

15
2ij
Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA



**INSTALACION ELECTRICA Y DE ALUMBRADO
DE UNA TIENDA DE AUTOSERVICIO**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A:

Bonilla Rivera Francisco Javier

MEXICO, D. F.

1986



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está 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.

CONTENIDO

DEDICATORIAS

LISTA DE PLANOS

Página

INTRODUCCION..... 1

CAPITULO I. ALUMBRADO

Generalidades..... 4

Alumbrado interior..... 12

Alumbrado exterior..... 27

CAPITULO II. MEDIOS DE CANALIZACION DEL SISTEMA DE

ALUMBRADO

Generalidades..... 32

Selección de conductores..... 35

Ejemplos..... 39

Medios de control..... 41

Medios de protección eléctrica..... 43

Medios de soporte y protección de los conductores..... 47

CAPITULO III. CIRCUITOS DE FUERZA Y CONTACTOS

Necesidades de alimentación al equipo de fuerza y contactos..... 53

Ubicación de centros de carga y determinación de circuitos.....	56
Selección de conductores y sus medios de soporte.....	59
Medios de control y protección.....	67

CAPITULO IV. ACOMETIDA, SUBESTACION Y PLANTA DE EMERGENCIA

Descripción de la acometida y del equipo de medición....	83
Descripción y selección del equipo de la subestación.....	84
Descripción y selección de la planta de emergencia.....	114
Puesta en marcha de una subestación.....	122
Condiciones de los locales.....	124

CAPITULO V. ESTUDIO DE COSTO CIRCUITO

Propósitos y método.....	126
Cálculo de fallas críticas.....	129
Especificaciones de capacidad interruptiva del equipo de protección.....	142

CAPITULO VI. SISTEMAS DE TIERRAS Y PROTECCION CONTRA DESCARGAS ATMOSFERICAS

Descripción general de los sistemas de tierras.....	144
Conexión del neutro a tierra.....	153
Tierras de protección contra corrientes inducidas y fallas de aislamiento.....	156
Sistema de pararrayos.....	157
Apartarrayos.....	168

CAPITULO VII, EVALUACION ECONOMICA

Método y aplicaciones.....	176
BIBLIOGRAFIA.....	215
PLANOS	

LISTA DE PLANOS

PLANO

- 1 ALUMBRADO INTERIOR PLANTA PRINCIPAL
- 2 ALUMBRADO INTERIOR PLANTA ALTA
- 3 ALUMBRADO EXTERIOR
- 4 CONTACTOS Y SALIDAS ESPECIALES
- 5 MOTORES
- 6 ALIMENTADORES DE LOS TABLEROS
- 7 DIAGRAMA UNIFILAR
- 8 CUADROS DE CARGAS
- 9 SUBESTACION
- 10 PLANTA DE EMERGENCIA

INTRODUCCION

El mejoramiento de las condiciones de vida en nuestra época ha resultado en gran parte de la disponibilidad de fuentes de energía, cada vez de mayor magnitud. El panorama mundial actual emprende acciones antes ni siquiera soñadas porque la tecnología ha puesto en sus manos recursos energéticos tan complicados, que se requieren equipos multidisciplinarios de gran especialización para poder manejarlos en forma adecuada.

La electricidad es hoy por hoy el recurso energético más popular ya que su maleabilidad le permite ser manejado para fines tan elaborados como puede ser el permitir el funcionamiento de equipos electrónicos de control de naves de misiones de investigación espacial, o bien para ser la fuente de luz en las bombillas que iluminan las viviendas de las gentes alejadas de los núcleos mayores de población.

En la vida urbana actual resulta una necesidad el que la realización de una construcción, cualquiera que sea y destinada a habitación, trabajo, diversión, investigación o a cualquiera de las múltiples actividades humanas, incluya como parte sus

tancial la construcción de una instalación eléctrica que brinde y distribuya adecuadamente el energético para los fines que en cada sitio sea necesario.

El presente trabajo persigue el propósito de proyectar el sistema de alumbrado y diseñar la red de distribución del fluido eléctrico de una tienda de autoservicio, incluyendo la evaluación económica de éstos.

El proyecto de una instalación eléctrica y de un sistema de iluminación requiere de una metodología especial que en nuestro caso ha resultado de las experiencias adquiridas en la labor de investigación.

Todo proyecto necesita una base, en el nuestro está constituida por los planos de la obra civil, equipos hidroneumáticos, aire acondicionado y refrigeración, y las especificaciones y requerimientos especiales. Generalmente esta información es proporcionada por profesionales de las áreas correspondientes.

Para cumplir con nuestro objetivo nos corresponde seleccionar los medios de distribución y canalización de la energía, definir los medios de control y protección del equipo eléctrico, diseñar un sistema de seguridad para el personal y proporcionar las características del sistema de alumbrado, respetando en todo momento la reglamentación eléctrica existente en el país.

El orden a seguir en la ejecución del proyecto coincide con el orden que seguimos en los capítulos de este trabajo, incluyendo en cada uno de ellos: generalidades, métodos y ejem-

plos de cálculo, especificación y selección del equipo.

Finalmente debemos mencionar que para la integración del presente trabajo hemos utilizado los conocimientos adquiridos en los cursos de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, apoyados con bibliografía autorizada en cada área y completados por algunos datos prácticos con una gran variedad de manuales de equipo eléctrico de fabricación nacional.

CAPITULO I

ALUMBRADO

GENERALIDADES

Las funciones principales de la iluminación son las de proporcionar luminancias ambientales adecuadas y un nivel de iluminación suficiente, para asegurar un rendimiento visual óptimo y así poder cumplir satisfactoriamente con la actividad que se realiza en el local.

En una tienda de autoservicio las necesidades son diversas por la variedad de locales y de las actividades que se desempeñan en ellos. Se cuenta, además del área de ventas, con oficinas generales y de contabilidad, almacenes, cuartos de refrigeración, cuarto de dibujo, etc. El diseño para cada uno es tan importante como para los demás. En el área de ventas, la iluminación debe provocar atracción por la mercancía, estimular las compras, controlar la circulación de personas, resaltar los detalles de los productos y crear impresiones duraderas para que los clientes regresen. En las oficinas en cambio, la iluminación debe ser adecuada para que se puedan llevar a cabo trabajos visuales durante largos períodos de tiempo sin provocar fatiga ocular en los empleados. Así, vemos que el sistema de iluminación en cada local debe diseñarse de acuerdo a la actividad que se realiza en él, y a las características físicas del mismo. Los niveles de iluminación usados son los recomendados por la Sociedad Mexicana de Ingeniería de Iluminación.

En la actualidad se cuenta con varios tipos de fuentes luminosas, por ejemplo: incandescente, fluorescente y de descargas gaseosas. Siempre puede aplicarse alguno de ellos para proporcionar una iluminación apropiada en cuanto a calidad, cantidad y costo, factores decisivos para el diseño de un sistema óptimo.

FUENTE LUMINOSA INCANDESCENTE

La luz la produce un filamento al calentarse hasta la temperatura de incandescencia. Generalmente se emplea el tungsteno por su alto punto de fusión, poca evaporación, buena ductibilidad, resistencia mecánica y excelente radiación. Posee una bombilla ó cubierta de vidrio que envuelve un vacío o una atmósfera de gas inerte, y contiene una pintura interior ó alguna superficie metálica reflectora, para alterar la emisión luminica de la lámpara en alguna forma.

Existe una gran diversidad de tipos para diferentes aplicaciones: de servicio general, reflectores, decorativos, para anuncio, de tungsteno-halógeno, infrarrojos, para uso rudo, etc.

Veamos sus características de operación:

Eficiencia.

Las lámparas de filamento radían entre 10 y 12 por ciento de la energía consumida bajo la forma de luz visible y el resto en forma de energía infrarroja. Una barra de tungsteno en el punto de fusión daría 52 lúmenes por watt, en la práctica se obtiene una eficiencia máxima de 33 lúmenes por watt, y la mayoría está comprendida en un rango de 11 a 22 lúmenes por watt.

Duración.

Este dato del fabricante se basa en promedios obtenidos al probar la vida de muchas de ellas. Según una curva típica al finalizar el período de vida de un grupo de lámparas el 50 por ciento permanecería encendido.

Depreciación.

La luz emitida disminuye conforme pasa el tiempo de uso porque el tungsteno se evapora, esto ennegrece la bombilla y la corriente disminuye junto con el calentamiento del filamento.

Efectos de la variación del voltaje.

La eficiencia y la duración disminuyen sustancialmente si el voltaje aumenta ó disminuye.

Se concluye que se tienen las siguientes ventajas y --
desventajas:

Ventajas

Filamento concentrado que semeja bastante una --
fuente puntiforme lo que permite lograr un buen --
control óptico.

Bajo costo inicial.

Circuitos sencillos que no necesitan equipo auxi-
liar y que operan con un factor de potencia unta
rio.

Operación en una amplia gama de temperaturas am--
biente.

Su duración no es función de las horas de encen-
dido por cada arranque.

Desventajas

Eficiencia lumínica baja.

Componente infrarrojo elevado, que pone en la --

práctica un límite superior en la cantidad de bujías pie proporcionada por los sistemas incandescentes.

Operan a alta temperatura.

Las variaciones de voltaje las afectan en forma crítica.

Típicamente son de corta duración.

Están sujetas a fallas por golpes.

LAMPARAS FLUORESCENTES

La lámpara fluorescente consiste básicamente en un tubo recubierto de un polvo con alto contenido de fósforo en sus paredes interiores, en cada extremo lleva un electrodo, y dentro va por de mercurio a baja presión con una pequeña cantidad de gas -- inerte, argón o una mezcla de gases, para el encendido. Los electrones emitidos por uno de los electrodos viajan a alta velocidad a través del tubo hasta que chocan con uno de los electrones del átomo de mercurio, sacándole de su órbita, que al regresar bruscamente a su lugar produce energía ultravioleta, misma que es cambiada a luz visible por la acción del fósforo.

Clasificación de las lámparas fluorescentes.

- a) Precalentadas. Las que utilizan un circuito de arranque a fin de precalentar los electrodos y -- originar el desprendimiento de electrones. Este sistema requiere de un reactor y un arrancador. El proceso de precalentamiento requiere de unos cuantos segundos.

- b) Arranque Instantáneo. Este tipo no usa arrancador y reduce el tiempo de arranque del sistema de precalentamiento utilizado un reactor que proporciona un mayor voltaje que permite a los electrodos iniciar su funcionamiento en frío.
- c) Arranque rápido. La lámpara fluorescente de arranque rápido combina las mejores características de los tipos anteriores. El precalentamiento se suministra por medio de un devanado adicional alojado en el reactor, por lo cual no se requiere del arrancador y la lámpara enciende rápidamente sin necesidad de un voltaje elevado.

El reactor que interviene en la operación de la lámpara proporciona: corriente para calentar los electrodos (arranque rápido), voltaje suficiente para el arranque, y además, limita la corriente de funcionamiento.

Construcción.

Las lámparas fluorescentes se construyen en varios tamaños y formas, en diversas capacidades, así como en diferentes tonos de blancos (depende del tipo de fósforo utilizado) que nos proporcionan una visibilidad adecuada para las tareas que se desempeñan en los locales.

Características de comportamiento.

La eficiencia lumínica promedio de las lámparas fluo-

rescentes es de 78.5 lúmenes por watt.

La energía luminosa disminuye en el transcurso de su vida útil, misma que varía de 7 500 a 9 000 horas. Un factor determinante en ésta es su ciclo de trabajo, cuanto mayor sea su tiempo de operación por arranque mayor será su vida útil.

La variación en la temperatura provoca cambios en la presión del mercurio y por lo tanto en la intensidad luminosa en proporción directa.

Cuando el arco del electrodo es inestable, produce interferencia en los equipos de radio.

El reactor origina un ruido sonoro en la lámpara.

Otro factor externo que afecta las bombillas fluorescentes es la humedad del medio ya que en función de la carga electrostática se requiere un voltaje determinado para el encendido de la lámpara.

Resumiendo lo anteriormente mencionado tenemos:

- Ventajas:**
- Alta eficiencia.
 - Larga duración.
 - Existe una gran variedad de colores.
- Desventajas:**
- Mayor costo inicial por el equipo auxiliar.
 - Sensible tanto a la temperatura como a la humedad.
 - Origina interferencia en radio y ruido sonoro.
 - Produce pocos lúmenes en relación con el tamaño físico de la lámpara.
 - No se presta para un control preciso de la luz.

LAMPARAS DE DESCARGA DE ALTA INTENSIDAD

La luz se origina por el paso de una corriente a través de un vapor o gas sometido a presión. Después del encendido la corriente aumenta en forma descontrolada por lo que se requiere de un reactor.

Lámparas de vapor de mercurio.

Las partes principales que forman una lámpara de este tipo son: un tubo de vidrio que contiene el gas y ahí se produce el arco; dos electrodos y una bombilla envolvente de vidrio para estabilizar la operación y evitar la oxidación de los metales. La superficie interior de ésta última se recubre con algún compuesto de fósforo, creando diferentes espectros de color. Por las características de éstos se recomiendan para iluminar grandes áreas exteriores, o interiores (naves industriales). Se fabrican potencias de 40 a 400 watts.

Características de operación

Eficiencia. Varía de 30 a 65 lúmenes por watt dependiendo de la potencia y del color.

Depreciación. En una lámpara de 400 watts y transparente, fué de 17 por ciento después de 16 000 horas de trabajo.

Características especiales.

Se necesita un valor mínimo de voltaje para lograr el encendido, si aquél disminuye la lámpara se apaga.

La máxima brillantez se logra después de 4 a 7 minutos de conectarla.

La temperatura ambiente no influye en su funcionamiento

pero fuertes vientos o muy bajas temperaturas obligarían a utilizar un voltaje mayor.

Lámparas de haluros metálicos.

Contienen materiales adicionales en el tubo de arco para aumentar la eficiencia y mejorar el color. Su uso se restringe a aplicaciones exteriores. La eficiencia es de 75 a 105 lúmenes por watt, y la duración varía de 6 000 a 10 000 horas, el resto de las características son similares a las de vapor de mercurio.

Lámparas de sodio de alta presión.

Usan un tubo de arco hecho de un material especial que permite aumentar la temperatura y la presión del vapor de sodio. Puede utilizarse para iluminar áreas muy grandes o exteriores. Su duración es de 10 000 horas aproximadamente. También requiere de reactor, el tiempo de encendido hasta alcanzar la mayor brillantez es de 15 minutos, pero su re-arranque es de 2 minutos solamente.

La lámpara fluorescente es la más adecuada en los interiores debido a su color, alta eficiencia y una vida mucho mayor que la incandescente, aún cuando implica un costo mayor de equipo y de instalación, además de asegurarse de no exceder cierto nivel de ruido, 37 a 42 decibeles, (en tiendas y oficinas ruidosas), eligiendo el tipo de balastro conveniente. Por las mismas razones, además de una eficiencia aún mayor, se prefiere la lámpara de vapor de mercurio para el alumbrado exterior, ya que el área por iluminar es tres veces mayor a la del edificio de la tienda.

Las incandescentes se utilizan en los cuartos de refrigeración - porque no presentan problemas en bajas temperaturas.

A continuación se muestran los métodos de cálculo, algunos ejemplos importantes y una tabla de resultados.

ALUMBRADO INTERIOR

METODO DE CALCULO

El método empleado para diseñar el alumbrado interior es el de los LUMENES PROMEDIO, que considera varios factores importantes, como las dimensiones del local; reflexiones del techo, el piso y las paredes; la altura de montaje y el tipo de luminaria. A continuación lo describimos:

Nomenclatura empleada:

- NI Nivel de iluminación (luxes)
- ELR Energía luminosa recibida en una superficie (lúmenes)
- ELE Energía luminosa emitida (lúmenes)
- EEPL Energía emitida por lámpara (lúmenes)
- FC Factor combinado (adimensional)
- NL Número de lámparas (adimensional)
- CU Coeficiente de utilización (adimensional)
- FM Factor de mantenimiento (adimensional)
- S Superficie (m^2)

El nivel de iluminación de un local se define

$$NI = \frac{ELR}{S}$$

Pero

$$ELR = ELE \times FC \quad \text{donde}$$

$$ELE = EEPL \times N, \quad \text{y} \quad FC = CU \times FM$$

Por lo tanto

$$NI = \frac{EEPL \times NL \times CU \times FM}{S} \text{ (luxes)}$$

Para determinar el número de lámparas necesarias para un nivel de iluminación dado despejamos NL de la expresión anterior y tenemos.

$$NL = \frac{NI \times S}{EEPL \times CU \times FM}$$

Analicemos cada uno de los términos de esta expresión.

NI es un valor que recomiendan algunas sociedades ingenieriles y varfa de acuerdo a las necesidades de iluminación, o uso del local. Su unidad es el Lux.

$$1 \text{ Lux} = \frac{1 \text{ lumen}}{m^2} = \frac{1 \text{ Unidad de energía luminosa}}{1 \text{ Unidad de superficie}}$$

S es el área del local en estudio (m^2)

EEPL se obtiene de los manuales que proporciona el fabricante de fuentes luminosas. Su unidad es el lumen.

CU (adimensional) los factores que influyen en él son:

a) Tipo de sistema de iluminación

Directo

Semidirecto

Indirecto

Semindirecto

Estos dependen del tipo de luminaria con la que se esté trabajando.

b) Dimensiones del local

Las dimensiones del local y la altura de trabajo están relacionadas mediante una expresión llamada Índice de Cuarto.

el cual nos sirve para determinar el coeficiente de utilización correspondiente al sistema de iluminación o tipo de luminaria.

$$IC = \frac{L \times A}{Hm (L+A)} \quad \text{para alumbrado directo o semidirecto.}$$

$$IC = \frac{L \times A}{\frac{2}{3} Hm (L+A)} \quad \text{para alumbrado indirecto o semi-indirecto}$$

donde:

L largo del local (m)

A ancho del local (m)

Hm altura de montaje = altura total - altura de trabajo (m)

Los índices de cuarto están reunidos en diez grupos -- asignándole a cada uno una letra que a continuación se muestra:

J	menos de 0.70
I	0.70 a 0.90
H	0.90 a 1.12
G	1.12 a 1.38
F	1.38 a 1.75
E	1.75 a 2.25
D	2.25 a 2.75
C	2.75 a 3.50
B	3.50 a 4.50
A	4.50 ó más.

c) Reflexiones de paredes y techos.

Los techos, las paredes e inclusive los pisos se convierten en fuentes luminosas secundarias por la luz que reflejan. Las superficies blancas y grises neutro son las que menos la absorben, y las amarillas y verdes son buenas reflectoras cuando -

las iluminan con lámparas fluorescentes. Los factores de reflexión recomendados por los textos especializados son:

Techos 50-90 %

Paredes 40-60 %

Pisos 20-50 %

Y desde luego dejando margen a problemas con condiciones especiales.

F.M. factor de mantenimiento (adimensional)

los factores que intervienen en su valor son:

Depreciación lumínica de la fuente.

Disminución de reflexión de superficies por suciedad de éstas.

Suciedad en la lámpara y en la luminaria.

Lámparas quemadas.

Voltaje en la luminaria.

Factor del reactor.

El factor de mantenimiento en todos los casos será del 60 % ya que el ambiente de la instalación es limpio y la mayoría de las lámparas se cambian después de un 80% de su vida útil o hasta que se quemen.

La secuencia necesaria para proyectar correctamente un sistema de iluminación es la siguiente:

- 1.- Conocer la actividad a realizar en el local.
- 2.- Determinación del área a iluminar y alturas del local, de trabajo y de montaje.
- 3.- Selección de luminaria o tipo de sistema de iluminación.
- 4.- Cálculo del índice de cuarto.

- 5.- Determinación de reflexiones de paredes, techo y piso de acuerdo a las características de éstos.
- 6.- Obtención del coeficiente de utilización de las tablas que proporciona el fabricante para cada tipo de luminaria.
- 7.- Selección del factor de mantenimiento.
- 8.- Obtención del nivel de iluminación recomendado de acuerdo al uso del local.
- 9.- Cálculo de número de lámparas.
- 10.- Distribución de las luminarias, calculando la separación entre éstas.
- 11.- Revisión de la separación entre luminarias. El fabricante proporciona un factor que multiplicado por la altura de montaje nos da la separación máxima permitida entre los centros de las luminarias, para garantizar una distribución uniforme de la luz.
- 12.- Corrección de la distribución de lámparas o si es necesario recomenzar el cálculo seleccionando un nuevo tipo de lámpara y luminaria y proseguir con el método.

EJEMPLOS

- 1.- Area de ventas.

Dividiremos el área en dos partes porque ésta no es rectangular.

- a) Area = $32.4 \times 81 = 2624.4 \text{ m}^2$, corresponde a 20 módulos de $16.2 \times 8.1 \text{ m}$, cada uno.

Altura del local = 5 m.

Altura de trabajo = 1.2 m.

Altura de montaje = 3.8 m.

Se usará un gabinete tipo industrial de 2.44 m de longitud, para dos tubos fluorescentes, tipo VHO, de 15,500 lúmenes iniciales, 215 watts, blanco frío, encendido rápido, 6 000 horas de vida, 2.44 m de longitud y tienen una depreciación del 20%.

$$\text{Índice de cuarto} = \frac{2624.4}{3.8(32.4 + 81)} = 6.1$$

Reflexión del piso = 20%

Reflexión del techo = 50%

Reflexión de paredes = 50%

Coefficiente de utilización = 0.75

Factor de mantenimiento = 0.6

Nivel de iluminación = 1 100 luxes. S.M.I.I.

$$\text{Número de lámparas} = \frac{1\ 100 \times 2624.4}{15\ 500 \times 0.6 \times 0.75} = 413.88$$

Número de luminarias = 207

$$\text{Número de luminarias por módulo} = \frac{207}{20} \doteq 10$$

Se colocaran dos hileras de cinco luminarias cada una, por módulo.

Espaciamiento máximo permitido = $1.25 \times 3.8 = 4.75$ m.

La separación entre los centros de las luminarias es de 3.75 m y de 0.8 m.

- b) Área = $48.6 \times 64.8 = 3149.3$ m², corresponde a 24 módulos de 16.2 x 8.1 m, cada uno.

Altura del local = 5 m.

Altura de trabajo = 1.2 m.

Altura de montaje = 3.8 m.

Se usará el mismo tipo de luminaria del inciso anterior.

$$\text{Indice de cuarto} = \frac{48.6 \times 64.8}{3.8(48.6 + 64.8)} = 7.3$$

Las reflexiones son iguales a las anteriores.

Coefficiente de utilización = 0.75

Factor de mantenimiento = 0.6

Nivel de iluminación = 1 100 luxes.

$$\text{Número de lámparas} = \frac{1\ 100 \times 3149.3}{15\ 500 \times 0.6 \times 0.75} = 496.7$$

Número de luminarias = 249

$$\text{Número de luminarias por módulo} = \frac{249}{24} \approx 10$$

Concluimos que se instalarán 10 luminarias por módulo.

2.- Oficinas generales de contabilidad.

$$\text{Area} = 14.4 \times 20.15 = 290.16 \text{ m}^2$$

Altura del local = 2.35 m.

Altura de trabajo = 0.75 m.

Altura de montaje = 1.6 m.

Se usará un gabinete para fluorescente, tipo empotrar, con difusor plano, para dos tubos de 2.44 m. de longitud, de 6050 lúmenes iniciales, de 74 watts cada uno, Slimline, encendido instantáneo, blanco frío, 9 000 horas de vida, y tiene una depreciación de 9 %.

$$\text{Indice de cuarto} = \frac{14.4 \times 20.15}{1.6(14.4 + 10.15)} = 5.24$$

Reflexión del piso = 30 %

Reflexión del techo = 80 %

Reflexión de paredes = 50 %

Coefficiente de utilización = 0.74

Factor de mantenimiento = 0.6

Nivel de iluminación = 600 luxes

S.M.I.I.

$$\text{Número de lámparas} = \frac{600 \times 290.16}{6050 \times 0.6 \times 0.74} = 64.8$$

Número de luminarias = 36

Espaciamiento máximo permitido = $1.3 \times 1.6 = 2.08$ m.

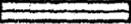
La separación entre los centros de las luminarias es de - -
1.16 m. y de 1.92 m.

Por lo tanto, se instalarán 9 hileras de 4 luminarias cada una.

El cálculo del resto de los casos se agrupa en las tablas siguientes, porque consideramos que dos ejemplos son suficientes para aclarar el método usado.

Por limitaciones de espacio el tipo de luminaria seleccionado se indicará con un símbolo, y en la página inmediata se describe cada uno de ellos.

SIMBOLOGIA DE LUMINARIAS

-  Luminaria fluorescente; 2x215 Watts, 2.44 m. Gabinete industrial, (energía luminosa emitida por lámpara) EEPL= 15 500 lúmenes.
-  Luminaria fluorescente; 2x 74 Watts, 2.44 m. gabinete industrial, EEPL = 6050 lúmenes.
-  Luminaria fluorescente; 2x74 Watts, 2.44 m, gabinete para empotrar con difusor plano, EEPL =6050 lúmenes.
-  Luminaria fluorescente; 2x74 Watts, gabinete para sobreponer con difusor plano, EEPL = 6050 lúmenes.
-  Luminaria fluorescente; 1x74 Watts, 2.44 m, gabinete industrial. EEPL = 6050 lúmenes.
-  Luminaria fluorescente; 2x38 Watts, 1.22 m., gabinete industrial, EEPL =2 900 lúmenes.
-  Luminaria fluorescente; 2x38 Watts, 1.22 m., gabinete de sobreponer con difusor plano, EEPL = 2 900 lúmenes..
-  Luminaria fluorescente; 2x38 Watts, 1.22 m., gabinete de sobreponer a prueba de vapor, EEPL = - - 2 900 lúmenes.
-  Luminaria para incandescente de 100 Watts a prue

ba de vapor y polvo, EEPL = 1 720 lúmenes.



Luminaria para incandescente de 100 Watts, EEPL = 1 720 lúmenes.



Luminaria fluorescente; 2x38 Watts 1.22 m, gabinete para empotrar con difusor plano, EEPL = 2 900 lúmenes.



Reflector montado en poste con lámpara de 400 watts, de aditivos metálicos y 34 000 lúmenes iniciales.



Reflector montado sobre la superficie exterior de la techumbre, con lámpara de 400 Watts, de vapor de mercurio color corregido, y 21 000 lúmenes iniciales.

RESUMEN DE CALCULOS PARA EL SISTEMA DE ALUMBRADO

DESCRIPCION DEL LOCAL	AREA m ²	I.C.	N.I. Luxes	TIPO DE LUMINARIA	C.U.	N.L. Calculado	N.L. Por Instalar
AREA DE VENTAS	5 705.0	9.47	1 100		0.75	912	870
PASILLO DE SALIDA DEL AREA DE VENTA	116.9	0.65	100		0.31	22	22
PAQUETERIA	26.4	1.56	200		0.56	6	6
OFICINA DE ENTRADA	20.1	1.22	300		0.50	7	8
DEVOLUCIONES	26.7	1.56	300		0.56	8	8
MEZZANINE DE VIGILANCIA	167.9	0.85	200		1.35	14	18
CARRITOS	113.4	0.93	100		0.41	8	10
ACCESO Y SALIDA	142.7	0.84	200		0.34	23	24
FRIGORIFICOS DE:							
Carnes	42.6	1.42	100		0.55	8	10
Pescados	42.6	1.42	100		0.55	8	10
Lácteos	42.6	1.42	100		0.55	8	10

DESCRIPCION DEL LOCAL	AREA m ²	I.C.	N.I. Luxes	TIPO DE LUMINARIA	C.U.	N.L. CALCULA DO.	N.L. POR INSTA- LAR.
Frutas y verduras	25.8	1.12	100		0.46	5	5
Preparación de pescados	18.0	1.00	300		0.46	7	8
Preparación de frutas	24.0	1.00	300		0.46	9	10
Exposición de lácteos	24.0	1.00	300		0.46	9	10
Preparación de carnes	27.0	1.00	300		0.46	10	10
Corte de carnes	15.0	0.96	300		0.46	6	6
PASILLOS FRIGORIFICOS							
Pasillo 1	23.4	0.57	100		0.30	5	6
Pasillo 2	32.4	0.60	100		0.30	6	8
Pasillo 3	26.4	0.77	100		0.39	4	6
CONTROL	13.8	0.78	400		0.40	4	4
BAÑOS FRIGORIFICOS SSH	11.0	0.68	200		0.30	4	4
BAÑOS FRIGORIFICOS SSM	11.0	0.68	200		0.30	4	4
ANDADORES							

DESCRIPCION DEL LOCAL	AREA m ²	I.C.	N.I. Luxes	TIPO DE LUMINARIA	C.U.	N.L. CALCULA DO.	N.L. POR INSTA- LAR.
Andador 1	27.5	0.79	200		0.30	4	4
Andador 2	99.6	0.71	200		0.30	18	18
ALMACEN 1	506.3	2.44	100		0.58	24	40
ALMACEN 2	672.3	4.20	100		0.71	26	29
MARCAJE	107.8	1.66	300		0.52	17	18
COMEDOR, ESTAR EMPLEADOS	56.9	1.86	200		0.62	11	12
BANOS SSH							
Area A	23.3	1.10	200		0.46	3	6
Area B	16.8	0.97	200		0.46	3	4
BANOS SSM							
Area a)	7.03	0.78	200		0.40	1	2
Area b)	10.0	0.60	200		0.32	2	2
Area c)	12.8	1.00	200		0.46	2	4
OFICINAS GENERALES DE CONTABILIDAD	288.7	5.24	600		0.74	65	72

DESCRIPCION DEL LOCAL	AREA m ²	J.C.	N. I. Luxes	TIPO DE LUMINARIA	C.U.	N.L. CALCULA DO.	N.L. POR INSTA- LAR.
SALA DE ESPERA	44.2	1.37	200		0.51	5	6
SALA DE JUNTAS	29.6	1.62	400		0.56	6	6
OFICINAS G. DE COMPRAS	290.2	5.24	600		0.74	65	72
PRIVADOS DE OFICINAS (10)	11.5	1.05	600		0.46	4	4 (40)
AREA SECRETARIAL	18.8	1.35	600		0.50	6	6
GERENCIA	18.8	1.35	600		0.50	6	6
BAÑO DE LA GERENCIA	-	-	-		-	-	4
PROBADORES							
Baños ssH	7.8	0.80	200		0.40	1	2
Baños SSM	7.8	0.80	200		0.40	1	2
Pasillo a	9.0	0.60	100		0.40	1	2
Pasillo b (2)	7.0	0.35	100		0.31	1	2 (4)
Privados (2)	4.9	0.47	200		0.31	1	2 (4)
VESTIBULO	36.0	1.38	200		0.56	8	8

DESCRIPCION DEL LOCAL	AREA m ²	I.C.	N.I. Luxes	TIPO DE LUMINARIA	C.U.	N.L. CALCULA DO.	N.L. POR INSTA- LAR.
ENTRADA AL VESTIBULO	7.5	0.72	100		0.41	1	4
CONTROL VESTIBULO	41.2	1.40	200		0.56	9	10
CONTROL ALMACEN	5.9	0.69	400		0.40	2	2
BODEGA DE CONSUMOS INTERNOS	15.3	0.78	100		0.40	1	2
SUBESTACION	67.3	0.92	200		0.46	8	10
CUARTOS DE AIRE ACONDICIONADO	12.4	0.70	100		0.40	2	2
EQUIPO HIDRONEUMATICO	19.8	0.73	200		0.40	3	4
PLANTA DE EMERGENCIA	19.8	0.73	200		0.40	3	4
EQUIPO DE MEDICION	24.0	0.80	200		0.40	4	4

La distribución de todas las luminarias del interior -- puede consultarse en el plano correspondiente.

Es indispensable que exista iluminación interior, sobre todo en los accesos y salidas de la tienda, aún cuando el suministro de energía normal se interrumpa. Para lograrlo se alimenta una parte del sistema con una planta generadora de energía, que funciona sólo en casos de emergencia. No existe reglamentación alguna respecto al nivel de iluminación que debe existir en estas situaciones, sin embargo, hemos visto que del 25 al 30 % del nivel normal es satisfactorio. En el plano se indican las luminarias que deberán funcionar en estas circunstancias.

ALUMBRADO EXTERIOR

METODO

El método de LOS LUMENES DEL HAZ es el que emplearemos en el diseño de alumbrado exterior. La ecuación siguiente nos -- permite calcular el número de luminarias necesario para obtener -- el nivel de iluminación deseado.

$$\text{Número de lámparas} = \frac{E \times A}{\text{FPL} \times \theta \text{ haz} \times \text{FU}}$$

Donde:

E Nivel de iluminación requerido (Luxes)

A Area a iluminar (m^2)

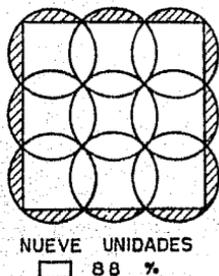
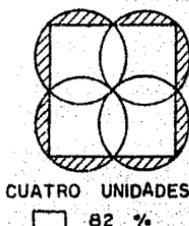
FPL Factor de pérdidas luminosas (adimensional).

Se utiliza 0.75 para equipo cerrado y 0.65 para equipo abierto, siempre y cuando las unidades tengan un buen mantenimiento.

θ haz Lúmenes de haz (lúmenes). Representa la can

tividad de energía luminosa que contiene el haz y que puede ser aprovechable; y su valor es proporcionado por el fabricante de luminarias.

FU Factor de utilización (adimensional). Nos indica el porcentaje que aprovechamos de los haces luminosos cuando estos son traslapados.



Las alturas de montaje empleadas son las recomendadas en los manuales del fabricante. La distribución y enfoque de las unidades se hace de manera que se obtenga una uniformidad de iluminación aceptable.

Hemos dividido el área exterior de la tienda en varias secciones rectangulares para aplicar con mayor facilidad el método descrito.

DISEÑO

El área en estudio se utiliza básicamente para estacio

namiento y un movimiento mediano de peatones. El nivel de iluminación recomendado es de 10 luxes.

Se empleará la estructura del edificio para fijar los reflectores que iluminarán los espacios adyacentes, en cambio en las áreas periféricas el equipo se montará sobre postes.

El tipo de luminaria más apropiado es el reflector de haz rectangular, con enfoque ajustable y la lámpara correspondiente es la de vapor de mercurio en los incisos a), b), c), y d); y de aditivos metálicos en el e) y el f).

a) Estacionamiento empleados.

$$\text{Area} = 100 \times 18 = 1800 \text{ m}^2$$

Nivel de iluminación, $E = 10$ luxes.

Altura de montaje, 7.5 m.

Factor de utilización, 73 %

Las características de las lámparas empleadas son: -
400 Watts, 440 volts, vapor de mercurio color corregido, 21 000 lúmenes iniciales, 13 900 lúmenes de haz, distribución del haz: 142° en la horizontal y 142° en la vertical.

F.P.L. = 0.75

$$\text{Número de unidades} = \frac{10 \times 1800}{0.75 \times 13900 \times 0.73} = 2.37$$

Se utilizarán 3 reflectores localizados cada 32 m. y enfocados a 9 m.

b) Patio de maniobras

$$\text{Area} = 72 \times 30 = 2160 \text{ m}^2$$

Altura de montaje, 7.0 m.

$$\text{Número de unidades} = \frac{10 \times 2160}{0.75 \times 13900 \times 0.73} = 2.84$$

Se utilizarán 3 reflectores enfocados a 15 m.

c) Zona del estacionamiento adyacente a la tienda

d) Area frente a la entrada

Ambas áreas son idénticas, por ende, con el mismo cálculo resolvemos el problema y lo presentamos una sola vez.

$$\text{Area} = 130 \times 30 = 3900$$

Altura de montaje, 7.5 m.

$$\text{Número de unidades} = \frac{10 \times 3900}{0.75 \times 13900 \times 0.73} = 5.13$$

Se utilizarán 6 reflectores enfocados a 7.5 m.

e) Area de estacionamiento

$$\text{Area} = 62 \times 187 = 11594 \text{ m}^2$$

E = 10 luxes

Altura de montaje, 10 m

$$\text{FU} = 0.89$$

Las características de las lámparas utilizadas son:
400 Watts, 440 volts, aditivos metálicos, 34 000 lúmenes iniciales, 16 000 lúmenes de haz, distribución del haz: 151° en la horizontal y 96° en la Vertical.

$$\text{FPL} = 0.75$$

$$\text{Núm. de unidades} = \frac{10 \times 11594}{0.75 \times 16000 \times 0.89} = 10.85$$

Se instalarán 12 reflectores.

f) Estacionamiento del frente

$$\text{Area} = 132 \times 42 = 5544 \text{ m}^2$$

Altura de montaje = 10 m

$$\text{Núm. de unidades} = \frac{10 \times 5544}{0.75 \times 16000 \times 0.88} = 5.25$$

Se instalarán 6 reflectores

La ubicación y orientación definitiva de los reflectores puede consultarse en el plano del alumbrado exterior.

Todo el alumbrado exterior, por razones de seguridad, - va conectado al sistema de alimentación de energía de emergencia.

Finalmente, las especificaciones de instalación y descripción de todo el equipo se harán en el capítulo correspondiente a la evaluación económica del proyecto.

CAPITULO II

MEDIOS DE CANALIZACION DEL SISTEMA DE ALUMBRADO

Para que una lámpara funcione adecuadamente se requiere de conductores, medios de soporte y protección mecánica, además de dispositivos de control y protección convenientes.

Existe la necesidad de tener dos tipos de sistemas de alimentación, en servicios normal y de emergencia, por lo tanto en el caso que nos ocupa la satisfaremos mediante el uso de dos tableros generales, con un voltaje de 440 V, uno para cada tipo de servicio. De éstos parten los alimentadores trifásicos hacia los centros de control y protección de los circuitos derivados.

Dividimos el conjunto de la tienda en varias secciones según su magnitud, acceso y actividad que se desempeña en ella. A cada área corresponde un centro eléctrico de carga y un tablero de distribución, el cuál está ubicado lo más cercanamente posible a el primero, en un sitio accesible, que proporcione seguridad al equipo y al personal de operación y mantenimiento. Así tenemos que se asignan cinco tableros para el área de ventas, -- uno para el alumbrado exterior, dos para oficinas, etc...

En todos y cada uno de los casos el número de circuitos derivados se determina de manera que se obtenga la mayor continuidad en el servicio, control en el nivel de iluminación a -- cualquier hora del día, sencillez y seguridad en el mantenimiento.

El propósito de este capítulo es, precisamente, el de seleccionar cada uno de los elementos citados al principio, así como describir los criterios que fueron utilizados.

Antes de proceder a resolver los problemas específicos es indispensable tomar algunas decisiones que influirán en la mayoría de los cálculos y conclusiones.

El valor del voltaje de alimentación y el de distribución secundaria depende de la magnitud de la carga, ésta inicialmente se desconoce con exactitud, pero el ROIE (I-5-7-a) establece cargas mínimas de alumbrado y aparatos pequeños en watts por metro cuadrado de la siguiente manera:

Tiendas.....	30 Watts/m ²
Garage comercial	5 "
Oficinas	20 "
Bodegas y almacenes	2 "

Ayudados en esto podemos realizar un cálculo previo para tener noción de la magnitud de dicha carga.

	Area (m ²)	Watts
Ventas.....	9 315	279 450
Estacionamiento comercial..	33 580	167 900
Oficinas	950	19 000
Bodegas y almacenes	1 310	2 620
Total		468 970

La mayoría de los casos anteriores justifica por sí mismo una alimentación de energía eléctrica de parte de la compañía suministradora en forma trifásica y el total prácticamente -

exige que sea en alta tensión (Detalle que tratamos con más amplitud en el capítulo IV).

Para seleccionar el valor del voltaje de la distribución secundaria realizamos un estudio comparativo de la corriente y sección transversal de los conductores correspondientes a diferentes alimentaciones, 440 y 220 Volts. Utilizamos el alumbrado del área de ventas como carga crítica o de mayor magnitud y obtuvimos los resultados que a continuación se exponen.

ALIMENTACION (VOLTS)	220	440
Carga de alumbrado en Amperes	697	349
Conductores de circuitos derivados No.	4 a 8	10 a 12
Conductores de alimentación No.	400 MCM a 1/0	4/0 a 2

Las ventajas y desventajas de cualquiera de las opciones influyen en los costos inicial y de operación, de ahí la importancia de un buen análisis técnico-económico del proyecto.

Para 440 Volts tenemos:

Ventajas:

Corrientes menores, por lo tanto conductores y medios de canalización con menor sección, menos pérdidas por efecto de Joule, un menor costo de instalación y operación.

Desventajas:

Mayor dificultad en el mantenimiento, aislamientos más

robustos, se requiere otro voltaje diferente de alimentación para contactos y salidas especiales, lo que implica la utilización de transformadores adicionales y equipo de control y protección.

Para 220 Volts con la carga conectada en delta o estrella se obtienen las siguientes ventajas y desventajas:

Ventajas: Basta un transformador, aumenta la sencillez de los circuitos de la subestación, los aislamientos son menos robustos, los riesgos del personal son menores, y se tiene un solo voltaje de distribución (mayor flexibilidad).

Desventajas: Las corrientes de operación normal y de falla son mayores, por ende los medios de canalización de la energía deben tener una sección transversal más grande, la mayoría de los conductores son muy gruesos y su interconexión se realiza con conectores especiales, la capacidad interruptiva de los equipos de protección debe aumentarse, todo esto aunado al incremento de pérdidas por efecto de calentamiento.

De acuerdo a lo anteriormente expuesto se elige una alimentación principal secundaria de 440 Volts para la mayor parte de la instalación y debido a limitaciones de seguridad y operación se utilizan 220 Volts en los casos que se requiera.

SELECCION DE CONDUCTORES

La función principal de un conductor es la de transpor

tar la energía eléctrica, desde las plantas generadoras hasta la carga, al voltaje requerido. Para este fin se construye una gran variedad de ellos con diferentes características, y se tiene la -- oportunidad de seleccionar el más apropiado para cada operación y tipo de instalación. Si existen varias alternativas posibles, la decisión final puede quedar sujeta a otros factores como, costo - inicial, costo de mantenimiento y durabilidad.

