



26
20

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

" ARAGON "

**TEORIA Y PROYECTO DE LA INSTALACION
ELECTRICA Y SU APLICACION APOYANDOSE
DE LA MICROCOMPUTADORA**

T E S I S

QUE PRESENTA :

TRUJILLO ISLAS MANUEL DE JESUS

PARA OBTENER EL TITULO DE:

**LIC. EN INGENIERIA MECANICA
ELECTRICA**

ASESOR: ING, AUSENCIO VAZQUEZ ELIZALDE

SAN JUAN DE ARAGON

JUNIO DE 1988

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



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.

INTRODUCCION

El presente trabajo trata lo referente a la elaboración del proyecto eléctrico de una obra civil. Para este fin proporcionaremos en los siguientes capítulos los conocimientos técnicos que intervienen, así como las normas técnicas que los rigen.

También se han elaborado una serie de programas de computadora con la finalidad de facilitar y agilizar los cálculos eléctricos; mismos que aparecen al final de cada capítulo.

Basados en los conocimientos, normas y programas anteriores, se dibujaron los planos eléctricos los cuales aparecen al final del trabajo.

A continuación describiremos brevemente el contenido de cada uno de los 6 capítulos que conforman esta obra.

El primer capítulo trata lo concerniente al Proyecto Eléctrico, se hace una descripción del mismo y de la obra civil que se empleó para su aplicación, la cual es un Centro Comercial. Se mencionan los conceptos básicos que se requieren y en base a esto se diseñaron dos programas de computadora; uno denominado programa "Menú" que maneja y permite el acceso a todos los programas que se presentan en cada capítulo, y el otro programa denominado "Cálculo de Calibre de Conductor" que se empleó para la selección de calibres de conductores.

El segundo capítulo trata el tema de las fuentes de iluminación, así como los métodos de cálculo tanto para áreas de tipo interior como de tipo exterior. Se presentan dos programas de computadora para realizar dichos cálculos los cuales se llamar "Iluminación Interior" y "Alumbrado Exterior".

El tercer capítulo trata lo relativo al sistema de fuerzas, así como de los parámetros que se deben considerar para la selección de los elementos que intervienen en su instalación. Se formuló un programa de computadora que sirve de apoyo para simplificar dicho proceso de selección, a este programa se le denomina "Instalación de Motores"

El cuarto capítulo describe los elementos que se deben tomar en cuenta para el diseño de un sistema de tierras. Para este fin se elaboró un programa de computadora llamado "Instalación de un Sistema de Tierras". La parte de pararrayos se manejó y proyectó en base a conocimientos empíricos y recomendaciones sugeridas por el fabricante.

El quinto capítulo menciona y describe los elementos que intervienen en una subestación, así como el cálculo de la capacidad del transformador principal. También se hace una descripción en lo referente a planta de emergencia y la determinación de su capacidad.

Se realiza un programa de apoyo para determinar la capacidad del transformador principal denominado, "Capacidad-Subestación Eléctrica". Y finalmente se describe como corregir el factor de potencia.

En el capítulo número seis se muestran los planos que conforman el proyecto eléctrico, los cuales son:

1.-Alumbrado y Contactos Nivel Sótano

1E - 1

2.-Alumbrado y Contactos Nivel Planta Baja	1E - 2
3.-Alumbrado y Contactos Nivel Planta Alta	1E - 3
4.-Instalación de Fuerza y Trayectoria de Alimentadores Nivel Planta Sótano	1E - 4
5.-Instalación de Fuerza y Trayectoria de Alimentadores Nivel Planta Baja	1E - 5
6.-Instalación de Fuerza y Trayectoria de Alimentadores Nivel Planta Azotea	1E - 6
7.-Sistema de Tierras y Pararrayos Planta Sótano	1E - 7
8.-Sistema de Pararrayos Planta Azotea	1E - 8
9.-Subestación Eléctrica y Planta de Emergencia	1E - 9
10.-Cuadro de Cargas, Diagrama Unifilar	1E -10
11.-Detalles de Montaje y Especificaciones	1E -11

INDICE

INTRODUCCION	1
INDICE	4
CAPITULO I : GENERALIDADES	7
1.1 ASPECTOS GENERALES	7
1.2. ASPECTOS GENERALES SOBRE INSTALACIONES ELECTRI- CAS.....	12
1.2.1. CONDUCTORES ELECTRICOS	12
1.2.2. TUBERIAS Y CANALIZACIONES	21
1.2.3. PROTECCION DE CIRCUITOS	24
1.3. CONCEPTOS GENERALES SOBRE LA COMPUTADORA	27
1.4. ALGORITMO Y PROGRAMA DE COMPUTADORA	31
CAPITULO II : SISTEMA DE ALUMBRADO	38
2.1. DEFINICION DE TERMINOS	39
2.2. CLASIFICACION DE LAS LUMINARIAS EN FUNCION DE - SU CURVA DE DISTRIBUCION VERTICAL DE LA LUZ ...	41
2.3. CURVAS DE DISTRIBUCION FOTOMETRICA.....	41
2.4. METODOS DE ALUMBRADO.....	45
2.5. FUENTES LUMINOSAS DE TIPO INCANDESCENTES.....	48
a) LAMPARA INCANDESCENTE.....	49
b) LAMPARA INCANDESCENTE HALOGENA.....	53
2.6. FUENTES LUMINOSAS DE TIPO DESCARGA GASEOSA.....	56
2.6.1. LAMPARAS FLUORESCENTES	58
2.6.2. LAMPARAS DE MERCURIO.....	71
2.6.3. LAMPARAS DE HALOGENUROS METALICOS.....	77
2.6.4. LAMPARAS DE LUZ MEZCLA	83
2.6.5. LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO A BAJA PRESION ...	86
2.6.6. LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO A ALTA PRESION ...	91

2.7. METODOS DE CALCULO PARA ILUMINACION INTERIOR ..	95
2.7.1. METODOS DE FLUJO LUMINOSO O METODO DE LUMEN..	96
2.7.2. METODO PUNTO POR PUNTO	102
2.8. METODO DE CALCULO PARA ILUMINACION EXTERIOR....	105
2.9. ALGORITMO Y PROGRAMA DE COMPUTADORA.....	114
CAPITULO III: SISTEMA DE FUERZA	122
3.1. MOTOR ELECTRICO.....	123
3.1.1. MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA.....	124
3.1.2. MOTORES DE CORRIENTE DIRECTA.....	129
3.2. ELEMENTOS QUE INTERVIENEN EN UNA INSTALACION - ELECTRICA DE MOTORES.....	131
3.3. ALGORITMO Y PROGRAMA DE COMPUTADORA.....	167
CAPITULO IV: SISTEMA DE TIERRAS.....	171
4.1. SISTEMA DE TIERRAS	171
4.2. EFECTOS DE LA CORRIENTE ELECTRICA EN EL CUERPO HUMANO.....	178
4.3. CONSIDERACIONES SOBRE EL DISEÑO DE REDES DE -- DE TIERRA.....	182
4.4. PROCEDIMIENTO EN EL DISEÑO DE REDES DE TIERRA..	187
4.5. SISTEMA DE PARARRAYOS.....	198
4.6. ALGORITMO Y PROGRAMA DE COMPUTADORA.....	201
CAPITULO V: SUBESTACION ELECTRICA	206
5.1. DEFINICION.....	206
5.2. ELEMENTOS QUE COMPONEN LA SUBESTACION ELECTRICA	209
5.2.1. TRANSFORMADOR.....	211
5.2.2. FUSIBLES DE ALTA TENSION	215
5.2.3. INTERRUPTOR DE ALTA TENSION.....	216
5.2.4. CUCHILLAS (O DESCONECTADORES)	220

5.2.5. APARTARRAYOS.....	221
5.3. DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE UNA SUBESTACION ELECTRICA.....	223
5.3.1. DEFINICIONES.....	224
5.3.2. CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR.....	225
5.4. CORRECCION DEL FACTOR POTENCIA.....	225
5.4.1. FACTOR POTENCIA.....	225
5.4.2. DETERMINACION DEL FACTOR POTENCIA.....	228
5.4.3. CORRECCION DEL FACTOR POTENCIA UTILIZANDO CA— PACITORES.....	228
5.5. PLANTA DE EMERGENCIA.....	230
5.6. ALGORITMO Y PROGRAMA DE COMPUTADORA	237
CAPITULO VI: PROYECTO ELECTRICO.....	242
6.1. PLANOS DE ALUMBRADO Y CONTACTOS.....	242
6.2. TRAYECTORIA DE ALIMENTADORES E INSTALACION DE — FUERZA.....	243
6.3. SISTEMA DE TIERRAS Y PARARRAYOS.....	243
6.4. SUBESTACION ELECTRICA Y PLANTA DE EMERGENCIA....	244
6.5. CUADROS DE CARGA Y DIAGRAMA UNIFILAR.....	244
6.6. DETALLE DE MONTAJE Y ESPECIFICACIONES.....	245
CONCLUSIONES.....	246
BIBLIOGRAFIA.....	247

C A P I T U L O I

GENERALIDADES

INTRODUCCION

La finalidad de este trabajo de tesis es dar la "Teoría" elemental que se requiere para realizar el "Proyecto" de una instalación eléctrica y a la vez facilitar los procesos de cálculo utilizando la computadora.

Por lo tanto y primero que nada, es necesario dar los conceptos generales que se requieren para el desarrollo de este trabajo.

A continuación se definen y explican las nociones elementales que se requieren para la Teoría y Proyecto de la instalación eléctrica y su aplicación utilizando la computadora.

1.1. ASPECTOS GENERALES

Descripción de la planta

La planta que se empleara en este trabajo es un centro comercial con un área ocupada de 7000 m² (100 x 70m). Comprende básicamente dos zonas: la zona del edificio del centro comercial y la zona de estacionamiento exterior.

El estacionamiento exterior comprende un área de 1000m² con una capacidad para alojar a 24 automoviles. Existen 2 zonas de acceso que funcionan también como salidas, cada acceso tiene su caseta de vigilancia.

En el edificio del Centro Comercial existen 3 niveles. El nivel sotano comprende un área de 4000m² y consta de una zona para estacionamiento con capacidad para 100 automoviles y un cuarto de máquinas, en donde estará ubicada la subestación eléctrica, la planta de emergencia, el equipo de bombeo con 1 motor trifásico de 7 1/2 HP - de capacidad y 2 motores monofásicos de 1 HP de capacidad para la cisterna.

El nivel planta baja comprende un área aproximada de 4100m² y está compuesta en la parte exterior por una panadería y su respectiva zona de amasijo. En la zona de acceso principal existen: un restaurante y bar, una farmacia y una serie de locales comerciales como son zapaterías, fotocopidora, dulcería, juguetería, etc. Ya dentro del Centro Comercial existe la zona de tienda de abarrotes, productos lácteos y carnes frías, ropa, bodega y el área destinada a oficinas y cajas registradoras.

Existen además en este nivel 2 patios de maniobra, uno destinado para la panadería y otro para el propio edificio del Centro Comercial.

En el área de amasijo se localizan 7 motores con las siguientes capacidades y funciones: laminadora 1 HP, centrifugadora 1/2 HP, batidora 2 HP, refinadora y 2 amasadoras de 3 HP y formadora de barras de 3/4 HP; todos estos motores son trifásicos.

Además de estos motores se tienen 2 salidas especiales de fuerza para hornos, con capacidad de 8 KW (aproximadamente).

En el nivel planta alta con un área aproximada de 4000 m², existen 2 zonas : Una zona que comprende oficinas de gerencia, y otra

para exposición de muebles, línea blanca y aparatos eléctricos.

El edificio posee además 4 elevadores que dan servicio desde el sótano hasta el segundo nivel. Los motores de cada elevador son trifásicos de 5 HP cada uno, con capacidad para 10 personas; y se localizan en la planta azotea, donde también se han instalado otros 6 motores de 5 HP, trifásicos para el equipo de aire acondicionado.

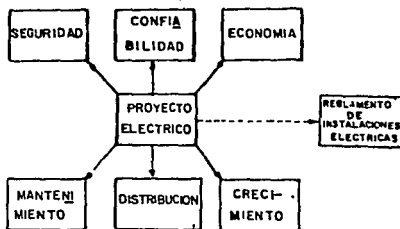
El alumbrado deberá ser uniforme y resaltar aquellas zonas que por su función así lo exijan.

Para alimentar esta planta comercial se empleará una acometida de 23 KV, 60 Hz que llegará a la subestación eléctrica y alimentará a 2 tableros de distribución general; uno en operación normal y otro en emergencia. El tablero de emergencia a su vez estará alimentado por la planta de emergencia y se destinará para alimentar cargas que requieren una alimentación continua como son las áreas de refrigeración, pasillos, cajas, etc.

-Consideraciones sobre el proyecto eléctrico

El proyecto eléctrico determina el arreglo y características del sistema de distribución de la energía eléctrica considerando principios que lo afectan durante su realización. Estos principios son los siguientes. -ver fig. (1.1)-.

FIG.(1.1)
FACTORES QUE AFECTAN
AL PROYECTO ELECTRI-
CO



. Seguridad en sus dos formas; seguridad al personal y seguridad al equipo eléctrico; consiste en evitar al máximo accidentes e incendios.

.Confiability. La continuidad del servicio eléctrico requerido dependerá del tipo de fabricación o proceso de la planta, sin embargo en todo diseño se debe aislar fallas con un disturbio mínimo del sistema.

.Economía. Se debe compaginar tanto el aspecto económico como el técnico para contar con un buen sistema eléctrico que cubra las necesidades para la que fué creado.

.Mantenimiento. Un sistema bien diseñado con equipo escogido convenientemente reducirá el mantenimiento de emergencia. Al hacer el proyecto del sistema debe considerarse la accesibilidad y disponibilidad para inspección y reparación.

.Distribución. Tratándose de equipos de iluminación, una buena distribución de ellos redundará tanto en el buen aspecto, como en un nivel luminoso uniforme, a no ser que se trate de iluminación localizada. Tratándose de motores y demás equipos, la distribución de los mismos deberá dejar espacio libre para operarios y circulación libre para el demás personal.

En lo referente a la distribución de la energía eléctrica, esta debe ser uniformemente repartida y racionalizada.

.Crecimiento de la planta y flexibilidad de la misma. Generalmente crecen las cargas de las plantas, por esto debe hacerse un estudio serio con respecto a consideraciones de Voltajes de la planta, rangos de equipos, espacios para equipos adicionales y capacidad para un aumento de carga.

Una flexibilidad adecuada del sistema en lo referente a la distribución de circuitos, para el entubado y alambrado, permite hacer cambios o modificaciones en la instalación sin repercutir en pro-

blemas técnicos complejos o gastos excesivos.

.Reglamento de Instalaciones Eléctricas. Este reglamento y sus normas técnicas, tienen validez oficial en toda la república y tienen por objeto establecer los requisitos que deben satisfacer las instalaciones destinadas al suministro y uso de la energía eléctrica, a fin de que ofrezcan condiciones adecuadas de servicio y seguridad para las personas y su patrimonio.

Cada uno de estos factores influyen de manera directa en la toma de decisiones durante el desarrollo del proyecto eléctrico, el cual, de manera general es el siguiente.

Se parte de un arreglo general de la planta donde se señala cada uno de los locales o zonas. Mediante una entrevista con el propietario y encargados del proyecto se especifica las características y necesidades de la carga a alimentar.

Posteriormente a esto, el ingeniero de proyecto eléctrico hace una estimación de la carga e investiga qué tipo y características de distribución eléctrica es más conveniente, realizando un análisis técnico-económico y pruebas de funcionalidad.

Realiza un anteproyecto y lo plantea al propietario y ena cargo de la obra, de estar de acuerdo se inicia el proyecto realizando cálculos más a fondo y verificandolos, para finalmente realizar los planos eléctricos y especificaciones, mismos que posteriormente deben ser autorizados oficialmente.

Naturalmente el procedimiento mencionado no diseñará automáticamente el sistema de instalación eléctrica, pues surgen varias situaciones que obligan incluso a replantear parte o casi todo el proyecto, sin embargo nos permite tener cierta idea de su desarrollo elemental.

1.2. CONCEPTOS GENERALES SOBRE INSTALACIONES ELECTRICAS

Cualquier combinación de equipo eléctrico que se encuentra interconectado incluyendo los conductores, canalizaciones, tuberías y accesorios, se le conoce como una instalación eléctrica. Las instalaciones eléctricas comprenden dos tipos: instalación de alumbrado e instalación de fuerza (en su mayoría motores). En ambos casos se deben considerar los factores ambientales que pueden afectar a cada elemento de la instalación, como son: temperatura, humedad, corrosión, daño mecánico, factor de demanda, áreas peligrosas, etc.-

A continuación describiremos los elementos más generales en una instalación eléctrica como son los conductores, tuberías, canalizaciones y accesorios.

1.2.1. Conductores Eléctricos

Son aquellos materiales que ofrecen poca oposición o resistencia al paso de la corriente eléctrica que circula por o a través de ellos. En general todos los metales son buenos conductores de la electricidad, siendo la plata el mejor conductor, pero su uso se ve reducido por su alto costo.

Después de la plata, el cobre es el mejor conductor y se emplea en más del 90% de la fabricación de conductores eléctricos por sus características de: alta conductividad, resistencia mecánica, flexibilidad y bajo costo.

Existen tres tipos, dependiendo de su temple como se observa en la tabla (1.1).

Después del cobre sigue el oro, pero obviamente su alto valor adquisitivo limita e inclusive impide su empleo.

El aluminio es buen conductor eléctrico, solo que tiene una conductividad del 61% del cobre suave necesitando por esta razón una sección mayor; es quebradizo, pero se usa con mayor regularidad.

en líneas de transmisión reforzando su interior en la parte central con una gufa de acero.

TABLA (1.1)

TIPOS DE CONDUCTORES DE COBRE SEGUN SU TEMPLE

Conductor	Características	Empleo
a) Cobre suave o recocido	.Baja resistencia mecánica .Alta elongación .Conductividad alta	Instalaciones tipo - interior y de distri buación
b)Cobre semidu ro	.Buena resistencia mecáni ca .Conductividad del 96.66% del cobre suave	Líneas de transmisión Tramos cortos Redes de distribución
c)Cobre duro	.Alta resistencia mecánica .Menor elongación que el - cobre semi-duro .Conductividad del 96.16 % del cobre semi-duro	Líneas aéreas

Los conductores empleados en la distribución son alambres - (formados por un solo conductor sólido) y/o cables (formado por va--rios filamentos), que deberán seleccionarse tomando en cuenta los siguientes factores;

- 1.-Corriente demandada por el circuito
- 2.-Caída de tensión máxima permitida
- 3.-Agrupamiento de conductores
- 4.-Temperatura ambiente (cuando sea superior a 30°C)
- 5.-Tipo de ambiente (agentes químicos, mecánicos y humedad)

Los 3 primeros determinan el calibre del conductor, es decir el valor de la sección transversal (dado en el sistema norteamericoano AWG o MCM) del conductor; mientras que los 2 últimos determi

nan el tipo de material aislante que lo envuelve.

En lo referente al tipo de material aislante existe una gran - diversidad para cada una de las distintas aplicaciones que se requieran; que pueden ser el de proteger al conductor contra llamas, agentes químicos, humedad, explosiones, etc. Para mayor información sugerimos consultar el libro NEC (National Electrical Code).

Como hemos señalado, la selección del conductor deberá ser por corriente y por caída de tensión, siendo el definitivo aquel resultado - que arroje el mayor valor de calibre.

Por corriente.-La cantidad de corriente eléctrica que pueden - transportar los conductores eléctricos dependerá de la sección transversal que tengan. Para determinar la corriente eléctrica, se debe considerar que está en función del tipo de alimentación que requiere la carga; utilizando las siguientes ecuaciones;

Sistema Monofásico

$$2 \text{ Hilos } \text{-----} I = W / (V \cdot fp)$$

$$3 \text{ Hilos } \text{-----} I = W / (2 \cdot V_n \cdot fp)$$

$$\text{Sistema Trifásico } \text{-----} I = W / (\sqrt{3} \cdot V \cdot fp)$$

Donde: W - Watt

V - Tensión entre conductores

Vn- Tensión al neutro

fp- Factor de Potencia

I - Corriente

Con el valor de corriente obtenido se selecciona el valor de - calibre del conductor según la tabla (1.2)

Por caída de tensión.-Existen varios métodos para determinar - el calibre de un conductor por este tipo de caída. A continuación analizaremos 2 de estos métodos.

(I) Por cálculo de caída de tensión permitida

a) Sistema Monofásico $I = W/(Vn \cdot fp)$ (Amp.)

Caída de tensión en el hilo conductor:

$$e = 2 \cdot R \cdot I \text{ (Volts)}$$

$$\text{Pero } R = \rho L/S$$

$$\text{Donde } \rho = 1/50 \text{ } \Omega \cdot \text{m}$$

S - Sección de conductor (m^2)

L - Longitud del conductor (m)

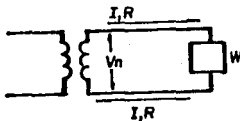
Sustituyendo tenemos: $e = (1/25) \cdot (L \cdot I / S)$ (Volts)

Por lo tanto, el porcentaje de caída de tensión será:

$$e \% = 4 \cdot L \cdot I / (Vn \cdot S) \quad \dots \text{Ec. (1.a)}$$

FIG. (1.2)

REPRESENTACION DE UN
SISTEMA MONOFASICO



Para circuitos monofásicos de 2 fases 2 hilos, el valor de Vn - se sustituye por V , que es el voltaje entre fases y resulta:

$$e \% = 4 \cdot L \cdot I / V \cdot S$$

Para circuitos monofásicos de 2 fases 3 hilos, el valor de I - será $W/2Vn \cdot fp$, por lo tanto resulta que:

$$e \% = 2 \cdot L \cdot I / Vn \cdot S \quad \dots \text{Ec. (1.b)}$$

b) Sistema Trifásico-3 Hilos $I = W/(3 \cdot V \cdot fp)$ (Amp.)

Caída de tensión de un conductor de fase:

$$e = \sqrt{3} \cdot R \cdot I$$

Pero $R = \rho \cdot L/S \ \Omega$

Donde $\rho = 1/50 \ \Omega \cdot m$

S - Sección del conductor

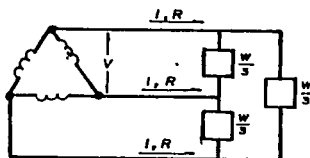
L - Longitud del conductor

Sustituyendo tenemos: $e = (\sqrt{3}/50) \cdot (L \cdot I/S)$ (Volts)

Por lo tanto el porciento de caída de tensión será:

$$e\% = \frac{2 \cdot \sqrt{3} \cdot L \cdot I}{S \cdot V} \ (\% \text{ Volts}) \quad \dots \text{Ec. (1.0)}$$

FIG.(1.3)
REPRESENTACION DE UN
SISTEMA TRIFASICO 3
HILOS



c) Sistema Trifásico - 4 Hilos $I = W/(3 \cdot V \cdot fp)$ (Amp.)

Caída de tensión entre fases es:

$$e = \sqrt{3} R \cdot I \text{ (Volts)}$$

Por lo tanto el porciento de caída de tensión será igual al anterior.

$$e\% = \frac{2 \cdot \sqrt{3} \cdot L \cdot I}{S \cdot V} \ (\% \text{ Volts}) \quad \dots \text{Ec. (1.0)}$$

La caída de tensión al neutro será:

$$e = R \cdot I \text{ (Volts)}$$

Pero $R = \rho L/S \ (\Omega)$,

Donde $\rho = 1/50 \ (\Omega \cdot m)$

S - Sección del conductor (m^2)

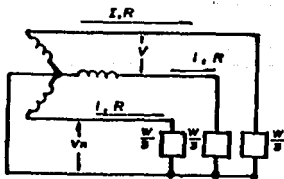
L - Long. del conductor (m)

Sustituyendo tenemos: $e = (1/50) \cdot (L \cdot I \cdot S)$ (Volts)

Por lo tanto, el porciento de caída de tensión será:

$$e \% = \frac{2 \cdot L \cdot I}{S \cdot V_n} \quad (\% \text{ Volts}) \quad \dots \text{Ec. (1.d)}$$

FIG.(1.4)
REPRESENTACION DE UN
SISTEMA TRIFASICO 4-
HILOS



En las ecuaciones (1.a), (1.b), (1.c) y (1.d) se puede despejar el valor de S y sustituyendo los valores correspondientes, inclusive el porciento de la caída de tensión (e%) que se desee que tengan los conductores, se obtiene el espesor (sección) mínimo que deberá tener el conductor, consultando la tabla (1.3).

(II) Cálculo por caída unitaria

En este caso se hace uso de la tabla (1.4)

Para obtener la caída de voltaje real (en Volts) se multiplica el valor de la caída de tensión unitaria que aparece en la tabla (1.2) - por la corriente de plena carga del circuito de Amperes y por la longitud de la línea (o. metros) y se divide finalmente el producto entre 1000:

$$A_V = \frac{(V_u) \cdot (L) \cdot (I)}{1000} \quad (\text{Volts}) \quad \dots \text{Ec. (1.e)}$$

Y finalmente la caída de tensión en por ciento será;

$$e\% = \frac{\Delta V}{V - \Delta V} \times 1000 (\% \text{ Volta})$$

Donde:

$e\%$ = Caída de tensión en por ciento

ΔV = Caída de tensión real, en volts

V = Voltaje de alimentación, en volts

En este caso se puede despejar V_u de la ec. (1.6) y sustituyendo los valores correspondientes, inclusive el valor de $e\%$ que se desea, se obtiene el valor del calibre del conductor que se requiere según la tabla antes mencionada.

El factor de corrección por agrupamiento es aplicable para cuando se tienen más de 3 conductores activos(1) dentro de tubos conduit, ductos y otros tipos de canalizaciones cerradas, también indican en tanto por ciento a que disminuye su capacidad de conducción, situación que obliga a proteger a dichos conductores de acuerdo con su nueva capacidad. Ver tabla (1.5)

Por último, cabe señalar que la selección del conductor neutro se puede realizar a partir de la determinación de los conductores activos y del tipo de sistema de distribución manejado -ver tabla (1.6)-.

(1) Conductor Activo.-Es el conductor de un circuito que normalmente tiene una diferencia de potencial con respecto a tierra. No se consideran como conductores activos los neutros que llevan solamente la corriente de desbalanceo de un circuito, ni los conductores de control, ni los de conexión a tierra.

