios Institucionales: Hospitales, Escuelas, Colegios.

Dada esta clasificación genérica, cabe apuntar que la experiencia ha reflejado que a menudo existe la posibilidad de expansiones de las estructuras. Y si estas expansiones son calculadas anticipadamente, resulta económico suministrar inicialmente todos los conductores, alimentadores y demás equipo eléctrico.

También es necesario tomar en consideración que las estructuras requieren de una adecuada flexibilidad, la cual puede ser resuelta con una simple y económica localización de alimentadores, tableros, interruptores y otros equipos eléctricos. El grado de flexibilidad del sistema podría ser comparado económicamente con la predicción

Probabilística de requerimientos de cambios. Como un ejemplo se podía citar un centro de tiendas o edificios de oficinas en general, los cuales requieren una mayor flexibilidad que los edificios institucionales.

Por lo que respecta al presupuesto, para las instalaciones eléctricas, generalmente suele ser basado en el tipo de edificio, su uso, su vida prevista y sobre todo, la economía del proyecto.

El ingeniero puede ayudar en la preparación del presupuesto en una tentativa por evitar una falsa economía, ya que esta a menudo da como resultado un diseño inadecuado, que a la postre podría requerir un gasto innecesario al corregirlo.

Una sana ingeniería exige por regla que el ahorro debe hacerse en áreas donde no afecte las principales operaciones del sistema eléctrico. Y también es obligación del ingeniero el velar porque el sistema eléctrico sea compatible con la estructura del edificio, no importando el gasto que se realice en el acabado, ya que el sistema no puede funcionar propiamente con un equipo de servicio inadecuado.

Dado lo anterior y a fin de lograr los objetivos trazados, debe existir entre los diversos ingenieros de diseño, incluyendo al arquitecto, al ingeniero mecánico y en general todos los elementos que participan en él, una estrecha cooperación y coordinación para poder llevar adelante el proyecto de un modo satisfactorio, flexible y económico, con un máximo beneficio para los usuarios.

Por otra parte, la demanda de la potencia eléctrica de los edificios comerciales tuvo un rápido crecimiento durante los pasados treinta años y podría incrementarse substancialmente en el futuro; debiéndose ese crecimiento a los altos niveles de iluminación, aire acondicionado, calefacción eléctrica, las modernas máquinas de los negocios y otros nuevos equipos. Es pues importante tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

a) Confiabilidad: En todas las estructuras, la confiabilidad de los sistemas de potencia es de máxima importancia, como se ha venido diciendo; variando el grado de confiabilidad requerido de acuerdo con los diferentes tipos de edificios, hospitales, centros de comunicación, áreas de reuniones públicas, tiendas y otros edificios donde la energía eléctrica es indispensable.

Ahora bien, los grados de confiabilidad pueden obtenerse por la aplicación de servicios de alimentadores en un arreglo selectivo con transferencia automática, generación de emergencia, el uso de baterías, etc..

b) Flexibilidad: Previsiones convenientes pueden ser hechas para manejar futuras cargas; los buenos planteamientos pueden incluir amplias capacidades para el equipo de servicio adicional.

c) Economía: El sistema debe tomar en cuenta el aspecto económico por concepto de costos, si menos cabo de los requerimientos apuntados anteriormente, (confiabilidad, flexibilidad y seguridad) con la certeza de que el sistema eléctrico en tales condiciones será el adecuado.

d) Seguridad: El sistema de distribución debe ser seguro, no sólo para el público, sino también para el personal del edificio, para el equipo y el edificio mismo. Y esto puede requerir el uso de recursos y procedimientos que estén sobre o por encima de los requerimientos mínimos de seguridad del Código Eléctrico Nacional.

La seguridad personal y de los bienes es un factor de extrema importancia en el diseño del sistema eléctrico; existiendo al respecto códigos que dan reglas y regulaciones, las cuales están diseñadas con máximas defensas para la vida personal y de las propiedades. En otras situaciones es recomendable que los ingenieros de diseño provean de otras defensas que estén fuera de los códigos.

Los requerimientos de los modernos edificios se han diversifica

do tanto, que es un hecho vital el diseño de seguridad y continuidad de los servicios que cada día son mas importantes.

El ingenieros debe saber qué es lo que causa las fallas en los sistemas de potencia y debe usar el diseño que pueda eliminar dichas fallas.

Las fallas eléctricas son causadas por posibles fuentes irregulares, impropias aplicaciones del material, un mal diseño, fallas de materiales, mala mano de obra al hacer las instalaciones y falla en el mantenimiento.

Fallas de aislamiento: Las fallas de aislamiento generalmente causan cortos circuitos y son debidos al rompimiento del dieléctrico, esfuerzos mecánicos y las altas temperaturas del medio ambiente. Por ello, cuando los conductores se encuentran en charolas, es necesario que en el diseño se cuide la forma en que estará colocada la charola ya que esto afectará de una manera importante las condiciones para las cuales se haya hecho el diseño de los alimentadores.

Altas temperaturas: Las temperaturas variables que afectan los materiales obligan al uso de instalaciones capaces de resistirlas, para evitar las malas operaciones de los diferentes equipos.

Aplicaciones eléctricas y equipo: Los problemas en las fuentes de potencia pueden afectar al equipo, a menos que se incluyan las medidas de protección adecuadas en el diseño. También el uso de materiales de baja calidad o inadecuados pueden ser causa de fallas eléctricas.

Error humano: Muchas de las causas que afectan a las instalaciones por fallas humanas, son debidas a la mala mano de obra y al inadecuado mantenimiento.

Mantenimiento: El mantenimiento es esencial para la operación propia de cualquier instalación eléctrica. La instalación deberá es

do tanto, que es un hecho vital el diseño de seguridad y continuidad de los servicios que cada día son mas importantes.

El ingeniero debe saber qué es lo que causa las fallas en los sistemas de potencia y debe usar el diseño que pueda eliminar dichas fallas.

Las fallas eléctricas son causadas por posibles fuentes irregulares, impropias aplicaciones del material, un mal diseño, fallas de materiales, mala mano de obra al hacer las instalaciones y falla en el mantenimiento.

Fallas de aislamiento: Las fallas de aislamiento generalmente causan cortos circuitos y son debidos al rompimiento del dieléctrico, esfuerzos mecánicos y las altas temperaturas del medio ambiente. Por ello, cuando los conductores se encuentran en los diferentes medios de canalización, es necesario que en el diseño se cuide la forma en que estará colocado dicho medio ya que esto afectará de la manera importante las condiciones para las cuales se haya hecho el diseño de los alimentadores.

Altas temperaturas: Las temperaturas variables que afectan los materiales obligan al uso de instalaciones capaces de resistirlas, para evitar las malas operaciones de los diferentes equipos.

Aplicaciones eléctricas y equipo: Los problemas en las fuentes de potencia pueden afectar al equipo, a menos que se incluyan las medidas de protección adecuadas en el diseño. También el uso de materiales de baja calidad o inadecuados pueden ser causa de fallas eléctricas.

Error humano: Muchas de las causas que afectan a las instalaciones por fallas humanas, son debidas a la mala mano de obra y al inadecuado mantenimiento.

Mantenimiento: El mantenimiento es esencial para la operación propia de cualquier instalación eléctrica. La instalación deberá es

tar diseñada de tal manera que la mayoría del personal pueda hacer el mantenimiento. Los detalles de diseño deberán proveer de espacio propio y accesibilidad de manera que el equipo pueda tener mantenimiento sin dificultad y costo excesivo.

En resumen: La planeación del sistema de distribución deberá incluir una estimación de nuevas cargas, ya que es difícil y costoso incrementar la capacidad de los interruptores y alimentadores más tarde. Los conductores extras o el espacio para nuevas instalaciones deberá estar incluido en la primera etapa de diseño, para el caso de cargas adicionales fueran requeridas más tarde. El costo inicial de la capacidad instalada debería ser comparada con el costo y problema para obtener espacio para nuevos conductores.

En los capítulos subsecuentes se verá de una manera más detallada la forma de prevenir y corregir los errores en que se puede incurrir al realizar el diseño, y en la instalación del equipo eléctrico.

CAPITULO 2

CLASES DE EDIFICIOS Y REQUERIMIENTOS ESPECIALES

1. INTRODUCCION.

En este capítulo clasificaremos a los edificios en función del servicio que prestan y detallaremos puntos importantes de tomarse en cuenta para su diseño y construcción.

Los requerimientos de diseño de los edificios comerciales se pueden agrupar en cuatro categorías:

- a.- Mínimos esenciales
- b.- Continuidad en el servicio
- c.- Flexibilidad para el crecimiento y cambios
- d.- Seguridad, eficiencia y comodidad.

Es importante destacar que una inversión bien planeada por parte de los propietarios, previniendo posibles cambios o ampliaciones en el edificio le ahorrarán una buena cantidad de dinero.

Existen consideraciones especiales que deben hacerse dependiendo del uso que se hará del edificio, a continuación damos una lista de estas consideraciones para los principales tipos de edificios.

2. EDIFICIOS DE APARTAMENTOS.

En la actualidad los edificios de apartamentos requieren de varios servicios como son: agua, protección contra incendios; aire acondicionado, lavado (de ropa y trastes), y el uso de otros artículos eléctricos.

Todo lo anterior se traduce en el uso de equipo y cableado más grande.

Los puntos a checar para los edificios de apartamentos son los siguientes:

1. Medida individual para cada inquilino
2. Luces de salida y de emergencia
3. Sistemas telefónicos
4. Sistemas de voceo
5. Antena central de televisión
6. Facilidades de lavandería central
7. Alumbrado general
8. Aire acondicionado
9. Aumento del uso de artículos eléctricos

3. AUDITORIOS

Un auditorio es un edificio que sirve para grandes reuniones de gente para conferencias, exposiciones, entretenimiento, etc..

Para el auditorio se debe poner especial cuidado en el alumbrado ya sea el general ó el del escenario, debiendo existir para auditorios grandes un tablero de control del mismo, así como del sistema de sonido y de voceo. Para eventos deportivos la iluminación debe ser más intensa, por ejemplo en un ring de box, una cancha de basket-ball, etc..

El alumbrado debe ser flexible con objeto de que haya cambios en el área principal del auditorio.

Las cargas de aire acondicionado será considerables (cargas de alta potencia).

El sistema de distribución debe contar con alimentación en dos ó más puntos con objeto de prevenir accidentes en caso de una falla en la alimentación.

Los puntos a checar para los auditorios son:

1. Alumbrado general
2. Alumbrado del escenario

3. Alumbrado de emergencia y de salida
4. Sistemas de voceo
5. Sistemas de comunicación y de señalización.
6. Sistemas de radio y televisión
7. Equipo de proyección y sonido
8. Letreros marcadores y relojes
9. Facilidades para teléfonos y telégrafos.
10. Refrigeración y aire acondicionado
11. Ventilación y calefacción
12. Alumbrado para eventos especiales y contactos de alta potencia

4. BANCOS

El diseño de bancos entra en la rama decorativa. El alumbrado debe ir con el diseño arquitectónico.

También serán necesarios sistemas de alarmas y comunicación así como de circuitos cerrados de televisión.

Cada cajero debe contar con un botón de alarma y además algunos con pantalla para checar cuentas o cheques, por lo que debe planearse cuidadosamente la instalación eléctrica de las cajas.

El departamento de contabilidad contará con diversas máquinas calculadoras y, ó computadoras, impresoras, etc., por lo que un sistema de ductos subterráneos será el adecuado para rearreglos del departamento ó instalación de equipo nuevo.

Los puntos a checar son:

1. Alumbrado interior, exterior y general
2. Alumbrado nocturno y de emergencia
3. Sistema de reloj
4. Alarma de incendio
5. Alarma de robo y retención

6. Teléfono, telégrafo, y sistemas de intercomunicación
7. Sistemas de voceo
8. Cerraduras eléctricas
9. Circuito cerrado de televisión
10. Aire acondicionado, calefacción y ventilación
11. Máquinas varias para manejo de moneda, ó de negocios.

5. HOSPITALES

Para este tipo de edificios la continuidad en la energía eléctrica es de vital importancia ya que de existir una falla pueden ocurrir incidentes de fatales consecuencias por la reacción de las personas enfermas o por la interrupción de un proceso, aparato, o equipo vital como por ejemplo pulmones artificiales o equipo de operación.

Por lo anterior deben existir circuitos de energía y alumbrado de emergencia.

El equipo eléctrico en las salas de operación debe ser especial por el peligro de una explosión por los gases que se manejan en ellas, así como contactos de alta capacidad y de diferentes tipos para los equipos médicos.

Los sistemas de intercomunicación y de voceo son importantes también en el llamado de enfermeras, personal en general o doctores. Para el llamado de enfermeras debe existir un botón en cada cama.

Los sistemas de alarma deberán operar sólo en las áreas exclusivas para los pacientes para no perturbarlos y para poder probar el equipo en cualquier ocasión.

6. TIENDAS DE DEPARTAMENTOS

El sistema de distribución es similar al de los edificios de oficinas.

Se debe contar con suficiente flexibilidad en el sistema de distribución para satisfacer la necesidad de aumentar la potencia e iluminación causada por cambios en el uso del espacio.

Un sistema de alimentación trifásica de cuatro hilos, de alto voltaje será más económico. No se debe usar el factor de diversidad para calcular las cargas de alumbrado.

Es conveniente usar circuitos separados para las cajas registradoras y para los sistemas de refrigeración para usarse separadamente. Las cajas registradoras podrán funcionar aún cuando los demás circuitos se encuentren desactivados y los sistemas de refrigeración funcionarán permanentemente.

Los sistemas de alumbrado son importantes y variarán dependiendo del sector o parte del edificio.

Importantes son también los sistemas de comunicación, intercomunicación y voice.

7. HOTELES

Debido al lujo y la cantidad de servicios extras que pueden ofrecer los hoteles de lujo en la actualidad, sería imposible tratar a dicho edificio en general.

Dada la magnitud de los grandes hoteles existirán varios centros de carga de cientos de miles de kiloamperes que pueden ubicarse en pisos intermedios o en un penthouse.

Las cargas de alumbrado y aire acondicionado son generalmente pesadas.

Asimismo, habrá lugares como tiendas, estéticas, cuarto de juegos, cuarto de descanso, etc., donde serán necesarios contactos adi

cionales.

Se requerirá un sistema de comunicación eficiente, teléfono en cada cuarto y área del hotel, y una antena central de televisión.

Una lista de los puntos importantes podrá ser:

1. Servicios de alimentación de medio y bajo voltaje
2. Subestaciones
3. Alumbrado: general, especial, nocturno y de emergencia
4. Sistemas de reloj y alarma
5. Sistemas telefónicos privados y públicos
6. Sistemas de tablero de vigilancia
7. Sistemas de intercomunicación de voces
8. Teletipo y Telégrafo
9. Radio y Televisión Central
10. Circuito cerrado de T.V.
11. Servicio separado para tiendas y establecimientos
12. Elevadores y escaleras

8. EDIFICIOS DE OFICINAS

Los edificios de oficinas requieren de sistemas de distribución de gran capacidad.

El grado de flexibilidad aumentada debido a los constantes cambios en las oficinas.

Si en la zona del edificio solo se cuenta con niveles de voltaje de 208 y 120 volts, es conveniente analizar la posibilidad de que se puede alimentar con mediano voltaje.

Los puntos de interés serían:

1. Sistemas de gran capacidad
 - a) Alimentación con medios o altos voltajes
 - b) Sistemas de bajo voltaje
2. Cargas de alumbrado con flexibilidad en los pisos de oficinas
3. Medición por separado para cada renta
4. Previsión para expansiones en todos los pisos
5. Localización de subestaciones en pisos superiores
6. Distribución de las cargas de potencia y alumbrado en cada piso
7. Grandes cargas de aire acondicionado ya sea el sistema central y/o unidades individuales
8. Elevadores y escaleras automáticas
9. Sistemas centrales de reloj
10. Sistemas de circuito cerrado
11. Sistema privado de alarmas contra incendio)
12. Alumbrado de emergencia y de salida
13. Sistemas telefónicas, telegráficos y de sistematización
14. Grandes sistemas de chequeo de agua, aire acondicionado, ventiladores, calefactores, etc.
15. Estaciones de bombeo de agua
16. Alumbrado y señalización especiales en los estacionamientos.

9. ESTUDIOS DE RADIO Y TV.

Los estudios de radio y T.V. deben estar aislados de toda clase de ruidos, por lo tanto toda la ventilación debe de ser mecánica. La carga de ventilación es en general grande.

Otros aspectos que nos ayudan a contrarrestar la interferencia del ruido son:

- a) Cables especiales contra interferencia
- b) Transformadores de bajo nivel de ruido

c) Balastos de alumbrado fluorescente silenciosos.

Para los estudios de T.V. es necesario una gran concentración de luz; especialmente para televisión a color, por lo tanto que el alumbrado es de extrema importancia.

Se requerirán en los estudios contactos, extensiones, etc., de trabajo pesado y también será conveniente una instalación eléctrica flexible.

Deberán contar con eficientes servicios de comunicación.

10. TERMINALES Y ESTACIONES DE PASAJEROS.

Las diferentes áreas involucradas en este tipo de edificios son:

- a) Areas de compra y reservación de boletos
- b) Salas de espera
- c) Pasillos
- d) Tiendas y lugares de entretenimiento
- e) Areas administrativas
- f) Areas de control

Los requerimientos generales para las terminales y estaciones de pasajeros son:

1. Alarmas contra incendios
2. Sistemas de alarma
3. Facilidades telefónicas públicas y privadas
4. Sistemas de voceo e información

Con el objeto de brindar una información clara, deberán existir muchas bocinas de baja salida; éstas también servirán para música ambiental.

5. Reloj maestro

6. Alumbrado de energía para el público y para las áreas de trabajo
7. Indicadores y controladores de varios segmentos de aire acondicionado, ventiladores, bombas, compresores, enfriadores y extractores
8. Conexiones de antenas de televisión para diversas áreas
9. Comunicaciones de radio, radar
10. Controles de alumbrado en general, de tráfico
11. Equipo de respaldo
12. Calentadores eléctricos

11. CINES Y TEATROS

Serán diferentes los tipos de alumbrado necesarios en estos edificios: de la pantalla de la sala, de la sala de estar, de la sala de proyección, y de anuncios exteriores.

Se deben proveer luces aisladas de salida y para la orquesta.

Los sistemas de ventilación como el aire acondicionado, extractores, deben ser checados con regularidad.

La sala de proyección necesitará un buen número de contactos para el equipo usado, así como sistemas de intercomunicación.

En grandes locales serán necesarios centros de control de iluminación y sonido. Con el objeto de que no existan discontinuidades en la alimentación del sistema, será conveniente contar con una planta pequeña de generación.

12. ESCUELAS

Las áreas de especial interés de estos edificios son: los salones de clases y laboratorios.

Para los primeros se da mucha importancia que el nivel de iluminación sea uniforme.

También es conveniente que el número de contactos sea suficiente para cubrir las necesidades de proyecciones, grabaciones, etc., en clase.

Con respecto a los laboratorios, se requiere que los circuitos cuenten con gran flexibilidad y capacidad con el objeto de poder alimentar cualquier clase de equipo o aparato.

Es conveniente usar interruptores en vez de fusibles en estos circuitos, ya que será más probable una sobre carga en los laboratorios.

En los laboratorios modernos especialmente si usan motores, las cargas son muy grandes, por lo que a veces requieren de sistemas de distribución del tipo industrial.

CAPITULO 3

CARACTERISTICAS DE LA CARGA

Generalidades

El diseño de un sistema eléctrico para un edificio comercial, comienza con la determinación y estudio de la talla y naturaleza de la carga total a servir. Los datos para realizar estas estimaciones, usualmente vienen de los ingenieros de diseño de sistemas de alumbrado, de experiencias en edificios similares, de las compañías de servicios eléctricos y de manuales de fabricantes sobre equipo e instrumentos.

Para el uso de datos estimados, se debe tomar en cuenta que los datos típicos son aplicados únicamente a las condiciones para las cuales dichos datos fueron tomados.

El ingeniero deberá hacer una previsión para el crecimiento de carga y adición de nuevos edificios (anexos); para una provisión adecuada de capacidad en los sistemas eléctricos de calefacción, alumbrados de gran intensidad, máquinas comerciales y aparatos de mecanización. Algunos de estos, tales como acondicionadores de aire y computadoras electrónicas, usualmente se presentan en grandes incrementos.

Después de que las estimaciones preliminares han sido hechas y el ingeniero está listo para preparar el plano de diseño final o esquema final de construcción, sus cargas pueden ser más exactamente determinadas. Estas cargas pueden ser divididas en dos grandes clasificaciones: alumbrado y potencia.

Cargas de Alumbrado

Las cargas de alumbrado usualmente se consideran alrededor de 30 a 50 por ciento de la carga de aire acondicionado en edificios comerciales. Estas varían alrededor de 21.5 VA/m² para auditorios, estancias, etc., a 12.9 VA/m² ó más para cuartos ó salones acondicionados ó salones que necesiten facilidades de iluminación.

Las cargas de iluminación o alumbrado para el edificio completo son generalmente del rango de 32 a 86 VA/m².

En algunos casos el ajuste de la carga total de alumbrado para un determinado factor de demanda es justificado, pero en general es reco mendada para un 100% de factor de demanda.