Para hacer la selección apropiada de un conductor debemos especificar:

El aislamiento. Los factores que intervienen en la selección son: temperatura ambiente, composición química de la atmósfera circundante, voltaje de operación, el - medio de canalización y el uso.

El calibre. La corriente, la longitud, la regulariza-- ción, la temperatura ambiente y el tipo de carga inter- vienen en su determinación.

El voltaje de operación. El fabricante proporciona el máximo permisible para cada clase de cable o alambre.

Volviendo a nuestro problema, para los circuitos deri- vados del interior de la tienda, dado que tenemos una atmósfera limpia, una temperatura ambiente promedio de 28°C, sin excesiva - humedad, ni gases explosivos o corrosivos, el voltaje de opera- ción es de 440 Volts y se requiere que los cables ocupen poco es- pacio dentro de los medios de canalización, se emplean conducto- res de cobre suave o recocido, con aislamientos de cloruro de po- livinilo (TW), con una tensión nominal de 600 Volts.

Los conductores de cobre que tienen esta clase de aislamiento, efectivamente ocupan poco espacio en el interior de los ductos por su reducido diámetro exterior, el aislamiento soporta la humedad o un clima seco, la temperatura máxima soportable por el conductor es de 60°C y la recomendable del ambiente es menor a 35°C . Además existe una gran variedad de calibres y el fabricante proporciona la capacidad de conducción de corriente de cada uno de ellos, así como los factores de corrección por temperatura y agrupamiento.

En los alimentadores se emplean conductores de cobre suave o recocido con aislamiento a base de resinas termoplásticas (TWH), las ventajas de éste son: mayor capacidad de conducción de corriente, la temperatura ambiental puede ser hasta de 40°C , aparte de las del TW.

De las especificaciones sólo nos resta conocer la sección transversal suficiente para limitar la caída de voltaje total en un 3%, y para conducir la corriente deseada. Los pasos a seguir para lograrlo son:

- 1) Cuantificación de la carga (Watts)
- 2) Voltaje de operación, factor de potencia y eficiencia
- 3) Cálculo de la corriente

Los tipos de circuitos usados son:

1 fase, 2 hilos, 127 Volts

1 fase, 2 hilos, 254 Volts

3 fases, 4 hilos, 440 Volts

Las ecuaciones utilizadas son las siguientes:

a) Circuitos trifásicos

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} V_f \cos \theta \eta}$$

donde:

I= Corriente en Amperes

P= Potencia en Watts

V_f = Voltaje entre fases, en volts

$\cos \theta$ = Factor de potencia (mínimo 0.85)

η = Eficiencia

b) Circuitos monofásicos

$$I = \frac{P}{V_n \cos \theta \eta}$$

donde V_n = Voltaje al neutro en Volts.

- 4) Medición de la longitud de los conductores.
- 5) Selección del porcentaje de caída de tensión en el alimentador y en los circuitos derivados correspondientes.
- 6) Cálculo de la sección transversal por caída de tensión:

a) Circuitos trifásicos

$$S = \frac{2 \sqrt{3} L I}{V_f V_c}$$

donde

S Sección transversal en mm²

L Longitud en metros

I Intensidad de corriente en Amperes

V_f Voltaje entre fases en Volts

V_c % de caída de tensión

b) Circuitos monofásicos

$$S = \frac{4LI}{V_n V_c}$$

donde V_n = Voltaje al neutro

7) Selección del calibre del conductor.

Con el área calculada anteriormente se obtiene el calibre adecuado y se revisa si la corriente usada en el cálculo no excede el valor de la corriente permisible de dicho conductor. Si así ocurriera se debe elegir un calibre al que corresponda una corriente igual ó mayor a la utilizada en el diseño procurando que la de la protección no exceda la corriente máxima permitida del conductor seleccionado. Es conveniente recordar que en el valor de ésta intervienen la clase del conductor, el medio de canalización, la temperatura de operación y el agrupamiento.

EJEMPLOS

1) Alimentador del tablero B

Carga

152 lámparas de 2X215W, de 500W totales cada una. *

Total: 76 000 W.

* Nota. Los reactores de las lámparas necesitan de energía en su funcionamiento, según la mayoría de los catálogos de los fabricantes ésta representa aproximadamente el veinticinco por ciento de las

que ocupan las lámparas que alimentan. Para fines prácticos se han considerado las siguientes potencias:

Potencia nominal de la luminaria fluorescente, (W)	Potencia total de la lámpara, (W)
2X215	500
2X 74	200
2X 38	100
1X 74	100

Voltaje de operación: 440 V.

$\cos \phi = 0.85$

$\eta = 100\%$

Corriente:

$$I = \frac{76\,000}{\sqrt{3} \times 440 \times 0.85 \times 1} = 117.32 \text{ A.}$$

Longitud: 90 m.

$V_c = 1.5\%$

$$S = \frac{2\sqrt{3} \times 90 \times 117.32}{440 \times 15} = 55.42 \text{ mm}^2$$

Los alambres elegidos tienen aislamiento tipo THW y van alojados en uno de los ductos de asbesto-cemento de un grupo de cuatro.

De acuerdo a la sección calculada y de datos del fabricante, observamos que podemos utilizar un conductor calibre 2/0 AWG, con una capacidad de conducción de 128 A para un factor de agrupamiento de 0.7.

La protección por usar en este caso es trifásica de --

150 A, por lo tanto debemos seleccionar un conductor con una capacidad mínima de este valor. Finalmente el calibre apropiado es 3/0 AWG.

2) Circuito derivado B-1

Carga.

15 lámparas de 2X215, de 500 W totales cada una

Total: 7 500 W.

Voltaje de operación 440V, 3 fases, 4 hilos.

$\cos \phi = 0.85$

$\eta = 100\%$

$$\text{Corriente: } I = \frac{7\,500}{\sqrt{3} \times 440 \times 0.85 \times 1} = 11.57 \text{ A.}$$

Longitud = 55 m.

$V_c = 1\%$

$$S = \frac{2\sqrt{3} \times 55 \times 11.57}{440 \times 1} = 5.01 \text{ mm}^2$$

El alambre usado tiene un aislamiento t_w y será alojado en un ducto embisagrado.

A esta sección calculada le corresponde un conductor calibre número 10 AWG, con una capacidad de conducción de 25 A y un factor de agrupamiento de 0.7.

La protección a utilizar es trifásico de 15 A y no excede el valor de la capacidad del conductor, por lo tanto el calibre definitivo es el número diez.

MEDIOS DE CONTROL

Toda carga conectada a un sistema de distribución de energía debe funcionar cuando se requiera o se desee, por tal motivo es necesario contar con el medio apropiado para este fin.

Los dispositivos que se usen serán los adecuados si satisfacen - las siguientes necesidades: conducir la corriente normal del circuito sin sobrecalentarse y desaparecerla, sin peligro, bajo condiciones normales o anormales, a voluntad del operario.

Los medios de control más comúnmente usados son los interruptores de cuchillas, apagadores, interruptores termomagnéticos y contactores automáticos, cada uno tiene diferente aplicación, de acuerdo a los requerimientos y características de la -- carga.

En los interiores de la tienda, los apagadores y los - interruptores termomagnéticos son el equipo más conveniente ya - que los primeros son los más económicos, ambos tienen un bajo -- costo de operación, su vida útil es relativamente grande, además su funcionamiento no provoca riesgos al personal que los maneje. Los apagadores que se instalarán son del tipo sencillo y de tres vías, de 254 V y 5A, nominales. Los interruptores termomagnéticos se emplearán cuando la corriente del circuito monofásico sea mayor de cinco amperes o bien, si se utilizan circuitos trifásicos.

Se cuenta con dos alternativas de control del funcionamiento del alumbrado exterior, el manual y el automático. El -- contactor accionado por una fotocelda es preferible debido a que evita olvidos del encendido ó apagado de las lámparas, mantiene un nivel de iluminación mayor ó igual a un mínimo fijado de ante mano, sin emplear una actividad humana frecuente, aún cuando, el costo del equipo es mayor comparativamente, y su mantenimiento e instalación son un poco más complejos.

Hemos asignado un contactor a los reflectores que se localizan sobre la techumbre, y otro a los que se montarán sobre los postes, cada uno tiene su respectiva fotocelda.

Características del contactor:

La luz natural es aprovechada directamente para provocar el cierre de los contactos, por medio de la acción de la fotocelda.

Este equipo va a empotrarse en una pared exterior de la subestación, asimismo la fotocelda estará a la intemperie, sobre el techo ó fijas en un muro. El ajuste de éstas se hará por medio de la posición de un diafragma, cuando todo el sistema de alumbrado exterior esté instalado y energizado. El nivel de iluminación promedio debe ser de diez luxes aproximadamente.

MEDIOS DE PROTECCION ELECTRICA.

Al proyectar una instalación eléctrica, independientemente de su magnitud y complejidad, hay que tomar en cuenta la seguridad de ella, la del equipo y la del personal. Para este efecto debemos proporcionar los medios necesarios de protección contra errores y condiciones anormales de funcionamiento, además deben ser los más apropiados porque de lo contrario las consecuencias serán más graves que la falla misma, como incendios, destrucción de aparatos, e incluso pérdidas humanas. He ahí la importancia de una elección correcta.

Al circular corriente a través de un sistema de distribución o equipo eléctrico, se produce un calentamiento en ellos, al transformarse parte de la energía eléctrica en energía térmica.

ca, fenómeno que es indeseable en la mayoría de los casos. Si la temperatura es excesiva y así permanece durante largos períodos de tiempo los elementos pueden llegar o quemarse, empezando con los aislamientos de los conductores y provocando a su vez los circuitos cortos.

Para evitar el paso a corrientes mayores a las previstas se construyen interruptores con listones fusibles, termomagnéticos o especiales. Todos estos aprovechan el efecto producido por un exceso de calor para impedir la presencia de un gran incremento de corriente en el circuito que protegen.

Los listones fusibles son resistencias de bajo valor -- que se funden al paso de una sobrecorriente, comunmente van colocados dentro de los cartuchos renovables de interruptores de seguridad; son los más económicos, pueden ser usados una sola vez, su reposición es complicada a veces, y es posible que sólo se funda alguno de los listones de una protección trifásica, su operación es casi instantánea y por lo tanto se recomiendan para -- proteger contra circuitos cortos.

Los interruptores termomagnéticos tienen un costo inicial mayor que los anteriores, nos sirven como medios de protección y control a la vez, su curva de operación de tiempo inverso les permite actuar por sobrecarga y aunada a su capacidad interruptiva eliminan también las sobrecorrientes debidas a circuitos cortos, además al surgir una falla en el sistema interrumpen la corriente y la palanca de accionamiento pasa a una posición intermedia, indicando la presencia de una falla, estos dispositivos pueden operar un gran número de veces. Los elementos de un

interruptor trifásico siempre funcionan en conjunto.

En base a lo dicho en los párrafos anteriores, utilizaremos el interruptor temomagnético para la protección de los circuitos de alumbrado, aprovechando la dualidad de servicios que nos presta y su reducido costo de mantenimiento.

Las características más importantes que debemos tener presentes para hacer la elección de un medio de protección de este tipo son:

Voltaje máximo de operación

Número de polos

Manera de sujección

Tiempo de operación

Capacidades de corriente, las cuales son dos:

- a) Capacidad continua de corriente. Está determinada por la carga normal máxima.
- b) Capacidad interruptiva. Está determinada por la capacidad de circuito corto disponible en el punto del sistema en que se instala el interruptor (En el capítulo V hablaremos con más detalle al respecto).

Los interruptores o pastillas temomagnéticas van alojadas en diferentes tipos de gabinetes de acuerdo al medio ambiente y a las características de operación, estos detalles son especificados por NEMA.

Una recomendación muy importante que no debemos olvidar es que para un circuito de uso constante (cuando se usa más de 3 horas ininterrumpidamente) sólo se podrá usar un 80% de la capaci

dad nominal de la pastilla.

Ejemplos de selección

Refiriéndonos a los ejemplos 1 y 2 de este capítulo tenemos:

1) Alimentador tablero B

Voltaje de operación 440 V.

3 polos

Corriente nominal de operación 117.28 A

Uso continuo

Por lo tanto nuestro interruptor será de 150 A.

480 Volts

3 polos

De enchufar

Operación instantánea

Corriente de diseño $\frac{117.28}{0.8} = 146.6 \text{ A.} \quad 150 \text{ A.}$

2) Circuito derivado B-1

Voltaje de operación: 440 V.

3 polos

Corriente nominal de operación: 11.57 A.

Uso continuo

Por lo tanto la pastilla a utilizar será de:

480 v

3 polos

De enchufar

Operación instantánea

Corriente de diseño $\frac{11.57}{0.8} = 14.46 \text{ A.}$

Le corresponde un interruptor de 15 A

El tablero donde van alojados estos interruptores termomagnéticos está ubicado dentro de un cuarto con características de un medio ambiente húmedo, por lo tanto su designación es NEMA No. 2, o sea a prueba de goteo y polvo.

La información completa del resto de los interruptores puede consultarse en las tablas del capítulo quinto.

MEDIOS DE SOPORTE Y PROTECCION DE LOS CONDUCTORES

Ya se han determinado anteriormente los dispositivos que evitan que los conductores tengan un período de utilidad menor que el esperado, debido a situaciones anormales de origen eléctrico. Sólo nos resta elegir algo que proteja los conductores contra agentes químicos y esfuerzos mecánicos y al mismo tiempo proporcionen seguridad y buena apariencia al local, fundamentalmente. Antes de hacerlo describamos las características generales que todo medio de soporte y protección debe tener:

- a) Lograr la continuidad mecánica entre dos salidas ó accesorios consecutivos.
- b) Brindar facilidad para colocar y remover los conductores así como disipar el calor.
- c) No dar oportunidad a la circulación de cualquier corriente inducida.
- d) Existir continuidad eléctrica entre todos los tubos y cajas de conexión si el voltaje al neutro es mayor de 150 Volts; además estos medios serán conectados a tierra.
- e) Reducir, en lo posible, la propagación de incendios.

Actualmente, las canalizaciones reconocidas en el ---
R.O.I.E. son las siguientes:

Línea abierta

Cable sin forro metálico sobre aisladores

Molduras metálicas superficiales

Conduit flexible

Tubo conduit metálico

Ductos bajo el piso

Canales metálicas

Ductos con barras

Otras canalizaciones existentes que carecen de regl-
mentación Son:

Charolas

Tubo conduit no metálico

Instalaciones enterradas

Estructurales

Prefabricadas

Provisionales

Son tres los medios de canalización que se adaptan me-
jor a las necesidades propias de éste proyecto.

- 1) La tubería metálica (Conduit) de pared gruesa, galvanizada, -
es la más conveniente para alojar los conductores de las lumi-
narias, ya sean colgantes, sobre puestas o empotradas, y como
medio de unión entre aquéllas y los apagadores. Los motivos,
por los cuales se prefirió, son los siguientes, en orden de -
importancia.

a) Permite una buena continuidad eléctrica que es muy nece

sería, ya que el voltaje de operación es mayor de 150 Volts.

- b) Evita la propagación de incendios
- c) Su superficie interior es lisa.
- d) La protección mecánica y rigidez son excelentes.

Condiciones de diseño:

- a) El diámetro mínimo permitido es de 13 mm.
- b) El número máximo de conductores depende de la facilidad de su colocación, remoción y disipación de calor.
- c) El porcentaje de área útil de la sección transversal del tubo no debe exceder los siguientes valores, cuando se trata de una instalación nueva:

Un conductor	55%
Dos conductores	30%
Tres ó más conductores	40%

Condiciones de montaje:

El uso de monitores en las terminales de los tubos y la desaparición del posible escariado son indispensables para no dañar el aislamiento de los conductores.

Las trayectorias tienen que ser lo más cortas que sea posible sin abusar del número de curvas (se recomiendan dos de 90° como máximo), para lograrlo se fabrican tramos lineales de tubo, coples y curvas de 45° ó 90°, ó bien, pueden hacerse dobles.

Esta tubería puede instalarse embutida o sobrepuesta en el muro y el techo, también de la estructura de la techumbre.

2) El ducto metálico embisagrado. Este resuelve el problema de

soporte de una cantidad considerable de alambres, por ésto - se propone para alojar los alimentadores de las luminarias - del área de ventas.

Enunciemos las ventajas que obtienen:

- a) Su instalación es rápida.
- b) El cableado es más sencillo y se maltrata menos el conductor ya que no es sometido a grandes esfuerzos mecánicos - ni a fricciones que puedan poner en peligro el aislamien- to de éstos.
- c) Proporciona gran flexibilidad.
- d) ES más barato con respecto a un número equivalente de tu- bos.

Las siguientes restricciones deben tomarse en cuenta:

Es útil en interiores, lugares secos, no debe exponerse - a daño mecánico, a gases, o vapores; la disipación es --- aceptable cuando se agrupan hasta 30 conductores (excepto control), se recomienda que el factor de relleno no excede del 40% para alambres y del 75% para conexiones interiores, su fijación se hace por medio de soportes varios.

3) Las canalizaciones subterráneas más usuales son:

Ductos

Cables enterrados directamente

Trincheras y túneles

Canaletas

Es preferible emplear el ducto de asbesto cemento como medio de canalización de los alimentadores de los tableros, debido a que el número de éstos es grande, conducen las mayores co-

rrientes, se deben reponer fácilmente y necesitan de una --
protección segura y duradera.

Características de instalación de ductos:

- a) Para reducir la fricción de los cables durante su instala-
ción, se procurará que no se formen escalones en la --
junta de tramo y tramo, y no deberán formarse protuberan-
cias con los materiales de unión.
- b) Se recomienda usar tubos de asbesto cemento con un diáme-
tro interior no menor de 10Cm, así también el uso de una
cubierta exterior de concreto con 8 cm de espesor como -
mínimo.

Disposición de ductos y cables.

- a) Deben evitarse curvas de los ductos entre un registro y
otro, cuando no se pueda, se procurará que la curvatura
sea doce veces el diámetro del ducto como mínimo.
- b) En un banco de ductos los cables de mayor sección se ins-
talarán en los ductos externos para que el calor se trans-
mita al terreno más rápidamente.

Para la instalación de varios cables iguales en un ducto
de varias vías se considerará el factor de lugar corres-
pondiente.

- c) Cualquier cable deberá quedar colocado a una profundidad
de 75 cm como mínimo.
- d) se colocará una losa de concreto armado encima de los --
ductos cuando estén colocados abajo de calles con tránsi-
to pesado y exista la posibilidad de hundimientos.
- e) Cuando se tengan cables de diferentes voltajes se instala

rán los de mayor tensión en las vías más profundas.

f) Se empleará solo el 40% del área útil.

g) Los ductos se construirán con una pendiente mínima de 0.5% para facilitar el drenaje, asimismo los registros drenarán el agua que en ellos se acumule, por medio de sumideros en su parte inferior.

CAJAS DE CONEXION (REGISTROS)

Los propósitos de las cajas de conexión son varios.

El principal es el de permitir continuidad de los conductores en el interior de las tuberías, además de que en ellas deben realizarse todas las conexiones, y la otra finalidad es la de facilitar la labor de cableado.

Por la práctica se ha establecido que sólo el 60% del volumen interior ó espacio libre se puede ocupar, incluyendo cables y conexiones. En su defecto la tabla que edita la National Electrical CODE es un buen auxiliar en la selección de las características y dimensiones de la caja.

Las cajas de acero galvanizado, de forma cuadrada y rectangular, así como los de tipo condulet y sus accesorios, son las que satisfacen las necesidades presentes.

MEDIOS DE SUJECION DE LAS LAMPARAS

La posición de los gabinetes de las luminarias se fijará por medio de varillas o sòleras sujetas a la estructura de las techumbres.

CAPITULO III

CIRCUITOS DE FUERZA Y CONTACTOS

NECESIDADES DE ALIMENTACION AL EQUIPO DE FUERZA Y CONTACTOS

El buen funcionamiento de un local comercial de la magnitud y apariencia como el que estamos tratando requiere de limpieza en la atmósfera interior, salas de conservación de alimentos, servicio continuo de agua; operación eficiente de las cajas registradoras, del equipo eléctrico de las oficinas y del que se muestra ó usa en el área de ventas. Esto implica la existencia de todo un sistema de distribución de energía eléctrica, la cual es tomada directamente a través de un contacto, ó bien, es transformada en energía mecánica por un motor. El propósito de este capítulo es proporcionar las características del equipo eléctrico necesario para lograr que los objetivos arriba escritos se lleven a cabo.

Es conveniente separar física y eléctricamente la alimentación de las cargas de fuerza, de la correspondiente al alumbrado y contactos, con la finalidad de evitar: ruido en los equipos electrónicos y semiapagado y encendido molesto de las lámparas debidos a la caída de potencial instantánea que provoca la alta corriente de arranque de los motores.

Recordemos que existe una clasificación de las cargas:
De alumbrado, aparatos y fuerza.

Las cargas de aparatos se subdividen, a su vez, en definidas e indefinidas. Dentro de las definidas tenemos, por --- ejemplo, calefactores y acondicionadores de aire, equipos de sonido, alarmas, rayos x, equipos telefónicos, etc... Debemos conocer la localización exacta de todas ellas y su capacidad en am peres ó watts, al desarrollar el proyecto. En cambio, las indefinidas solamente prevén el uso de un aparato pequeño, sin conocer su localización exacta. Por ello se emplean contactos situados donde sea posible el uso de un aparato, tomando en cuenta el alcance máximo normal del cable de conexión de los aparatos por conectarse.

Las cargas de fuerza son las que corresponden a los motores eléctricos. Están definidas por las características de --placa de este dispositivo. Su localización deberá ser accesible para lograr su montaje, servicio y operación, además, el conocimiento de élla es indispensable en el proyecto de la alimenta---ción.

Utilicemos las ideas expuestas como parte fundamental de la solución que debemos dar. Se nos proporcionó una guía mecánica donde se especifican las cargas definidas y los planos --del sistema de aire acondicionado, del equipo hidroneumático, así como, de los detalles y especificaciones de los muebles ó cuartos de refrigeración.

Las cargas definidas están constituidas por cajas registradoras, secadores de manos, básculas y salidas especiales --del alumbrado de muebles exhibidores de joyería y productos re--frigerados.

Para conocer el número y ubicación de los contactos necesarios de cada área o local, recurrimos a la guía mecánica y a las siguientes recomendaciones:

- a) En oficinas, para una superficie normal de 40m^2 debe instalarse un contacto por cada 3 metros lineales de muro; para una superficie mayor, 8 contactos para los primeros 40m^2 , con 3 más por cada 40m^2 adicionales.
- b) Usese un contacto por cada 40m^2 de superficie de un local comercial.
- c) En general, debe instalarse un contacto, cuando menos, en cada cuarto.

Así, en el área de ventas existe una superficie de --- 5774 m^2 . Debe instalarse un contacto por cada 40m^2 :

$$\text{No. de contactos} = \frac{5774}{40} = 144$$

Entonces 144 es el número mínimo recomendado. Observamos que pueden colocarse cuatro ó dos contactos sencillos por columna. En total se distribuyen 168, debido a que algunos de --- ellos se solicitan de antemano en sitios específicos.

El área de las oficinas es de 577 m^2 aproximadamente. Corresponden 8 contactos a los primeros 40 m^2 y 3 más, por cada 40 m^2 adicionales. El número total se calcula así:

$$\text{No. de contactos} = 8 + \frac{577-40}{40} \times 3 = 48$$

En las bodegas se usarán 6 contactos sencillos solamente, ya que su uso será muy esporádico, y es probable que se oculten al colocar la mercancía.

En cambio, en los cuartos de trabajo (marcaje, corte -

de carnes, etc...) se prefiere ubicar contactos dobles cerca de las mesas o en las columnas, y en una cantidad suficiente.

Las pérdidas económicas serían muy graves si gran parte de productos refrigerados se descompusieran, para que esto no ocurre todo el equipo de refrigeración recibe la energía eléctrica de la compañía suministradora o, en su defecto, de la planta de emergencia, cuando aquélla suspende el servicio. Asimismo, por razones obvias, es muy conveniente atender a los clientes en las cajas registradoras, aún cuando la fuente normal de energía haya fallado.

Tenemos dos voltajes diferentes en la distribución secundaria, 440 y 220 voltios. El primero lo empleamos en los motores de los equipos hidroneumático, aire acondicionado y de los cuartos de refrigeración, porque así las corrientes de todos ellos son menores y por ende, la sección transversal de los conductores no es tan grande, comparativamente, además, se reducen las pérdidas por efecto Joule y también el costo de instalación y operación. El segundo lo utilizan todos los contactos, algunas lámparas incandescentes y los refrigeradores donde el público toma los productos directamente.

Los objetivos específicos que nos atañen son ubicar los centros de carga, determinar los circuitos correspondientes a éstos, seleccionar los conductores adecuados junto con sus medios de canalización, y elegir los controles y protecciones más convenientes.

UBICACION DE CENTROS DE CARGA Y DETERMINACION DE CIRCUITOS

El poder hacer uso de la instalación en cualquier mo-

mento es la situación ideal. Esto no sería siempre posible si existiese uno ó dos centros de control, exclusivamente. Por esta razón el número de tableros y circuitos derivados debe ser el suficiente, con el propósito de que la operación sea contínua y el mantenimiento pueda realizarse sin contratiempo. La magnitud del área, el tipo e importancia de la actividad que se desempeña en ella y la tarea asignada al equipo eléctrico, son factores que no deben ignorarse al decidir la existencia y tamaño de la zona de influencia de un centro de control.

La buena ubicación de un tablero proporciona seguridad al equipo, accesibilidad durante su instalación, operación, mantenimiento y futura ampliación, incluso permite optimizar el calibre de los conductores. Por lo tanto, para encontrarla debe elegirse el sitio lo más cercano posible al centro de carga y revisar las características del local, de manera que se cumplan las condiciones ya descritas.

Así, la solución propuesta es la siguiente:

En el área de ventas, se requieren tres tableros. Uno de ellos distribuye la energía a una parte de los contactos normales instalados en los muros o columnas, el otro alimenta al resto de éstos, a los secadores de manos y a las salidas especiales de las joyerías; el tercero suministra voltaje a las cajas registradoras a través de reguladores de tensión y a los contactos donde se conectarán las lámparas de señalización que usan las empleadas de las cajas mismas. Este último funciona aún cuando la compañía suministradora falle.

El servicio de contactos de las bodegas, de las básculas de salchichonería y de las salas de preparación de alimentos refrigerados, se logrará por medio de un solo tablero ubicado en el pasillo de la zona de refrigeración.

Los circuitos derivados de contactos del área de oficinas, del vestíbulo y comedor de empleados, partirán de un tablero localizado en uno de los muros de la escalera de acceso a las oficinas.

El número de contactos conectados a un circuito se determina según la importancia de la actividad del local, así, es muy pequeño donde debe existir una continuidad en el servicio y es grande donde el uso que se les da es escaso.

La mayoría de los circuitos son monofásicos (oficinas, cuartos de trabajo, etc...), y en el área de ventas se prefiere usar trifásicos porque no vale la pena instalar conductores muy gruesos, si su uso será esporádico.

Los motores de los equipos de las cámaras refrigeradoras se alimentan a partir de un tablero que se fija en la columna de concreto más próxima al centro de carga.

Asignamos un circuito a un solo motor, puesto que cada uno de éstos corresponde a un cuarto. Con esta solución se pretende que el resto de máquinas funcione aún cuando cualquiera de las protecciones opere por alguna falla.

Utilizando el mismo criterio, se debe instalar un tablero para los equipos de las cámaras de preparación de alimentos.

No es conveniente que el local del centro de control

del equipo de aire acondicionado e hidroneumático se localice en el centro de carga, porque la operación de aquél sería un poco más complicada. El mejor sitio es el local de la subestación. Sin embargo, cada máquina debe conectarse a un circuito derivado.

SELECCION DE CONDUCTORES Y MEDIOS DE SOPORTE

La capacidad de conducción de corriente de un conductor depende, en parte, del material con que esté construída la tubería que los protegerá de agresiones mecánicas ó químicas. Por este motivo, la elección del medio de soporte es de las primeras acciones que deben hacerse.

Los cables de los contactos se instalarán en tubería - conduit galvanizada de pared gruesa. El costo de ésta es mayor con respecto a otras, sin embargo, su duración es el aspecto importante porque en la mayoría de las veces se oculta bajo el piso. Las cajas rectangulares, galvanizadas, de pared gruesa, y los registros especiales de piso que evitan la entrada de agua, son las cajas de conexión más adecuadas en cuanto a seguridad.

Los conductores de los motores también se introducirán en tubería conduit de las características ya mencionadas; ahora bien, la seguridad es un aspecto importantísimo ya que el voltaje es de 440 V. El hacer las uniones de tuberías a través de couples con cuerda ó registros tipo condulet asegura la continuidad eléctrica del sistema de canalización. El ducto embisagrado metálico cumple con las condiciones anteriores, acepta la conexión de tuberías con cuerda y facilita la labor de cableado. Estos son los motivos por los que se prefiere este medio en las zonas

donde la cantidad de conductores y la complejidad de instalación son mayores.

Los cables alimentadores de todos estos tableros, se protegerán con ductos de asbesto cemento, puesto que esta combinación es muy durable a pesar de enterrarse en el suelo, la cantidad de conductores puede ser grande y la capacidad de conducción de corriente no disminuye.

Procedimiento de selección de conductores para circuitos de contactos (ya se describió el procedimiento cuando se trató la alimentación del sistema de alumbrado):

Para calcular la carga correspondiente se consideran 125 watts por contacto sencillo, sin embargo, no todos los contactos se usan al mismo tiempo, por lo que es conveniente multiplicar la corriente resultante por un factor de demanda, que puede variar de un 90 a 60% con el cual la sección de los conductores no queda muy sobrada. Mostremos el procedimiento, a través de ejemplos:

1) Zona de la entrada del área de ventas.

Alimentador del tablero "F"

a) Carga: 72 contactos, 9000 watts.

b) 127 volts, f.p. = 0.85 y factor de demanda varía del 60 a 90%. En este caso f.d. = 0.7.

$$c) I = \frac{\text{Watts}}{\sqrt{3} V_f \times \text{f.p.} \times \eta} \times \text{f.d.} = \frac{9000}{\sqrt{3} \times 220 \times 0.85 \times 1} \times 0.7$$

$$I = 19.45 \text{ A.}$$

d) l = longitud de los conductores = 100 m.

e) % caída de tensión $V_c = 2\%$

$$f) S = \frac{2\sqrt{3} \cdot 11}{V_f V_c} = \frac{2\sqrt{3} \times 60 \times 10.8}{220 \times 2} = 15.31 \text{ mm}^2$$

g) A la sección anterior le corresponde el calibre número 4, de un cable tipo THW, cuya corriente permisible es de -- 66.5

A. La protección es de 30 A.

h) Conclusión:

Se usarán cables de calibre número 4 y el neutro será del mismo número.

2) Circuito F-2

a) Carga: 20 contactos dobles, 5000 watts

b) 127 volts, f.p. = 0.85 y f.d. = 0.7

$$c) I = \frac{\text{Watts}}{\sqrt{3} V_f \times \text{f.p.} \times \eta} \times \text{f.d.} = \frac{5000}{\sqrt{3} \times 220 \times 0.85 \times 1} \times 0.7$$

$$I = 10.8 \text{ A.}$$

El circuito empleado es de 3 fases, 4 hilos porque de otra manera los conductores resultan ser más gruesos que el calibre número 8 AWG.

d) $l = 60 \text{ m}$. Esta longitud corresponde a la separación que existe entre el centro de carga del circuito y el table--ro.

e) $V_c = 2\%$

$$f) S = \frac{2\sqrt{3} \times 60 \times 10.8}{220 \times 2} = 5.1 \text{ mm}^2$$

g) Corresponde al calibre número 10 AWG, tipo TW, cuya corriente permisible es de 25 Amp. Protección es de 3X15A.

h) Conclusión:

Se usarán alambres de calibre número 10 AWG y el neutro -

también será del número 10.

3) Tablero G. Salidas especiales de los exhibidores de joyería - y contactos del área de ventas.

a) carga: Salidas especiales, 14 000 W.

Contactos: 11 000 watts.

b) 127 volts, f.p. = 0.85 y f.d. = 1 para las salidas especiales y 0.7 para los contactos.

$$c) I_{se} = \frac{\text{watts}}{\sqrt{3} V_f \text{f.p.} \times \eta} = \frac{14\ 000}{\sqrt{3} \times 220 \times 0.85 \times 1} = 43.21 \text{ A.}$$

$$I_{con} = \frac{\text{Watts} \times 0.7}{\sqrt{3} V_f \times \text{f.p.} \times \eta} = 23.77 \text{ A.}$$

$$I_T = I_{se} + I_{con} = 66.98 \text{ A}$$

d) $l = 70 \text{ m}$

e) $V_c = 1.5\%$. El porcentaje de caída de voltaja en los circuitos derivados especiales va a ser de 1.5%, ya que tienen alumbrado, en cambio, para los de contactos se empleará 2.5%

$$f) S = \frac{2\sqrt{3} I I}{V_f V_c} = \frac{2\sqrt{3} \times 66.98}{220 \times 1.5} = 49.21 \text{ mm}^2$$

g) Corresponde al calibre número 1/0 AWG, con aislamiento THW, cuya corriente permisible es de 112.7A. Protección es de 100 A.

h) Conclusión:

Se usarán tres cables del número 1/0 AWG, el neutro será del mismo grueso.

Procedimiento de selección de conductores para circuitos de fuerza:

Nuevamente, el método es el que se ha estado empleando, pero ahora el valor de la corriente de diseño será, como mínimo, la suma del 125% del motor mayor más de la corriente de los - -

demás, ya que se instalaran relojes programadores que defasarán el instante de arranque de cada uno de los motores.

Esto se debe a la corriente de arranque, que en algunos casos es cuatro ó cinco veces mayor que la nominal, sin embargo, el tiempo de duración no es mayor a un minuto.

El procedimiento se muestra con los siguientes casos.

4) Motores de las cámaras de refrigeración, tablero EE.

Selección de alimentador del tablero.

a) Carga:

No.	Circuito	Potencia H.P.	Potencia Watts	Corriente Amperes	Calibre Número, AWG
22	EE-1	7.5	6577	10.15	12
23	EE-2	5	4490	6.93	14 (12)
24	EE-3	5	4490	6.93	14 (12)
25	EE-4	5	4490	6.93	14 (12)
26	EE-5	5	4490	6.93	14 (12)
27	EE-6	5	4490	6.93	14 (12)
28	EE-7	7.5	6577	10.15	12
29	EE-8	7.5	6577	10.15	12
30	EE-9	10	8674	13.39	10

La potencia indicada en H.P., en la placa de los motores, se refiere a la energía mecánica que puede obtenerse de la flecha. La potencia indicada en watts es un promedio de valores proporcionados por la Comisión Federal de Electricidad y la Compañía de L Y F. Representa la energía eléctrica utilizada por el motor. Para obtenerla se emplea una eficiencia del --

85.85% al 89.96%. No hemos tenido acceso a los datos de placa por élllo tomamos las cantidades recomendadas.

b) 440 V entre fases, f.p. = 0.85 (mínimo permitido) y f.d. = 100%.

$$c) I = \frac{\text{Watts}}{\sqrt{3} V_f \times \text{f.p.}}$$

La corriente de cada motor se encuentra en la tabla del inciso a.

Corriente de diseño $I_D = 1.26(13.39) + 5(6.93) + 3(10.15)$

$$I_D = 81.84 \text{ A.}$$

d) $l = 20 \text{ m}$

e) $V_c = 1\%$

$$f) S = \frac{2 \sqrt{3} l I}{V_f V_c} = \frac{2 \sqrt{3} \times 20 \times 81.84}{440 \times 1} = 12.89 \text{ mm}^2$$

g) El calibre correspondiente es del número 6 AWG, con aislamiento THW, cuya corriente permisible es de 52.5 A. Por lo que se debe elegir un calibre cuya capacidad de conducción sea mayor a la corriente de diseño.

h) Concluimos que deben usarse conductores de calibre número 2 AWG, cuya máxima corriente es de 91 amperes (se considera el factor de agrupamiento: 0.7).

5) Circuitos derivados del tablero EE.

Cada motor queda conectado a un circuito, por las razones ya expuestas.

Las especificaciones necesarias de los primeros incisos ya se dieron en el ejemplo anterior. Seleccionaremos los conductores del motor mayor, cuyo valor por ser el mayor y el más alejado del tablero, facilitará el cálculo de los restantes --

(circuito EE-9)

c) $I_D = 1.25 \times 13.39 = 16.74 \text{ A.}$

d) $l = 20 \text{ m.}$

e) $V_c = 3\%$

f) $S = \frac{2 \sqrt{3} \times 20 \times 16.74}{440 \times 3} = 0.88 \text{ mm}^2$

g) El calibre que satisface la sección calculada es del número 16 AWG luego el conductor debe elegirse basándose en su capacidad de conducción.

El más adecuado es el número 10, cuya corriente es de 21.6 A, con aislamiento tipo TWH. (Ya se consideró la disminución de su capacidad por agrupamiento).

h) Se usan 4 conductores del número 10 AWG, TWH.

A partir de este ejemplo deducimos que ningún motor -- ocasionará una caída de tensión mayor del 3%, ya que los demás -- motores son más pequeños y están localizados más cerca del table ro. Concluimos que el calibre conveniente es aquel cuya corrien te máxima permisible sea mayor que el 125% de la corriente nomi nal del motor. Los resultados pueden verse en la misma tabla an terior.

Finalmente, mostraremos el caso de carga mixta, fuerza y alumbrado.

6) Tablero GE, suministra energía a los refrigeradores donde se colocan alimentos que el público toma directamente.

El fabricante de estos equipos solicita la instalación de un tablero individual con 220 volts entre fases, asimismo, -- nos proporciona la cantidad de circuitos que necesita y la carga

de cada uno de éstos en amperes.

Seleccionemos los alimentadores del tablero.

a) Carga:

Circuito	Carga de fuerza, Amp.	Carga de Alumbrado, Amp.	Distancia metros	Calibre AWG
GE-1	10	12.5	20	8
GE-2	8	10	40	6
GE-3	8	10	16	10
GE-4	8	10	26	8
GE-5	8	10	20	8
GE-6	8	10	30	6
GE-7	8	10	22	8
GE-8	10	12.5	16	8
GE-9	10	12.5	5	10

b) 220 volts, f.p. = 0.85 y f.d. = 100%

$$c) I_D = 1.25 I_{m1} + I_{m1} + I_{m2} + \dots + I_{A1} + I_{A2} + \dots$$

$$I_D = 1.25(10) + 2(8) + 2(10) + 12.5 = 61$$

$$I_D \text{ por fase} = 61 \text{ A.}$$

$$d) l = 20 \text{ m}$$

$$e) V_c = 1\%$$

$$f) S = \frac{2\sqrt{3} I l}{V_l V_c} = \frac{2\sqrt{3} \times 20 \times 61}{220 \times 1} = 19.21 \text{ mm}^2$$

g) El área calculada la satisface el conductor de calibre número 4 AWG, con aislamiento TWH.

Su máxima corriente es de 97 amperes.

h) Luego, los alimentadores deben ser de las características antes mencionadas, incluyendo el neutro.

7) Sólo resta elegir los conductores de los circuitos derivados de este último tablero. La información necesaria se tomará de la tabla ya mostrada en el ejemplo anterior. El instalador de los equipos solicitó circuitos monofásicos.

Haremos la selección solamente de un circuito, la de los demás se hace de una manera semejante. Del circuito GE-1, tenemos:

a) Carga: 10 amperes de fuerza y 12.5 de alumbrado.

b) 127 volts, f.p. = 0.85 y f.d. = 100%

c) $I_D = 1.25 \times 10 + 12.5 = 25 \text{ A.}$

d) $l = 20 \text{ m.}$

e) $V_c = 2 \%$

f) $S = \frac{4 l I}{V_n V_c} = \frac{4 \times 20 \times 25}{127 \times 2} = 7.88 \text{ mm}^2$

g) El calibre número 8 AWG es el apropiado a esta área, con forro TWH y su corriente permisible es hasta de 55 Amperes.

h) Concluimos que el calibre mencionado es el adecuado.

Consulte la tabla del ejemplo número 6 para los otros circuitos.

Nota: Las distancias indicadas se miden del tablero al sitio donde se pide instalar la salida de alimentación al refrigerador.

MEDIOS DE CONTROL Y PROTECCION

Existen varias diferencias en el procedimiento de selección del medio de control y protección de un circuito derivado de contactos y el de un circuito de motores.

El primer caso lo explicaremos por medio de algún ejem

plo, en cambio, el segundo requiere de una metodología más elaborada, la cual describiremos inmediatamente después.

Ejemplo:

8) Tablero F, alimenta a los contactos de la entrada del área de ventas.

La carga total de este centro es de 9 000 W. Calculemos la corriente:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} V_f \times t.p. \times \eta} = \frac{9\ 000}{\sqrt{3} \times 220 \times 0.85 \times 1} = 27.79 \text{ A.}$$

Consideramos un factor de demanda del 70%

$$I_D = 27.79 \times 0.7 = 19.45 \text{ A.}$$

Luego la protección más adecuada es denominada de 30 amperes, de tres polos ó fases. No empleamos la de 20 A, porque es recomendable usar solamente el 80% de la capacidad total cuando el dispositivo no tiene ajuste alguno. La máxima corriente permisible de los conductores es de 75 A.

Todas las demás situaciones en que se tenga alimentación trifásica se resuelven de la misma manera, cuando el circuito es monofásico, lo único que cambia es la fórmula para calcular la corriente.