TABLA (1.2) CAPACIDAD DE CORRIENTE PROMEDIO DE LOS CONDUCTORES DE COBRE UNIPOLARES CON AISLAMIENTO TERMOPLASTICO

Calibre Conductor	Tipo TW (60°C)		Vinisol 900 Tipo THW (75°C)		Vinisol 900 (90°C, fuera de Código)	
	3 ó 3 Conductores en Tubo	1 Conductor en Charola	3 ó 3 Conductores en Tubo	1 Conductor en Charola	3 ó 3 Conductores en Tubo	1 Conductor en Charola
AWG ó MCM	Amperes					
* 14	15	20	15	20	25	30
* 12	20	25	25	25	30	40
* 10	30	40	35	40	40	55
8	45	60	50	60	55	90
6	55	90	65	105	75	120
4	75	115	90	140	100	160
2	100	155	120	185	135	210
1	115	180	140	215	155	245
1/0	135	210	160	250	180	290
2/0	155	240	185	285	210	325
3/0	175	280	210	322	240	380
4/0	210	325	250	385	280	440
250	230	360	275	425	310	455
300	255	405	305	480	345	545
350	290	450	340	530	380	605
400	300	490	360	580	410	655
500	340	565	410	670	465	760
600	370	630	450	740	510	830
750	420	725	505	860	575	985
1000	465	870	565	1000	645	1080
TEMP.	FACTORES DE CORRECCION PARA TEMP. AMBIENTE SUPERIOR A 30 C					
°C	°F	Multiplíquese la Capacidad de Corriente por:				
40	104	.82	.82	.88	.88	.90
45	113	.71	.71	.82	.82	.85
50	122	.58	.58	.75	.75	.80
55	131	.41	.41	.67	.67	.74
60	140	—	—	.58	.58	.67

* Código Nacional Eléctrico Americano, 1967

Todos los demás datos fueron calculados en base a "AIEE-IPCIA Power Cable Associates"

Esta Tabla está calculada para un Máximo de tres conductores activos en un tubo conduit metálico y a una Temperatura ambiente de 30 °C.

TABLA (1.3) CARACTERISTICAS DE FABRICACION DE LOS CONDUCTORES DE

COBRE UNIPOLARES CON AISLAMIENTO TERMOPLASTICO						
Calibre Conductor	Número y Diámetro de los Hilos	Espesor de Aislamiento	Diámetro Exterior (d.)	Peso Neto	Empaque Normal	Peso de Empaque (Empaque Normal)
AWG & MCM	mm ²	mm	mm	Kg/Km	m	Kg
Conductor Sólido						
14	2.1	1 x 1.63	0.8	3.0	25	1000 carrete
12	3.3	1 x 2.05	0.8	4.0	40	1000 carrete
10	5.3	1 x 2.59	0.8	4.5	60	1000 carrete
8	8.4	1 x 3.26	1.2	6.0	100	1000 carrete
Conductor Cablesdo Concéntrico—Clase B						
14	2.1	7 x 0.61	0.8	3.5	30	1000 carrete
12	3.3	7 x 0.77	0.8	4.0	40	1000 carrete
10	5.3	7 x 0.98	0.8	5.0	65	1000 carrete
8	8.4	7 x 1.23	1.2	6.0	105	1000 carrete
6	13.3	7 x 1.53	1.6	8.0	170	1000 carrete
4	21.1	7 x 1.96	1.6	9.0	250	1000 carrete
2	33.6	7 x 2.47	1.6	11.0	380	1000 carrete
1	42.4	19 x 1.69	2.0	13.0	485	500 carrete
1/0	53.5	19 x 1.89	2.0	14.0	600	500 carrete
2/0	67.4	19 x 2.13	2.0	15.0	740	500 carrete
3/0	85.0	19 x 2.39	2.0	16.0	915	500 carrete
4/0	107.2	19 x 2.68	2.0	17.0	1135	500 carrete
250	127	37 x 2.09	2.4	20.0	1350	500 carrete
300	152	37 x 2.29	2.4	21.0	1600	500 carrete
350	178	37 x 2.47	2.4	22.0	1850	500 carrete
400	203	37 x 2.64	2.4	23.0	2095	500 carrete
500	253	37 x 2.95	2.4	26.0	2525	500 carrete
600	304	61 x 2.52	2.8	28.0	3115	500 carrete
750	380	61 x 2.82	2.8	31.0	3845	500 carrete
1000	506	61 x 3.23	2.8	35.0	5045	500 carrete

AREA DEL CONDUCTOR = $\frac{\pi \cdot d^2}{4}$ (mm²)

Estos datos son aproximados y están sujetos a tolerancias normales de manufactura

TABLA (1.4) CAIDA DE TENSION UNITARIA PARA CONDUCTORES

Calibre Conductor	Caida de Tension Unitaria	
	Sistema Monofásico*	Sistema Trifásico
AWG & MCM	Metros/Ampere-Metro	
14	168	14.5
12	108	9.4
10	67	5.8
8	42	3.7
6	28	2.4
4	17	1.5
2	12	1.0
1	0.95	0.81
1/0	0.70	0.60
2/0	0.55	0.47
3/0	0.47	0.40
4/0	0.40	0.33
250	0.37	0.31
300	0.32	0.28
350	0.29	0.25
400	0.26	0.23
500	0.23	0.20
600	0.21	0.18
750	0.19	0.17
1000	0.17	0.16

Se consideran 2 cables unipolares en contacto

Se consideran 3 cables unipolares en disposición triangular y en contacto, o un solo cable tripolar

TABLA (1.5) FACTORES DE CORRECCION POR AGRUPAMIENTO

De 4 a 6 conductores	80 %
De 7 a 20 conductores	70 %
De 21 a 30 Conductores	60 %

TABLA (1.6) DETERMINACION DEL CONDUCTOR NEUTRO

Sistema Monofásico	Igual calibre al de fase, pues conduce la misma corriente que este
Sistema Trifásico Balanceado	Ampacidad mínima del 50 % de la Ampacidad del conductor de fase
Sistema Trifásico Normalmente Balanceado	Ampacidad mínima de un tercio de la del conductor de fase (motores trifásicos y cargas trifásicas)

1.2.2 Tuberías y Canalizaciones

Son los elementos que se encargan de conducir, introducir, colocar o simplemente apoyar los conductores eléctricos para protegerlos contra esfuerzos mecánicos y medios ambientes desfavorables.

Existen diferentes tipos de tuberías y canalizaciones, desde las más económicas y flexibles como son las de tipo PVC, hasta las más robustas y resistentes como son el ducto cuadrado metálico y el de asbesto de cemento, pasando por las de tipo acero galvanizado y enmaltado que en sus 2 versiones de pared gruesa y pared delgada proporcionan una buena resistencia mecánica y continuidad eléctrica.

Existen también elementos de complemento como son las cajas de conexión para instalaciones eléctricas, teléfonos, registros en piso. Entre las cajas de conexiones exclusivas para instalaciones -

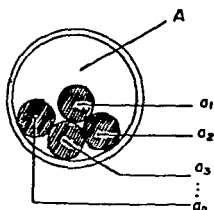
eléctricas podemos mencionar las chالupas, destinadas para salidas de contactos, apagadores, timbres, etc. con un máximo de 3 elementos; las cajas redondas para salidas de arbotantes y conexión de conductores con pocos empalmes, y las cajas cuadradas para conexiones, empalmes, y salida de más de 3 elementos (contactos, apagadores, etc).

Existen también cajas de conexión especiales denominadas tipo Condulet que garantizan cierres herméticos, para protección contra humedad, óxidos, fuego, explosivos, etc. por lo regular se emplean en instalaciones a la intemperie.

Para la selección del tipo de tubería ó canalización, será según las necesidades de la instalación eléctrica, tomando en cuenta la anterior información.

Para la selección del valor de la sección en la tubería Conduit se emplea un factor denominado: "Factor de Relleno" que indica la cantidad de área disponible de la sección de la tubería para los conductores, en relación con el área total de la sección de la tubería (ver fig. 1.5).

FIG.(1.5) REPRESENTACION DEL FACTOR DE RELLENO



A -área total de la sección del tubo Conduit

a -área total de la sección ocupada por los conductores

$$a = a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n$$

fr -Factor de relleno

$$fr = \frac{a}{A} \times 100$$

El factor de relleno por normas, deberá ser:

- fr = 40% (para 3 conductores o más)
- = 30% (para 2 conductores)
- = 55% (para 1 conductor)

La tabla (1.7) indica el número máximo de conductores que pueden instalarse en un tubo Conduit, así como también el radio máximo que se le debe dar al tubo para formar los codos y curvas.

TABLA (1.7) NUMERO DE CONDUCTORES EN TUBO CONDUIT

Las 2 tablas deben usarse para determinar el número máximo de conductores de un mismo calibre que deben instalarse en Conduit o en Tubo. Se supone instalación nueva.

Los conductores eléctricos Vinanel 900 ocupando la misma área utilizable, en el interior de tubos conduit, que los conductores tipo TW, por lo que los gastos de instalación no se aumentan por este concepto al emplear los productos Vinanel 900, más seguros y, en ocasiones tan económicos como el TW.

Los codos o deflexiones en instalaciones de conduit rígido, deben ser hechos de tal manera de no dañar al conduit, y sobre todo de no reducir el área efectiva del mismo. El radio de cualquier curva interior del Tubo no deberá en ningún caso, ser menor que el mostrado en la siguiente tabla.

Número de conductores polipropileno que pueden instalarse en un tubo conduit												
Calibre Conductor (según SAE)	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
14	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52
16	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
18	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
20	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
22	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
24	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
26	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
28	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
32	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
34	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
36	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
38	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
40	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
42	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
44	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
46	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
48	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
50	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
52	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
54	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
56	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
58	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
60	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
62	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
64	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
66	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
68	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
70	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
72	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
74	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
76	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
78	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
80	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
82	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
84	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
86	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
88	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
90	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
92	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
94	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
96	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
98	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
100	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Conduit	Radio mínimo	
	mm	pie
12	16	10
14	18	11
16	20	12
18	22	13
20	24	14
22	26	15
24	28	16
26	30	17
28	32	18
30	34	19
32	36	20
34	38	21
36	40	22
38	42	23
40	44	24
42	46	25
44	48	26
46	50	27
48	52	28
50	54	29
52	56	30
54	58	31
56	60	32
58	62	33
60	64	34
62	66	35
64	68	36
66	70	37
68	72	38
70	74	39
72	76	40
74	78	41
76	80	42
78	82	43
80	84	44
82	86	45
84	88	46
86	90	47
88	92	48
90	94	49
92	96	50
94	98	51
96	100	52
98	102	53
100	104	54

Se supone instalación nueva y todos los conductores dentro del tubo conduit del mismo calibre.

1.2.3. Protección de Circuitos

Para proteger a los circuitos contra sobrecorrientes se ha-
ce uso de interruptores tanto fusibles como termomagnéticos, que des-
conectan los conductores vivos cuando operan.

Interruptor de Listones Fusibles.-Se montan sobre un gabi-
nete metálico que lo protege contra esfuerzos mecánicos, evitando hasta
cierto punto accidentes, al quedar al exterior solamente la palanca -
de operación, la cual se puede fijar en sus dos posiciones: abierto o
cerrado.

Los elementos fusibles tienen un tiempo de apertura de 2 a 3
ciclos, cuando sucede una sobrecorriente o corto circuito. Son los -
más económicos y simples de usar. Para utilizarlos se dispone de los
siguientes tipos.

TABLA (1.8) CLASIFICACION Y CARACTERISTICAS DE INTERRUPTORES TIPO
FUSIBLES

INTERRUPTOR DE FUSIBLES	APLICACION
Servicio Ligero	Número de operación no frecuentes (domés- tico).
Servicio Normal	Número de operación no frecuentes (dome- stico y mediana industria), no requiere - alta seguridad.
Servicio Pesado	Número de operaciones muy frecuentes (in- dustria), requiere alta seguridad, fun- cionabilidad y continuidad.

La desventaja de este interruptor es que al operar, se debe-
rá cambiar el fusible dañado por otro nuevo lo que implica que el sig-
tema no sea continuo y que desconecte una fase mientras las otras si-

guen energizadas, lo cual para unos equipos esto es peligroso.

La capacidad de los interruptores se muestra en la tabla (1.9).

Como este dispositivo se emplea para protección contra cortos circuitos se selecciona con un valor mayor al valor de corriente obtenido del circuito y del elemento de protección automático -si lo hay-, como lo es el interruptor termomagnético.

Interruptor Termomagnético.-Se aloja en la caja moldeada o dentro de un tablero de alumbrado, fuerza o de distribución. Su operación es del orden de 6 ciclos cuando se presenta una sobrecorriente o cortocircuito. Es mucho más costoso que el de fusible. Su operación es sencilla, posee una palanca al exterior que puede hacer restablecer el cierre del circuito después que ha operado. Esta compuesto por 2 partes; parte magnética que detecta variaciones altas de corriente según su valor de calibración, que hace operar al interruptor; la segunda parte es la térmica que detecta corrientes de sobrecarga y que también hace operar al interruptor.

Este interruptor se calibra a una temperatura ambiente de 25°C , pero la temperatura del lugar donde se instala con frecuencia cambia, es decir, no es la misma. Esto afecta a su calibración, por ello se recomienda seleccionarlo con un 20 o 25% mayor a la corriente que demanda el circuito. Los valores comunes de interruptores termomagnéticos se muestran en la tabla (1.9), la tabla (A) muestra la capacidad de interruptores de fusibles, aquí se indica que el interruptor a 600 V. arriba de 600 A no se operan con carga, a menos que tenga elemento supresor de arco. La tabla (B) se refiere al interruptor termomagnético; donde se indica que en un polo hay hasta 50 A. y en dos polos hasta 100 A.

TABLA (1.9) VALORES DE CAPACIDADES DE INTERRUPTORES DE FUSIBLES
Y TERMOMAGNETICOS

Tabla (A)

TIPO SENCILLO, 2 y 3 Polos, 250 y 600 V*	
MARCO Capacidad Máxima en Amperes	LISTON FUSIBLE Capacidad en Amperes.
30	15, 20, 25, 30
60	35, 40, 50, 60
100	70, 80, 90, 100
200	125, 150, 175, 200
400	225, 250, 300, 350, 400
600	450, 500, 600
800	700, 800
1200	800, 1000, 1200

Tabla (B)

1, 2 y 3 Polos 250 y 600 V	
CAPACIDAD NOMINAL EN AMPERES	15, 20, 30, 40, 50, 70, 100 125, 150, 175, 200, 225 250, 300, 350, 400, 500 600, 700, 800, 900, 1000 1200, 1400, 1600, 1800, 2000

Existen otros tipos de interruptores que explicaremos con más detalle en el capítulo de Sistema de Fuerzas.

Es prudente mencionar que los anteriores conocimientos son aplicables a cualquier tipo de carga, excluyendo a los de tipo motorizado, para lo cual se deberán tomar ciertas consideraciones que se mencionan en su capítulo respectivo.

1.3 CONCEPTOS GENERALES SOBRE LA COMPUTADORA

Una computadora es aquella máquina capaz de realizar todas las actividades que no requieran una participación inteligente, pero que poseen en cualquier caso un grado de complejidad superior a un simple cálculo. Además la velocidad en que lo realiza es muchas veces más rápida que la empleada en forma manual.

La realización de estas actividades se basa en que es posible programarla, es decir señalar los pasos y funciones que debe realizar.

Según su configuración podemos distinguir tres tipos de computadoras:

1) Computadora Analógica. Empleada en problemas de simulación; permite que por medio de los circuitos eléctricos que la integran, pueda representarse el comportamiento de un fenómeno, utilizando de señales eléctricas como entrada y salida de información.

2) Computadora Digital. Admite una serie de instrucciones que maneja e interpreta a base de un código o alfabeto compuesto por dígitos (0 y 1), ideal para problemas de tipo aritmético y estadístico.

3) Computadora Híbrida. Utilizan simultáneamente las técnicas analógica y digital en sus componentes, requiriendo de convertidores "analógico-digital" y "digital-analógico" para hacer la intercomunicación.

En el presente trabajo se emplea una computadora del tipo digital.

Las computadoras digitales, según su capacidad y potencia, podemos dividir las en 3 clases:

- (1) Computadoras
- (2) Minicomputadoras
- (3) Microcomputadoras

A medida que descendemos en esta escala, nos encontramos con equipos de menor capacidad, más baratos y versátiles. Pero en general cada uno de ellos tiene características ideales para un tipo de usuario.

Dentro de las microcomputadoras, encontramos la "computadora personal", cuyo tamaño puede ser incluso como el de una calculadora de bolsillo normal, y aún así tiene una gran capacidad y posibilidad de expansión. Su empleo es muy simple debido a que incorporan un sistema operativo interactivo y su programación se puede realizar en un lenguaje de alto nivel (normalmente BASIC).

Un sistema operativo es un conjunto de programas que supervisan el funcionamiento de una computadora facilitando su utilización.

Un lenguaje de alto nivel es aquel que permite a los usuarios escribir programas mediante una notación con la que están familiarizados.

Centraremos nuestra atención a los computadores personales.

Una computadora consta de 2 partes; la parte física (estructural) denominada Hardware, y el conjunto de programas conocidos como Software.

Algunos de los elementos generales que componen el Hardware son los siguientes:

• La unidad central de proceso.-Es la parte principal de la

computadora, está compuesta por tres órganos: 1) El microprocesador (circuito integrado de silicio) que controla todo el funcionamiento del sistema, 2) La memoria (conjunto de circuitos eléctricos) compuesta por una parte accesible denominada RAM (Random Access Memory) donde es posible grabar o extraer datos, y por otra parte no accesible de solo lectura llamada ROM (Read Only Memory) en donde el fabricante graba las instrucciones básicas que coordinan el funcionamiento de la microcomputadora; y 3) Líneas de Comunicación (elementos eléctricos) que permiten la transferencia de información en ambos sentidos; entrada y salida.

.El teclado.- Es el dispositivo utilizado por la computadora para presentar sus datos y respuestas al usuario.

.Memorias de masa.-Son los dispositivos de alta capacidad que se emplean para almacenar datos o programas. En la actualidad se vienen utilizando más frecuentemente los denominados "disquetes" o "floppy disks" que son discos magnéticos cuya capacidad de almacenamiento varía.

.Dispositivos periféricos.- Son los dispositivos a través de los cuales la computadora se comunica con el exterior captando información y entregándola. Dentro de este grupo tenemos: los impresores, los módems (para comunicación telefónica entre computadoras), los trazadores gráficos, etc.

Por otro lado el Software que es el componente lógico que actúa sobre el Hardware para que la computadora pueda realizar su trabajo, está formado por instrucciones que son los elementos básicos.

Las instrucciones, son un conjunto de reglas para ejecutar una acción elemental. Cuando se reúne un grupo de instrucciones con secuencia lógica para dar la solución a algún problema se le denomina Algoritmo, si este se presenta en un lenguaje hombre-hombre; pero si se presenta en un lenguaje para máquina se le llama programa.

Existen diversos tipos de lenguajes para comunicarse con la computadora como son: el FORTRAN, COBOL, ALGOL, BASIC, etc. En este trabajo empleamos el lenguaje BASIC, el cual como anteriormente se mencionó es el más común y accesible para cualquier usuario.

Independientemente del lenguaje de programación existen diversos tipos de instrucciones que podemos clasificar como sigue:

(a) Instrucciones de comienzo/parada. Estas instrucciones señalan el inicio (ejemplos: RUN, CONTINUE) ó detención (ejemplos: STOP, END) de un programa.

(b) Instrucciones de cálculo aritmético. Efectúan el cálculo de operaciones aritméticas que generalmente son: la suma (+), resta (-), multiplicación (x), división (/), etc.

(c) Instrucciones de cálculo lógico. Las que realizan las operaciones booleanas y de decisión, basadas en variables que pueden tomar los valores "verdadero" (ejemplo: TRUE) y "falso" (ejemplo: FALSE).

(d) Instrucciones de transferencia de control de secuencia del programa. Son instrucciones que cambian la secuencia del programa si se cumple en algún lugar determinado, alguna condición aritmética ó lógica (ejemplo: IF... THEN..., ON... GOTO...).

(e) Instrucciones de entrada/salida. Realizan la comunicación entre los elementos de la periferia de la computadora y la memoria, ó viceversa (ejemplo: READ, INPUT, WRITE, PRINT).

(f) Instrucciones de definición. Definen las constantes, formatos, zona de reserva de memoria, etc. (ejemplos: LET... = ..., DIMENSION (...): FN (...)= ...).

(g) Instrucciones modificadoras de instrucciones. Permiten modificar códigos de operaciones o direcciones con el fin de que el programa se corrija, así mismo permitiendo un ahorro de posiciones de memoria (ejemplo: DELETE..., ALL...).

(h) Instrucciones de transferencia de datos. Son las que per

miten el intercambio o copia de información de una zona a otra de memoria (ejemplos: SAVE..., LOAD...)

(1) Instrucciones de edición. Facilitan la programación de las entradas y salidas

(3) Instrucciones de conversión de formatos. Cambian los formatos en que la información está almacenada.

1.4. ALGORITMO Y PROGRAMA DE COMPUTADORA

Para agilizar los procesos de cálculo se han diseñado una serie de programas de computadora. En este capítulo se presentan dos con sus respectivos fluxogramas.

El primer programa denominado "MENU", es el encargado de presentar en forma de índice todos los subprogramas que se diseñaron y utilizaron en la realización de esta tesis. Para tener acceso a estos subprogramas bastará teclear el número correspondiente presentándose de inmediato el subprograma a utilizar. Al finalizar con la realización de algún cálculo en cualquiera de los programas, se regresa automáticamente al programa "MENU"; para dar por terminado totalmente la utilización de estos programas, se deberá teclear el número clave (7).

El primer subprograma, denominado "1- CALIBRE CONDUCTOR", tiene la finalidad de determinar al calibre mínimo requerido del conductor a través de 2 opciones según se desee utilizar:

(a) Por ampacidad.- Proporciona la capacidad mínima de corriente que deberá ser capaz de conducir el conductor. Se utilizará cuando la longitud del conductor no sea mayor a 15 mts.

(b) Por caída de tensión.- Proporciona la caída de tensión máxima que se tiene en un tramo conductor previamente seleccionado (por ampacidad), a una cierta distancia al punto de carga; se pueden realizar varios cálculos, acumulándose el resultado parcial de cada tramo del conductor calculado, para finalmente proporcionar el valor total de la caída de tensión. Para mostrar su aplicación se presenta un ejemplo con el circ. C-10, ver plano IE-2

DIARAMA DE FLUJO PORTADA Y MENU

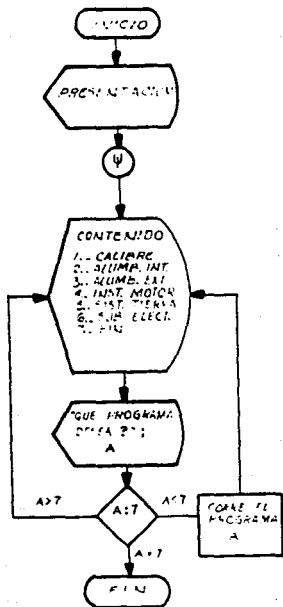


DIAGRAMA DE FLUJO :
" CALIBRE DE CONDUCTOR "

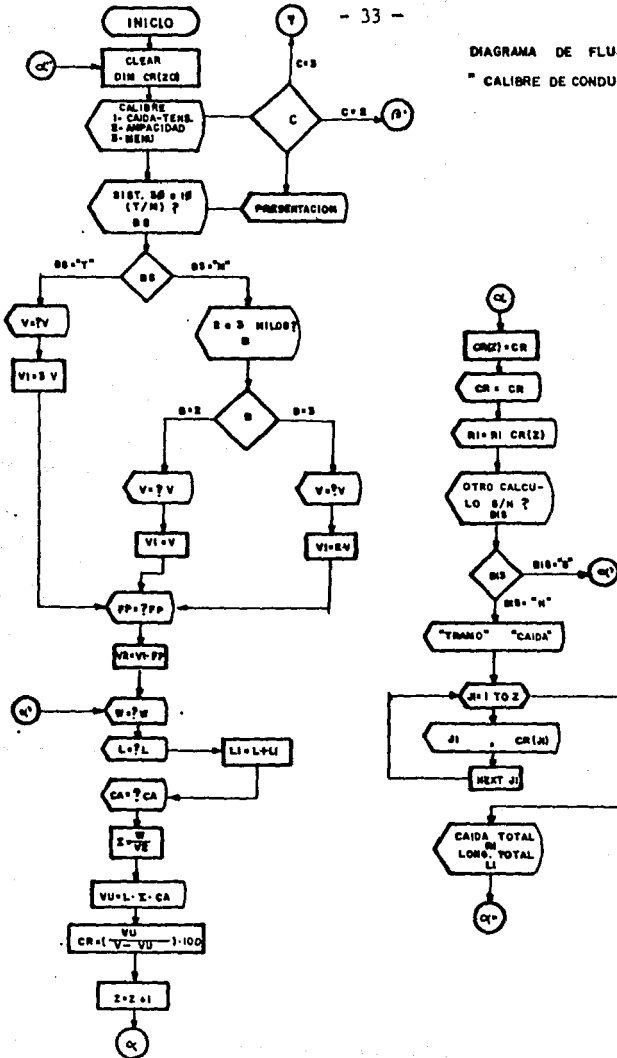
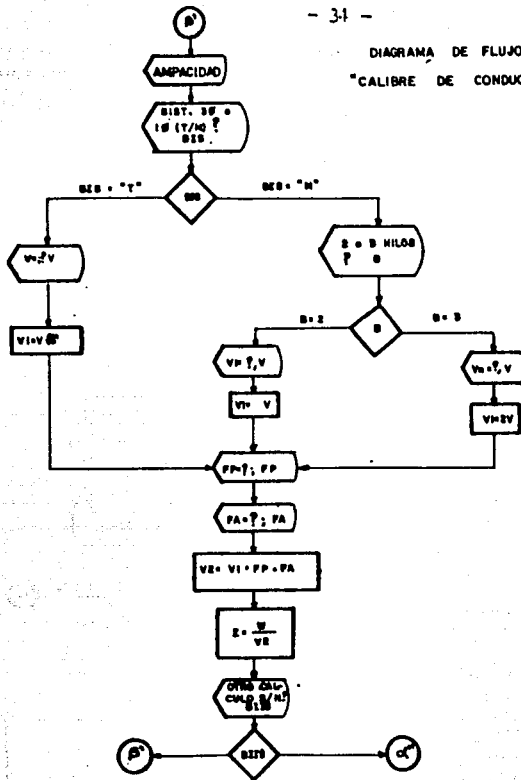


DIAGRAMA DE FLUJO
"CALIBRE DE CONDUCTOR"



JLIST

```
5 D$ = CHR$(4)
10 HOME : VTAB 5
14 PRINT "*****"
   PRINT "*"
16 PRINT "*"          U N A M
   PRINT "*"
18 PRINT "*"          ENEP-ARAGON
   PRINT "*"
20 PRINT "*****"
   PRINT "*"
22 PRINT "*"          TESIS PROFESION
   AL          "*"
24 PRINT "*"          ING. MEC. ELEC
   T.          "*"
26 PRINT "*****"
   PRINT "*"
28 PRINT "*"
   PRINT "*"
30 PRINT "*"          CALCULO DE
   PRINT "*"
32 PRINT "*"          INSTALACIONES ELEC
   TRICAS     "*"
34 PRINT "*"
   PRINT "*"
36 PRINT "*****"
   PRINT "*"
38 PRINT "*" ELABORO :
   PRINT "*"
40 PRINT "*" MANUEL DE J. TRUJIL
   LO ISLAS  "*"
42 PRINT "*" ASESORO :
   PRINT "*"
44 PRINT "*" ING. AUSENCIO VAZQU
   EZ E.     "*"
46 PRINT "*****"
   PRINT "*"
48 FOR I = 1 TO 2000: NEXT I
800 PRINT D$:"RUN MENU"
```