Muchos ingenieros tienen una regla básica para estimar las cargas de alumbrado, cuando se hacen las estimaciones preliminares. Cuando estos índices han sido encontrados razonables, el ingeniero podría re comendar una pequeña estimación sobre las cargas de alumbrado que pue den ser abarcadas por una amplia tolerancia sobre las cargas de poten cia. De manera contraria, una estimación alta para las cargas de alum brado produce una capacidad excesiva, la cual es a menudo absorbida por el crecimiento de carga conforme progresa el diseño de un edifi cio. También, a menudo la capacidad de ahorro de los alimentadores y equipo, llega a ser utilizada en unos pocos meses o en uno o dos años, después de que la construcción del edificio ha sido terminada.

El ingeniero debe proveer un incremento continuo en intensidades de alumbrado y provisión de servicio y capacidad de alimentadores para futuros incrementos en cargas de alumbrado. No únicamente deberá su mar la capacidad de los futuros circuitos por anticipado, sino también tomará en cuenta el espacio para tableros para las ramificaciones de dichos circuitos.

Cargas de Potencia

En los principios de la planeación, los datos correctos sobre equipo de aire acondicionado y otros aparatos de potencia podrían no ser adecuados. El ingeniero deberá encontrar la estimación necesaria más próxima a la carga eléctrica total para establecer característi cas de servicio eléctrico óptimas, medidores, requerimientos de espa cio, etc.

A continuación, se darán datos de carga en conexión con varios

tipos de equipo, en la inteligencia de que son únicamente datos aproximados y deben de ser usados como tales.

Las siguientes cargas de potencia son las más frecuentemente encontradas en edificios comerciales y serán discutidas en el orden presentado:

1. Aire acondicionado
2. Equipo auxiliar
3. Refrigeración
4. Calefacción
5. Aparatos de cocina

1. Aire Acondicionado: Las cargas eléctricas asociadas con el equipo de aire acondicionado, constituyen una gran porción de la carga total de los edificios, usualmente el 40% ó más en edificios con aire acondicionado en su totalidad. El ingeniero diseñador del sistema eléctrico, deberá consultar con el ingeniero responsable para el sistema de aire acondicionado para determinar esta parte de la carga. Además de los máximos kilovoltampere requeridos, será necesario conocer aproximadamente los caballos de potencia (HP) del motor más grande por anticipado, y el ingeniero eléctrico deberá proponer el mejor método de arranque para los motores, considerando los problemas eléctricos y mecánicos relacionados.

La carga de aire acondicionado consistirá, del motor de acarreo para compresores, de las bombas de enfriamiento de agua, de bombas de condensado, condensadores- evaporadores o torres de enfriamiento, abanicos para distribución de aire o ventiladores, humedecedores motorizados y válvulas, y circuitos de centros asociados. Para propósitos de cálculos aproximativos, se puede asumir que una tonelada de refrigeración requerirá un motor de un HP para unidades de refrigeración únicamente, o aproximadamente un kilovolt-ampere de carga. La unidad de refrigeración o compresor generalmente constituirá alrededor de 55 a 70% de la carga total conectada de aire acondicionado, la carga restante consiste en bombas auxiliares, ventiladores, etc. Por consi

guiente se acostumbra aplicar un factor entre 1.6 a 2.0 del tonelaje total involucrado, y el resultado sería una estimación justa de la carga esperada del total de la carga conectada.

2. Equipo Auxiliar: La carga eléctrica para el cuarto de calderas y equipo mecánico auxiliar normalmente no constituirá una gran porción de la carga del edificio. Por lo general, no excederá de un 5% del total de la carga (sin incluir la de aire acondicionado). En pequeños edificios comerciales, la carga del equipo auxiliar consistirá de pequeñas unidades, la mayoría de las cuales será servida por motores de fracción de HP, algunos pueden ser de uno o dos HP o más en casos especiales.

Mientras los grandes edificios tienen algún equipo de fracción de HP, algunos de los ventiladores y bombas requeridos pueden ser comúnmente de 10 a 20 HP, siendo posibles los de 30 a 75 HP o más. El ingeniero eléctrico deberá consultar a los diseñadores mecánicos sobre el posible uso de grandes motores o cargas eléctricas de calefacción, las cuales podrían afectar las estimaciones.

La mayoría de las piezas de equipo, frecuentemente encontradas son las siguientes:

1. Ventiladores de tiro inducido o de tiro forzado
2. Ventilación o ventiladores para escape
3. Bombas para alimentación de calderas, regreso de condensado, eyectores de agua residual, circulación de agua, etc.
4. Bombas contra incendios
5. Compresores de aire y equipo de servicio
6. Calefacción eléctrica y elementos de calefacción auxiliar
7. Aparatos de control y circuitos

3. Refrigeración: (aparte del aire acondicionado). Esta sección incluye equipo para refrigeración o cuartos de enfriamiento, refrigera

dores tipo móvil, etc., los cuales no tienen conexión con el aire acondicionado.

La refrigeración es una carga eléctrica que puede variar grandemente, dependiendo de los tamaños de los salones o cuartos, temperatura final. Características del producto a ser congelado, etc. La carga eléctrica promedio para hoteles, hospitales y edificios comerciales similares es un tipo de carga pequeña y por lo general puede ser descuidada en las estimaciones preliminares.

Usualmente los grandes espacios de enfriamiento o congeladores deben ser investigados. Aquí no haremos las pruebas para discutir los congeladores comerciales, estos trabajos son clasificados como industriales.

Generalmente las unidades compresoras serán localizadas de una manera adyacente o cerca de los espacios de enfriamiento. En muchos casos, hay un grupo de cuartos con diversos grados de enfriamiento cada uno de ellos, pero cada cuarto por lo general, tiene su propia unidad compresora y circuito refrigerante, aunque es común, algunas veces el uso de torres de enfriamiento. Para medios de aproximación, diremos que un cuarto de enfriamiento de 420 metros cúbicos para almacenamiento de alimentos congelados podría emplear un motor de 15 HP sobre el compresor. Esto resultaría en una unidad de carga de aproximadamente 36 volt-amperes por metro cúbico. No obstante, esto no significa una estimación precisa y su uso debe ser de acuerdo con la experiencia y juicio del ingeniero.

4. Calefacción: Un edificio circundado por aire más frío que la temperatura del aire en su interior, esta constantemente disipando calor. La proporción de disipación es controlada por muchos factores tales como: la temperatura exterior, velocidad del aire, área de las superficies expuestas, tipos de material de construcción, cantidad de aislamiento usado, requerimientos de aire fresco y el tipo de utilización.

La cantidad de calor requerida para mantener el confort en una

estructura puede ser predeterminado, tomando en consideración todos estos factores.

Conociendo las pérdidas por calor, la carga eléctrica en kilo-watt puede ser obtenida por la división de las pérdidas de calor estimadas (BTU por hora) entre 3443, puesto que hay 3443 BTU en un kilowatt-hora de energía eléctrica.

Generalmente, es necesario el uso de un factor de demanda del 100% para cargas de calefacción eléctrica.

Las cargas mayores a unos pocos cientos de watts, deben ser conectadas al mecanismo interruptor de energía para prevenir excesivas caídas de voltaje sobre los circuitos de alumbrado. Las cargas de calefacción, no deben ser abastecidas desde los tableros de distribución de alumbrado.

5. Aparatos de Cocina: A menudo se encuentran cocinas en edificios, tales como hospitales, escuelas, grandes edificios de oficinas y hoteles.

Donde la cocina usada es totalmente eléctrica, la carga conectada es grande, y se requiere una investigación detallada.

En muchos casos, el equipo principal de cocina puede ser de gas, pero también existe equipo auxiliar o que no sea el principal, el cual funciona eléctricamente. Esto puede representar cargas eléctricas muy significativas, por lo que no es conveniente pasarlas por alto en la estimación de carga.

Algunos datos típicos de carga en cocinas de edificios comerciales son dados a continuación; fueron tomados en diferentes tipos de cocinas para un auxilio en la estimación preliminar de carga eléctrica. La demanda pico probable, puede ser tomada alrededor del 40% de la carga conectada, y normalmente ocurrirá en la mañana o en la tarde.

KILOWATTS CONECTADOS

Cafeteria	150
Restaurant (estufa de gas)	90
Restaurant (estufa eléctrica)	180
Hospital (estufas eléctricas)	300
Hotel (típico)	75
Hotel (moderno: 3 cocinas)	150
Penitenciaria	175

Transportación

No existe un método simple para determinar el número y tipo de elevadores o escaleras eléctricas requeridas. Es benéfico en el diseño, la consulta de manuales del equipo o personas calificadas, pues ayudados por sus experiencias podemos elegir el transporte propio para el servicio requerido.

Grandes Computadoras Electrónicas

Este equipo requiere de grandes cantidades de potencia, pero los límites de variación de voltaje se encuentran dentro de una banda estrecha. Por esto se deberá hacer incapie, si existe una posibilidad de que las computadoras puedan ser instaladas, los manuales de tales equipos deberán estar en contacto con el avance del diseño para determinar los requerimientos y limitaciones eléctricas. Este tipo de máquinas puede requerir también grandes niveles de alumbrado y aire acondicionado.

Cargas Miscelaneas

Las cargas miscelaneas para edificios comerciales pueden variar desde unos pocos aparatos eléctricos hasta toda una lista inclusive, representando una gran cantidad de carga con características de variación. Los edificios modernos de múltiples oficinas pueden requerir aproximadamente 21.5 volt-amperes por metro cuadrado para uso general. Algunas grandes cargas, tales como las grandes computadoras requieren capacidad adicional. Algunas máquinas, tales como las máqui

nas de escribir eléctricas y máquinas sumadoras, pueden ser operadas usualmente con 15 amperes de recepción, sin llegar a crear fluctuaciones de voltaje apreciables y sin demandar una regulación de voltaje crítica. Otras, como el equipo de rayos X y aparatos de reproducción fotográfica, pueden absorber pequeñas cantidades de corriente aún requiriendo voltajes críticos de estabilización. Hay otras las cuales pueden absorber corrientes bruscas por períodos cortos o largos de tiempo y en ciclos repetitivos. A continuación veremos otras características de este tipo de cargas.

Características de la Carga

El propósito de un sistema de distribución eléctrico, es el de distribuir energía desde una subestación o fuente a los diversos servicios o cargas individuales. En la planeación y diseño de los sistemas, los ingenieros tienen algunas libertades en la selección de muchos de los factores que entran en el diseño de dicho sistema. No obstante, existe un factor muy importante y es sobre el cual el ingeniero no tiene control, este factor es el de las características de las cargas servidas.

El personal responsable del diseño u operación de un sistema de distribución eléctrico debe tener algún conocimiento de las características de las cargas en orden a la inteligencia de diseño u operación del sistema.

A continuación se dan de una manera breve la definición de las características más importantes de las cuales nos podemos servir para el diseño u operación de un sistema de distribución eléctrico.

Potencia. Es la razón de tiempo en el cual la energía es transmitida.

Carga instalada. Es la suma de las potencias nominales de todo el equipo instalado en una zona determinada.

Demanda. La demanda de una instalación o sistema eléctrico es la carga en las terminales receptoras tomada en un valor medio en un intervalo de tiempo determinado. La demanda es expresada en kilowatts, kilovars, kilovolt-ampers, etc., el período sobre el cual es tomado el valor medio se denomina "intervalo de demanda", el intervalo de demanda es determinado por la aplicación particular bajo consideración, el cual puede ser gobernado por una constante de tiempo térmica del aparato bajo consideración, o por la duración de la carga.

Demanda máxima. La demanda máxima de una instalación o sistema, es la mayor de todas las demandas que han ocurrido durante un período de tiempo específico.

Factores de demanda. Es la relación de la demanda máxima de un sistema a la carga total conectada del sistema.
$$F.C. = \frac{D_{\text{máx}}}{\text{Carga Total}}$$

Carga conectada. Es la suma de las potencias nominales de todas las cargas instaladas del consumidor que tienen probabilidad de estar en servicio al mismo tiempo para producir una demanda de carga máxima.

Factor de utilización. Es la relación entre la demanda máxima y la capacidad nominal del sistema.

$$F.u. = \frac{D_{\text{máx}}}{\text{Capacidad instalada}}$$

Factor de carga. Es la relación entre la demanda promedio en un período de tiempo designado y la demanda máxima ocurrida en ese período.
$$F.C. = \frac{D_m}{D_{\text{máx}}}$$

Factor de diversidad. Es la razón de la suma de las demandas máximas individuales de las vías subdivisiones de un sistema a la demanda máxima del sistema entero.
$$F. \text{ Div.} = \frac{\sum D_{\text{máx}} \cdot \text{ind}}{D_{\text{máx}} \cdot \text{sist.}}$$

Factor de coincidencia. Es la razón de la demanda máxima de un conjunto de consumidores a la suma de las demandas máximas individuales. Básicamente, el factor de coincidencia es el recíproco del factor de diversidad.

$$F. \text{ Coin} = \frac{1}{F. \text{ Div.}}$$

Diversidad de carga. Es la diferencia entre la suma de los picos de carga de dos o más cargas individuales y el pico de carga combinada.

Factor de pérdidas. Es la relación entre el valor medio y el valor máximo de la potencia disipada durante un período específico de tiempo.

$$F.P. = \frac{D_m}{D_{m\acute{a}x}} = 0.3(F.C) + 0.7(F.C)^2$$

A continuación se muestra una tabla de factores de demanda reales, aplicables para servicios en baja tensión.

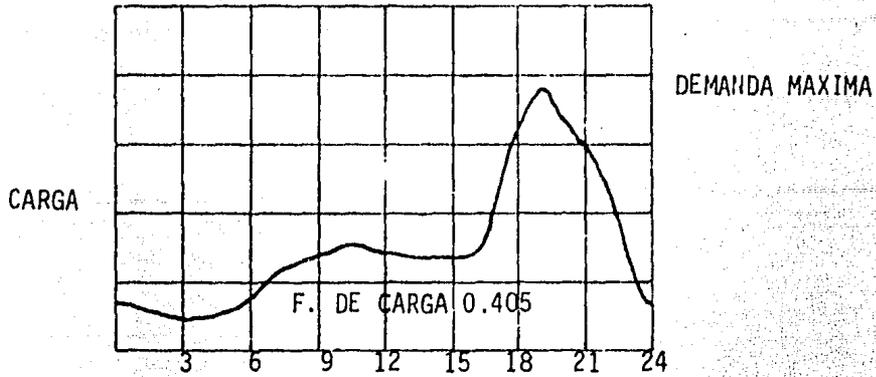
CARGAS SERVICIOS HABITACIONALES	FACTORES DE DEMANDA
.Asilos y casas de salud	45%
.Asociaciones civiles	40%
.Casas de huéspedes	45%
.Servicios de edificio residencial	40%
.Estacionamientos o pensiones	40%
.Hospicios y casa de cuna	40%
.Iglesias y templos	45%
.Servicio residencial s/aire acondicionado	40%
.Servicio residencial c/aire acondicionado	55%
CARGAS COMERCIALES	
.Tiendas y abarrotes	65%
.Agencias de publicidad	40%
.Alfombras y tapetes	65%
.Almacenes de ropa y bonetería	65%
.Armerías	55%

.Artículos fotográficos	55%
.Bancos	50%
.Baños públicos	50%
.Bazares	50%
.Boticas, farmacias y droguerías	50%
.Cabarets	50%
.Cafeterías	55%
.Camiserías	65%
.Casas de moda	65%
.Centros comerciales. Tiendas de descuento	65%
.Colegios	40%
.Dependencias de Gobierno	50%
.Embajadas, Consulados	40%
.Gasolineras	45%
.Imprentas	50%
.Jugueterías	55%
.Papelerías	50%
.Mercados y bodegas	50%
.Molinos de nixtamal	70%
.Ópticas	55%
.Panaderías	40%
.Peluquerías, Salas de belleza	40%
.Restaurantes	60%
.Teatros y Cines	50%
.Zapaterías	60%

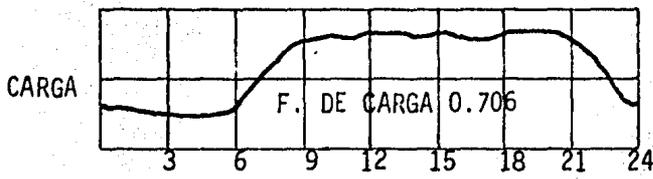
EQUIPOS DE FUERZA

.Hornos de arco e inducción	100%
.Soldadoras de arco y resistencia	60%
.Motores para: bombas, compresoras, elevadores, maquinas herramientas, ventiladores	60%
.Motores para: operaciones semicontinuas en fabri cas y plantas de proceso	70%
.Motores para: operaciones continuas tales como fábricas textiles	80%

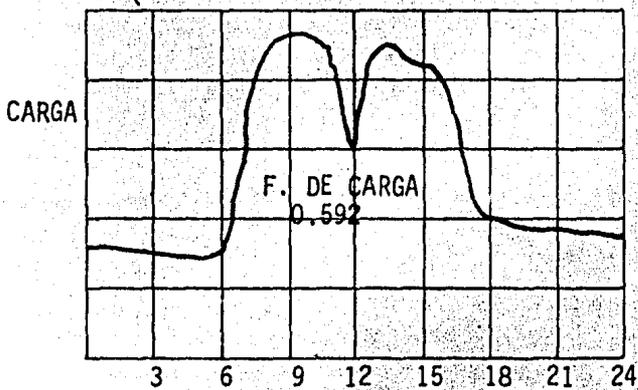
CURVAS CARACTERISTICAS DE CARGA:



CURVA DE CARGA HABITACIONAL



CURVA DE CARGA COMERCIAL



CURVA DE CARGA INDUSTRIAL

Factor de Potencia. Se define como el ángulo de defasamiento que guarda la corriente respecto al voltaje, este defasamiento es originado por la naturaleza de la carga. Entonces, el factor de potencia es la relación de las potencias activa y aparente y esta dada por:

$$F_p = \cos(\alpha - \beta) = \cos \theta$$

Donde α y β son los ángulos de fase del voltaje y la corriente respectivamente, y θ es el ángulo con el cual la corriente es ta atrasada de la caída de voltaje en la carga.

Potencia instantánea. La potencia instantánea en el punto de entrada de un circuito eléctrico, es la razón a la cual la energía es transmitida por el circuito dentro de la región.

Potencia activa. Es la componente de potencia requerida por las cargas y debe ser aplicada desde la estación generadora para los primeros movimientos.

CAPITULO 4

SISTEMAS DE DISTRIBUCION PRIMARIA Y SECUNDARIA

La función de un Sistema de Distribución para fuerza y alumbrado, es la de dividir las grandes cantidades de energía eléctrica recibida por las diferentes líneas de entrada ó acometidas, en pequeños bloques de fuerza, cambios de voltaje si es necesario y distribuir la energía a varios equipos de servicio. Esta función puede ser llevada a cabo de muy diferentes maneras, usando uno ó mas arreglos de sistemas, componentes y voltajes. Los sistemas de distribución deben tener las siguientes características:

Confiabilidad,
Seguridad, y
Economía

y entregar la alimentación a los voltajes correctos y sin peligro para el personal, el edificio y del equipo.

Muchos factores pueden ser considerados en el diseño de los sistemas de distribución para los modernos edificios comerciales. Algunos de los factores más importantes a considerar y que pueden influir en el diseño del circuito son:

Las características del servicio eléctrico disponible al tamaño del edificio;
Características de la carga;
Calidad del servicio requerido;
El tamaño y configuración del edificio; y
El costo.

Los circuitos mas usados para la distribución de la energía eléctrica en los edificios comerciales son 4:

el arreglo de circuito radial,
primario selectivo,

secundario selectrivo,
y la red secundaria.

Estos circuitos cubren tanto los circuitos de medio y bajo voltaje.

Alimentadores Radiales:

El voltaje de servicio que es llevado a un edificio comercial, el medio más simple y de mas bajo costo para su distribución es un arreglo de circuito radial. Este tipo de arreglo es el más usado en la mayoría de los edificios comerciales.

Los circuitos de entrada de servicio de bajo voltaje entran al edificio a través de un interruptor de fusibles ó un corta circuito principal y termina en la unión de equipo de interruptor principal, un tablero de control ó un bus de distribución. Los circuitos que alimentan a las cargas son otros subtableros de interrupción, gabinetes de distribución ó tableros de distribución del bus principal.

Si la fuerza es comprada a tensión media, una subestación secundaria podría ser establecida para servir un arreglo del circuito radial a bajo costo.

Los corta circuitos ó interruptores de fusibles son requeridos en ambos circuitos de media y baja tensión.

En la figura 4.1 nos muestra las dos formas de arreglos de circuito radial más frecuentes usados en los edificios comerciales. Bajo condiciones de operación normal la carga es alimentada a través de un simple circuito, y en el caso de un servicio de media tensión a través de un transformador. Una falla en el circuito de suministro, en el transformador ó en el bus principal, puede causar la interrupción en todas las cargas.