PROTECCION Y CONTROL DE MOTORES

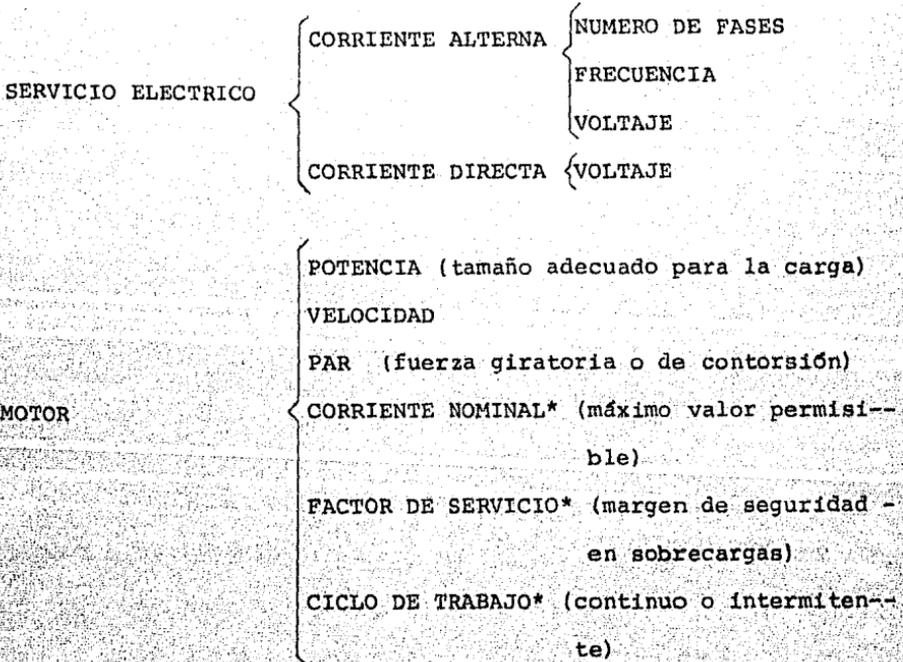
Las fallas que normalmente se presentan en los motores se clasifican en dos grupos:

Sobrecarga: Debido a sobrecargas mecánicas o eléctricas y a bajos voltajes. La característica de la corriente que circula en este tipo de fallas, es que su valor está comprendido entre el de la corriente nominal

y la de rotor bloqueado.

Sobrecorriente: Cuando existen corto circuitos y fallas a tierra, en este caso, la corriente es mucho mayor a la de rotor bloqueado.

En un instante dado puede ocurrir una de las dos fallas, por lo tanto se debe seleccionar una protección adecuada a cada uno de los motores, que interrumpa el funcionamiento de estos en condiciones de operación anormal. Para lograrlo debemos tomar en cuenta los siguientes factores.



* Muy importantes para la selección de la protección

FUNCIONES PRINCIPALES Arrancar y parar el motor
Protección a la máquina, motor y operador.

CARACTERISTICAS DE OPERACION DEL CONTROLADOR

FUNCIONES SUPLEMENTARIAS

Movimientos reversibles de pulsaciones
Inversiones rápidas
Operar a diversas velocidades, niveles reducidos de corriente o par.

MEDIO AMBIENTE

La selección del gabinete en que se aloja el controlador depende del medio ambiente.

Agua, lluvia, suciedad, polvo ó gases combustibles, aceites, etc.

REGLAMENTACION

Ley de la Industria Eléctrica
Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas (ROIE)
National Electrical Code (N.E.C.)
Normas de la National Electric Manufacturers Association (NEMA)

Este conjunto de reglamentaciones nos proporcionan las condiciones mínimas de instalación, control y protección, para los diferentes tipos de sistemas eléctricos.

A continuación analizamos con más detalle las características de algunos de los dispositivos de protección más usuales y los criterios de selección en los dos tipos de fallas antes mencionados.

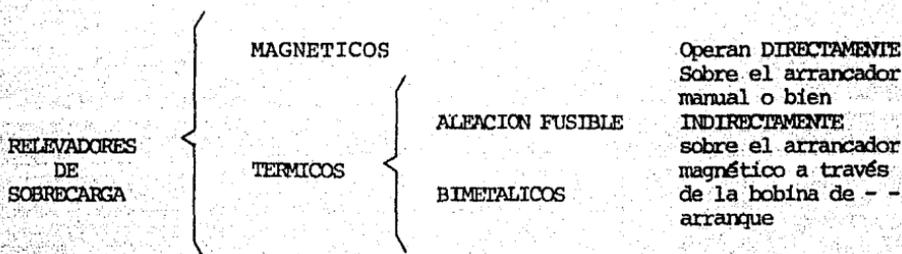
PROTECCION CONTRA SOBRECARGA

Una sobrecarga cualquiera que sea su origen, producirá una elevación de la temperatura en los embobinados del motor. Para un valor mayor de aquélla se tendrá un incremento más rápido en ésta que daña los aislamientos y la lubricación del motor. Todas ellas acortan la vida del motor, las pequeñas de corta duración causan un daño menor, pero si persisten por un período de

tiempo largo, pueden causar tanto perjuicio como una instantánea de gran magnitud. Una relación inversa es la que existe entre corriente y tiempo de falla, mientras mayor sea la primera menor será el tiempo en que se presente la avería en el motor que inclusive puede llegar a quemarse.

De lo expuesto podemos deducir que la función principal de esta protección es la de servir de resguardo al motor, protegiendo sus aislamientos y lubricación contra altas temperaturas. Para lograrlo contamos con los siguientes dispositivos:

FUSIBLES DE DOBLE ELEMENTO O RETARDADORES



La desventaja de los fusibles es que nos sirven para una sola ocasión a diferencia de los reléadores de sobrecarga. Por las características especiales de los elementos que los constituyen se puede obtener una gran variedad en sus condiciones de operación y conseguir lo apropiado para una necesidad específica.

Los relevadores de sobrecarga se designan en amperes y para seleccionarlos se toma como base la corriente nominal del motor, y se pueden escoger de restablecimiento manual o automático.

PROTECCION CONTRA SOBRECORRIENTE

Mencionamos anteriormente que la corriente que circula en un corto circuito o en una falla a tierra es mucho mayor que la de rotor bloqueado, por lo tanto la protección a utilizar además de proteger el motor debe hacer lo mismo con el controlador y los alimentadores de aquél.

Los medios de protección que comunmente se utilizan -- para detectar y librar las sobrecorrientes, son los fusibles y los interruptores termomagnéticos. Estos dispositivos han de soportar la corriente de arranque del motor; la de diseño no ha de exceder el 250% de la nominal cuando aquél no cuente con una letra o clave, en caso contrario, de acuerdo a ella, se hará la calibración de un 150 a un 250% del valor de la corriente a plena carga. En ocasiones se puede aumentar la calibración, por ejemplo cuando no se soporta la corriente de arranque, en estos casos la de diseño nunca ha de sobrepasar del 400% de la corriente nominal del motor.

La reglamentación eléctrica (ROIE) exige un medio de desconexión que interrumpa el suministro de energía eléctrica al controlador y al motor, aunado a las protecciones contra sobrecarga y sobrecorriente; normalmente la primera se encuentra alojada dentro del controlador y la segunda; en el caso de fusibles se puede utilizar un interruptor de cuchillas con portafusibles integrado; los interruptores termomagnéticos, a la vez que protegen, sirven como dispositivos de desconexión.

En cuanto al medio de control, los arrancadores son los dispositivos que se emplean como tal. Su función fundamen--

tal es la de arrancar y parar el motor. Aún más, pueden aprovecharse para lograr movimientos reversibles de pulsaciones e inversiones rápidas, operando a diversas velocidades o a niveles reducidos de corriente y par del motor.

Ya que todos los motores que se van a utilizar son de inducción jaula de ardilla y su voltaje de alimentación no excede 600 voltios, los arrancadores que se mencionan se diseñan tomando en cuenta estas dos características.

Actualmente se fabrican dos tipos, los manuales y los magnéticos. Describamos las características principales de cada uno de ellos.

Arrancador Manual:

Es un controlador de motor cuyo mecanismo de contacto es operado por un entrelace mecánico desde una palanca articulada o un botón que a su vez es operado manualmente. Una unidad térmica y un mecanismo de sobrecarga que actúe directamente, proporciona al motor en marcha una debida protección. Básicamente un arrancador manual es un interruptor del tipo "cerrar-abrir" con relevadores de sobrecarga.

Los relevadores manuales se usan generalmente en pequeñas máquinas de herramientas, ventiladores, sopladores, bombas, compresores y transportadores. Son los de más bajo costo; tienen un mecanismo bastante simple, operación silenciosa, sin zumbido del magneto que provoca la corriente alterna.

Al mover una palanca u oprimir el botón de ARRANQUE, se cierran los contactos y permanecen así hasta que se mueve la palanca de "abrir", o se oprime el botón de "parar", o las unida--

des de relevadores térmicos de sobrecarga se disparan.

Los hay de dos tipos: de potencia fraccionaria y de potencia integral, y ambos se conectan directamente a la línea de arranque. No proveen protección o disparo por bajo voltaje. Si la energía falla, los contactos permanecen cerrados y el motor se arrancará de nuevo cuando la tensión vuelva. Esta es una ventaja en el caso de las bombas, ventiladores, compresores, quemadores de aceite, etc., no así para otras aplicaciones en que puede resultar una desventaja y aún un peligro al personal o equipo.

En aplicaciones peligrosas deberá usarse para propósitos de seguridad un arrancador magnético y dispositivos piloto de contacto momentáneo, con tres alambres de control.

Por esta última razón y el hecho de que no es común --- construir arrancadores manuales para motores mayores de 10 H.P., se eligen los magnéticos.

• Arrancadores magnéticos:

Las necesidades particulares de esta instalación requieren que el medio de control posea la suficiente capacidad de operación desde un sitio un poco lejano y que tenga una operación automática en respuesta a una señal que le envíe un dispositivo piloto. También se necesita protección por bajo voltaje. Todo esto puede proporcionarlo un arrancador magnético.

En general, constan de una bobina montada sobre una estructura ferromagnética estacionaria, de una armadura móvil que completa el circuito magnético, y de contactos fijos y móviles - que se cierran cuando la corriente circula por la bobina y atrae a la armadura. Existen otros elementos pero consideramos que no

es importante mencionarlos para nuestros propósitos. Así como se requiere un valor mínimo en el voltaje para lograr el arranque y sellado, también hay una tensión mínima que provoca que la armadura se separe y se abran los contactos.

Ahora explicaremos como seleccionar el arrancador adecuado.

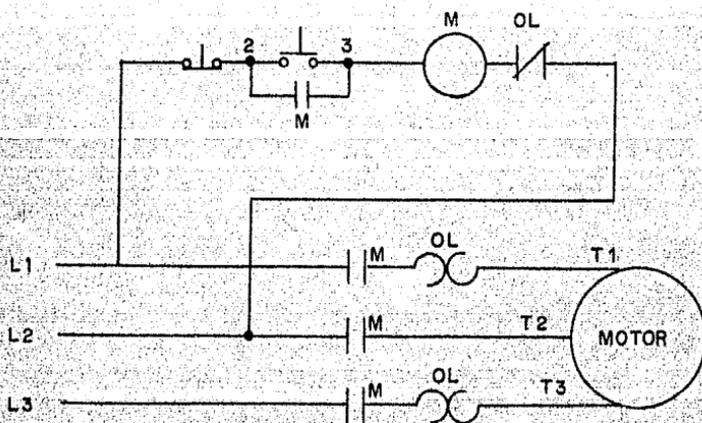
La corriente que circula a través del motor también lo hace por los contactos estacionarios y móviles, y la unidad térmica ó la parte del calentador del ensamble del relevador de sobrecarga. El número de contactos ó polos se determina por medio del servicio eléctrico. En un sistema de 3 hilos, trifásico, -- por ejemplo; se requiere un arrancador de 3 polos. Su tamaño lo especifica una de las normas NEMA y su capacidad la da el fabricante. Los contactos deben transportar la corriente de carga -- plena sin que la elevación de su temperatura y la de los aislamientos adyacentes exceda a la nominal, eligiendo el tamaño adecuado se evitan los sobrecalentamientos.

El arrancador debe interrumpir el suministro de energía al motor bajo las condiciones impuestas por la corriente del rotor bloqueado, sin que se dañe aparato alguno, es decir, las especificaciones del arrancador magnético seleccionado deben igualar o sobrepasar la potencia del motor y la corriente de carga plena. Por ejemplo: un motor tiene un rango de 50 H.P., el servicio es de 220 volts, trifásico y la corriente de carga plena -- del motor es de 125 amperes; por tanto, le corresponde un arrancador de tamaño 4 (NEMA) si su ciclo de trabajo es normal; si -- fuese utilizado en pulsaciones o frenado el tamaño sería 5. Los

productores de estos equipos publican tablas donde se puede resolver el problema con gran facilidad.

En todos los casos se va a emplear el control de tres hilos, porque desenergiza los motores cuando ocurre una disminución en la diferencia de potencial y no arrancan inmediatamente después que se restablece el servicio, a menos que se haga una acción deliberada. Este encendido instantáneo no es deseable porque los alimentadores se eligen considerando que las máquinas se ponen en marcha una por una, y por otra parte, la regulación de tensión de la planta generadora de emergencia no es buena -- cuando una parte considerable de la carga se acciona al mismo -- tiempo. Es necesario un "timer" ó equipo de control por tiempo -- que permite la conexión de los circuitos de uno en uno.

El diagrama que se muestra a continuación es el más elemental de un control de tres hilos.



En el caso de los motores de 15 H.P. debe usarse el mismo tipo de control pero con voltaje reducido.

Ahora bien, aplicaremos las ideas antes expuestas para determinar cuales son los medios de protección y control más convenientes para cada máquina. En vista de que los fabricantes de los equipos (refrigeración, hidroneumático, etc...) proporcionan algunos de estos medios o bien los exigen antes de realizar su instalación, cada equipo se tratará en particular y se analizará la solución propuesta.

a) Equipo de aire acondicionado e hidroneumático.

Estos obtendrán la energía del tablero "J" ubicado en la sub-estación. (Consulte el diagrama unifilar correspondiente). En este sitio la protección de cada circuito y la general, serán del tipo termomagnético. Al pie de cada máquina, sobre un muro, se instalará un interruptor de seguridad con fusibles ya que así lo solicita el constructor de dichos equipos.

Para tener mayor seguridad, en cualquier aspecto, a cada motor se le asignará un arrancador con protección térmica (sobrecarga).

La información disponible es la siguiente:

La potencia del motor en H.P. voltaje de operación, 440 - voltios; el número de fases, 3; la corriente nominal; y el servicio que darán será más ó menos continuo.

Circuito J-1, equipo hidroneumático.

La carga consiste de dos motores de 5 H.P. y uno de 1/4 H.P.

Protección del alimentador del circuito, termomagnética.

$$I_D = 2.5 (6.93) + 6.93 + 0.4 = 24.66 \text{ A}$$

3X20A.

Protección del circuito, con fusibles

$$I_D = 4(6.93) + 6.93 + 0.4 = 35.05 \text{ A}$$

3X30A.

Arrancadores:

5 H.P., magnético, control a 3 hilos, tamaño NEMA 0.

1/4 H.P., manual, potencia integral

Protección térmica:

5 H.P., aleación fusible, $I_{nom} = 6.93 \text{ A}$, 3 fases.

1/4 H.P., aleación fusible, $I_{nom} = 0.4 \text{ A}$, 3 fases.

Circuitos J-2, J-3, J-4, J-5, J-6.

Todos estos son iguales, basta con resolver uno.

Se tienen un motor de 15 H.P. y otro de 1/4 H.P.

Protección termomagnética:

$$I_D = 2.5 (19.85) + 0.4 = 50.025 \text{ A}$$

3X50A

Protección con fusibles:

$$I_D = 4 (19.85) + 0.4 = 79.8 \text{ A}$$

3X70A

Arrancadores:

15 H.P., magnético, control a 3 hilos, tamaño NEMA 2., a tensión reducida.

1/4 H.P. manual, potencia integral.

Protección térmica:

15 H.P., aleación fusible, $I_{nom} = 19.85$ A, 3 fases.

1/4 H.P., aleación fusible, $I_{nom} = 0.4$ A, 3 fases.

Protección de todo el tablero, termomagnética:

$$I_D = 2.5 (19.85) + 4 (19.85) + 6 (0.4) + 2 (6.93) =$$

145.3A

3X150A.

b) Refrigeradores para autoservicio.

Aquí se nos solicita colocar un centro de carga (tablero GE) lo más cercano posible a los refrigeradores, y conectar éstos a protecciones termomagnéticas únicamente, puesto que cada máquina posee un arrancador controlado por temperatura y una -- protección contra sobrecarga.

Circuitos GE-1, GE-8 y GE-9.

La carga es mixta y se nos da en amperes.

Alumbrado: 12.5 A

Motores: 10 A

Protección termomagnética:

$$I_D = 2 (10) + 12.5 = 32.5$$
 A

1X30A

Circuitos GE-2, GE-3, GE-4, GE-5, GE-6 y GE-7.

Alumbrado: 10 A

Motores: 8 A

Protección termomagnética:

$$I_D = 2 (8) + 10 = 26$$
 A

1X20A.

Protección termomagnética del tablero en general:

Motores: 10 + 2 (8)

Alumbrado: 10 + 10 + 12.5

ésto corresponde a una fase.

$I_D = 2 (10) + 2 (8) + 32.5 = 68.5 \text{ A}$:

Protección termomagnética de 3X70 Amp.

c) Equipo de refrigeración de las cámaras frías.

En este caso debemos seleccionar la protección termomagnética y el arrancador de cada motor, un circuito derivado corresponde a un solo motor. El tablero se ubicará a 8 metros de distancia de las máquinas.

Disponemos de la potencia, el voltaje de operación, -- 440 V; el número de fases, 3 fases; y el servicio será intermitente.

Circuitos EE-2, EE-3, EE-4, EE-5, EE-6.

5 H.P. $I_{nom} = 6.93 \text{ A}$

Protección termomagnética:

$I_D = 2.5 (6.93) = 17.32 \text{ A}$

3X15A

Arrancador:

Magnético, control a 3 hilos, tamaño NEMA 1.

Protección térmica:

Bimetálica, en las 3 fases.

Circuitos EE-1, EE-7 y EE-8

7.5 H.P., $I_{nom} = 10.15 \text{ A}$

Protección termomagnética:

$I_D = 2.5 (10.15) = 25.375 \text{ A}$

3X20A

Arrancador:

Magnético, control a 3 hilos, tamaño NEMA 2.

Protección térmica:

bimetálica, en las 3 fases.

Circuito EE-9

10 H.P., $I_{nom} = 13.38$ A

Protección termomagnética:

$$I_D = 2.5 (13.38) = 33.45$$
 A

3X30A

Arrancador:

Magnético, control a 3 hilos, tamaño NEMA 2.

Protección térmica:

bimetálica, en las 3 fases.

Protección termomagnética del tablero en general:

$$I_D = 2.5 (13.38) + 3 (10.15) + 5 (6.93) =$$

$$I_D = 98.55$$
 A

3X100A

- d) Equipo de refrigeración de los cuartos fríos para preparación de alimentos.

La solución es semejante a la anterior, lo único que cambia es el número de motores, sólo seleccionaremos la protección del tablero.

$$I_D = 2.5 (10.15) + 2 (10.15) + (6.93) = 80.33$$
 A

3X100 A.

CAPITULO IV

ACOMETIDA, SUBESTACION Y PLANTA DE EMERGENCIA

En los capítulos anteriores hemos hablado de utilizar dos voltajes diferentes en baja tensión para el servicio interior, pero no se ha establecido el voltaje de recepción de la -- compañía suministradora, que nos presenta dos opciones de alimentación: en baja y en alta tensión. Ahora bien, antes de decidir cual será apropiado pensemos en lo que implica cada una de estas alternativas:

Baja tensión.- El costo de la energía y de todos los conductores a utilizar es mayor.

Alta tensión.- El costo de la energía es menor y la acometida es más sencilla. Recibir en estas condiciones implica también instalar un equipo adicional que nos transforme la energía en una forma conveniente en la que podamos utilizar apropiadamente y con menores riesgos, a este conjunto de elementos se le denomina SUBESTACION ELECTRICA, obviamente esto equivale a tener una inversión inicial mayor.

El costo de la energía eléctrica, es abatido utilizando alta tensión en la acometida cuando se tiene una gran demanda de aquella, como en el caso que nos ocupa, consecuentemente se tiene un ahorro en pesos que amortiza el equipo adicional que se requiere para transformarle, de tal manera que a continuación presentamos las características de los elementos que intervienen desde la recepción de energía hasta los sistemas de distribución secundaria.

DESCRIPCION DE LA ACOMETIDA Y DEL EQUIPO DE MEDICION

La acometida (según ROIE) es la parte de los conductores de una línea de servicio, comprendida desde las líneas o equipos inmediatos del sistema general de abastecimiento, hasta el primer punto de sujeción de dichos conductores, en la propiedad servida.

Las acometidas pueden ser áreas o subterráneas, sencillas o dobles; de acuerdo a las condiciones de la red de distribución en la zona, a las características de la propiedad servida y de la magnitud y tipo de carga solicitada se habrá de elegir la más apropiada, de tal forma que se preste la mayor continuidad en el servicio al cliente.

La última operación que realiza la compañía suministradora antes de entregar la energía es la medición de ésta. Se requiere de un espacio dentro del terreno del solicitante para instalar el equipo de medición, cuyas características dependerán de la magnitud de la carga y de la tensión de abastecimiento de energía. Este equipo se aloja en un gabinete compacto, construido en lámina de acero rolada en frío, autosoportado, esta celda contiene los buses necesarios, formados por barras de cobre des-

nudo soportadas por aisladores de apoyo de resina sintética, y consta también de una barra de tierra. La celda de medición tiene un espacio adecuado para alojar el equipo y para la colocación de una mufa tripolar.

La compañía proporciona los transformadores de corriente y de potencial, los wattorímetros y un medidor de KVAR, así como uno de demanda máxima en KVA.

El equipo de medición debe alojarse lo más cerca posible a las líneas de servicio de la compañía; la subestación por razones de operación y economía se encuentra en un lugar muy próximo al centro de carga eléctrico, la cual en nuestro caso se encuentra a varias decenas de metros de los límites del terreno, es por eso que nos vemos en la necesidad de construir un cuarto adicional, situado en el lindero más cercano a las líneas para instalar y proteger el equipo de medición.

La acometida proviene de una línea aérea y es conducida por medio de un ducto subterráneo para ser recibida en la mufa tripolar que se encuentra alojada en el gabinete de medición.

DESCRIPCION Y SELECCION DEL EQUIPO DE LA SUBESTACION

Antes de describir el equipo de subestación es conveniente presentar una clasificación general de subestaciones:

POR SU OPERACION	De corriente Alterna
	De corriente Contínua
POR SU SERVICIO	Receptores
	De enlace o Distribución
	Convertidoras o Rectificadoras
	Elevadoras
	Reductoras

POR SU CONSTRUCCION Tipo Intemperie
 Tipo Interior
 Tipo Blindada

Los elementos que constituyen una subestación se clasifican en PRINCIPALES Y SECUNDARIOS.

ELEMENTOS PRINCIPALES

Transformador
Interruptor de potencia
Restaurador
Cuchillas fusible
Cuchillas desconectadoras
Cuchillas de prueba
Apartarrayos
Tableros de distribución
Condensadores

Transformadores de instrumentos

ELEMENTOS SECUNDARIOS

Cables de potencia y de control
Alumbrado
Estructura
Herrajes
Equipo contra incendio
Equipo de filtrado de aceite
Sistema de tierras

TRANSFORMADOR.- El transformador es una máquina estática de inducción en la cual la energía eléctrica es cambiada en sus dos factores, intensidad y tensión.

Las características más importantes que debemos tomar en

cuenta al momento de elegir un transformador son los siguientes:

Capacidad

Número de Fases

Tensión Primaria

Tensión Secundaria

Tipo de Conexión

Frecuencia Eléctrica

Polaridad

Tensión en Taps

% de Impedancia

Temperatura Máxima sobre el Ambiente

Accesorios especiales de Medición y Protección

Servicio para Medio Ambiente Especial

Aéreo, Piso o Subterráneo

Medio Refrigerante

INTERRUPTOR DE POTENCIA.- Es un dispositivo electromecánico que protege al transformador contra sobrecargas y corrientes de corto circuito, de una manera automática. Al abrirse sus contactos, que están en el interior de un tanque cilíndrico hermético, se produce entre ellos un arco eléctrico el cual debe extinguirse rápidamente para que no se dañe el interruptor. Para suprimir ese arco puede utilizarse aceite, gas, vacío, etc...

CUCHILLAS FUSIBLES.- Es una protección auxiliar contra cortocircuito del transformador. En caso de fundirse algún fusible, queda abierta la línea correspondiente y un transformador de potencial detecta el NO-VOLTAJE en la fase, operando un revelador que envía una señal para abrir automáticamente las tres fases y así dejar sin energía la subestación.

CUHILLAS DESCONECTADORAS.- Es un grupo de tres cuchillas que permiten eliminar la alimentación a la subestación cuando se requiere darle mantenimiento. Estas operan sin carga.

CUCHILLA DE PRUEBA.- Antes de la nacionalización de las compañías suministradoras, la instalación era obligatoria, para comprobar el buen funcionamiento de los medidores sin interruptor en ningún momento la circulación de corriente. Actualmente los instrumentos se verifican antes de instalarlos o se comprueba el consumo y la demanda máxima en baja tensión, agregando un 2% por pérdidas en los transformadores. Por las razones expuestas la comprobación de medidores se hace solamente a solicitud del usuario, el cual ha aceptado por escrito que se le interrumpa el servicio unos 20 ó 30 minutos mientras se realiza la prueba.

APARTARRAYOS.- Debido a que existen sobre tensiones transitorias de pequeña duración (40 a 50 μ Seg), causadas por descargas atmosféricas en las líneas de alimentación o por operación de interruptores en la red general, por lo tanto se deben conducir a tierra las sobrecorrientes resultantes para proteger la subestación. Para ello se usa el APARTARRAYOS, que es un dispositivo de operación análoga a un interruptor automático: Está normalmente abierto y cuando ocurre una sobretensión a través de la línea, cierra el circuito a tierra para efectuar la descarga. Pasando el transitorio, instantáneamente vuelve a abrir interrumpiendo con ello el flujo de corriente; de no interrumpirlo, la corriente continuaría fluyendo hacia tierra impulsada por el voltaje normal de la línea y causaría un corto circuito.

Los dispositivos presentan una resistencia elevada a tensiones nominales y baja a sobretensiones para favorecer la descarga. Los más usados son los apartarrayos llamados del tipo AUTOVALVULAR.

TABLEROS DE DISTRIBUCION.- Son gabinetes de lámina de acero en cuyo interior se encuentran los circuitos de distribución y las protecciones termomagnéticas necesarias para cortos circuitos y sobrecargas. Están conectados a los secundarios de los transformadores.

CONDENSADORES.- Estos se utilizan solamente en los casos en que se tiene que mejorar el factor de potencia.

TRANSFORMADORES DE MEDICION.- Son transformadores de alta precisión que reproducen fielmente un parámetro del primario en el secundario, a una escala menor. Con ésto se logra que de una manera económica y segura se tomen lecturas de altos voltajes y corrientes y se operen sistemas de protección y control en los transformadores industriales. Pueden ser de POTENCIAL o de CORRIENTE.

SISTEMA DE TIERRAS.- Para brindar la mayor seguridad posible al personal y para que todos los aparatos de protección funcionen correctamente, es indispensable instalar un buen sistema de tierras. Dada la importancia que este punto tiene lo tratamos con detalle en el capítulo VI.

Estos son los componentes que integran una subestación en general, sin embargo, las características de cada uno de ellos y su conexión con los demás dependen de toda la instalación interior y del sistema externo de alimentación.

Antiguamente las subestaciones ocupaban mucho espacio y eran peligrosas. Actualmente se usan las subestaciones unitarias, no presentan peligro, son fáciles de instalar, de mover de lugar y ser ampliadas, y tienen un valor de recuperación mayor que las de tipo abierto.

El costo actual aproximado de una subestación compacta es del 50 al 75% del valor de una abierta del tipo antiguo.

Por estas razones hemos elegido la subestación compacta o unitaria, además debe ser del tipo interior, ya que se ha destinado un local para protegerla.

Estas se fabrican en secciones o celdas para facilitar su transporte y montaje, cada uno representa un elemento del diagrama unifilar, es decir, cada parte tiene una función: mide, protege, conecta y desconecta, transforma etc. Las celdas se pueden combinar para realizar diversos diagramas de distribución y formar un conjunto compacto.

Los aparatos, equipo y conexiones se encierran en gabinetes construídos con lámina de acero, rolada en frío, auto-soportado, totalmente pintados.

Todas las celdas tienen frente muerto el cual se logra al interconectar la estructura de los gabinetes por medio de un colector principal (barra de cobre) y a su vez éste conectado firmemente a tierra. Así se proporciona seguridad a las personas encargadas de su manejo.

La distancia entre los buses que interconectan un gabinete con otro y de aquéllos con las partes conectadas a tierra, dependen de la diferencia de potencial de trabajo. Asimismo

mo las dimensiones y resistencia mecánica de los aisladores deben ser las apropiadas a este voltaje y a los esfuerzos correspondientes a la magnitud de los cortocircuitos. No es necesario -- realizar ningún cálculo referente a estas cuestiones, simplemente basta con especificar el voltaje y la capacidad de la subestación, ya que el fabricante toma todos estos factores al diseñarla. En nuestro caso, el voltaje de suministro es de 23 KV, y -- por tanto de este mismo valor debe ser la clase de la subestación a utilizar. La capacidad de corriente de las barras colectoras es de 600 Amperes, puesto que el transformador principal -- es de 750 KVA y le corresponde una corriente de 19 Amp. solamente.

A continuación presentamos el diagrama unifilar, simbología, características de los elementos empleados, asimismo la -- memoria de cálculo y observaciones para determinar aquéllas.

SIMBOLOGIA

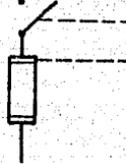
Acometida de la Cfa. Suminis-
tradora.



Fusibles e interruptor
de cuchillas de la cfa.
suministradora



Cuchilla-fusible



Equipo de medición de la
compañía sum.



Amperímetro



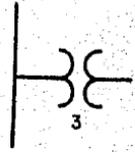
Voltímetro



Transformador de corriente
(El número indica la cantidad
de transformadores)



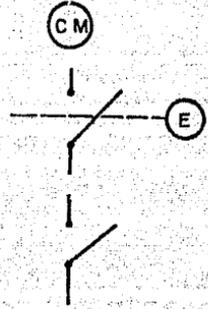
Transformador de potencial
(El número indica la cantidad
de transformadores).



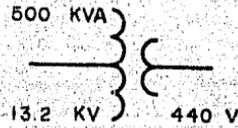
Conmutador

Interruptor de operación eléctrica

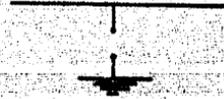
Cuchillas desconectadoras o
desconectador de paso, sin
carga.



Transformación



Apartarrayos



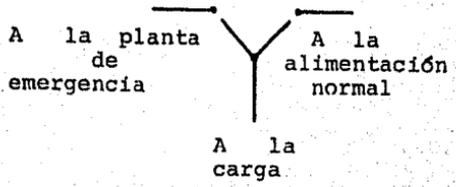
Alimentador subterráneo

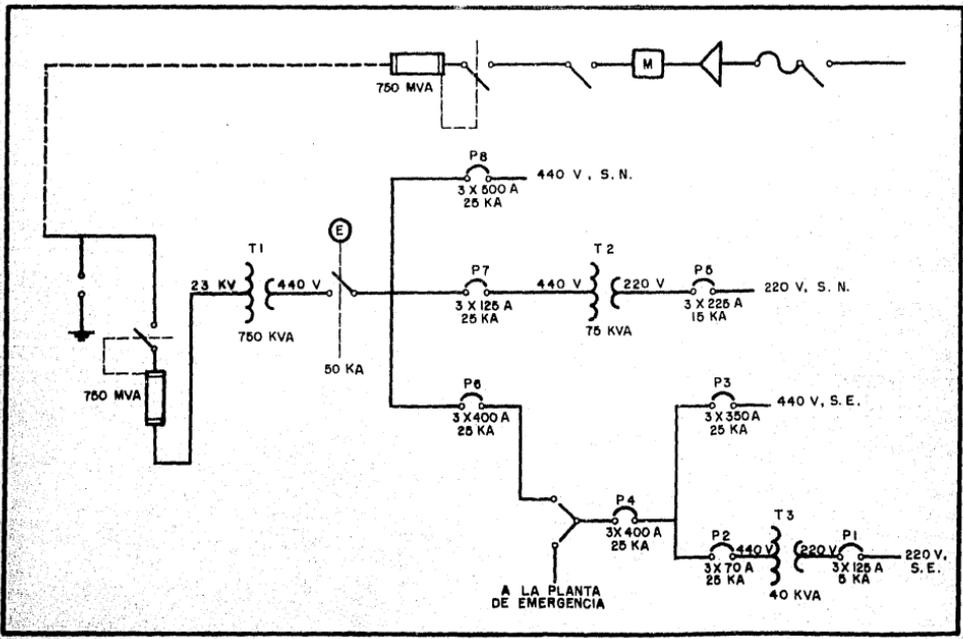


Interruptor y protección
termomagnética



Interruptor de transferencia





En el primer punto de este capítulo se mencionó la necesidad de poner en cuartos separados el equipo de medición y la subestación. Junto al primero se colocarán un juego de cuchillas desconectoras, otro de fusibles y finalmente uno de apartarrazos, para proteger al alimentador que permite la unión de esos dos equipos. No se emplearán las cuchillas de prueba, por las razones ya expuestas y además porque se cuenta con la planta de emergencia que puede trabajar cuando ocurra el caso de solicitar una libranza.

Hemos incluido tres transformadores, como puede observarse en el diagrama unifilar, puesto que existe cargas de alumbrado y fuerza que funcionan con 254 V, también tenemos contactos y equipo especial de 127 V, parte del sistema está conectado al servicio normal y parte al de emergencia. El tablero de transferencia y las protecciones termomagnéticas agregadas son indispensables para lograr la mayor flexibilidad y continuidad de servicio, aún en condiciones anormales.

Antes de mostrar el detalle de los cálculos y las características de cada aparato, presentamos los cuadros de carga, ya que son, de suma importancia para hacer la selección correcta.

SERVICIO NORMAL A 220 V.

TABLERO	WATTS TOTALES	WATTS POR FASE		
		A	B	C
F	9 125	3 000	3 125	3 000
G	28 000	9 375	9 375	9 250
H	12 025	4 025	4 000	4 000
I	14 225	4 750	4 725	4 750
TOTAL	63 375	21 150	21 225	21 000

D= 1.06%

SERVICIO DE EMERGENCIA A 220 V.

TABLERO	WATTS TOTALES	WATTS POR FASE		
		A	B	C
FE	6 000	2 000	2 000	2 000
GE	18 954	6 318	6 318	6 318
TOTAL	24 954	8 318	8 318	8 318

D= 0%

CARGA TOTAL DEL SERVICIO DE 220 V.

WATTS TOTALES	WATTS POR FASE		
	A	B	C
88 329	29 468	29 543	29 318

D= 0.77 %

SERVICIO NORMAL A 440 V.

TABLERO	WATTS TOTALES	WATTS POR FASE		
		A	B	C
A	4 300	0	0	4 300
B	76 000	25 500	25 500	25 000
C	94 500	31 500	31 500	31 500
D	16 200	5 400	5 400	5 400
E	12 100	4 000	4 100	4 000
J	74 865	24 955	24 955	24 955
K	6 000	2 000	2 000	2 000
TOTAL	283 965	93 355	93 455	97 155

D= 3.91%

SERVICIO DE EMERGENCIA A 440 V

TABLERO	WATTS TOTALES	WATTS POR FASE		
		A	B	C
AE	24 900	8 200	8 500	8 200
BE	26 200	8 800	8 600	8 800
CE	8 500	2 800	2 800	2 900
DE	7 100	2 400	2 400	2 500
EE	50 856	16 952	16 952	16 952
HE	42 180	14 060	14 060	14 060
IE	18 000	6 000	6 000	6 000
TOTAL	177 936	59 212	59 312	59 412

D= 0.33%

CARGA TOTAL DEL SERVICIO DE 440 V

WATTS TOTALES	WATTS POR FASE		
	A	B	C
461.901	152 567	152 767	156 567

D= 2.5%

CARGA TOTAL

WATTS TOTALES	WATTS POR FASE		
	A	B	C
550 230	182 035	182 310	185 685

D= 2.07%

TRANSFORMADOR (T 1) .

Uso: suministra energía al total de la carga.

Número de fases: 3.

Tensión en el primario: 23 000 voltios.

Tensión en el secundario: 440-254 voltios.

Tipo de conexión: delta-estrella, con neutro accesible.

Frecuencia: 60 Hz.

Capacidad:

$$KVA = \frac{KWT}{f_p} = \frac{550.23}{0.85} = 647.3$$

$$KVA_T = KVA \times 1.15 = 744.43$$

Si consideramos un 15% de futuras ampliaciones.

El valor comercial es de 750 KVA

Tensión en taps: + 2 de 2.5 %

% de impedancia: 5.5

Polaridad: Sustractiva o aditiva no interesa porque no habrá conexiones en paralelo con otros transformadores.

Temperatura máxima sobre el ambiente:

Se permite una sobreelevación de temperatura en el cobre, de 55°C sobre la del ambiente, considerada de 40°C máxima y de 30°C promedio durante 24 horas, a una altura de 2240 m. s.n.m.

Medio refrigerante: Tipo OA, significa que los embobinados están sumergidos en aceite y éste se enfría por convección natural.

Clase: Potencia, para colocarse sobre el piso.

Accesorios especiales de medición y protección.

Placa de cobre para conectar el tanque a tierra.

Ganchos para levantar el transformador.

Válvula de drenaje.

Válvula de muestreo.

Válvula superior para filtro prensa.

Indicador magnético de nivel de aceite.

Termómetro de carátula.

Cambiador de derivaciones con manejo exterior.

Provisión para conectar vacuómetro.

Provisión para apoyar gato.

Provisión para mover con rodillos.

Ductos de acoplamiento en A.T. y B.T.

Peso: 4 800 Kg.

Dimensiones: Entre gargantas: 2.00 m, ancho
de 2.6 m y una altura de 2.0 m.

TRANSFORMADOR (T2)

Uso: Suministra energía a los contactos no conectados al sistema de emergencia.

Número de fases: 3

Tensión en el primario: 440 V.

Tensión en el secundario: 220/127 V.

Frecuencia: 60 Hz.

Capacidad:

$$KVA = \frac{kWt}{f.p.} \times \text{factor de ampliación} \times f. \text{ de demanda}$$

$$KVA = \frac{63.375}{0.85} \times 1.15 \times 0.8 = 68.6$$

KVA= 75 (comercialmente).

Tensión en taps: + 2 de 2.5%

% de impedancia: 3.5

Polaridad: Sustractiva o aditiva (no nos interesa por-- que no habrá conexiones en paralelo con otros transformadores).

Temperatura máxima sobre el ambiente:

Se permite una sobreelevación de temperatura en el cobre, de 55°C sobre la del ambiente, considerada de 40°C máxima y de 30°C prome-- dio durante 24 horas.

Medio refrigerante: Tipo seco.

Clase: Distribución, para colocarse en el piso.

Accesorios especiales:

Placa de cobre para conectar la estructura a tierra.

Termómetro de carátula.

Cambiador de derivaciones.

Provisión para apoyar gato.

Provisión para mover con rodillos.

Peso: 400 Kg.

Dimensiones: Altura 124 cm, frente 113 cm, fondo -- 65 cm.

TRANSFORMADOR T3

Uso: Suministra energía a los contactos de las cajas registradoras y equipos de refrigeración.

La mayoría de las características restantes son idénticas a las del transformador T2, solo mencionaremos las que no lo son:

Capacidad:

$$KVA = \frac{kWt}{f.p.} \times \text{factor de ampliación}$$

$$KVA = \frac{24.954}{0.85} \times 1.15 = 33.76$$

KVA = 40 (Comercialmente).

% de impedancia: 3

Peso: 300 Kg.

Dimensiones: Altura 112.5 cm, frente 95 cm, fondo 56 cm
SECCIONADOR DE CARGA TRIPOLAR DE UN TIRO, DE OPERACION
EN GRUPO, PARA SERVICIO INTERIOR.

Características:

El seccionador de carga está provisto con tres portafusibles para fusibles de alta tensión y alta capacidad interruptiva, con el fin de que se pueda asumir la protección contra corto circuito en las instalaciones. En el caso de fundirse un fusible, el seccionador de carga abre automáticamente para que no trabaje el transformador o la parte de baja tensión en dos fases. Su accionamiento manual puede hacerse por medio de volantes.

Se instalarán dos interruptores, uno en el cuarto de la acometida para proteger la línea subterránea de alta tensión que alimenta al transformador, y otro al final de ésta para proteger y poder dar mantenimiento al resto de la subestación.

Los elementos están montados sobre aisladores de resina y deben ser adecuados a un voltaje entre fases de 23 000 voltios. Las cuchillas desconectadoras tienen una capacidad de corriente de 600 Amperes cuando están cerradas. La corriente máxima que circulará en estado normal en el lado de alta del transformador es de:

$$I = \frac{KVA}{\sqrt{3} KV} = \frac{750}{\sqrt{3} 23} = 18.83 A$$

El fusible más conveniente es de 25A (valor comercial), de alta capacidad interruptiva 800 MVA.

INTERRUPTOR ELECTROMAGNETICO EN AIRE, DE BAJA TENSION

Se utiliza para protección de circuitos derivados o como interruptor general, en circuitos de distribución de fuerza o en circuitos auxiliares de centrales eléctricas.

Tiene las características siguientes:

La energía necesaria para su operación se obtiene de un resorte, el cual la almacena debido a una acción eléctrica y/o manual. Posee una unidad estática transistorizada que es el cerebro del disparo automático por sobrecarga y corto circuito, que actúa con la corriente emitida por los tres sensores que se encuentran conectados a las terminales principales. La extinción del arco se lleva a cabo en cámaras de arqueo.