JREM

```
5 D$ = CHR$(4)
50 TEXT : HOME : VTAB 3: INVERSE
   : PRINT " ***INSTALACIONE
   S ELECTRICAS*** ": PRINT
   " ***{(PROGRAMAS)***
   ": NORMAL
51 HTAB 4
52 VTAB 8: PRINT "1-CALIBRE-COND
   UCTOR": PRINT
53 HTAB 4
54 PRINT "2-ALUMBRADO-INTERIOR":
   PRINT
55 HTAB 4
56 PRINT "3-ALUMBRADO-EXTERIOR":
   PRINT
57 HTAB 4
58 PRINT "4-INSTALACION-MOTORES"
   : PRINT
59 HTAB 4
60 PRINT "5-SISTEMA DE TIERRAS":
   PRINT
61 HTAB 4
62 PRINT "6-SUBESTACION": PRINT
63 HTAB 4
64 PRINT "7-FINALIZAR EJECUCION"
65 HTAB 8
66 VTAB 23: HTAB 10: PRINT "QUE
   OPCION DESEA ": VTAB 23: HTAB
   30: INPUT A
68 IF A > 7 THEN GOTO 66
70 ON A GOTO 81,82,83,84,85,86,8
   7
81 PRINT D$:"RUN CAL. COND."
82 PRINT D$:"RUN ALUMB.INT."
83 PRINT D$:"RUN ALUMB.EXT."
84 PRINT D$:"RUN INST. MOT."
85 PRINT D$:"RUN SIST. TIE."
86 PRINT D$:"RUN SUBESTACION"
87 HOME : VTAB 13: HTAB 13: FLASH
   : PRINT "A D I O S": NORMAL
89 FOR I = 1 TO 300: NEXT I
90 END
```

```
JCATALOGD1
DISK VOLUME 254
*A 002 ASC
*A 009 EDITOR
*A 004 PORTADA
*A 004 MENU
*A 008 CAL. COND.
*A 015 ALUMB.INT.
*A 007 ALUMB.EXT.
*A 009 INST. MOT.
*A 010 SIST. TIE.
*A 009 SUBESTACION
```

```
100 HOME
102 CLEAR
104 D% = CHR$(4)
109 DIM CR(20)
110 L1 = 0:Z = 0:R1 = 0
114 HOME : VTAB 3: HTAB 9: INVERSE
: PRINT "1-CALIBRE-CONDUCTOR
": NORMAL
116 VTAB 9: HTAB 9: PRINT "1- CA
IDA DE TENSION": PRINT
118 HTAB 9: PRINT "2- AMPACIDAD"
: PRINT
120 HTAB 9: PRINT "3- REGRESO A
MENU"
122 VTAB 20: INPUT "QUE OPCION D
ESEEA ?":C
124 IF C > 3 THEN GOTO 122
126 ON C GOTO 130,190,800
130 HOME : VTAB 2: HTAB 9: INVERSE
: PRINT "CAIDA DE TENSION": NORMAL
132 VTAB 9: HTAB 6: INPUT "Siste
ma 30 o 10 (T/M) ?":B$
134 IF B$ = "T" THEN GOTO 156
136 IF B$ < > "M" THEN GOTO 11
4
138 INPUT " Dos o tres hilos ?":
B
140 IF B = 3 THEN GOTO 150
142 IF B < > 2 THEN GOTO 138
144 INPUT "Tension entre conduct
ores V ?":V
146 V1 = V
148 GOTO 160
150 INPUT "Tension fase-neutro V
n=?":V
152 V1 = 2 * V
154 GOTO 160
156 INPUT "Tension entre fases V
f=?":V
158 V1 = SQR (3) * V
160 INPUT "Factor de Potencia FP
=?":FP
162 V2 = V1 * FP
164 INPUT "Carga (WATTS) =?" :IW
166 INPUT "Lonsitud =?" :IL
168 L1 = L1 + L
170 INPUT "Caida unitaria del co
nductor =?" :ICA
172 I = W / V2:VU = L * I * CA:CR
.= (VU / (V - VU)) * 100:Z =
Z + 1:CR(Z) = CR
174 PRINT "Por ciento de caida =?"
:ICR(Z):R1 = R1 + CR(Z)
178 PRINT : PRINT : HTAB 5: INPUT
"OTRO CALCULO (S/N) ?":IA$: IF
A$ = "S" THEN GOTO 164
180 IF A$ < > "N" THEN GOTO 17
8
182 HOME : VTAB 2: HTAB 4: PRINT
"TRAMO", "% CAIDA", " "
184 PRINT : PRINT : FOR J = 1 TO
Z: HTAB 5: PRINT J, CR(J), "
": NEXT J: PRINT : PRINT
186 PRINT " A UNA LONGITUD TOT
AL DE ":L1: METROS": PRINT
" SE TIENE UNA CAIDA MAX
IMA DE ": PRINT " "
:R1: "%": PRINT : PRINT
188 INPUT " PRESIONE CUALQUIER T
ECLA PARA CONTINUAR":B2$: GOTO
110
190 HOME : VTAB 2: HTAB 9: INVERSE
: PRINT "2-AMPACIDAD": NORMAL
191 VTAB 7: INPUT "Carga (WATTS)
=?":W
192 VTAB 9: INPUT "Sistema 30 o
10 (T/M) =?" :B1$
194 IF B1$ = "T" THEN GOTO 216
196 IF B1$ < > "M" THEN GOTO 1
14
198 INPUT "Dos o tres hilos =?" :B
200 IF B = 3 THEN GOTO 210
202 IF B < > 2 THEN GOTO 198
204 INPUT "Tension entre conduct
ores V=?":V
206 V1 = V
208 GOTO 220
210 INPUT "Tension entre fase-ne
utro Vn=?":V
212 V1 = 2 * V
214 GOTO 220
216 INPUT "Tension entre fases V
f=?":V
218 V1 = V * SQR (3)
220 INPUT "Factor de Potencia FP
=?":FP
222 INPUT "Factor de Correccion
por agrupamiento FA=?":FA
224 V2 = V1 * FP * FA
226 I = W / V2
228 PRINT : PRINT : PRINT " Capa
cidad de corriente requerida
=" :I: PRINT : PRINT
230 INPUT " OTRO CALCULO (S/N) ?
":B11$
240 IF B11$ = "N" THEN GOTO 110
242 IF B11$ < > "S" THEN GOTO
230
244 GOTO 190
800 PRINT D$:"RUN MENU"
JREM
```

C A P I T U L O I I

SISTEMA DE ALUMBRADO

INTRODUCCION

En este capítulo trataremos de explicar en que consiste un sistema de alumbrado, y la forma en que es posible proyectarlo.

Primeramente daremos la definición de una serie de términos de iluminación y analizaremos las curvas de distribución - en que pueden presentarse las diferentes fuentes de iluminación - que se utilizan en los distintos métodos de alumbrado.

Describiremos también las curvas fotométricas que caracterizan a las fuentes de iluminación, las cuales serán de gran utilidad en los siguientes subtemas.

Posteriormente describiremos los métodos de alumbrado - que existen para iluminar diferentes lugares y medios, puntualizando por qué el uso de uno u otro.

Trataremos de describir las diferentes fuentes de iluminación más comunes utilizadas en el proyecto eléctrico, y finalizaremos explicando los métodos de cálculo que existen para el

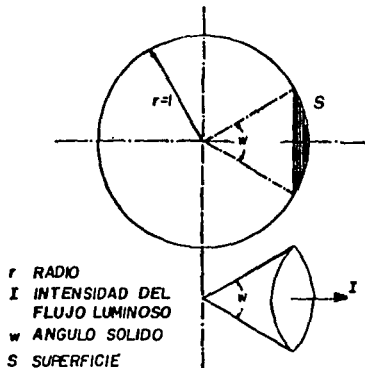
proyecto de alumbrado tanto del tipo interior como del tipo exterior.

Para observar la aplicación de los anteriores conocimientos se anexarán varios ejemplos de proyecto de alumbrado, y el diseño de una serie de programas de computadora para simplificar dichos cálculos.

2.1. DEFINICION DE TERMINOS

Angulo Sólido (w). Como situado en una esfera de radio unidad, de manera que su vértice se encuentre en el centro de la esfera (donde se supone colocado el manantial luminoso), ver fig. (2.1).

FIG. (2.1)
CONCEPTO DE -
ANGULO SOLIDO



Flujo Luminoso (ϕ). Flujo radiante que emite un manantial luminoso produciendo la sensación de ver. Su valor indica la cantidad de energía luminosa radiada al espacio por unidad de tiempo; su unidad es el lumen.

Potencia o Intensidad Luminosa (I). Densidad de flujo -

luminoso dentro de ángulo sólido en una dirección determinada; se expresa en candelas.

$$I = \frac{\Phi}{\omega} \quad ; \quad \omega = \text{Angulo Sólido}$$

Intensidad de Iluminación (E). Densidad del flujo luminoso sobre una superficie. Su unidad es el lux

$$E = \frac{I}{S} \quad ; \quad S = \text{Superficie}$$

Luminancia o Brillantez (L) . Intensidad luminosa radiada por una unidad de superficie. Se expresa en candelas/cm² ó lumen/m² .

Ley de la Iluminación. La intensidad de iluminación sobre una superficie situada perpendicularmente a la dirección de la radiación, es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre la fuente luminosa y la superficie iluminada.

Luz. Es la energía radiante que produce la sensación de la visión y que se evalua por la capacidad para producirla; actualmente se clasifica en dos tipos la forma en que se presenta la luz: en forma natural y en forma artificial. A su vez, el fenómeno que las produce las subclasifica en: producción por termorradiación y en producidas por luminiscencia. Como veremos, si la causa que lo produce obedece exclusivamente a la temperatura del cuerpo radiante, pertenece al primer subgrupo, para los restantes casos pertenecerá al otro subgrupo. Ver tabla (2.1).

TABLA (2.1) TIPOS DE PRODUCCION DE LUZ

NATURAL	Termorradiación	Luminiscencia	
	Combustión	Descarga en el seno de un gas	Radiación de un cuerpo sólido
Incandescencia			
SOL	RAYO	LUCIERNAGA	

TABLA (2.1) CONTINUACION

	Termorradiación	Luminiscencia	
	ARTIFICIAL	Llama	Lámpara de vapor metálico
	Luz de gas	Lámpara de gas - noble	Placa luminosa
	Arco eléctrico	Lámpara de eflu- vios	Lámpara de cuerpo sólido
	Lámpara incandescente	Lámpara Xenon	Fuente de luz radiactiva
	Lámpara relámpago		

En este trabajo nos interesarán las fuentes de luz del tipo artificial y especialmente las de incandescencia y las de descarga gaseosa.

2.2. CLASIFICACION DE LAS LUMINARIAS EN FUNCION DE SU CURVA DE DISTRIBUCION VERTICAL DE LUZ

Según la distribución del flujo luminoso, por encima o por debajo de la coordenada horizontal de la curva de distribución o sea teniendo en cuenta la cantidad de flujo luminoso proyectado directamente a la superficie iluminada y la que llega a la superficie después de reflejarse por techos y paredes, se tiene la siguiente clasificación de distribución de luminarias (ver tabla no. 2.2).

2.3. CURVAS DE DISTRIBUCION FOTOMETRICA

Las curvas de distribución de luz son el resultado de tomar medidas de intensidad luminosa a diferentes ángulos alrededor de una fuente de luz o luminaria y de representarias en forma gráfica (normalmente en coordenadas polares). Estas curvas son importantes ya que aunque dos unidades produzcan el mismo número

de lumenes, pueden distribuir la luz muy diferente y tener curvas de intensidad luminosa en perfiles y áreas totalmente distintas.

A continuación describiremos los diferentes tipos de diagramas que existen para representar las características del flujo luminoso de una fuente (luminosa).

a) Diagrama Rectangular

Para fuentes de luz puntiformes o con distribución de luz - simétrica respecto al eje de la misma, el fabricante generalmente - proporciona media curva fotométrica como se indica en la fig. (2.2a) y (2.2b).

FIG. (2.2a)
DISTRIBUCION SIMETRICA
DEL FLUJO LUMINOSO

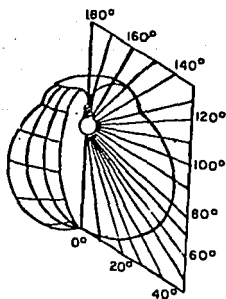
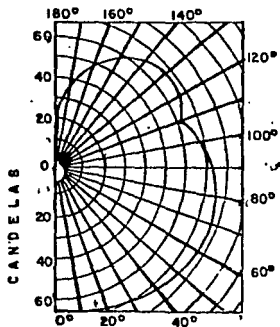







FIG. (2.2b)
DISTRIBUCION DE MEDIA CURVA
DE DISTRIBUCION LUMINOSA -
SIMETRICA

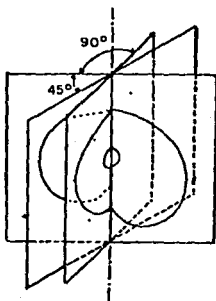
TABLA (2.2) CLASIFICACION DE LUMINARIAS SEGUN SU DISTRIBUCION DEL FLUJO LUMINOSO

TIPO	COMPONENTES DE INTENSIDAD DE LUZ		CARACTERISTICAS
	ARRIBA	ABAJO	
 INDIRECTA	90-100%	0-10%	<ul style="list-style-type: none"> Distribución de luz uniforme, sin contrastes La luz se refleja en el techo totalmente, de ahí que se requiere un cuarto con gran reflectancia y además el techo es acabado mate. El medio difusor es plástico o vidrio. Carece de deslumbramientos y sombras. No muy eficiente cuantitativamente. Uso: oficinas, escuelas, etc.
 SEMI-INDIRECTA	60-90%	10-40%	<ul style="list-style-type: none"> Una mejor relación de brillo entre el techo y la luminaria. Medio difusor el vidrio o plástico de densidad menor al anterior. Posee la mayoría de las ventajas del anterior pero es más eficiente.
GRAL. DIFUSA 	40-60%	40-60%	<ul style="list-style-type: none"> No existen sombras, además hay posibilidad de reducir los deslumbramientos. Se pueden distinguir dos tipos: <ul style="list-style-type: none"> -Gral. Difusa. Forma una distribución uniforme en todas direcciones. -Directa-Indirecta. Produce poca luz en dirección horizontal, debido a la mayor opacidad en sus paneles laterales.
 SEMI-DIRECTA	10-40%	60-90%	<ul style="list-style-type: none"> Su eficiencia radica en la luz dirigida hacia abajo, siendo ésta mayor. Existen ciertas sombras y un notorio deslumbramiento, el cuál se evita haciendo más extensa la superficie luminosa.
 DIRECTA	0-10%	90-100%	<ul style="list-style-type: none"> Es un producto eficaz de luz en la zona de trabajo. Existen sombras y deslumbramientos, que se pueden evitar colocando rejillas, difusores ó materiales refractores. En lámparas ocultas su efecto es parecido al tipo indirecto.

Pero existen manantiales luminosos cuya distribución de luz no es simétrica (por ejemplo; lámparas fluorescentes, vapor de sodio a baja presión, etc) en los cuales se requiere de varios grupos de curvas; una en el plano paralelo al eje longitudinal de la lámpara, otro normal a el y una intermedia entre ambos a 45° del eje de la lámpara. Ver fig. (2.3)

FIG. (2.3) PLANOS PARA LA DISTRIBUCION DE FLUJO EN FORMA ASIMETRICA

Como podemos observar, este tipo de diagramas son del tipo rectangular y se emplean mayormente para haces de luz en forma rectangular



b) Diagrama Isocandela

Este tipo de diagramas es el mayormente usado para representar un haz en forma irregular (ver fig. 2.4). Los diagramas isocandela que se refieren a haces notablemente dispersos se representan a veces en proyección semiesférica, en la cual las áreas de la zona estudiada pueden verse con mayor precisión que empleando las coordenadas rectilíneas.

c) Diagrama Isolux

Es el conjunto de curvas que unen los puntos del plano de -

trabajo que recibe la misma iluminación (ver fig. 2.5); las distancias en el plano de trabajo están expresadas en múltiplos de una altura de montaje h_1 .

FIG.(2.4)
DIAGRAMA ISOCANDELA
PARA UN PROYECTOR -
DE HAZ ESTRECHO

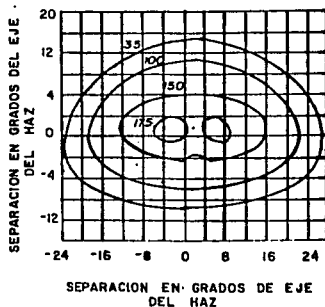
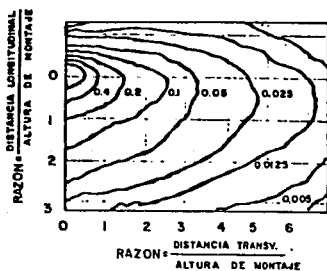


FIG.(2.5)
DIAGRAMA ISOLUX DE UNA
LAMPARA TIPO DE ALUMERADO
PUBLICO



La iluminación para otras alturas de montaje h_2 , se obtienen multiplicando los valores dados por las curvas con h_1 como altura de montaje, por la relación

Los diagramas isolux pueden ser de una sola luminaria, o un grupo de estas para las cuales el diagrama será la suma de cada punto de aportaciones a nivel luminoso correspondiente.

Las características entre los diagramas isocandela e isolux se muestran en la tabla no.(2.3).

CARACTERISTICAS	ISOCANDELA	ISOLUX
Sobre el diagrama	Es un diagrama fijo, independiente de la altura de montaje	Es un diagrama variable con la altura de montaje.
Sobre su uso	En faros, focos y proyectores	En alumbrado público

TABLA NO.(2.3)

2.4 . METODOS DE ALUMBRADO

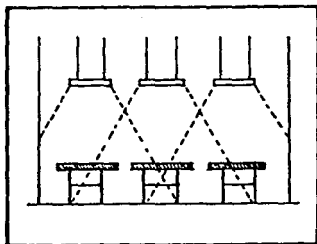
Las formas en que se puede distribuir la luz en base a la área de trabajo a iluminar son las siguientes:

(a) Alumbrado General

Este método de alumbrado tiene como finalidad proporcionar una distribución uniforme de luz (mediante la colocación de las lámparas en forma simétrica), logrando con esto tener la ventaja de que la iluminación sea independiente de los puestos de trabajo; por lo que estos pueden ser puestos o cambiados en la forma que se desee. Tiene el inconveniente de que la iluminación media proporcionada debe corresponder a las zonas que por su trabajo requieran niveles más altos.

Cabe considerar que entre más ancha sea la distribución de luz por luminarias, mayor podrá ser la distancia entre ellas, por esta razón las indirectas que utilizan el techo como fuente de luz, pueden mantenerse más separadas que las directas, ver - fig.(2.6)-

FIG.(2.6) ALUMBRADO GENERAL



(b) Alumbrado General Localizado

En este método de alumbrado, la intención es colocar el alumbrado general en zonas especiales de trabajo, bastando esta luz para las áreas contiguas. El inconveniente de este arreglo es que si efectúa un cambio de las zonas de trabajo hay que reforzar la instalación de alumbrado; el tipo de luminario utilizado es el directo, semidirecto y directo-indirecto. Ver fig.(2.7)

(c) Alumbrado Suplementario

La finalidad de este método de alumbrado es proporcionar una intensidad relativamente alta en puntos específicos de trabajo, y es usado cuando no se logra con los anteriores métodos. Es importante tratar de evitar el deslumbramiento entre el

alumbrado general y el suplementario, cuya relación de luminancias se recomienda que no exceda de 10 a 1.

El tipo de luminario que se acostumbra usar es el directo. Ver fig.(2.8)

FIG. (2.7) ALUMBRADO GENERAL LOCALIZADO

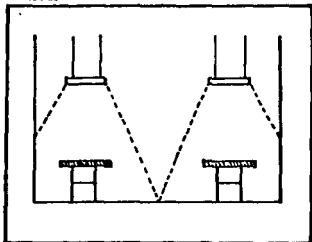
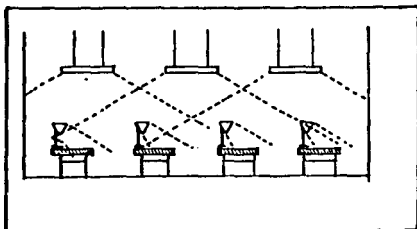


FIG. (2.8) ALUMBRADO SUPLEMENTARIO



2.5. FUENTES LUMINOSAS DE TIPO INCANDESCENTES.

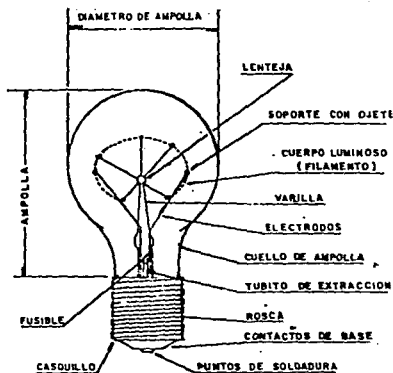
El principio de operación de este tipo de fuentes se basa en el fenómeno de incandescencia, el cual consiste en hacer -

producir energía visible (luz) de un cuerpo opaco, por efecto del calor que se le suministra; la emisión luminica dependerá directamente del cuerpo radiante.

(a) Lámpara Incandescente

Estas fuentes incandescentes se componen físicamente de los siguientes elementos (ver fig. 2.9).

FIG.(2.9) ESTRUCTURA DE LA LAMPARA INCANDESCENTE



Ampolla o bulbo, es la envoltura de cristal que encierra una atmósfera de gas inerte al vacío, al cuerpo radiante, de tal manera que evite su desintegración por oxidación. Para su fabricación se emplean diferentes clases de vidrio, desde el óxido - -

de calcio -muy común- para vidrios blandos hasta para casos especiales en condiciones ambientales extremas como es el caso de los bulbos de cuarzo. El acabado que se le da a la ampolla es para reducir los efectos de deslumbramiento y hacer más uniforme la emisión luminosa. Para dar las diferentes tonalidades que existen, se emplean cristales de color natural, mezcla de distintos cristales o sustancias químicas. La fig.(2.10) muestra algunos de los diferentes tipos de bulbos, así como su nomenclatura de designación.

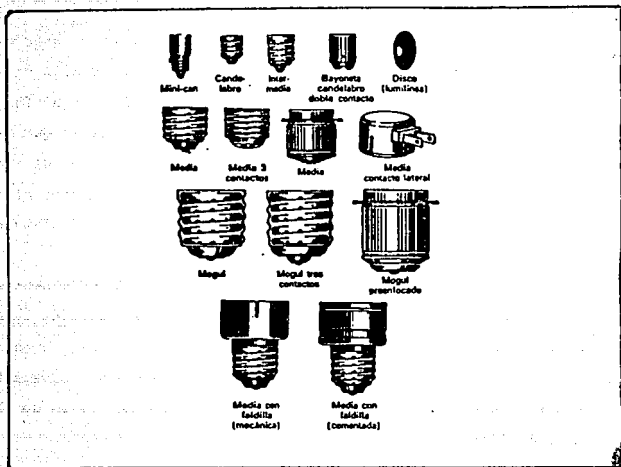
Unida a la ampolla, mediante la aplicación de cementos especiales se encuentra el casquillo o base, construido de latón o aluminio. Es el encargado de conectar físicamente a la ampolla con el portalámparas y eléctricamente al filamento incandescente con la red eléctrica; ver fig.(2.11), además de encargarse de alinear debidamente a este filamento.

FIG.(2.10)

TIPOS DE BULBOS

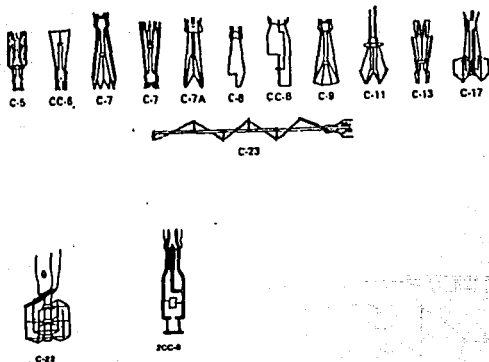


FIG. (2.11) BASES O GASQUILLOS PARA LAMPARAS INCANDESCENTES



El filamento incandescente que inicialmente era de carbón y en la actualidad muy usado de Wolframio (o también conocido como Tungsteno) debido a que combina un alto punto de fusión con una lenta evaporación, es el encargado de emitir la energía visible (luz). A través del filamento se hace circular un flujo de corriente eléctrica y debido a la resistencia que presenta genera el calor necesario (por efecto Joule) para incrementar la temperatura y de este modo llegar al estado de incandescencia -- ver fig.(2.12)--. La mayor parte de la energía eléctrica que se suministra es transformada en calor y la restante (aproximadamente el 10%) es la que se transforma en energía luminosa.

FIG. (2-12) FILAMENTOS DE LAS LAMPARAS INCANDESCENTES



Esta baja eficiencia además de la gran cantidad de calor generado que afectan a los cables de conexión, son los principales problemas que se presentan en este tipo de fuentes luminosas.

Las soluciones que se han dado para disminuir estos inconvenientes son: por una parte arrollar el filamento en forma de selenoide para que de esta forma y estando tan cerca un conductor de otro, se autocaliente y tenga mayor resistencia mecánica.

Por otra parte se introduce un gas inerte dentro del bulbo para que de esta forma no solo limite la evaporación del Tungsteno, si no también para actuar como refrigerante del bulbo; los gases comúnmente usados son el nitrógeno y el argón, y en menor escala el kriptón que tiene un mayor peso atómico que los anteriores logrando con esto reducir las pérdidas por transmisión de calor; pero debido a su costo elevado es limitado su uso.

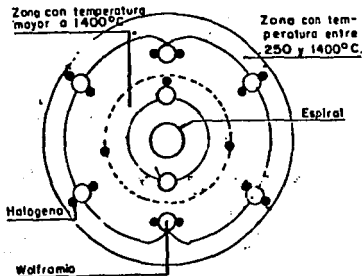
Antas modificaciones han contribuido a reducir el tamaño de

las lámparas y entre otras cosas aumentar su eficiencia.

(b) Lámpara Incandescente-Halógena

Otro tipo de lámparas incandescentes es la que utiliza elementos halógenos (elementos que forman sales con metales) como son el Bromo y Yodo entre otros. El funcionamiento de este tipo de lámparas es el mismo que la incandescente normal, pero con la variante que se apoya en el ciclo del halógeno (ver fig. 2.13)

FIG.(2.13) CICLO DEL HALOGENO



Al encender la lámpara, las partículas del halógeno se gasifican y se combinan con una parte de la cantidad de Wolframio de la espiral que se vaporiza por la alta temperatura a la cual está, antes de que se deposite en la pared interior de la ampolla. Llevandola nuevamente al filamento por las corrientes

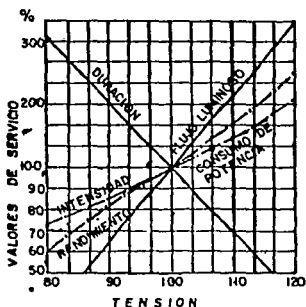
de convección térmica en donde se disocian, depositandose el Wolframio sobre el filamento al que regenera y quedando libre el halógeno para repetir el ciclo.

Aunque el ciclo es degradable; permite reducir el tamaño de la lámpara, aumentar el rendimiento luminoso y aumentar la vida de la misma.