Una falla en los alimentadores ó ramas del circuito puede ser

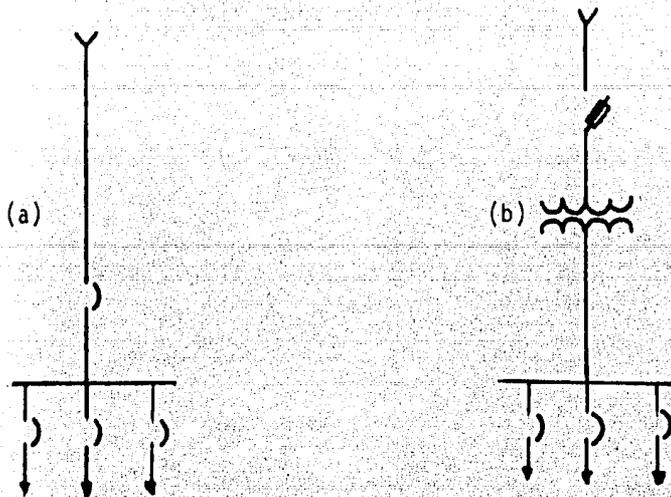


Figura 4.1
Circuito Radial

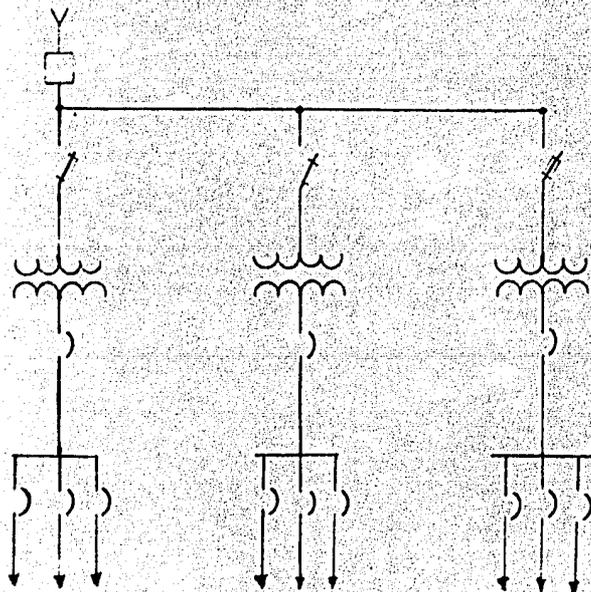


Figura 4.2
Circuito Radial

aislada el resto del sistema por la protección colocada en dicho circuito ó rama, bajo estas condiciones, la continuidad del servicio es mantenida en todas las cargas excepto en esas en que fallo el circuito.

La continuidad de servicio para las cargas de los edificios comerciales es muy importante para mantener las actividades normales de los ocupantes del edificio.

Estos requerimientos para la continuidad de servicio en muchos casos nos indica los múltiples caminos de suministro de la energía eléctrica que podrían ser necesitados con la oposición de un solo camino del suministro de la energía en los arreglos de circuitos radiales.

Sin embargo, los modernos equipos de distribución han demostrado la suficiente confianza a justificar el uso de los arreglos de circuitos radiales en muchos edificios comerciales.

Como la demanda de KVA's ó el tamaño del edificio o ambos se incrementan, puede llegar a ser económico el uso de unas pequeñas subestaciones secundarias que una gran subestación secundaria. Cada una de las pequeñas subestaciones secundarias pueden estar en locales cerrados en el centro del área de la carga que van a servir. Estos arreglos son conocidos en las figs. 4.2 y 4.3, las cuales dan mejores condiciones de voltaje y menores pérdidas del sistema que los usados en los arreglos relativamente largos.

La relativa economía de los arreglos de circuitos radiales usando voltajes medios o bajos, varía de acuerdo al tamaño del edificio, demanda de KVA, costo de espacio en el piso.

Los sistemas de tensión media requieren una inversión en transformadores, aparatos protectores de medio voltaje, cable para medio voltaje y la posibilidad de requerir rentar un espacio en el piso para la subestación.

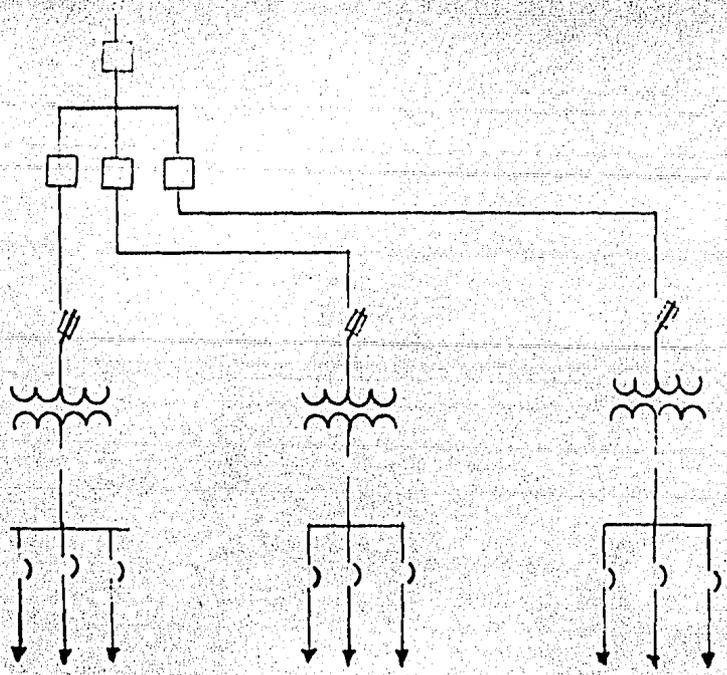


Figura 4.3
Circuito Radial

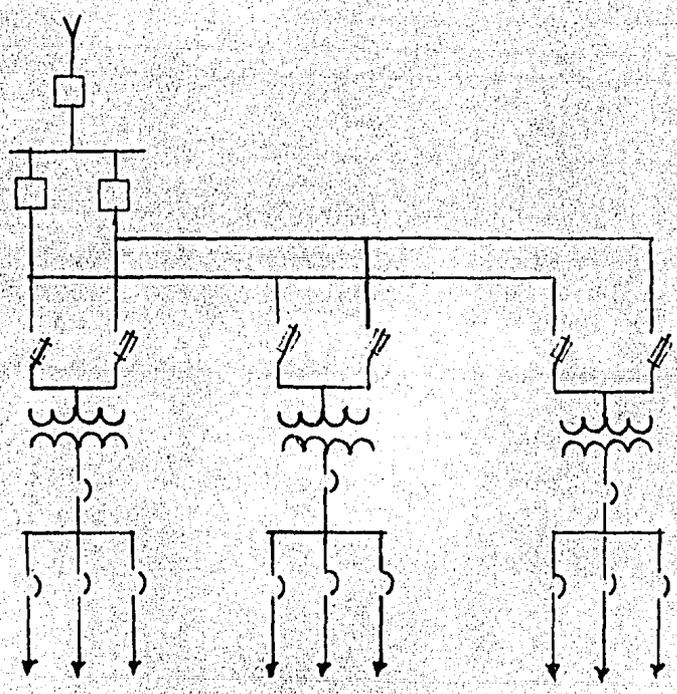


Figura 4.4
Circuito Primario Selectivo

De otra manera, la inversión en alimentadores y circuitos de elevación en los sistemas de bajo voltaje puede llegar a ser accesivo por la limitación de pérdida de voltaje, si se encontrarán cargas para alimentar a 208 volts.

Una falla en el alimentador primario o en un transformador, en el arreglo de la Fig. 4.2 puede causar la operación del mecanismo de protección primaria e interrumpir el servicio a todas las cargas, si una falla es en el transformador, el servicio podría reestablecerse a todas las cargas, excepto en las que alimenta el transformador. Si la falla es en el alimentador primario, el servicio no podría ser reestablecido en todas las cargas hasta que la fuente del problema pudiera ser eliminada. Ya que es de esperarse que la mayoría de las fallas pudieran ocurrir en los alimentadores que en el transformador, es lógico llegar a considerar la protección individual del circuito. En los alimentadores primarios como en la Fig. 4.3. Este arreglo tiene la ventaja de hacer posible dejar fuera solamente al transformador ó alimentador fallado y a las cargas asociados a ellos.

Si se usan corta-circuitos para la protección de los alimentadores el costo de este sistema puede llegar a elevarse. Si se llegará a usar interruptores de fusibles, el costo del arreglo de la Fig. 4.3 puede exceder en costo al del arreglo de la Fig. 4.2.

Alimentador Primario Selectivo

Este arreglo como se muestra en la Fig. 4.4 provee medios para reducir el tiempo de duración de las interrupciones del servicio causado por una falla en el alimentador primario, comparada con el arreglo de un circuito radial.

Esta forma de operación es dada por el uso de la duplicación de circuitos alimentadores primarios y los corta circuitos (Breakers) de carga permiten la conexión a cada uno de los transformadores de la subestación secundaria a los dos circuitos alimentadores primarios. Cada circuito alimentador primario tiene la suficiente capaci

dad para llevar la carga total a todo el edificio.

Bajo condiciones normales de operación, los interruptores apropiados están cerrados para dividir igualmente la carga entre los dos alimentadores primarios. Si ocurre una falla en un alimentador primario, hay una interrupción de servicio sólo en la mitad de la carga. El servicio puede ser reestablecido cambiando el transformador desenergizado al otro alimentador primario. Los interruptores del Primario Selectivo son usualmente operados manualmente y el tiempo en que la mitad de la carga este fuera de servicio, esta determinada por el tiempo que toma hacer los cambios necesarios.

Un arreglo de interruptor de cambio automático puede ser usado para evitar la interrupción del servicio a la mitad de la carga, sin embargo, de esta forma no es justificada en la mayoría de las aplicaciones.

Si una falla ocurre en un transformador de una subestación secundaria, el servicio puede ser reestablecido en todas las cargas excepto aquéllas servidas por el transformador fallado.

El alto grado de continuidad de servicio dado por un arreglo de primario selectivo es realizado a un costo que puede ser de 10 a 20% arriba del costo del arreglo radial.

El costo dependerá sobre todo del circuito primario adicional y los interruptores primarios en cada subestación secundaria. El costo del arreglo primario selectivo usando cambiadores manuales usualmente será menor que el del arreglo radial de la Fig. 4.3.

Alimentador Secundario Selectivo

Bajo condiciones normales, el arreglo del circuito del Selectivo Secundario de la Fig. 4.5 es operado como dos sistemas radiales separados. El rompedor o interruptor del circuito del bus de amarre secundario en cada subestación secundaria esta generalmente abierto.

La carga alimentada por una subestación secundaria debe ser dividida igualmente entre las dos secciones del bus.

Si una falla ocurre en un alimentador primario o en un transformador, el servicio es interrumpido en todas las cargas asociadas con el transformador o alimentador fallado, el servicio puede ser reestablecido en todos los buses secundarios abriendo primero el interruptor secundario principal o el interruptor del circuito asociado con el transformador o alimentador fallado, y luego cerrando el mecanismo del bus de amarre.

Los dos interruptores del transformador secundario ó rompedores de circuito en cada subestación deben ser interconectados con un mecanismo del bus de amarre secundario, de tal manera que los tres no puedan estar en la posición de cerrado al mismo tiempo. Esto prevee la operación en paralelo de los dos transformadores y por lo tanto minimiza la operación impuesta por los mecanismos de protección secundaria. Esto también elimina la posibilidad de interrupción en todas las cargas del bus cuando una falla ocurre en el alimentador primario o del transformador.

El costo del arreglo selectivo secundario dependerá sobre todo del ahorro de la capacidad en el transformador y alimentador primario. La capacidad mínima del transformador y alimentador primario esta determinada por la carga esencial que servirá bajo condiciones de operación de emergencia. Si el servicio debe ser previsto para todas las cargas, entonces los alimentadores primarios y los transformadores deben ser capaces de llevar toda la carga.

Este tipo de arreglo es el más caro comparado con los arreglos radial y primario selectivo. El alto costo es el resultado de la duplicidad de la capacidad del transformador en cada subestación secundaria.

Una modificación del arreglo del circuito secundario selectivo es dada en la Fig. 4.6, en este arreglo hay un solo transformador en

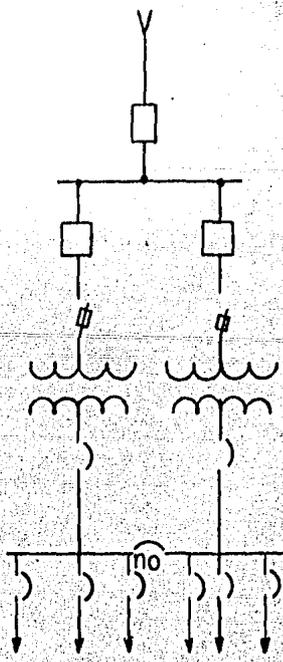


Figura 4.5
Circuito Secundario Selectivo

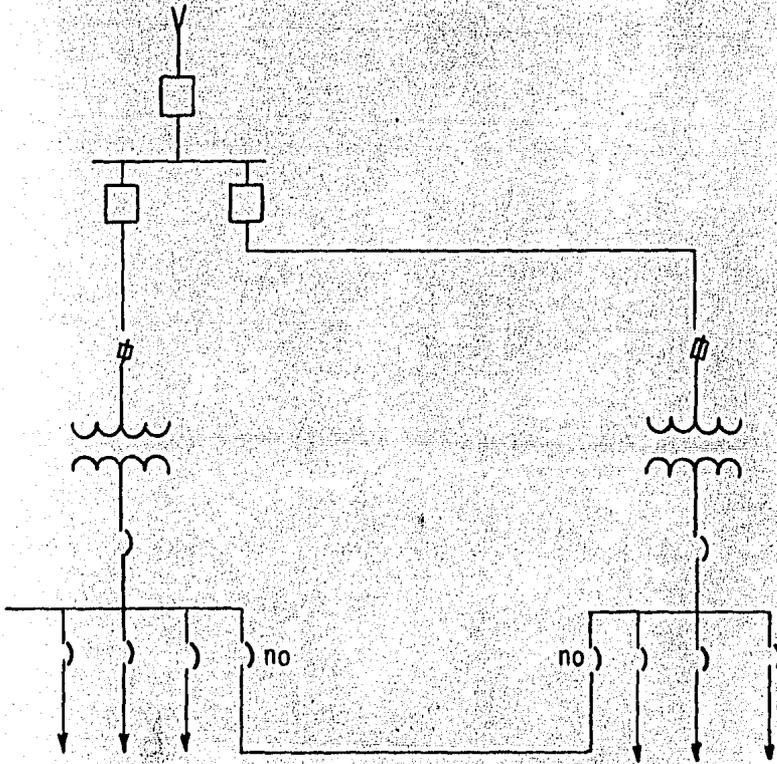


Figura 4.6
Circuito Secundario Selectivo

cada subestación secundaria pero las subestaciones adyacentes están interconectadas en pares por un circuito de amarre de bajo voltaje normalmente abierto.

Cuando el transformador o el alimentador principal que alimenta al bus de la subestación secundaria están fuera de servicio. Las cargas esenciales que están sobre el bus de esa subestación pueden ser suministradas por el circuito de amarre.

Red Secundaria

Muchos edificios con sistemas de distribución radial son abastecidos a un voltaje de servicio que corresponde al de una red secundaria.

Los sistemas de suministro de red aseguran relativamente un alto grado de confiabilidad de servicio.

La red de servicio puede tomar la forma de una red de distribución ó una mancha de red. Si la demanda del edificio es del orden de 750 KVA o mayor, la mancha de red será la usualmente usada.

Una mancha de red como se muestra en la Fig. 4.7 consiste de dos ó más transformadores idénticos suministrados por circuitos alimentadores primarios separados.

Los transformadores son conectados a un bus común de bajo voltaje a través de un protector de red y son operados en paralelo.

Un protector de red es un rompedor de circuito de fuerza en aire operado eléctricamente controlado por un relevador de red de tal forma que se abre automáticamente cuando la fuerza fluye de un bus de bajo voltaje hacia el transformador y se cierra automáticamente cuando el flujo es del transformador al bus de bajo voltaje.

Bajo condiciones normales de operación, la carga total conecta

da al bus es equitativamente compartida por los transformadores. Cuando una falla ocurre en un transformador o en un alimentador primario el protector de red asociado con el alimentador o transformador fallado se abrirá por un flujo de potencia inverso para aislar la falla del bus de bajo voltaje.

El transformador o transformadores que queden en la subestación continuarán llevando la carga y no habrá interrupción del servicio.

La red secundaria también puede tomar la forma de la Fig. 4.8, en este arreglo, hay sólo un transformador en cada subestación secundaria y las subestaciones son interconectadas por circuitos de amarre normalmente cerrados de bajo voltaje. Los circuitos de amarre permiten intercambiar la fuerza entre las subestaciones y acomodar cargas desiguales en las subestaciones y para proveer caminos múltiples de flujo a los varios buses de carga.

En operación normal las subestaciones tienen la misma cantidad de carga y la corriente que fluye en los circuitos de amarre, es relativamente pequeña.

Sin embargo, si un protector de red aísla a un transformador por una falla en el alimentador primario, las cargas asociadas al bus serán llevadas por las unidades de red adyacentes. Y serán suministradas por el circuito de amarre.

Estos arreglos proveen suministro de energía a todos los buses de carga de bajo voltaje, aunque el circuito de alimentador primario o el transformador estén fuera de servicio.

En este arreglo la red, si hay tres circuitos de alimentadores primarios de entrada y tres transformadores, la capacidad combinada de dos de los transformadores podría ser suficiente para llevar la carga total de las tres subestaciones aunque uno de ellos este fuera de servicio.

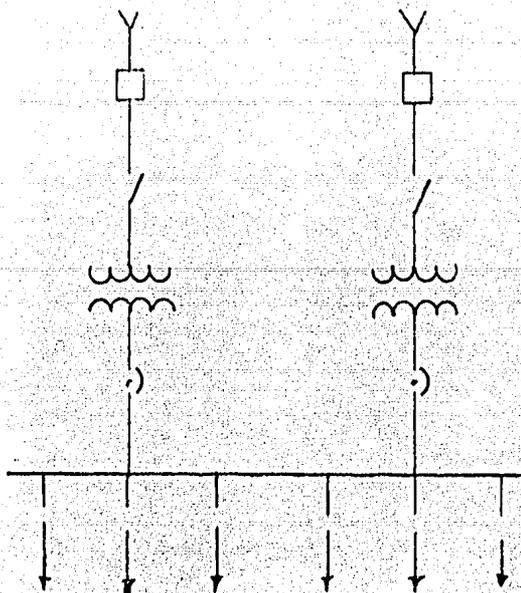


Figura 4.7
Circuito Mancha de Red

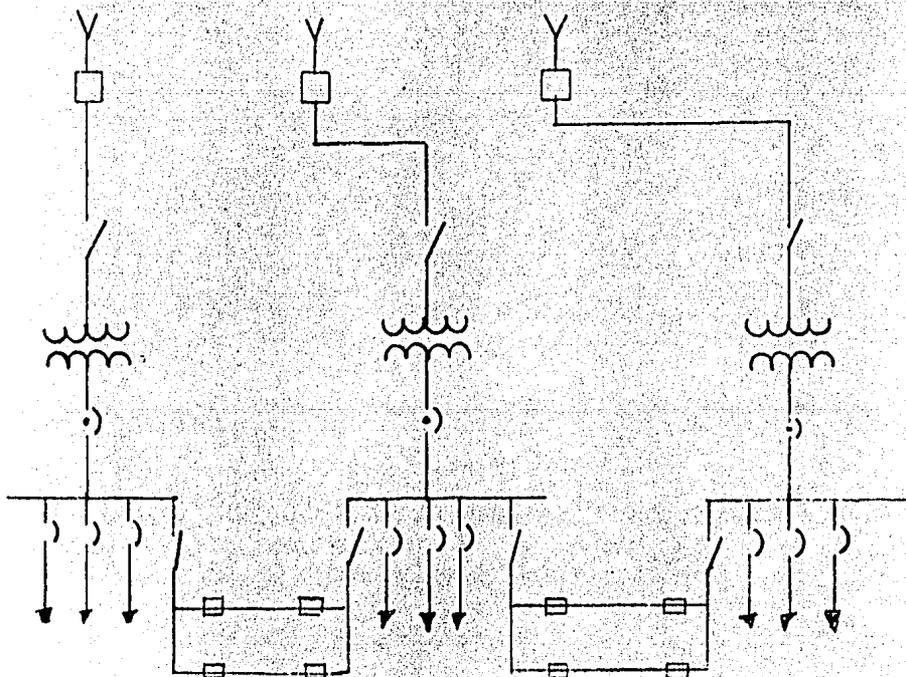


Figura 4.8
Circuito de Red Secundario

Con este arreglo, como con el de mancha de red, una reducción en la reserva de capacidad del transformador puede ser lograda si un arreglo de interruptores primario selectivo, es usada en cada subestación.

Ver figura 4.9. Sin embargo, si tres ó más circuitos alimentadores primarios son disponibles, la reducción en la capacidad transformadora ó del transformador puede ser lograda a través del uso de un arreglo selectivo primario.

En la figura 4.10 nos dá la relación de la carga permisible de los alimentadores, el número de ellos que forman la red y la capacidad de reserva.