La unidad puede seleccionarse en sus diferentes combinaciones (ver la tabla), hasta con un total de seis controles ajustables por medio de potenciómetros, según las siguientes características:

- 1° Magnitud de la corriente a tiempo diferido largo, 0.5 a 1.25 (ajuste, por el rango del sensor).
- 2° Tiempo diferido largo, 4 a 36 segundos (6 veces el rango del sensor).

- 3° Magnitud de la corriente a tiempo diferido corto, 4 a 10 veces el rango del sensor.
- 4° Tiempo diferido corto 0.18 a 0.5 seg. ó 11 a 30 ciclos a 60 Hz, a 2.5 el ajuste de la magnitud de la corriente.
- 5° Magnitud de la corriente instantánea, 4 a 12 veces el rango del sensor.
- 6° Tiempo de corriente a tierra con magnitud de corriente no ajustable. Retardo del disparo por corriente de tierra 0.15 o 0.5 segundos, 9 a 30 ciclos a 60 Hz.

TABLA DE LAS UNIDADES DE DISPARO

Combinación	
LI	Tiempo diferido largo e instantáneo, tiempo diferido largo, instantáneo y disparo por fallas a tierra.
LSG	Tiempo diferido largo, diferido corto y disparo por fallas a tierra.
LSIG	Tiempo diferido largo, tiempo diferido corto, instantáneo y disparo por falla a tierra.
LS	Tiempo diferido largo y tiempo diferido corto.
LSI	Tiempo diferido largo, tiempo diferido corto e instantáneo.

El rango de operación del interruptor depende de la relación de transformación de los sensores, la cual puede ser:

100/5, 150/5, 200/5, 300/5, 400/5, 600/5, 800/5, 1200/5, ó 1600/5.

En el caso particular que nos ocupa, el sensor debe ser de 1200/5, ya que la corriente máxima posible en estado normal es de 984 A, en el lado de baja tensión del transformador principal.

Consideramos conveniente instalar un interruptor tipo --LSIG. Este tiene una capacidad interruptiva de 50 000 Amperes simétricos.

$$I = I_{p6} + I_{p7} + I_{p8} = 861.22 \text{ A}$$

PROTECCIONES TERMOMAGNETICAS PRINCIPALES

Los interruptores termomagnéticos "en caja moldeada" están diseñados para protección de sistemas de distribución de baja tensión. Son adecuados como interruptores principales y para protección de circuitos ramales y de alimentación, así como de los --aparatos conectados a ellos. Ofrecen protección contra sobre carga para los conductores y contra cortocircuito para todos los elementos del circuito, tales como motores, arrancadores, etc...

Su capacidad interruptiva tiene un valor alto, ya que se instalan normalmente cerca de los transformadores.

Poseen un ajuste del disparo magnético.

Selección de la capacidad de los interruptores.

Protección Pl.- Servicio de emergencia 220V, tableros - FE y GE.

$$I_{GE} = 2.5 (10) + 16 + 12.5 + 20 = 73.5A$$

$$I_{FE} = \frac{6\ 000}{324} = 18.52$$

$$I_{p1} = 92.02 \quad I'_{p1} = 92.02 \times 1.25 = 115 \text{ A.}$$

Protección: 3 x 125 A, 220V.

Protección P2.- Protección del primario del transformador T3. Servicio emergencia de 220 V.

$$I_{p2} = \frac{I_{p1}}{2} = 46.01 \text{ A.} \quad I'_{p2} = 46.01 \times 1.25 = 57.51 \text{ A}$$

Protección: 3 x 70A.

Protección P3.- Servicio de emergencia a 440V, tableros AE, BE, CE, DE, EE, HE e IE.

$$I_{EE-HE} = \frac{2.5 (10) \times 746}{648} + \frac{95 \times 746}{548} = 138.2 \text{ A.}$$

$$I_{AE, BE, CE, DE, IE} = \frac{84\,900}{648} = 131.0 \text{ A.}$$

$$I_{p3} = 269.2 \quad ; \quad I'_{p3} = 269.2 \times 1.25 = 336.52 \text{ A.}$$

$$I_{p3} = 350 \text{ A.}$$

Protección: 3 x 350 A, 440V.

Protección P4.- Servicio general de emergencia a 440 V.

$$I_{p4} = 46.02 + 269.2 = 315.2 \text{ A.}$$

$$I'_{p4} = 315.2 \times 1.25 = 394.0 \text{ A.}$$

Protección: 3 x 400 A, 440 V.

Protección P5.- Servicio normal a 220V. Tableros F,G,

H e I.

$$I_{p5} = \frac{63\,375}{324} = 195.6 \text{ A}$$

$$I'_{p5} = 195.6 \times 1.25 = 244.5 \text{ A}$$

Protección: 3 x 250A, 220 V.

Protección P6.- Es idéntica a P₄ pero su tiempo de disparo debe ser mayor que el de P₄.

Protección P7.- Protege el primario del transformador T2.

$$I_{P7} = \frac{I_{P5}}{2} = \frac{195.6}{2} = 97.8 \text{ A}$$

$$I'_{P7} = 1.25 \times 97.8 = 122.25 \text{ A}$$

Protección: 3 x 125 A, 440 V.

Protección P8.- Protección general del servicio normal de 440 voltios. Tableros A, B, C, D, E, J y K,

$$I_J = \frac{2.5 \times 15 \times 746}{648} + \frac{71.5 \times 746}{648} = 125.48 \text{ A}$$

$$I_{P8} = 125.48 + \frac{209\,300}{648} = 448.5 \text{ A}$$

$$I'_{P8} = 448.5 \times 1.25 = 560.6 \text{ A.}$$

Protección: 3 x 600 A, 440 V.

SELECCION DEL ALIMENTADOR SUBTERRANEO

Sigamos el procedimiento descrito en el capítulo tres.

a) Carga: 750 KVA

b) Voltaje de operación: 23 000 V.

c) Corriente: $I = \frac{\text{KVA}}{\sqrt{3} \cdot \text{KV}} = \frac{750}{\sqrt{3} \times 23} = 18.83$

d) Longitud del alimentador: L = 90 m.

e) Caída de voltaje: Vc = 25%

f) Sección transversal: $S = \frac{2\sqrt{3} LI}{V_f V_c}$

$$S = \frac{2\sqrt{3} \times 90 \times 18.83}{23\,000 \times 2.5} = 0.102 \text{ mm}^2$$

Prácticamente cualquier conductor del calibre 20 AWG ó mayor sección cumple con esta condición. Los fabricantes cons- truyen cable del calibre número 1/0 AWG en adelante para este - valor de voltaje. Luego este calibre es el que seleccionamos.

Características:

Capacidad de conducción: 190 amperes, en ducto subterráneo.

Aislamiento: Conductor de cobre suave, pantalla semiconductor, aislamiento de EPR, pantalla semiconductor, pantalla electrostática y cubierta de PVC.

Voltaje: 25 000 V.

Radio de curvatura mínimo: $5D_{ext.} = 5 \times 18.5$
 $= 92.50 \text{ mm.}$

Los conos de alivio adecuados son los especificados para No. 6 - 250 MCM y de 15 KV entre una fase y tierra.

Medio de canalización:

Se van a emplear dos ductos de asbesto-cemento de 10 cm de diámetro.

GABINETES Y TABLEROS

Ya hemos mencionado las características principales que deben tener los gabinetes que alojan el equipo de la subestación, solo nos resta indicar que ha de ser el apropiado para 25 KV, 60 Hz y con frente muerto. Las dimensiones y el equipo instalado en cada gabinete se detallan a continuación:

Celda de medición.- Equipo de medición de la Cfa. suministradora y acometida,

Frente 1.6 m, Profundidad 1.6 m Alto 2.6 m.

CELDA DE DESCONEXION SIN CARGA. Cuchillas para operación sin carga.

Frente 1.3 m, Profundidad 1.6 m Alto 2.6 m.

CELDA DE INTERRUPCION.- Juego de cuchillas fusibles y los aparta-

r rayos.

Frente 1.3 m. Profundidad 2.0 m Alto 2.6 m.

De acuerdo al plano de la subestación (en la siguiente - página) describimos las siguientes celdas.

I.- Juego de cuchillas fusibles.

Frente 1.3 m Profundidad 2.0 m Alto 2.6 m.

II.- Transformador 23 000/440-254 V.

750 KVA.

III.- Tablero de distribución a baja tensión, 440 V, tres fases, - cuatro hilos, 60 H₂ (Ancho 90 cm; Fondo 90 cm; Alto 228 cm) contiene:

Un interruptor general electromagnético de tres polos, 1200 amperes con operación manual.

Equipo de medición. Un voltímetro con escala de 0-600 V, -- un conmutador VM para la lectura entre fases, un amperímetro con escala de 0-1200 A un conmutador AM para tres transformadores de corriente, tres transformadores de corriente con -- una relación de 1200/5 amperes tipo dona, un kilowatorímetro con demanda máxima.

Interruptores derivados termomagnéticos de alta capacidad interruptiva y 440 V. Uno de 3 X 500 A. otro de 3 X 125 A. y otro de 3 X 400 A.

IV.- Transformador T2 440/220 V, uso normal, 75 KVA.

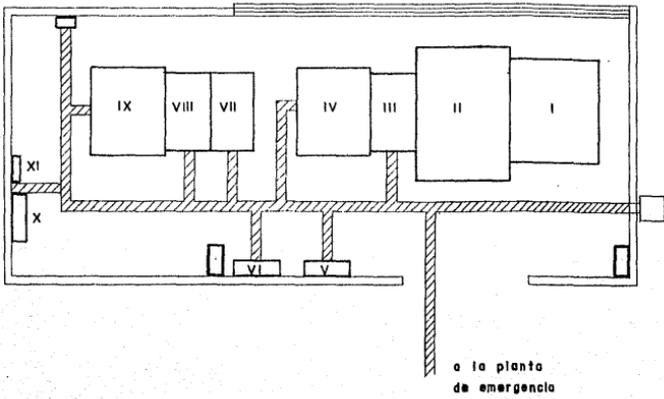
V.- Tablero General del servicio de 440 V. uso normal.

Especificaciones: (Ancho 97 cm; Fondo 22 cm; Alto 132 cm)

Tablero tipo panel

Tensión de servicio 600 V. C.A.

SUBESTACION



Zapatas principales 600 amperes máximos, tres fases, cuatro hilos.

Interruptores derivados:

De uno o tres polos de alta capacidad interruptiva para 480 V. C.A.

Uno de 1 X 30 A.

Uno de 3 X 15 A.

Dos de 3 X 30 A.

Dos de 3 X 150 A.

Uno de 3 X 175 A.

VI.- Tablero general para el servicio de 220 voltios uso normal.

Especificaciones: (Ancho 50.8 cm; Fondo 17.8 cm; Alto 87 cm)

Tablero de distribución para interruptores termomag.

Tensión de servicio 240 V C.A.

Interruptor principal de 225 amperes máximos, 3 polos Buses principales 400 amperes.

Interruptores derivados:

Capacidad interruptiva 10 000 amperes

Uno de 3 X50 A.

Uno de 3 X100 A.

VII.- Interruptor de transferencia de carga.

Dimensiones: Ancho 90 cm. Fondo 90 cm Alto 228 cm.

VIII.- Tablero General del servicio de emergencia, 440 voltios.

Especificaciones:

Tablero de distribución, montaje sobre el piso.

Tensión de servicio 600 V. C.A.

Zapatas principales 600 amperes máximos, tres fases.

Interruptor principal 400 amperes máximos, tres polos.

Interruptores derivados de alta capacidad interruptiva:

Uno de 3 X 70 A.

Uno de 3 X 350 A.

Dimensiones: Ancho 90 cm, Fondo 30 cm, Alto 150 cm.

IX.- Transformador T-3 440/220-127 voltios servicio de emergencia, 40 KVA.

X.- Tablero principal para servicio de 440 voltios uso de emergencia.

Especificaciones:

Tablero tipo panel

Tensión de servicio 480 V. C.A.

Zapatas principales 600 amperes máximos, tres fases.

Interruptores derivados:

Alta capacidad interruptiva.

Uno de 3 X 15 A.

Uno de 3 X 20 A.

Uno de 3 X 30 A.

Dos de 3 X 50 A.

Dos de 3 X 100 A.

Dimensiones: Ancho 50.8 cm; Fondo 22.2 cm; Alto 87 cm.

XI.- Tablero General servicio 220 voltios uso de emergencia.

Especificaciones:

Tablero tipo distribución

Tensión de servicio 240 V. C.A.

Interruptor principal 100 amperes máximos

Buses principales 225 amperes máximos.

Interruptores derivados de 10 000 Amp. Capac. Interr.

Uno 3 X 30 A.

Uno 3 X 70 A.

Dimensiones: Ancho 50.8 cm; Fondo 17.8 cm; Alto 87 cm.

La interconexión de tableros y transformadores se efectuará con cable T H W. La selección de ellos se hará en base a capacidad de conducción de corriente y a corrección por el efecto térmico y agrupamiento exclusivamente, ya que las distancias son relativamente cortas.

DESCRIPCION Y SELECCION DE LA PLANTA DE EMERGENCIA

Una planta de emergencia es un conjunto de dispositivos electromecánicos interconectados de tal forma que nos proporcionan energía eléctrica en caso de fallas de la compañía suministradora.

La existencia de este equipo es indispensable en una tienda de autoservicio para evitar la descomposición de productos refrigerados, no interrumpir las actividades propias del área de ventas y facilitar el desalojo de los locales en caso necesario, sin riesgo alguno.

Según su utilización las plantas electrógenas se dividen en tres grupos:

PLANTAS DE EMERGENCIA

PLANTAS DE SERVICIO CONTINUO

SISTEMAS DE SERVICIO ININTERRUMPIBLE DE POTENCIA

La planta de emergencia se diseña para operar durante períodos relativamente cortos, ya que la fuente general de energía eléctrica es de la COMPANIA SUMINISTRADORA y solamente al fallar ésta, se requiere un sustituto para parte de la carga.

Algunas plantas de emergencia se utilizan solo unas cuantas horas al año, en otros casos la operación es más intensa, pero aún así, el diseño de una planta de emergencia es básicamente diferente a la de servicio continuo.

COMPONENTES DE UNA PLANTA ELECTROGENA

- a) PRIMOTOR
- b) GENERADOR
- c) CONTROLES E INTERRUPTOR GENERAL
- d) INTERRUPTOR DE TRANSFERENCIA O DOBLE TIRO
- e) ACCESORIOS

PRIMOTOR. Es cualquier máquina o dispositivo que entrega energía mecánica al generador.

Para fines de emergencia los motores más comunmente usados son:

GASOLINA (3000 a 3600 RPM, potencias bajas)

DIESEL (1500 a 1800 RPM, potencias altas)

GAS

TURBINA DE GASES (24000, 12000, 8000 RPM, potencias altas).

GENERADOR. El generador eléctrico es, generalmente, un alternador de 2, 4 ó 6 polos, dependiendo de la velocidad escogida para la mejor operación del primotor.

CONTROLES E INTERRUPTOR. El interruptor se encarga de evitar todas las consecuencias nefastas que son inherentes a las sobrecargas y cortos circuitos. Debe ser adecuado para la carga máxima del generador considerando un factor de potencia de 0.8.

Desde luego debe revisarse la capacidad interruptiva.

Los controles recomendables para una sola planta de emergencia son los siguientes:

Voltímetro

Amperímetro

Frecuencímetro

Wáttmetro (optativo)

Contador de horas (Para control de mantenimiento).

Para la protección del primotor es necesario contar con indicadores visuales de presión, temperatura de la máquina y carga de baterías. Es mejor aún si se instalan dispositivos automáticos de paro del motor por falla cuando la temperatura o presión del aceite están fuera de los rangos de operación.

En máquinas de arranque y paro automático es necesario un dispositivo programador de arranques de la marcha con intervalos de cuatro a cinco segundos, para evitar que la batería se descargue o se dañe antes de lograr el arranque.

El arranque de la planta lo ordena un relevador sensitivo de voltaje, es recomendable instalar uno por fase, se puede ajustar entre el 80 y 120% del voltaje normal. Para parar la máquina se utiliza un relevador de tiempo para diferir el retorno de la carga al servicio normal y ésto puede hacerse de dos maneras distintas:

Dejar que la máquina trabaje de uno a diez minutos antes de que transfiera la carga al servicio normal y pare al momento de hacerlo. Con ésto la batería alcanza a recargarse en una operación corta.

Al igual que en el caso anterior la máquina trabaja con carga durante el mismo tiempo, hace la transferencia de carga continúa trabajando en vacío durante otros tres o

cinco minutos para enfriar el primotor.

Este procedimiento es recomendable cuando se utiliza -- 60% ó más de la capacidad.

INTERRUPTOR DE TRANSFERENCIA DOBLE TIRO. Es el dispositivo que conecta automáticamente el equipo que debe trabajar en -- estado de emergencia, a la planta generadora después de haberlo - desconectado de las líneas de alimentación de uso normal. De manera semejante realiza la operación inversa.

La transferencia se inicia cuando el voltaje normal disminuye hasta un 70% de su valor nominal y concluye cuando el voltaje propio ha alcanzado su magnitud y frecuencia nominales.

Es muy necesario seleccionar un tipo de interruptor confiable y que requiera un mínimo de mantenimiento, pues el 100% del tiempo va a permanecer en uso alimentado por una u otra fuente.

ACCESORIOS. Entre los accesorios se puede hablar de muchos equipos, pero algunos de los principales son:

Radiador o intercambiador de calor.

Silenciador que absorba el máximo de ruido, pero que no resuene a la velocidad normal ni provoque una contrapresión.

Tubo flexible para absorber las vibraciones entre la máquina y el silenciador.

Tubo o codo de escape con protección contra lluvia.

Protección antichispa para lugares peligrosos.

Tubos flexibles para que no se transmitan las vibraciones al piso o estructura.

Tanque, tuberías y válvulas para el combustible.

Bomba de trasiego.

Batería y cables de capacidades adecuadas.

Cargador de batería o mantenedor.

Reloj programador para ejercitación semanal.

Interruptores para ejercitación y mantenimiento, con o sin carga.

ESPECIFICACIONES Y SELECCION DEL EQUIPO

Para la selección adecuada del equipo es necesario conocer:

Voltaje de operación.

Frecuencia eléctrica.

Factor de potencia.

Número de fases.

Potencia (motores y alumbrado).

Corrientes de falla.

Eficiencia.

En base a lo anterior mencionado de plantas de emergencia a continuación seleccionaremos el equipo que integrará el sistema de emergencia de la tienda de autoservicio objeto de este trabajo.

GENERADOR

Voltaje de Operación 440 Voltios

Frecuencia eléctrica 60 Hertz.

Número de fases 3

Factor de potencia 0.8 (Diseño normal)

Cálculo de Potencia

Carga de emergencia.- Esta consta de motores, lámparas

fluorescentes y contactos.

Motores	101.456 KW
Alumbrado y contactos	101.234 KW
TOTAL	202.690 KW

Como puede observarse aproximadamente el 50% de la carga corresponde a motores, sin embargo los de mayor capacidad son de 7.5 y 10 HP, por lo que un generador de 250 KW satisface la demanda; considerando que se instalarán programadores de arranque en los motores (para que cada uno de los motores inicie su operación en un tiempo diferente al de los demás, después que la planta de emergencia se ha estabilizado), en estas condiciones la caída del voltaje será menor al 15% durante el período de arranque de éstos, según notas del fabricante. El resto de las especificaciones son:

Kilowatts	250
KVA	fp=0.8 312.5
HP requeridos en la flecha	363
η	0.923
Aislamiento NEMA	clase F
Velocidad	1800 RPM
Polos	4
Regulación de Voltaje	\pm 2% (Automática)
Tiempo de respuesta	0.3 a 0.5 seg.
Aumento de temperatura	70°/ ambiente (40°)
Autoexcitación	

PRIMOTOR

Para esta magnitud de potencia el motor más adecuado es uno de DIESEL.

La potencia máxima que se le pedirá al motor será de --- 363 HP. por lo que debe elegirse un valor comercial que sea el inmediato superior a la potencia antes mencionada.

Todo motor consta de los siguientes sistemas:

Enfriamiento

Lubricación

Combustible

Arranque y carga de baterías

Admisión de aire

Escape de gases

Cuenta además con un control de paro automático en caso de que ocurran temperaturas elevadas y bajas presiones en el sistema de lubricación. Todos estos accesorios y controles eléctricos se confinan en un tablero.

Es importante conocer el consumo de combustible Lts/KWH para determinar que cantidad de éste se debe almacenar.

INTERRUPTOR DE TRANSFERENCIA

ESPECIFICACIONES:

Capacidad 500 Amperes

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} V_f \cos \theta} = \frac{250\ 000}{\sqrt{3} \times 440 \times 0.8} = 410\ A$$

Frecuencia 60 Hertz.

Voltaje de diseño 600 V.

Voltaje de operación 440 V.

Número de fases 3

Este interruptor está totalmente alambrado y conectado al equipo de arranque y para automático.

El buen funcionamiento de la planta se comprobará ajustando el reloj programador para que la haga trabajar durante 15 mi

nutos un día a la semana.

Para mayores detalles consultar el plano correspondiente.

SELECCION DE LOS CONDUCTORES DE INTERCONEXION ENTRE LA PLANTA DE EMERGENCIA Y EL INTERRUPTOR DE TRANSFERENCIA

Carga 250 KW

Voltaje 440 V. f.p. = 0.85

Cálculo de corriente

$$I = \frac{250\ 000}{648} = 385.8\text{A. } I = 385.8 \text{ Amperes}$$

Distancia 20 metros

Porcentaje de caída de voltaje: 0.5%

Sección transversal por caída de tensión

$$S = \frac{2 \sqrt{3} \times 20 \times 385.8}{440 \times 0.5} = 121.49 \text{ mm}^2. \text{ 250 MCM}$$

A esta sección le corresponde un conductor calibre 250 MCM cuya capacidad de conducción de corriente con un factor de carga del 75%, en cable tipo THW es de 348.5 Amperes, tomando en cuenta corrección de temperatura y un ducto de asbesto cemento -- por cable. Como se observa no es suficiente, por lo tanto lo debemos seleccionar por capacidad de conducción de corriente. En las condiciones antes mencionadas tenemos que el conductor adecuado es el de 300 MCM que puede conducir 394.4 Amperes.

PUESTA EN MARCHA DE UNA SUBESTACION.

Para un buen inicio en la operación de una subestación así como en su funcionamiento normal es recomendable realizar una serie de pruebas del equipo que la constituye previa a la puesta en servicio y periódicamente.

A continuación mencionamos las más importantes.

a) Verificación de la rigidez de aislamiento en sus componentes por ejemplo, de partes vivas a tierra, de aisladores a barras colectoras, de la parte superior de la alimentación de los apartarrayos a neutro conectado a tierra, etc.

b) Comprobar la conexión de los transformadores y asegurarse que se ha seleccionado debidamente para el voltaje de operación.

c) Cerciorarse que las uniones portadoras de energía de alta y baja tensión se encuentren bien apretadas. Asimismo observar en las cuchillas sus contactos entre partes fijas y móviles, accionar los volantes respectivos y verificar que con relativa facilidad entren los correspondientes grupos.

d) Comprobar el funcionamiento del interruptor de potencia, conectando y desconectándolo, analizar si las cuchillas principales así como las de arqueo conectan con la precisión requerida y tienen el contacto adecuado.

e) En las cuchillas fusibles, cerciorarse que los fusibles sean de la capacidad necesaria, que la operación en grupo sea correcta, y que los contactos entre partes fijas y móviles son los apropiados.

Si se detecta alguna falla o desajuste en el equipo, -

procurar que sea reparado por el personal especializado en el -
ramo ya que un error puede poner en peligro vidas humanas.

Si todo se encuentra en orden proseguir con la puesta
en marcha de la subestación, teniendo la precaución de utilizar
un equipo adicional de seguridad como, guantes que resistan el
voltaje de operación, casco, tarimas de madera, tapetes aislan-
tes, y una pértiga (para verificar la efectiva desenergización),
después de colocar ésto y con la carga de baja tensión desconec-
tada, continuar con los siguientes pasos:

Proceder a cerrar todas las puertas de los gabinetes
de alta tensión, conectar las cuchillas fusibles y las de prueba
central y también el interruptor de potencia, observar la opera-
ción en vacío del transformador y conectar todo su sistema de ba-
ja tensión.

Cuando ya está en servicio la subestación y sea necesa
rio desconectarla para realizar trabajos de mantenimiento o para
reposición de fusibles, llevar a cabo las siguientes operaciones.

Cerciorarse del motivo de la falla, si es externa o in-
terna, momentánea o fija, en este caso habrá que repa-
rarla.

Desconectar todas las cargas de B.T., operar el inte-
rruptor de potencia, a la posición de desconectado.
Desconectar la cuchilla central de operación sin carga.
Abrir las puertas de la celda de cuchillas y del sec-
cionador bajo carga, dejándolas así por espacio de - -
unos 15 segundos (tiempo de desionización del aire) an-
tes de realizar algún trabajo dentro de ellas. Proce-

der el cambio de fusibles, cerrar las puertas, conectar la cuchilla central, el interruptor de potencia y proceda a conectar la carga.

CONDICIONES DE LOS LOCALES

Es muy importante tener en cuenta la temperatura de operación en los locales de subestación y planta de emergencia, que en ambos casos puede ser elevada si no se les da una ventilación apropiada y puede disminuir la eficiencia del transformador y de la planta. Esta ventilación puede ser natural mediante ventilas o forzada con el uso de ventiladores.

En nuestro caso utilizaremos ventilación natural instalando ventilas en la parte inferior de la pared y puerta para el acceso de aire a temperatura ambiente exterior y ventilas en la parte superior para la salida del aire caliente que sube por convección natural al calentarse.

La distribución del equipo es tal que permite una movilidad adecuada para el personal de operación y mantenimiento respetando las distancias mínimas recomendadas entre paredes y gabinetes de igual manera se respeta la altura del techo. En los planos correspondientes se pueden apreciar los detalles de distribución de equipo así como la elevación del mismo.

Este local cuenta con alumbrado conectado al sistema de suministro normal y al de emergencia, y con lámparas apropiadas conectadas a baterias para que nos proporcionen un nivel mínimo de iluminación de 10 luxes por si llegan a fallar los suministros anteriormente mencionados.

Otro detalle importante que no se debe pasar por alto es la colocación de extinguidores contra incendio, adecuados, pa

ra aplicarse a partes vivas, en lugares convenientes y claramente marcados. (ROIE)

CAPITULO V

ESTUDIO DE CORTO CIRCUITO

PROPOSITOS Y METODO

El equipo de protección va a operar cuando se presenta una falla debida a un corto circuito, la magnitud de la corriente siempre es grande y por lo tanto los esfuerzos mecánicos y -- los calentamientos anormales son severos. La construcción y características de los interruptores debe ser tal que no se destruya y eviten la extensión de la falla.

El estudio de corto circuito de una instalación eléctrica es indispensable para conocer el valor de la corriente en estas condiciones en diferentes sitios, para no elegir dispositivos de capacidad no conveniente desde el punto de vista de seguridad y economía.

Los valores de las características de un elemento de -- protección correctamente seleccionado, deben ser superiores a -- las condiciones que se presentan en el punto de aplicación, algunas de estas se pueden determinar a partir del estudio en cuestión:

La energía que se maneja durante la interrupción (capacidad interruptiva en KVA).

La corriente por interrumpir.

La corriente instantánea cuyo efecto mecánico se debe

resistir.

Existen diferentes métodos de cálculo, algunos aproximados como El OHMICO, El PORCENTUAL y EL POR UNIDAD y el exacto de LAS COMPONENTES SIMETRICAS. Emplearemos este último utilizando valores en por unidad ya que tenemos tres zonas de diferente voltaje nominal; antes de describirlo es redituable recordar algunos aspectos básicos y establecer criterios.

Los elementos que incrementan las corrientes de cortocircuito son: los generadores (propios o de la red), los motores de inducción, los motores y condensadores síncronos. Los que -- las limitan son: las impedancias de los conductores, los trans-- formadores, los motores, los generadores etc.

En los sistemas en que el voltaje de alimentación es menor a 600 v. tenemos que:

Las reactancias de los interruptores y las barras de - gonexiones pueden despreciarse sin tener un error apreciable.

La reactancia subtransitoria de un grupo de motores de inducción es aproximadamente del 25%.

Para cualquier voltaje, la resistencia de transformadores, motores y barras de gran capacidad es tan baja comparada con su reactancia que no se considera.

Respecto a los conductores presentamos una tabla de re sistencia (dato de los fabricantes) y reactancia aproximada (cal culada para 25.4 mm de separación) de los más utilizados en las instalaciones industriales y comerciales.

Calibre No.	10	8	6	4	2	1/0	2/0	3/0	4/0
R Ω / Km	3.361	2.114	1.33	0.8524	0.5362	0.3377	0.2678	0.2127	0.1689
X _L Ω / Km	0.2432	0.2558	0.2083	0.1865	0.1692	0.1438	0.1350	0.1263	0.1176

La impedancia que presentan los circuitos de alumbrado es mucho mayor que las consideradas anteriormente y por lo tanto se comportan como un circuito abierto en los puntos de falla críticos. De la misma manera se comportan los circuitos de contactos.

La secuencia para determinar los parámetros de una falla en algún punto es la siguiente:

- a) Elaboración del diagrama unifilar convencional.
- b) Utilizando la potencia y voltajes base adecuados se obtiene el diagrama unifilar con las impedancias en por unidad. Las impedancias de secuencia positiva y negativa las consideraremos iguales.
- c) Obtención del diagrama unifilar de secuencia cero.
- d) Elección del punto de falla. Cálculo de las impedancias equivalentes de secuencia positiva, negativa y cero.
- e) Cálculo de la corriente de corto circuito simétrica (fallo trifásico).

$$I_{cc} = \frac{\bar{V}_{nom}}{\bar{Z}_{eq}} \times I_{base} \quad \bar{V}_{nom}, \bar{Z}_{eq} \text{ son valores en por unidad}$$

- f) Determinación de la corriente de corto circuito así

métrica (una fase a tierra).

$$I'_{cc} = \frac{3 \bar{V}_{nom}}{\bar{Z}_{eq+} + \bar{Z}_{eq-} + \bar{Z}_{eq0}} \times I_{base}$$

g) Obtención de la capacidad interruptiva máxima.

$$VA = \sqrt{3} V_{nom} \times I_{cc} \text{ máx}$$

I_{cc} máx es la corriente mayor, la simétrica o la -- asimétrica.

CALCULO DE FALLAS CRITICAS

Basándonos en el método descrito procedemos al cálculo de fallas de la instalación en estudio.

Primeramente consideraremos que la fuente de energía es la de la compañía suministradora. De ésta no conocemos la mayoría de sus características, ni de la red. Sin embargo la capacidad interruptiva del equipo de protección de la acometida es un dato que proporcionan. Con éste es posible calcular la impedancia de la red exterior vista desde la acometida.

$$\% Z_r = \frac{KVA_{base} \times 100}{KVA_{régimen}}$$

En este caso tenemos tres zonas de diferente voltaje nominal:

Zona I: 23 000 volts. = V_{B1}

Zona II: 440 volts. = V_{B2}

Zona III: 220 volts. = V_{B3}

Estos mismos serán nuestros valores base.

Elegimos una potencia base de 750 KVA para toda las zo

nas.

Ahora las impedancias y corrientes base ya no son arbitrarias sino que deben calcularse.

$$Z_{B1} = \frac{23\ 000^2}{750\ 000} = 705.33 \ \Omega$$

$$Z_{B2} = \frac{440^2}{750\ 000} = 0.258 \ \Omega$$

$$Z_{B3} = \frac{220^2}{750\ 000} = 0.065 \ \Omega$$

$$I_{B1} = \frac{750\ 000}{\sqrt{3} \times 23\ 000} = 18.83 \ \text{A.}$$

$$I_{B2} = \frac{750\ 000}{\sqrt{3} \times 440} = 984.12 \ \text{A.}$$

$$I_{B3} = \frac{750\ 000}{\sqrt{3} \times 220} = 1\ 968.24 \ \text{A.}$$

Calcularemos las impedancias restantes.

a) De la red.

$$\% Z_r = \frac{KVA_{base}}{KVA_{régimen}} \times 100 = \frac{750}{750\ 000} \times 100 = 0.1$$

$$\bar{Z}_r = J\ 0.001$$

b) Del transformador de 750 KVA.

$$\% Z_{T1} = 5.5$$

$$\bar{Z}_{T1} = J\ 0.055, \text{ puesto que } KVA_{base} = 750 \text{ y } KV_{base} = 23$$

c) Del transformador de 75 KVA.

$$\% Z_{T2} = 3.5$$

$$\bar{Z} = \% Z / 100 \left(\frac{V_{nom}}{V_{base}} \right)^2 \frac{KVA_{base}}{KVA_{nom}}$$

$$\bar{Z}_{T2} = J\ 0.035 \times 1 \times \frac{750}{75} = J\ 0.35$$

d) Del transformador de 45 KVA.

$$\% Z_{T3} = 3$$

$$\bar{Z}_{T3} = J\ 0.03 \times 1 \times \frac{750}{45} = J\ 0.5$$

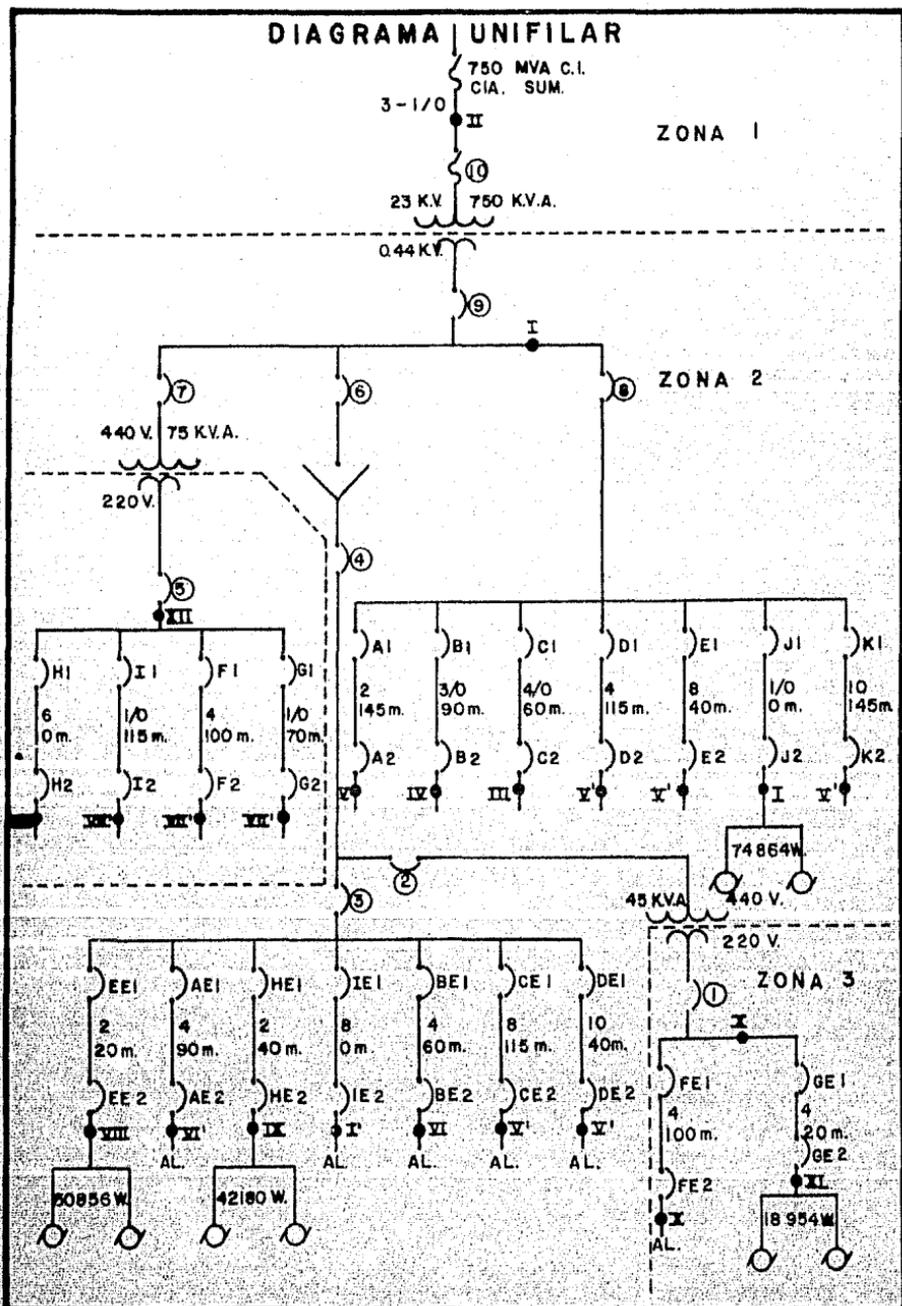
e) Grupo de motores del tablero EE.

$$\bar{Z} = J\ 0.25 \times 1 \times \frac{750}{50.856/0.85} = J\ 3.134$$

f) Grupo de motores del tablero HE.

$$\bar{Z} = J\ 0.25 \times 1 \times \frac{750}{42.18/0.85} = J\ 3.778$$

DIAGRAMA UNIFILAR



g) Grupo de motores del tablero J.

h) Grupo de motores del tablero GE.

i) Alimentador de la subestación.