(c) Características de las Lámparas Incandescentes

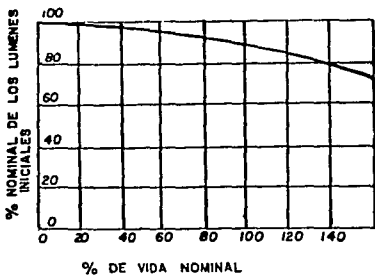
Las características eléctricas de la fuente incandescente se visualizan en la gráfica no.(2.1). Se observa que cuando se trabaja a una tensión menor del nominal el flujo luminoso disminuye, la potencia de consumo disminuye y por tanto el rendimiento luminoso también disminuye, siendo la única ventaja el de alargar la vida de esta lámpara. Esto se debe a que a una tensión menor, se reduce la corriente que circula por el filamento, la cual se empleará casi totalmente para incrementar la temperatura y tratar de lograr la incandescencia del mismo. Situación contraria sucede si incrementamos la tensión, con lo cual se incrementa la corriente que circula por el filamento aumentando el flujo luminoso debido a la temperatura mayor que alcanza, sin embargo se evapora más rápidamente el Tungsteno haciendo que este se vaya degradando y por lo tanto disminuyendo su vida útil. Pese a este inconveniente con frecuencia se prefiere hacer operar a la lámpara de esta forma, después de que se ha hecho un análisis económico considerando aspectos técnicos (de mantenimiento principalmente).

GRAFICA NO.(2.1) CARACTERISTICAS DE FUNCIONAMIENTO



El deterioro que sufre el filamento junto con la opacidad - que adquiere el bulbo debido al polvillo que se deposita en sus para des originan una degradación del flujo luminoso como se muestra en - la gráfica (2.2). En ciertos tipos de lámparas se han agregado var- rios elementos para evitar en cierta medida la degradación del nivel luminoso, estos elementos consisten en una pantalla de rejilla que - impide el paso de una cantidad de polvo de Tugetano que al frotar la lámpara éste la va limpiando. Ambos métodos solo reducen un poco el efecto de degradación.

GRÁFICA (2.2) DEPRECIACION DEL FLUJO LUMINOSO EN LAMPARAS INCANDESCENTES



Aunque la eficiencia de este tipo de lámparas es muy baja, - su utilización es más común que cualquier otra fuente. Para observar - en detalle su gran variedad de aplicaciones, sugerimos consultar el - libro "Manual de Luminotecnia" (Ver bibliografía) en el capítulo No. - 12.

En resumen las ventajas y desventajas que posee este tipo de lámpara son:

Ventajas

- (1) Bajo costo inicial
- (2) Dimensiones reducidas
- (3) Encendido inmediato sin necesidad de equipo auxiliar
- (4) Factor de potencia de operación igual a 1
- (5) Tipo de fuente puntiforme
- (6) Gran variedad de tipos
- (7) No le afecta la variación de la frecuencia
- (8) No le afectan las variaciones de temperatura externa

Desventajas

- (1) Baja eficiencia
- (2) Operan a alta temperatura
- (3) Corta duración en comparación con otro tipo de fuentes
- (4) Sensibles a golpes o movimientos bruscos
- (5) Le afecta la variación de voltaje
- (6) Provocan deslumbramientos
- (7) Gran luminancia

2.6. Fuentes Luminosas de Tipo Descarga Gaseosa

Son fuentes luminosas que utilizan el principio de luminiscencia, el cual consiste en emitir luz sin ser básicamente producida por efecto del calor. Este tipo de fuentes realiza la producción de luz mediante el paso de una corriente eléctrica a través de un

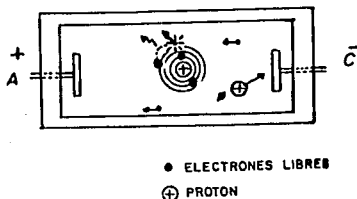
gas. En forma general el funcionamiento de este tipo de lámparas es el siguiente - ver fig. (214)- : Un bulbo que encierra una mezcla de gases neutrales o vapores metálicos y electrones libres produce en forma natural o desprendidos de cátodo. Al aplicar una diferencia de tensión entre los electrodos, los electrones libres son acelerados a gran velocidad, haciendo que estos choquen con los átomos del gas neutral o vapor metálico, produciendo de esta forma electrones excitados que inicialmente y debido al choque salen de su órbita, pero al regresar a su posición emiten radiaciones electromagnéticas (principalmente) y calor.

Estas radiaciones pueden estar o no estar en el rango visible, todo dependerá del tipo de gas neutral o vapor metálico utilizado y a la presión a que este sometido:

- Descarga a baja presión
- Descarga a alta presión
- Descarga a muy alta presión

A medida que la presión aumenta se enganchan las líneas del espectro producido (radiaciones) de tal forma que se puede mejorar el espectro cromático, cuando las radiaciones son visibles, sin embargo también aumenta la tensión que se requiere en el encendido.

FIG. NO. (2.14) DESCARGA ELECTRICA EN ATMOSFERA GASEOSA



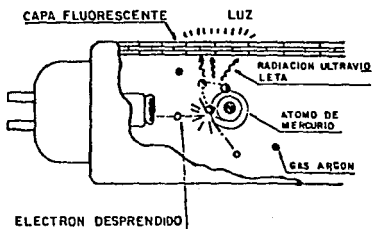
Veamos los diferentes tipos de lámparas de descarga gaseosa.

2.6.1. Lámparas Fluorescentes

Utilizan el principio de luminiscencia, operando como una fuente de descarga gaseosa. Las radiaciones aquí producidas no son visibles y se encuentran en el rango de 253.7nm (región ultravioleta). Esto debido a que el vapor metálico utilizado es mercurio a baja presión.

Mediante el fenómeno de fluorescencia se puede hacer que estas radiaciones se conviertan en energía visible. La fig.(2.15) muestra la estructura de este tipo de lámparas, se observa que en la superficie interna del bulbo existe una capa de sustancia fluorescente (o fosforescente) la cual convierte las radiaciones ultravioleta a radiaciones visibles, mediante la excitación de sus átomos, de igual forma como se hicieron con los de mercurio. Dependiendo del tipo de sustancia fluorescente (o fosforescente) e incluso es una mezcla de estos, será el color de la luz obtenida - - ver tabla (2.4) -.

FIG.(2.15) LAMPARA FLUORESCENTE



* Un nm es igual a 1×10^{-9} m

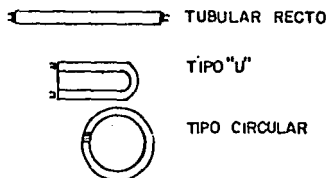
TABLA (2.4) FOSFOROS Y COLORES FLUORESCENTES

FOSFORO	COLOR
Borato de cadmio	Rosado
Halofosfato de - calcio	Blanco
Silicato de cal- cio	Naranja
Tungstato de cal- cio	Azul
Tungstato de mag- nesio	Blanco Azulado
Halofosfato de - estroncio	Verde claro
Silicato de cinc	Verde

Generalmente las denominaciones de este tipo de lámparas en lo que respecta al color las da el fabricante en base a las normas del CIE (Comisión Internacional de Iluminación) y su orden interno de producción.

La forma y denominación de la envoltura de vidrio (bulbo) es como se muestra en la figura (2.16), donde se observa que el número de formas existentes es menor que en las incandescentes.

FIG.(2.16) TIPOS DE BULBOS

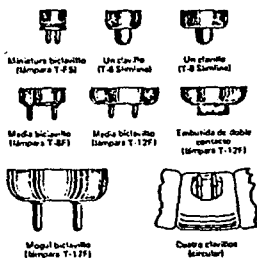


Los soportes-base, que nos permiten tanto hacer la conexión eléctrica como apoyar a la lámpara dependerá del tamaño y forma del tubo, así como del tipo de que utilice, ver fig.(2.17); en lo que se refiere a esto último se observa que si el arranque es de precalentamiento o encendido rápido las bases contendrán 2 espigas cada una y si es de encendido instantáneo será de una espiga.

Los tipos de encendido los veremos más adelante.

Contiene dos electrodos que funcionan alternadamente como cátodos y ánodos. Estos electrodos permiten establecer el arco eléctrico actuando como fuente de electrones.

FIG.(2.17) BASES PARA LAMPARAS FLUORESCENTES



Existen dos tipos de electrodos:

Cátodo Caliente.—Consiste en un espiral doble o triple de Wolframio bañado en un material emisor de electrones (bario, estroncio u óxido de calcio). Al calentarse el filamento a unos 1000°C se desprenden los electrones que producen y/o mantienen el arco incluso a una tem

sión baja normal (220 V). Este tipo de electrodo es comunmente el mayor usado.

Cátodo Frio.-Consiste en un tubo de níquel o hierro puro, su superficie interna está recubierta con un material emisor de electrones; a los electrodos se les aplica un mayor voltaje, dejando escapar electrones a temperatura alrededor de 150°C. El llenado del tubo puede ser de Neón, Helio y/o incluso Mercurio.

Este tipo de electrodo produce bajo rendimiento luminoso en la Lámpara (2.5 a 5 Lum/W), sin embargo hace posible moldearla por lo que juega un papel importante en anuncios luminosos.

Además del mercurio, la lámpara fluorescente contiene una pequeña cantidad de Argón-Neón que tiene la característica de evaporarse rápidamente al conectarse la lámpara y de esta forma incrementar y suministrar la presión y el calor necesario para que el mercurio estando en estado líquido (gotitas) pase al estado gaseoso y de esta forma provocar el encendido de la lámpara.

Las lámparas fluorescentes requieren de elementos auxiliares para su funcionamiento, los cuales son:

El Balastro.-Su función es la de limitar y controlar la corriente que circula en la lámpara realizando también la función de regular la corriente necesaria para el precalentamiento de los electrodos y suministra la tensión necesaria para el encendido. El balastro consiste en una bobina de inductancia de hilo de cobre esmaltado montado sobre un núcleo de chapas metálicas.

Cetador o arrancador.-Consiste en una ampolla de vidrio llena de gas neón a baja presión en cuyo interior se encuentran dos electrodos uno de los cuales (o ambos) son laminillas bimetalicas que se doblan ligeramente por la acción del calor. Su operación es la siguiente, (ver fig.2.18) al conectar la lámpara se produce una pequeña descarga eléctrica entre las laminillas a través del gas, calentandolas lo suficiente -

para doblarlas y urirlas, esta unión permite que los electrodos de la lámpara se calienten a su punto de incandescencia y emitan electrones - mientras tanto las laminillas bimetalicas se enfrían y se abren, dando lugar con ello a que el balastro lance un impulso de tensión con el que se consigue iniciar la descarga del arco y funcionamiento de la lámpara.

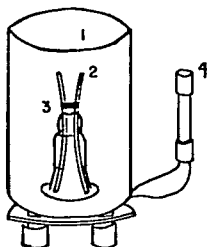
Capacitor.-Se coloca entre las terminales de alimentación o generalmente se encuentra conectado en paralelo de las terminales del cebador. Su función es la de corregir el factor de potencia y la de suprimir las interferencias de radio.

Este equipo auxiliar se utiliza según el tipo de encendido, el cual puede ser de tres formas:

- (a) Lámparas con encendido de precalentamiento -ver fig.(2.19.-; este tipo de arranque se realiza con cátodo caliente y se lleva unos cuantos segundos. Emplea el cebador y balastro como accesorios.
- (b) Lámpara de encendido instantáneo -ver figura (2.20)-. No utiliza cebador; el reactor proporciona un mayor voltaje de arranque y permite hacer que los electrodos arranquen en frío. El tiempo de arranque se reduce y poseen una espiga por base (las lámparas de cátodo caliente con una sola espiga se llaman Slime-Line, ver figura 2.16)
- (c) Lámparas de encendido rápido, combina los dos métodos anteriores - por medio de un devanado interconstruido en el reactor se hacen calentar los electrodos. Este devanado no contiene un interruptor que pueda desconectarlo cuando salta el arco. El encendido es más rápido que las precalentadas, pero no tanto que las instantáneas, sin embargo, es el mayormente usado y de gran importancia -ver figura (2.21).

FIG. (2.18) CEBADOR O ARRANCADOR

(a) ESTRUCTURA DEL CEBADOR



- 1 Ampolla de Vidrio llena de Gase Neón
- 2 Laminillas Bimetálicas
- 3 Soporte
- 4 Condensador Antiparásito

(b) FUNCIONAMIENTO DEL CEBADOR

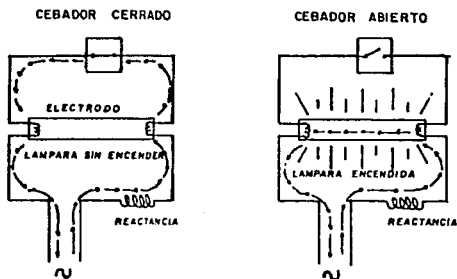


FIG. (2.19) DIAGRAMA DE CONEXIONES DE LAMPARA DE TIPO PRECALENTAMIENTO

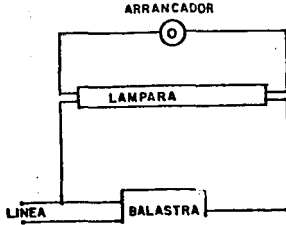


FIG. (2.20) DIAGRAMAS DE CONEXIONES DE LAMPARA PARA TIPO ENCENDIDO INSTANTANEO

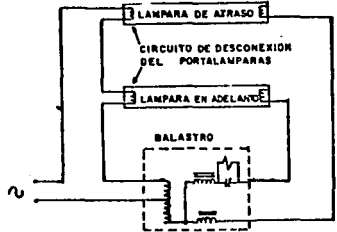
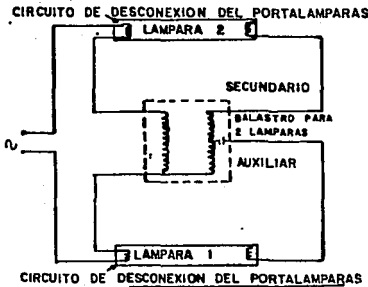
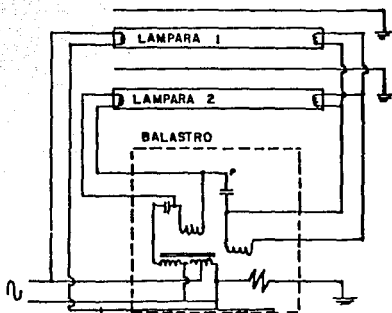


FIG.(2.2) DIAGRAMA DE CONEXIONES DE LAMPARA TIPO ENCENDIDO RAPIDO



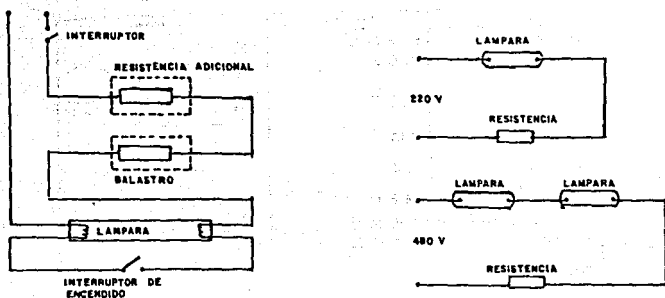
Las características de las lámparas fluorescentes son:

La variación de frecuencia afecta este tipo de lámparas, - pues un aumento de esta provoca una disminución de la corriente, el flujo luminoso y la vida útil de la lámpara; ocasiona un aumento li gero en la eficacia, reduce las pérdidas térmicas en el reactor y - hace posible reducir el tamaño y peso de este reactor. Para una fre cuencia baja del nominal los efectos serían todo lo contrario.

Ahora bien, si en lugar de C.A. se alimentan de C.D., la - lámpara necesitaría de un balastro y resistencia en serie, como se se ve en la fig.(2.22) o simplemente de una resistencia siendo el resul tado una disminución del rendimiento luminoso de la vida útil.

La variación de tensión afecta directamente a la operación de la lámpara -ver gráfica (2.3)-, a una tensión menor hay dificultad en el encendido, un desgaste prematuro de los electrodos, disminu- ción del flujo luminoso y la vida útil a causa del aumento de tem- peratura. Con tensiones altas las lámparas arrancan con facilidad y el flujo luminoso es mayor, pero también se reduce su vida útil.

FIG. (2.2) DIAGRAMA DE CONEXIONES PARA LA LAMPARA FLUORESCENTE DEL TIPO C.D.



Los cambios de temperatura intervienen directamente en la operación de la lámpara -ver gráf. (2.4)-. Si es alta, la presión del gas (mercurio) aumenta reduciéndose las radiaciones que se necesitan para excitar la capa fluorescente. Por el contrario si la temperatura es baja, el mercurio sufre condensaciones disminuyendo la posibilidad de número de átomos a ser excitados y generar las radiaciones ultravioletas. La humedad puede provocar un descenso de temperatura, de ahí que se utilicen con revestimiento de silicón o una cinta conductora a lo largo del tubo conectado a uno de los electrodos del tubo a través de una resistencia de alto valor.

Las gráficas (2.5) y (2.5) muestran la vida útil y depreciación del flujo luminoso respecto al tiempo considerando 3 hrs/arranque.

La aplicación de estas lámparas se observa en función del tipo de lámpara de la tabla (2.5), y en función del color en la tabla (2.6).

TABLA (2.5) TIPOS Y APLICACION DE LAMPARAS FLUCRESCENTES

Tipos de Lámparas		Potencias (W)	Aplicaciones
Standard		15, 18, 20, 25, 36, 40, 58, 65	Alumbrado general.
Lumilux		18, 36, 58	Alumbrado general con exigencias de calidad cromática.
Con reflector		20, 40, 65	Lugares con mucho polvo, difícil limpieza de la lámpara y donde se desee dirigir la luz.
Amalgama de Indio		40, 65	Lugares con temperaturas ambiente superiores a +35° C.
Bajas temperaturas		40, 65	Lugares con temperaturas ambiente inferiores a +5° C
Pequeña potencia (Dimensiones reducidas)		4, 6, 8, 13	Vitrinas, apliques y en general lugares de poco espacio para alojar las lámparas.
Diámetro reducido (26 mm)		10, 15, 16, 30	
Forma U		16, 20, 40, 65	Iluminación general, decoración y en luminarias especiales.
Circulares		22, 32, 40	Decoración y en luminarias especiales.
Arranque rápido	Rapid Start	40	Lugares con temperaturas ambiente normales y elevadas.
	RD: Con cinta exterior de encendido	40, 65	
	Alta potencia	115, 140	
Arranque instantáneo		20, 40, 65	En luminarias antiexplosivas.
Colores		20, 40	Alumbrado decorativo y de reclamo.
Rosas			
Amarillo			
Verde claro			
Azul claro			
Corriente continua		20, 40	Alumbrado de tranvías, autobuses, barcos, etc.
Interna		20, 40, 65	Para crear ambiente cómodo y confortable. Luz similar a la incandescencia con excelente reproducción del color de la piel.
Fluora		8, 15, 16, 30, 40, 65	Crecimiento de plantas en invernaderos, jardines, explotaciones hortícolas, acuarios, terrarios, etcétera.
Natura		20, 40, 65	Por su reproducción natural de los colores para carnicerías, fiambres, comestibles finos y verduras, flores, etc.
Luz Negra		20, 40	Para activar sustancias fluorescentes, en efectos escenográficos, escaparates, carteles de propaganda, etc.
Radiación UV-A (ultravioleta de onda larga)		40, 80, 100	Para instalaciones de solarios y aplicaciones similares.

TABLA (2.6) LAMPARAS FLUORESCENTES: TONOS DE LUZ MAS CONVENIENTES

Campos de aplicación	1w Blanco luz día		1w Blanco neutro				www Blanco cálido				
	11	19	20	21	25	29	30	31	32	33	36
Oficinas y Administración	•										
Despachos, grandes oficinas, pasillos								•			
Salas de reunión									•	•	
Industria, manufactura y comercio											
Química	•										
Electrotécnica											
Productos alimenticios											
Fábricas textiles	•	•									
Carpinterías y platerías	•	•									
Fábricas de laminación y fundición								•			
Artes Gráficas Laboratorios	•	•									
Muestreo de colores	•	•									
Amateras y expedición											
Escuelas y Centros de Enseñanza											
Aulas, auditorios, jardines de infancia										•	•
Bibliotecas Salas de lectura											•
Comercio											
Alimentación, panaderías, comestibles											•
Carnicerías, comestibles finos											•
Textil y pelotería	•										
Muebles y tapicería											•
Deportes, juguetes, papelería										•	•
Foto, relojería, joyería	•	•									
Cosmética, peluquería											•
Flores											•
Escaparates	•	•									•
Tiendas Supermercados	•										•
Centros Sociales											
Hoteles											•
Restaurantes, bares											•
Teatros, salas concierto, foyer											•
Museos, galerías de arte	•	•									•
Recintos públicos											
Exposiciones y pabellones feria											•
Gimnasios y pabellones deportivos											
Clinicas y consultorios											
Diagnos y tratamientos	•	•									•
Salas de espera											•
Habitaciones de enfermos											•
Vivienda											
Cuartos de estar											•
Cocina, cuarto de baño, bodega											•
Alumbrado exterior											
Cafes, caminos, zonas peatonales											•
Decos de tráfico, anuncios luminosos											•

También existe el tono 10 Blanco Luz Día, con aplicaciones más limitadas que los otros tonos 11 y 19. • = LUMALUX®

Ventajas

Alto rendimiento luminoso de 4 a 6 veces más que las incandescentes

Larga vida útil (6000 a 9000 hrs.)

Tipo de fuente lineal

Gran variedad de colores

Brillantez no molesta

No tiene restricciones en la posición de operación

Desventajas

Equipo auxiliar necesario que incrementa el costo

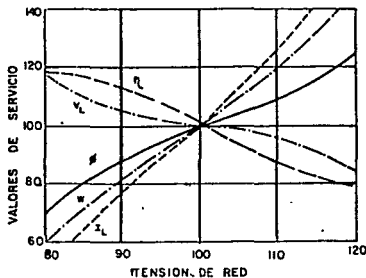
Le afectan la humedad y temperatura

Produce interferencias de radio

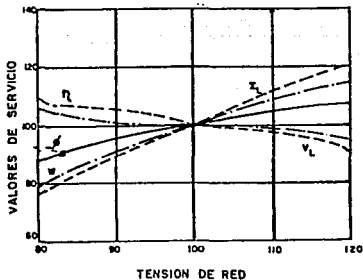
Gran tamaño con respecto a la producción de Lumenes

No se puede regular el nivel luminoso.

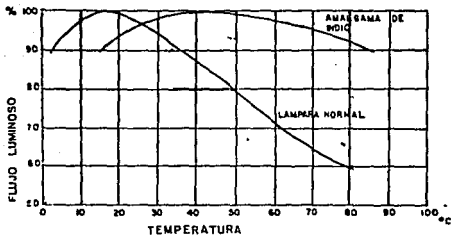
GRÁFICA (2.3) VALORES DE OPERACION DE LAS LAMPARAS FLUORESCENTES
EN FUNCION DE LA TENSION



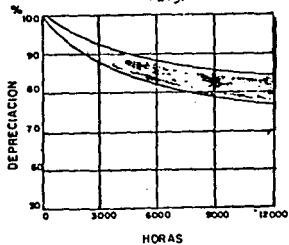
- η RENDIMIENTO
- V VOLTAJE EN LA LAMPARA
- Φ FLUJO LUMINOSO
- W CONSUMO EN WATTS
- I_L CORRIENTE DE LA LAMPARA



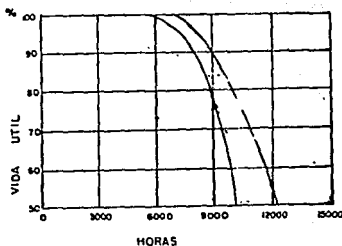
GRAFICA (2.4) FLUJO LUMINOSO DE LAS LAMPARAS FLUORESCENTES EN
FUNCION DE LA TEMPERATURA AMBIENTE



GRAFICA (2.5) VIDA UTIL



GRAFICA (2.6) DEPRECIACION



Veamos ahora las lámparas de alta intensidad, las cuales son:

- Lámpara de mercurio
- Lámpara de Halogenuro Metálico
- Lámpara de Sodio de Alta Presión

2.6.2 Lámpara de Mercurio

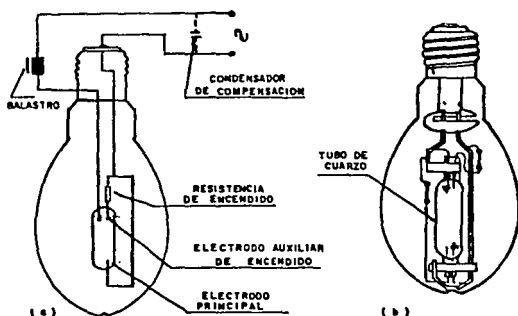
Está basado en el principio de luminiscencia obtenida por -
descarga eléctrica en el seno de mercurio gasificado.

La estructura física de la lámpara se muestra en la fig. -
(2.23), la parte esencial es el tubo donde se realiza la descarga -
que generalmente tiene que soportar tanto la alta presión, como la -
intensidad que se crea entre los electrodos; por lo que se requiere -
que sea de alto punto de fusión siendo pues la causa de que se cons-
truya de cuarzo; los electrodos son de Wolframio impregnados de mate-
rial emisor de electrones colocados en los extremos del tubo, además -
posee uno auxiliar conectado a través de una resistencia de alto va-
lor a la terminal del electrodo opuesto, donde está ubicado. La envol-
tura de cristal que encierra al tubo sirve para estabilizar la ope-
ración de las lámparas, prevenir la oxidación de las paredes metáli-
cas, resistir a cambios bruscos de temperatura, servir de soporte, y
como además se le agrega una capa de material fluorescente en su su-
perficie interna permite corregir el color producido, ya que esta -
sustancia fluorescente (Vanato de Itrio) produce un color en el ran-
go de radiaciones rojas.

FIG.(2.23) LAMPARA DE MERCURIO

a.-Componentes

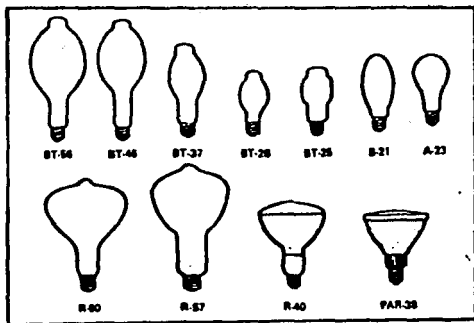
b.-Forma física



Dentro del tubo se encuentra el mercurio y una pequeña cantidad de argón, este último utilizado para facilitar el arranque -- (descarga); entre el tubo y la ampolla se encuentra otro gas neutro (nitrógeno + argón) a presión inferior a la atmosférica, el cual sirve para evitar la formación de arcos entre las paredes metálicas en el interior de la ampolla.

Las formas que pueden adoptar este tipo de lámparas son -- las que se muestran en la fig.(2.24).

FIG. (224) FORMAS DE BULBOS DE LÁMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO



El casquillo es de tipo rosca Edison.