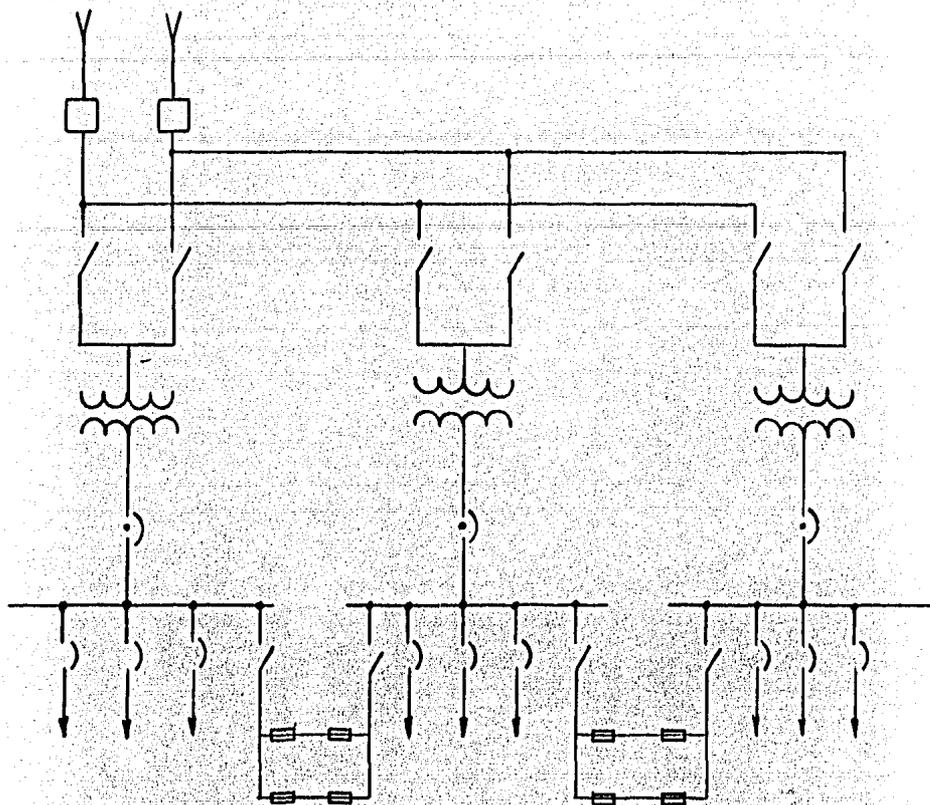
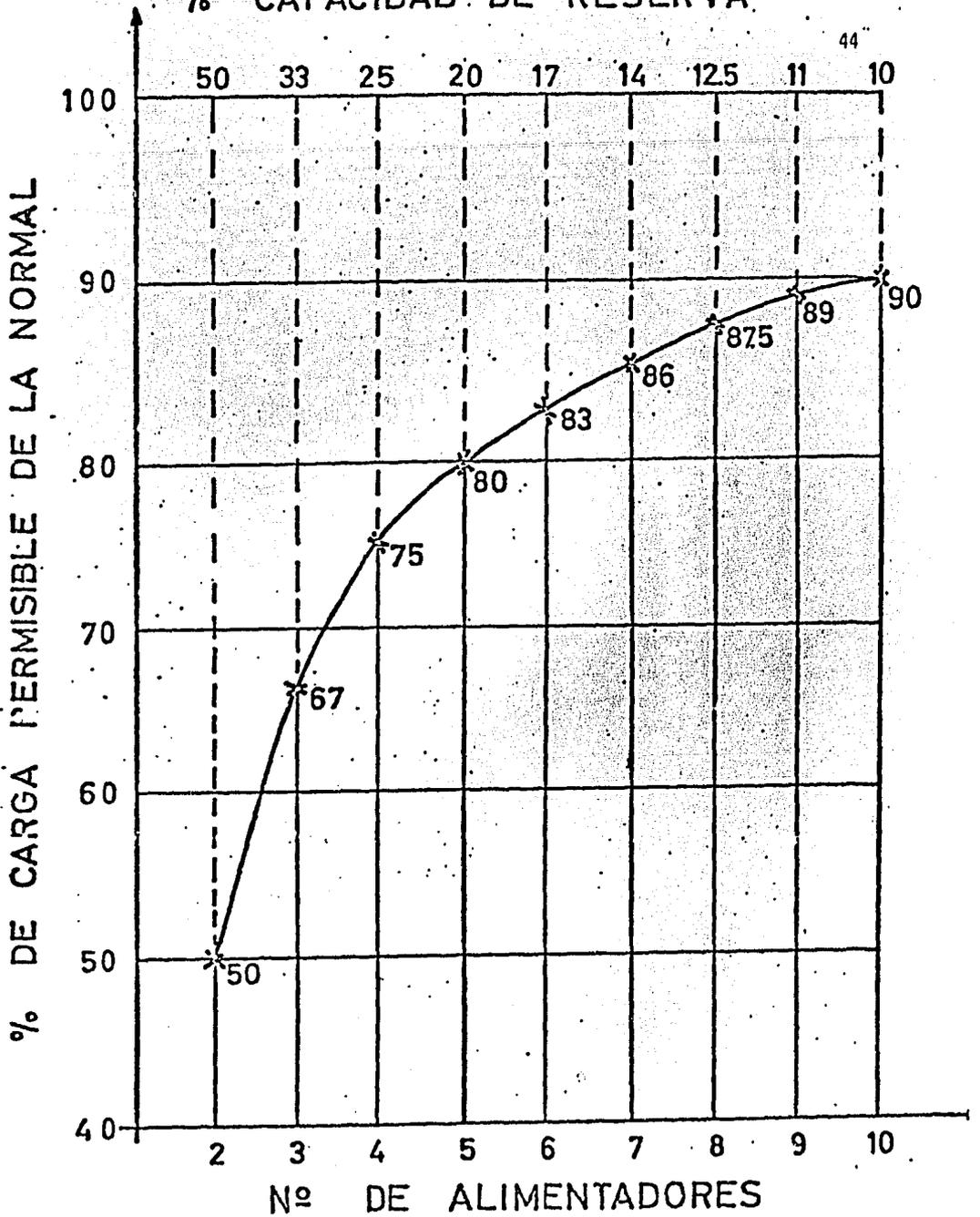


Figura 4.9
Circuito Red Secundaria Primario Selectivo

% CAPACIDAD DE RESERVA



CAPITULO 5

EQUIPO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION

Uno de los principales problemas de los sistemas de distribución en los edificios comerciales, es la selección del equipo, ya que estos deben ser compatibles con todos y cada uno de ellos.

A continuación se darán a conocer algunos de los equipos obtenidos, y la forma de aplicación para su mejor rendimiento.

Transformadores:

Los transformadores en instalaciones comerciales son normalmente usados para cambios de niveles de voltaje, a un nivel que puede ser usado en el edificio.

Algunos de los transformadores son enlistados abajo:

Transformadores Sumergidos en Aceite.

Son construidos con devanados encerrados en un tanque hermético sumergidos en aceite. Los transformadores sumergidos en aceite debe ser evitada su colocación en los edificios comerciales, a menos que, muchas precauciones sean tomadas al construir bóvedas a prueba de fuego y explosiones en las que va a ser colocado el transformador.

El aceite provee aislamiento entre los varios enrollamientos, los devanados y el tanque, y sirve como medio de enfriamiento, absorbiendo el calor de los devanados y transfiriendolo hacia fuera del tanque.

Para aumentar la transferencia del calor hacia el aire, los tanques son provistos de ventiladores ó con tubería externa de enfriamiento o radiadores. El aceite caliente circula a través del radiador, este calor es tomado por el radiador, el cual lo transfiere al aire circundante.

Es esencial que el aceite del transformador se mantenga limpio y libre de humedad. La humedad puede entrar al transformador a través de goteras en la cubierta del tanque o cuando aire cargado de humedad entra en el transformador.

El aceite aislador, a través del proceso normal de envejecimiento crea pequeños montones de ácidos, si estos, siguen incrementándose se rebasaran los límites establecidos, causando daño en el aislamiento del transformador.

Pruebas anuales pueden determinar el voltaje de rompimiento dieléctrico del aceite (un bajo dieléctrico indica la presencia de agua u otros materiales extraños) y el número de neutralización (un alto número de neutralización indica la presencia de ácido en el aceite).

Transformador de Tipo Ventilación en Seco.

Son construidos casi de la misma manera que los transformadores sumergidos en aceite, excepto que el aceite aislador es reemplazado con aire y espacios más grandes o materiales aislantes diferentes, son usados para compensar el bajo rompimiento dieléctrico del aire. Este tipo de transformadores son normalmente instalados en interiores y requieren de un periódico limpiado de sus respiradores y un adecuado suministro de ventilación de aire limpio, que este libre de humos o gases corrosivos que pueden atacar el material aislante de los devanados.

Transformadores de Tipo Sellado Seco.

Son de construcción similar a los de ventilado en seco excepto que los devanados son operados a temperatura más alta, necesitando el uso de diferentes materiales aislantes, la envoltura es sellada y puede ser llenada con aire u otro gas.

El tipo de transformador sellado seco puede ser instalado tanto en interiores como exteriores, y en áreas donde las atmósferas su

cias y corrosivas hacen imposible el uso de transformadores de ventilado en seco. También una adecuada limpieza y ventilación son importantes para la vida del transformador.

Transformadores Especiales.

Muchos otros tipos de ventiladores son hechos para especiales aplicaciones tales como soldaduras, suministro de voltaje constante, para aplicaciones de alta impedancia, etc.

Cambio de derivaciones.

Muchos transformadores son provistos de derivaciones, los cuales son usados para cambiar la relación entre los altos y bajos voltajes. El cambio de derivación se hace para compensar los cambios de voltaje en el sistema.

El cambio de tap puede hacerse manual o automático, con carga o sin carga.

Conexiones del Transformador.

Muchos factores pueden ser considerados al seleccionar el método de conexión de un transformador trifásico o un banco de transformadores. A continuación se darán a conocer algunas ventajas y desventajas de los diferentes tipos de conexiones.

Conexiones en el Secundario.

Cuando se usa un circuito con una conexión estrella solidamente aterrizada podemos obtener las siguientes ventajas:

1º una falla de línea a tierra puede causar suficiente flujo de corriente de tierra y hacer funcionar los relevadores o medios de protección y aislar el circuito fallado e identificar la fuente del problema.

2º el máximo voltaje a tierra impuesto sobre cualquier fase es limitada al valor de línea a tierra, cuando ocurra una fase a tierra.

Cuando un transformador no es aterrizado, los límites de los valores de corriente de una falla a tierra son muy pequeños. Sin embargo, tiene la desventaja que pueden ocurrir excesivos sobrevoltajes en el sistema y la dificultad para localizar las fallas. Estos sobrevoltajes pueden llegar a causar otras fallas.

Cuando en el secundario existe una delta no aterrizada, una falla de línea a tierra prácticamente no puede causar flujo de corriente de tierra y el servicio se mantendrá en los aparatos aterrizados.

Conexiones en el Primario.

El primario del transformador son generalmente conectados en Delta, la conexión Y es ocasionalmente utilizada.

Para una conexión estrella en el secundario, la mejor conexión para el primario es una delta. Las cargas desbalanceadas no producen problemas de regulación anormales. Las corrientes de terceras armónicas son contenidas en la delta y no producen interferencia telefónica en el sistema primario.

La conexión estrella-estrella en transformadores no es muy usada por los problemas frecuentes que introducen, estos problemas son interferencia telefónica, potencial en el neutro, inestabilidad, inhabilidad para servir cargas desbalanceadas, de tamaño considerado y sobrevoltajes peligrosos de resonancia de terceras armónicas entre capacitancia del sistema y reactancia del transformador.

La conexión Y-Y más adecuada incluye un terciario enrollamiento delta para suministrar una ruta para las terceras armónicas y a la corriente de secuencia cero.

La conexión $\Delta-\Delta$ fué muy usada en el pasado, esto era porque

era práctico continuar su operación con solo 2 ó 3 fases en caso de que alguna requiriera mantenimiento.

Esta conexión tiene la desventaja, citada arriba, que las cargas de una sola fase de bajo voltaje no pueden ser servidas fácilmente como la conexión Δ -Y. También el hecho que el secundario no es aterrizado es una severa desventaja.

La conexión Y- Δ no es usada por las mismas razones que la Δ - Δ .

En conclusión, la conexión delta-estrella es la más favorable. Permite flexibilidad, confiabilidad, protección automática, seguridad y diseño de sistemas de bajo costo, el neutro aterrizado del transformador provee gran confiabilidad y seguridad.

Tableros y Gabinetes de Subdistribución de Bajo Voltaje.

En los grandes edificios puede haber una o varias subestaciones. Un plan económico incluye generalmente gabinetes de subdistribución de bajo voltaje (120 o 460 volts) con rompedores de circuito de caja moldeada para alimentadores de salida, convenientemente localizados para las cargas que controlan .

Cada gabinete es alimentado por un rompedor de circuito, o un par de rompedores interconectados de otra fuente.

Generalmente los alimentadores de los gabinetes suministran individualmente motores y/o tableros para subdistribución posterior. Estos gabinetes pueden ser divididos en dos clases:

Fuerza: para cargas del edificio de 3 fases o para equipo de fuerza dentro del mismo.

Alumbrado: alumbrado exterior y del edificio.

Conductores, conectores y medios de canalización:

En esta parte se discute la aplicación de alambres, cables, o

barras como conductores. También incluyen medios de canalización para guardar los cables y alambres, sistema de charolas para soportar los cables; sistema de buses, y varios tipos de cables para propósitos especiales.

TIPOS DE SISTEMAS DE CONDUCTORES

Medios de Canalización.

El término general medios de canalización, es aplicado a todo tipo de envolturas o encerrados que proveen espacio, soporte y protección mecánica para conductores eléctricos que transmitan fuerza y control entre las varias unidades de aparatos o equipo eléctrico.

El grado en el cual los medios de canalización cumplen con esas funciones dependen del tipo de medio de canalización, la calidad de diseño, el propio uso de los componentes del medio de canalización y la calidad de instalación.

Los medios de canalización más usados son:

Sistemas Conduit: son los más comunmente usados y los más variados de los medios de canalización. Los conduit de metal son disponibles en acero galvanizado, acero esmaltado, aluminio, hierro forjado y bronce, y en dos grosores de pared; pared gruesa y pared delgada.

Los conduit no metálicos son usados generalmente enterrados y pueden ser de plástico, fibra de vidrio ó de concreto, colocados directamente en el suelo o encerrados en una envoltura de concreto.

Los conduit rígidos de pared gruesa proveen máxima protección mecánica para los conductores, pero lo más importante, los conduit de metal suministran una continuidad eléctrica continua, la baja resistencia y baja impedancia necesaria para hacer operar los interruptores de protección e interrumpir los circuitos cuando una falla a

tierra ocurra.

Los conduit de metal flexible son generalmente limitados a aplicaciones para conexión a motores, ventiladores, bombas y equipo similar, donde vibraciones o movimientos ligeros pueden estar presentes, éstos conduit proveen una inadecuada conexión a tierra, éstos tipos de conduit son disponibles a prueba de agua, en localizaciones húmedas, corrosivas y exteriores.

Los buses difieren de los otros medios de canalización en que sus aplicaciones están limitadas a localizaciones secas y fuera de peligro.

Otro medio de canalización muy usado es el sistema de charolas, el cual consiste de hojas de metal prefabricadas de acero o aluminio diseñadas para el soporte de cables de potencia, cables de control y tuberías de instrumentación, los cuales son colocados sobre el sistema de canales ensamblados.

Una línea completa de herrajes y accesorios permiten cambios de anchura, dirección y elevación, dando una gran flexibilidad en el edificio.

Sistema Busway (Buses)

Son similares a los medios de canalización pero no caen en la misma categoría, ya que los Busway son sistemas de conductores eléctricos encerrados en una envoltura compacta.

Dentro de los sistemas Busway los más conocidos son:

Busway limitador de corriente, el cual es utilizado para transmitir potencia y reducir el nivel de corto circuito. En algunos edificios es utilizado para transmitir la fuerza del servicio de entrada a el interruptor principal.

Alimentador Busways:

Son usados para transmitir potencia de un punto a otro con provisiones de cambio de fuerza, haciendo conexiones de cable o bus de barra con pernos entre las uniones. Físicamente consiste de un número de bus de barra encerrada en una envoltura protectora la cual es generalmente de acero o aluminio.

Son disponibles de 600 a 6000 amps. de 2, 3 ó 4 polos y 3 fases 4 hilos.

Este tipo de Busway son usados para alimentadores largos debido a que tienen una baja caída de voltaje de 2 a 3.5 volts por 30.40 metros. Su resistencia es baja haciendo mínima la pérdida de watts. Los hay encerrados o ventilados.

"Busways Plug-In".

Constituye el sistema más práctico y más flexible para distribuir energía eléctrica (600 volts máx), equivale a un tablero de distribución dispersado que proporciona energía directamente sobre el área del trabajo.

Se usa principalmente para dar energía eléctrica en plantas o fábricas, donde en una zona extensa existe un número grande maquinaria y dan además flexibilidad para el rápido aumento de una nueva máquina o el movimiento de esta de un lugar a otro, sin interrumpir la alimentación de energía.

Consiste básicamente de barras cilíndricas de cobre ó aluminio rígidamente sostenidas para soportar esfuerzos de corto circuito y alojadas en un compartimiento cerrado de lámina con un mínimo de caída de tensión.

En algunos edificios comerciales, el busways plug in son instalados como levantadores verticales con mecanismos plug-in de cambio

de potencia para las diferentes cargas en cada piso.

Alambres y Cables (construcción).

La función primordial de un cable de energía aislado, es la de transmitir potencia a una intensidad y tensión preestablecidas, durante cierto tiempo. Es por ello que sus elementos constitutivos deben estar diseñados para soportar el efecto producido por estos parámetros.

Los elementos constructivos adecuados para estas 3 funciones son a) el conductor por el cual fluye la corriente eléctrica; b) el aislamiento, elemento que soporta el voltaje aplicado; c) la cubierta, que es la encargada de la protección contra el ataque del tiempo y agentes externos.

Un cuarto elemento fundamental en la operación correcta de un cable de energía aislada, es la pantalla eléctrica, la cual tiene la función de uniformizar el campo eléctrico para evitar zonas de concentración de esfuerzos, y servir de conductor para las corrientes de secuencia cero.

Finalmente sobre los elementos anteriores y cuando es deseable la protección del cable contra agentes externos ó esfuerzos de tensión, se usan las armaduras metálicas.

Conductores:

a) Materiales: los más usados, cobre y aluminio, donde sus propiedades físicas están en la tabla 5.1.

b) Tipos de cuerdas:

- 1) Cuerda redonda concentrica normal
- 2) Cuerda redonda compacta
- 3) Cuerda Sectoral
- 4) Cuerda Anular
- 5) Cuerda Segmental.

TABLA 5.1

PROPIEDADES FISICAS DEL COBRE Y EL ALUMINIO

PROPIEDAD	UNIDAD	COBRE SUAVE RECOCTIDO	ALUMINIO ESTRADO EN FRIO
Conductividad eléctrica por volumen a 20°C	% IACS *	100.0	61.0
Densidad a 20°C	Gramos/centímetro	8.89	2.703
Resistividad eléctrica por volumen a 20°C	Ohms/Km/mm ² Ohms/cmil/pie	17.241 10.371	28.264 17.002
Coeficiente "α" de variación de resistencia por temperatura.	0°C	0.00427	0.00438
	20°C	0.00393	0.00403
	25°C	0.00385	0.00395
Punto de fusión	°C	1083.0	652 - 657
	°F	1981.4	1205 - 1215
Calor latente de fusión	Calorías/gramo	43.3	93.0
Coeficiente de expansión lineal por temperatura	°C	1.7 x 10 ⁻⁵	2.3 x 10 ⁻⁵
	°F	9.4 x 10 ⁻⁶	1.28 x 10 ⁻⁵
Conductividad térmica a 25°C	°C-cm ³ /watt	3.89	2.26

* IACS - INTERNATIONAL ANNEALED COPPER STANDARDS

c) Sentido del Cableado. Puede ser derecho o Izquierdo

d) Calibre del conductor.

Los diferentes tipos de calibres estan dados en el Código Nacional usando AWG y CM.

Aislamientos.

Tradicionalmente el aislamiento que por su confiabilidad y economía ha sido favorecido por los usuarios, lo es el papel impregnado. Sin embargo, la aparición de nuevos aislamientos del tipo seco, y el mejoramiento de algunos ya existentes dan un rango de selección más amplio.

a) Aislamiento de Papel Impregnado:

Es un papel especial obtenido de pulpa de madera, de celulosa de Fibra Larga, de abetos y pinos. La impregnación se logra con los siguientes compuestos, los cuales dependerán del voltaje y aplicación del cable.

1. Aceite viscoso
2. Aceite viscoso con resinas refinadas
3. Aceite viscoso con polímeros de hidrocarburos
4. Aceite de baja viscosidad.
5. Parafinas micro-cristalina de petróleo.

Sus propiedades, ventajas y desventajas comparativas con los aislamientos secos aparecen en la tabla número 5.2.

b) Aislamiento de Tipo Seco.