Es de calibre número 1/0 AWG, y tiene 90 m de longitud.

$$Z = 0.09 \times 0.3377 + j 0.09 \times 0.1436 = 0.0304 + j 0.0129 \Omega$$

$$\bar{Z} = \frac{0.0304}{708.33} + j \frac{0.0129}{708.33} = 0.000043 + j 0.000018$$

IMPEDANCIA DE LOS ALIMENTADORES DE LOS TABLEROS

TABLERO	CALIBRE AWG	Z_c , $\frac{m\Omega}{m}$		LONGITUD m	Z_T , $m\Omega$		\bar{Z}		P.U.	
		R	jX_L		R	jX_L	\bar{R}	$j\bar{X}_L$	$ \bar{Z} $	$\angle \bar{Z}$
A	2	0.5362	0.1692	145	77.75	24.53	0.3	0.095	0.314	17.57
B	3/0	0.2127	0.1263	90	19.143	11.367	0.074	0.044	0.086	30.73
C	4/0	0.1689	0.1176	60	15.2	7.06	0.059	0.027	0.064	24.59
D	4	0.8524	0.1865	115	98.026	21.44	0.38	0.083	0.389	12.32
E	8	2.114	0.2558	40	84.56	10.23	0.327	0.039	0.329	6.8
J	1/0	0.3377	0.1436	0	0	0	0	0	0	0
K	10	3.361	0.2432	145	487.35	35.26	1.88	0.137	1.884	4.16
AE	4	0.8524	0.1865	90	76.71	16.78	0.297	0.065	0.304	12.34
BE	4	0.8524	0.1865	60	51.14	11.19	0.198	0.043	0.202	12.25
CE	8	2.114	0.2558	115	243.11	29.41	0.942	0.114	0.948	6.9
DE	10	3.361	0.2432	40	134.44	9.72	0.521	0.037	0.522	4.06
EE	2	0.5362	0.1692	20	10.72	3.38	0.041	0.013	0.043	17.6
HE	2	0.5362	0.1692	40	21.44	6.76	0.083	0.026	0.087	17.39
H	6	1.33	0.2083	5	6.66	1.04	0.103	0.016	0.104	8.83
I	1/0	0.3377	0.1436	115	38.83	16.51	0.521	0.254	0.579	25.99
F	4	0.8524	0.1865	100	85.24	18.65	1.311	0.287	1.342	12.34
G	1/0	0.3377	0.1436	70	23.64	10.05	0.364	0.155	0.395	23.06
FE	4	0.8524	0.1865	100	85.24	18.65	1.311	0.287	1.342	12.34
GE	4	0.8524	0.1865	20	17.05	3.73	0.262	0.057	0.268	12.27
IE	4	0.8524	0.1865	0	0	0	0	0	0	0

DIAGRAMA UNIFILAR DE SECUENCIA POSITIVA

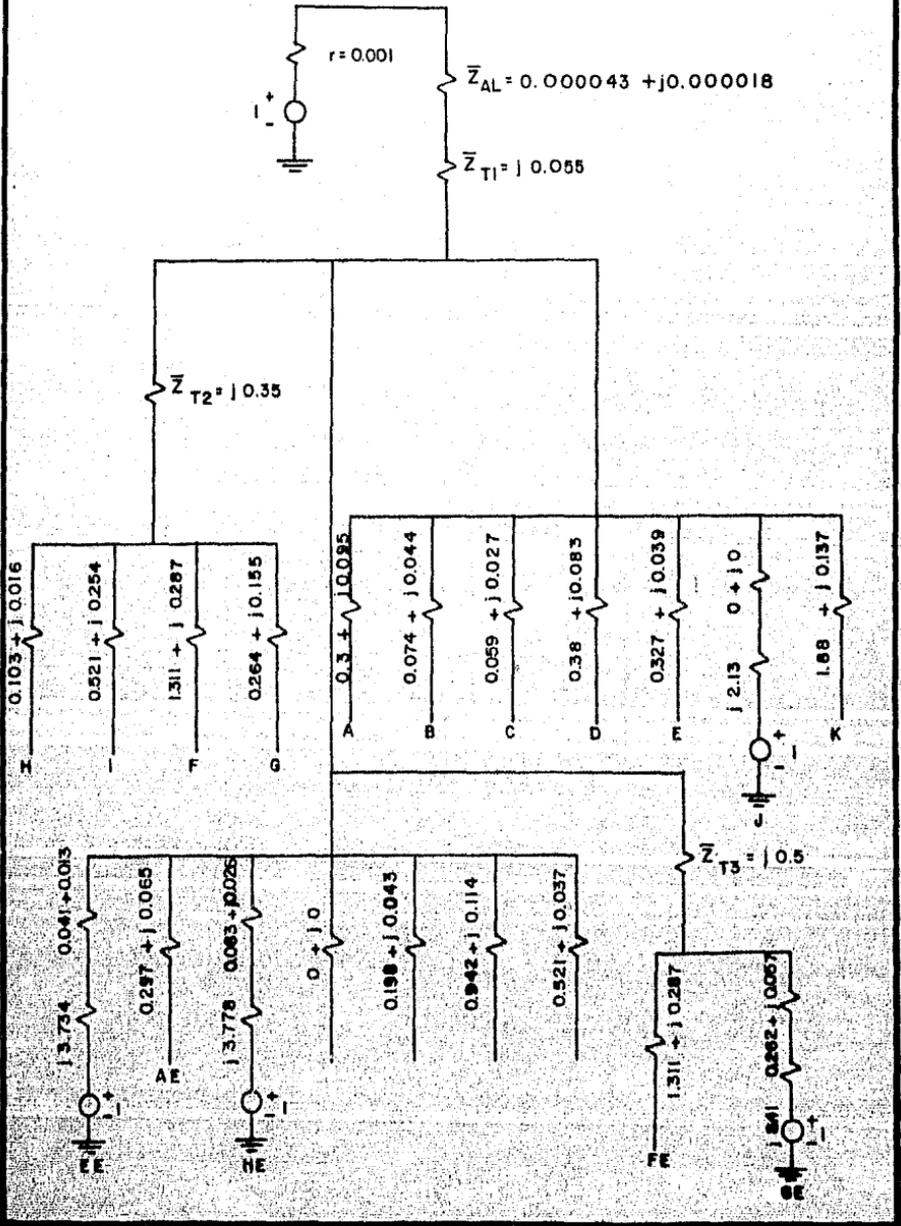
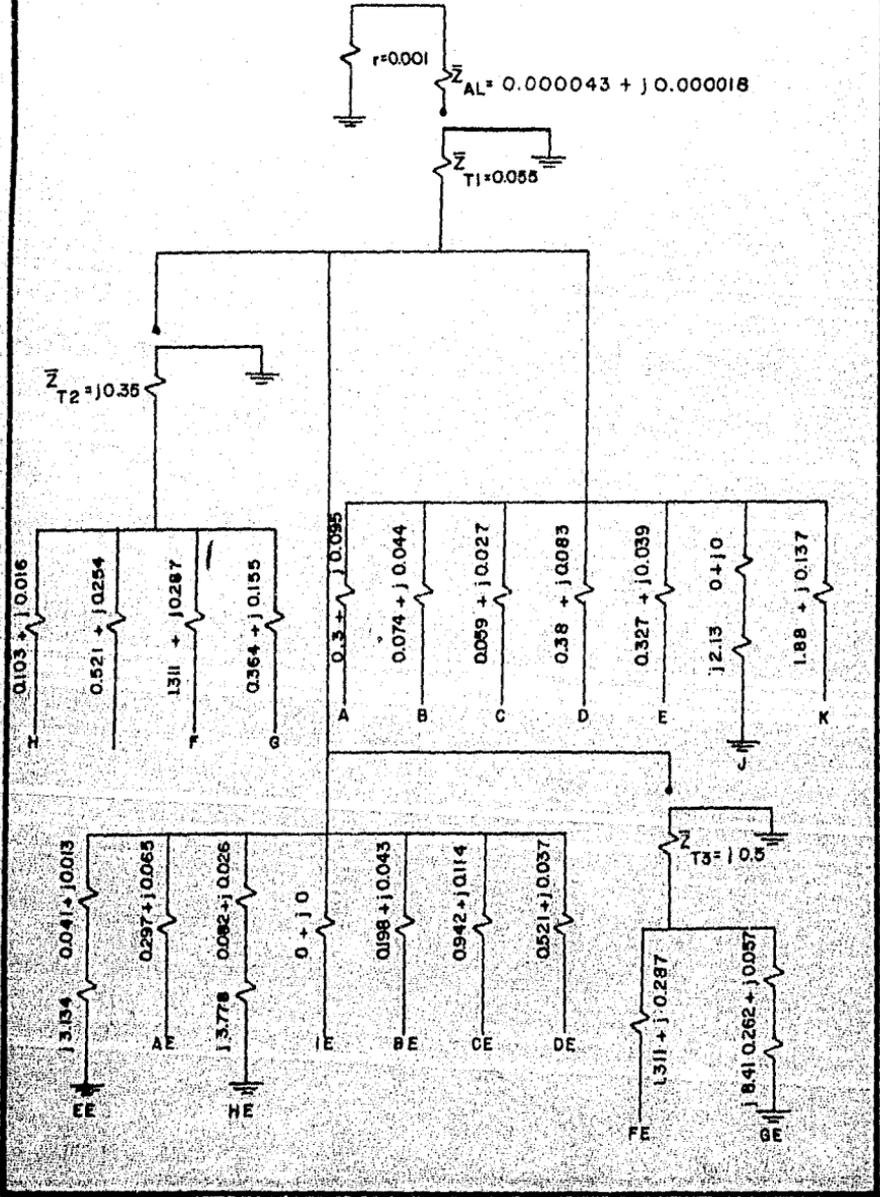
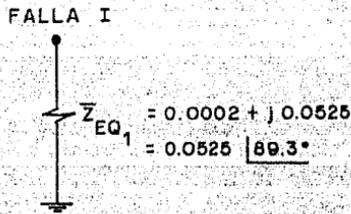
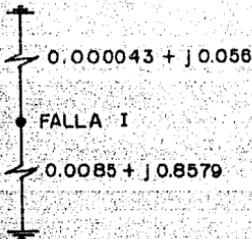
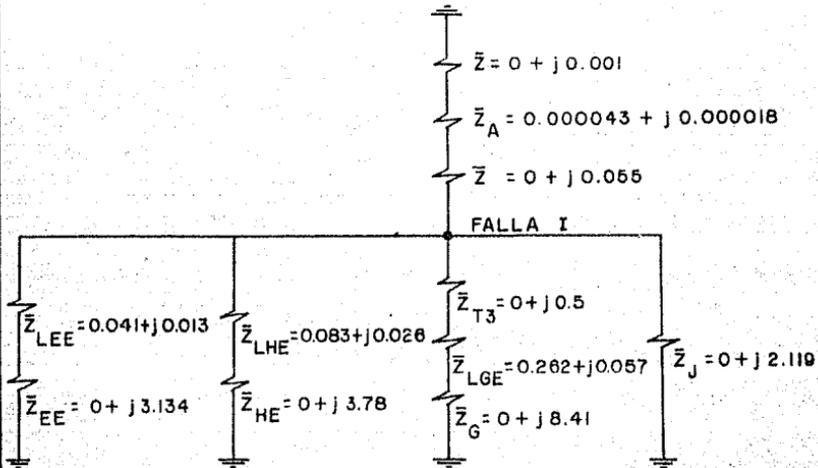


DIAGRAMA UNIFILAR DE SECUENCIA CERO



PARA LA FALLA I SIMETRICA
DIAGRAMA DE SECUENCIA (+)



$$\bar{I}_{cc} = \frac{1}{\bar{Z}_{eq1}} = 19.04 \angle -89.8^\circ \text{ P.U.}$$

$$I_{cc} = \bar{I}_{cc} \cdot |B| = 19.04 \times 984.12 = 18\ 737.64 \text{ A}$$

$$P_{cc} = \sqrt{3} \cdot 18\ 737.64 \times 440 = 14\ 280\ 003 \text{ VA}$$

$$P_{cc} = 14.28 \text{ MVA}$$

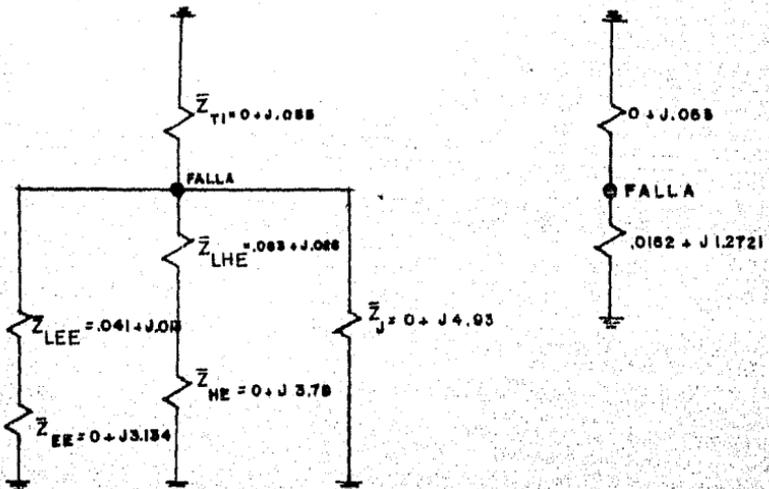
$$I_{cc} = 18\ 737.64 \text{ A}$$

PARA FALLA I ASIMETRICA

$$I_{cc} = \frac{3}{Z_{eq1} + Z_{eq2} + Z_{eq0}}$$

DONDE $Z_{eq1} = Z_{eq2}$

DIAGRAMA DE SECUENCIA (0)



$$\bar{Z}_{eq0} = 0.0004 + j.0527 = 0.0527 \angle 99.92^\circ$$

$$I_{cc} = \frac{3}{10.002 + j.0527 + 10.002 + j.0527 + 0.0004 + j.0527} = \frac{3}{0.0008 + j.0.1576} = 10.047 \angle 89.7^\circ$$

$$I_{cc} = 10.047 \times 884.12 = 18744.53 \text{ Amp.}$$

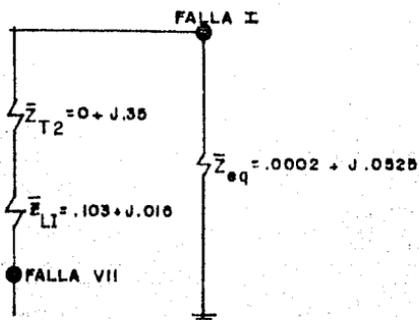
$$P_{cc} = \sqrt{3} \times 18740.99 \times 440 = 14286265.24 \text{ VA}$$

$$\left. \begin{array}{l} I_{cc} = 18744.53 \text{ Amp} \\ P_{cc} = 14.286 \text{ MVA} \end{array} \right\} \text{ASIMETRICOS}$$

FALLA VII SIMETRICA TABLERO H

DIAGRAMA DE SECUENCIA (+)

Partiendo de la impedancia equivalente de la falla 2 simétrica.



$$\bar{Z}_{eq1} = .1032 + j.4184 = 0.4309 \angle 76.14^\circ$$

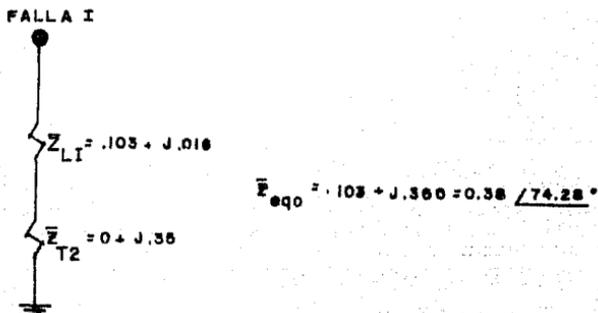
$$\bar{I}_{cc} = \frac{1}{\bar{Z}_{eq1}} = 2.324 \angle -76.14^\circ \text{ P.U.}$$

$$I_{cc} = \bar{I}_{cc} I_B = 2.324 \times 1968.24 = 4574.19 \text{ Amp.}$$

$$P_{cc} = \sqrt{3} \times 4574.19 \times 220 = 1742 \ 996.68 \text{ VA}$$

$$\left. \begin{array}{l} I_{cc} = 4574.19 \text{ Amp.} \\ P_{cc} = 1.742 \text{ MVA} \end{array} \right\} \text{ SIMETRICOS}$$

FALLA VII ASIMETRICA
 DIAGRAMA DE SECUENCIA (0).



$$\bar{I}_{00} = \frac{3}{(.1032 + j.4184) + (.1032 + j.4184) + (.103 + j.366)} = \frac{3}{.3094 + j.1.203}$$

$$2.414 \angle -78.87^\circ \text{ P. U.}$$

$$I_{ca} = 2.414 \times 1968.24 = 4752.67 \text{ Amp.}$$

$$P_{00} = \sqrt{3} \times 4752.67 \times 220 = 1811011.36 \text{ VA}$$

$$I_{00} = 4752.67 \text{ Amp.}$$

$$P_{00} = 1.811 \text{ MVA}$$

De las fallas calculadas en las páginas anteriores --
se puede intuir lo laborioso de las operaciones matemáticas --
utilizando números complejos, presentamos a continuación una --
tabla comparativa con los resultados anteriores y otros obteni
dos utilizando los módulos de las impedancias haciendo caso --
omiso de los ángulos.

FALLA	DESCRIPCION	Icc Amp $Z = x + jY$	Icc Amp /Z/	O/O ERROR
1	SIMETRICA	18 738	18 645	+ 0.49
1	ASIMETRICA	18 744	18 731	+ 0.07
VII	SIMETRICA	4 574	3 884	+ 15.08
VII	ASIMETRICA	4 753	4 023	+ 15.35

Concluimos que no es necesario realizar los cálculos - con números complejos ya que el error que se comete al no emplear los es relativamente pequeño con respecto a la diferencia de capacidad interruptiva entre un interruptor y otro (5 000, 10 000, 15 000, 20 000 etc).

Es obvio que no traería mayor beneficio el poner en este trabajo los diagramas y cálculos de cada una de las fallas críticas en la instalación, creemos que las expuestas son ilustrativas y solo nos resta presentar un resumen de todas ellas, - lo que se hace en la siguiente tabla.

FALLA	SIMETRICOS		ASIMETRICOS	
	Icc Amp	Pcc (KVA)	Icc (Amp)	Pcc (KVA)
I	18 645	14 210	18 731	14 276
II	15 692	625 112	15 692	625 112
III	8 427	6 422	8 445	6 436
IV	7 091	5 404	7 104	5 414
V	2 683	2 045	2 686	2 047
VI	3 865	2 946	3 868	2 948
VII	3 884	1 480	4 023	1 533
VIII	10 492	8 018	10 520	8 018
IX	7 264	5 536	7 276	5 546
X	3 785	1 443	3 904	1 488
XI	2 631	1 003	2 684	1 023
XII	4 889	1 863	5 111	1 948

Luego las especificaciones completas de los interruptores son las siguientes:

INTE- RRUPTOR	TIPO	V nom (Voltios)	I nom (Amp)	CAPACIDAD INTERRUPTIVA	
				KAMP *	MVA
1	TERMOMAG	240	3 x 125	5 (5)	2.08(2.08)
2	"	480	3 x 70	25 (22)	20.75(18.26)
3	"	"	3 x 350	25 (22)	"
4	"	"	3 x 400	"	"
5	"	240	3 x 225	15 (14)	"
6	"	480	3 x 400	25 (22)	20.75(18.26)
7	"	"	3 x 125	"	"
8	"	"	3 x 500	"	"
9	ELECTROMAG	"	3 x 1200	(50)	(41.57)
10	FUSIBLES	25000	3 x 25	(0.017)	(750)
A1	TERMOMAG	480	1 x 15	25 (22)	20.75(18.26)
B1	"	"	3 x 150	"	"
C1	"	"	3 x 175	"	"
D1	"	"	3 x 50	"	"
E1	"	"	3 x 30	"	"
J1	"	"	3 x 150	"	"
K1	"	"	3 x 15	"	"
AE1	"	"	3 x 50	25	20.08
BE1	"	"	3 x 50	25 (22)	20.75(18.26)
CE1	"	"	3 x 20	"	"
DE1	"	"	3 x 15	"	"
EE1	"	"	3 x 100	"	"
HE1	"	"	3 x 100	"	"
IE1	"	"	3 x 20	"	"
F1	"	240	3 x 40	15(14)	6.24(5.82)
G1	"	"	3 x 100	"	"
H1	"	"	3 x 50	"	"
I1	"	"	3 x 50	"	"
FE1	"	"	3 x 30	5 (5)	2.08(2.08)
GE1	"	"	3 x 70	"	"

INTE- RRUPTOR	TIPO	V nom (Voltios)	I nom (Amp)	CAPACIDAD INTERRUPTIVA	
				K AMP *	M.V.A.
A2	TERMOMAG	480	1 X 15	5 (5)	4.15 (4.15)
B2	"	"	3 X 150	15 (14)	12.47 (11.64)
C2	"	"	3 X 175	15 (14)	"
D2	"	"	3 X 50	5 (5)	4.15 (4.15)
E2	"	"	3 X 30	"	"
J2	"	"	3 X 150	25 (22)	20.75 (18.26)
K2	"	"	3 X 15	5 (5)	4.15 (4.15)
AE2	"	"	3 X 40	5 (5)	"
BE2	"	"	3 X 50	"	"
CE2	"	"	3 X 20	"	"
DE2	"	"	3 X 15	"	"
EE2	"	"	3 X 100	15 (14)	12.47 (11.64)
HE2	"	"	3 X 100	"	"
IE2	"	"	3 X 20	25 (22)	20.75 (18.26)
F2	"	240	3 X 50	5 (5)	4.15 (4.15)
G2	"	"	3 X 100	"	"
H2	"	"	3 X 50	"	"
I2	"	"	3 X 50	"	"
* FE2	"	"	3 X 30	"	"
GE2	"	"	3 X 70	"	"

Los interruptores de los circuitos derivados correspondientes a cada uno de los tableros mencionados en la tabla anterior deben tener la misma capacidad interruptiva de la protección general del tablero.

* La cantidad entre parentesis corresponde a valores simétricos.

CAPITULO VI

SISTEMAS DE TIERRAS Y PROTECCION CONTRA DESCARGAS ATMOSFERICAS

DESCRIPCION GENERAL DE LOS SISTEMAS DE TIERRAS

OBJETIVOS

Conectar un cuerpo metálico a tierra significa sujetar a él un cuerpo conductor que dirija las corrientes eléctricas no deseables hacia algún medio en el que no representen peligro; el lugar mejor y más accesible es el terreno sobre el cual está construido el edificio. Es tan grande la masa del globo terráqueo -- que su potencial eléctrico se mantiene prácticamente invariable -- ante cualquier entidad de carga que se le aplique. En esta característica se basa el principio de la puesta a tierra.

Diferentes son las finalidades que tiene un sistema de tierras, en general todos ellos se refieren a la seguridad de una u otra manera. Se les clasifica de acuerdo a la aplicación inmediata que se le dé, así tenemos:

Tierra para protección, con ella se drenan hacia tierra las corrientes de defecto que aparecen en masas conductoras normalmente no energizadas, y que son perjudiciales a la integridad física de las personas.

Tierra de funcionamiento, su propósito es mantener ciertas partes de un circuito con el potencial de tierra, tal es el -

caso del neutro del secundario de los transformadores cuando se conecta a tierra. Con ésto aumenta la confiabilidad en los dispositivos de protección contra sobrecorriente. También se protegen los aislamientos de los conductores y los embobinados de motores y transformadores, limitando el voltaje a que, de otro modo, pudieran quedar sometidos cuando estén expuestos a descargas atmosféricas u otros voltajes superiores a aquél para el cual hayan sido construídos o bien, para limitar el potencial máximo a tierra debido a la tensión normal.

Tierra para la ejecución de trabajos, es de carácter provisional y se usa para poder maniobrar con seguridad sobre elementos que normalmente están energizados.

EFFECTOS DE LA ENERGIA ELECTRICA SOBRE EL CUERPO HUMANO

El propósito más importante es el de proteger la vida humana. Un flujo de cargas eléctricas a través de él produce desde una sensación de hormigueo, hasta parálisis pulmonar, fibrilación cardiaca, quemaduras severas e incluso la muerte. La magnitud del daño depende del valor de la tensión, la corriente y el tiempo de duración del contacto. La función del sistema de tierras en este caso, es reducir estos tres parámetros directamente, a través de la operación de los medios de protección. Existen dos diferencias de potencial que adquieren singular importancia, la de paso y la de contacto, que a continuación definimos, y que en la práctica deben reducirse al mínimo posible.

Tensión de contacto es aquel voltaje al que puede verse sometido el cuerpo humano como consecuencia de un contacto con las carcazas y estructuras metálicas de máquinas e instalaciones que -

usualmente no se encuentran energizadas, pero que puede estarlo - como consecuencia de alguna avería en los aislamientos.

Tensión de paso es la diferencia de potencial que durante el funcionamiento de una instalación de tierra, puede resultar aplicada entre los pies de una persona situados a la distancia de un paso, un metro, cuando se encuentra parada sobre la superficie que cubre a un conductor de tierra.

NORMAS

No existe un criterio único para diseñar un sistema de tierras de baja tensión, sin embargo todos coinciden con las disposiciones generales del Reglamento de Obras e Instalaciones y los del National Fire Electrical Code, las que hemos tomado en cuenta y agregamos los detalles faltantes consultando la bibliografía indicada.

CONSTITUCION DE UNA INSTALACION DE TIERRA

Un sistema de esta índole se compone esencialmente de unos electrodos (picas, tubos, placas o cualquier conductor que se halle en íntimo contacto con el terreno), de una red de conductores que unen los primeros con los cuerpos metálicos que tienen que ser puestos a tierra, y de un conjunto de accesorios especiales que aseguran la efectividad de las conexiones.

Electrodos de toma a tierra.

La tubería de agua es preferible sobre los demás tipos de electrodos, siempre y cuando esté enterrada, sea metálica y tenga continuidad eléctrica. En su defecto, la estructura metálica del edificio suele emplearse si está debidamente aterrizada, o aún la tubería de gas sirve con el mismo fin si cumple con los re

quisitos de la de agua. Si la red de tubos tiene una longitud menor de 4 metros debe complementarse con uno ó más electrodos artificiales. Es importante no utilizar dos materiales diferentes para que no ocurra la corrosión por electrolisis.

Cuando no es posible realizar la toma de tierra con los medios antes indicados debe hacerse enterrando un conductor que tenga forma de tubo, varilla, placa, barra, rehilete o malla. El de varilla se usa comúnmente en instalaciones como la que nos ocupa. Deben construirse de fierro o acero galvanizados y tener un diámetro igual ó mayor de 15.875 mm; si es de cobre el diámetro mínimo permisible es de 12.7 mm. Estos metales soportan más la corrosión, las dimensiones que se piden incluyen el desgaste, que provoca este fenómeno. Desde luego, los pares electrolíticos deben evitarse.

Los electrodos deben sumergirse hasta que toquen el nivel de humedad permanente del terreno. Si el suelo es rocoso los tubos o varillas se enterrarán 2.4 m. al menos sin que importe el número de electrodos usados. Si la excavación es difícil pueden colocarse a 1.2 m. debajo del nivel del suelo y en posición horizontal, pero su longitud no sefa menor de 2.4 m. Cada electrodo debe separarse del otro al menos 2m., inclusive los que correspondan a señales, radio, puntas de pararrayos o cualquier otra aplicación. Una separación mayor no proporciona ningún provecho.

Cuando se usen dos tomas de tierra para dos sistemas diferentes deben alejarse completamente, por ejemplo uno que sirva para el alumbrado y fuerza y otro que pertenezca a los pararrayos. Con una distancia de 2 m. se consigue entre ellos una re-

sistencia lo suficientemente alta como para considerarse independientes.

La resistencia de una toma de tierra hecha con un electrodo artificial no excederá de 25Ω . Si esto no es posible con uno solo, se emplearán dos o más electrodos en paralelo. Las tuberías de agua o gas dan una resistencia de 3Ω , más o menos, y las estructuras de los edificios generalmente no superan los 25Ω . Estos valores deben revisarse periódicamente y realizarse las modificaciones necesarias para que no sobrepasen los límites fijados. Múltiples son los factores que intervienen en estas variaciones, la más importante es la resistividad del terreno, que depende de la constitución química del mismo (orgánico, húmedo, rocoso, etc...), siendo el mejor el orgánico húmedo. También la temperatura alterna la resistividad puesto que provoca la evaporación del agua que forma la humedad o la cristaliza, -- por lo que la toma de tierra se localizará dentro de un registro para que sea accesible y sea revisada en diferentes épocas del año.

Fácil es comprender el motivo de impedir el uso de pinturas o esmaltes, puesto que son aislantes.

Si la resistividad del terreno es excesivamente grande, se le puede tratar químicamente para que disminuya (tal es el caso de las rocas). Se excava una trinchera donde se va a depositar el electrodo, y se rellena con extractos de sales minerales (cloruro de sodio, sulfato de magnesio o sulfato de cobre), cisco de carbón y tierra orgánica, todo esto bien compactado. Ante

estos problemas el electrodo tubular con perforaciones en la parte inferior es el más eficiente porque en su interior se vierte líquido de salmuera y con esto la conductividad aumenta todavía más.

El cálculo de la resistencia de la toma de tierra se realiza con el siguiente modelo, cuando se trata de una varilla, tubo o barra de sección circular:

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left(L \ln \frac{4L}{a} - 1 \right)$$

donde L es la longitud en cm, "a" es el radio de la sección transversal en cm, y ρ es la resistividad del terreno en Ω -cm. Esta última se obtiene a partir de algunas mediciones hechas en el suelo mismo, empleando alguna de las técnicas recomendadas en la bibliografía.

En cambio si se utiliza una malla la resistencia puede evaluarse aproximadamente a través de la siguiente fórmula:

$$R \approx \frac{\rho}{L}$$

la resistividad debe darse en Ω -m si la unidad de la suma de todos los lados que componen la malla (L), es el metro.

Conductores de conexión a tierra.

El conductor de conexión a tierra de un sistema será de cobre u otro material igualmente resistente a la corrosión. Puede ser alambre o cable, con aislante ó desnudo. Si se usan barras desnudas no se hará empalme alguno en toda su longitud. Los tubos metálicos o flexibles sirven exclusivamente para aterrizar equipos, tuberías metálicas o cualquier envolvente conductora. Cuando el medio ambiente sea corrosivo deben tomarse las medidas

pertinentes para no deteriorar las conexiones.

En cuanto a las condiciones de instalación se tendrán presentes los siguientes puntos:

a) Cuando no se empleen para aterrizar tuberías o carcazas de equipos y si es más grueso que el número 4 AWG de cobre, puede sujetarse a la superficie sobre la cual es instalado sin tener que usar tubos o aisladores; si el posible daño físico es muy severo deben protegerse. Lo mismo ocurre con el número 6 AWG, su sujeción será más rígida y ante cualquier agresión mecánica se protegerá con tubería metálica ó se cambiará por un cable con armadura protectora. Esta última precaución hay que tenerla presente con calibre más delgado que el número 6 AWG. Todas las envolventes metálicas que se usen como medio de protección tendrán continuidad en toda su extensión y se conectarán al electrodo de tierra.

b) Si su función es la de conectar a tierra las cubiertas de equipos o de conductores, si es más delgado que el número 6 AWG, no necesariamente deben tener una armadura o tubería de protección si se resguarda en los huecos de las paredes.

c) Siempre que se proteja un conductor con un resguardo metálico, ambos deben unirse al comienzo y al final de éste para conservar la impedancia del circuito de tierra en un nivel aceptable.

d) Nunca se colocarán interruptores automáticos en los conductores de tierra a menos que aquellos desconecten todos los alimentadores.

La sección transversal de cualquier conductor de co -

nexión a tierra no será menor a la especificada en las siguientes tablas, y no sobrepasará al calibre número 6 AWG si los electrodos son artificiales.

a) Conductor común de tierra ó de servicio para sistemas con el neutro aterrizado.

Calibre AWG del conductor de servicio mayor o el equivalente de varios conductores. (cobre)	Calibre del conductor de tierra, AWG. (cobre)
2 ó menor	8
1 ó 0	6
2/0 ó 3/0	4
De 3/0 a 350 MCM	2
De 350 MCM a 600 MCM	0
De 600 MCM a 1 100 MCM	2/0
Arriba de 1 100 MCM	3/0

b) Conductor de conexión a tierra de equipo y medios de canalización interiores.

Corriente de operación del dispositivo automático contra sobrecorriente que protege al circuito correspondiente, Amperes.	Calibre (AWG) Cobre
15	14
20	12
30	10
40	10
60	10
100	8
200	6
400	4
600	2
800	1/0
1000	2/0
1200	3/0

c) Anexos.

Las masas metálicas aisladas del equipo de alumbrado, que no deban conducir corriente pueden ser unidas con un conductor del número 14 AWG, de cobre. El equipo portátil o colgante usará uno del 18 si la capacidad de la protección no exceda de 15 amperes. Los secundarios de transformadores de instrumentos y

las cubiertas de los mismos se aterrizarán con alambres o cables del número 14 ó más gruesos.

Conexión de los conductores de tierra.

La continuidad eléctrica de todo el sistema de tierras es indispensable y se logra asegurando la conexión entre los conductores de tierra, los cuerpos aterrizados y los electrodos de tierra. Por lo tanto, deben cumplirse todas las especificaciones:

a) El punto de sujeción del conductor de tierra con la cubierta ó tubo metálico de un conductor se hará lo más cerca posible a la fuente de alimentación.

b) La toma con el electrodo de tierra se localizará en un punto que sea accesible y asegure un contacto permanente.

c) Cualquier conexión se hará con grapas, conectores de presión, argollas, etc... pero no con piezas soldables. En el electrodo de tierra se usarán grapas de bronce forjado o latón, o acero forjado, herrajes con tornillos, etc...

d) Todos los accesorios mencionados se protegerán contra el daño físico poniéndolos en lugares seguros, dentro de cubiertas de metal o madera, o bien en el interior de un registro en el piso.

e) Las pinturas y esmaltes se evitarán en las superficies de contacto.

NORMAS GENERALES MAS IMPORTANTES

Finalmente todo sistema de tierras debe cumplir necesariamente con las siguientes disposiciones:

a) La conexión a tierra de un sistema de tierras, circuitos, tuberías, armaduras de cables, conduits y partes metáli-

cas de pararrayos, se dispondrá de manera que no provoque corrientes perjudiciales debido a la posición de los conductores de tierra. Las corrientes transitorias que aparecen mientras aquellos realizan su función de protección no deben considerarse como dañinas. Si una corriente no deseada fluye por un conductor de tierra debido al uso de múltiples tomas de tierra, se abandonarán una ó más de éstas; su localización se cambiará ó se suprimirá definitivamente la continuidad entre el conductor de tierra y el electrodo.

b) Las estructuras metálicas y las cubiertas metálicas protectoras de equipo eléctrico se separarán al menos 1.8 m. de las puntas de los pararrayos y sus conductores. Cuando ésto sea imposible, se unirán.

c) La trayectoria a tierra de circuitos, equipo y cubiertas de conductores será permanente y continua, tendrá alta capacidad de conducción para actuar con seguridad ante la circulación de cualquier corriente probable que le sea impuesta, y su impedancia será lo suficientemente baja para limitar el potencial sobre tierra y facilitar la operación de los medios de protección contra las sobrecorrientes.

CONEXION DEL NEUTRO A TIERRA

El hecho de no aterrizar un sistema de distribución secundaria, es decir, no conectar el neutro a tierra, provoca ciertas desventajas. Si una de las fases de un circuito hace contacto con el suelo o alguna carcasa de un motor, originará un sobrevoltaje entre las líneas que no presentan fallas, esta tensión puede incrementarse hasta un 73% de su valor normal, si el tiempo

que dura la avería es relativamente grande aparecerán rupturas de aislamientos en otros circuitos. Además el potencial del neutro con respecto a tierra aumenta.

A grandes rasgos estas son las ventajas que se obtienen al aterrizar el neutro de la instalación:

a) Se reduce la labor de operación y mantenimiento, - - porque disminuye comparativamente la magnitud de las tensiones - transitorias, existe protección contra las descargas atmosféricas o posibles arqueos, es más fácil localizar una falla a tierra y - se mejora el funcionamiento de los dispositivos encargados de la protección, puesto que reaccionan ante la avería en un tiempo menor.

b) Es mayor la seguridad para el equipo y el personal.

c) Aumenta la confiabilidad en el servicio.

Se recomienda que la conexión del neutro a tierra sea sólida y no a través de una impedancia, si la alimentación es -- 480/254 volts, como el caso nuestro. Por ello, cada servicio ten drá conexión con un electrodo de tierra que se hará del lado de - la alimentación del medio de desconexión y nunca del lado de la - carga; el calibre del conductor empleado no debe infringir lo dis puesto por la primera tabla mencionada anteriormente. El propósi to de todo esto es que las corrientes que aparecen como anorma- les en cualquier aparato de servicio, provoquen un corto circuito en el circuito derivado correspondiente, para evitar que retornen al transformador ó al sistema de tierras a través del suelo mis- mo, u otra trayectoria indeterminada. En otras palabras, se pro- porciona una vía de baja resistencia para facilitar la operación

de los fusibles o de la protección termomagnética.

La toma de tierra directa para el neutro de los transformadores no debe tener una resistencia superior a 5Ω . Este valor es logrado enterrando una malla de cable de cobre desnudo de 53.5 mm^2 de sección transversal, número 2 AWG; a una profundidad de 0.6 m, con el objeto de limitar el voltaje de paso.

El perímetro total empleado es de 30 m, luego el valor de la resistencia es

$$R = \frac{\rho}{L} = \frac{70}{30} = 2.83 \quad \rho = 70 \Omega \cdot \text{m}.$$

Se instalará al menos un electrodo adicional.

Se dispondrá de uno en cada cuarto del equipo del aire acondicionado y a él se conectará el neutro de cada tablero que se encuentre en ese local.

Las características de la varilla de cobre enterrada verticalmente son las siguientes:

L = longitud enterrada = 300 cm.

a = radio = 0.793 cm.

Estas originan una resistencia de

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} - 1 \right) = 23.48 \Omega.$$

Los centros de carga que se encuentran lejos de la subestación y de los cuartos antes mencionados, conseguirán la conexión del neutro a tierra por medio del cable aislado usado como estación se aterrizarán empleando la malla del neutro de los transformadores.

El neutro de la planta generadora también puede aterri-

zarse con el electrodo en forma de malla con las mismas características del de la subestación, el perímetro total de cable empleado es de 19 m, luego

$$R_T = \frac{\rho}{L} = \frac{70}{20} = 3.5 \Omega$$

Estas tierras de servicio, del generador y del transformador deben unirse.

TIERRAS DE PROTECCION CONTRA CORRIENTES INDICADAS Y FALLAS DE AISLAMIENTO.

El objetivo de este sistema es el de drenar hacia el suelo las corrientes que se inducen en partes metálicas que normalmente no deben estar energizadas, como los gabinetes de las lámparas, las carcazas de los motores o las tuberías que alojan a los conductores. También debe provocar un corto circuito para que funcionen los medios de protección cuando se deteriore la envoltura aislante de un conductor que transporta corriente.

Deben conectarse a tierra los siguientes elementos:

- a) Los gabinetes metálicos del equipo de la acometida.
- b) La envolvente metálica de los alimentadores de alta tensión.
- c) Todos los gabinetes de la subestación así como los tanques de los transformadores.
- d) Los tableros, interruptores, arrancadores, y sus estructuras.
- e) Las estructuras de motores y generadores.
- f) Masas conductoras fijas de lámparas que trabajen con más de 150 volts.

- g) Los tubos y ductos embisagrados, que protegen cables.
- h) Máquinas o herramientas que operan en locales húmedos o mojjados.

Los electrodos de toma de tierra que se van a emplear - son los que se utilizan también en el inciso anterior, a ellos se conectarán todos los objetos metálicos indicados, que se encuentran cerca de los mismos.

Los gabinetes de las luminarias fluorescentes no se consideran aterrizados aunque estén sujetos a la estructura metálica de la techumbre y ésta se conecta a tierra en diversos puntos. - Cada uno de los postes de los reflectores del alumbrado exterior tendrá un electrodo de varilla, como los ya descritos.

Los contactos con tierra de protección son los que proporcionan la protección necesaria a los trabajadores que usan los aparatos eléctricos en los cuartos de refrigeración.

Con cables desnudos y sujetos al piso se logrará aterrizar las carcazas, tableros y arrancadores de los motores del equipo de refrigeración, desde luego se hará contacto con un electrodo de conexión a tierra por medio de un conductor principal.

Algunas unidades de alumbrado se sobrepondrán a una losa de concreto, en este caso, se introducirá un conductor de tierra dentro de las tuberías de alimentación.

En la acometida conviene usar una malla para conectar a ella todas las cubiertas y estructuras que no deban conducir corriente alguna.

SISTEMA DE PARARRAYOS

El sistema pararrayos es un conjunto de elementos que -

nos sirve para proteger un edificio de los efectos que producen - las descargas atmosféricas proporcionándoles un camino directo a tierra y de baja resistencia.

Tratamos a continuación, en forma muy general, las características más importantes que debe tener un sistema de protección de esta naturaleza para lograr un buen grado de confiabilidad.

Los factores principales que debemos analizar para decidir sobre la puesta o no de dicho sistema en un edificio son:

- 1.- La frecuencia e intensidad de las tormentas
- 2.- Valor, naturaleza y contenido del edificio.
- 3.- Riesgos a personas
- 4.- Exposición relativa
- 5.- Pérdidas indirectas

Como sabemos, no en todas las regiones del globo terraqueo las descargas atmosféricas son de igual frecuencia y las intensidades de ellas varían, así por ejemplo. pueden existir lugares con descargas muy frecuentes y de baja intensidad ó aisladas con alta intensidad.

El segundo factor se refiere principalmente al tipo de construcción en cuanto a materiales, altura y superficie, a las características de sus contenidos; explosivos, inflamables o flammables y por último al costo económico del conjunto.

Generalmente en un edificio se encuentran personas a las cuales hay que proteger y esto es muy importante para la decisión.

Por otro lado el costo económico de la instalación del

sistema de pararrayos no es comparable con el que nos provocaría un siniestro debido a una descarga atmosférica

En la actualidad ya no es muy utilizado el pararrayos de Franklin porque tiene algunas restricciones en sus aplicaciones, razón por la cual está siendo desplazado por un conjunto de puntas interconectadas entre sí y puestas a tierra en más de un lugar de la instalación, motivo que hace meritorio hablar de un SISTEMA de PARARRAYOS. Los elementos que lo constituyen básicamente los podremos reunir en cuatro grupos que a continuación describimos.

- a) ELEMENTO RECEPTOR. Lo constituyen las puntas y cables de protección colocados en los lugares más propensos a recibir una descarga atmosférica.
- b) CIRCUITO A TIERRA. Son los encargados de llevar a tierra las corrientes de descarga por caminos de baja resistencia y por lugares apropiados que no produzcan riesgos a las personas que transitan por el lugar.
- c) ELECTRODOS o DISPERSORES DE TIERRA, Son los que se encuentran en contacto directo con el terreno y dispersan en él las corrientes indeseables.
- d) ACCESORIOS. Los forman los dispositivos que de algún modo nos permiten una continuidad perfecta entre los tres elementos anteriores, el edificio y tierra.

Debido a que en nuestro país aún no existe una reglamentación acerca de la instalación de pararrayos hemos tomado como base principal lo establecido por el LIGHTNING PROTECTION CODE de NATIONAL FIRE PROTECCION ASSOCIATION Y presentamos a continuación

en resumen.

DE LOS ELEMENTOS RECEPTORES

Las terminales aéreas se deben instalar en todas las partes de la estructura que puedan ser receptoras y dañadas, así mismo se deben proteger los objetos colocados en la azotea y propensos a recibir una descarga atmosférica.

Estas terminales van colocadas en bases metálicas sujetas a la estructura e interconectadas entre sí, la colocación puede ser por medio de roscas o puestas a presión. La longitud mínima de una punta será de 25.4 cm. por arriba del objeto protegido y puesta no más allá de 61 cm. del mismo.

La distancia de separación entre terminales con una longitud mayor de 61 cm. no debe exceder a los 7.62 metros en los contornos de las azoteas y de 15.24 m. en las partes planas intermedias de las mismas. Para puntas de menor longitud se recomienda reducir los espacios.

CIRCUITO A TIERRA

Los conductores en general deberán ser colocados sobre los parapetos, las orillas de techos planos, partes acanaladas y necesariamente donde haya superficies planas de tal manera que se una cada terminal con las restantes y los conductores constituyan una malla cerrada siempre que las condiciones del local lo permitan. En superficies muy grandes los rectángulos de las mallas no deben de exceder de 15.24 por 45.72 metros.

En general no es recomendable utilizar curvas en trayectorias pero si ésto es inevitable, serán de tal forma que tengan un radio mínimo de 20.32 cm.

CONDUCTORES DE BAJADA

Los conductores de bajada a tierra serán colocados sobre las partes externas del edificio, tales como esquinas, esto es debido a la localización de las terminales aéreas y a la posición de los mejores lugares para hacerse conexión a tierra. Estos conductores deben ser separados lo más posible, preferentemente en esquinas diagonalmente opuestas cuando se trate de estructuras cuadradas ó rectangulares y diametralmente opuestas en estructuras circulares.

Del número de conductores tenemos que se deben instalar no menos de dos conductores de bajada y sus propias tomas de tierra, para cualquier tipo de estructura incluyendo campanarios. Las estructuras que tengan un perímetro mayor a 76.2 metros tendrán un conductor de bajada adicional por cada 30.48 metros adicionales de perímetro o una fracción de este.

En ocasiones, en estructuras irregulares es necesario instalar más de dos bajadas debido a los cambios de nivel y por tratar de conservar la regla de tener dos caminos directos a tierra como mínimo.

Los conductores en cuestión pueden ser alojados en tubos que de preferencia sean de material aislante, en caso de ser metálicos el conductor y el tubo se unirán al principio y al final, cuando son exteriores y están en sitios por los cuales circulan personas es obligado instalar una cubierta aislante sobre el conductor en un tramo no menor de 1.83 metros por arriba y a partir del nivel del piso.

Las estructuras metálicas sirven como conductores de --

tierra y de bajada si tienen una continuidad segura y permanente.

Los conductores utilizados en la interconexión del sistema de pararrayos en ningún caso será menor al del número 6 AWG.

Todas las partes metálicas interiores ó contenidos de considerable tamaño que sean una porción permanente de la estructura o que estén permanentemente instaladas dentro de ella y se encuentren próximas a 1.83 metros ó menos de extremos metálicos, superficies o de un conductor de bajada, deberán conectarse a ellos para evitar arcos eléctricos entre ambos.