La denominación de este tipo de lámparas es como se muestra en el siguiente ejemplo;

Tipo de Mercurio Tipo de Reactor Tipo de Fósforo o color de cristal

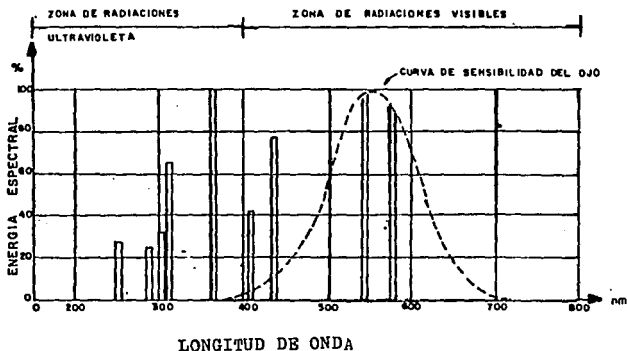
H33 -1GL / C / E

Características físicas
de la lámpara

Forma

Existen diversos tipos de lámparas; las de tipo transparente y las de recubrimiento de fósforo. La gráfica de espectros siguiente muestra la diferencia entre las lámparas de mercurio, ver gráficos (2.7)

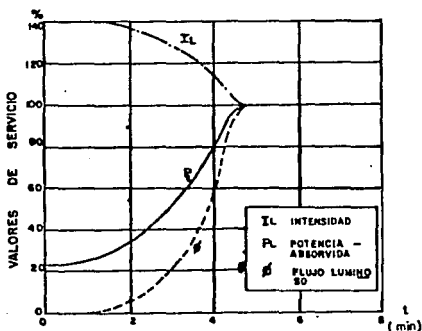
GRAFICA (2.7) ESPECTRO DE LA LAMPARA DE MERCURIO



El funcionamiento de la lámpara es el siguiente, al conectarse la lámpara se establece un arco entre el electrodo principal y el auxiliar, ambos localizados en el mismo lugar. Esta descarga ioniza al argón el cuál incrementa la temperatura, haciendo que el mercurio se evapore. Una vez que el arco comienza a aparecer entre los electrodos principales, la resistencia que había entre ellos se reduce haciendo que, entre el principal y el auxiliar disminuya la corriente debido a que posee una consistencia fija de alto valor; así pues la corriente solo pasará entre los electrodos principales

y reduciéndose totalmente la que pasaba hacia el auxiliar. El tiempo que se lleva para lograr la máxima brillantez y estabilización de — tanto la intensidad de corriente y tensión es de 4 a 7 minutos (ver gráf.(2.8).Una vez apa_ceda la lámpara para poder encenderla nuevamen_ te deberá pasar de 4 a 6 minutos de tal manera que la lámpara pueda_ tener las condiciones necesarias para la descarga.

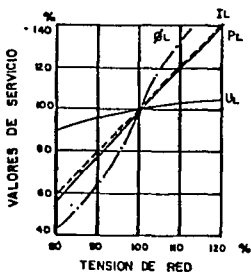
GRAFICA (2.8) CURVA DE ESTABILIZACION AL ENCENDER LA LAMPARA



Una de las características de funcionamiento de esta lámpara es la de presentar una resistencia negativa, por lo que su conexión a la red debe efectuarse a través de aparatos de alimentación adecuados (balastro) y que además mantienen y suministran la tensión requerida. Las variaciones de operación que sufre respecto a las variaciones de tensión se muestra en la gráfica (2.9); donde se observa que es necesario una adecuada tensión para que estas lámparas funcionen correctamente.

GRAFICA(2.9) CARACTERISTICAS DE FUNCIONAMIENTO DE LA LAMPARA DE MERCURIO

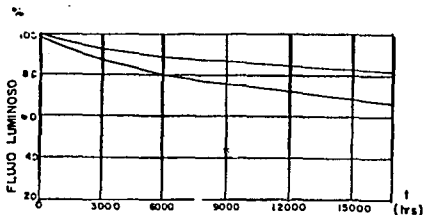
- ϕ_L - FLUJO DE LA LAMPARA
- I_L - CORRIENTE DE LA LAMPARA
- P_L - POTENCIA DE LA LAMPARA
- U_L - RENDIMIENTO DE LA LAMPARA



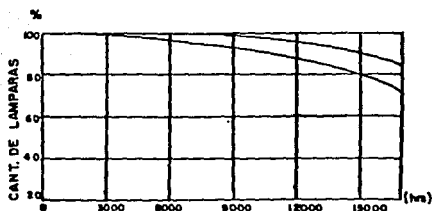
Por lo general a estas lámparas no les afecta la temperatura, pero al bajar la misma en un valor considerable, se sugiere elevar la tensión de tal forma que sea posible su encendido.

En lo que respecta a la duración útil y depreciación de flujo luminoso, las gráficas siguientes muestran estas características que son fundamentales para determinar la vida útil más económica de una instalación de alumbrado. Estas gráficas corresponden siempre al obtenido después de 100 horas de funcionamiento debido a que inicialmente se presenta más palpable la impurificación de gases y el ennegrecimiento del material que emiten los electrodos. La vida típica promedio de estas lámparas es de 24000 horas. Ver gráficas (2.10) y (2.11)

GRAFICA (2.10) CURVA DE DEPRECIACION DEL FLUJO LUMINOSO DE LA LAMPARA DE MERCURIO

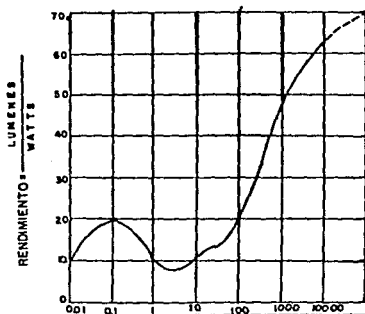


GRAFICA(2.11) VIDA UTIL DE LA LAMPARA DE MERCURIO



El rendimiento de estas lámparas varía : desde 30 a 65 Lum/Watt - según wattaje y color de la lámpara; y depende directamente de la presión del vapor y la intensidad de corriente del arco, la gráfica (2.12) muestra el rendimiento luminoso de esta lámpara en función de la presión a una intensidad de corriente constante.

GRAFICA(2.12) RENDIMIENTO LUMINOSO DE LA LAMPARA DE MERCURIO EN FUNCION DE LA PRESION



Debido a esto (la vida útil y alto rendimiento luminoso), permite realizar iluminaciones en las que se requiera una luz abun-

dante con una aceptable reproducción cromática. Su empleo es esencialmente en alumbrado exterior (público, instalaciones industriales, obras) y para el interior (naves de fabricación) donde ha sustituido casi totalmente a las lámparas incandescentes, debido a que posee las siguientes ventajas y desventajas.

• Ventajas

Eficiencia luminosa aceptable	Alto promedio de vida
Rendimiento cromático bueno	Gran variedad de potencias
Tamaño pequeño	

• Desventajas

Utiliza equipo auxiliar	Costo elevado
Tiempo de encendido	

Por último cabe señalar que otra forma de hacer mejorar el espectro luminoso es combinarlos con lámparas incandescentes, de aquí fué donde surgió otro tipo de lámparas que son las lámparas "de luz mezcla" que veremos más adelante.

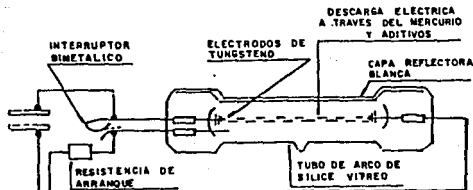
2.6.3. Lámparas de Halogenuros Metálicos

Con el propósito de mejorar el rendimiento luminoso e igualar el color de la luz diurna, se crearon las lámparas de halogenuros metálicos que en sí son lámparas de vapor de mercurio, con la variante de contener además de mercurio, halogenuros de las tierras raras (dysprosia, halmio y tulio). El halogenuro es una sal formada por un halogeno (fluer, cloro, bromo o yodo) y un metal, que en este caso es la tierra rara.

El tubo de descarga, es también de cuarzo y su forma es tubular, posee un electrodo en cada extremo con una capa de material emisor de electrones (óxido de Torio), el electrodo es de wolfranio;

en el interior del tubo se encuentra una mezcla de gases que son: --- mercurio (Hg), yoduro tálico, uno o varios de los yoduros de tierras raras a la presión de 30 Torr, como gas para el arranque -ver fig. (- 2.25).

FIG. (2.25) LAMPARA DE DESCARGA GASEOSA DE TIPO DE HALOGENUROS METALICOS



Cuando la lámpara está funcionando, se encuentra a una temperatura el tubo de descarga de 800 a 1000°C (según el consumo de potencia). Los yoduros de tierras raras están por encima de la fase líquida, mientras que todas las demás sustancias están gasificadas; la descarga se realiza a través del Hg y el yoduro de tierra rara.

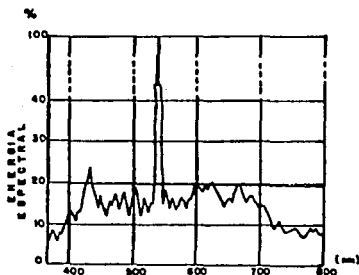
La ampolla envolvente es de vidrio duro que para potencias hasta de 400W se encuentra al vacío (mediante la aplicación de gettes vaporizadores), para potencias mayores de 400W se llena de nitró

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

- 79 -

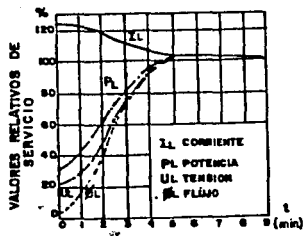
geno. Posee una capa difusora en la superficie interna que solo absorbe el 8 % del rendimiento luminoso total (que habría sin esta capa) sin afectar mucho al espectro -gráfica (2.13)-. Esta capa difusora es para reducir la luminancia y poder sustituir a los de mercurio.

GRAF.(2.13)DISTRIBUCION ESPECTRAL RELATIVA DE LAS LAMPARAS DE HALOGENUROS METALICOS

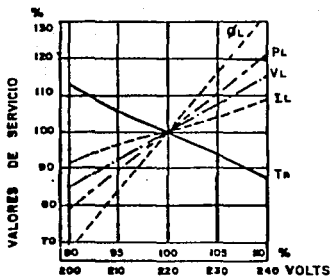


Su funcionamiento es igual a la de mercurio y las condiciones en que se realiza también. Se emplea un balastro (para limitar la corriente) en serie con la lámpara conectados a la red de alimentación. Debido a la presencia de los halógenos, es necesario la aplicación de tensiones elevadas, necesitando el empleo de un cebador o aparato de encendido que ofrezcan tensiones de 1.5 a 5 KV, de esta forma se garantiza el encendido desde + 10C hasta -25°C. La figura (2.26) muestra los esquemas de conexiones de los distintos tipos de lámparas.

Las representaciones de la gráfica(2.14) muestra las curvas de encendido, y la gráfica(2.15) las curvas de características de -



GRAFICA(2.14) CURVAS DE ENCENDIDO DE LAS LAMPARAS DE HALOGENUROS METALICOS.

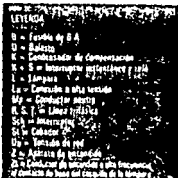
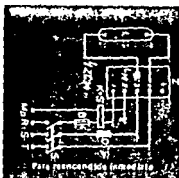
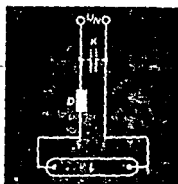
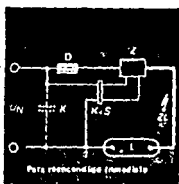
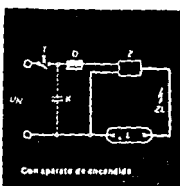
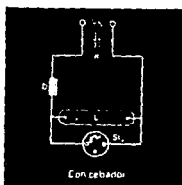


GRAFICA(2.15) CURVAS CARACTERISTICAS DE FUNCIONAMIENTO DE LAS LAMPARAS DE HALOGENUROS METALICOS

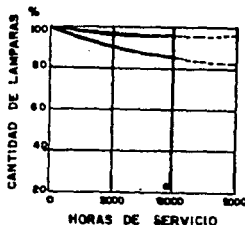
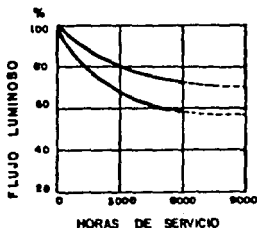
Φ FLUJO LUMINOSO
 P_L POTENCIA ABSORVIDA
 I_L INTENSIDAD
 V_L TENSION DE LA LAMPARA
 T_a VOLTAJE APLICADO

funcionamiento de los tipos más comunes. La gráfica(2.16) muestra las depreciaciones de flujo luminoso a lo largo de la vida y las mortalidades.

FIG.(2.16) ESQUEMA DE CONEXIONES DE LAS LAMPARAS DE HALOGENUROS METALICOS



GRAFICA (2.16) DEPRECIACION DEL FLUJO LUMINOSO Y MORTALIDAD DE LAS
LAMPARAS DE HALOGENUROS METALICOS



En términos generales la eficiencia de estas lámparas es de 75 a 125 Lum/Watt dependiendo del tipo haluro metálico y el wattaje.

La vida promedio de estas lámparas es de 6000 a 10000 hrs.

La aplicación de estas lámparas es tanto en alumbrado exterior como interior, adaptándose perfectamente a las exigencias del cine, televisión de color, escenarios y al aire libre, etc...

Sus características principales son su elevado rendimiento luminoso, alta temperatura de calor y excelente reproducción cromática. Incluso posee una buena reproducción de color aunque no contiene la capa de fósforo para mejorar el color.

•Ventajas

Eficiencia de 75 a 125 Lum/Watt

Excelente reproducción cromática.

Vida promedio de 6000 a 10000hrs.

Pesibilidad de mejorar el color

• Desventajas

Utiliza equipo auxiliar
Tiempo de encendido mayor a la de mercurio

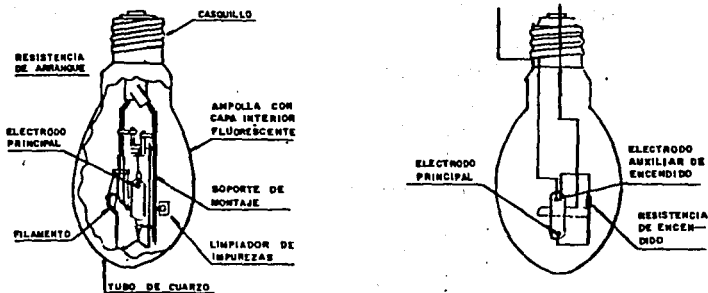
Costo elevado

2.6.4. LAMPARA DE LUZ MEZCLA

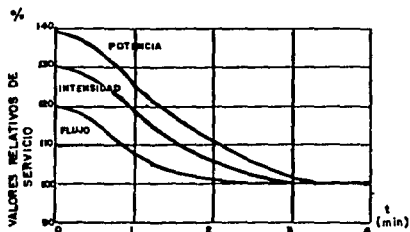
Como resultado de los intentos de mejorar la luz azulada de las lámparas de vapor de mercurio, se ha logrado realizar una lámpara que combina tanto este tipo de fuente luminosa como la lámpara incandescente de Wolframio, la cual se muestra en la fig.(2.27) y es denominada como lámpara de luz mezcla. Además se le ha agregado a la superficie interna de la ampolla, una capa de materia fluorescente (vanadato de itrio) con lo que no solo se ha logrado mejorar la reproducción cromática, sino también el rendimiento luminoso y una mayor vida útil. El interior de la lámpara se encuentra lleno de gas inerte (cuya finalidad es idéntica que en el caso de las fuentes incandescentes).

Al encender la lámpara, el filamento tiene toda la tensión aplicada a sus extremos, pero a medida que se crea la descarga en el tubo de mercurio (que se encuentra conectado en serie con el filamento), va reduciéndose el flujo emitido por el filamento, la intensidad de corriente y la potencia; hasta llegar a un punto de estabilización como lo muestra la gráf.(2.17), generalmente se lleva 3 minutos. Es importante señalar que la función del filamento también es la de servir como estabilizador de descarga del vapor de mercurio, por lo que permite la conexión de esta lámpara directamente a la red; si se quiere reencender la lámpara una vez apagada, se debe dejar transcurrir unos minutos como con las lámparas de mercurio.

FIG. (2.27) LAMPARA DE LUZ MEZCLA Y DIAGRAMA DE CONEXIONES



GRAFICA (2.17) CURVAS DE ENCENDIDO DE LAS LAMPARAS DE LUZ MEZCLA

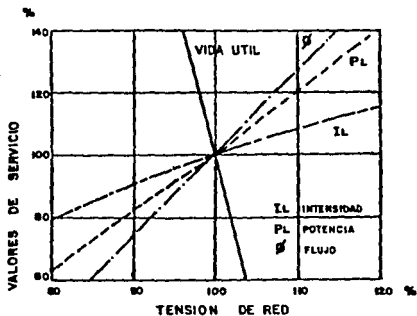


Las características que guarda esta lámpara están basadas - en las de tipo incandescente y vapor de mercurio. De tal manera que - si las variaciones de tensión son pequeñas apenas influyen en el encendido, flujo luminoso y duración de la lámpara.

La gráfica (2.18) muestra las características eléctricas y -

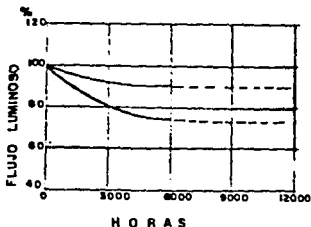
luminosa en función de la tensión de red; observamos que si la tensión se reduce el 10% de la nominal, esto puede provocar el no encendido, en cambio si la tensión se incrementa provoca una reducción muy considerable en la vida de la lámpara como sucede en las incandescentes.

GRAFICA (2.18) CURVAS CARACTERISTICAS DE LAS LAMPARAS DE LUZ MEZCLA

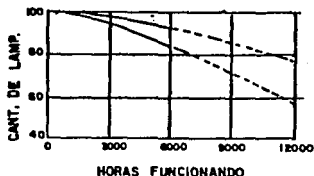


La gráfica (2.19) muestra su característica en lo referente a la depreciación del flujo luminoso y la mortalidad de la lámpara de luz mezcla.

GRAFICA (2.19) DEPRECIACION DEL FLUJO LUMINOSO Y MORTALIDAD DE LAS LAMPARAS DE LUZ MEZCLA



GRAFICA (2.19) CONTINUACION



Debido a que este tipo de lámpara es una combinación de incandescente con la de mercurio, puede ser usada tanto en alumbrado exterior (calles, plazas, vías de comunicación, etc.) y en interiores (naves de fábrica, talleres, salas de maquinarias y otros lugares de trabajo).

Como pueden conectarse directamente a la red, pueden sustituir con ventaja a las lámparas incandescentes, sobre todo en instalaciones de alumbrado existentes con este tipo de lámparas.

Ventajas

El mejoramiento del color

La posibilidad de conectarse directamente a la red eléctrica

Desventajas

Alto costo

Tiempo de estabilización

2.6.5. Lámparas de Vapor de Sodio a Baja Presión

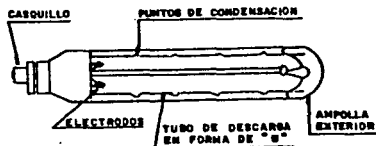
Son también lámparas de descarga, pero utilizando como elemento metálico al sodio mezclado con neón-argón; estos últimos para provocar el encendido.

El tubo de vidrio tiene una forma en "U" en la cual se realiza la descarga; como el sodio ataca al vidrio ordinario, se le agrega una capa de vidrio al borax a la superficie interna de este tubo.

La ampolla que envuelve al tubo proporciona la protección mecánica y térmica a este último. Entre el tubo y la ampolla se crea el vacío.

En los extremos del tubo de descarga se localizan los electrodos de filamento de wolframio en espiral doble o triple, bañados con una capa de material emisor de electrones (generalmente óxido de torio o de tierras raras) -ver fig.(2.28)-.

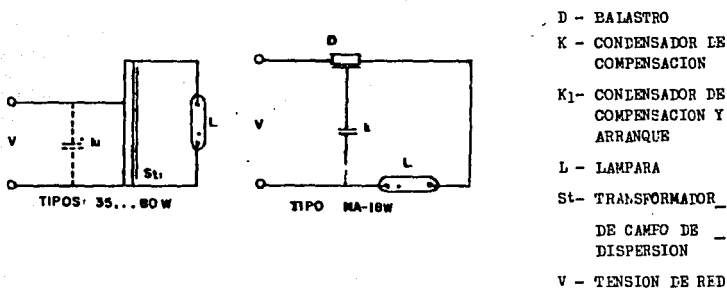
FIG.(2.28) LAMPARA DE VAPOR DE SODIO A BAJA PRESION



En la pared interna de la ampolla exterior se ha incluido una delgada capa de óxido de estaño o de óxido de indio que reflejan más del 90 % de las radiaciones infrarrojas emitidas por el tubo de descarga, lo que ha permitido reducir la energía utilizada en la generación de las correspondientes radiaciones de dicho vapor, con el correspondiente aumento del rendimiento luminoso.

Este tipo de lámpara necesita de una tensión superior a la de la red, de ahí que se recuiera de un autotransformador que incremente la tensión de alimentación. La fig. (2.29) muestra los tipos de conexión.

FIG. (2.29) ESQUEMA DE CONEXIONES DE LAS LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO A BAJA PRESION

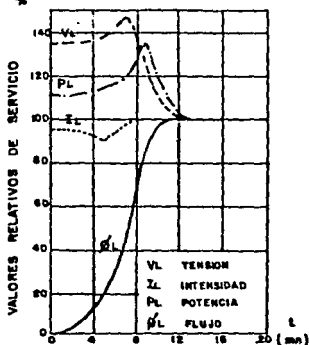


Inicialmente al conectar la lámpara se establece un arco a través del gas neón generando una luz rojiza con bajo nivel luminoso; paulatinamente el sodio se gasifica y el arco pasa a generarse principalmente a través del sodio y a la vez el color rojizo cambia a amarilla, aumentando el nivel luminoso hasta el punto en que se estabiliza, que generalmente es de 15 min., como se ve en la gráfica (2.20). El tiempo de reencendido en caliente es de 3 a 7 min. aproximadamente.

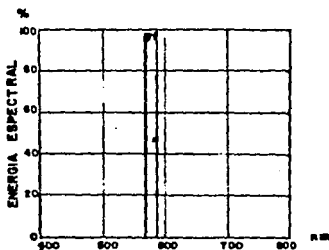
El espectro de esta lámpara son solo 2 barras localizadas en 589 y 589.6 según se ve en la gráf. (2.21), que es el rango amarillo de tal forma que se obtiene un rendimiento luminoso hasta de 183 lum/watt, pero con una radiación monocromática que distorciona los colores.

GRAFICA(2.20) CURVA DE ENCENDIDO DE LAS LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO

A BAJA TENSION %

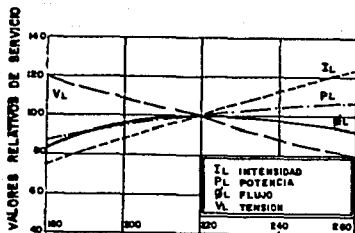


GRAF.(2-21) DISTRIBUCION ESPECTRAL RELATIVA DE LAS LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO A BAJA PRESION



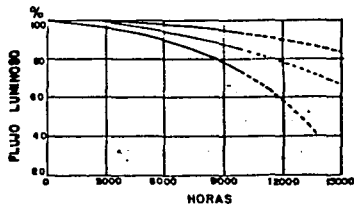
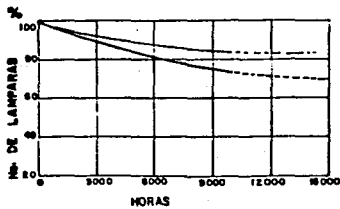
Las variaciones de tensión de alimentación afectan a este tipo de fuente como se ve en la gráfica (2.22).

GRAFICA(2.22) CURVA CARACTERISTICA DE LAS LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO
A BAJA PRESION



La depreciación del flujo luminoso y la mortalidad de fuentes se observa en las gráficas (2.23).

GRAFICA(2.23) DEPRECIACION DEL FLUJO LUMINOSO Y MORTALIDAD DE LAS LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO A BAJA PRESION



La aplicación de este tipo de lámparas es limitado a tan solo aquellos casos en que interesa disponer de gran cantidad de luz, sin que influya la calidad del mismo (como son alumbrados de autopistas, carreteras, muelles de carga y descarga, apartamentos, instalaciones portuarias, minas, etc.), también se usa en lugares en donde interesa la estética arquitectónica de ciertos lugares.

• Ventajas

Alto rendimiento luminoso (hasta 200 Lum/Watt)

Larga vida

• Desventajas

Luz monocromática

Alto costo

Utiliza equipo auxiliar

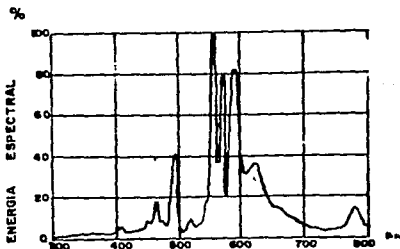
Tiempo de estabilización

Distorsiona los colores

2.6.6 Lámparas de Vapor de Sodio a Alta Presión

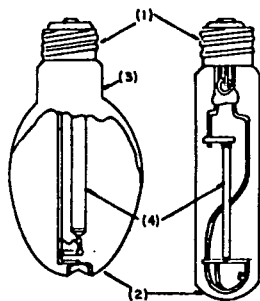
Con el propósito de evitar la luz monocromática y sabiendo que a una mayor presión se ensanchan las líneas espectrales, se optó por crear lámparas de sodio pero con presiones mayores obteniéndose un color blanco dorado que permite distinguir todos los colores. El espectro se muestra en la gráfica (2.24).

GRAFICA (2.24) DISTRIBUCION ESPECTRAL RELATIVA DE LAS LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO A ALTA PRESION.



La forma y estructura de esta lámpara se muestra en la --
fig.(2.30)

FIG.(2.30) CONSTITUCION DE UNA LAMPARA DE VAPOR DE SODIO A ALTA
PRESION



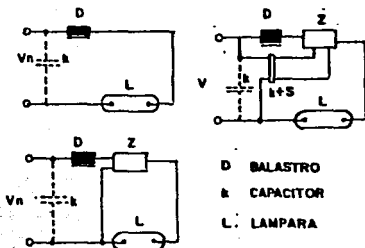
- 1 Casquillo
- 2 Ampolla exterior tubular
- 3 Ampolla exterior elipsoidal con capa difusora
- 4 Tubo de descarga de aluminio sintetizado

El tubo de descarga es de óxido de aluminio resistente al calor y reacciones químicas con el sodio a la temperatura de 700°C ; la transmisión de luz a través de este material es del 90 %.

En el interior de este tubo se encuentran los componentes sodio, mercurio y un gas noble (xenón o argón) para el arranque. El mercurio se utiliza para mejorar el color y controlar el voltaje.

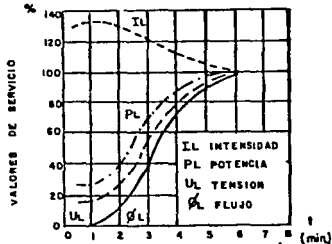
Debido a la alta presión, en algunos tipos es preciso aplicar altas tensiones de choque del orden de 2.8 a 5 kv, proporcionadas por un aparato de encendido en conexión con el correspondiente balastro y con la lámpara según puede verse en la fig.(2.31); de esta forma se asegura el encendido con temperatura de + 100 hasta -25°C .