Los aislamientos secos son obtenidos de la polimerización de de terminados hidrocarburos, se clasifican en dos tipos:

TABLA 5.2

PROPIEDADES DE AISLAMIENTOS

CARACTERISTICAS	Papel impregnado	P.V.C. Bajo Voltaje	P.V.C. Alto Voltaje (Sintenax)	Poliéster	Poliéster Vulcanizado	Etileno Propileno
Rigidez dieléctrica, Kv/mm, — corriente alterna, elevación (picos)	22	12	16	20	20	20
Rigidez dieléctrica, Kv/mm, — (impulsos)	73	40	47	60	60	60
Constante dieléctrica, SIC (a 60 ciclos, 75°C)	3,5	8,0	5,5	2,5	2,5	2,6
Factor de potencia, % (a 60 - ciclos, 75°C)	0,8	5,0	3,0	0,05	0,05	0,06
Constante K de resistencia de aislamiento (megohm/Km)	3,000	5,000	7,000	30,000	30,000	10,000
Resistencia de la ionización	buena	buena	excelente	mala	regular	muy buena
Resistencia a la humedad	mala	buena	buena	excelente	excelente	buena
Factor de pérdidas	buena	mala	regular	excelente	excelente	excelente
Flexibilidad	regular	buena	regular	buena	mala	excelente
Facilidad de instalación de empalmes y terminales (problemas de humedad e ionización)	regular	excelente	excelente	regular	regular	muy buena
Temp. de Operación normal (°C)	75-85	60-90	75-80	75	90	90
Temp. de sobrecargas (°C)	100	100	100	90	130	130
Temp. de cortocircuito (°C)	160	160	160	150	250	250
Espesor de aislamiento comparativo (cable unipolar 15 Kv)	100 %	--	125 %	125 %	125 %	125 %
Principales ventajas	Bajo costo, Experiencia de años comprobada. Excelentes propiedades eléctricas.	Bajo costo	Bajo costo. Resistente a la ionización. Fácil de instalar.	Factor de pérdidas bajo.	Factor de pérdidas bajo.	Bajo factor de pérdidas. Flexibilidad. Resistente a la ionización.
Principales inconvenientes	Requiere tubo de protección y terminales herméticas.	Inadecuado para alto voltaje	Pérdidas considerablemente altas.	Resistente a la ionización. Bajo temperatura de fusión	Rigidez. Baja resistencia a la ionización	Es atacable por hidrocarburos.

1. Termoplásticos.- Son aquellos que al calentarse su plasticidad permite conformarlos a voluntad, recuperando sus propiedades iniciales al enfriarse, pero manteniendo la forma que se les imprimió.

2. Termoestables.- A diferencia de los anteriores después de un proceso inicial similar al anterior, los subsecuentes calentamientos no lo reblandecen.

Los aislamientos secos usados son:

- a) termo-plásticos: polietileno natural y PVC para alto voltaje.
- b) termofijos: polietileno cadena cruzada, butilo y etileno propileno.

La tabla número 5.3 nos da las propiedades de las cubiertas.

Pantallas Eléctricas

a) Semiconductores sobre el conductor pueden ser de cinta o extruidas.

Los materiales usuales en cintas son: el papel carbon, nylon y algodón.

En cables con aislamiento de papel impregnado se usan cintas de papel, con la ventaja adicional de absorber los materiales oxidantes del compuesto impregnante protegiendo al conductor.

b) Semiconductoras sobre aislamiento pueden ser cintas o extruidos.

En cables con aislamiento de papel impregnado, suele utilizarse semiconductoras sobre el aislamiento de papel metalizado.

c) Conductoras o metálicas: generalmente son de cobre desnudo o estañado, aplicada en forma de cintas traslapadas enrolladas heli

FABLA 5.3

PROPIEDADES DE CUBIERTAS

CARACTERÍSTICAS	P.V.C.	Poliétileno Baja Densidad	Poliétileno Alta Densidad	Neopreno	Poliétileno Clorosulfonado	Piso
Resistencia a la humedad	B	MB	MB	R	B	E
Resistencia a la abrasión	B	B	E	MB	E	M
Resistencia a golpes	B	B	MB	E	E	M
Flexibilidad	MB	B	R	E	E	R
Débil en frío	M	E	MB	B	B	B
Propiedades eléctricas	MB	E	E	R	MB	-
Resistencia a la intemperie	B	E	E	B	E	MB
Resistencia a la flama	B	M	M	B	B	MB
Resistencia al calor	B	M	R	MB	MB	MB
Conducción térmica (disipación de calor)	R	B	B	R	R	E
Resistencia a la oxidación	E	E	E	B	E	B
Resistencia al ozono	E	E	E	B	E	E
Resistencia al corte por compresión	B	B	B	MB	B	M
Resistencia a ácidos:						
- 30% sulfúrico	E	E	E	R	B	E
- 3% sulfúrico	R	E	E	R	R	E
- 10% nítrico	E	E	E	R	R	M
- 10% clorhídrico	B	E	E	R	R	R
- 10% fosfórico	E	E	E	R	R	B
Resistencia a álcalis y sales:						
- 10% hidróxido de sodio	E	E	E	M	R	B
- 2% carbonato de sodio	B	E	E	R	R	B
- 10% cloruro de sodio	E	E	E	B	B	B
Resistencia a agentes químicos orgánicos:						
- Acetona	M	B	B	B	B	E
- Tetracloruro de carbono	B	B	B	M	M	E
- Ácidos	B	B	B	R	R	E
- Gasolina	B	B	B	R	R	E
- Creosota	R	B	B	M	M	-
Temperatura máxima de operación (°C)	90	75	90	90	130	-
Peso específico	1,4	0,9	1,0	1,3	1,2	11,3
Principales aplicaciones:	Uso general, cables para interiores	Cables aéreos a la intemperie, Cubiertas sobre pisos.	Idea, pero cuando se requiere mayor resistencia a la abrasión	Cables flexibles para minas	Cables flexibles de alta calidad	Cables con aislamiento de papel - Impregnado, Cables para refinación.

E = Excelente MB = Muy buena B = buena R = regular M = mala

• Se da en color negro, conteniendo negro de humo

coidalmente o en forma longitudinal. Para aplicaciones especiales se construyen de plomo.

Cubiertas

La elección del material de la cubierta de un cable dependerá de su tipo, aplicación y la naturaleza de los agentes externos del medio de los cuales se desea proteger al cable. La cubierta puede ser metálica o sintética.

El material comunmente usado en cubiertas metálicas es el plomo, estas cubiertas pueden ser textiles, termoplásticas o termoestables.

+Las cubiertas de yute es generalmente de yute impregnado.

+Las cubiertas termoplásticas son: PVC (cloruro de polivinilo), polietileno de alta y baja densidad

+Las cubiertas termoestables son: el neopreno y polietileno clorosulfurado.

Armaduras

Cuando se desea una protección contra daños metálicos generalmente se colocan dos flejes de acero galvanizado.

Si el cable va a estar sujeto a tensiones se emplea en lugar del fleje una corona de hilos de acero galvanizado ó de alguna aleación de aluminio. Los hilos se aplican helicoidalmente.

Selección del Tamaño del Cable

Capacidad de Corriente

El rango de amperes de un conductor está en función de la máxima temperatura permisible del conductor y la temperatura ambiente a la que operará el cable.

La temperatura máxima a la que se usa un conductor, con varios tipos de aislamiento estan dados en código nacional.

Regulación de Voltaje o Caída de Voltaje:

La caída de voltaje esta en función de la resistencia del conductor, espacio entre conductores del mismo circuito, el tipo de canalización, la cantidad de corriente, el factor de Potencia, y se puede calcular de la siguiente forma:

$$\text{Caída de Voltaje} = IR \cos \theta + IX \sin \theta$$

I corriente en el conductor

R resistencia del conductor

X reactancia

θ ángulo del factor de potencia

Y esta caída de voltaje debe ser igual o menor que las establecidas en el código nacional.

Capacidad del Corto Circuito:

Cuando conductores pequeños son conectados a sistemas que tienen gran capacidad de corto circuito, deben ser capaces de soportar la corriente de corto circuito, la cual puede ocurrir antes de que el mecanismo de protección actue. Los cuales se ven afectados por el rápido crecimiento de la temperatura causada por la corriente de corto circuito.

Instalación de Cables.

El sistema de cables debe ser diseñada con muchas precauciones para minimizar la posibilidad de daños durante la instalación.

Estos daños pueden ser evitados si el sistema de conduit o ductos es diseñado con un mínimo de curvas y uniones y en adición para facilitar la instalación, un tamaño adecuado del conduit permite cambiar los cables cuando exista una falla o cuando por incremento de

la carga requiera un conductor de tamaño más grande.

Así mismo, inspeccionar todo el equipo para asegurarse de que las orillas filosas de entrada y salida del conduit y ductos sobre los cuales el aislamiento puede ser dañado, sean arregladas.

Cuando los cables sean instalados en forma vertical deben tomarse precauciones para soportar el peso del cable en la parte más alta del conduit, con suficientes intervalos para proveer indebidos esfuerzos en el aislamiento del cable.

Emplame de Alambres y Cables.

Debido a la necesidad de derivaciones ó aumento de los cables los empalmes pueden ser hechos en el campo de trabajo.

Los empalmes de bajo voltaje son relativamente simples pero los de alto voltaje requieren de mayor cuidado.

Los empalmes de campo puede ser igual o mejores que, el cable restante en fuerza mecánica y eléctrica pero para conseguir esta calidad es necesario seguir las recomendaciones de los fabricantes.

Aterrizaje:

Todas las partes metálicas que no llevan corriente tales como cubiertas metálicas, conduits metálicos, y estructuras similares conectadas a los medios de canalización o envolturas de los conductores deben ser aterrizadas.

La baja resistencia y las múltiples tierras son recomendadas para las envolturas que contienen cables y alambres eléctricos, en el caso de falla de aislación el potencial de la estructura será IR, el flujo de corriente a través de la resistencia de la conexión a tierra, de aquí que la resistencia de esa conexión debe ser lo más baja posible, estas conexiones a tierra deben ser adecuadas para que no

produzcan fuego.

Conectores de Cables:

La palabra conector incluye todos los tipos de mecanismos utilizados para unir o terminar conductores eléctricos algunos de los más comunes son citados a continuación:

Tipos Térmicos:

Requieren la aplicación de temperatura para ser soldados, la soldadura de uniones de aluminio en conductores de tamaño circular mil es muy satisfactoria, y es usada donde la instalación justifica el costo del equipo necesario y personal capacitado.

Los dos tipos básicos de conectores a presión son:

Tipo Mecánico:

Son aquellos en los cuales un conjunto de tornillo u otra parte mecánica se usa para aplicar la presión para unir el conector al conductor eléctrico.

Tipo compresión: son aquellos en los cuales la presión para unir el conductor con el conector es aplicada exteriormente, cambiando al tamaño y forma del conductor,

El grosor de las paredes del conector son diseñadas para llevar la carga eléctrica y soportar esfuerzos en la instalación.

Para hacer la unión, el conductor y conector son trabajados en frío. En un molde diseñado especialmente.

Este molde puede cambiar la forma haciéndolo en forma de "U", Hexagonal, círculo reducido, u óvalo plano, si el conector es pequeño, generalmente hasta 250 mcm, es suficiente para cambiar la forma

con una herramienta de mano.

Sin embargo, si el conductor es grande una máquina hidráulica será requerida.

Los conectores de tipo mecánico y de compresión son recomendados para todos los voltajes primarios.

Los conectores soldados también pueden ser usados en conductores de tamaño circular mil, hasta 600 volts, el diseño de conectores estándar no presenta problemas para conductores aislados o desnudos.

Los conectores de tipo compresión estándar son recomendados para conductores con aislamiento hasta 5KV.

Arriba de 5KV, el efecto corona hace deseable el uso de conectores de compresión.

El coeficiente lineal de expansión térmica del aluminio es mayor que la del cobre. Esta consideración es importante en la aplicación de conectores sobre conductores de aluminio a menos que se tome en cuenta en el diseño del conector, el uso de metales con coeficientes de expansión menor que el del aluminio. Ya que pueden resultar altos esfuerzos en el conductor de aluminio durante los ciclos térmicos, causando deformaciones.

Otros problemas pueden ser causados por el uso indebido de los materiales, estos pueden ser resueltos usando los materiales y métodos dados por los fabricantes.

CAPITULO 6 SISTEMAS DE PROTECCION

INTRODUCCION

La "protección" como una aplicación para un circuito o sistema eléctrico, implica el alivio de condiciones anormales no deseadas. Dicho alivio, es obtenido por medio de aparatos sensibles a estas condiciones anormales, los cuales operan cuando tales condiciones ocurren, aislando el circuito o aparatos en falla, para interrumpir el flujo de energía. Específicamente, protección, es la aplicación de interruptores y/o fusibles a un sistema eléctrico, como un medio automático para la desenergización de circuitos o parte de ellos bajo condiciones de corto circuito, sobrecarga o bajo-voltaje y baja condiciones especiales de sobrevoltaje e inversión de fase.

El objetivo, es dar máxima seguridad con disturbios mínimos al sistema y hacer a éste económico. Existen muchos problemas y consideraciones que intervienen para llevar a cabo este objetivo; simplemente la selección de interruptores o fusibles, no es segura para lograr este objetivo.

Entre los requerimientos de un exitoso sistema de protección se encuentran:

- Detección de fallas
- Interrupción de fallas
- Capacidad interruptiva adecuada del interruptor y desconexión adecuada de todos los aparatos involucrados en la falla.
- Selectividad y coordinación entre las protecciones de los diversos aparatos.

Los medios más usuales para detectar los incrementos de corriente que acompañan a una falla son:

FUSIBLES. Que son elementos inherentemente sensitivos a las magnitudes de corriente; los incrementos de corriente, causan incrementos

os en la temperatura del elemento fusible, la cual en un momento dado determina la operación del fusible.

INTERRUPTORES. Son elementos que tienen aparatos auxiliares para cumplir con la función de detección.

RELEVADORES DE SOBRECORRIENTE. Elementos en serie con los contactos del interruptor o con el secundario del transformador de corriente, que miden la corriente del circuito; cuando los incrementos en la magnitud de corriente de corto circuito o de sobrecarga se presentan, los relevadores operan para abrir el INT, los relevadores pueden ser una parte interna del INT o ser externos.

CAUSAS DE LAS FALLAS.

Las fallas eléctricas en el alambrado y equipo pueden ocurrir de muchas maneras; algunas de las más frecuentes son las siguientes:

1. Sobrecarga continua de cables y equipo la cual causa deterioro del aislamiento, dando como resultado contactos eventuales a tierra o entre conductores.
2. Fuego, accidentes, inundaciones, o contaminantes corrosivos que causan contactos de los conductores a tierra o entre ellos, por daños en el aislamiento.
3. Mantenimiento inadecuado.
4. Errores humanos, por ejemplo: se puede encontrar que un circuito ha sido incorrectamente alambrado, lo cual causa un corto circuito cuando se energiza el circuito.
5. Mala aplicación y mal uso de cable o equipo, por encima de las clasificaciones de diseño.

APARATOS DE PROTECCION.

Los aparatos de protección responden a las condiciones anormales que perjudican a los sistemas eléctricos de distribución y funcionan para abrir partes del circuito aislando con ello las causas del disturbio y permitir al resto del sistema su funcionamiento normal. Los

fusibles tienen limitación de corriente, lo que limita su capacidad para soportar grandes magnitudes de corrientes de falla.

INTERRUPTORES

La definición de un circuito interruptor según la forma americana es:

"Un interruptor es un aparato para cerrar o interrumpir un circuito entre contactos separables, bajo condiciones normales o anormales".

El interruptor combina en una unidad, la previsión para switcheos del circuito eléctrico y la interrupción automática de corriente anormal, capaz de operar en forma repetitiva dentro de un rango sin ser necesario el reemplazamiento de sus partes, pero se debe hacer una inspección periódica de contactos y mecanismos.

En interruptor de bajo voltaje, los medios responsables de la apertura del circuito (tales como transformadores de potencial y de corriente) son construidos dentro para formar un ensamble integral. En interruptores de mediano y alto voltaje, el medio de apertura inmediata es un electromagneto, también llamado disparo en derivación, el cual es actuado por los relevadores.

INTERRUPTORES DE MEDIANO VOLTAJE. Son relativamente lentos en su apertura y son clasificados como interruptores de cinco y ocho ciclos, que es el tiempo de duración del proceso de apertura.

Antes, las reglas de aplicación eran basadas en corrientes asimétricas, es decir, la corriente total incluyendo la componente de directa, y su clasificación era en base a corrientes asimétricas, actualmente, la clasificación puede ser basada en corrientes simétricas.

Los interruptores de mediano voltaje son de varios tipos, clasificados de acuerdo a los medios de extinción del arco: aceite, aire com

primido o del tipo aire-magnético, y otros con diferente medio de extinción tales como los de gases especiales.

En los sistemas en cascada para edificios comerciales, el interruptor principal o puente y los interruptores alimentadores son coordinados con respecto a sus capacidades de interrupción. Para un sistema en cascada. Las características y ajustes de los aparatos de sobrecorriente deberán ser cuidadosamente seleccionados para garantizar que cada interruptor alimentador y su interruptor principal o fuente abran simultáneamente para alguna corriente de falla mayores que el 80% del porcentaje de interrupción del interruptor del alimentador.

El interruptor principal deberá ser equipado con ajustes de disparo instantáneo para valores de corriente de falla que pueden ocurrir, más allá de la capacidad del interruptor alimentador.

El sistema en cascado es utilizado únicamente, donde la completa continuidad del servicio no es requerida, porque los interruptores del alimentador principal y ramales involucrados, abran para una falla brusca. Con un sistema en cascada, un posible sacrificio en la continuidad del servicio puede ser aceptado.

El sistema de disparo de sobrecorriente selectivo es usado donde la continuidad del servicio es requerida o deseada, en este tipo de sistema, el porcentaje completo de los interruptores es usado.

Los disparos de sobrecorriente selectivos, consisten en la aplicación de los interruptores en serie, tal que, de los interruptores que soportan la corriente de falla, únicamente el más cercano a la falla abra para aliviar la condición de falla.

El control de interruptores de mediano voltaje se realiza por medio de relevadores, y la coordinación es llevada a cabo por la propia selección de las características del relevador. Los relevadores controlan varios interruptores en serie, donde la coordinación es cumplida por la vía de los relevadores de tipo sobrecorriente-tiempo, estos

son seleccionados de acuerdo a sus curvas de tiempo-sobrecorriente.

INTERRUPTORES DE BAJO VOLTAJE. Las normas nema definen dos tipos de interruptores de bajo voltaje, potencia para aplicarse en rangos de 225 a 6000 amperes y encapsulado para aplicaciones de 1200 amperes ó menos.

RELEVADORES DE PROTECCION. Son usados para detectar defectos en líneas o aparatos, o condiciones indeseadas en un sistema, y para iniciar las interrupciones adecuadas o hacer las advertencias debidas.

Los relevadores son usados siempre en interruptores de mediano y alto voltaje, y algunas veces en los de bajo voltaje.

Los relevadores responden a corrientes que son aplicadas a través de transformadores de corriente y son sensibles para voltajes a través de transformadores de potencial, aunque algunas veces la conexión directa es posible en sistemas de bajo voltaje.

Entre los diferentes tipos de relevadores se pueden mencionar de: sobrecorriente, tierra, voltaje, frecuencia, diferencial de balance-corriente, secuencia de fase o inversión de fase.

FUSIBLES. Un fusible es un aparato de protección contra sobrecorriente con un componente de apertura de circuito fusible el cual es directamente calentado por el paso de la sobrecorriente a través de él.

Los fusibles son simples, y de bajo costo, en general, son más rápidos que los interruptores donde la proporción de corriente disponible para el rango del fusible es alta. Responden únicamente al calor consecuencia de la corriente y no son ajustables.

Como un fusible es destruido por su operación, después de ésta, deberá ser instalado uno nuevo para restaurar el servicio.

Mecánicamente, existen dos tipos generales de fusibles: de tipo

no renovable y los de tipo renovable. Los campos de aplicación de estos dos tipos, son esencialmente los mismos en bajos voltajes, pero en mediano y alto voltaje, los del tipo renovable se encuentran más limitados en su aplicación.

FUSIBLES DE MEDIANO Y ALTO VOLTAJE.

Los fusibles para esos en medianos y altos voltajes, son adecuados por añadidura para ensambles, llamados fusibles de distribución.

Un fusible de distribución, es un aparato desconector, que consiste de un soporte fusible y un fusible sostén, el cual puede ó no incluir un enlace fusible ó navaja de desconexión. El fusible de enlace utilizado en fusibles de distribución es reemplazado después de cada operación.

Los fusibles de distribución tienen baja capacidad de interrupción y están encaminados para usarse como su nombre lo implica en sistema de distribución de voltajes hasta de 15 KV. su limitada capacidad de interrupción, se debe tener siempre presente, puesto que se han dado muchos casos de mala aplicación.