CONEXIONES A TIERRA

Cada conducto de bajada debe tener una conexión a tierra, de preferencia con una tubería metálica de agua o una estructura metálica enterrada, dicha conexión ha de ser franca y permanente, y tomando en cuenta las características del terreno circundante.

La resistencia de tierra debe ser adecuada para tener una buena disipación de la corriente de descarga, la recomendada como mínima para lograrlo según ROIE es de 25 ohms. En incisos anteriores se habla sobre la forma de realizar la selección e instalación conveniente de los electrodos de tierra.

ACCESORIOS Y MATERIALES

Los materiales con los cuales están construidos los sistemas de protección contra descarga atmosférica deben ser resistentes a la corrosión o debidamente protegidos contra la misma. No se recomienda utilizar combinaciones de materiales que formen un par electrofórico natural, ya que en presencia de humedad ace

leran la corrosión.

Los materiales que normalmente se utilizan son: el cobre, el acero con recubrimiento de cobre y el aluminio, este último no debe ser usado cuando se tiene un contacto permanente con la tierra.

Dentro de los accesorios tenemos: Las bases que sostienen las puntas, pasamuros, pasatechos, conectores rectos, conectores para tubos de agua, uniones T, abrazaderas para varillas de tierra y una gran variedad de broches y abrazaderas para sujetar el cable a los muros y a las estructuras. Todos éstos serán del mismo diseño y dimensiones requeridos por el sistema para que nos garanticen una resistencia mecánica adecuada y una buena conductividad.

En nuestro problema en estudio, el edificio está localizado en una zona de un número considerable de descargas atmosféricas, la estructura tiene una altura regular y no existen a su alrededor construcciones más altas y protegidas. Al respecto de los contenidos, sabiendo que es una tienda de autoservicio podemos darnos cuenta de todos los objetos que en ella se encuentran -- así como de la magnitud de la inversión. Como mencionamos es una tienda y durante todo el tiempo que se encuentre abierta circularán por ella un sinúmero de personas a las cuales se tiene que -- proteger.

Analizando con más detenimiento todo lo anterior se hace indispensable instalar el sistema de pararrayos para proteger el edificio, los contenidos y las personas contra las descargas atmosféricas que puedan incidir en la tienda.

A continuación proseguimos con el diseño de dicho sistema haciendo mención de que se utiliza material apropiado de existencia en el mercado nacional.

De la ubicación de las puntas y de la trayectoria de los conductores solo tenemos que decir que han sido diseñados respetando las recomendaciones del LIGHTNING PROTECTION CODE y sugerimos ver el plano adjunto de pararrayos.

Las terminales aéreas utilizadas en la mayoría de los casos son de 25 cms. de longitud, y de 60 cms. las que están localizadas junto a las lámparas del alumbrado exterior colocadas inmediatamente sobre la superficie del techo.

Para determinar el número mínimo de conductores de bajada a tierra recordemos lo que establece el L.P.C.

Para superficies menores de 76.2 metros de perímetro se utilizarán mínimo dos cables de bajada y sus respectivos electrodos de tierra y se agregará una bajada más por cada 30.48 metros ó fracción.

Así, si en la tienda tenemos un perímetro de la nave principal de 373 metros el número de conductores de bajada es igual a:

$$2 + \frac{373 - 76.2}{30.48} = 11.73$$

Por lo tanto se tiene que poner un número de 12 conductores de bajada a tierra, como se observa en el plano correspondiente se colocarán 15 con el fin de conservar cierta simetría y lograr una mejor distribución uniforme del potencial de tierra y tratando de conservar dos trayectorias directas a tierra sin cambios de nivel ascendente.

El edificio adjunto tiene un perímetro de 28.2 metros razón por la cual lleva únicamente dos de dichos conductores.

Todos los cables de bajadas irán en la parte interna de paredes ó columnas dentro de tubo P V C hasta el registro de tierra correspondiente.

Los electrodos de tierra necesariamente son una por cada conductor de bajada y van colocados aproximadamente a dos metros de longitud de los cimientos y en registros adecuados.

Haciendo varias mediciones de la resistividad en el terreno circundante a la tienda se obtuvo un valor promedio de 7000 ohms-cm con el cual calcularemos la resistencia para los electrodos.

Las varillas de tierra a utilizar en esta ocasión son de cobre macizo con un diámetro de 17.87 mm (5/8") y una longitud de 3 metros.

Recordando la expresión descrita para el cálculo de la resistencia de tierra para un electrodo tenemos que :

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} - 1 \right) \quad \text{donde}$$

R= Resistencia de tierra en ohms

ρ = Resistividad del terreno en ohms-cm

L= Longitud del electrodo en cms.

a= radio del electrodo en cms.

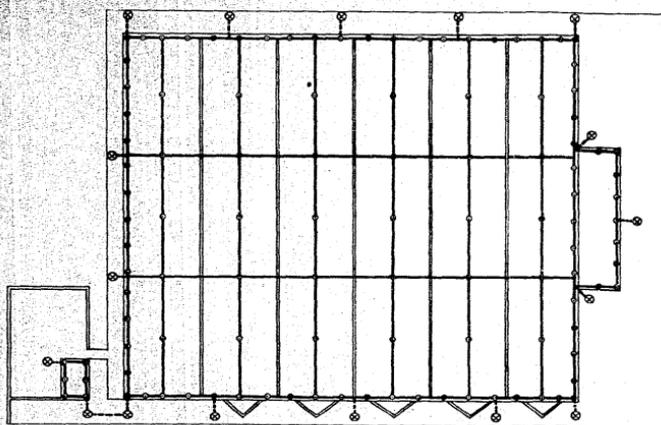
En nuestro caso la resistencia de tierra será igual a:

$$R = \frac{7000}{2\pi \times 300} \left(\ln \frac{4 \times 300}{0.793} - 1 \right) = 23.47 \Omega$$

Como la resistencia máxima de tierra permitida es 25 ohms obviamente es aceptable la de 23.47 ohms proporcionada por

cada electrodo.

Sólo nos resta mencionar que todos y cada uno de los -- postes del alumbrado exterior debido a que terminan en punta, son metálicos y por su altura, son propensos también a recibir las -- descargas atmosféricas, al pie de cada uno se enterrará un electrodo de tierra y se conectará firmemente a la base de dichos postes.

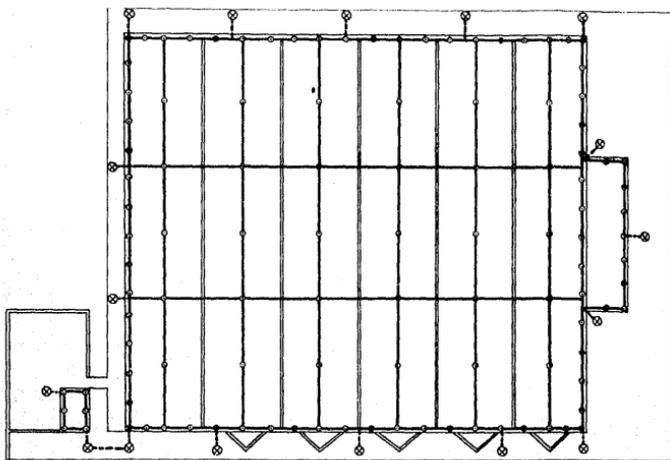


ESCALA 1:750

SIMBOLOGIA

- TERMINAL AEREA DE 25 CM.
- TERMINAL AEREA DE 60 CM. CON TRIPIE.
- ⊗ ELECTRODO PARA TOMA DE TIERRA CON REGISTRO.
- CONDUCTOR DE TIERRA POR TECHO Y MURO.
- CONDUCTOR DE TIERRA ENTERRADO.





ESCALA 1:750

SIMBOLOGIA



- TERMINAL AEREA DE 25 CM.
- TERMINAL AEREA DE 60 CM. CON TRIPIE.
- ⊙ ELECTRODO PARA TOMA DE TIERRA CON REGISTRO.
- CONDUCTOR DE TIERRA POR TECHO Y MURO.
- CONDUCTOR DE TIERRA ENTERRADO.

APARTARRAYOS

El aislamiento de todos los elementos que constituyen una instalación eléctrica está frecuentemente propenso a la destrucción por la aparición de sobretensiones. Por éstas entendemos aquellas diferencias de potencial que exceden al valor de la tensión de servicio máxima permanentemente admisible. Existen tres grupos básicos de sobrevoltajes:

a) De origen atmosférico: se originan por la inducción electrostática o por descarga directa sobre las líneas de transmisión aéreas, debidas a los campos eléctricos que producen las nubes cargadas.

b) De alta frecuencia: ocasionados por el funcionamiento de interruptores, la duración de éstas es de 1 000 microsegundos aproximadamente y su frecuencia es de algunos cientos de hertz.

c) De baja frecuencia de origen interno: ocasionados por contactos a tierra, o bien fallas monofásicas ó bifásicas, que desequilibran el sistema.

Actualmente para limitar las dos primeras se emplean los apartarrayos autovalvulares porque su precio es reducido comparativamente, técnicamente es superior a otros medios y su servicio es constante durante un largo período de tiempo.

Se conecta uno por cada fase, entre el conductor alimentador y tierra. Reduce el valor de las tensiones excesivas ya que funcionalmente es una resistencia variable que disminuye su magnitud si el voltaje aumenta. De manera que en condiciones normales provoca casi un corto-circuito entre la fase y la conexión a tierra.

Un apartarrayos es una sola pieza que en su interior - tiene conectados en serie los siguientes elementos enlistados de la parte superior a la inferior.

Una pieza de empalme, para conectarla con la fase correspondiente.

Cubierta Superior.

Explosores de extinción, con dos electrodos metálicos separados cierta distancia que depende del voltaje al cual se desea que ocurra un arco entre ellos.

Discos de resistencia, hechos de una substancia que posee las características de resistividad variable en función de la tensión.

Fusible de sobrecarga, funciona cuando se excede el valor máximo de corriente soportable.

Platillo inversor, con la concavidad en la parte superior.

Resorte, hace franco el contacto entre las piezas.

Cubierta Inferior.

Una conexión para hacer el empalme a tierra.

Todas están montadas dentro de un tubo aislante robusto y envueltas por una cubierta de porcelana que se sella herméticamente en sus extremos. El interior se ha llenado de nitrógeno con el fin de evitar que penetre aire.

El funcionamiento completo de estos aparatos es el que se escribe a continuación.

Cuando una onda de sobrevoltaje aparece en las líneas de alimentación y alcanza cierta magnitud salta un flujo de car-

gas en los explosores, en ese instante los discos disminuyen su resistencia, permitiendo que la corriente se dirija a tierra. La capacidad térmica de estos dispositivos no es ilimitada, al contrario es reducida. Cuando se excede la capacidad conductora el fusible impide que se destruya el apartarrayos, asimismo si la sobretensión supera las especificaciones, el nitrógeno aumenta su presión por el efecto de la alta temperatura, y se libera en el extremo inferior formando una atmósfera ionizada alrededor del aislante de porcelana, por el efecto del platillo inversor. Esto permite que se forme un flujo de cargas entre el empalme superior y la conexión a tierra, suficientemente alejado del apartarrayos y no provoca su destrucción por sobrecalentamiento.

Cuando la sobretensión ha sido eliminada el cortocircuito subsiste, una corriente de baja frecuencia con una duración de algunos ciclos ocasionaría la fundición de este aparato, sin embargo no ocurre esto porque al primer paso de la onda senoidal por cero, se recobran las características de un aislante.

Las especificaciones siguientes definen el comportamiento de un apartarrayos:

1.- Tensión de reacción. Es la magnitud de la diferencia de potencial que provoca el arco en los explosores. Depende de la forma de la onda, por lo tanto pueden considerarse cuatro valores:

a) Para un frente de onda de aproximadamente 1 200 -- kv/μs. (kv cresta).

b) Una onda de impulso de 1.5 x 40 microsegundos más ó menos, (kv cresta).

c) Onda de alta frecuencia, (kv cresta).

d) Onda de baja frecuencia, (kv eficaz).

2.- Tensión de corte o descebado. Es el valor eficaz - del máximo voltaje de baja frecuencia (60 Hz) al cual el aparta-- rrayos puede mantenerse en un estado no conductor.

Este dato generalmente es el voltaje nominal, aunque -- algunos fabricantes aumentan ligeramente la tensión de descebado con respecto a la nominal.

3.- Voltaje máximo de descarga o de tensión residual.- Es la caída de voltaje producida por la circulación de corriente a través del apartarrayos, depende de la magnitud y de la forma - de ésta, por élllo se da el valor de tensión residual máxima, en - KV del valor de cresta, correspondiente a un impulso de corriente de 8 x 20 microsegundos y para tres valores diferentes; 5 000, - 10 000 y 65 000 amperes.

4.- Capacidad nominal de descarga. Se refiere a la efi ciencia térmica suficiente para soportar el flujo de cargas que - puede circular a través de él.

Existen tres valores diferentes de capacidad de descar- ga, para los cuales se han normalizado las pruebas correspondien- tes:

a) De corriente de alta intensidad. Se debe a los fenó menos atmosféricos, en los laboratorios de pruebas se aplica una onda de (4 a 8) x (10 a 20) microsegundos y la magnitud de la - - cresta (en KA) es la mayor debe soportarse, en un lapso de tiempo corto.

b) De corrientes de baja intensidad y larga duración. -

Su origen es la apertura ó cierre de interruptores. La frecuencia de la onda es grande (400 a 3 000 Hz). La prueba normalizada consiste en aplicar 20 descargas de forma rectangular con - - 2 000 microsegundos y de un valor determinado.

c) De un ciclo de descargas sucesivas. La prueba normalizada que define esta capacidad establece que el apartarrayos debe soportar un ciclo de trabajo consistente en 20 descargas sucesivas de ondas de corriente de 8×20 microsegundos de un valor de cresta determinado.

SELECCION DE LOS APARTARRAYOS.

Tres son las especificaciones importantes para poder hacer la selección: el voltaje nominal, la capacidad de descarga y la altura sobre el nivel del mar, las demás características -- las obtiene y proporciona el fabricante.

Para el primer punto, es indispensable conocer el - - máximo sobrevoltaje de baja frecuencia que puede ocurrir en el - punto del sistema donde se instalarán los apartarrayos. El voltaje siempre debe ser superior al mencionado anteriormente, de no ser así se sobrepasaría la capacidad térmica y se provocaría la - destrucción.

La sobretensión mayor posible ocurre cuando aparece - una falla monofásica a tierra, incrementando la tensión en las - fases que no han fallado. La magnitud de ésta depende de la configuración del sistema y de la manera en que esten conectados -- los neutros de los transformadores. Su valor se obtiene multiplicando la diferencia de potencial que existe entre fases, por un factor indicado en la tabla siguiente y por 1.05. Este últi-

mo factor se considera por las variaciones de potencial que presentan los generadores cuando pierden carga.

*Factor	Sistema
0.8	Con neutros conectados directamente a tierra.
1.0	Con neutros aterrizados a través de una impedancia.
1.1	Ciertos sistemas con los neutros aislados.

Después de obtener el resultado se elige el valor comercial inmediato superior.

Se pueden fabricar apartarrayos con diferentes capacidades de descarga, sin embargo con una nominal de 5 KA, $8/20 \mu s$, se asegura que el 90% de las corrientes de descarga no excederán ese valor y el apartarrayos las soportará, según estadísticas elaboradas por organismos norteamericanos. Los fabricantes de este equipo en México han encontrado que esto es suficiente en el país.

INSTALACION DE LOS APARTARRAYOS.

Deben ubicarse lo más cerca posible de los objetos o aparatos que se desea proteger, de no hacerse así se le da tiempo a la porción inicial de la onda de sobretensión para que se desplace a través de conductores largos y se refleje en interruptores abiertos o transformadores, y por lo tanto se suma a la onda original aumentando el sobrevoltaje hasta 1.4 veces el voltaje de reacción del apartarrayos, dañando por consiguiente los aislamientos del transformador y de los conductores.

*Consulte "Redes Eléctricas", Ing. Jacinto Viqueira Landa.

Las conexiones de empalme a tierra deben aterrizarse - directamente por medio de conductores desnudos, sin que éstos -- tengan vueltas o curvas, sean de la mínima longitud y no tengan cubierta metálica, (de lo contrario se aumenta la impedancia). La toma de tierra se hace con un electrodo artificial de los ya descritos aislado del resto de los sistemas de tierras.

El área de la sección transversal del conductor de conexión a tierra no debe ser inferior a:

$$24 + 0.4 V \quad \text{mm}^2, \text{ si es de cobre}$$

$$40 + 0.6 V \quad \text{mm}^2, \text{ si es de aluminio}$$

donde V es el voltaje entre fases nominal de la red de distribución, expresado en KV.

Finalmente, en nuestro caso decidimos colocar un juego de tres apartarrayos conectados a las líneas de alimentación del transformador de 23 KV/440 V, al pie de éste. Los datos nominales de los apartarrayos son:

Capacidad de descarga, $8/20\mu\text{s}$, 5 KA.

Es apropiado de 0 a 3 000 m sobre el nivel del mar.

$$\text{KV} = \text{KV}_F \times 1.05 \times 1.00 = 23 \times 1.05 \times 1.00 = 24.15$$

Entonces elegimos el indicado como:

22.5 a 30 KV, con la red rígidamente puesta a tierra. Las especificaciones restantes son las siguientes:

Frecuencia: 40 - 60 Hz

Choque de alta intensidad, 65 KA, $4/10\mu\text{s}$.

Intensidad de descarga de larga duración, 100 KA, - -

Tensión de choque soportable, 1.2 x 50, 170 KV cresta.

Tensión alterna soportable en ambiente seco, 100 KV --

eficaz.

Tensión alterna soportable bajo lluvia, 51 KV eficaz.

Rango de acción de fusible de sobrecarga, 20 KA.

Tensión de extinción, 24 KV.

Tensión alterna de creación, 46 a 50 KV cresta.

Valor máximo de la tensión total de choque de reacción,
80 KV eficaz.

Tensión de choque de reacción frontal a $0.5 \mu s$, 95 KV
eficaz.

Valor máximo de la tensión residual a la:

Intensidad de descarga de 5 KA, 76 KV eficaz.

Intensidad de descarga de 10 KA, 84 KV eficaz.

Intensidad de descarga de 65 KA, 110 KV eficaz.

Cálculo del calibre del conductor de conexión a tierra:

$$24 + 0.4 V = 24 + 0.4 (23) = 33.2 \text{ mm}^2$$

Esta área corresponde a un cable desnudo de cobre, número 2 AWG.

El electrodo de puesta a tierra también lo constituirá

la malla instalada debajo de la subestación.

CAPITULO VII

EVALUACION ECONOMICA

Una de las etapas de mayor relevancia en todo proyecto ingenieril, es la evaluación económica. Tal es su trascendencia, que de su análisis se concluye si la obra puede realizarse o no, de acuerdo con un diseño. En el caso negativo debe buscarse -- otra alternativa menos costosa.

El objetivo de este capítulo es mostrar uno de los métodos que se emplean actualmente para obtener el costo total que conlleva una instalación eléctrica, incluyendo el sistema de iluminación artificial.

Dos son los procedimientos más usuales, a uno se le denomina "Por volumen de obra o salidas" y al otro "Por rendimientos u horas-hombre". El primero consiste básicamente en clasificar y contar las "salidas" (cajas de conexión donde debe instalarse algún dispositivo eléctrico con todos los accesorios), en seguida, asignarles un precio unitario, en función de los materiales, la cantidad de éstos y la dificultad de ejecución. Finalmente a los costos totales de materiales y mano de obra, se les agrega otros gastos, la utilidad e impuestos. Es el más sencillo, pero posee los siguientes inconvenientes:

- a) No se puede establecer un precio exacto a cada clase de "salida".
- b) Inicialmente es difícil establecer el número de --

obreros que deben contratarse para finalizar el trabajo dentro del período prefijado.

- c) La incertidumbre y el posible error se presentan al asignar recursos de acuerdo al programa de ejecución.

En cambio en el segundo, de cada unidad de material deben conocerse los costos de:

Compra, transporte, mano de obra (obtenido a partir del rendimiento), el correspondiente al maestro, herramienta y almacenamiento. A estos debe agregársele un porcentaje que incluye otros gastos técnico-administrativos y la utilidad. La suma de todos representa el precio unitario. El monto total de la obra se obtiene al sumar los productos que resultan de multiplicar cada precio unitario por la cantidad total del material correspondiente. Las ventajas que se presentan son las siguientes:

- a) A ningún material le faltará un costo por mano de obra.
- b) Fácilmente se puede calcular el número mínimo de hombres que laborarán y la categoría de cada uno de ellos.
- c) Ayuda a controlar los gastos durante el proceso de construcción, permitiendo balancear los ingresos y los egresos favorablemente.

Concluimos que es preferible el realizar la evaluación económica por medio de un análisis de precios unitarios por rendimientos, porque permite administrar mejor los recursos humanos y financieros. Desafortunadamente ninguna asociación privada o

institución de la República Mexicana, ha publicado estudios sobre los rendimientos de obreros de instalaciones eléctricas que se hacen en el país. Por este motivo, hemos recurrido al "Catálogo Depurado de Precios Unitarios del I.M.S.S., el cual aplicó el método idéntico al que se pretende usar.

En primera instancia, para poder detallar mejor el procedimiento, comenzaremos por describir los aspectos más generales.

Los elementos que componen el precio total de un proyecto son los costos directo e indirecto, la utilidad y el impuesto. Definamos cada uno de estos conceptos.

El costo directo es la suma de los costos de los materiales, equipo y mano de obra que intervienen en la elaboración de un producto.

El costo indirecto es la suma de todos los gastos técnicos y administrativos necesarios para la correcta ejecución de una obra.

Utilidad es el porcentaje de ganancia de la empresa constructora.

Impuestos son los porcentajes que deben agregarse a ciertos costos, según los establecen las Leyes correspondientes.

Por sencillez, presentamos la evaluación en forma de tablas, y antes mostramos con todo detalle la forma en que se obtuvo cada columna.

DESCRIPCION

Comprende las características principales de los materiales a utilizar.

COSTO DE MATERIALES

Se obtiene el precio por unidad existente en el mercado de los distintos materiales incluyendo el suministro en la obra y algunos materiales auxiliares necesarios para su colocación enunciados en la columna de descripción.

RENDIMIENTO

Es el tiempo que tarda una persona o grupo de personas en colocar una unidad de material. Ha sido obtenido por medio del catálogo depurado del IMSS (1980).

MANO DE OBRA

Costo en pesos de trabajo realizado para instalar una unidad de material. Se obtiene multiplicando el rendimiento por un factor que es el costo de la hora-cuadrilla, mismo que está en función del salario real base del personal que interviene directamente en la instalación.

Obtención de salarios reales:

Para la obtención de éstos se toman los salarios base vigentes en 1980, asimismo los impuestos y prestaciones que marca la Ley Federal del Trabajo.

Días no laborables en el año

Domingos	(Artículo 60)	52
1 ^a de Enero		1
5 de Febrero		1
21 de Marzo		1
1 ^a de Mayo		1
16 de Septiembre		1
20 de Noviembre		1

1 ^a de Diciembre de		0.17
cada 6 años		
25 de Diciembre	(Artículo 74)	1
vacaciones mínimas	(Artículo 76)	<u>6</u>
TOTAL DE DIAS NO LABORABLES		65.17
<u>Días que se pagan.</u>		
Días calendario		365.25
Aginaldo	(Artículo 87)	15
Prima vacacional	(Artículo 80)	<u>1.5</u>
Total		381.75

Días efectivos de trabajo

Días calendario -Total de días no trabajados

$$365.25 - 65.17 = 300.08$$

PARA SALARIOS MINIMOS PROFESIONALES

(1) FACTOR POR DIA TRABAJADO

(por prestaciones L.F.T.)

$$\frac{\text{Días que se pagan}}{\text{Días efectivos de trabajo}} = \frac{381.75}{300.08} = 1.27216$$

$$\text{FACTOR (1)} = \underline{1.27216}$$

(2) FACTOR POR SEGURO SOCIAL

15.9375 % del total devengado para salarios superiores al mínimo. Por lo tanto el factor será - -
igual a:

$$\frac{\text{Días que se pagan}}{\text{Días efectivos de trabajo}} \times 0.159375 =$$

$$\frac{381.75}{300.08} \times 0.159375 = 0.20275$$

$$\text{FACTOR (2)} = \underline{0.20275}$$

(3) FACTOR DE EDUCACION

Se paga el 1% sobre el total devengado.

$$\frac{381.75}{300.08} \times 0.01 = 0.0272$$

$$\text{FACTOR (3)} = \underline{\underline{0.01272}}$$

(4) FACTOR DE GUARDERIAS

Se paga el 1% sobre la percepción anual, es decir, no grava prima vacacional ni gratificación anual.

$$\frac{\text{Días calendario}}{\text{Días efectivos de trabajo}} \times 0.01 = \frac{365.25}{300.08} \times 0.01 = 0.01227$$

$$\text{FACTOR (4)} = \underline{\underline{0.01217}}$$

Sumando los cuatro factores anteriores obtenemos el -- factor del salario real para salarios mínimos profesionales que es igual a

$$\underline{\underline{1.5000}}$$

En la zona 74 que comprende el Distrito Federal y el Area Metropolitana los salarios base son:

Oficial electricista	232.00
Ayudante clase "A"	204.00

Por lo tanto el salario real será:

Oficial	232.00	x 1.5000	= 348.00
Ayudante	204.00	x 1.5000	= 306.00
			<u>654.00</u>

Para determinar el costo por hora-cuadrilla se suman el salario real del oficial y el ayudante y se le agrega el 5% por concepto de vigilancia de un maestro recomendado para una obra grande (mayor de 7 000. 00 de pesos), la cantidad resultante se divide entre el número de horas/jornal, que oficialmente

mente es de 8 horas diarias efectivas de trabajo. De esta forma tenemos que:

$$\text{Pesos/hora-cuadrilla} = \frac{\text{Salario real de una cuadrilla por jornal} \times 1.05}{\text{Número de horas laborables por jornal}}$$

$$\text{Pesos/hora-cuadrilla} = \frac{654.00}{8} \times 1.05$$

$$\text{Pesos/hora-cuadrilla} = 85.84$$

La cantidad anterior es la que se multiplica por el -- rendimiento para obtener el costo de la mano de obra por unidad -- de material .

HERRAMIENTA Y EQUIPO

Dato del catálogo del I.M.S.S.

COSTO DIRECTO

Se obtiene de sumar los siguientes conceptos:

- 1) Costo de materiales
- 2) Mano de obra
- 3) Herramienta y equipo.

PRECIO UNITARIO

Para obtener el precio unitario se le agrega al costo -- directo un porcentaje de GASTOS INDIRECTOS Y UTILIDAD, mismo que se va obteniendo en base a las experiencias y desde luego que son diferentes de una compañía a otra.

Se utiliza en este estudio el factor recomendado para una obra mayor de 7,000 000.00 de pesos ya que solamente el costo de los materiales a utilizar rebasa dicha cantidad.

Costo directo	1.00
Costo indirecto	0.15
	<hr/>
	1.15
Utilidad 10%	0.115
Factor de Indirectos	1.265

TOTAL DE MATERIALES

Es el número total de unidades a instalar determinado por medio de una cuantificación detallada.

COSTO TOTAL

El costo total se refiere al costo que implica instalar un determinado número de unidades de los distintos materiales. Las cifras de esta columna se obtienen de multiplicar el precio unitario por el número de unidades a instalar. Sumando todas las cifras de costo total por material podemos conocer el costo total de la instalación eléctrica.

HORAS-CUADRILLA TOTALES

Para determinar el número de horas-cuadrilla totales necesarias para efectuar la instalación, se multiplica el rendimiento por el total de unidades a instalar, teniendo este dato por material utilizado sumamos todas las cantidades obtenidas y podemos conocer el tiempo requerido para efectuar el trabajo.

La información anterior nos sirva también para elaborar una ruta crítica y determinar el personal que debe intervenir en la ejecución de la obra en sus diferentes etapas.

NOMENCLATURA USADA EN LAS TABLAS

- U Unidad: metro, pieza, tramo, etc...
- C.M. Costo de materiales en pesos.
- H.C/U Rendimiento en horas-cuadrilla por unidad.
- M.O. Costo de mano de obra en pesos.
- H.E. Costo de herramienta y equipo en pesos.
- C.D. Costo directo en pesos
- P.U. Precio unitario en pesos

- T.M. Suma total de los materiales en metros, piezas, tramos, etc...
- C.T. Costo total en pesos.
- H.C.T. Horas-cuadrilla totales.

DESCRIPCION	U.	C.M.	H.C./U	M.O.	H.E.	C.D.	P.U.	T.M.	C.T.	H.C.T.
Conductores										
Alambre TW, incluye, guiado encintado, soldado suministro y alambrado.										
Calibre No. 12 AWG	M L	8.47	0.0063	0.54	0	9.01	11.40	14 620	166 633.64	92.1060
Calibre No. 10	M L	11.12	0.0063	0.54	0	11.74	13.21	15 200	200 754.00	95.7600
Cable TW, incluye guiado, soldado, en cintado, alambrado, suministro y desgaste de herramienta.										
Calibre No. 8 AWG	M L	19.97	0.0103	0.88	0.05	20.90	26.44	720	19 035.72	8.8580
Calibre No. 6	M L	30.14	0.0291	2.5	0.09	32.73	41.40	860	35 606.97	25.0466
Calibre No. 4	M L	42.82	0.0439	3.77	0.14	46.73	59.11	300	17 734.04	13.1757
Alambre THW, incluye guiado, soldado, encintado, suministro y alambrado.										
Calibre No. 12	M L	8.94	0.0063	0.54	0	9.48	11.99	1 503	18 024.28	9.4689
Calibre No. 10	M L	13.31	0.0063	0.54	0	13.85	17.52	1 903	33 341.04	11.9889
Cable THW, incluye guiado, soldado, encintado, alambrado, suministro y - desgaste de herramienta.										

DESCRIPCION	U.	C.M.	H.C./U	M.O.	H.E.	C.D.	P.U.	T.M.	C.T.	H.C.T.
Calibre No. 8 AWG	M L	21.36	0.0103	0.88	0.05	22.29	28.20	4 288	120 908.09	44.1664
Calibre No. 6 AWG	m	32.25	0.0291	2.5	0.09	34.84	44.07	152	6 699.04	4.4232
Calibre No. 4 AWG	m	45.81	0.0439	3.77	0.14	49.72	62.90	2 100	132 081.18	92.1900
Calibre No. 2 AWG	m	66.51	0.0652	5.60	0.18	72.29	91.45	570	52 124.70	37.1855
Calibre No. 1/0 AWG	m	103.45	0.0975	8.37	0.27	112.09	141.79	815	115 561.99	79.4682
Calibre No. 3/0 AWG	m	156.39	0.1626	13.96	0.41	170.76	216.01	360	77 764.10	58.5461
Calibre No. 4/0 AWG	m	193.32	0.1841	15.80	0.49	209.61	265.16	300	79 547.00	55.2190
Calibre No. 300 MCM	m	304.20	0.2247	19.29	0.41	323.9	409.73	230	94 238.71	51.6857
Calibre No. 350 MCM	m	347.29	0.2522	21.65	0.46	369.40	467.29	85	39 719.74	21.4381
Calibre No. 400 MCM	m	390.55	0.2618	22.47	0.46	413.48	523.05	100	52 305.00	26.1766
Calibre No. 750 MCM	m	643.79	0.3551	30.48	0.54	674.81	853.63	60	51 218.00	21.3048
Cable de cobre electrolítico, con pantalla metálica y con chaqueta con hierro XLP para 23 000 V. Monopolar no. AWG, incluye guiado, encintado y alambrado. Sum. y col.	m	304.52	0.2145	18.41	0.27	323.20	408.85	330	134 919.84	70.7747
Curvas de 90° para tubería conduit - de pared gruesa, galvanizadas. Suministro y colocación. De los siguientes diámetros:										
19 mm	m	10.92	0.0495	4.25	0.14	15.31	19.37	10	193.7	0.4951

DESCRIPCION	U.	C.M.	H.C./U	M.O.	H.F.	C.D.	P.U.	T.M.	C.T.	H.C.T.
25 mm	m	21.50	0.0699	6.00	0.18	27.68	35.02	25	875.38	1.7474
32 mm	m	44.44	0.0817	7.01	0.22	51.67	65.36	7	457.54	0.5716
51 mm	m	84.42	0.1305	11.20	0.36	95.98	121.41	2	242.83	0.2610
Tubo conduit galvanizado pared gruesa; incluye cople, corte con següeta y guía de alambre galvanizado No. 14, suministro y colocación.										
De los siguientes diámetros										
13 mm	m	27.77	0.1298	11.14	0.32	39.23	49.63	3 165	157 066.13	410.7421
19 mm	m	35.37	0.1533	13.16	0.36	48.89	61.85	634	39 210.27	97.1976
25 mm	m	54.09	0.2319	19.91	0.41	74.41	94.13	404	38 027.97	93.7050
32 mm	m	66.43	0.2177	18.69	0.54	85.66	108.36	107	11 594.51	23.2972
38 mm	m	86.01	0.2381	20.44	0.58	107.03	135.39	29	3 926.40	6.9054
51 mm	m	117.59	0.2908	24.96	0.72	143.27	181.24	42	7 611.94	12.2125
Tubo conduit galvanizado, pared delgada; incluye cople, corte con següeta y guía de alambre galvanizado No. 14, suministro y colocación. De los siguientes diámetros:										
13 mm	m	19.73	0.0652	5.60	0.14	25.47	32.22	700	22 553.69	45.6664
19 mm	m	27.06	0.0715	6.14	0.18	33.38	42.23	20	844.51	1.4306

DESCRIPCION	U.	C.M.	H.C./U	M.O.	H.E.	C.D.	P.U.	T.M.	C.T.	H.C.T.
Ducto cuadrado embisagrado 6.5x6.5x152.4 cms. CMT. ID-25 Square-D. Suministro y colocación.	pza.	194.02	0.7860	67.47	2.02	263.51	333.34	300	100 002.05	235.7992
Placa de cierre, ducto embisagrado - de 6.5x6.5 cms. Suministro y colocación.	pza.	31.68	0.1454	12.48	0.36	44.52	56.32	6	337.91	0.8723
Codo de 90° para ducto embisagrado - de 6.5x6.5 cms. Suministro y colocación.	pza.	190.80	0.7703	66.12	20.48	277.40	350.91	17	5 965.49	13.0946
Cruz para ducto embisagrado de 6.5x6.5 cms. Suministro y colocación.	pza.	349.2	1.2819	110.04	3.28	462.52	585.09	1	585.09	1.2819
Conector T para ducto embisagrado de 6.5x6.5 cms. Suministro y colocación.	pza.	252.00	1.0193	87.5	1.75	341.25	431.68	1	431.68	1.0193
Colgadores para ducto embisagrado de 6.5x6.5 cms. Suministro y colocación.	pza.	44.64	0.1493	12.82	0.41	57.87	73.21	300	21 961.67	44.8043
Tubo conduit flexible. Incluye corte con segueta y guía de alambre galvanizado no. 14. Suministro y colocación. De los siguientes diámetros:										
13 mm	m	51.69	0.0998	8.57	0.22	60.48	76.51	30	2 295.22	2.9951
19 mm	m	74.59	0.1054	9.05	0.27	83.91	106.15	30	3 184.38	3.1629
25 mm	m	103.67	0.1298	11.14	0.32	115.13	145.64	30	4 369.18	3.8933

DESCRIPCION	U.	C.M.	H.C./U	M.O.	H.E.	C.D.	P.U.	T.M.	C.T.	H.C.T.
Tubo conduit PVC de 25 mm de diámetro, incluye cople, corte con segaeta y -- gufa de alambre galvanizado No. 14. Suministro y colocación.	m	17.25	0.0810	6.95	0.18	24.38	30.84	300	9 252.81	24.2394
Tubo asbesto-cemento 100 mm de diámetro, incluye mano de obra del tendido de tubería. Suministro y tendido.	m	56.92	0.2601	22.33	0.68	79.93	101.11	758	76 642.48	197.1824
Cople conduit de asbesto-cemento de - 100 mm.	pza.	22.70	0.1406	12.07	0.36	35.13	44.44	260	11 554.26	36.5587
Caja chalupa galvanizada de 50x100 mm. Suministro y colocación.	pza.	13.88	0.2794	23.98	0.54	38.40	48.58	181	8 792.26	50.5636
Caja cuadrada galvanizada de 75x75 mm, P/Tubo de 13 mm. Suministro y colocación.	pza.	8.08	0.3143	26.98	0.54	35.6	45.03	575	25 894.55	180.7258
Caja cuadrada galvanizada de 100x 100 mm, P/Tubo de 13 y 19 mm. Suministro y colocación.	pza.	12.04	0.3931	33.74	0.68	46.46	58.77	350	20 570.17	137.5699
Caja cuadrada galvanizada de 120x 120 mm, P/Tubo de 25 y 19 mm. Suministro y colocación.	pza.	24.88	0.3931	33.74	0.68	59.30	60.57	61	3 694.97	23.9765
Caja cuadrada galvanizada de 150x150mm P/Tubo de 32 y 25 mm. Suministro y colocación.	pza.	25.44	0.5234	44.93	0.85	71.22	90.09	7	630.65	3.6639

DESCRIPCION	U.	C.M.	H.C./U	M.O.	H.E.	C.D.	P.U.	T.M.	C.T.	H.C.T.
Tapa galvanizada para caja cuadrada. Suministro y colocación. De las siguientes dimensiones:										
75x75 mm	pza.	4.24	0.0661	5.67	0.14	10.05	12.71	575	7 310.12	37 9805
100x100 mm	pza.	5.44	0.0661	5.67	0.14	11.25	14.23	300	4 269.38	19.8159
120x120 mm	pza.	9.64	0.0661	5.67	0.14	15.45	19.54	61	1 192.20	4.0292
150x150 mm	pza.	13.24	0.0661	5.67	0.14	19.05	24.10	7	169.69	0.4624
Sobretapa galvanizada de 100x100 mm, con abertura para contacto. Suministro y colocación.	pza.	6.24	0.0661	5.67	0.14	12.05	15.24	50	762.16	3.3027
Monitor fundido o troquelado galvanizado. Suministro y colocación. De los siguientes diámetros:										
13 mm	pza.	2.95	0.0267	2.29	0.05	5.29	6.69	1 200	8 030.22	32.0130
19 mm	pza.	4.45	0.0267	2.29	0.05	6.79	8.59	438	3 762.14	11.6848
25 mm	pza.	7.18	0.0315	2.70	0.05	9.93	12.56	144	1 808.64	4.5294
31 mm	pza.	9.78	0.0315	2.70	0.05	12.53	15.85	22	348.71	0.6920
38 mm	pza.	12.71	0.0394	3.38	0.09	16.18	20.47	6	122.81	0.2363
51 mm	pza.	15.81	0.0394	3.38	0.09	19.28	24.39	12	292.67	0.4726

DESCRIPCION	U.	C.M.	H.C./U	M.O.	H.E.	C.D.	P.U.	T.M.	C.T.	H.C.T.
Contratuerca fundida o troquelada galvanizada. Suministro y colocación. De los siguientes diámetros.										
13 mm	pza.	1.20	0.0267	2.29	0.09	3.58	4.53	1 700	7 698.79	45.3900
19 mm	pza.	2.40	0.0267	2.29	0.09	4.78	6.05	448	2 708.92	11.9616
25 mm	pza.	3.20	0.0315	2.70	0.09	5.99	7.58	144	1 091.14	4.5360
31 mm	pza.	6.20	0.0315	2.70	0.09	8.99	11.37	22	250.19	0.6930
38 mm	pza.	7.20	0.0394	3.38	0.09	10.67	13.50	6	80.99	0.2363
51 mm	pza.	10.50	0.0394	3.38	0.09	13.97	17.67	12	212.06	0.4726
Conector recto galvanizado. Suministro y colocación. De los siguientes diámetros.										
13 mm	pza.	5.40	0.0394	3.38	0.09	8.87	11.22	500	5 610.28	19.7000
19 mm	pza.	7.00	0.0394	3.38	0.09	10.47	13.24	10	132.40	0.3940
Conector recto para tubo conduit flexible. Suministro y colocación. De los siguientes diámetros.										
13 mm	pza.	29.00	0.1312	11.26	0.32	40.58	51.33	24	1 232.01	3.1482
19 mm	pza.	34.00	0.1611	13.83	0.41	48.24	49.51	14	693.14	2.2556
25 mm	pza.	52.00	0.1611	13.83	0.41	66.23	67.50	10	675.00	1.6111

13

DESCRIPCION	U.	C.M.	H.C./U	M.O.	H.E.	C.D.	P.U.	T.M.	C.T.	H.C.T.
Abrazadera de uña. Suministro y colocación. Para los siguientes diámetros:		*								
13 mm	pza.	7.32	0.0063	0.54	0	7.86	9.94	1 055	10 489.76	6.6368
19 mm	pza.	7.52	0.0063	0.54	0	8.06	10.20	212	2 161.53	1.3356
25 mm	pza.	8.16	0.0079	0.68	0	8.84	11.18	135	1 509.65	1.0694
32 mm	pza.	8.96	0.0103	0.88	0	9.84	12.95	36	448.11	0.3691
38 mm	pza.	9.40	0.0156	1.34	0.05	10.79	13.65	10	136.50	0.1561
51 mm	pza.	11.32	0.0189	1.62	0.05	18.39	23.26	14	325.66	0.2642
Registro para contacto de piso, para tubería de pared gruesa. Suministro y colocación. P/Tubo de:										
13 mm	pza.	115.24	0.4136	35.50	1.08	151.82	192.05	80	15 364.18	33.0848
19 mm	pza.	140.70	0.5108	43.85	1.31	185.86	235.11	5	1 175.56	2.5542
Tapa para contacto de piso. (70 - sencillas, 15 dobles).	pza.	35.51	0.0510	4.38	0.14	40.03	50.64	85	4 304.23	4.3371
Condulet rectangular serie FS, FST1M- 13 mm. Sum. y col.	pza.	96.48	0.3522	30.23	0.90	127.61	161.43	3	484.28	1.0565
Condulet rectangular serie FS, FSC1M-13 mm. Sum. y col.	pza.	82.41	0.2932	25.17	0.76	108.34	137.05	13	1 781.65	3.8119