FIG. (2.31) ESQUEMAS DE CONEXIONES DE LAS LAMPARAS DE SODIO A ALTA PRESION
PRESION



El periodo de encendido dura varios minutos, reencendiéndose en caliente después de un minuto, los tipos con aparato de encendido separado. Con aparato de encendido incorporado en la lámpara, - este tiempo es aproximadamente igual al de encendido. La gráfica (2.25) muestra esta curva de encendido.

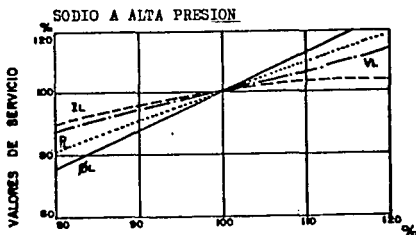
GRAFICA (2.25) CURVA DE ENCENDIDO DE LAS LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO
A ALTA PRESION



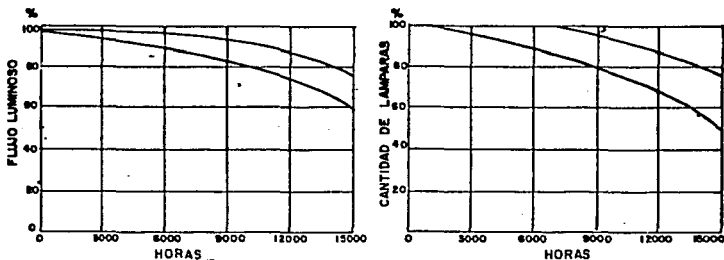
Las curvas gráfica (2.26) corresponden a las características de funcionamiento de los distintos tipos de lámparas; así mismo en la gráfica (2.27) muestra la relación con respecto a la depreciación del flujo luminoso y con la mortalidad.

En términos generales podemos mencionar que el rendimiento luminoso es de 100 a 115 Lum/Watt según el Wattaje de las lámparas - en una duración de vida útil de aproximadamente 10 000 horas.

GRÁFICA (2.26) CURVAS CARACTERÍSTICAS DE LAS LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO A ALTA PRESION



GRÁFICA (2.27) DEPRECIACION DEL FLUJO LUMINOSO Y MORTALIDAD DE LAS LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO A ALTA PRESION



Sus principales aplicaciones son; tanto en alumbrado industrial y público en donde se crea una nueva etapa de alumbrado (iluminación) por sodio, debido a su elevado rendimiento y tono de luz casi aceptable, debido a que su reproducción cromática no es aún muy satisfactoria, se hace el uso de este tipo de lámparas en combinación con las de mercurio, para mejorar el color producido (espectro).

En lo referente al equipo auxiliar cabe mencionar que el arranque se realiza mediante un circuito electrónico (ignitor) que se encuentra en el balastro y que trabaja en conjunto con los componentes magnéticos del balastro.

El ignitor da un voltaje alto y corto de 3kv aproximadamente para ionizar al xenón y de esta forma iniciar el arranque.

Ventajas

Alta eficiencia luminosa

Vida larga

Dimensiones reducidas

No limites en cuanto aplicaciones

Desventajas

Utiliza equipo auxiliar

Tiempo de encendido

Costo alto

2.7. METODOS DE CALCULO PARA ILUMINACION INTERIOR

Para determinar el nivel de iluminación que requiere una zona cualquiera, existen diversos métodos que nos permiten calcularla.

En esta parte del capítulo describiremos dos métodos, el de flujo luminoso o también llamado de Lúmenes, y el de punto por punto; este último puede utilizarse para comprobar los resultados que se obtienen por el primer método, el cual a su vez y dependien-

do de la metodología a seguir se puede realizar de 2 formas, como veremos más adelante.

Ambos métodos se consideran para alumbrado interior.

En este apartado describiremos muy generalmente lo que es el alumbrado público.

2.7.1. Método de Flujo Luminoso o Método de Lumen

Mediante este método se puede calcular el número de luminarias que nos den el nivel de iluminación promedio requerido en el local a considerar, para ello partimos del flujo luminoso (F) que deberá existir en el local, siendo este función de los siguientes factores que se describen:

(i) Intensidad de iluminación (E). Este factor es primordial ya que su valor indica la necesidad mínima que aconsejan científicos dedicados a la iluminación en base a estudios de visibilidad y causas que la afecten; este valor se obtiene de las tablas que estos científicos han preparado (tablas de niveles de iluminación).

El valor del flujo varía en proporción directa, ya que a mayor necesidad de intensidad de iluminación, mayor será la cantidad de flujo luminoso requerido, y viceversa; por lo tanto:

$$F \propto E$$

(ii) Superficie a iluminar (S). Este factor influye directamente al flujo luminoso, ya que al aumentar una zona o área, la cual mantenga el valor de "E" necesarios constante, entonces el flujo luminoso también deberá aumentar para mantener este requerimiento; por lo tanto:

$$F \propto S$$

El valor de la superficie (S) se obtiene de las dimensiones del lugar.

(iii) Factor de mantenimiento (FM) el considerar que el luminario empleado sufre depreciación ya sea por su uso o por el ambiente,

influye inversamente al flujo luminoso, ya que al considerar una lámpara ideal sin depreciación de ningún tipo, entonces el flujo luminoso no varía y tampoco será necesario variar el número de luminarias por tanto $FM = 1$, pero como en la realidad sí existe una depreciación, entonces al aumentar esta depreciación, el flujo emitido por las luminarias no se conservará y tenderá a disminuir por lo que el factor de mantenimiento será menor a uno ($FM < 1$) para poder dar y satisfacer el requerimiento recomendado, pues de esta forma se hace que el flujo luminoso obtenido sea mayor al presentarse la depreciación y a la vez se mantenga el nivel luminoso; por lo tanto:

$$F \propto 1/FM$$

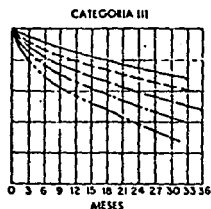
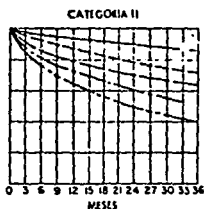
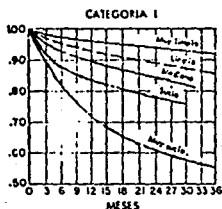
El valor de FM se obtiene multiplicando dos factores que implican depreciación del flujo luminoso:

-Depreciación de la lámpara (D), se obtiene de las tablas que ha preparado el fabricante para cada luminaria en base a sus pruebas (depreciación de "F").

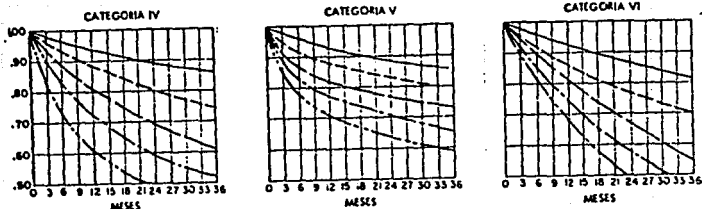
-Depreciación por suciedad del local y luminario (d). Este valor se puede obtener de 2 formas:

(I) Mediante gráficas en las cuáles se ha clasificado las luminarias en 6 categorías -ver gráficas (2.28)-.

GRÁFICAS (2.28) FACTOR DE DEPRECIACION DE LA LUMINARIA



GRAFICAS (2.28) CONTINUACION



Factores de depreciación por suciedad en las luminarias para seis categorías diferentes de luminarias (I a VI) y para cinco grados de suciedad.

En cada gráfica existen 5 grados de suciedad.

La manera de obtener el valor es determinando la categoría de mantenimiento o bien la gráfica que corresponda, posteriormente se determina el periodo de mantenimiento (que se llevará a cabo a la luminaria), la categoría de suciedad del local y en el cruce de estas dos curvas se obtiene el valor de "d".

(II) Otra forma es dando los siguientes porcentajes que se han obtenido en forma estimativa y práctica:

PARA LOCALES:	%	d
LIMPIOS	10	0.9
MEDIO LIMPIOS	15 a 20	0.85 a 0.80
SUCIOS	25 a 35	0.75 a 0.65

Una forma más práctica para obtener el valor de F_M , en base a la experiencia de trabajo que se nos han presentado como proyectos

tas se muestra a continuación:

FM

TIPO	VALOR	CARACTERISTICAS
Bueno	0.7	Condiciones ambientales buenas, mantenimiento constante y existe sustitución de lámparas por grupo.
Medio	0.6	Condiciones ambientales y mantenimiento regulares, solo se sustituyen las lámparas fundidas
Malo	0.5	Condiciones sucias con mantenimiento diferente al anterior

(iv) Coeficiente de utilización (CU), indica la eficacia de la lámpara en función de los lúmenes que alcanza el plano de trabajo y los lúmenes totales generados; su valor depende de la altura de montaje, distribución de luminarias y refractancias de piso, techo y pared.

Existen 2 formas de determinar el valor de CU, y dependiendo de la forma utilizada será el método de cálculo de flujo luminoso a realizar:

(A) Método de Flujo Luminoso por Índice de Cuarto

Índice de cuarto es un valor que relaciona las dimensiones del local con una altura de montaje, de tal manera que utilizándolo tendremos que:

(a) El índice de cuarto es directamente proporcional con el área a iluminar -ver fig.(2.32a)-.

(b) El índice de cuarto es inversamente proporcional con la altura de montaje -ver fig.(2.32b)-.

(c) El índice de cuarto es inversamente proporcional con la relación de dimensiones de la superficie a iluminar -ver fig. (2.32c)-.

De lo anterior se deduce la siguiente definición del índice de cuarto:

$$I.C. = \frac{S}{H(L+a)}$$

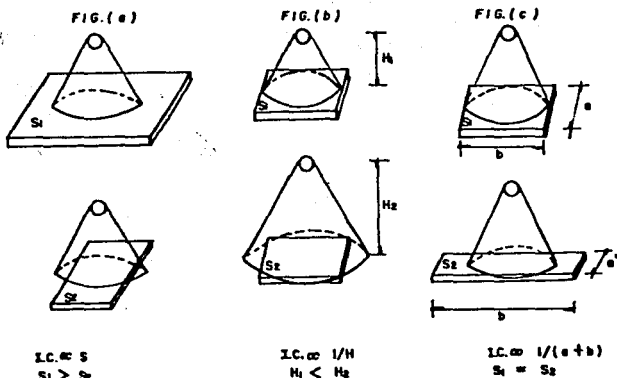


FIG.(2.32) DEFINICION DEL INLICE DE CUARTO

Los valores del I.C. se clasifican en 10 grupos. Utilizando la tabla de C.U. proporcionada por el fabricante, el valor del grupo de índice de cuarto correspondiente y las reflectancias de piso, techo y pared, se encuentra el valor del coeficiente de utilización respectiva, el cual al igual que el factor de mantenimiento es inversamente proporcional al flujo luminoso $F = I/C.N.$

Una vez calculado este valor se puede obtener el flujo luminoso necesario para iluminar la zona de trabajo. El cual será:

$$F = (S \cdot I \cdot S) / (C.U. \times F.M.)$$

Para saber el número de luminarias que se requieren se aplica la siguiente ecuación:

$$\text{No. de luminarias} = \frac{\text{flujo total requerido}}{\text{lumenes por luminario}}$$

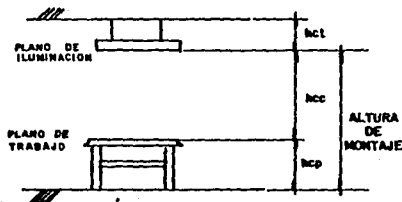
(B) Método de Flujo Luminoso por Cavidad Zonal

Este método es más exacto pues considera las reflexiones por encima y por debajo de las luminarias; y además considera la altura del plano de trabajo. La forma de obtener el valor del C.U. será:

(1) Primeramente se determinan las 3 cavidades siguientes -ver fig. (2.33)-.

- a) Altura de cavidad del techo h_{ct}
- b) " " " " cuarto h_{cc}
- c) " " " " piso h_{cp}

FIG. (2.33) DIFERENTES CAVIDADES



(ii) Se determinan las relaciones de cavidad:

a) del techo $R_{CT} = \frac{5 h_{ct} (1 + a)}{1 X a}$

b) del cuarto $R_{CC} = \frac{5 h_{cc} (1 + a)}{1 X a}$

c) del piso = $\frac{5 h_{cp} (1 + a)}{1 X a}$

(iii) Se obtienen las reflectancias efectivas del techo y piso, que se obtienen de tablas parecidas a las que muestra la táb. (2.7) uti-

lizando los valores anteriores.

(iv) Con los valores de reflectancias obtenidas se calcula el C.U. - de las tablas proporcionadas por los fabricantes y que son parecidas a las que se muestra en la tabla (2.8).

Cuando el valor de reflectancia de piso es diferente de 20% (que es el comunmente empleado), se determina el valor de CU de la tabla anterior con los 20% y posteriormente se le aplica un factor que se obtiene de la tabla (2.9) de la siguiente forma:

Si la reflectancia del piso es mayor a 20% se multiplica el CU encontrado por el factor obtenido, pero si es menor de 20% se dividirá el CU entre el dicho factor.

Ya con este valor de CU se emplean las mismas ecuaciones que las empleadas en el anterior método y por lo tanto:

$$\text{No. de luminarias} = \frac{E \times S}{\text{Lumens} \times \text{Luminarias} \times \text{CU} \times \text{FM}}$$

2.7.2. Método Punto por Punto

Este método de cálculo se emplea para interiores con gran altura de montaje (5 o más metros) y nos permite comprobar en ciertos puntos o en toda la zona de trabajo que se mantenga el nivel de iluminación requerido en promedio.

La metodología es la siguiente:

Partiendo de una distribución de luminarias que es posible determinar mediante el empleo del método de flujo luminoso, se seleccionan una serie de puntos sobre el plano de trabajo.

Se determina la aportación de nivel luminoso debido a las diferentes luminarias en cada punto.

Se suman todos estos niveles de todos los puntos y se divide entre el no. de puntos, obteniéndose un valor promedio de iluminación.

Si el valor promedio obtenido es mayor o igual al requerido,

TABLA (2.7) PORCENTAJES DE REFLECTANCIA EFECTIVA DEL TEJHO Y DEL PISO

PORCENTAJE DE REFLECTANCIA DE LAS PAREDES	90			80			70			50			30			10					
	90	70	50	30	90	70	50	30	70	50	30	70	50	30	10	90	70	50			
0	50	90	10	90	80	50	80	80	70	70	70	50	50	50	30	30	30	30	10	10	10
0.1	50	88	81	87	78	78	72	72	68	67	64	58	49	48	32	30	29	28	10	10	10
0.2	49	88	84	85	79	78	77	74	74	67	64	49	48	47	30	29	28	28	10	10	9
0.3	49	87	85	83	78	77	75	74	68	64	64	49	47	46	30	29	28	27	10	10	9
0.4	48	86	83	81	78	76	74	72	57	65	63	48	46	45	30	27	27	25	11	10	9
0.5	48	85	81	78	77	75	73	70	44	64	61	48	46	44	29	28	27	25	11	10	9
0.6	48	84	82	74	77	75	71	68	45	62	59	47	45	43	29	28	26	25	11	10	8
0.7	48	83	78	74	74	74	70	65	45	61	58	47	44	42	29	28	26	24	11	10	8
0.8	47	82	77	73	75	73	69	65	44	60	55	47	43	41	29	27	25	23	11	10	8
0.9	47	81	76	71	75	72	68	63	43	59	55	46	43	40	29	27	25	23	11	9	8
1.0	46	80	74	69	74	71	64	61	43	58	53	45	42	39	29	27	24	22	11	9	8
1.1	46	79	73	67	74	71	65	63	42	57	52	44	41	38	29	26	24	21	11	9	8
1.2	45	78	72	65	73	70	64	58	41	56	50	45	41	37	29	26	23	20	12	9	7
1.3	45	78	70	64	73	69	63	57	41	55	49	45	40	36	29	26	23	20	12	9	7
1.4	45	77	69	62	72	68	62	55	40	54	48	45	40	35	28	26	22	19	12	9	7
1.5	45	76	63	61	72	68	61	54	39	53	47	44	39	34	28	26	22	18	12	9	7
1.6	45	75	66	60	71	67	60	53	39	52	45	44	39	33	28	25	21	18	12	9	7
1.7	44	74	65	58	71	64	59	52	38	51	44	44	38	32	28	25	21	17	12	9	7
1.8	44	73	64	56	70	65	58	50	37	50	43	43	37	32	28	25	21	17	12	9	6
1.9	44	73	63	55	70	65	57	49	37	49	42	43	37	31	28	25	20	16	12	9	6
2.0	43	72	62	53	69	64	54	48	36	48	41	43	37	30	28	24	20	16	12	9	6
2.1	43	71	61	52	69	63	55	47	36	47	40	43	36	29	28	24	20	16	13	9	6
2.2	43	70	60	51	68	62	54	45	35	46	39	42	36	29	28	24	19	15	13	9	6
2.3	43	69	59	50	68	61	53	44	34	45	38	42	35	28	22	24	17	15	13	9	6
2.4	42	68	58	43	67	61	52	43	34	45	37	42	35	27	28	24	19	14	13	9	6
2.5	42	68	57	47	67	61	51	42	33	44	36	41	34	27	27	23	18	14	13	9	6
2.6	42	67	54	46	66	62	50	41	33	43	35	41	34	26	27	23	18	13	13	9	5
2.7	42	66	55	45	66	60	49	40	32	43	34	41	33	26	27	23	18	13	13	9	5
2.8	41	65	54	44	66	59	48	39	32	42	33	41	32	25	27	23	18	13	13	9	5
2.9	41	65	53	43	65	58	48	38	31	41	32	40	32	25	27	23	17	12	13	9	5
3.0	41	64	52	42	65	58	47	38	31	40	32	40	32	24	27	22	17	12	13	8	5
3.1	41	64	51	41	64	57	46	37	30	40	31	40	32	24	27	22	17	12	13	8	5
3.2	41	63	50	40	64	57	45	36	30	39	30	40	31	23	27	22	16	11	13	8	5
3.3	41	63	49	39	64	56	44	35	29	39	29	39	31	23	27	22	16	11	13	8	5
3.4	41	63	48	38	63	56	44	34	29	38	29	39	31	22	27	22	16	11	13	8	5
3.5	40	61	48	37	63	55	43	33	28	38	29	39	30	22	26	22	16	11	13	8	5
3.6	40	60	47	36	62	54	42	32	28	37	28	39	30	21	26	21	15	10	13	8	5
3.7	40	60	46	35	62	54	42	32	27	37	27	38	30	21	26	21	15	10	13	8	4
3.8	40	59	45	35	62	53	41	31	27	36	27	38	29	21	26	21	15	10	13	8	4
3.9	40	59	45	35	61	53	40	30	27	36	26	38	29	20	26	24	15	10	13	8	4
4.0	40	58	44	33	61	52	40	29	26	35	26	38	29	20	26	24	15	9	13	8	4
4.1	40	57	43	32	60	52	39	29	26	35	25	37	28	20	26	24	14	9	13	8	4
4.2	40	57	43	32	60	51	39	29	26	34	25	37	28	19	26	20	14	9	13	8	4
4.3	40	56	42	31	60	51	38	28	25	34	25	37	28	19	26	20	14	9	13	8	4
4.4	40	56	41	30	59	51	38	28	25	34	24	37	27	19	26	20	14	8	13	8	4
4.5	40	55	41	30	59	50	37	27	25	33	24	37	27	19	25	20	14	8	14	8	4
4.6	40	55	40	29	58	50	37	26	24	33	24	35	27	18	25	23	14	9	14	8	4
4.7	40	54	40	29	58	49	36	26	24	33	23	36	26	18	25	20	13	8	14	8	4
4.8	40	54	39	28	58	49	36	25	24	32	23	35	26	18	25	19	13	8	14	8	4
4.9	40	53	39	28	58	48	35	25	24	31	23	34	26	18	25	19	13	7	14	8	4
5.0	40	53	38	27	57	48	35	25	24	31	23	33	26	17	25	19	13	7	14	8	4

RELACION DE CAVIDAD DEL TEJADO O DEL PISO

TABLA (2.8) COEFICIENTE DE UTILIZACION POR METODO DE CAVIDAD ZONAL









Distribución lámpara y distancia separación	pie ² →		80			70			60			50			40			30				
	pie ² →	pie ² →	30			30			30			30			30			30				
			30	30	10	30	30	10	30	30	10	30	30	10	30	30	10	30	30	10		
Coeficiente de Utilización para una reflectancia efectiva de la Cavidad del pie ² de 20 por ciento, sea																						
 Max. S/III ₀ = 1.1	Luminarias Lámpara y Categoría de Mantenimiento																		 Lámpara blanca para dos tubos, de 1 pie de ancho y rejilla plástica de 45°. Categoría IV de mantenimiento LDD.			
	1	.44	.47	.46	.47	.46	.45	.46	.44	.43	.42	.42	.41	.41	.41	.40						
	2	.43	.41	.39	.42	.40	.38	.41	.39	.37	.40	.38	.37	.38	.37	.36						
	3	.39	.36	.34	.37	.36	.34	.37	.35	.33	.36	.34	.33	.33	.33	.32						
	4	.36	.33	.30	.33	.32	.30	.34	.31	.29	.33	.31	.29	.29	.29	.28						
	5	.32	.28	.26	.31	.29	.26	.30	.28	.25	.30	.27	.25	.25	.25	.24						
	6	.29	.26	.23	.29	.25	.23	.28	.25	.23	.27	.25	.23	.23	.23	.22						
	7	.27	.24	.21	.26	.23	.21	.26	.23	.21	.25	.22	.20	.20	.20	.20						
	8	.24	.21	.18	.24	.21	.18	.23	.20	.18	.23	.20	.18	.22	.20	.18						
	9	.22	.19	.16	.22	.18	.16	.21	.18	.16	.21	.18	.16	.20	.18	.16						
10	.20	.17	.14	.20	.17	.15	.20	.17	.15	.19	.16	.15	.19	.16	.14							
 Max. S/III ₀ = 0.9	Luminarias Lámpara y Categoría de Mantenimiento																		 Lámpara blanca para dos tubos, de 1 pie de ancho y rejilla plástica de 45°. Categoría IV de mantenimiento LDD.			
	1	.44	.42	.41	.43	.41	.41	.41	.40	.39	.39	.38	.38	.37	.36							
	2	.39	.37	.36	.39	.37	.35	.37	.35	.34	.36	.35	.34	.33	.33	.32						
	3	.36	.33	.31	.33	.31	.31	.34	.32	.31	.33	.32	.30	.32	.31	.30						
	4	.33	.30	.28	.32	.30	.28	.31	.29	.27	.30	.28	.27	.26	.26	.25						
	5	.30	.27	.24	.29	.26	.24	.28	.26	.24	.28	.26	.24	.24	.24	.23						
	6	.27	.24	.22	.27	.24	.22	.26	.24	.22	.26	.24	.23	.23	.23	.22						
	7	.25	.22	.20	.25	.22	.20	.24	.22	.20	.24	.22	.21	.21	.21	.20						
	8	.23	.20	.18	.23	.20	.18	.22	.20	.18	.22	.20	.19	.19	.19	.18						
	9	.21	.18	.16	.21	.18	.16	.20	.18	.16	.20	.17	.17	.17	.17	.16						
10	.19	.16	.14	.19	.16	.14	.19	.16	.14	.18	.16	.14	.16	.14	.14							
 Max. S/III ₀ = 1.3	Luminarias Lámpara y Categoría de Mantenimiento																		 Lámpara blanca para dos tubos, de 3 pies de ancho y lente plástica. (Multiplíquese por 0.9 si usando 2 tubos). Categoría V de mantenimiento LDD.			
	1	.75	.72	.70	.73	.71	.69	.70	.69	.67	.68	.66	.65	.65	.64	.63						
	2	.67	.63	.60	.65	.62	.60	.63	.60	.57	.61	.58	.56	.59	.57	.55						
	3	.60	.55	.51	.59	.54	.51	.57	.53	.50	.55	.52	.49	.53	.50	.45						
	4	.54	.48	.44	.53	.48	.44	.51	.47	.43	.50	.46	.43	.48	.45	.42						
	5	.48	.42	.38	.47	.42	.38	.46	.41	.37	.44	.40	.37	.43	.39	.36						
	6	.43	.37	.32	.42	.37	.33	.41	.36	.31	.40	.36	.32	.39	.35	.33						
	7	.39	.33	.29	.38	.33	.29	.37	.32	.28	.36	.31	.28	.35	.31	.28						
	8	.35	.29	.25	.34	.29	.25	.33	.28	.25	.32	.28	.25	.32	.28	.24						
	9	.31	.25	.21	.31	.25	.21	.29	.24	.21	.29	.24	.21	.28	.24	.21						
10	.28	.22	.19	.28	.22	.19	.27	.22	.19	.26	.22	.19	.26	.22	.19							
 Max. S/III ₀ = 1.2	Luminarias Lámpara y Categoría de Mantenimiento																		 Lámpara blanca para dos tubos de 3 pies de ancho y difusor translúcido. (Multiplíquese por 0.9 si usar 2 tubos). Categoría V de mantenimiento LDD.			
	1	.89	.86	.84	.87	.85	.83	.85	.84	.81	.82	.81	.80	.80	.78	.75						
	2	.81	.76	.73	.80	.75	.72	.80	.75	.71	.81	.76	.73	.80	.75	.71						
	3	.73	.69	.64	.73	.68	.64	.73	.67	.63	.74	.69	.64	.73	.68	.64						
	4	.68	.62	.58	.68	.61	.57	.68	.61	.57	.70	.63	.59	.68	.63	.59						
	5	.62	.56	.51	.61	.56	.51	.61	.54	.51	.63	.56	.53	.63	.58	.53						
	6	.58	.51	.47	.57	.51	.46	.56	.49	.46	.59	.52	.49	.59	.53	.49						
	7	.53	.48	.44	.53	.48	.43	.53	.47	.43	.55	.48	.45	.55	.49	.45						
	8	.50	.45	.40	.50	.45	.40	.50	.44	.40	.52	.45	.42	.52	.46	.42						
	9	.47	.42	.37	.47	.42	.37	.47	.41	.37	.49	.42	.39	.49	.43	.39						
10	.43	.39	.34	.43	.38	.34	.43	.37	.34	.45	.38	.35	.45	.39	.35							

TABLA (2.9) CORRECCION DEL COSPONENTE DE UTILIZACION DE
ACUERDO A LAS REFLECTANCIAS

Z DE REFLECTANCIA EFFECTIVA DE LA CAVIDAD DEL TECHO	Pct						10								
	80	70	50	30	10	10	30	50	70	80	10	30	50	70	80
1	1.08	1.08	1.07	1.07	1.06	1.06	1.05	1.04	1.04	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
2	1.07	1.06	1.05	1.06	1.05	1.04	1.04	1.03	1.03	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
3	1.05	1.04	1.03	1.05	1.04	1.03	1.03	1.03	1.02	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
4	1.05	1.03	1.02	1.04	1.03	1.02	1.03	1.02	1.02	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.00
5	1.04	1.03	1.02	1.03	1.02	1.02	1.02	1.02	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.00	1.00
6	1.03	1.02	1.01	1.03	1.02	1.01	1.02	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.00	1.00
7	1.03	1.02	1.01	1.03	1.02	1.01	1.02	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.00	1.00
8	1.03	1.02	1.01	1.02	1.02	1.01	1.02	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.00	1.00
9	1.02	1.01	1.01	1.02	1.01	1.01	1.02	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.00	1.00
10-	1.02	1.01	1.01	1.02	1.01	1.01	1.02	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.00

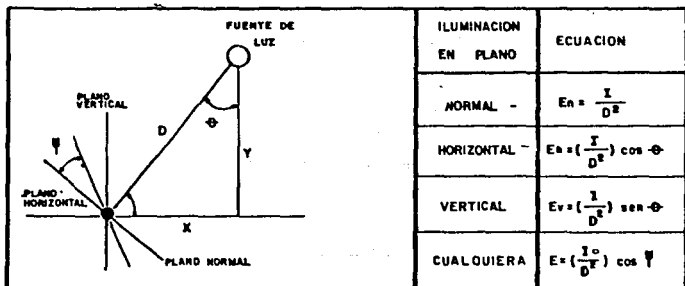
TABLA (2.9) CORRECCION DEL COEFICIENTE DE UTILIZACION DE
ACUERDO A LAS REFLECTANCIAS

Z DE REFLECTANCIA EFECTIVA DE LA CAVIDAD DEL TECHO	80		70			50			10		
	50	10	50	30	10	50	30	10	50	10	
1	1.08	1.06	1.07	1.06	1.06	1.05	1.04	1.04	1.01	1.01	1.01
2	1.07	1.06	1.05	1.06	1.05	1.04	1.03	1.03	1.01	1.01	1.01
3	1.05	1.04	1.03	1.05	1.04	1.03	1.03	1.02	1.01	1.01	1.01
4	1.05	1.03	1.02	1.04	1.03	1.02	1.02	1.02	1.01	1.01	1.00
5	1.04	1.03	1.02	1.03	1.02	1.02	1.02	1.01	1.01	1.01	1.00
6	1.03	1.02	1.01	1.03	1.02	1.01	1.02	1.01	1.01	1.01	1.00
7	1.03	1.02	1.01	1.03	1.02	1.01	1.02	1.01	1.01	1.01	1.00
8	1.03	1.02	1.01	1.02	1.02	1.01	1.02	1.01	1.01	1.01	1.00
9	1.02	1.01	1.01	1.02	1.01	1.01	1.02	1.01	1.01	1.01	1.00
10-	1.02	1.01	1.01	1.02	1.01	1.02	1.01	1.01	1.01	1.01	1.00

el resultado es correcto, de no ser así es necesario modificar el arreglo de luminarias y volver a repetir los anteriores pasos.