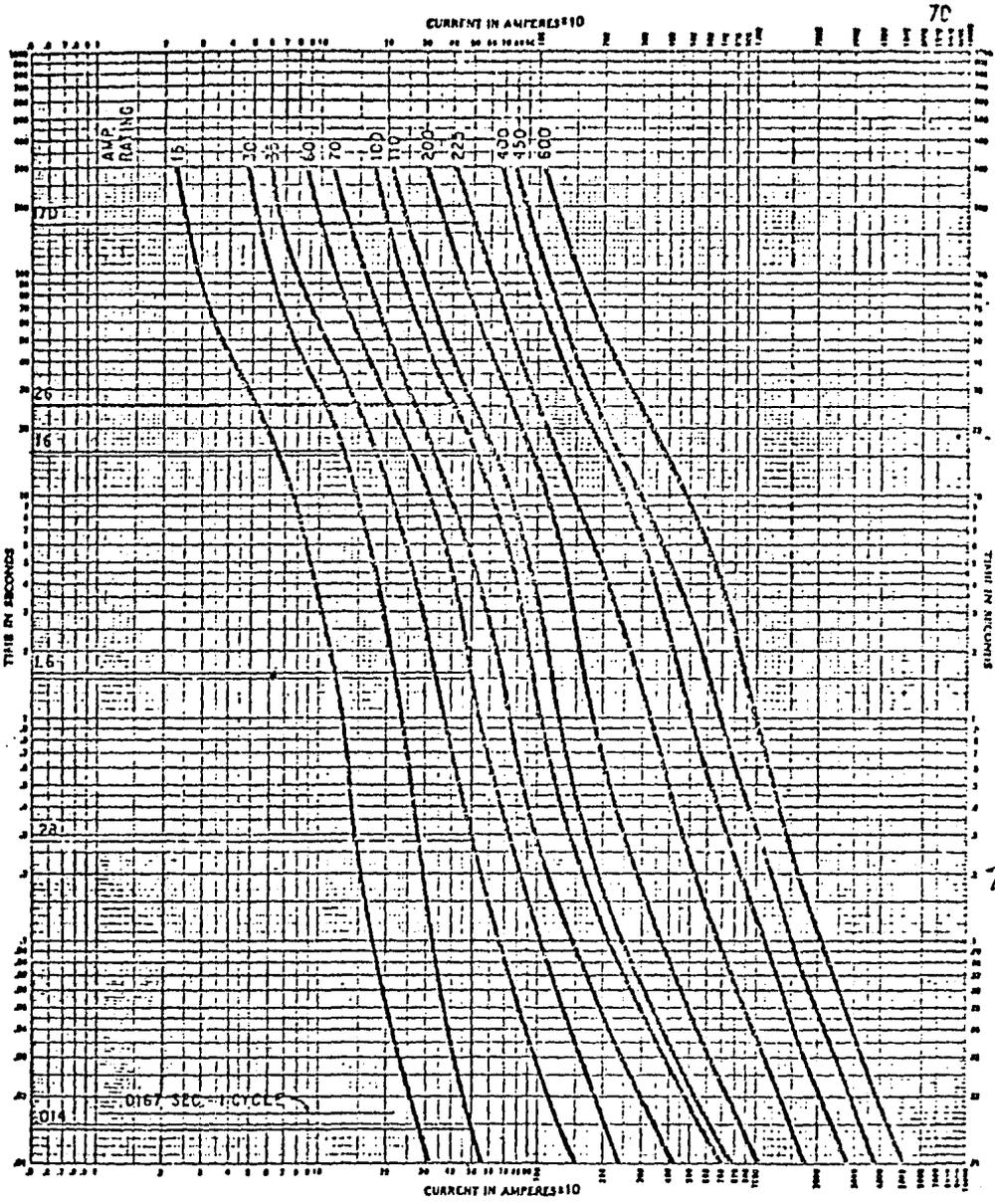
Cuando se aplican arriba de su capacidad de interrupción, estos se vuelven muy peligrosos, puesto que sus construcciones o partes de porcelana pueden explotar.

La coordinación de los fusibles de mediano y alto voltaje, con otros fusibles ó con interruptores y sus relevadores relacionados es siempre necesaria.

Para lograr una inteligente coordinación, se debe tomar en cuenta las características mostradas en las curvas de todos los fusibles y de los otros aparatos de protección involucrados.

FUSIBLES DE BAJO VOLTAJE.

Estos fusibles son adecuados en tipo tapón para rangos de 0 a



CURVAS TIEMPO CORRIENTE
FUSIBLES

30 amperes a 125 volts. y en tipo cartucho, para rangos de 0 a 6000 amperes y de 250 a 600 volts.

Los fusibles tapón tipo S tienen capacidad de corriente máxima de 50 amperes a 125 volts. los fusibles tapón tipo S, son no renovables, y deben ser reemplazados después de cada operación.

Los fusibles tipo cartucho pueden ser renovables ó no renovables.

El del tipo no renovable es una unidad ensamblada que debe ser sustituida completamente después de su operación.

El del tipo renovable una vez que el fusible a operado sólo el miembro fusible es reemplazado.

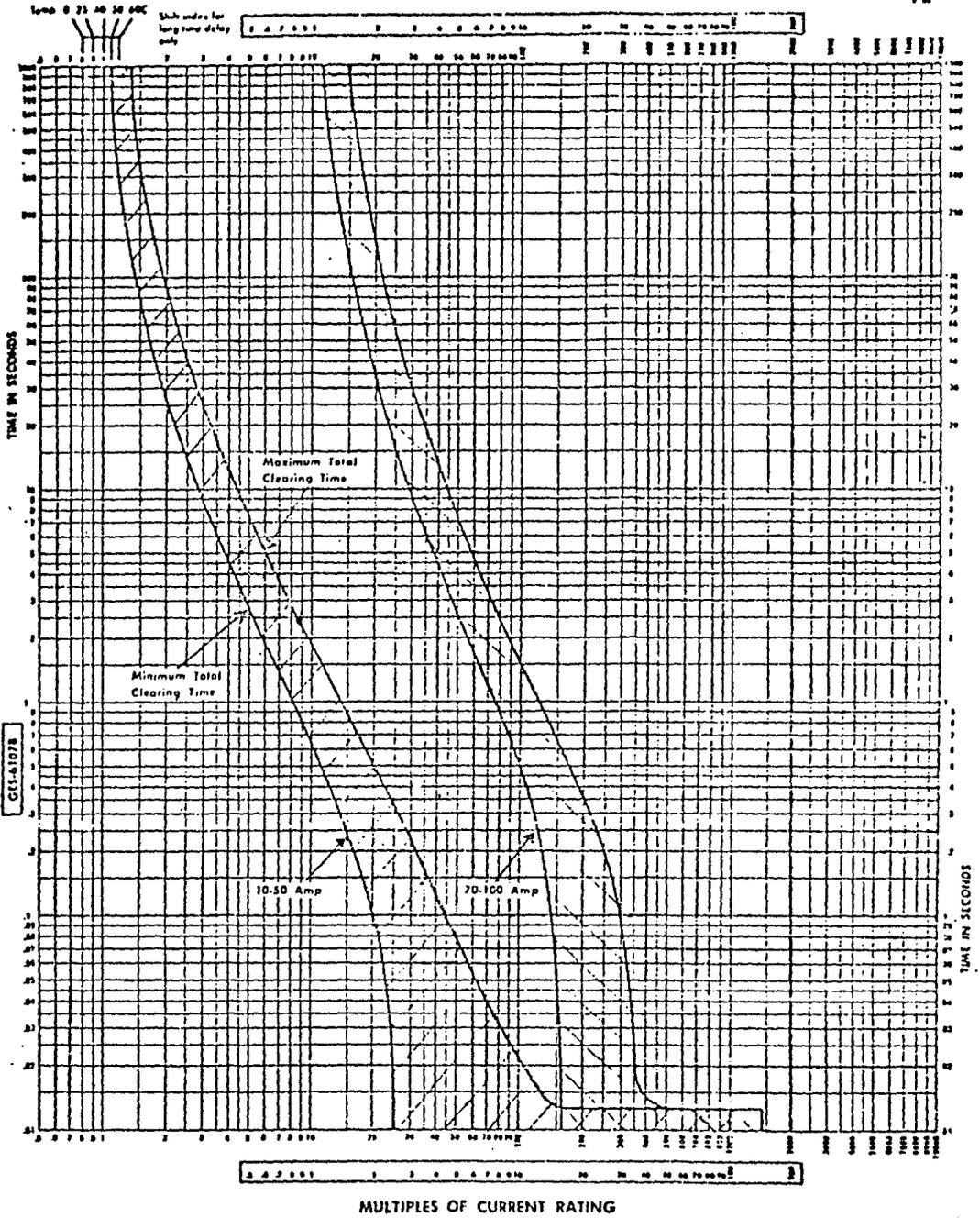
COORDINACION DE APARATOS DE PROTECCION

La coordinación de los aparatos de protección, involucra al diseño de manera tal, que bajo condiciones de falla el interruptor más cercano a dicha falla abre primero; luego, si la falla persiste, el siguiente interruptor más cercano, del lado de la fuente abre, y así sucesivamente. La interrupción del servicio es así limitada, para la zona que incluye la falla.

Para una falla, la misma corriente fluye, a través de todos los aparatos de protección contra sobrecorriente conectados en serie, a lo largo del elemento protegido, y que se encuentran del lado de la fuente hacia la falla.

La programación única de los disparos instantáneos es muy difícil, y a menudo imposible por la selectividad.

Los aparatos de protección son seleccionados de tal manera que, para la misma corriente fluyendo a través de los que se encuentran conectados en serie, el tiempo, para completar la acción del envío de orden de disparo, es mayor para el aparato de protección que se encuentra más alejado de la falla. Para cumplir esto, las curvas de



CURVAS TIEMPO CORRIENTE
 INTERRUPTORES TIPO TE-10, 15, 20, 30, 40, 50, 70, 90, y 100 AMP.
 GENERAL ELECTRIC

LOS FUSIBLES LIMITADORES DE CORRIENTE DEL TIPO
NO RENOVABLE SON ADECUADOS PARA BAJOS Y MEDIANOS VOLTAJES.

CLASES DE FUSIBLES PARA BAJO VOLTAJE DEL TIPO
CARTUCHO

CLASE	VOLTAJE Y CORRIENTE NOMINAL		APLICACION	CARACTERISTICAS
	AMPERES	VOLTS		
H	600 ó menos	600	C.A. y/O C.D.	DIMENSIONES ESPECIFICADAS PUEDEN O NO SER LIMITADO RES DE CORRIENTE.
J	600 ó menos	600	C.A.	CAPACIDAD DE INTERRUPCION DE 200,000 AMP. LIMITADO RES DE CORRIENTE
L	601- 6000	600	C.A.	CAP. DE INTERRUPCION DE 200,000 AMP. LIMITADORES DE CORRIENTE
M	601- 6000	600	C.A.	CAP. DE INTERRUPCION DE 200,000 AMP. NO SON LIMITA DORES DE CORRIENTE.

LOS FUSIBLES SON APLICADOS EN BASE A:

1. CAPACIDAD DE INTERRUPCION
2. VOLTAJE NOMINAL
3. CORRIENTE NOMINAL

tiempo-corriente de los aparatos de protección involucrados (en serie) deberán encontrarse sustancialmente paralelas es decir no intersectarse unas con otras.

Después de que la Icc ha sido determinada, las características tiempo-corriente de los aparatos de protección son trazadas en una misma gráfica y se estudia la relación entre ellas.

Los primeros estudios, pueden no arrojar los resultados correctos.

Y es hasta después de una instalación de lo que parece ser una aceptable combinación, cuando a menudo se hace necesario un reajuste en los aparatos de protección, a tanteo ó por pruebas.

Las características de la mayoría de los aparatos de protección de bajo voltaje, son mostradas como bandas, indicándose los límites de operación, superior e inferior.

En relevadores, estos datos, son presentados como simples líneas curvas y en el estudio de un problema, es necesario tenerlas en cuenta para tolerancias.

En los casos de fusibles, de familias de curvas independientes, estos son probados, para identificar su punto de fusión y sus características de claro total.

CAPITULO 7 ACOMETIDAS Y MEDICION

Cuando un edificio comercial se encuentra alejado de los circuitos de distribución de la compañía eléctrica, el alimentador de suministro eléctrico puede ser extendido a través de propiedad privada para llevar el servicio de entrada al edificio, o al transformador de una subestación localizada dentro o fuera del edificio.

Desde el punto de vista de seguridad, estos alimentadores deberán ser instalados y mantenidos por la compañía eléctrica, no obstante que el consumidor haya sido requerido para hacer una contribución financiera.

En planeación, es importante la ruta del circuito de entrada para evitar conflictos de claros, con estructuras subterráneas o exteriores, existentes o futuras. Los postes localizados en áreas sujetas a tráfico vehicular, pueden requerir encintados o barreras para su protección. Cuando las líneas de hilo abierto pasan cerca de edificios, es necesario proveer de claros adecuados para evitar contactos accidentales por mantenimiento o inspección.

Líneas Aéreas

Para pequeños edificios alimentados a voltajes de utilización, el servicio aéreo es generalmente terminado en un sosten sobre el edificio a suficiente altura para cumplir con los claros de tierra requeridos que se muestran en la Tabla 7.1.

Los edificios mas grandes pueden ser servidos por líneas de hilo abierto, a lo largo de la parte trasera o de un lado de la propiedad, terminando en un transformador de una subestación exterior al edificio o al cable de un poste terminal cuando la subestación se encuentra dentro del edificio.

Donde los claros son un problema, un método alternativo, es usar ca

ELEVACION MINIMA EN METROS PARA LAS ACOMETIDAS

Lugar que Atravieza		espacio libre (metros)
Calles Públicas, paseo arbolado ó caminitos	0 - 750 V.	5.48
en Distritos Rurales o Urbanos	750 - 15000 V.	6.09
	23 000 V.	6.70
	31,500 V.	6.70

accesos o caminos	0 - 15 Volts	3.048
Sólo para peatones	150 - 300 V.	3.65
	0 - 750 V.	4.57
	750 a 15000 V.	4.57
	23 000 V.	5.18
	31,500 V.	5.18

ble aéreo (cables protegidos por aislamiento de caucho soportados por un cable mensajero) fijado a postes.

Las líneas de hilo abierto pueden consistir de conductores de cobre o aluminio, fijos a aisladores de vidrio o porcelana, los cuales a su vez se encuentran soportados sobre travesaños de madera, fijos a postes de madera enterrados. Los conductores pueden ser suspendidos desde los travesaños con aisladores tipo suspensión.

Para voltajes arriba de 5 KV incluyendo éste, se usa generalmente hilo con cubierta contra interperie o mal tiempo, no obstante, que algunas veces el hilo desnudo es utilizado para líneas de hilo abierto, pero donde existen riesgos contra la seguridad se recomiendan cables completamente aislados, que son los mas frecuentemente utilizados por las compañías eléctricas.

El diseño de una línea de hilo abierto depende de varios factores, tales como:

1. Seguridad:

- a) Seguridad para el público, con la provisión de claros adecuados de las líneas a los edificios y a otros objetos que pudieran representar riesgos.
- b) Seguridad para el personal, que opera y da mantenimiento a la línea, tomando en cuenta medios para subir y espacios adecuados en el poste, para realización de maniobras.
- c) Los esfuerzos mecánicos, deben tomar en consideración las cargas de hielo y viento, el diámetro del poste, talla y peso del conductor, etc.

2. Aislamiento:

- a) Aislamiento adecuado contra descargas atmosféricas. Este es usado para protección de la línea contra descargas atmosféricas directas y ondas de sobrevoltaje inducidas por el uso de pararrayos.
- b) El aislamiento, también debe ser adecuado para proteger la línea contra ondas de sobrevoltaje causadas por el manejo de interruptores.

Para los detalles de diseño de una línea, es necesario dirigirse a manuales eléctricos especializados en este aspecto.

Líneas Subterráneas

Donde la apariencia es el factor de mayor importancia o existen conflictos con estructuras exteriores, los cuales no pueden ser pasados por alto, instalando una línea aérea, es necesario usar un sistema de cable subterráneo.

Un sistema subterráneo se encuentra relativamente libre de los

peligros a los que esta expuesto un sistema aéreo. No obstante, en caso de falla en el cable subterráneo, el tiempo de localización de ésta y su reparación es considerablemente mayor.

Los sistemas subterráneos son más caros substancialmente que su equivalente en aéreo.

En líneas subterráneas, los posteriores rearrreglos o incrementos en su capacidad pueden ser más caros y requerir más tiempo, en la interrupción del servicio que en líneas aéreas, sin embargo, esto puede ser previsto desde su planeación.

Las líneas de suministro deberán entrar al edificio en un punto tan cercano como sea posible de la acometida o servicio de entrada, y el equipo de servicio de entrada deberá encontrarse a su vez lo más posible del centro de carga.

En grandes ductos de conducción de conductores, se requieren aperturas de inspección y cajas de acceso para facilitar manejo y empalme de los cables.

Es necesario instalar ductos auxiliares para renovar un servicio en caso de emergencia, como cuando un cable fallado llega a quedar inutilizado en el ducto principal y no puede ser removido para su reemplazo. Estos, simplifican también la instalación de futuros cables requeridos por el crecimiento de carga.

Los cables subterráneos, pueden tener aislamiento de caucho, componentes de caucho, termoplástico, papel o barniz de cambray dependiendo del voltaje y situación.

Los cables de 600 volts o menos tienen usualmente aislamiento de caucho, aislamiento especial de vidrio con etapas resistentes al agua o aislamiento termoplástico.

Líneas dentro de los edificios. Sin tomar en cuenta el volta

je, cuando los alimentadores de entrada deben pasar a través del edificio por una distancia mayor a 3 metros hasta el equipo de servicio, se presentan riesgos en la seguridad del mismo, porque ésta parte del circuito en el edificio puede no ser protegida contra corto-circuitos.

Donde la distancia es menor a 3 metros, los riesgos se consideran escasos, en el caso contrario, el equipo de servicio deberá ser instalado en conductos o cajas metálicas, embutidas en al menos 5.1 centímetros de concreto. Esto, protege al edificio, restringiendo algún fuego o arco, producto de algún corto circuito, dentro de la cubierta de concreto.

Las líneas de alimentación eléctrica dentro de edificios, deberán ser instaladas sin exceder el requerimiento mínimo del código eléctrico nacional.

Servicios de Entrada

Por servicio de entrada se entiende, al lugar donde los alimentadores de la compañía eléctrica entran a la propiedad del consumidor; aquí es donde se localizan los llamados "interruptores del servicio de entrada" y "el equipo de medición". Tal equipo de interrupción del servicio de entrada, es generalmente pagado por el propio consumidor y algunas de sus características de diseño son influenciadas y controladas por la compañía eléctrica.

El mantenimiento de los equipos de medición, es responsabilidad de la compañía eléctrica.

Los transformadores de corriente y potencial son usados exclusivamente con propósitos de medición y facturación, y pueden ser proporcionados por la compañía eléctrica y el consumidor en conjunto, o a expensas únicamente de la compañía eléctrica.

La relación del diseño del equipo de servicio de entrada y las características de las líneas de alimentación o alimentadores y los ta

bleros de distribución, son de vital importancia para el consumidor y para la compañía eléctrica; por consiguiente, es primordial que el ingeniero sirva a ambos, al consumidor y a la compañía eléctrica, para desarrollar un diseño que contenga rasgos y características coordinadas, para lograr los requerimientos particulares para beneficio del consumidor, sin interferir con las cualidades del servicio eléctrico de otro consumidor.

El equipo de servicio de entrada es una de las partes más importantes de un sistema de alimentación eléctrica para edificios, porque es a través de este equipo que la carga entera del edificio es servida. El equipo de servicio de entrada instalado inicialmente, deberá ser adecuado para toda carga futura o ser diseñado para que pueda ser suplementado o reemplazado sin interferir con los negocios normales del edificio, al cual se esta sirviendo. Esto se puede lograr por ingenio propio del diseñador.

Consideraciones en un servicio eléctrico:

1. Características completas de la carga que va a ser servida:

- a) KVA de demanda
- b) Continuidad requerida por el servicio
- c) Requerimientos de voltaje y limitaciones en la variación del mismo.
- d) Cargas especiales, tales como máquinas de Rayos X; y computadoras

2. Características completas de todos los tipos de servicio disponibles:

- a) Voltajes disponibles
- b) Estipulación de rangos de demanda máxima
- c) Posibles necesidades para el equipo de transformación, regulación, o de otras modificaciones para las características de los servicios disponibles para lograr los requerimientos del edificio.

3. Requerimientos físicos y mecánicos del servicio de entrada:

- a) El número de sitios a los cuales puede ser suministrado el servicio.
- b) El tipo de servicio de entrada: aéreo o subterráneo, cable o bus, el ingeniero debe ser capaz de elegir
- c) Los puntos terminales del servicio, incluyendo información de las partes, donde se llevará a cabo la instalación del servicio, el cual será instalado y mantenido por la compañía eléctrica.
- d) Localización y tipo del equipo de medición, incluyendo medidas para la totalización de la demanda y para medición auxiliar, con disposiciones para el montaje y cableado de medidores de la compañía eléctrica y transformadores de medición.

4. Requerimientos eléctricos para el servicio de entrada:

- a) Sistema de protección capaz, para cargas actuales y futuras (de 15 a 20 años)
 - b) Requerimientos para la coordinación de aparatos de protección contra sobrecorrientes.
 - c) Equipo de medición y servicio adecuados.
- 5.
- a) Los datos del servicio deberán ser requeridos junto con un programa preliminar de construcción.
 - b) Deberán ser programados los datos totales de carga inicial estimada.

Número de servicios: el número de servicios suministrado a un edificio o grupo de ellos, dependerá de los siguientes factores:

1. El grado de confiabilidad requerido por la instalación, el cual esta relacionado con la confiabilidad de la fuente de energía.