DESCRIPCION	U.	C.M.	H.C./U	M.O.	H.E.	C.D.	P.U.	T.M.	C.T.	H.C.T.
Condulet ovalado serie 0, LB17M-13 mm. Sum. y col.	pza.	34.84	0.1250	10.73	0.22	45.79	57.92	4	231.70	0.5000
Condulet serie 0, T27M- 19 mm. Sum y col.	pza.	51.59	0.1856	15.93	0.46	67.98	85.99	2	171.99	0.3712
Condulet ovalado serie 0, E17M-13 mm. Sum y colocación	pza.	39.53	0.1328	11.40	0.22	51.15	64.70	2	129.41	0.2656
Tapa para condulet rectangular serie FS rectangular. Suministro y colocación	pza.	35.51	0.0510	4.38	0.14	40.03	50.64	3	151.91	0.1531
Tapa para contacto sencillo a prueba de intemperie en condulet rectangular 13 mm. Sum. y colocación.	pza.	124.62	0.0323	2.77	0.09	127.48	161.26	13	2 096.41	0.4195
Tapa ciega para condulet ovalado 13 mm. Sum. y col.	pza.	8.04	0.0119	1.02	0.05	9.11	11.52	6	69.14	0.0713
Tapa ciega para condulet ovalado 19 mm. Sum. y col.	pza.	9.38	0.0235	2.02	0.05	11.45	14.48	2	28.97	0.0471
Empaque de neopreno para condulet - rectangular. Sum. y col.	pza.	30.82	0.0338	2.90	0.09	33.81	42.77	13	556.01	0.4392
Placa de aluminio anodizado para una unidad. Sum. y col.	pza.	14.80	0.0338	2.90	0.05	17.75	22.45	135	3 031.26	4.5608
Placa de aluminio anodizado para dos unidades. Sum y col.	pza.	14.80	0.0338	2.90	0.05	17.75	22.45	96	2 155.56	3.2448
Placa para una unidad especial, para cancel con dos tornillos de aluminio anodizado. Sum. y col.	pza.	7.75	0.0338	2.90	0.05	10.70	13.54	27	365.46	0.9126

DESCRIPCION	U.	C.M.	H.C./U	M.O.	H.E.	C.D.	P.U.	T.M.	C.T.	H.C.T.
Placa de baquelita para contacto redondo. Sum. y colocación	pza.	5.34	0.0464	3.98	0.14	9.46	11.97	35	418.84	1.6228
Contacto para clavija plana, intercambiable. Sum. y col.	pza.	13.90	0.0464	3.98	0.14	18.02	22.80	261	5 949.57	12.1104
Contacto polarizado, incluye material. Sum. y col.	pza.	31.41	0.1737	14.91	0.32	46.64	59.00	35	2 064.99	6.0793
Interruptor de un polo, con balancín fosforescente 250 V, 5 Amp. Sum. y colocación.	pza.	19.80	0.0606	5.20	0.14	25.14	31.80	57	1 812.72	3.4529
Apagador de escalera, con balancín fosforescente, 127 V, incluye todo el material. Sum. y col.	pza.	23.50	0.1015	8.71	0.18	32.39	40.97	8	327.79	0.8117
Unidad fluorescente tipo industrial de 2x215 W, 244 cm; reactor de 2x215 W 60C, 2x215 W, 254 V; y reflector porcelanizado. 2 tubos de 215 W.	pza.	2 981.00	0.9824	84.33	1.71	3 067.0	3 870.81	435	1 687 717.35	4273480
Unidad fluorescente tipo industrial de 2x74 W, 244 cm, reactor de 2x74 W 60C, 254 V; y reflector porcelanizado 2 tubos de 74 W.	pza.	2 143.0	0.9824	84.33	1.71	2 229.0	2 819.71	47	132 526.38	46.1728
Unidad fluorescente de empotrar de 2x74 W, 30x244 cm; con reactor de 2x74 W, 60C, 254 V; dos tubos de 74 W, difusor plano.	pza.	3 601.8	0.9824	84.33	1.71	3 687.8	4 665.1	68	317 227.14	66.8032
Idem al anterior pero con gabinete de sobrepone	pza.	3 601.8	0.9824	84.33	1.71	3 687.8	4 665.1	33	153 948.46	32'4192

DESCRIPCION	U.	C.M.	H.C./U	M.O.	H.R.	C.D.	P.U.	T.M.	C.T.	H.C.T.
Unidad fluorescente tipo industrial de 1x74 W, de 244 cm; reactor de -- 1x74 W, 60C 254 V; y reflector porcelanizado. Un tubo de 74 W.	pza. 1	356.1	0.9824	84.33	1.71	1 442.16	1 824.33	46	83 919.29	45.1904
Unidad fluorescente tipo industrial de 2x38 W, 122 cm; con reactor de - 2x38 W, 60C, 254 V; dos tubos de - 38 W y reflector porcelanizado.	pza. 1	313.54	0.7860	67.47	1.36	1 381.97	1 748.19	19	33 215.65	14.9339
Unidad fluorescente para sobrepo-- ner de 2x38 W, 30x122 cm; con reac-- tor de 2x38 W, 60C, 254 V; dos tu-- bos de 38 W y difusor plano.	pza. 1	658.84	0.7860	67.47	1.36	1 727.67	2 185.50	48	104 904.12	37.7280
Unidad fluorescente tipo sobrepo-- ner de 2x38 W, 30.5x122 cm; a prue-- ba de vapor; con reactor de 2x38 W, 60C, 254 V; dos tubos de 38 W, cristal templado de 5 mm y empaque de hule neopreno.	pza. 1	521.20	0.7860	67.47	1.36	1 590.02	2 011.38	27	54 307.13	21.2220
Luminaria incandescente, tipo a prueba de vapor y polvo, para sobre poner en techo; con armadura de alu-- minio, empaque de hule, con foco -- de 100 W.	pza. 1	221.0	1.3008	111.66	3.38	1 336.04	1 690.09	29	49 012.63	37.7230
Unidad incandescente tipo sobrepo-- ner de 26x26 cm, con foco de 100 W y controlente.	pza. 1	296.50	0.6547	56.20	1.12	353.82	447.58	3	1 342.75	1.9641

DESCRIPCION	U.	C.M.	H.C./U	M.O.	H.E.	C.D.	P.U.	T.M.	C.T.	H.C.T.
Juego de soportes de solera de fierro de 1/4x3/4 de pulgada, tipo zeta de 1.2 m de longitud, para unidades de iluminación del tipo empotrar.	jgo.	15.33	0.4370	37.51	0.76	53.60	67.80	204	13 832.02	89.1431
Juego de soportes de alambro de 1/4 de pulgada de diámetro para unidades de iluminación del área de ventas. De los siguientes longitudes:										
2 m	jgo.	30.32	0.4370	37.51	0.76	68.59	86.77	660	57 265.79	288.4200
1 m	jgo.	15.16	0.4370	37.51	0.76	53.43	67.59	636	42 986.57	277.9320
Luminaria vapor de mercurio con aditivos metálicos, 400 W, 440 V, 60 C poste de 12 m, autobalasta y se incluyen las anclas. Con el siguiente número de unidades:										
1	pza.	15 554.7	11.2884	969.00	29.09	16 552.8	20 939.3	5	104 696.4	56.4422
2	jgo.	20 054.7	11.2884	969.00	32.00	20 055.7	26 835.5	5	133 177.3	56.4422
3	jgo.	24 554.7	11.2884	969.00	35.20	25 558.9	32 332.0	1	32 332.01	11.2884
Reflector para servicio pesado, de aluminio resistente a la corrosión, autobalastado, lente de vidrio templado, lámpara de vapor de mercurio 400 W, 440 V.	pza.	6 829.74	1.3094	112.40	2.26	6 744.4	8 531.17	18	153 569.99	23.5694

DESCRIPCION	U.	C.M.	H.C./U	M.O.	H.E.	C.D.	P.U.	T.M.	C.T.	H.C.T.
En el costo de materiales y mano - de obra de los siguientes tableros, se incluye el trazo, nivelación, empotrado, emboquillado, ensamble y cuerdas. Los interruptores son termomagnéticos a menos que se especifique lo contrario:										
Tipo para empotrar, 480 V, 3 fases, 4 hilos, de 18 unidades. Int. Prin: 3x50A Ctos. der: 9-1x15A Cap. int: 5 KA	jgo.	18 112.5	14.3062	1 228.04	33.46	19 374.0	24 508.1	1	24 508.07	14.3062
Tipo para empotrar, 480 V, 3 fases, 4 hilos, de 18 unidades. Int. prin: 3x50A Ctos. der: 5-1x15A 1-1x20A Cap. Int: 5 KA	jgo.	16 025.0	11.3374	973.20	25.88	17 024.1	21 535.5	1	21 535.49	11.3774
Tipo para empotrar, 240 V, 3 fases, 4 hilos, de 18 unidades. Int. prin: 3x50A Ctos. der: 1-1x15A 1-1x20A Cap. Int: 5 KA	jgo.	10 518.2	8.5614	734.91	25.88	11 279.0	14 267.9	1	14 269.92	8.5614

DESCRIPCION	U.	C.M.	H.C./U	M.O.	H.E.	C.D.	P.U.	T.M.	C.T.	H.C.T.
Tipo panel para sobreponer en el - piso, 480 V, 3 fases. Int. prin: 3x150A Ctos. der: 5-3x70A 1-3x30A Cap. int: 25 KA	jgo.	69 300.0	24.9512	2 141.81	66.82	71 508.6	90 458.4	1	90 458.42	24.9512
Tipo para empotrar, 240 V, 3 fases, 4 hilos, de 24 unidades. Int. prin: 3x100A Ctos. der: 2-3x30A 2-3x15A Cap. int: 5 KA	jgo.	18 498.0	12.1610	1 043.90	31.36	19 573.3	24 760.2	1	24 760.17	12.1610
Tipo para sobreponer en el muro; 480 V, 3 fases, 4 hilos, de 18 uní- dades. Int. prin: 3x20A Ctos. der: 4--1x15A Cap. int: 5 KA	jgo.	19 987.5	9.4040	807.24	20.85	20 815.6	26 331.7	1	26 331.72	9.4040
Tipo para empotrar, 240 V, 3 fases, 4 hilos, de 18 unidades. Int. prin: 3x50A Ctos. der: 6--1x20A 1--1x15A Cap. int: 5 KA	jgo.	14 020.8	11.3749	976.42	29.26	15 026.5	19 008.5	1	19 008.50	11.3749

DESCRIPCION	U.	C.M.	H.C./U	M.O.	H.E.	C.D.	P.U.	T.M.	C.T.	H.C.T.
Tipo para empotrar, 240 V, 3 fases, 4 hilos, de 18 unidades. Int. prin: 3x50A Ctos. der: 8-1x15A 1-1x30A Cap. int. 5 KA	jgo.	17 055.3	14.3221	1 229.41	36.82	18 321.5	23 176.7	1	23 176.74	14.3221
Tipo para empotrar, 480 V, 3 fases, 4 hilos, de 24 unidades. Int. prin: 3x40A Ctos. der: 3-1x15A 1-3x20A 1-3x15A Cap. int: 5 KA	jgo.	24 218.7	11.6311	998.41	29.97	25 247.1	31 937.6	1	31 937.56	11.6311
Interruptor termomagnético en gabi nete, de 3 polos, 15A 480 V, 5 KA de cap. int.	jgo.	3 175.0	1.5719	134.93	4.06	3 314.0	4 102.2	1	4 192.20	1.5719
Tipo panel para sobreponer en el piso, 240 V, 3 fases, 4 hilos. Int. prin: 3x225A Ctos. der: 3-3x50A 1-3x100A 1-espacio para 3x50A Cap. int: 15 KA	jgo.	45 250.0	13.9280	1 195.58	38.29	46 483.9	58 802.1	1	58 802.10	13.9280

DESCRIPCION	U.	C.M.	H.C./U	M.O.	H.F.	C.D.	P.U.	T.M.	C.T.	H.C.T.
Tipo panel para sobreponer en el muro, 220 V, 3 ϕ , 3 H. Int. prin: 3x125A Ctos. der: 1-3x30A 1-3x70A 1-espacio para 3x30A Cap. int: 5 KA	jgo.	32 150.0	13.4046	1 150.65	38.98	33 337.6	42 172.1	1	42 172.10	13.4046
Tipo panel para sobreponer en el piso, 440 V, 3 ϕ , 3 H. Int. prin: 3x350A Ctos. der: 1-3x40A 2-3x50A 1-3x20A 1-3x15A 2-3x100A 1-espacio para 3x70A Cap. int: 25 KA	jgo.	107 800	25.7415	2 209.65	71.34	110 081.0	130 232	1	139 252.45	25.7415
Tipo panel para sobreponer en el piso, 440 V, 3 fases 4 hilos. Int prin: 3x500A Ctos. der: 1-2x15A 2-3x150A 1-3x175A 2-3x50A 1-3x15A 1-espacio para 3x100A Cap. int: 25 KA	jgo.	128 250	22.3300	1 916.81	59.81	130 227	164 737	1	164 736.67	22.3300

DESCRIPCION	U.	C.M.	H.C./U	M.O.	H.E.	C.D.	P.U.	T.M.	C.T.	H.C.T.
Interruptor de seguridad tipo navajas, tres polos, 600V, fusibles de 70 A, NEMA 12.	pza.	3 000.00	2.6538	227.80	6.85	3 234.65	4 091.83	5	20 459.16	13.2689
Interruptor de seguridad tipo navajas, tres polos, 600 V, fusibles, 30 A, NEMA 12.	pza.	1 950.00	2.6538	227.80	6.85	2 184.65	2 763.58	1	2 763.58	2.6538
Tipo para empotrar, 480 V, 3 fases, 4 hilos, 42 espacios. Int. prin: 3x150A Ctos. der: 10-3x15A Cap. int: 15 KA.	jgo.	48 664.0	24.9570	2 142.31	66.86	50 774.1	64 229.3	1	64 229.26	24.9570
Tipo para empotrar, 480 V, 3 fases, 4 hilos, 48 espacios. Int. prin: 3x175A Ctos. der: 12-3x15A Cap. int: 15 KA	jgo.	54 264.0	28.1008	2 412.17	74.98	56 740.1	71 776.2	1	71 776.23	28.1008
Tipo para sobreponer en el muro, 480 V, 3 fases, 4 hilos, 32 espacios. Int. prin: 3x50A Ctos. der: 2-3x20A 1-3x15A Cap. int: 5 KA.	jgo.	22 006.2	11.2374	964.62	29.65	23 000.5	29 095.6	1	29 095.60	11.2374

DESCRIPCION	U.	C.M.	H.C./U	M.O.	H.E.	C.D.	P.U.	T.M.	C.T.	H.C.T.
Tipo para empotrar, 480 V, 3 fases, 4 hilos, 12 espacios. Int. prin: 3x15A Ctos. der: 3-1x15A Cap. int. 5 KA	jgo.	16 950.0	7.1177	610.98	16.07	17 577.1	22 235.0	1	22 234.97	7.1177
Tipo panel para sobreponer en el piso, 480 V, 3 fases, 4 hilos, 42 espacios. Int. prin: 3x100A Ctos. der: 5-3x15A 3-3x20A 1-3x30A Cap. int: 15 KA	jgo.	47 302.7	23.3851	2 007.38	62.8	49 372.9	62 456.7	1	62 456.69	23.3851
Tipo para empotrar, 240 V, 3 fases, 4 hilos, 18 espacios. Int. prin: 3x30A Ctos. der: 6-1x15A Cap. int: 5 KA	jgo.	9 410.0	11.3620	957.31	29.21	10 414.5	13 174.4	1	13 174.37	11.3620
Tipo panel para sobreponer en el piso, 480 V, 3 fases, 4 hilos 42 espacios. Int. Prin: 3x100A Ctos. der: 5-3x15A 3-3x20A Cap. int. 15 KA	jgo.	44 190.2	21.8133	1 872.45	58.74	46 121.4	58 343.6	1	58 343.56	21.8133

DESCRIPCION	U.	C.M.	H.C./U	M.O.	H.F.	C.D.	P.U.	T.M.	C.T.	H.C.T.
Tipo para empotrar, 240 V, 3 fases, 4 hilos, 18 espacios. Int. prin: 3x70A Ctos. der: 9-1x30A Cap. int: 5 KA	jgo.	11 987.6	15.3523	1 317.84	39.47	13 349.9	16 881.3	1	16 881.31	15.3523
Tipo para sobreponer en el muro, -- 480 V, 3 fases, 4 hilos, 12 espacios. Zapatras principales 100 A. Ctos. der: 2-3x30A Cap. int: 25 KA	jgo.	19 362.5	5.7466	493.29	12.47	19 868.3	25 133.4	1	25 133.35	6.7466
Interruptor termomagnético en gabinete, de 1 polo, de 15 A, 254 V. Cap int: 5 KA.	jgo.	2 475.00	0.9823	84.32	2.52	2 561.84	3 240.73	2	6 481.46	1.9646
Zapata mecánica plana de aleación de cobre para un cable: Del No. 6 al no. 4 Del no. 2 al no. 2/0 Del no. 3/0 al no. 4/0 Del no. 400 al no. 500 MCM Para dos cables del no. 250 al no. 350 MCM	pza.	24.50	0.1677	14.98	0.46	39.94	50.52	68	3 435.36	11.41
	pza.	39.39	0.2599	23.21	0.68	63.28	80.05	64	5 123.15	16.63
	pza.	49.79	0.2727	24.35	0.72	74.86	94.70	28	2 651.54	7.64
	pza.	90.04	0.3007	26.85	0.76	117.65	148.83	27	4 018.34	8.12
	pza.	104.43	0.2684	23.98	0.76	129.17	163.40	12	1 960.80	3.22

DESCRIPCION	U.	C.M.	H.C./U	M.O.	H.E.	C.D.	P.U.	T.M.	C.T.	H.C.T.
Terminales con pantalla metálica, - 15 KV y 23 KV, aislamiento sintenax y vulcanel.	pza.	2 333.49	10.25	915.58	9.47	3 258.54	4 122.05	6	24 732.32	61.52
Motor, conexión eléctrica, incluye conectar interruptor teomagnético y arrancador, pruebas e identificación de fases, de las siguientes potencias:										
De 0.5 a 7.5 HP.	pza.	0.00	2.518	224.86	6.71	6.71	231.57	24	7 030.47	60.43
DE 10 a 15 HP.	pza.	0.00	3.778	337.33	10.08	347.41	434.41	6	2 636.84	22.66
Contactador de corriente alterna para carga de alumbrado, con caja NEMA 1, 3 polos 4 hilos 30A, incluye conexión eléctrica.	pza.	4 063.00	1.511	134.93	4.01	4 202.94	5 315.45	2	10 630.91	3.02
Fotocelda para control de carga mercurial.	pza.	295.00	1.511	134.93	4.01	433.94	548.93	2	1 097.87	3.02
Varilla de aleación de cobre de --- 15.9 mm de diámetro y 3.05 m de largo para conexión a tierra. Incluye sal y carbón vegetal.	pza.	1 372.34	3.9088	335.51	6.71	1 714.56	2 168.91	8	17 351.35	31.2684
Placas de cobre de 10x10x0.25", con tornillos para su sujeción.	pza.	325.00	1.9547	167.79	5.04	497.83	629.76	9	5 667.84	17.5921
Abrazadera para tierra.	pza.	178.92	0.2805	24.08	0.72	203.72	257.71	9	2 319.39	2.5247
Desconector de tierra.	pza.	213.37	0.2805	24.08	0.72	238.17	301.28	9	2 711.52	2.5247

DESCRIPCION	U.	C.M.	H.C./U	M.O.	H.F.	C.D.	P.U.	T.M.	C.T.	H.C.T.
Cable cobre desnudo, de los siguientes números AWG:										
8	m	6.58	0.0102	0.88	0.05	7.51	9.50	200	1 900.00	2.04
6	m	10.44	0.0291	2.50	0.09	13.03	16.4829	200	3 296.58	5.8248
4	m	16.57	0.0439	3.77	0.14	20.48	25.9072	10	259.07	0.4392
2	m	26.29	0.0582	5.00	0.18	31.47	39.8095	10	398.09	0.5875
1/0	m	41.77	0.0742	6.37	0.27	48.41	61.2386	80	4 899.09	5.9366
3/0	m	66.27	0.1626	13.96	0.41	80.64	102.01	10	1 020.09	1.6263
Zapata mecánica plana de aleación de cobre para un cable: del no. 6 al no. 4	pza.	24.50	0.1745	14.98	0.46	39.94	50.52	75	3 789.00	13.0883
Conector tipo T, para cable no. 6	pza.	192.25	0.2805	24.08	0.72	217.05	274.57	9	2 471.11	2.5247
Conector tipo T, para cable no. 1/0.	pza.	194.22	0.3037	26.07	0.81	221.10	279.69	25	6 992.29	7.5926
Conos de alivio, 25 KV, para cable de 2 o 1/0	pza.	3 500.00	3.6769	315.58	9.47	3 825.05	4 838.7	12	58 064.28	44.1168
Punta sólida anodizada de 25 cm.	pza.						192.19	97	18 642.43	
Punta sólida anodizada de 91 cm.	pza.						438.37	18	7 890.66	
Base plana para punta	pza.						254.73	85	21 652.05	
Base para techo de lámina ondulada.	pza.						254.73	30	7 641.90	

DESCRIPCION	U.	C.M.	H.C./U	M.O.	H.E.	C.D.	P.U.	T.M.	C.T.	H.C.T.
Conector recto.	pza.						191.97	30	5 759.10	
Conector "T".	pza.						186.32	37	6 893.84	
Abrazadera para cable.	pza.						13.87	300	4 854.50	
Desconector de tierra.	pza.						301.28	19	5 724.32	
Abrazadera para tierra	pza.						257.71	19	4 896.49	
Varilla de aleación de cobre de -- 15.9 mm. de diámetro y 3.05 m. de largo para conexión a tierra. In- cluye sal y carbón vegetal.	pza.						2 088.91	19	41 209.45	
Sujetador para cable y bases	jgo.						13.91	350	4 868.50	
Tripie galvanizado para puntas de 91 cm.	pza.						193.06	18	3 475.08	
Rodilla niveladora para punta.	pza.						301.28	66	19 884.48	
Cable de cobre de 32 hilos 17 AWG, de 11.9 mm. de diámetro.	m						148.12	1 400	207 368.00	
Tubo conduit PVC de 25 mm. de diáme- tro. Incluye cople, corte con se- gueta y gufa de alambre no. 14.	m						27.05	133	3 597.65	
Codo conduit rígido de PVC, 90°, - 25 mm. de diámetro. Incluye cemen- to.	pza.						27.70	19	526.30	

Aún falta incluir el costo de la subestación y de la planta de emergencia. Los fabricantes de estos equipos los venden con todos los accesorios necesarios, asimismo, incluyen el transporte, la instalación, la puesta en operación, asesoría, --entrenamiento de personal, los planos de cimentación y una revisión.

Planta de emergencia:

Planta eléctrica con motor diesel y generador, con características de operación a 60 Hz, 1800 R.P.M., 440/254 V, 3 --fases, 4 hilos, 0.8 de factor de potencia, 250 Kw en servicio --continuo y 275 Kw en servicio de emergencia, a 2200 m.s.n.m.

Un sistema automático de transferencia, con contactos --res de 1000 A, 3 fases, 4 hilos.

Accesorios.

Precio unitario total \$ 1 793 750.00

Subestación:

Subestación eléctrica compacta tipo autosoportada, --servicio interior, construcción NEMA 1, formada por gabinetes me--tálicos. Las barras principales serán de cobre, aisladas para 25 KV, y dise--ñadas para soportar esfuerzos mecánicos por corto-circuito de 25 KA, simétri--cos: operará en un sistema de 23 KV, 3 fases, 3 hilos, 60 Hz, compuesta por:

CONCEPTO	PRECIO UNITARIO
1.- Sección de medición, para contener el equipo de medición de la Compañía Suministradora.	\$ 33 125.00

- 2.- Sección de verificación, contiene tres cuchillas desconectadoras monofásicas, de un solo tiro; para operación en grupo, - manualmente y sin carga \$ 35 472.00
- 3.- Sección interruptor, alojado un interruptor en aire, automático, que opera con carga, en grupo y es de un solo tiro. Está equipado con fusibles limitadores de corriente y su capacidad interruptiva es alta. \$ 100 266.00
- 4.- Sección interruptor, es idéntico al anterior pero además posee un juego de tres apartarrayos autovalvulares. \$ 110 266.00
- 5.- Transformador de distribución; clase OA, 750 KVA, 3 fases, 60 Hz, 23 KV/440 254V \pm 2.5% (2), delta-estrella con neutro accesible, 5% a 6.5% de impedancia, etc... \$ 355 318.00

- 6.- Transformador de distribución: clase seco, 45 - KVA, 3 fases, 60 Hz, 440/220-127V + 2.5% (2), delta-estrella con neutro accesible, etc... \$ 106 000.00
- 7.- Transformador de distribución: clase seco, 75 KVA, 3 fases, 60 Hz, 440/220-127 V + 2.5% (2), delta-estrella con neutro accesible, etc... \$ 133 700.00
- 8.- Tablero de distribución en baja tensión, equipo con - interruptor electromagnético de 1 200 A, de alta capacidad interruptiva. Operará en un sistema de 440/254 V, 3 fases, 4 hilos, - 60 Hz. Con los siguientes interruptores de alta capacidad interruptiva:
- Uno de 3 x 400 A,
 - Uno de 3 x 125 A,
 - Uno de 3 x 500 A,
- y un espacio para uno de - 3 x 150 A. \$ 322 892.00

9.- Servicio de medición en baja tensión integrado al tablero general formado por:

- a) Un amperímetro de 0 a 1200A
- b) Un voltímetro de 0 a 600V.
- c) Dos selectores de fases.
- d) tres transformadores de corriente de 1200/5A.
- e) Un kilowathorímetro de de-

manda máxima

\$ 52.879.00

10.- Tablero de distribución en baja tensión, 440 V, 3 fases, 4 hilos, 60 Hz. Tipo autosoportado, con los siguientes interruptores termomagnéticos de 25 KA de capacidad interruptiva:

Uno de 3 x 400 A (general),

Uno de 3 x 350 A,

Uno de 3 x 70 A,

y un espacio de 3 x 70 A. \$148.305.00

11.- Planos de obra civil necesarios para las cimentaciones y soportes. Sin cargo.

12.- Mano de obra y materiales necesarios para la instalación y conexión de los equipos anteriores (incluye: cable, va-

- rillas, tarima, y extinguidor). \$ 44 025.00
- 13.- Planos eléctricos de proyecto y
fabricación de los equipos an-
teriores. \$ 7 032.00
- 14.- Juego de seis fusibles de re-
puesto para los dos seccionado-
res en alta tensión. \$ 46 875.00
- Precio Unitario Total 1 496 155.00

Entonces, el costo total es el
siguiente:

Subestación	\$ 1 496 155.00	
Impuestos	<u>149 615.50</u>	
	1 645 770.50	1 645 770.50
Planta de emergencia	1 793 750.00	
Impuestos	<u>179 375.00</u>	
	1 973 125.00	1 973 125.00
Sistemas de pararrayos	364 884.75	
Impuestos	<u>36 488.48</u>	
	401 373.23	401 373.23
Resto del equipo	6 591 789.18	
Impuestos	<u>659 178.92</u>	
	7 150 968.10	7 250 968.10
Gran total		11 271 236.83

Solo resta por conocer el número de personas que deben contratarse para terminar la instalación en el tiempo prefijado.

La duración de la obra civil será de treinta semanas, por lo tanto se dispondrá de 1440 horas, como máximo. Suponiendo que se laboran 48 horas semanales.

Se requieren de 4889.2566 horas de trabajo por cuadrilla para realizar la obra de tipo eléctrico, luego el cociente proporciona el número de cuadrillas:

$$\frac{4889.2566}{1440} = 3.395$$

Concluimos que un maestro dirigirá las actividades de cuatro cuadrillas, las cuales tienen un oficial y un ayudante.

Cada cuadrilla trabajará 192 horas a la semana, con lo cual bastarán 26 semanas para terminar, y sobrarían cuatro para hacer pruebas y correcciones.

El cuadro siguiente es un diagrama del avance de la obra, en el que se indica en que semana debe empezarse y terminarse la colocación de cada equipo.

La simbología empleada representa lo siguiente:



una cuadrilla



dos cuadrillas

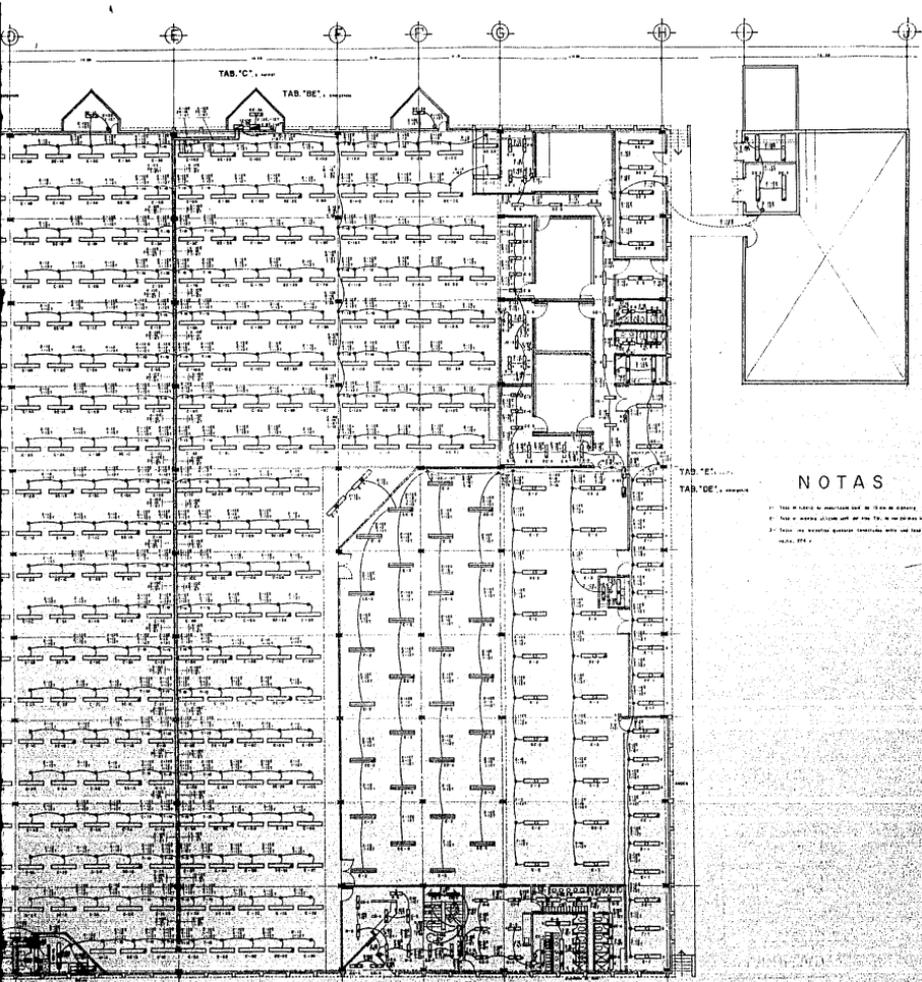


tres cuadrillas



mano de obra realizada por otra empresa

ACTIVIDAD	SEMANA NUMERO																																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
INSTALACION DE TUBO CONDUIT RIGIDO, CAJAS, CON- TRAS Y MONITORES, REGISTROS.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																				
DUCTO CUADRADO EMBISAGRADO Y ACCESORIOS.										■	■	■																					
TUBO CONDUIT FLEXIBLE, CONECTORES Y CAJAS.														■																			
GABINETES PARA TABLEROS.														■																			
CABLE Y ALAMBRE CON FORRO THW, Y ALAM- BRE NO. 10 Y 12 CON FORRO THW.														■	■																		
TAPAS DE CAJAS, SOBRETAPAS, CONTACTOS, APAGADORES, PLACAS.																■																	
SOPORTES PARA LAMPARAS INTERIORES																	■	■	■	■													
COLOCACION Y CONEXION DE LUMINARIAS INTERIORES.																					■	■	■	■	■								
CONEXION DE MOTORES Y SUS EQUIPOS																							■	■	■	■	■						
INSTALACION DE TUBO A. C., TUBO P.V.C. Y SUS COPLES.	■	■	■	■																													
INSTALACION DE CABLE CON FORRO THW Y XLP.						■	■	■	■	■	■																						
COLOCACION DE LUMINARIAS EXTERIORES, CONTACTORES Y FOTOCELDA.																																	
CONEXION DE TERMINALES PARA CABLE XLP Y THW.																																	
CABLE DESNUDO Y CONECTORES.	■																																
VARILLAS DE COBRE, ZAPATAS Y CONECTORES.	■																																
SUBESTACION																																	
PLANTA DE EMERGENCIA																																	
SISTEMA DE PARARRAYOS																																	

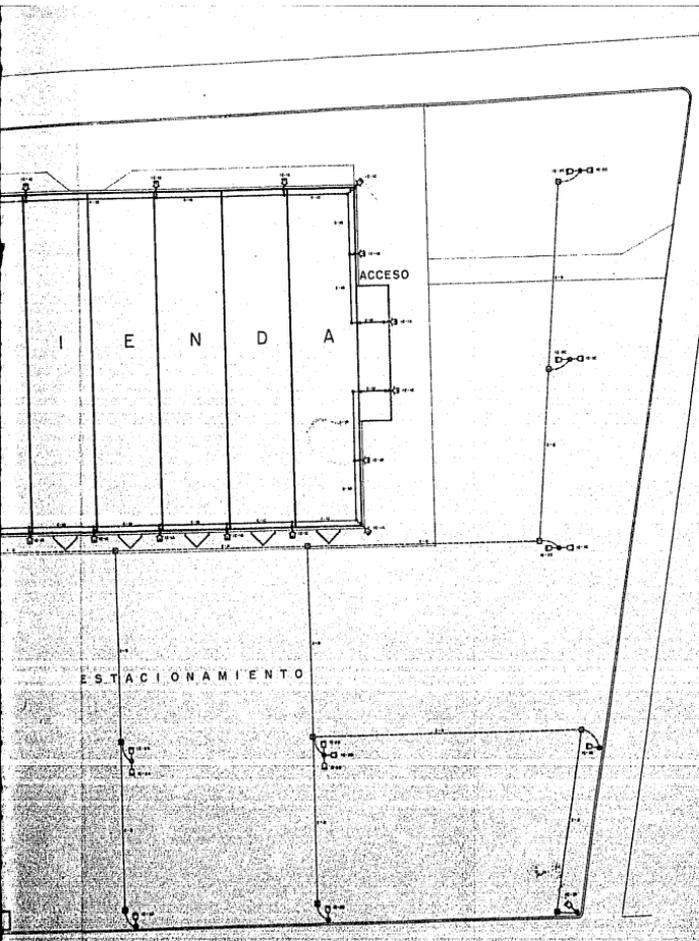


NOTAS

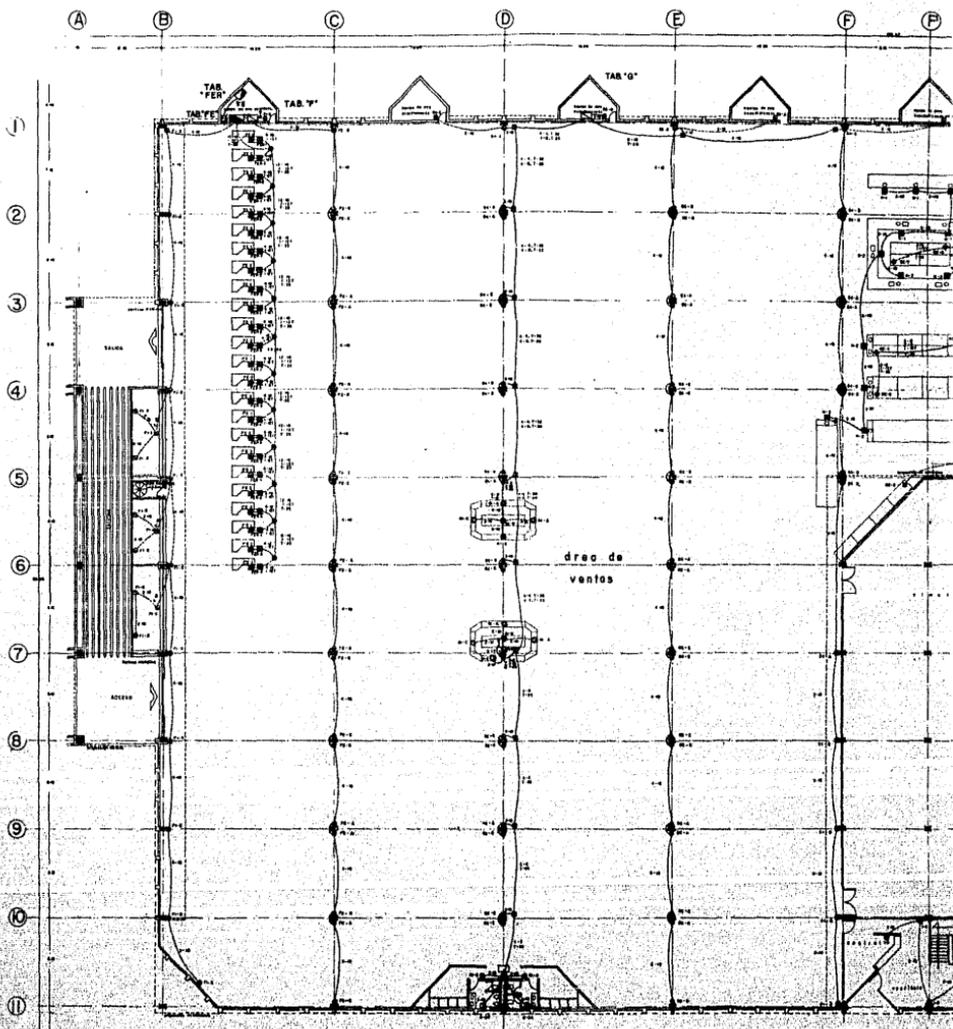
- 1. Toda la carga se suministra por el Tab. M. general.
- 2. Toda la carga viene por el Tab. M. de reserva de reserva.
- 3. Toda la carga viene por el Tab. M. de reserva de reserva.

PLANTA PRINCIPAL

FACULTAD DE INGENIERIA	
INSTALACION ELECTRICAS Y DE ALUMBRADO DE SALA DE CLASES DE AUTOMOBILES	
TRABAJO PROFESIONAL	
PLANO 1	ALUMBRADO INTERIOR PLANTA PRINCIPAL
U. N. A. M.	