Para determinar los valores de intensidad de iluminación se emplean las ecuaciones siguientes: -ver fig. (2.34)-.

FIG.(2.34)METODO PUNTO POR PUNTO



2.8 METODO DE CALCULO PARA ILUMINACION EXTERIOR

El alumbrado exterior comprende el alumbrado de calles, avenidas, cruceros, plazas, áreas verdes, carreteras, fachadas de edificios, etc.

Sus principales objetivos son:

- Proporcionar una iluminación suficiente que ofrezca la máxima seguridad, tanto al tráfico rodado como al de peatones.
- Facilitar el mantenimiento de la ley y el orden durante la noche.
- Dar un aspecto atractivo a las vías urbanas.

Para determinar el alumbrado exterior se puede emplear el método de flujo luminoso, el cuál consiste en aplicar la siguiente ecuación:

$$Dl = \frac{Qt \cdot fu \cdot fo}{Emed \cdot A}$$

Donde: Dl - Espaciamiento entre dos puntos de luz en metros

Qt - Flujo luminoso que produce el punto de luz

fu - Factor de utilización

fo - Factor de conservación

Emed - Iluminación media en lux

A - Ancho de la calzada en metros.

Nivel de Iluminación (Emed). La iluminación de una vía pública esta en razón directa de la intensidad del tráfico rodado o de la velocidad media de los vehículos que por ella circulan.

Para determinar este valor se hace uso de una serie de tablas que se han creado - ver tablas No.(2.10) y (2.11) -, pero para los casos que no se disponga de los datos numéricos necesarios, puede utilizarse la tabla No.(2.12).

Flujo Luminoso (Qt). Actualmente se usan con mayor frecuencia las lámparas de vapor de mercurio y de vapor de sodio para la iluminación exterior (Alumbrado Público), por su gran variedad, alto rendimiento luminoso, larga vida útil y una aceptable reproducción de colores.

El valor del flujo luminoso es característico del tipo de lámpara utilizada, por tanto se obtendrá de las hojas de especificación del fabricante.

TABLA (2.10)

Nivel y factor de uniformidad de iluminación sobre la calzada, en servicio

Iluminancia (lux)	4	7	15	22	30
Uniformidad	0,15	0,20	0,25	0,30	0,30
TIPO DE VIA	I.M.H. (VEHICULOS/HORA)				
Via principal continuación de carretera de red básica afluente a una de éstas	—	250-500	500-1000	1000-1800	Más de 1800
Via principal continuación de carretera de red comarcal	—	300-600	600-1200	—	—
Via principal continuación de carretera de red local o vecinal	—	400-800	—	—	—
Vías urbanas	150-300	300-600	600-1200	1200-2400	Más de 2400

TABLA (2.11)

Nivel y factor de uniformidad de iluminación, teniendo en cuenta la velocidad de tráfico rodado

Iluminancia (lux)	4	7	15	22	30
Uniformidad	0,15	0,20	0,25	0,30	0,30
VELOCIDAD	I.M.H. (VEHICULOS/HORA)				
Inferior a 25 km/h	150-400	400-800	800-1600	1600-3200	Más de 3200
Superior a 55 km/h	150-250	250-500	500-1000	1000-1800	Más de 1800

La altura de los puntos de luz en una instalación de alumbrado exterior ejerce una gran influencia sobre la calidad de la iluminación y sobre sus costos.

El situar los puntos de luz a gran altura presenta las siguientes ventajas y desventajas.

Ventajas : • Mejor distribución de luminancia

• Menor deslumbramiento

• Mayor separación entre puntos de luz

Desventajas : • Difícil mantenimiento

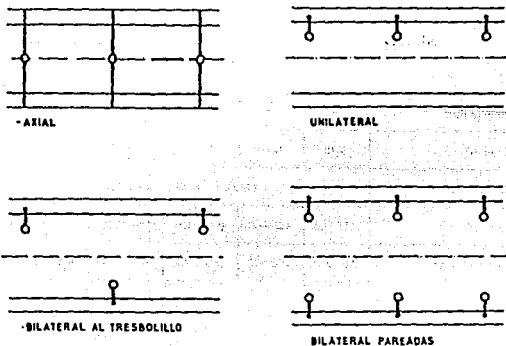
• Mayor costo

• Posibilidad de disminuir el factor de utilización

La tabla No. (2.13) indica las alturas del punto de luz recomendables en función de la potencia luminosa instalada.

Para la disposición de las unidades luminosas a lo largo de la vía pública se suelen utilizar varios arreglos, como se muestra en la figura(2.35).

FIG.(2.35) DISPOSICION DE LUMINARIAS



Disposiciones más frecuentes de los puntos de luz en las instalaciones de alumbrado público.

TABLA (2.12)

Nivel y factor de uniformidad de iluminación sobre la calzada y en servicio, en ausencia de datos numéricos sobre el tráfico

	VALORES MINIMOS		VALORES NORMALES	
	Iluminación media (lux)	Factor de uniformidad	Iluminación media (lux)	Factor de uniformidad
Carreteras de las redes básicas o afluentes	15	0,25	22	0,30
Vías principales o de penetración, continuación de carreteras de las redes básicas o afluentes	15	0,25	22	0,30
Vías principales o de penetración, continuación de carreteras de la red comarcal	10	0,25	15	0,25
Vías principales o de penetración, continuación de carreteras de las redes local o vecinal	7	0,20	10	0,25
Vías Industriales	4	0,15	7	0,20
Vías comerciales de lujo con tráfico rodado	15	0,25	22	0,30
Vías comerciales con tráfico rodado, en general	7	0,20	15	0,25
Vías comerciales sin tráfico rodado	4	0,15	10	0,25
Vías residenciales con tráfico rodado	7	0,15	10	0,25
Vías residenciales con poco tráfico rodado	4	0,15	7	0,20
Grandes plazas	15	0,25	20	0,30
Plazas, en general	7	0,20	10	0,25
Paseos	10	0,25	15	0,25

TABLA (2.13)

Alturas recomendables del punto de luz en función de la potencia luminosa instalada

Potencia luminosa instalada (lm)	Altura del punto de luz (m)
3000 a 9000	6,5 a 7,5
9000 a 19 000	7,5 a 9
> 19 000	9

Factor de Utilización (fu). Es la relación entre el flujo luminoso que llega a la superficie dada, y el nominal emitido — por la lámpara instalada. Este factor se obtiene de las curvas de utilización de la luminaria que proporciona el fabricante, como se muestra en seguida.

Sea la curva de utilización de una luminaria, la que muestra la figura No. (2.36) y las características a iluminar, las fijadas en la figura No. (2.37).

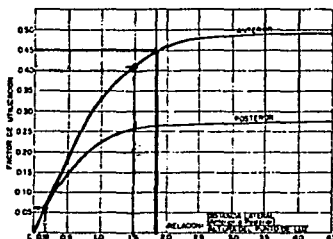
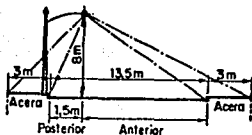


FIG.(2.36) CURVAS DE UTILIZACION DE UNA LUMINARIA

FIG.(2.37) CARACTERISTICAS DE LA CALLE A ILLUMINAR



$$\begin{aligned} \text{RA} = \text{Relación Anterior} &= \frac{\text{Distancia lateral anterior (calle)}}{\text{Altura de montaje}} \\ &= \frac{18}{9} - \frac{1,5}{9} \\ &= 1,85 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{RP} = \text{Relación Posterior} &= \frac{\text{Distancia lateral posterior (acera)}}{\text{Altura de montaje}} \\ &= \frac{1,5}{9} \\ &= 0,17 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{fu} = \text{Factor de Utilización} &= \text{RA} + \text{RP} \\ &= 0,45 + 0,50 \\ &= 0,50 \end{aligned}$$

Factor de Conservación (fc). Factor que indica la depreciación luminosa de la lámpara, por envejecimiento y suciedad. Se obtiene de la siguiente forma:

$$fc = (D) (d)$$

Donde: D - Rendimiento luminoso de la lámpara

d - Depreciación por suciedad del luminario

Estos factores los proporciona el fabricante, pero en caso de no tenerse se pueden emplear las tablas (2.14) y (2.15)

TABLA (2.14)

Factor de conservación del flujo luminoso de algunas lámparas

Tipo de lámpara	Factor orientativo
Incandescentes	0,80
Luz Mezcla	0,75
Mercurio a alta presión	0,80
Sodio a alta presión	0,80
Sodio a baja presión	0,90

TABLA (2.15)

Factor de conservación por suciedad

Tipo de luminaria	Factor recomendado
Hermética	0,87 a 0,80
Ventilada	0,80 a 0,70
Abierta	0,75 a 0,65

TABLA (2.16)

Relación entre la separación y altura de los puntos de luz

Luminancia media E_{med} (lux)	Relación separación/altura
$2 \geq E_{med} < 7$	4 a 5(1)
$7 \geq E_{med} < 15$	3,5 a 4
$15 \geq E_{med} \geq 30$	2 a 3,5

1) excepcionalmente 8

TABLA (2.17)

Valores mínimos y recomendados de las relaciones entre la altura del punto de luz, y la anchura de la calzada, para distintos tipos de disposición de los puntos de luz

Tipo de disposición	Relación $\frac{\text{Altura del punto de luz}}{\text{Anchura de la calzada}}$	
	Valor mínimo	Valor recomendable
Unilateral	0,85	1
Bilateral al trespelillo	1/2	2/3
Bilateral paralelas	1/3	1/2

2.9 ALGORITMO Y PROGRAMA DE COMPUTADORA

En este capítulo se presentan el segundo y tercer subprograma:

El 2o subprograma denominado "2.-ALUMBRADO INTERIOR" permite determinar el número de luminarias requeridas para obtener el nivel de iluminación deseado en locales de tipo interior. Este cálculo se puede realizar a través de dos opciones.

(a) Por el método de Flujo Luminoso.- Empleado para locales de baja altura de montaje, el cual da el número de lámparas requeridas para dar el nivel de iluminación promedio, tomando en cuenta dimensiones del local y características de reflexión, características de la lámpara, etc. Para determinar el Coeficiente de Utilización de la lámpara se presenta dos opciones. Si el cálculo se desea realizar en forma precisa, emplear la opción de cavidad zonal; en caso contrario será la de lúmenes. Se muestra un ejemplo de aplicación utilizando la tienda del Centro Comercial, ver plano LE-3.

(b) Método Punto por Punto.- Se emplea en locales con gran altura de montaje de la lámpara. Se parte de un cierto número y arreglo de luminarias (las cuales pueden ser obtenidas a través del método de Flujo Luminoso o ser propuestas arbitrariamente). Se proporciona la localización de estas luminarias y puntos donde se desea saber el nivel luminoso, considerando que se trabaja sobre ejes cartesianos. Si el resultado no es satisfactorio se pueden volver a repetir los cálculos proponiendo otro arreglo y número de luminarias. Se muestra un ejemplo de aplicación utilizando la bodega del Centro Comercial -ver plano LE-2. - .

El 3er subprograma se ha llamado "3.-ALUMBRADO EXTERIOR" y se utiliza para áreas no cerradas; permite determinar el espaciamiento entre luminarias para obtener el nivel de iluminación deseado, en base a datos de luminaria y calle. Se muestra un ejemplo de aplica--

ción utilizando el estacionamiento exterior del centro comercial -ver
plano 1E-2-.

DIAGRAMA DE FLUJO
ALUMB.-INTERIOR

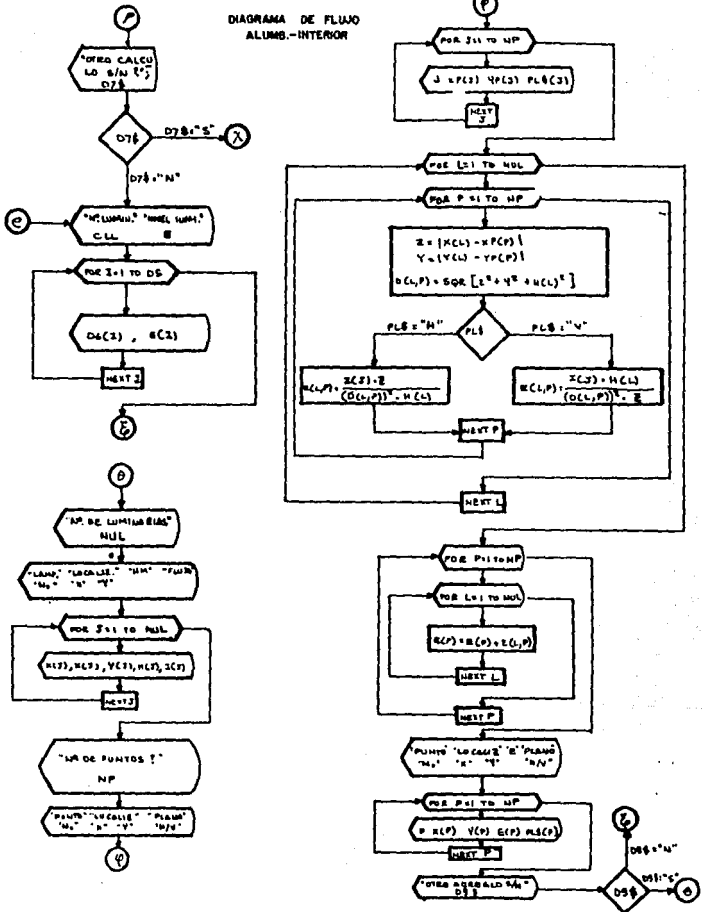
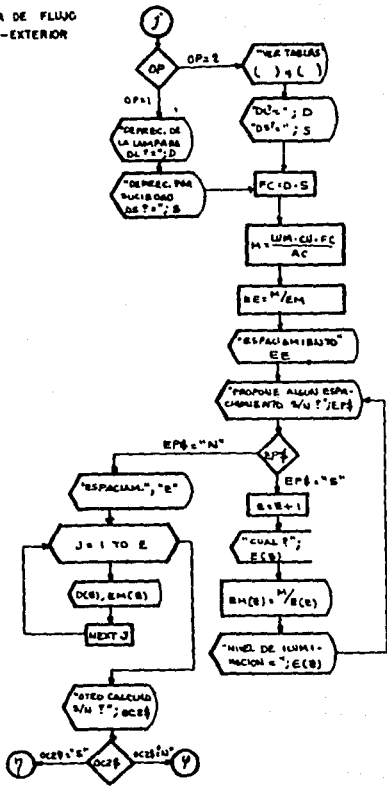
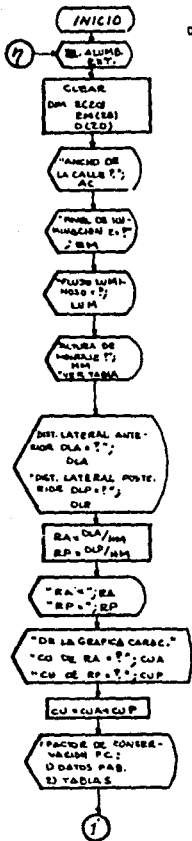


DIAGRAMA DE FLUJO ALUMB.-EXTERIOR



```

3000 CLEAR
3020 DS = CHR$(4)
3080 DIM D(20,20),X(20),Y(20),PL
    *(20)
3090 DIM K(20),H(20),Z(20),L(20)
    ,XP(20),YP(20)
3100 DS = 0:EP = 0
3140 HOME : VTAB 3: HTAB 9: INVERSE
    : PRINT "11-ALUMBRADO INTERI
    OR": NORMAL
3160 VTAB 9: HTAB 9: PRINT "1-ME
    TODO FLUJO LUMINOSO"
3180 PRINT : HTAB 9: PRINT "2-ME
    TODO PUNTO X PUNTO": PRINT :
    HTAB 9: PRINT "3-MENU"
3200 VTAB 23: HTAB 10: INPUT "QU
    E OPCION DESEA ? ":D1
3220 IF D1 = 2 THEN GOTO 4180
3230 IF D1 = 3 THEN GOTO 5000
3240 IF D1 < > 1 THEN GOTO 320
    0
3250 HOME : VTAB 3: HTAB 10: INVERSE
    : PRINT "METODO FLUJO LUMINO
    SO": NORMAL
3260 VTAB 9: INPUT "NIVEL DE ILU
    MINACION ? "IE
3280 PRINT "DIMENSIONES DE LA SU
    PERFICIE :": INPUT " LARG
    O = ? ":IL: INPUT " ANCHO
    = ? ":IA
3300 S = L * A
3320 SP = L + A
3340 PRINT : PRINT "FACTOR DE MA
    NUTENIMIENTO (FM) POR:": PRINT
    " 1-CALCULO": PRINT "
    2-TABLAS"
3350 VTAB 18: INPUT "QUE OPCION
    DESEA ? ":D2
3360 IF D2 = 2 THEN GOTO 3460
3380 IF D2 < > 1 THEN GOTO 335
    0
3400 PRINT : PRINT : PRINT : INPUT
    "DEPRECIACION-LAMPARA (FABRI
    CANTE) = ? ":DL
3420 INPUT "DEPRECIACION-SUCIEDA
    D (TABLA ) = ? ":DS
3440 FM = DL * DS: GOTO 3500
3460 PRINT : PRINT : PRINT "
    VALORES TÍPICOS DE FM:": PRINT
    " BUENO = 0,7": PRINT "
    MEDIO = 0,6": PRINT "
    MALO = 0,5"
3480 PRINT : INPUT "VALOR DE FM
    = ? ":fM
3500 HOME : VTAB 3: PRINT "
    COEF. DE UTILIZACION (CU) P
    OR: ": PRINT " 1-IND
    ICE DE CUARTO": PRINT "
    2-CAVIDAD ZONAL"
3510 VTAB 7: INPUT "QUE OPCION D
    ESEA ? ":D3
3540 IF D3 = 2 THEN GOTO 3660
3560 IF D3 < > 1 THEN GOTO 351
    0
3580 PRINT : PRINT : PRINT : INPUT
    "ALTURA DE MONTAJE (H) = ? "
    IH
3600 IC = S / (H * SP): PRINT : PRINT
    "INDICE DE CUARTO = ":IC
3620 PRINT : PRINT : PRINT : PRINT
    "CON EL VALOR DE IC = ":IC:"
    , REFLECTAN-": PRINT "CIAS
    DE TECHO, PISO, PARED Y TABL
    A ,": PRINT "DETERMINAR
    EL VALOR DE CU."
3640 VTAB 23: INPUT "VALOR DE CU
    = ? ":CU
3641 HOME
3660 VTAB 10: PRINT "METODO CAVI
    DAD ZONAL"
3670 PRINT : PRINT " ALTURA
    DE CAVIDAD:": INPUT "
    TECHO = ? ":HCT: INPUT "
    CUARTO = ? ":IHR: INPUT
    "
    PISO = ? ":IHP
3680 C1 = 5 * SP / SIRT = C1 * HC
    T:RR = C1 * HR:RP = C1 * HP
3700 PRINT : PRINT "CONSIDERANDO
    RCT =":IRT:" , RCC =":IRR:" ,
    RCP = ":RP:" Y UTILIZANDO L
    AS TABLAS :": PRINT "
    DETERMINAR LAS REFLECTANCIA
    S EFECTIVAS:"
3720 INPUT "PISO REP = ? ":R1: INPUT
    "TECHO REP = ? ":R2: INPUT "
    PARED REP = ? ":R3
3740 PRINT "CON ESTOS VALORES Y
    LA TABLA DE FABRI-": PRINT "
    CANTE: DETERMINAR CU."
3760 PRINT "CON LA TABLA SE
    PUEDE CORREGIR CU"
3780 INPUT "VALOR DE CU = ? ":CU
3800 HOME
3810 VTAB 3: INPUT "LUMENES X LA
    MPARA = ? ":ILU
3820 CL = S / (LU * CU * FM):NLU =
    E * CL

```

```

3840 PRINT : PRINT "NECESITAMOS 4335 VTAB ER: HTAB 2: INPUT " ";
      "INL:" LUMINARIAS " L(J)
3850 VTAB 15: INPUT "PROPONE ALG 4336 VTAB ER: HTAB 9: INPUT " ";
      UN NUMERO DE LAMPARAS (S/N) XP(J)
      ? "ID9% 4337 VTAB ER: HTAB 14: INPUT " "
3880 IF D9% = "N" THEN GOTO 412 :YP(J)
      0 4338 VTAB ER: HTAB 19: INPUT " "
3900 IF D9% < > "S" THEN GOTO :PL*(J)
      3850 4339 NEXT J
4000 D5 = D5 + 1 4360 FOR A = 1 TO NU: FOR B = 1 TO
4020 INPUT "PROPUESTA = ? "ID6(D NP
      5) 4380 Z = ABS (X(A) - XP(A)):M =
4040 E(D5) = D6(D5) / CL: PRINT " ABS (Y(A) - YP(P)):D(A,B) =
      NIVEL LUMINOSO = "IE(D5) SQRT ((Z * Z) + (M * M) + (H
4060 VTAB 23: INPUT "DESEA OTRO (A) * H(A)):
      CALCULO (S/N) ? "ID7% 4400 IF PL*(B) = "V" THEN GOTO
4080 IF D7% = "S" THEN GOTO 400 4440
      0 4420 E(A,B) = I(A) * Z / (D(A,B) *
4100 IF D7% < > "N" THEN GOTO D(A,B) * H(A)): NEXT B
      4060 4430 GOTO 4460
4120 PRINT "NUM. LAMPARAS","NIVE 4440 E(A,B) = I(A) * H(A) / (D(A,
      L LUMINOSO": PRINT B) * D(A,B) * Z): NEXT B
4140 PRINT CL:E 4460 NEXT A
4160 FOR I = 1 TO D5: PRINT D6(I 4480 HOME : PRINT "PUNTO:" LOCALI
      ),E(I): NEXT I: FOR O = 1 TO ZADO:" " E " " PL
      3000: NEXT O: GOTO 3000 AND"
4180 HOME : VTAB 3: HTAB 9: PRINT 4500 PRINT " NUM." " " X Y "
      "METODO PUNTOX PUNTO" " " LUXES " " " H/V "
4200 VTAB 6: INPUT "NUM. DE LAMP 4520 FOR B = 1 TO NP
      ARAS = ? "INU 4525 EM(B) = 0
4220 PRINT "LAMPARA:" LOCALIZAC 4530 FOR A = 1 TO NU
      ION:" HM " " FLUJO" 4540 EM(B) = EM(B) + E(A,B): NEXT
4240 PRINT " NUM. " " X Y A
      " " " "LUMINOSO" 4545 NEXT B
4250 FOR J = 1 TO NU 4550 FOR B = 1 TO NP
4260 RE = 10 + J 4560 EN = B + 3
4270 VTAB RE: HTAB 2: INPUT " " 4561 VTAB EN: HTAB 2: PRINT B
      K(J) 4562 VTAB EN: HTAB 10: PRINT XP(
4271 VTAB RE: HTAB 11: INPUT " " B)
      1X(J) 4563 VTAB EN: HTAB 15: PRINT YP(
4272 VTAB RE: HTAB 16: INPUT " " B)
      1Y(J) 4564 VTAB EN: HTAB 20: PRINT EM(
4273 VTAB RE: HTAB 22: INPUT " " B)
      1H(J) 4565 VTAB EN: HTAB 33: PRINT PL*
4274 VTAB RE: HTAB 28: INPUT " " (B)
      1I(J) 4570 NEXT B
4275 NEXT J 4580 PRINT : INPUT "DESE
4280 HOME : INPUT "NUM. DE PUNTO A OTRO ARREGLO (S/N) ? "ID0%
      S = ? "INP
4300 PRINT : PRINT "PUNTO:" LOC 4590 IF D0% = "N" THEN GOTO 300
      ALIZACION:" " PLANO" 0
4320 PRINT " NUM." " " X Y 4600 IF D0% < > "S" THEN GOTO
      " " H/V " 4580
4330 FOR J = 1 TO NP 4620 HOME : GOTO 4180
4334 ER = 6 + J 5000 PRINT B:"RUN MENU"

```

```
460 CLEAR
466 D$ = CHR$(4)
468 Z = 0: DIM E(20),EM(20),D(20)

470 HOME: VTAB 3: HTAB 9: INVERSE
: PRINT "III-ALUMBRADO EXTER
: IOR": NORMAL
472 VTAB 9: HTAB 10: PRINT "ALUM
BRADO PUBLICO:"
474 VTAB 15: INPUT " ANCHO DE L
A CALLE = ?":AC
476 INPUT " NIVEL DE ILUMINACIO
N = ?":EM
478 INPUT " FLUJO LUMINOSO DE L
A LAMPARA = ?":ILUM
480 PRINT: INPUT "ALTURA DE MON
TAJE (VER TABLA ) = ? ":H
M
482 INPUT "DISTANCIA LATERAL ANT
ERIOR DLA = ? ":DLA
484 INPUT "DISTANCIA LATERAL POS
TERIOR DLP = ? ":DLP
486 RA = DLA / HM:RP = DLP / HM: PRINT
"RELACION -ANTERIOR RA = " :R
A: PRINT "RELACION POSTERIOR
RP = " :RP
488 PRINT: PRINT "DE LA GRAFICA
CARACTERISTICA DE": PRINT "
LUMINARIO": INPUT "CU DE RA
= ?":CUA: INPUT "CU DE RP =
?":CUP:CU = CUA + CUP
489 PRINT "CU = " :CU
490 PRINT: PRINT "FACTOR DE CON
SERVACION POR": PRINT "
1-DATOS DE FABRICANTE": PRINT
"
2-TABLAS"
491 INPUT " QUE OPCION DESEA
?":OP: IF OP = 1 THEN GOTO
492: IF OP < > 2 THEN GOTO
490: INPUT "DE LA TABLA (
) VALOR-DEPRECIACION DE LA
LAMPARA = ?":D: INPUT "DEPRE
CIACION-SUCIEDAD = ?":S: GOTO
494
492 INPUT "DEPRECIACION-LAMPARA
= ?":D: INPUT "DEPRECIACION-
SUCIEDAD = ?":S
494 FC = D * S:M = LUM * CU * FC /
AC:EE = M / EM
```

```
Y
496 PRINT: PRINT "ESPACIAMIENTO
= " :EE
497 INPUT "PROPONE ALGUN ESPACIA
MIENTO (S/N) ?":EP$: IF EP$ =
"N" THEN GOTO 501
498 IF EP$ < > "S" THEN GOTO 4
97
499 Z = Z + 1
500 INPUT "CUAL VALOR = ?":E(Z):
EM(Z) = M / E(Z): PRINT "NIV
EL DE ILUMINACION = " :EM(Z):
GOTO 497
501 PRINT: PRINT " RESULTADOS
": PRINT
502 PRINT "ESPACIAMIENTO", "NIVEL
LUMINOSO": PRINT EE,EM
503 FOR J = 1 TO Z
504 PRINT E(J),EM(J): NEXT J
506 PRINT: PRINT "
OTRO CALCULO (S/N) ?":OC2$: IF
OC2$ = "N" THEN GOTO 510
508 IF OC2$ = "S" THEN GOTO 470
510 PRINT D$:"RUN MENU"
```

C A P I T U L O I I I

SISTEMA DE FUERZA

INTRODUCCION

El sistema de fuerza contempla los diferentes elementos que intervienen en la instalación eléctrica de un motor, así como las normas eléctricas que los delimitan.