En algunos casos, las consideraciones económicas pueden dictar el grado parcial de disminución en la disponibilidad del servicio, sacrificando cargas no esenciales durante una emergencia.

2. La magnitud de carga total: dado que la capacidad de un servicio individual "acometida" es limitada por el uso de un valor de corriente máxima, se debe de proveer de acometidas adicionales para lograr la demanda del edificio.
3. La disponibilidad de más de un sistema de voltaje de utilización: si existe más de un voltaje disponible, su utilidad podría ser, por ejemplo: suministrar 208 V/ 120 volts para alumbrado y recepción, a uno o mas puntos del servicio de entrada y 460 volts para potencia.
4. La talla física del edificio, o la separación entre edificios.

Arreglos físicos

El arreglo físico del servicio de entrada variará considerablemente, dependiendo del tipo de sistema de distribución empleado por la compañía y el tipo de edificio a ser servido. En algunos casos, la compañía suministrará el servicio desde uno o más bancos de transformadores con barras a través de las paredes del sótano; éste es el arreglo más común, para edificios de altura moderada en áreas excesivamente cargadas de las grandes ciudades. Algunas veces, los transformadores de la compañía eléctrica se encuentran instalados dentro del propio edificio, en sótanos o en pisos superiores de los edificios altos.

El servicio subterráneo es algunas veces alimentado por cables desde un registro o un poste en la calle, mientras que en otros casos las líneas aéreas acarrear el servicio hasta dentro del edificio.

Los cuartos para el equipo de servicio de entrada deberán, en todos los casos, ser de fácil acceso, secos y bien iluminados, y deberán cumplir con los requerimientos de la compañía eléctrica y de las autoridades locales.

Requerimientos en la Medición

Los requerimientos en la medición para un edificio comercial variarán con el tipo y uso del edificio y las reglas y regulaciones de la compañía eléctrica.

En edificios de ocupación múltiple, tales como casas de apartamentos y edificios para oficinas muy grandes, son generalmente equipados con un medidor individual por cada usuario, excepto en casos donde el servicio de energía se encuentra incluido en la renta de cada inquilino.

Donde los inquilinos son individualmente medidos, ya sea por la compañía eléctrica o por el propio dueño del edificio, es importante proveer de suficiente flexibilidad a los arreglos de medición para facilitar cambios en ésta, como cambios de inquilinos ocurran.

Medición en el servicio de entrada

La medición del servicio de entrada puede ser llevada a cabo, en el lado de alto voltaje o en el de bajo voltaje del transformador, dependiendo de los términos del contrato del consumidor con la compañía eléctrica.

Cuando la medición es en el lado de alto voltaje del transformador, las pérdidas del transformador serán medidas y cargadas al consumidor, en algunos casos se hace un descuento en la facturación del consumidor para compensar las pérdidas.

Cuando la subestación es propiedad del consumidor, éste, es usualmente requerido para proporcionar e instalar los transformadores de potencial y de corriente, al igual que conductos y alambrado, entre los transformadores de medición y los medidores los cuales son proporcionados e instalados por la compañía eléctrica.

Dependiendo del contrato con la compañía, los medidores podrán

ser instalados dentro del edificio, en un punto de distribución se
cundaria, o pueden ser instalados en casas de control separadas,
las cuales deben de contar con baterías, relevadores y equipos de
control.

CAPITULO 8

CONDICIONAMIENTO DE ESPACIO PARA EQUIPO ELECTRICO

En este capítulo se establecerá de una manera general, la forma de selección de los diferentes elementos que constituyen una subestación eléctrica, localizada en el interior de un edificio y conectada a una red de distribución.

Se precisará las condiciones que deben reunirse para asegurar un diseño correcto, que evite cualquier problema en el funcionamiento interior y exterior, cumpliendo con los requisitos mínimos para la seguridad física y material de personas y equipo.

Ubicación del Local

El local que alojará el equipo, deberá estar situado en el primer sótano del edificio ó en la planta baja, colindante uno de los muros con el parámetro contiguo a una calle ó vía pública y con acceso libre desde el exterior hasta la puerta del local.

En las tablas 8.1 y 8.2 se dan las dimensiones mínimas de los diferentes locales, para servicios en mediana y baja tensión de acuerdo a los tipos de alimentación y zonas de localización de los servicios.

Construcción del Local

El local deberá ser construido con materiales resistentes e incombustibles exento de humedad y protegido contra filtraciones de líquidos, con la ventilación adecuada, siendo necesario además, que el local sea construido a prueba de explosiones.

El material preferente a utilizar, debe ser de concreto armado para soportar con seguridad las instalaciones que se requieran.

SERVICIOS EN 23 KV.	
TIPO DE ALIMENTACION	DIMENSIONES MINIMAS DEL LOCAL (METROS)
SIMPLE	4.0 x 3.5 x 2.6
SIMPLE (1 SECCIONADOR)	5.5 x 3.5 x 2.6
SECCIONAMIENTO (2 SECCIONADORES)	4.5 x 4.0 x 2.6
DOBLE (INTERRUPTOR DE TRANSFERENCIA)	5.5 x 4.0 x 2.6

TABLA 8.1

DIMENSIONES DE LOCALES TIPO PARA ALOJAR EQUIPO DE LA COMPANIA EN LA ALIMENTACION A SERVICIOS DE MEDIANA TENSION

	TIPO DE ALIMENTACION	No. DE TRANSFORMADORES	DIMENSIONES MINIMAS DEL LOCAL (METROS)
R A D I A L	SIMPLE	1	4.0 x 3.5 x 2.6
	SIMPLE (1 SECCIONADOR o SECCIONAMIENTO)	1	4.5 x 4.0 x 2.6
	SIMPLE (1 SECCIONADOR o SECCIONAMIENTO)	2	6.0 x 4.0 x 2.6
	DOBLE (INTERRUPTOR DE TRANSFERENCIA)	1	6.0 x 4.0 x 2.6
A U T O M A T I C A	SIMPLE	1	4.0 x 3.5 x 2.6
	SIMPLE (PROTECTOR ACOPLADO)	1	4.5 x 4.0 x 2.6
	DOBLE	2	6.0 x 4.0 x 2.6
	MULTIPLE	4	10.0 x 6.0 x 2.6

TABLA 8.2

DIMENSIONES DE LOCALES TIPO PARA S.E. DE INTERIOR DE EDIFICIOS CON SERVICIOS DE BAJA TENSION

Muros del Local

Deberán ser de concreto con un espesor mínimo de 0.15 m. para fijar las estructuras y accesorios que soportarán el equipo y cables necesarios.

Techos del Local

Deberán de ser de losa de concreto armado para fijar las estructuras y accesorios que soportarán los cables necesarios de la instalación.

Pisos del Local

Deberá ser de concreto armado para soportar de 1 a 4 transformadores, según el caso con un peso por unidad de 6 toneladas.

Puerta de acceso al Local

Deberá tener dimensiones mínimas de 2.00 m. de ancho por 2.30 m., de altura, será de metal de doble hoja y abrirá hacia el exterior. Llevará un portacandado y estará provista de persianas fijas para activar la circulación de aire y con un letrero de PELIGRO ALTA TENSION.

Ventilación

Las áreas necesarias para una ventilación eficiente del local, dependerá de la cantidad, clase y colocación del equipo. Ver Tabla 8.3.

Las áreas se cubrirán con ventanas de 1.0 x 0.60 m., tipo persiana, metálicas con una inclinación hacia abajo y al exterior del local, para facilitar la circulación del aire y evitar la entrada de

objetos y líquidos hacia el interior.

El área de ventilación, será de $1.2 \text{ m}^2/750 \text{ KVA}$ de equipo instalado, y estará dividida en el número de ventanas necesarias para la circulación adecuada del aire. Tal como se muestra en la Tabla 8.3.

No. DE TRANSFORMADORES	AREA LOCAL	No. DE VENTANAS 1.0 x 0.60
1	4.0 x 3.5	2
2	6.0 x 4.0	4
3	10.0 x 6.0	6
4	10.0 x 6.0	8

TABLA 8.3

NUMERO DE VENTANAS EN FUNSION DEL N° DE TRANSFORMADORES INSTALADOS

Vias de Ductos al Local

Para la conexión del servicio con las instalaciones exteriores de la compañía, es necesario construir bancos de vías de ductos de asbesto de 75 y 100 mm. de diámetro interior que irán del local al exterior del edificio hasta 0.50 m. mínimo fuera del parámetro, colindante con la banqueta.

La cantidad de vías a instalar dependerá de los circuitos y tensiones a utilizar. Para media tensión, es necesario una vía de ductos de 75 mm. de diámetro interior, por cada cable, colocando una vía adicional para emergencia por cada 3 cables, con una profundidad mínima de 0.8 m., respecto al nivel de banqueta; para la baja tensión, se instalará una vía de 100 mm, de diámetro interno por cada circuito trifásico, adicionando una vía para emergencia por cada 3 circuitos trifásicos que se instalen, con una profundidad mínima de 0.4 m., respecto al nivel de banqueta.

Cuando por alguna causa no sea posible instalar los electrodos del sistema de tierras en el interior del local, deberá aumentarse una vía de ductos de 75 mm., de diámetro interior al banco de media tensión por cada 2 electrodos.

Instalación Eléctrica para Alumbrado del Local

La alimentación a esta instalación será a 127 volts, y deberá derivarse de la baja tensión de la subestación ó de la instalación de servicio.

Llevará unidades de alumbrado tipo incandescente en el techo del local para proporcionar un nivel de iluminación eficiente en la ejecución de trabajos de instalación, operación y mantenimiento de los equipos correspondientes.

La protección del circuito de alumbrado deberá ser con un interruptor termomagnético.

Para el encendido del alumbrado, deberán instalarse dos circuitos con apagadores separados, el circuito principal operará todo el alumbrado interior y sus apagadores se localizarán en el interior del local al lado derecho de la puerta, llevando además un contacto monofásico de 600 watts para usos diversos.

El circuito auxiliar encenderá únicamente una lámpara instalada en el interior y contigua a la entrada del local y su apagador se localizará en el exterior del lado derecho de la puerta.

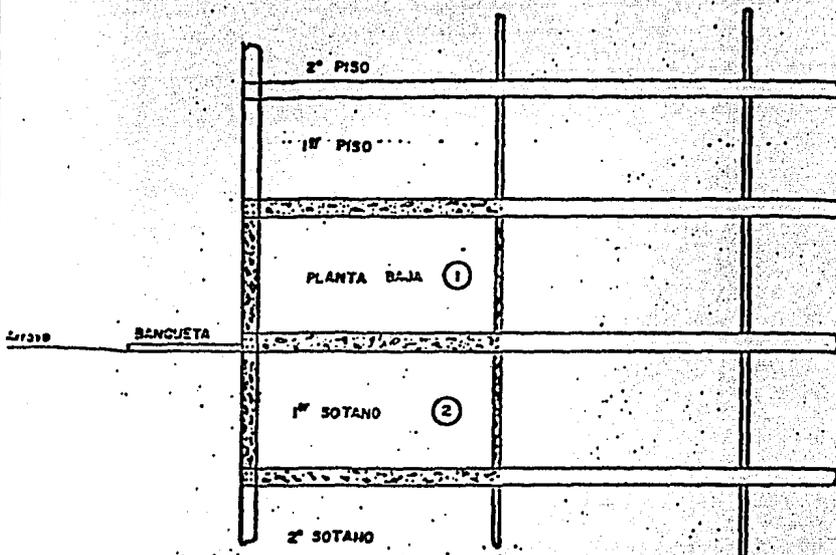
Electrodos para el Sistema de Tierras

Se instalarán en el piso dos electrodos para el sistema de tierras, en las esquinas más convenientes y diametralmente opuestas.

Cada electrodo estará constituido por una varilla copperweld

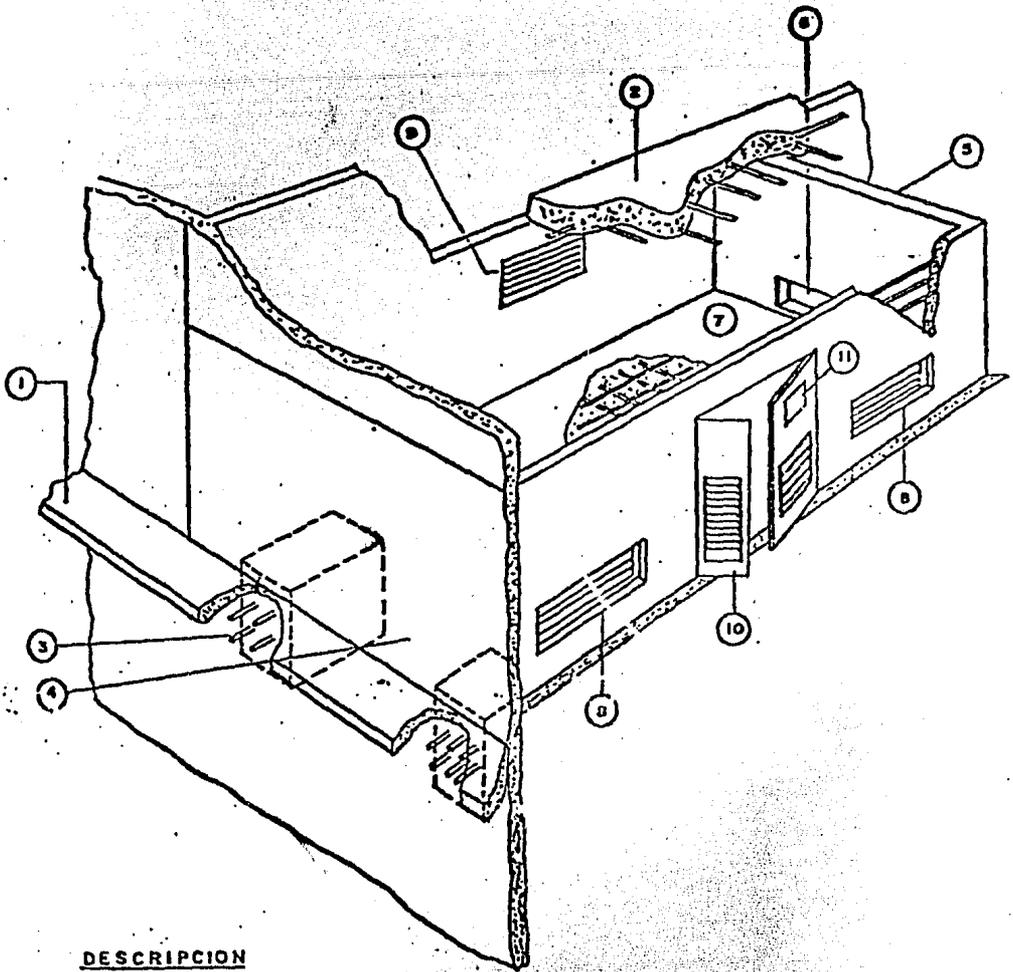
de 3.05 m., de longitud de 0.015 a m., de diámetro, con conector para cable de cobre desnudo de 400 mm^2 (800 mcm) o mayores, debiendo sobre salir del piso 0.15 m. para las conexiones necesarias.

En las siguientes figuras se dan a conocer la ubicación del lo cal de la subestación dentro del edificio, con dos alternativas posi bles.



- 1.- ALTERNATIVA 1, LOCALIZACION EN LA PLANTA BAJA DEL EDIFICIO Y COLINDANTE CON EL PARAMENTO EXTERIOR.
- 2.- ALTERNATIVA 2, LOCALIZACION EN EL 1º SOTANO DEL EDIFICIO Y COLINDANTE CON EL PARAMENTO EXTERIOR.

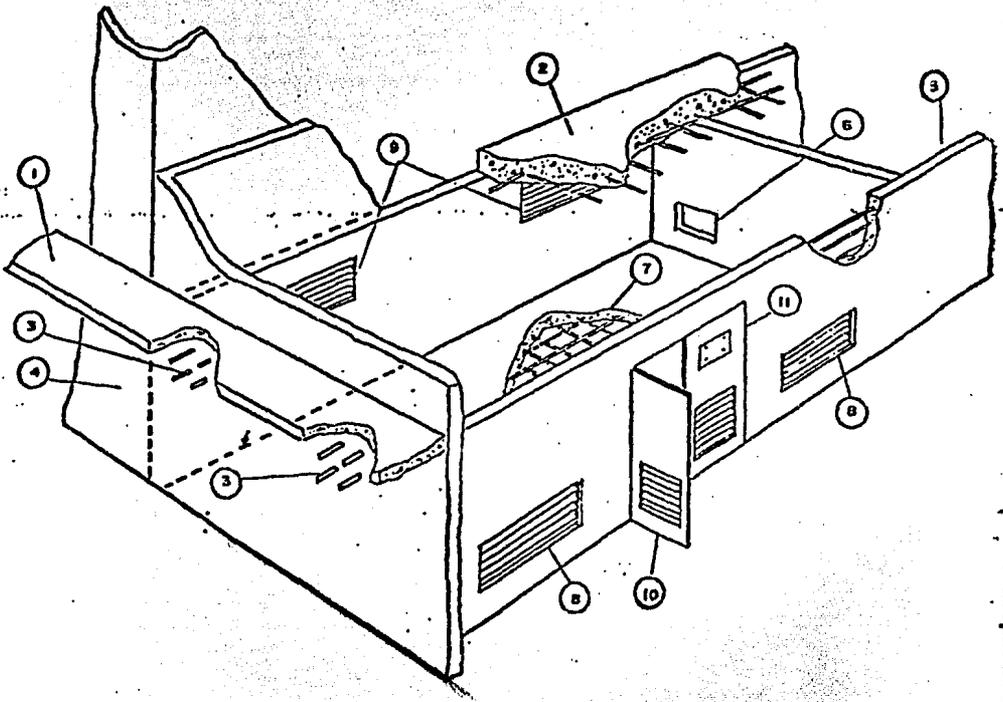
UBICACION DEL LOCAL DE LA SUBESTACION DENTRO DEL EDIFICIO



DESCRIPCION

- 1 BANQUETA
- 2 LOSA SUPERIOR DE CONCRETO
- 3 DUCTOS
- 4 MURO DEL PARAMENTO EXTERIOR
- 5 MUROS DE CONCRETO ARMADO
- 6 VENTANA DE PASO
- 7 LOSA INFERIOR DE CONCRETO ARMADO
- 8 VENTANA INFERIOR
- 9 VENTANA SUPERIOR
- 10 PUERTA DE ACCESO AL LOCAL
- 11 PLACA CON LEYENDA (PELIGRO LYF)

ALTERNATIVA 1 LOCAL EN INTERIOR



DESCRIPCION

- 1 BANQUETA
- 2 LOSA SUPERIOR DE CONCRETO
- 3 DUCTOS
- 4 MURO DEL PARAMENTO EXTERIOR
- 5 MUROS DE CONCRETO ARMADO
- 6 VENTANA DE PASO
- 7 LOSA INFERIOR DE CONCRETO ARMADO
- 8 VENTANA INFERIOR
- 9 VENTANA SUPERIOR
- 10 PUERTA DE ACCESO AL LOCAL
- 11 PLACA CON LEYENDA (PELIGRO-LyF)

ALTERNATIVA 2 LOCAL EN INTERIOR

Para los arreglos de equipo eléctrico más usuales, en un arreglo radial y automático en baja tensión, se agrupan en la Tabla 8.4.

A continuación, conforme a las necesidades del usuario y características de la red alimentadora. Indicando el tipo de protección, número de transformadores y tipo de alimentación.

ZONA B. T.	TIPO DE ALIMENTACION		TIPO DE PROTECCION	Nº DE TRANSF.	
R A D I A L	AEREA	DERIVACION SIMPLE	PARARRAYOS Y FUSIBLES	1	
	SUBTERRANEA		INTERRUPTOR CON FUSIBLES		
			FUSIBLES Y SECCIONADOR		
		SECCIONAMIENTO	SECCIONADORES Y FUSIBLES		
	A L I M E N T A D O	AEREA	DERIVACION	PARARRAYOS FUSIBLES SECCIONADORES	2
		SUBTERRANEA	SIMPLE	SECCIONADOR Y FUSIBLES	
SECCIONAMIENTO			SECCIONADORES Y FUSIBLES		
L I N I E R A	AEREA	DERIVACION	PARARRAYOS FUSIBLES INTERRUPTOR DE TRANSFERENCIA	1	
	SUBTERRANEA	DOBLE	INTERRUPTOR DE TRANSFERENCIA FUSIBLES		
A U T O M A T I C A	S U B T E R R A N E A	D E R I V A C I O N S I M P L E		1	
			SECCIONADORES PROTECTORES	2	
				4	

TABLA 8.4

EJEMPLO

Introducción

A continuación se estudiará de una manera más práctica el diseño de la instalación eléctrica en un edificio.

Para este propósito analizaremos la instalación eléctrica para un hospital, ya que en estos edificios como ya se ha mencionado, existen cargas considerables, y la continuidad del servicio es de suma importancia.

Descripción

Para este ejemplo hemos considerado de mayor trascendencia el análisis de la instalación eléctrica desde el punto de vista de alimentación a las cargas en general, sin detallar el porqué de su selección ó ubicación.

Pasaremos ahora a la descripción del edificio y su instalación eléctrica. Se trata de una estructura que cuenta con dos sótanos, un cuarto de Máquinas (Calderas, Sistema Hidroneumático, Sistema de Emergencia), Mezzanine, Auditorio, Planta Baja y seis niveles superiores.