FACULTAD DE INGENIERIA	
<small>DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y DE ALUMBRADO DE LOS TORNOS DE CONSTRUCCION</small>	
<small>T. S. I. A. P. R. P. S. C. I. S. S. P. S. A.</small>	
PLANO 3	ALUMBRADO EXTERIOR
U N A M	



SIMBOLOGIA

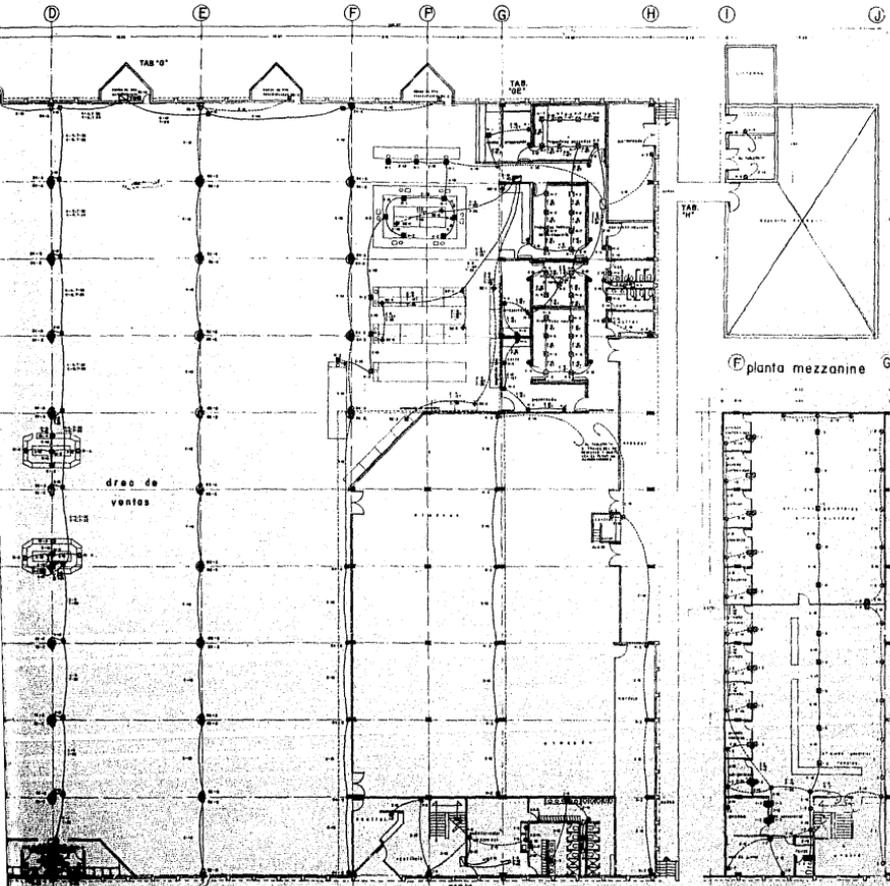
- Línea simple de acero 2.0 x 2.0 x 0.25 mm
- Línea simple de acero 2.0 x 2.0 x 0.25 mm
- Línea simple de acero 2.0 x 2.0 x 0.25 mm
- Línea simple de acero 2.0 x 2.0 x 0.25 mm
- △ Línea simple de acero 2.0 x 2.0 x 0.25 mm
- ▽ Línea simple de acero 2.0 x 2.0 x 0.25 mm
- ◇ Línea simple de acero 2.0 x 2.0 x 0.25 mm
- Línea simple de acero 2.0 x 2.0 x 0.25 mm
- Línea simple de acero 2.0 x 2.0 x 0.25 mm
- △ Línea simple de acero 2.0 x 2.0 x 0.25 mm
- ▽ Línea simple de acero 2.0 x 2.0 x 0.25 mm
- ◇ Línea simple de acero 2.0 x 2.0 x 0.25 mm
- Línea simple de acero 2.0 x 2.0 x 0.25 mm
- Línea simple de acero 2.0 x 2.0 x 0.25 mm
- △ Línea simple de acero 2.0 x 2.0 x 0.25 mm
- ▽ Línea simple de acero 2.0 x 2.0 x 0.25 mm
- ◇ Línea simple de acero 2.0 x 2.0 x 0.25 mm

- Línea simple de acero 2.0 x 2.0 x 0.25 mm
- Línea simple de acero 2.0 x 2.0 x 0.25 mm
- Línea simple de acero 2.0 x 2.0 x 0.25 mm
- △ Línea simple de acero 2.0 x 2.0 x 0.25 mm
- ▽ Línea simple de acero 2.0 x 2.0 x 0.25 mm
- ◇ Línea simple de acero 2.0 x 2.0 x 0.25 mm
- Línea simple de acero 2.0 x 2.0 x 0.25 mm
- Línea simple de acero 2.0 x 2.0 x 0.25 mm
- △ Línea simple de acero 2.0 x 2.0 x 0.25 mm
- ▽ Línea simple de acero 2.0 x 2.0 x 0.25 mm
- ◇ Línea simple de acero 2.0 x 2.0 x 0.25 mm
- Línea simple de acero 2.0 x 2.0 x 0.25 mm
- Línea simple de acero 2.0 x 2.0 x 0.25 mm
- △ Línea simple de acero 2.0 x 2.0 x 0.25 mm
- ▽ Línea simple de acero 2.0 x 2.0 x 0.25 mm
- ◇ Línea simple de acero 2.0 x 2.0 x 0.25 mm

- Línea simple de acero 2.0 x 2.0 x 0.25 mm
- Línea simple de acero 2.0 x 2.0 x 0.25 mm
- Línea simple de acero 2.0 x 2.0 x 0.25 mm
- △ Línea simple de acero 2.0 x 2.0 x 0.25 mm
- ▽ Línea simple de acero 2.0 x 2.0 x 0.25 mm
- ◇ Línea simple de acero 2.0 x 2.0 x 0.25 mm
- Línea simple de acero 2.0 x 2.0 x 0.25 mm
- Línea simple de acero 2.0 x 2.0 x 0.25 mm
- △ Línea simple de acero 2.0 x 2.0 x 0.25 mm
- ▽ Línea simple de acero 2.0 x 2.0 x 0.25 mm
- ◇ Línea simple de acero 2.0 x 2.0 x 0.25 mm
- Línea simple de acero 2.0 x 2.0 x 0.25 mm
- Línea simple de acero 2.0 x 2.0 x 0.25 mm
- △ Línea simple de acero 2.0 x 2.0 x 0.25 mm
- ▽ Línea simple de acero 2.0 x 2.0 x 0.25 mm
- ◇ Línea simple de acero 2.0 x 2.0 x 0.25 mm

NOTAS

- 1. Todo el trabajo se hizo en el taller de planos de la oficina.
- 2. No se hicieron cambios en el proyecto.
- 3. Las medidas de los planos se tomaron en el terreno.
- 4. El trabajo se hizo en el taller de planos de la oficina.
- 5. No se hicieron cambios en el proyecto.
- 6. Las medidas de los planos se tomaron en el terreno.

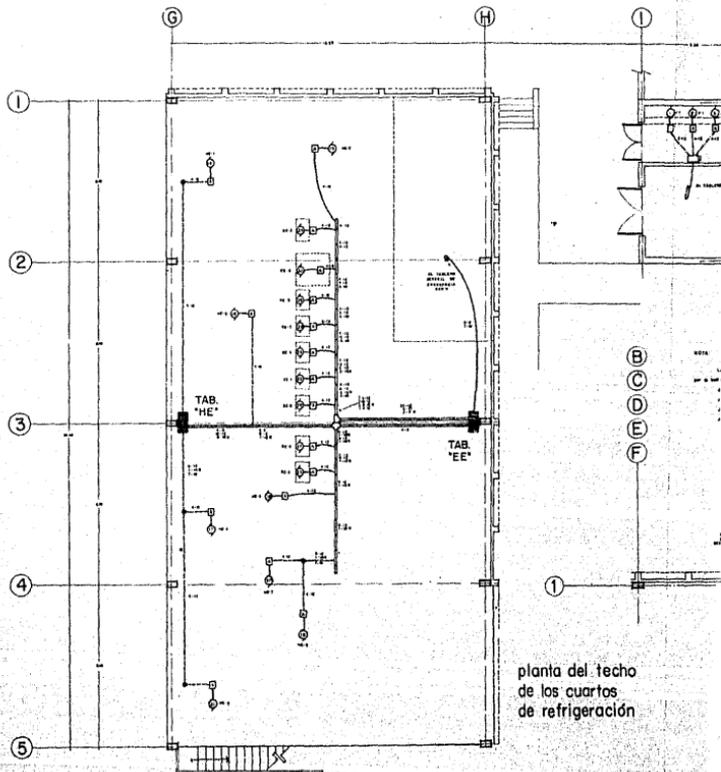


NOTAS

- 1. Sección transversal de muro y techo y planta de base.
- 2. Perfil estructural de columnas.
- 3. Perfil estructural de vigas de 20 x 20 cm.
- 4. Perfil estructural de vigas de 15 x 15 cm.
- 5. Perfil estructural de vigas de 10 x 10 cm.
- 6. Perfil estructural de vigas de 5 x 5 cm.
- 7. Perfil estructural de vigas de 3 x 3 cm.
- 8. Perfil estructural de vigas de 2 x 2 cm.
- 9. Perfil estructural de vigas de 1 x 1 cm.
- 10. Perfil estructural de vigas de 0.5 x 0.5 cm.
- 11. Perfil estructural de vigas de 0.2 x 0.2 cm.
- 12. Perfil estructural de vigas de 0.1 x 0.1 cm.
- 13. Perfil estructural de vigas de 0.05 x 0.05 cm.
- 14. Perfil estructural de vigas de 0.02 x 0.02 cm.
- 15. Perfil estructural de vigas de 0.01 x 0.01 cm.
- 16. Perfil estructural de vigas de 0.005 x 0.005 cm.
- 17. Perfil estructural de vigas de 0.002 x 0.002 cm.
- 18. Perfil estructural de vigas de 0.001 x 0.001 cm.
- 19. Perfil estructural de vigas de 0.0005 x 0.0005 cm.
- 20. Perfil estructural de vigas de 0.0002 x 0.0002 cm.
- 21. Perfil estructural de vigas de 0.0001 x 0.0001 cm.
- 22. Perfil estructural de vigas de 0.00005 x 0.00005 cm.
- 23. Perfil estructural de vigas de 0.00002 x 0.00002 cm.
- 24. Perfil estructural de vigas de 0.00001 x 0.00001 cm.

planta principal

FACULTAD DE INGENIERIA	
INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE INVESTIGACIONES DE SAN CARLOS DEL GUATEMALA	
PLANO	CONTACTOS Y SALIDAS ESPECIALES
4	
U R A M	



CUADRO DE MOTORES

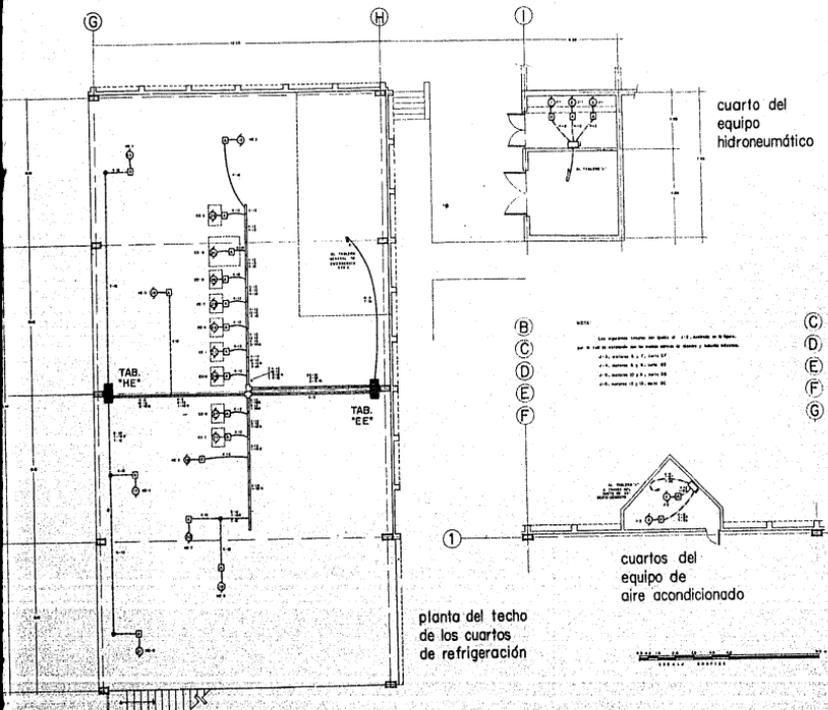
Nº	DESCRIPCIÓN	H.P.	VOLTS	TIPO	CONEXIÓN	RENDIMIENTO	VELOCIDAD	RENDIMIENTO	RENDIMIENTO
1	MOTOR Nº 1	10	220	3	Y	85	1725	100	100
2	MOTOR Nº 2	10	220	3	Y	85	1725	100	100
3	MOTOR Nº 3	10	220	3	Y	85	1725	100	100
4	MOTOR Nº 4	10	220	3	Y	85	1725	100	100
5	MOTOR Nº 5	10	220	3	Y	85	1725	100	100
6	MOTOR Nº 6	10	220	3	Y	85	1725	100	100
7	MOTOR Nº 7	10	220	3	Y	85	1725	100	100
8	MOTOR Nº 8	10	220	3	Y	85	1725	100	100
9	MOTOR Nº 9	10	220	3	Y	85	1725	100	100
10	MOTOR Nº 10	10	220	3	Y	85	1725	100	100

SIMBOLOGIA

- Motor Inductor
- Controlador
- Línea de conexión de motor al controlador
- Línea de conexión de controlador al motor
- Línea de conexión de motor al controlador
- Línea de conexión de controlador al motor
- Línea de conexión de motor al controlador
- Línea de conexión de controlador al motor

NOTAS

1- Se trata de un motor de 10 H.P. de 220 V.
 2- Se trata de un motor de 10 H.P. de 220 V.



DE MOTORES

Motor	Marca	Modelo	Características
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

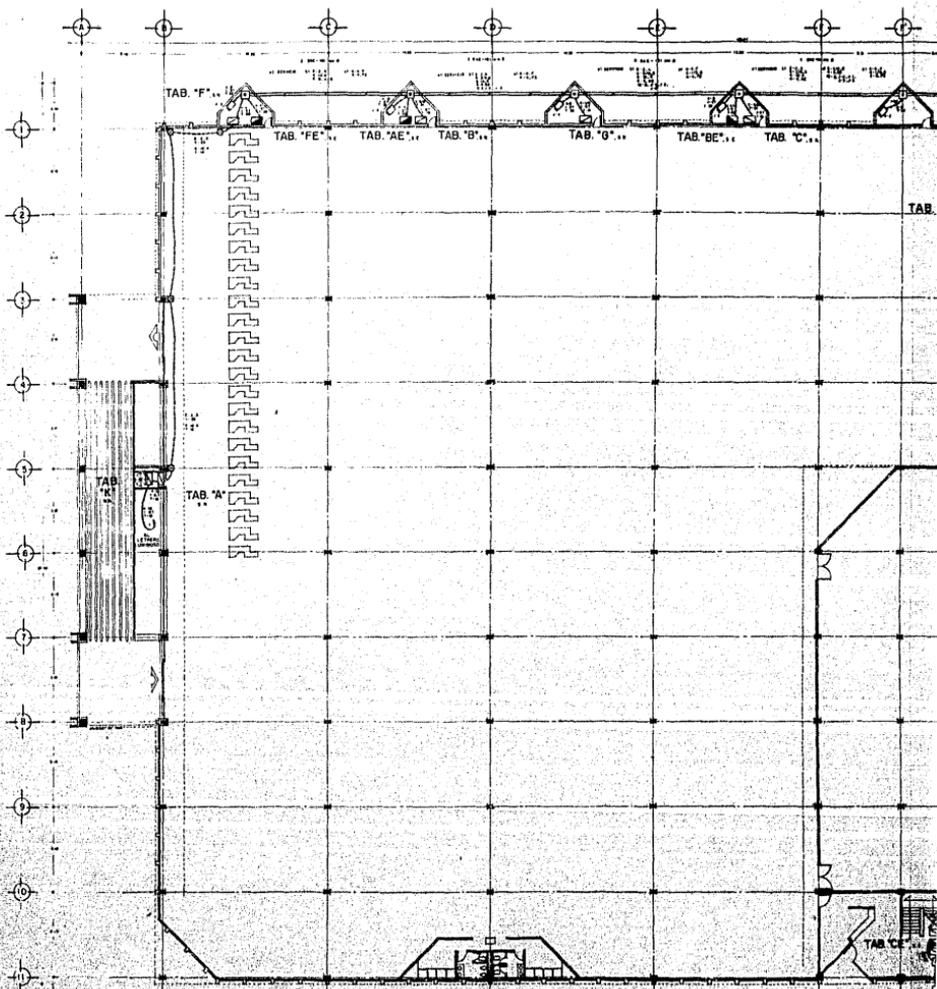
SIMBOLOGIA

- ⊙ Motor trifásico
- ⊙ Motor monofásico
- ⊙ Motor de inducción de 2 polos
- ⊙ Motor de inducción de 4 polos
- ⊙ Motor de inducción de 6 polos
- ⊙ Motor de inducción de 8 polos
- ⊙ Motor de inducción de 10 polos
- ⊙ Motor de inducción de 12 polos
- ⊙ Motor de inducción de 14 polos
- ⊙ Motor de inducción de 16 polos
- ⊙ Motor de inducción de 18 polos
- ⊙ Motor de inducción de 20 polos
- ⊙ Motor de inducción de 22 polos
- ⊙ Motor de inducción de 24 polos
- ⊙ Motor de inducción de 26 polos
- ⊙ Motor de inducción de 28 polos
- ⊙ Motor de inducción de 30 polos
- ⊙ Motor de inducción de 32 polos
- ⊙ Motor de inducción de 34 polos
- ⊙ Motor de inducción de 36 polos
- ⊙ Motor de inducción de 38 polos
- ⊙ Motor de inducción de 40 polos
- ⊙ Motor de inducción de 42 polos
- ⊙ Motor de inducción de 44 polos
- ⊙ Motor de inducción de 46 polos
- ⊙ Motor de inducción de 48 polos
- ⊙ Motor de inducción de 50 polos
- ⊙ Motor de inducción de 52 polos
- ⊙ Motor de inducción de 54 polos
- ⊙ Motor de inducción de 56 polos
- ⊙ Motor de inducción de 58 polos
- ⊙ Motor de inducción de 60 polos
- ⊙ Motor de inducción de 62 polos
- ⊙ Motor de inducción de 64 polos
- ⊙ Motor de inducción de 66 polos
- ⊙ Motor de inducción de 68 polos
- ⊙ Motor de inducción de 70 polos
- ⊙ Motor de inducción de 72 polos
- ⊙ Motor de inducción de 74 polos
- ⊙ Motor de inducción de 76 polos
- ⊙ Motor de inducción de 78 polos
- ⊙ Motor de inducción de 80 polos
- ⊙ Motor de inducción de 82 polos
- ⊙ Motor de inducción de 84 polos
- ⊙ Motor de inducción de 86 polos
- ⊙ Motor de inducción de 88 polos
- ⊙ Motor de inducción de 90 polos
- ⊙ Motor de inducción de 92 polos
- ⊙ Motor de inducción de 94 polos
- ⊙ Motor de inducción de 96 polos
- ⊙ Motor de inducción de 98 polos
- ⊙ Motor de inducción de 100 polos

NOTAS

- 1. Se muestra a modo de ejemplo.
- 2. Se muestra a modo de ejemplo.

FACULTAD DE INGENIERIA	
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONAUTICA	
CARRERA DE INGENIERIA EN AERONAUTICA	
PLANEO PERSONAL	
PLANO	MOTORES
5	
U	N A M

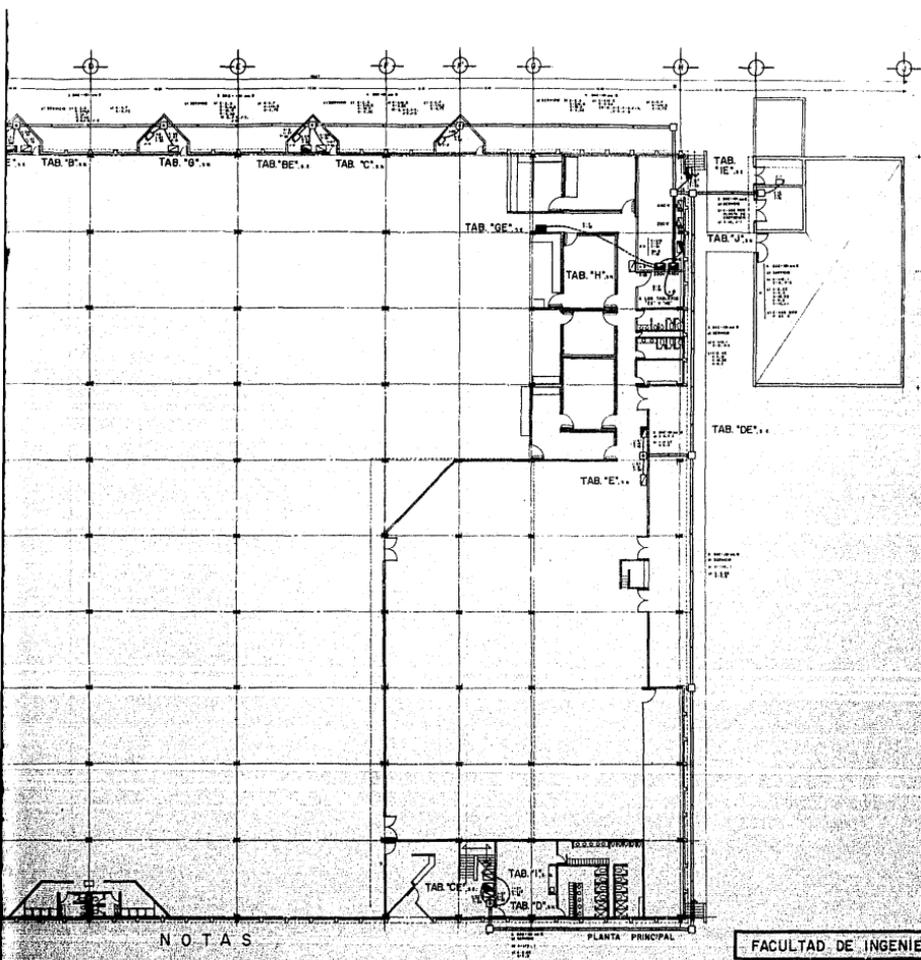


SIMBOLOGIA

NOTAS

- 1 - 20 - 25 - 30 - 35 - 40 - 45 - 50 - 55 - 60 - 65 - 70 - 75 - 80 - 85 - 90 - 95 - 100 - 105 - 110 - 115 - 120 - 125 - 130 - 135 - 140 - 145 - 150 - 155 - 160 - 165 - 170 - 175 - 180 - 185 - 190 - 195 - 200 - 205 - 210 - 215 - 220 - 225 - 230 - 235 - 240 - 245 - 250 - 255 - 260 - 265 - 270 - 275 - 280 - 285 - 290 - 295 - 300 - 305 - 310 - 315 - 320 - 325 - 330 - 335 - 340 - 345 - 350 - 355 - 360 - 365 - 370 - 375 - 380 - 385 - 390 - 395 - 400 - 405 - 410 - 415 - 420 - 425 - 430 - 435 - 440 - 445 - 450 - 455 - 460 - 465 - 470 - 475 - 480 - 485 - 490 - 495 - 500 - 505 - 510 - 515 - 520 - 525 - 530 - 535 - 540 - 545 - 550 - 555 - 560 - 565 - 570 - 575 - 580 - 585 - 590 - 595 - 600 - 605 - 610 - 615 - 620 - 625 - 630 - 635 - 640 - 645 - 650 - 655 - 660 - 665 - 670 - 675 - 680 - 685 - 690 - 695 - 700 - 705 - 710 - 715 - 720 - 725 - 730 - 735 - 740 - 745 - 750 - 755 - 760 - 765 - 770 - 775 - 780 - 785 - 790 - 795 - 800 - 805 - 810 - 815 - 820 - 825 - 830 - 835 - 840 - 845 - 850 - 855 - 860 - 865 - 870 - 875 - 880 - 885 - 890 - 895 - 900 - 905 - 910 - 915 - 920 - 925 - 930 - 935 - 940 - 945 - 950 - 955 - 960 - 965 - 970 - 975 - 980 - 985 - 990 - 995 - 1000

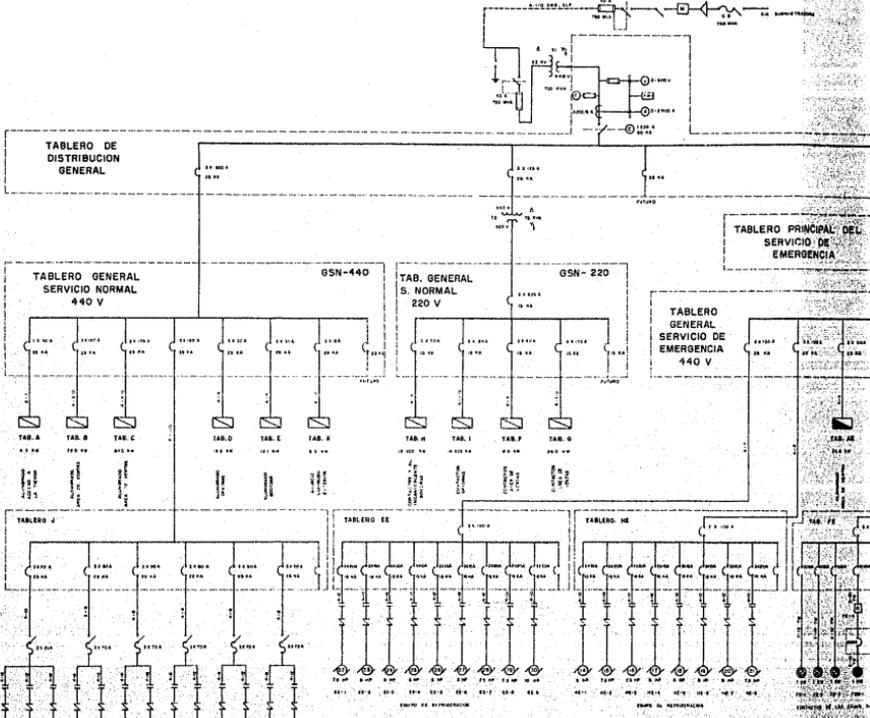
- 1 - 20 - 25 - 30 - 35 - 40 - 45 - 50 - 55 - 60 - 65 - 70 - 75 - 80 - 85 - 90 - 95 - 100 - 105 - 110 - 115 - 120 - 125 - 130 - 135 - 140 - 145 - 150 - 155 - 160 - 165 - 170 - 175 - 180 - 185 - 190 - 195 - 200 - 205 - 210 - 215 - 220 - 225 - 230 - 235 - 240 - 245 - 250 - 255 - 260 - 265 - 270 - 275 - 280 - 285 - 290 - 295 - 300 - 305 - 310 - 315 - 320 - 325 - 330 - 335 - 340 - 345 - 350 - 355 - 360 - 365 - 370 - 375 - 380 - 385 - 390 - 395 - 400 - 405 - 410 - 415 - 420 - 425 - 430 - 435 - 440 - 445 - 450 - 455 - 460 - 465 - 470 - 475 - 480 - 485 - 490 - 495 - 500 - 505 - 510 - 515 - 520 - 525 - 530 - 535 - 540 - 545 - 550 - 555 - 560 - 565 - 570 - 575 - 580 - 585 - 590 - 595 - 600 - 605 - 610 - 615 - 620 - 625 - 630 - 635 - 640 - 645 - 650 - 655 - 660 - 665 - 670 - 675 - 680 - 685 - 690 - 695 - 700 - 705 - 710 - 715 - 720 - 725 - 730 - 735 - 740 - 745 - 750 - 755 - 760 - 765 - 770 - 775 - 780 - 785 - 790 - 795 - 800 - 805 - 810 - 815 - 820 - 825 - 830 - 835 - 840 - 845 - 850 - 855 - 860 - 865 - 870 - 875 - 880 - 885 - 890 - 895 - 900 - 905 - 910 - 915 - 920 - 925 - 930 - 935 - 940 - 945 - 950 - 955 - 960 - 965 - 970 - 975 - 980 - 985 - 990 - 995 - 1000



NOTAS

- 1. El presente es solo un croquis de un proyecto, y no debe ser usado para la construcción de una obra.
- 2. El presente es solo un croquis de un proyecto, y no debe ser usado para la construcción de una obra.
- 3. El presente es solo un croquis de un proyecto, y no debe ser usado para la construcción de una obra.
- 4. El presente es solo un croquis de un proyecto, y no debe ser usado para la construcción de una obra.
- 5. El presente es solo un croquis de un proyecto, y no debe ser usado para la construcción de una obra.

FACULTAD DE INGENIERIA	
INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE INVESTIGACIONES DE LAS CIENCIAS DEL AGROPECUARIO	
CARRER: PROFESIONAL	
PLANO 6	ALIMENTADORES DE LOS TABLEROS
U N A M	



NOTAS

- 1. EL EQUIPO DE LAS UNIDADES NO COMPRENDE MÁS DE 100 KW, CON UN MÁXIMO DE 1000 A EN CADA UNIDAD DE ALIMENTACIÓN.
- 2. LA CARGA MÁXIMA DE CADA UNIDAD DE ALIMENTACIÓN NO DEBE EXCEDER DE 100 KW.
- 3. EL EQUIPO DE LAS UNIDADES DEBE SER DE TIPO TRIFÁSICO.

INTERRUPTOR DE TRANSFERENCIA, 3 POLOS, 400 V, 100 A, EN UNO DE LOS CARGADOS INTERRUPTOR.

SIMBOLOGIA

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> BARRAS Y TERMINALES DE LA C.A. CON TRANSFORMACIÓN CARGADOS INTERRUPTIVAMENTE. AGREGADO DE LA C.A. BARRAS/TRANSFORMADORES. EQUIPO DE MEDICIÓN DE LA C.A. BARRAS/TRANSFORMADORES. CINTAS DE DESCONEXIÓN, OPERACION EN UNO O EN CARGA, 3 FASES, 50 HZ, 400 V. INTERRUPTOR AUTOMÁTICO, OPERACION EN UNO O EN CARGA, 3 FASES, 50 HZ, CON FUSIBLES DE 16-25 A Y 750 WVA, DE CARACTERÍSTICA INTERRUPTOR. APAREJAJE AUTOMÁTICO PARA SISTEMA CON NEUTRO A TIERRA, 230 V & 30 KV. ALIMENTADOR SUBTERRANEO MONOFÁSICO, CLASE 35 KV, CON AISLAMIENTO P.P.A. TRANSFORMADOR, 60 HZ, 11 KV, 60 A, 10 Y 13 1/2 TON. SECOS. BARRILLA DE MEDICIÓN QUE CONTIENE:
 <ul style="list-style-type: none"> UN VOLTIMETRO, UN AMPERIMETRO, UN TRANSFORMADOR DE CORRIENTE (1000 A), UN RELOJ (CANTIDAD), UN ELECTROIMÁN Y DOS CONTACTORES. INTERRUPTOR ELECTROMAGNÉTICO EN SERIE, OPERACION MANUAL, 3 FASES, 1000 A, 30 KV, DE CARACTERÍSTICA INTERRUPTOR. | <ul style="list-style-type: none"> TABLERO DE DISTRIBUCIÓN EN SERVICIO NORMAL. TABLERO DE DISTRIBUCIÓN EN SERVICIO DE EMERGENCIA. MOTOR (MOTOR). INTERRUPTOR Y PROTECCIÓN TERMOELECTRÓNICA. INTERRUPTOR DE SEGURIDAD CON PUNTERA. REGULADOR DE VOLTAJE MONOFÁSICO, 3 FASES, 50 HZ, 100 A. CONTACTOR BARRILLOS. CONTACTOS BARRILLOS, PERFORADOS CON VOLTAJE NOMINAL. CARGA DE MOTORES DEL REPARTIDOR (MOTOR). CARGA DE ALUMBRADO (AL. REPARTIDOR) (MOTOR). PLANTA REPARTIDORA PARA EL SERVICIO DE EMERGENCIA, 440 V, 40 HZ, 3 FASES, 30 KW. |
|---|--|

CORTE b-b'

CORTE B-B'

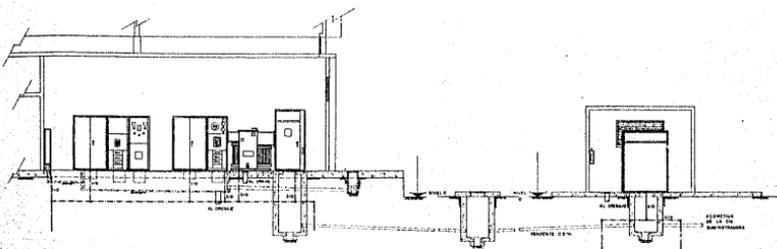
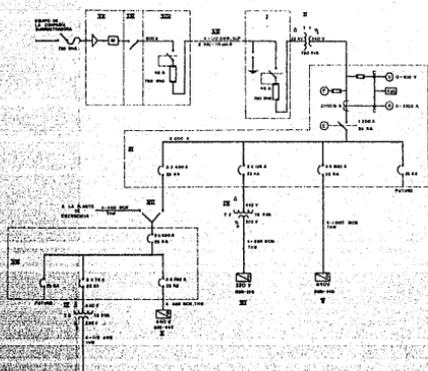
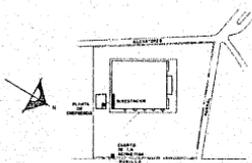


DIAGRAMA UNIFILAR



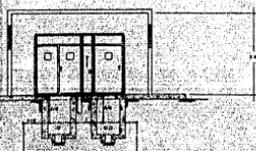
LOCALIZACION



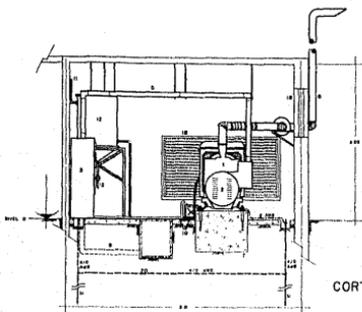
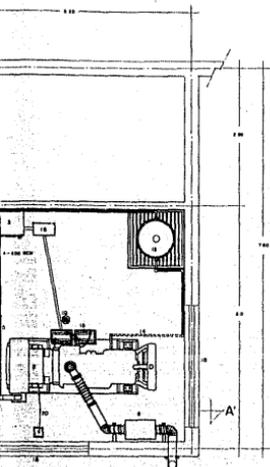
NOTAS

- 1- SE DETALLAN LOS TIPOS DE CABLES QUE SE USARAN EN LA ALIMENTACION Y EN LA DISTRIBUCION.
- 2- LOS CABLES DE LÍNEA DE TRANSMISION DEBEN SER DE TIPO SUELO Y DE LOS CABLES MENCIONADOS, SIN.
- 3- LAS DISTANCIAS DEBEN SER DE 10 METROS.
- 4- SE DETALLA LA INSTALACION DE CABLEADO Y DISTRIBUCION EN LOS TABLEROS Y C.A.
- 5- LAS DISTANCIAS DEBEN SER DE 10 METROS Y DEBEN SER DE TIPO SUELO Y DE LOS CABLES MENCIONADOS, SIN.
- 6- SE DETALLA LA INSTALACION DE CABLEADO Y DISTRIBUCION EN LOS TABLEROS Y C.A.
- 7- SE DETALLA LA INSTALACION DE CABLEADO Y DISTRIBUCION EN LOS TABLEROS Y C.A.
- 8- SE DETALLA LA INSTALACION DE CABLEADO Y DISTRIBUCION EN LOS TABLEROS Y C.A.
- 9- SE DETALLA LA INSTALACION DE CABLEADO Y DISTRIBUCION EN LOS TABLEROS Y C.A.
- 10- SE DETALLA LA INSTALACION DE CABLEADO Y DISTRIBUCION EN LOS TABLEROS Y C.A.

CORTE A-A'



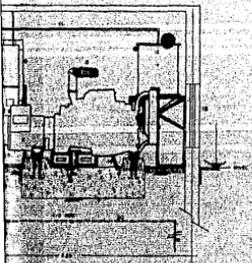
FACULTAD DE INGENIERIA	
INSTALACION ELECTRICA Y DE ALUMBRADO DE UNA TIENDA DE AUTOSERVICIO	
PLANO 9	SUBSTACION
U. N. A. M.	



CORTE B-B'

EQUIPO Y MATERIALES

Nº	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	REQUERIDO VIC. DOT.
1	MOTOR DIESEL, DIESEL	1	UNIDAD	
2	GENERADOR TIPO AUTOMATICO, CON V.M. DE 100 KVA, 230 V. Y 60 HZ. Y LOS COMPONENTES CORRESPONDIENTES PARA SU USO EN UN SISTEMA DE EMERGENCIA.	1	UNIDAD	
3	ARMARIO PARA AUTOMATICO, CON V.M. DE 100 KVA, 230 V. Y 60 HZ.	1	UNIDAD	
4	ARMARIO PARA AUTOMATICO, CON V.M. DE 100 KVA, 230 V. Y 60 HZ.	1	UNIDAD	
5	ARMARIO PARA AUTOMATICO, CON V.M. DE 100 KVA, 230 V. Y 60 HZ.	1	UNIDAD	
6	ARMARIO PARA AUTOMATICO, CON V.M. DE 100 KVA, 230 V. Y 60 HZ.	1	UNIDAD	
7	ARMARIO PARA AUTOMATICO, CON V.M. DE 100 KVA, 230 V. Y 60 HZ.	1	UNIDAD	
8	ARMARIO PARA AUTOMATICO, CON V.M. DE 100 KVA, 230 V. Y 60 HZ.	1	UNIDAD	
9	ARMARIO PARA AUTOMATICO, CON V.M. DE 100 KVA, 230 V. Y 60 HZ.	1	UNIDAD	
10	ARMARIO PARA AUTOMATICO, CON V.M. DE 100 KVA, 230 V. Y 60 HZ.	1	UNIDAD	
11	ARMARIO PARA AUTOMATICO, CON V.M. DE 100 KVA, 230 V. Y 60 HZ.	1	UNIDAD	
12	ARMARIO PARA AUTOMATICO, CON V.M. DE 100 KVA, 230 V. Y 60 HZ.	1	UNIDAD	
13	ARMARIO PARA AUTOMATICO, CON V.M. DE 100 KVA, 230 V. Y 60 HZ.	1	UNIDAD	
14	ARMARIO PARA AUTOMATICO, CON V.M. DE 100 KVA, 230 V. Y 60 HZ.	1	UNIDAD	
15	ARMARIO PARA AUTOMATICO, CON V.M. DE 100 KVA, 230 V. Y 60 HZ.	1	UNIDAD	
16	ARMARIO PARA AUTOMATICO, CON V.M. DE 100 KVA, 230 V. Y 60 HZ.	1	UNIDAD	
17	ARMARIO PARA AUTOMATICO, CON V.M. DE 100 KVA, 230 V. Y 60 HZ.	1	UNIDAD	
18	ARMARIO PARA AUTOMATICO, CON V.M. DE 100 KVA, 230 V. Y 60 HZ.	1	UNIDAD	
19	ARMARIO PARA AUTOMATICO, CON V.M. DE 100 KVA, 230 V. Y 60 HZ.	1	UNIDAD	
20	ARMARIO PARA AUTOMATICO, CON V.M. DE 100 KVA, 230 V. Y 60 HZ.	1	UNIDAD	
21	ARMARIO PARA AUTOMATICO, CON V.M. DE 100 KVA, 230 V. Y 60 HZ.	1	UNIDAD	
22	ARMARIO PARA AUTOMATICO, CON V.M. DE 100 KVA, 230 V. Y 60 HZ.	1	UNIDAD	
23	ARMARIO PARA AUTOMATICO, CON V.M. DE 100 KVA, 230 V. Y 60 HZ.	1	UNIDAD	
24	ARMARIO PARA AUTOMATICO, CON V.M. DE 100 KVA, 230 V. Y 60 HZ.	1	UNIDAD	
25	ARMARIO PARA AUTOMATICO, CON V.M. DE 100 KVA, 230 V. Y 60 HZ.	1	UNIDAD	
26	ARMARIO PARA AUTOMATICO, CON V.M. DE 100 KVA, 230 V. Y 60 HZ.	1	UNIDAD	
27	ARMARIO PARA AUTOMATICO, CON V.M. DE 100 KVA, 230 V. Y 60 HZ.	1	UNIDAD	
28	ARMARIO PARA AUTOMATICO, CON V.M. DE 100 KVA, 230 V. Y 60 HZ.	1	UNIDAD	
29	ARMARIO PARA AUTOMATICO, CON V.M. DE 100 KVA, 230 V. Y 60 HZ.	1	UNIDAD	
30	ARMARIO PARA AUTOMATICO, CON V.M. DE 100 KVA, 230 V. Y 60 HZ.	1	UNIDAD	
31	ARMARIO PARA AUTOMATICO, CON V.M. DE 100 KVA, 230 V. Y 60 HZ.	1	UNIDAD	



NOTAS

1. Este plan muestra el detalle de un sistema de emergencia de potencia.
2. El sistema de emergencia de potencia de este plan.
3. Los componentes del sistema de emergencia de potencia de este plan.
4. El sistema de emergencia de potencia de este plan.
5. El sistema de emergencia de potencia de este plan.
6. El sistema de emergencia de potencia de este plan.
7. El sistema de emergencia de potencia de este plan.
8. El sistema de emergencia de potencia de este plan.
9. El sistema de emergencia de potencia de este plan.
10. El sistema de emergencia de potencia de este plan.
11. El sistema de emergencia de potencia de este plan.
12. El sistema de emergencia de potencia de este plan.
13. El sistema de emergencia de potencia de este plan.
14. El sistema de emergencia de potencia de este plan.
15. El sistema de emergencia de potencia de este plan.
16. El sistema de emergencia de potencia de este plan.
17. El sistema de emergencia de potencia de este plan.
18. El sistema de emergencia de potencia de este plan.
19. El sistema de emergencia de potencia de este plan.
20. El sistema de emergencia de potencia de este plan.
21. El sistema de emergencia de potencia de este plan.
22. El sistema de emergencia de potencia de este plan.
23. El sistema de emergencia de potencia de este plan.
24. El sistema de emergencia de potencia de este plan.
25. El sistema de emergencia de potencia de este plan.
26. El sistema de emergencia de potencia de este plan.
27. El sistema de emergencia de potencia de este plan.
28. El sistema de emergencia de potencia de este plan.
29. El sistema de emergencia de potencia de este plan.
30. El sistema de emergencia de potencia de este plan.
31. El sistema de emergencia de potencia de este plan.

FACULTAD DE INGENIERIA

INSTALACION ELECTRICA Y DE ALUMBRADO

DE UNA TIERRA DE AUTOSERVICIO

T E C N I C O P R O F E S I O N A L

PLANO

10

PLANTA DE EMERGENCIA

U N A M

BIBLIOGRAFIA

Illuminating Engineering Society, "Curso Básico de Iluminación", Sociedad Mexicana de Ingeniería e Iluminación, A.C., 1976.

Westinghouse, "Manual del Alumbrado", Editorial Dossat, S. A., Segunda Edición.

Diego Onésimo Becerril L., "Instalaciones Eléctricas Prácticas", Instituto Politécnico Nacional, Novena Edición, -- 1979.

Zoppetti Júdez Gaudencio Ing. "Estaciones Transformadoras y de Distribución", Editorial Gustavo Gilí, S. A., Cuarta Edición.

William D. Stevenson Jr. "Análisis de Sistemas Eléctricos de Potencia" Mc. Graw-Hill, 1977.

Enriquez Harper Gilberto Ing. "Fundamentos de Instalaciones Eléctricas de Mediana y Alta Tensión", Editorial Limusa, S. A., Tercera Reimpresión, 1977.

Jacinto Viqueira Landa, "Redes Eléctricas", Volumen II, Representaciones y Servicios de Ingeniería, S. A.

Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas, México, -- 1979.

National Fire Electrical Code, U.S.A., 1978.

Vittorio Re, "Instalaciones de Puesta a Tierra", Marcombo Boixareu Editores, Barcelona, España, 1979.

National Fire Protection Association, "Lightning Protection Code, 1976.

Zoppetti Júdez Gaudencio Ing., "Estaciones Transformado--
ras y de Distribución", Editorial Gustavo Gili, S. A.

Raul González Melendez Ing. "Costos Materiales"

IMSS. "Catálogo Depurado de Precios Unitarios, 1980.

González Castillo Ignacio Ing. "Curso de Instalaciones Eléc
tricas e Iluminación", Facultad de Ingeniería.

Centro de Educación Continua, DEPTI, UNAM. "Instalaciones -
Eléctricas para Edificios", Curso de 1979.

Manuales diversos de principales fabricantes de Equipo Eléc
trico y de Iluminación.