A continuación se presenta la Tabla I.E que corresponde a las cargas conectadas al Tablero A correspondientes al Sotano 2º, indicando las diferentes cargas, circuito al que están conectadas, la fase que las alimenta y el desbalanceo producido por éstas.

En el diagrama unifilar se puede apreciar la forma de alimentación para algunas de las cargas de cada tablero, así como las especificaciones de los diferentes equipos usados.

No.	MOTOR (HP)	INT. TERMOMAGNETICO	ARRANCADOR	FUSIBLE	ALIMENTADOR
1	1/6	2P	FG-2	A 4.79	2-12
2	1/4	15A	FG-2	A 5.78	2-12
3	1/3	2P-15A	FG-2	A 5.78	2-12
4	1/2	2P-30A	FG-2	A 5.18	2-12
5	1	3P-15A	BG-2	B 4.15	2-12
6	1 1/2	3P-15A	BG-2	BG-6.25	3-12
7	3	3P-30A	BG-2	B 11.5	3-10
8	5	3P-60A	CG-3	B 22	3-10
9	7 1/2	3P-60A	CG-3	B 36	3-8
10	10	3P-70A	DG-1	B 32	3-8
11	15	3P-100A	DG-1	B 50	3-6
12	20	3P-100A	EG-1	C 66	3-4

CTO.	INTERRUPTOR	200 W	100 W	150 W	150 W	150 W	M 250 W	M 5 HP	M 2 HP	M 7 1/2 HP	FASES			TOTAL	
											A	B	C		
1	1-P-30 A	13										2600			2600
2	1-P-30 A	13											2600		2600
3	1-P-30 A	8	10										2600		2600
4	1-P-30 A		14	7								2450			2450
5	1-P-30 A		14	7									2450		2450
6	1-P-30 A			16										2400	2400
7	1-P-15 A		3	1	2		2			0		1250			1250
8	1-P-15 A		4	1	2		2						1350		1350
9	1-P-15 A		3	2	2		2							1400	1400
10	1-P-20 A	10										2000			2000
11	1-P-20 A	10											2000		2000
12	1-P-20 A	10												2000	2000
13	1-P-15 A					6						900			900
14	1-P-15 A					6							900		900
15	1-P-15 A					6								900	900
16	3-P-30 A									1/3		2192			2192
17	3-P-20 A								2/3			1229			1229
18	3-P-30 A									1/3			2192		2192
19	3-P-20 A								2/3				1229		1229
20	3-P-30 A									1/3				2193	2193
21	3-P-20 A								2/3					1229	1229
22	3-P-20 A							1/3				1496			1496
23	3-P-20 A							1/3				1496			1496
24	3-P-20 A							1/3					1496		1496
25	3-P-20 A							1/3					1496		1496
26	3-P-20 A							1/3						1496	1496
27	3-P-20 A							1/3						1496	1496
28	LIBRE														
TOTAL		64	48	34	150	18	6	2	2	1		15614	15714	15714	47040 W

TABLERO "A" SERVICIO NORMAL
TIPO NAIB 30-4AB BUS 200 AMP.
3 FASES - 4 HILOS 220/127 V.C.A.
INT. PRINCIPAL - 3P-150 AMP.

$$\text{DESBALANCEO} = \frac{15714 - 15614}{15714} \times 100$$

$$\text{DESB.} = 0.636 \%$$

TABLA E.1

Una vez visto el desarrollo del Tablero A, podemos generalizar y con objeto de simplificar y dado que las cargas estan conectadas a los diferentes tableros en forma similar, sólo manejaremos los totales de carga de alumbrado, de contactos y de fuerza para cada tablero especificando el interruptor principal y tipo de tablero, como se muestra en la Tabla E.2.

LOCALIZACION EN PLANTA	SERVICIO	TABLERO CLAVE	CARGAS ESTIMADAS		
			ALUMBRADO	CONTACTOS	FUERZA
Sotano 2o.	Normal	A	23 600	2 700	20 740
Sotano 2o.	Emergencia	AE	7 650		22 391
Sotano 1o.	Normal	B	21 200	4 500	20 172
Sotano 1o.	Emergencia	BE	9 100	7 020	
Calderas	Normal	C			21 850
Hidroneumatico	Normal	D			19 320
Hidroneumatico	Emergencia	DE			15 256
Mezanine	Normal	E	6 250	4 950	52 777
Auditorio	Emergencia	EE	5 975	2 460	
Planta Baja	Normal	F	30 730	10 200	4 491
Planta Baja	Emergencia	FE	12 250		
1er. Nivel	Normal	G	15 600	19 000	404
1er. Nivel	Emergencia	GE	6 500		
2o. Nivel	Normal	H	24 250	8 850	404
2o. Nivel	Emergencia	HE	7 050	3 150	
3er. Nivel	Normal	I	25 150	6 600	404
3er. Nivel	Emergencia	IE	6 950	1 800	
4o. Nivel	Normal	J	11 800	7 200	404
4o. Nivel	Emergencia	JE	4 100	2 250	
5o. Nivel	Normal	K	11 700	16 200	660
5o. Nivel	Emergencia	KE	10 200		2 660
6o. Nivel	Normal	L	4 690	885	42 265
6o. Nivel	Emergencia	LE	2 600		14 394
ELEVADORES	Normal	SN			58 077
ELEVADORES	Emergencia	S.NE			32 294

TABLA E.2

Factores de Demanda:

En base a la experiencia en el diseño de instalaciones eléctricas se ha visto que los diferentes tipos de carga no se utilizan en su totalidad, sino solo un porcentaje de ellos. A este porcentaje se le

TABLERO CLAVE	CARGAS DIVERSIFICADAS			SUMA DE CARGAS ESTIMADAS	FACTOR DE DIVERSIDAD	SUMA DE CARGAS DIVERSIFICACIONES	AMPERES DE CARGA NORMAL Y EMERG.	AMPERES DE CARGA EMERG.
	I x β	C x .6	F x 1					
A	18 880	1 620	20 740	47 040	873	41 240	135.28	
AE	6 120			7 650	800	6 120	20.07	20.07
B	16 960	2 700	20 172	45 872	868	39 832	130.66	
BE	7 280	4 212		16 120	713	11 492	37.69	37.69
C			21 850	21 850	1	21 850	71.67	
D			19 320	19 320	1	19 320	65.37	
DE			15 250	15 265	1	15 255	50.04	50.04
E	5 000	2 970	52 777	63 977	950	60 747	199.27	
EE	4 780	1 476		8 435	740	6 256	20.50	20.50
F	24 884	6 120	4 491	45 421	775	35 195	115.45	
FE	9 800			12 250	800	9 800	32.14	32.14
G	12 480	11 700	404	35 504	692	24 584	80.64	
GE	5 200			6 500	800	5 200	17.05	17.05
H	19 400	5 310	404	33 504	760	25 114	82.38	
HE	5 640	1 890		10 200	738	7 530	24.70	24.70
I	20 120	3 960	404	32 154	761	24 484	80.31	
IE	5 560	1 080		8 750	759	6 640	21.78	21.78
J	9 440	4 320	404	19 404	730	14 164	46.46	
JE	3 320	1 350		8 400	730	4 670	15.31	15.31
K	9 360	9 120	660	27 560	695	19 140	62.78	
KE	8 160		2 660	12 860	840	10 820	35.49	35.49
L	3 752	531	42 265	47 840	973	46 548	152.59	
LE	2 080		14 394	16 994	970	16 474	54.04	54.04
SN						25 784	84.50	
SNE						32 294	105.94	105.94
TOTAL				560 860		530 553	1 704.30	434.75

TABLA E.3

llama factor de demanda.

En función de los factores de demanda escogidos: Alumbrado = 0.8, Contactos = 0.6, Fuerza = 1, se obtuvo la demanda máxima de cada tablero, que dividida entre la carga total conectada, a dicho tablero nos da el factor de diversidad. Con los datos anteriores se calculó la corriente que maneja cada circuito (Ver Tabla E.4).

Conductores

Los conductores en baja tensión serán del tipo Vinanel antillama 90° (THW), 600 volts. Este tipo de conductor es resistente al calor, humedad y algunos productos químicos y resistente a la propagación de incendios, lo cual es un requisito indispensable en la instalación eléctrica del hospital. Las propiedades del cable se dan en la Tabla E.5.

MEDIOS DE CANALIZACION

Se utilizarán tuberías conduit, PVC y ductos de sección cuadrada.

Todas las tuberías tendrán una sección adecuada para alojar los conductores en un 40% máximo de su sección y el 60% restante quedará vacío.

Las tuberías deberán ir separadas de las otras instalaciones tales como agua, vapor, gas, para evitar daños en caso de fallas.

Las tuberías al llegar a la caja de conexiones, tableros o interruptores, deberán acoplarse a estas con una contratuerca y un monitor.

En las tuberías conduit no podrán existir más de diez conductores, ni los ductos de sección cuadrada podrán contener más de 30 conductores a efecto de facilitar la disipación del calor generado por el paso de la corriente.

INTERRUPTOR PRINCIPAL	DISTANCIA A TABLERO PRINCIPAL (mts.)	TABLERO CLAVE	CAL. 3 HILOS	∅	TUBERIA (MM)	CAIDA	TABLERO TIPO
150	30*	A	1/0	4	51	1.34%	NAIB-30 4AB
30	30	AE	10	10	13	2.01%	NAIB-07 4AB
150	37	B	1/0	4	51	1.59%	NAIB-18-4ABE
50	37	BE	6	8	25	1.71%	NAIB-14-4L
100	30	C	4	6	32	1.78%	NAIB-14-4L
70	12	D	6	8	25	1.09%	NAIB-10-4L
80	12	DE	6	8	25	0.79%	NAIB-10-4L
225	38	E	4/0	2/0	63	1.23%	NAIB-18-4ABE
30	38	EE	8	10	19	1.64%	NAIB-07-4AB
150	15	F	1/0	4	51	0.57%	NAIB-14-4ABE
50	15	FE	8	10	19	1.01%	NAIB-12-4AB
100	25	G	4	6	32	1.68%	NAIB-18-4AB
30	25	GE	10	10	13	1.42%	NAIB-07-4AB
100	43	H	2	6	32	1.88%	NAIB-18-4AB
30	43	HE	6	8	23	1.40%	QO-412F
100	47	I	2	6	32	1.99%	NAIB-18-4AB
30	47	IE	6	8	25	1.35%	NAIB-14-4L
50	51	J	4	6	32	1.98%	NAIB-14-4L
30	51	JE	8	10	19	1.64%	NAIB-07-4AB
100	57	K	2	6	32	1.88%	NAIB-14-4L
50	57	KE	4	6	32	1.69%	NAIB-14-4AB
200	65	L	4/0	1/0	63	1.62%	NAIB-24-4AB
70	65	LE	2	4	32	1.85%	NAIB-18-4AB
100	60	SN	1/0	4	51	1.68%	SN
150	60	S.NE	2/0	2	51	1.70%	SNE

TABLA E.4

CALIBRE	CAPACIDAD DE CONDUCCION DE CORRIENTE Amperes (1)				FACTORES DE CAIDA DE TENSION UNITARIA MILI Volts./Ampere-Metro (3)					
					Monofásico		Bifásico		Trifásico	
	75°C		90°C		Instalación		Instalación		Instalación	
	Con- duit	Aire libre	Con- duit	Aire libre	Metáli- ca	No Metáli- ca	Metáli- ca	No Metáli- ca	Metáli- ca	No Metáli- ca
14	15	20	25	30	21.54	21.54	10.77	10.77	18.45	18.45
12	20	25	30	40	13.56	13.56	6.78	6.78	11.74	11.74
10	30	40	40	55	8.52	8.52	4.26	4.26	7.38	7.38
8	45	65	50	70	5.36	5.36	2.68	2.68	4.64	4.64
6	65	95	70	100	3.37	3.37	1.69	1.69	2.92	2.92
4	85	125	90	135	2.12	2.12	1.06	1.06	1.84	1.84
2	115	170	120	180	1.35	1.33	0.68	0.67	1.18	1.16
1/0	150	230	155	245	0.86	0.84	0.43	0.42	0.74	0.73
2/0	175	265	185	285	0.68	0.67	0.34	0.34	0.59	0.59
3/0	200	310	210	330	0.55	0.53	0.27	0.27	0.48	0.47
4/0	230	360	235	385	0.44	0.42	0.22	0.21	0.38	0.36
250	255	405	270	425	0.38	0.35	0.19	0.18	0.33	0.31
300	285	445	300	480	0.32	0.30	0.16	0.15	0.28	0.26
350	310	505	325	530	0.27	0.26	0.14	0.13	0.24	0.23
400	335	545	360	575	0.24	0.22	0.12	0.11	0.21	0.19
500	380	620	405	660	0.20	0.18	0.10	0.09	0.17	0.16
600	420	690	455	740	0.17	0.15	0.09	0.08	0.15	0.14
750	475	785	500	845	0.14	0.12	0.07	0.06	0.12	0.10
1000	545	935	585	1000	0.12	0.09	0.06	0.05	0.10	0.09

- (1) Basados en una temperatura ambiente de 30°C y temperatura en el conductor de 75°C y 90°C. Valores válidos para agrupamiento de 1 a 3 conductores, para 4 o más, consulte los factores de corrección.
- (3) Para encontrar su caída de tensión en volts., multiplique su factor de caída por la longitud y por los amperes del circuito, el resultado divídalo entre mil.

FACTORES DE CORRECCION
POR AGRUPAMIENTO

NUMERO DE CONDUCTORES	MULTIPLIQUE LA CORRIENTE X
4 a 6	0.8
7 a 24	0.7
25 a 42	0.6
Más de 42	0.5

TABLA E.5

SUBESTACION INTERIOR

Haciendo la suma de las cargas manejadas por los tableros, se obtuvieron los siguientes resultados:

$$I = 1846 \text{ Amp.} \quad S = 703.428 \text{ KVA}$$

de acuerdo a estos valores seleccionamos el siguiente equipo:

SUBESTACION INTERIOR

Gabinete autoportado para tensión, clase 25 KV, en lámina de acero calibre # 11, conteniendo:

Tres apartarrayos tipo autovalvular, marca IUSA clase 25 KV para sistema con neutro a tierra.

Tres mufas monofásicas tipo seco para 25 KV, marca Indael, servicio interior.

Un interruptor en aire autoneumático con carga marca S y C Electric, tipo Alduti, operación en grupo, servicio interior, 25 KV, 600 amp.

Tres fusibles de potencia marca S y C Electric para 25 KV, 1000 MVA, de capacidad interruptiva y 15 amp. nominales.

Transformador trifásico en aceite marca IESA ó similar, 750 KVA, 23 KV, 220-127 volts, Delta Estrella, 60 Hertz, con gargantas laterales, zapatas tipo espadaden aisladores, cambiador de derivaciones para operación externa, con 4 taps c/u de 2.5 %, 2 arriba y 2 abajo de la tensión nominal, termómetro, indicador de nivel de aceite y demás accesorios según normas NEMA y ASA.

Gabinete autoportado para baja tensión, 220/127 V., sección

nominal con soleras conductoras de cobre para 1500 amp.; equipado con un interruptor marca Square'd tipo termomagnético, operación manual, capacidad indicada en diagrama unifilar.

Un gabinete autosoportado tipo M.L. para servicio a 220/127 volts, C.A., equipado con:

Tres TC marca "Balteau", tipo barra 3000/5A, 220 volts.

Un ampermetro marca Metra Watt, escala 0 - 2000 A. con conmutador de fases.

Un voltmetro marca Metra Watt, escala 0 - 600 V. con conmutador de fases.

Gabinete autosoportado para baja tensión, 220 volts, sección normal y emergencia para alojar un interruptor automático de transferencia marca Square'd, tipo Changematic.

Gabinete para baja tensión, 220/127 V, sección normal-emergencia, con soleras de cobre para 500 amperes y los interruptores termomagnéticos principal y derivados de acuerdo al cuadro de cargas y diagrama unifilar.

EQUIPO DE TRANSFERENCIA AUTOMATICO

Equipo de transferencia automático marca Square'd tipo Changematic, que mediante dispositivos adecuados transfiera la carga del sistema normal al sistema de planta eléctrica en un tiempo no mayor de 50 milisegundos.

Al establecerse el suministro normal de energía eléctrica, el equipo de transferencia automático deberá conectar nuevamente la carga al servicio normal en un tiempo ajustable entre 0 - 5 minutos, con objeto de dar oportunidad a que el sistema normal de energía se estabilice.

El equipo de transferencia automático cuenta con protecciones eléctricas y mecánicas, para evitar que los contactos del lado normal y de emergencia lleguen a quedar conectados simultáneamente.

Planta Generadora

El sistema de emergencia será provisto desde la planta generadora ubicada en el edificio del hospital mediante los alimentadores indicados en el proyecto que llegan hasta el tablero subgeneral de emergencia.

La capacidad del generador será de 150 KW continuos con un factor de potencia de 0.8, voltajes 220/127 volts, frecuencia 60 Hz.

Tablero Control Integral

Formado por interruptor termomagnético o trifásico montado y conectado al generador con protección para sobrecarga y corto circuito, zapatas para conexión al interruptor termomagnético, voltmetro de C.A., Ampermetro de C.A., conmutador de fases para el ampermetro, conmutador de fases para el voltmetro, transformadores de corriente, frecuencímetro, kilowattímetro, contador de horas de trabajo, amortiguadores para el tablero de control, caja de conexiones. (Valores especificados en el plano).

Acometida

La acometida será de tipo subterráneo con una tensión de 23 000 volts C.A., la cual llegará a la caseta de medición.

Se usará cable de energía Vulcanel 23 TC.

Caseta de Medición

ACOMETIDA EN ALTA TENSION. La alimentación eléctrica princi

pal será provista desde la subestación ubicada en el edificio del hospital.

Constará de un gabinete clase 25 KV para alojar el equipo de medición de la compañía suministradora de energía eléctrica, incluyendo un juego de apartarrayos marca IUSA tipo autoavalvular, para 25 KV con neutro aterrizador, preparación para la conexión al equipo de medición.

Sección de Cuchillas

Destinada para alojar el equipo de desconexión que permita dar mantenimiento al interruptor principal, incluye un juego de cuchillas desconectadoras tipo Lares, de operación en grupo sin carga, para 400 amp. en 25 KV, con su correspondiente bus principal y barra neutra.

MEMORIA DE CALCULO

Como referencia para el lector daremos a continuación los procedimientos empleados para el cálculo y selección del equipo del tablero A, el cálculo y selección del equipo de los otros tableros es similar.

Desbalanceo

El desbalanceo es debido a la diferencia de cargas que alimenta cada fase, y esta dado en por ciento, se calcula por medio de:

$$\% \text{ desbalanceo} = \frac{W_{\text{máx}} - W_{\text{mín}}}{W_{\text{máx}}} \times 100$$

$$\% \text{ desbalanceo} = \frac{15714 - 15614}{15714} \times 100 = 0.636\%$$

Factores de Demanda

$Dem_{\text{max ind}} = \text{Carga conectada} \times \text{factor demanda}$

$$Dem_{\text{m}\acute{a}\text{x alum}} = 23\ 600 \times .8 = 18\ 880\ \text{W}$$

$$Dem_{\text{m}\acute{a}\text{x cont}} = 2\ 700 \times .6 = 1\ 620\ \text{W}$$

$$Dem_{\text{m}\acute{a}\text{x fza}} = 20\ 740 \times 1 = 20\ 740\ \text{W}$$

$$\begin{aligned} \text{Factor de Diversidad} &= \frac{\Sigma Dem_{\text{max ind}}}{\text{Carga total conectada al sistema}} \\ &= \frac{41\ 240}{47\ 040} = 0.873 \end{aligned}$$

Conductores

Los calibres fueron seleccionados en funci3n de la corriente que manejan y a la caida de tensi3n a trav3s de ellos de acuerdo a la Tabla E.5.

Para 135.28 Amp. → Calibre 1/0.

$$\% \text{ Caída de voltaje} = \frac{\text{Factor de Caída} \times \text{Dist} \times \text{Corriente}}{\text{Voltaje} \times 1000}$$

El diámetro de la tubería para alojar cuatro conductores como m3nimo se obtuvo de tablas.

Nota:

El calibre de los dem3s conductores est3n indicados en el diagrama unifilar.

Subestaci3n Interior y Planta de Emergencia

Todo el equipo que comprende la subestaci3n interior y la planta de emergencia fu3 seleccionado en funci3n de: voltaje, carga total, y capacidad, (como fu3 indicado anteriormente).

BIBLIOGRAFIA

1. Instrucción para Subestaciones en Interior de Edificios
Cía. de Luz y Fuerza del Centro.
2. Instalaciones Eléctricas para Edificios
División de Educación Continua, Facultad de Ingeniería, UNAM.
3. Catálogo Savare D de México, S.A.
4. Electric Systems for Commercial Buildings
The Institute of Electrical and Electronics Engineers
5. Redes Automáticas en la Ciudad de México
Compañía de Luz y Fuerza del Centro
Ing. R. Espinosa Tamez.
6. Materiales Usados en Cables de Energía Aislados
Para Mediana Tensión
Condumex, S.A.
Ing. Claudio Lomelí Sánchez