Este capítulo se inicia con una descripción breve y general del funcionamiento de los principales tipos de motores que hay en el mercado (para una mayor información consultar la bibliografía que aparece al final del libro)

Posteriormente se exponen los elementos (y sus criterios de selección) que se emplean para la instalación eléctrica de los motores.

Finalmente la simplificación y presentación de los cálculos quedan de manifiesto mediante el uso de un ágil programa de computadora.

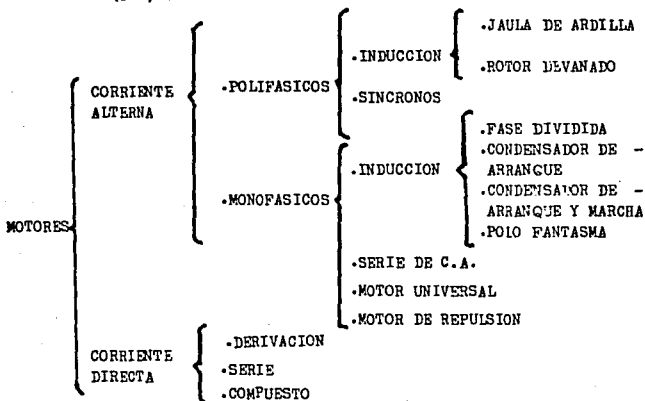
3.1. MOTOR ELECTRICO

La parte primordial o esencial en el área industrial es - la fuerza motriz, o en otras palabras los motores. Estos generalmente se definen como una máquina que es capaz de transformar la energía eléctrica en una energía mecánica con el fin de realizar un trabajo.

Existen una gran variedad de motores, los cuales podemos - clasificar según la composición de su estructura interna y del tipo de corriente eléctrica que requiera. De ahí que existan para una - gran variedad de aplicaciones; sin embargo en todos los casos se - requiere de una instalación que sea eficaz, segura y confiable.

El diagrama (3.1) muestra una clasificación general de los motores:

DIAGRAMA (3.1)



Los motores eléctricos se componen de las siguientes partes:

.Estator - parte fija donde se localizan los devanados del inductor ó campo.

.Rotor - es la parte móvil en la que se enrollan los devanados del inducido o armadura. Tanto el rotor como el estator se encuentran soportados en un armazon blindado denominado carcasa. - Cabe señalar que en algunos casos especificos el estator puede ser el inducido.

Los motores eléctricos según el tipo de alimentación pueden ser de C.A. ó C.D. explicaremos algunos de estos tipos de motores a continuación.

3.1.1 MOTOR DE CORRIENTE ALTERNA

Estos motores a su vez se clasifican según el número de fases de alimentación: 1) Polifásicos y 2) Monofásicos. En ambos casos, - el principio de funcionamiento consiste en: 1) Establecer un campo magnético giratorio en el interior del motor, y 2) Hacer que este campo corte los conductores montados en la parte correspondiente de manera que surja un par entre las dos partes.

La velocidad del campo giratorio viene definido por:

$$s = \frac{120 \cdot f}{P}$$

Donde: P - es el número de polos del campo inductor

f - frecuencia de la alimentación de C.A.

(A) MOTORES POLIFASICOS

Motor Jaula de Ardilla

Consiste en una carga con un núcleo hecho de chapas de acero eléctrico; teniendo cada una un gran número de ranuras. Las bobinas de alambre de cobre están colocadas en dichas ranuras e interconectadas especialmente para formar el arrollamiento del estator, y producir el campo magnético giratorio.

El rotor consiste en un núcleo de chapas de acero al silicio con gran número de agujeros para introducir varillas o barras a lo largo de este; tales barras pueden ser de latón o cobre y están cortocircuitados en los extremos por un anillo del mismo material.

Cuando se requiere un alto par de arranque, se emplea un rotor de gran resistencia.

Su característica es la poca pérdida de velocidad, par de arranque moderado, requiere bajo rendimiento y es simple y eficaz.

Su uso es en lugares donde se requiera velocidad constante y regular par de arranque como es en tornos, prensas, bombas, transmisiones de flechas, etc.

Motor rotor devanado

En este tipo de motor, el rotor de Jaula de ardilla se sustituye por un enrollamiento trifásico con sus 3 cables de conexión conectados a 3 anillos colectores y escobillas, de tal manera que es posible intercalar resistencias y de este modo variar la velocidad y el par, así como limitar la corriente de arranque.

Cuando se regula la velocidad del motor añadiendo resistencias de diferente valor, la pérdida de velocidad del motor aumenta considerablemente; esto trae consigo una reducción del rendimiento.

Este tipo de motores se utilizan cuando se requiere un alto par de arranque con poca demanda de corriente, como es en prensas de gran tamaño, compresoras de aire, laminadoras, gruas, elevadores, etc.

Las desventajas que presenta es su pérdida de velocidad, alto costo inicial y la necesidad de mantenimiento continuo, en comparación con el motor Jaula de Ardilla.

Motores Sincronos

Se llaman así por que la velocidad del rotor es la misma que la del campo giratorio del estator. Esto se consigue empleando

un rotor que tenga polos salientes provistos de bobinas de alambre que esten alimentadas por una fuente de C.D., de tal manera que actuan como si fueran una serie de barras de imán que son atraidas por el campo giratorio. Como este motor no arranca por si solo requiere de un arrollamiento de Jaula de Ardilla en la superficie de los polos del rotor.

Sus características principales son:

- 1.-Funciona a velocidad constante
- 2.-Se puede variar el factor potencia, cambiando el valor de la fuente de C.D.
- 3.-Pueden compensar y elevar el factor potencia.

La desventaja de este tipo de motores es su par de arranque muy bajo, requiere de una fuente de C.D., el de que solo existen en tamaños medios y grandes y su alto costo.

Se emplean en generadores de C.D., ventiladores y compresores y en aquellos otros casos en que se requiera un par de arranque muy pequeño.

(B) MOTORES MONOFÁSICOS

Los motores monofásicos son generalmente de potencia fraccionaria.

El estator se alimenta a través de 2 conductores que llevan una corriente normalmente monofásica generando un campo magnético que esta alternando y que induce al rotor el cual tiene una estructura parecida al de tipo Jaula de Ardilla. El rotor no gira por si solo requiriendo algun impulso exterior o de algún método de arranque, de ahí que existe una gran variedad de motores monofásicos.

En general los motores monofásicos comparados con motores polifásicos de las mismas características son de mayor tamaño, tienen las mismas características de carga-velocidad y valores más bajos de factor de potencia y del rendimiento.

Los diferentes métodos que se emplean para hacer girar al motor radica esencialmente en establecer un campo giratorio producido del defasamiento intencionalmente introducido entre el campo magnético principal y un campo derivado, a través de:

a.-El arrollamiento de otro conductor de diferentes características de Resistencia e Inductancia el cual se deriva del arrollamiento principal. Provocando que se presente un campo giratorio debido al defasamiento que hay entre ambos arrollamientos y el cual es menor a 90° .

Este arrollamiento se desconecta cuando el motor alcanza el 75 % de su velocidad. A los motores que utilizan este tipo de arranque se les denomina Motores de Inducción de Fase Dividida.

b.-De la misma forma que el anterior, pero intercalando una capacitancia en este devanado derivado, lo cual hace que se presenten 2 campos magnéticos defasados casi 90° . A este tipo de motor se le denomina Motor de Inducción con Condensador de Arranque.

En ocasiones conviene dejar el arrollamiento auxiliar permanentemente en el circuito de tal forma que se incremente el factor de potencia y mejor rendimiento. Esto se logra intercalando 2 capacitancias que en el momento del arranque actúan a la vez y en el momento de la marcha actúan solo una de ellas junto con el arrollamiento derivado, este tipo de motor se le denomina Motor de Inducción con Condensador en el Arranque y Condensador durante la marcha.

c.-Utilizando polos salientes cuyas superficies han sido preparadas para situar el arrollamiento de arranque; este arrollamiento es inducido por el polo saliente principal provocando un campo magnético que se atrasa con respecto a este, dando origen a un campo magnético giratorio. Este tipo de motores se les denomina Motor de Inducción de Polo Partesmas.

Otros tipos de motores monofásicos que son de capacidad pe

queña son los de tipo serie de C.A. que se basa en el funcionamiento del tipo serie de C.D., así como el denominado Motor Universal - que acepta tanto alimentación de C.D. como de C.A. y el motor de re pulsión que se basa en el de tipo serie de C.A.

3.1.2 MOTORES DE CORRIENTE DIRECTA

Los motores de C.D. poseen 2 devanados que se excitan tanto el del rotor ó armadura denominado inducido, como el estator o - campo denominado inductor; al alimentar estos devanados se producen 2 campos estacionarios que al actuar uno sobre otro producen la rotación.

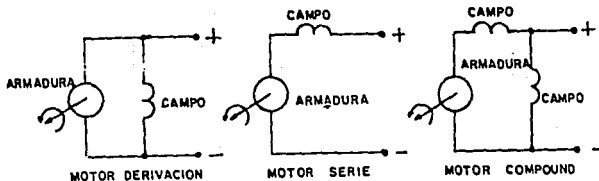
De acuerdo a como están conectados los devanados de campo, estos motores se clasifican en: a) Motor Derivación, b) Motor Serie y c) Motor Compound; y están regidos por las ecuaciones:

$$f_{cem} = \frac{S}{60} \frac{2p}{\pi} \frac{C}{180} = E_i - I_A R_A$$

(A) Motor Derivación

En este tipo de motor, la bobina de excitación (inductor), se encuentra conectada en paralelo con la armadura (inducido) y con la fuente de alimentación, por lo que su resistencia deberá ser relativamente elevada para consumir un valor pequeño de corriente - ver fig. (3.1)

FIG.(3.1) MOTORES DE C.D.



Como el valor de la tensión en esta bobina es esencialmente constante, el valor del campo magnético de excitación también será constante originando que el par varíe directamente con la corriente de inducido y que la variación de la velocidad en condiciones variables de la carga sea pequeña. Un motor derivado tiene por tanto una pequeña pérdida de velocidad -ver gráfica (3.1)-.

Es posible incrementar la velocidad, intercalando en el inductor una resistencia en el circuito de excitación, pero cuidando que no se aproxime a cero pues origina grandes velocidades que pueden producir daños al motor y a lo que lo rodea.

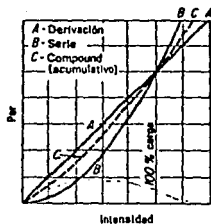
Entre las aplicaciones de este motor tenemos: unidades motor-generador, máquinas herramientas, tornos, máquinas de grabar, etc.

(B) Motor Serie

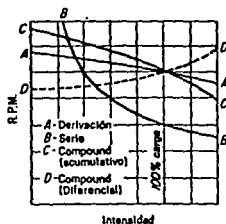
El motor serie tiene su devanado de excitación conectados en serie con la armadura (inducido), por tanto en ambos circula la misma corriente, es por ello que la bobina de excitación se fabrica con un valor de resistencia baja (pocas vueltas y conductor grueso).

Al variar la corriente de inducido, varía también la intensidad del campo, y por tanto el par que es directamente proporcional a ambos variará con el cuadrado del cambio de intensidad -ver gráfica (3.1)-.

GRAFICA (3.1) CURVAS CARACTERISTICAS



Par en función de las características de carga de motores derivado, serie y compound.



Velocidad en función de las características de carga de motores derivado, serie y compound.

Cuando el valor del campo varía casi proporcionalmente a la carga, la variación de velocidades con esta es muy grande, existiendo mucha pérdida de esta.

Si se desconecta la carga al eje de este motor; la velocidad de este crece peligrosamente por lo que se sugiere siempre conectarla al eje a través de poleas, engranes, etc.

Se puede regular la velocidad para disminuirla por abajo del nominal, intercalando resistencias en el circuito del inducido.

Su empleo es cuando se requiere un gran par en el arranque, cuando no hay inconveniente con la variación de velocidad y/o cuando se requiere disminuir esta. Algunos ejemplos de su aplicación son las grúas, sistemas transportadores, máquinas mezcladoras, trenes, etc.

(C) Motor Compound

Es una combinación de los 2 anteriores; es decir se tiene un devanado de excitación en derivación y otro en serie. Dependiendo de la polaridad magnética que produzcan podrá ser el motor compound acumulativo si estas se refuerzan, o motor compound diferencial si se restan sus efectos.

El motor compound diferencial tiene poco uso debido a que su comportamiento es muy inestable -ver gráfica (3.1)-

El motor compound acumulativo tiene una variación de velocidad del 15 al 20 % desde la operación sin carga hasta plena carga. Este motor tiene la ventaja de que no se acelera excesivamente, cuando se desconecta la carga, debido a que permanece constante el valor del campo de derivación. Como la mayoría de los motores Compound tiene el mayor número de Amperios vuelta en la excitación derivación, el peligro de aumento de la velocidad en la pérdida de excitación, es casi el mismo que del motor derivación.

Se puede disminuir la velocidad intercalando una resistencia en el circuito inducido y aumentarla con un reóstato de campo.

En estos motores es posible cambiar de giro: 1) Intercambiando las 2 conexiones del inducido ó 2) Intercambiando las 2 conexiones de la excitación derivación y las 2 de la excitación serie.

Su empleo es cuando la poca variación de velocidad y alto par de arranque son necesarios, como es en laminadoras, prensas grandes, elevadores, molinos formadores, etc.

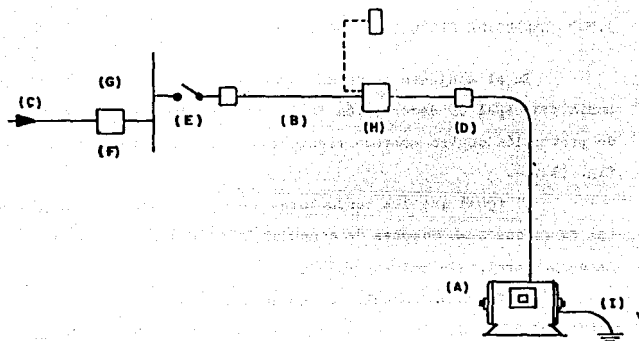
A continuación, describiremos los elementos que forman parte de la instalación eléctrica de motores.

3.2. ELEMENTOS QUE INTERVIENEN EN UNA INSTALACION ELECTRICA DE MOTORES

La figura (3.2) muestra los elementos que intervienen la instalación eléctrica de motores, los cuales son:

- (A) El motor
- (B) Conductor Circuito Derivado
- (C) Conductor Circuito Alimentador
- (D) Protección Contra Sobrecarga
- (E) Protección del Circuito Derivado, contra cortocircuitos o fallas a tierra
- (F) Protección del Circuito Alimentador, contra cortocircuitos o fallas a tierra
- (G) Medio Desconectador para el Alimentador Principal
- (H) Circuitos de control de Motores y Arrancadores
- (I) Conexión a Tierra

FIG.(3.2) DIAGRAMA QUE MUESTRA LOS ELEMENTOS QUE COMPONEN LA
INSTALACION ELECTRICA DE MOTORES



3.2.1 CONDUCTOR CIRCUITO DERIVADO

Es el conjunto de conductores que se extienden desde los últimos dispositivos de protección contra sobrecorriente en donde termina el circuito alimentador, hasta las salidas de carga -ver figura (3.2)-.

Estos conductores se eligen de tal forma que sean capaces de conducir la corriente requerida por la carga (motor); sin sobrecargarse.

La forma de calcular estos conductores, dependerá de la cantidad de motores que alimentan:

- (a) A un motor: Capacidad mínima del conductor = $1.25 I_{pc}$
- (b) Varios motores: Capacidad mínima del conductor = $1.25 I_{pcm} + I_{pc}$

Donde: I_{pcm} - Corriente de plena carga del motor mayor:

I_{pc} - Corriente de plena carga de los otros motores

3.2.2. CONDUCTOR CIRCUITO ALIMENTADOR

Es el conjunto de conductores que se encuentran entre el medio principal de desconexión de la instalación y los dispositivos de protección contra sobrecorriente de los circuitos derivados -ver fig. (3.2)-.

Al igual que los conductores derivados, estos se eligen de tal forma que sean capaces de conducir la corriente requerida por la carga total, sin sobrecargarse.

La forma de calcular estos conductores es:

Capacidad de conducción del conductor = $1.25 I_{pcm} + \sum I_{pc} + \sum I$

Donde: I_{pcm} - Corriente de plena carga del motor mayor

$\sum I_{pc}$ - Corriente de plena carga de los otros motores

$\sum I$ - Corriente debida a otras cargas

Cabe mencionar que la caída de tensión global, es decir la suma de la caída de tensión en el alimentador, más el derivado no deberá exceder del 5%, recomendandose que en cualquiera de estos no sea mayor del 3%.

3.2.3 PROTECCION CONTRA SOBRECARGA

Relevadores de Sobrecarga

Son dispositivos que se destinan a proteger a los motores, a los aparatos de control de los motores y a los conductores de los circuitos derivados (que los abastecen), contra el calentamiento excesivo debido a una demanda de corriente en exceso de la nominal y que persiste durante un tiempo suficiente. Estos dispositivos no protegen contra cortocircuito o fallas a tierra.

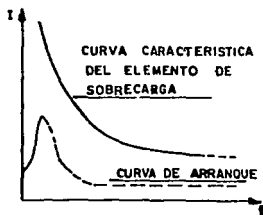
Una sobrecarga puede producirse de 2 formas:

a.-Eléctricas. Debido a una baja de voltaje, el motor succiona una corriente mayor a la nominal para poder mantener la potencia de consumo.

b.-Mecánicas. Debido a que se incrementa la carga, se requiere de una corriente mayor a la nominal, que da la potencia necesaria al motor para vencer la inercia en la flecha.

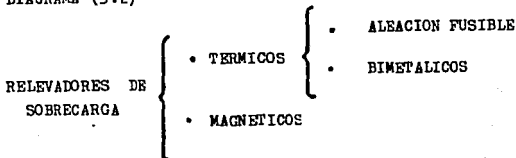
Un relevador de sobrecarga tiene características de tiempo inverso en el disparo o apertura, permitiendo mantener la conducción durante el periodo de arranque pero protegiendo de las corrientes de sobrecarga al motor cuando está operando -ver fig.(3.3) -.

FIG.(3.3) CURVA DE PROTECCION DE SOBRECARGA



Los relevadores de sobrecarga pueden ser clasificados, como se menciona a continuación:

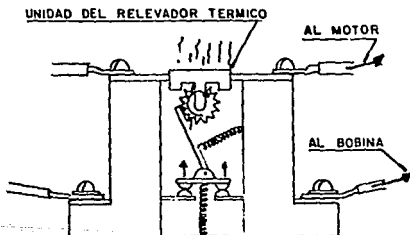
DIAGRAMA (3.2)



En los relevadores térmicos, la operación depende de la temperatura causada por la corriente de sobrecarga, la cual hace operar el mecanismo de disparo.

Relevador térmico de sobrecarga de aleación fusible. En estos relevadores, la corriente del motor pasa por un pequeño devanado calefactor. Bajo condiciones de sobrecarga, el calor causa que la soldadura especial se funda, permitiendo que una rueda de trinquete gire libremente, abriéndose los contactos, es decir se dispara el circuito de control parandose el motor. Se requiere un periodo de enfriamiento, para permitir que el deposito de metal se enfríe antes de que el conjunto del relevador de sobrecarga pueda restablecer y reanudar el servicio del motor -ver fig. (3.4)-.

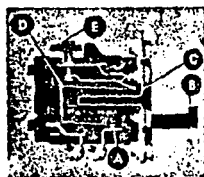
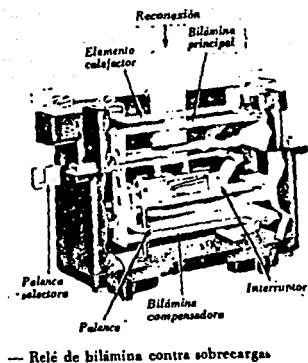
FIG.(3.4) RELEVADOR TERMICO DE SOBRECARGA



Relevador térmico de sobrecarga bimetalicos. Estos relevadores emplean una tira bimetalica en forma de U, asociado con un elemento calefactor. Cuando ocurre una sobrecarga, el calentador causará que el elemento bimetalico se desvíe y abra un contacto. Estos relevadores poseen 2 ventajas: primero, la característica de restablecimiento automático que evita el trabajo de operación manual, sobre-

todo cuando el acceso es difícil. Segundo, estos relevadores se pueden ajustar fácilmente para dispararse dentro de un rango de 85 a - 115% del valor nominal de disparo de la unidad térmica -ver fig.(3.5).

FIG.(3.5) ESQUEMA DE UN RELEVADOR TERMICO DE SOBRECARGA BIMETALICO



— Relé de bilamina contra sobrecargas

Rellevadores Magnéticos de Sobrecarga. Estos relevadores reaccionan únicamente a los excesos de corriente y no son afectados por la temperatura. Tienen un núcleo magnético dentro de una bobina

que lleva la corriente del motor. El flujo magnético de la bobina, - empuja hacia arriba el núcleo, a tal punto que cuando es muy alta la corriente (corriente de sobrecarga) hacen operar una serie de contactos en la parte superior del relevador.

Existen 2 tipos de relevadores magnéticos de sobrecarga:

a) Retardados en tiempo, son del tipo de amortiguador. Unido al núcleo móvil se tiene un pistón, en el que hay agujeros de desviación, el pistón se encuentra sumergido en aceite. El cual es im-- pulsado a través de los agujeros de desviación que sirve para retardar la operación de los contactos. Se puede girar una válvula de disco para abrir o cerrar los agujeros de desviación de diversos tama-- ños del pistón. Esto cambia el grado de flujo del aceite y proporciona el ajuste de la característica del retardo de tiempo. Por lo tan-- to se produce una característica de inversión de tiempo. Debido a - los ajustes de tiempo y corriente, el relevador magnético de sobre-- carga se utiliza algunas veces para proteger a los motores que ten-- gan largos períodos de aceleración o ciclos de trabajo no usuales.

b) Disparo instantáneo, aquí no se tiene el cilindro amortiguador lleno de aceite. Se emplea cuando se desea desconectar de la línea al motor, tan pronto se alcance un valor de carga predeterminado. Después de eliminar la causa de la falla, el motor se puede restablecer inmediatamente, por que el relevador reanuda su operación - al instante, después de desaparecer la sobrecarga.

La fig. (3.6) muestra un tipo de relevador de corriente de - disparo insatantáneo.

En lo que respecta al número mínimo de unidades de sobrecarga y su colocación, deben estar de acuerdo con la tabla (3.1).

FIG.(3.6) RELEVADOR DE CORRIENTE DE DISPARO INSTANTANEO

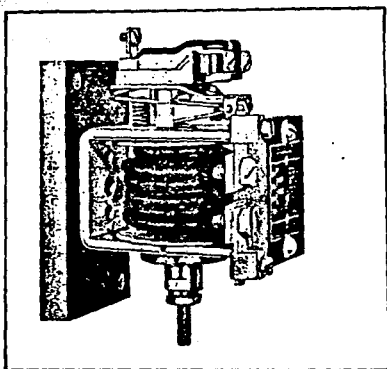


TABLA (3.1) ESPECIFICACION DEL NUMERO NECESARIO DE RELEVADORES TERMICOS SEGUN EL TIPO DE MOTOR Y SU ALIMENTACION

CLASE DE MOTOR	SISTEMA DE ALIMENTACION	NUMERO DE UBICACION EN LOS ELEMENTOS DE O. L.
.C.A. Monofásico ó C.D.	2 hilos no puestos, C.A. monofásico ó C.D.	Uno en cualquiera de los conductores
.C.A. Monofásico ó C.D.	2 hilos C.A. monofásico ó C.D. uno de los hilos	Uno en el conductor no puesto a tierra
.C.A. Monofásico ó C.D.	3 hilos C.A. monofásico ó C.D. neutro a tierra	Uno en cada conductor no puesto a tierra
.C.A. Trifásico	Cualquier trifásico	Dos, en dos conductores cualesquiera, excepto el neutro.

Dos es el número mínimo de unidades, sin embargo el uso de 3 unidades en cada fase, es recomendable para una protección más completa.

(E) Protección del circuito derivado contra cortocircuitos o fallas a tierra.

Al circular una corriente eléctrica, a través de un conductor, motor o equipo, esta produce un calentamiento -por efecto de Joule- en dichos elementos. Si el calentamiento es excesivo y los lapsos de tiempo considerables llegan hasta quemarse; de ahí que los equipos deban protegerse de acuerdo a las características propias del mismo.

En lo que se refiere a los conductores, estos deben protegerse de acuerdo con el valor de su corriente permisible.

Los dispositivos de sobrecorriente deben conectarse a todos los conductores activos del circuito. Y deben colocarse donde sean fácilmente accesibles, no esten expuestos a daños mecánicos o en la vecindad de material fácilmente inflamable.

Los dispositivos de sobrecorriente que se emplean son los fusibles e interruptores termomagnéticos.

Los fusibles son elementos de protección que están constituidos por un alambre o cinta de una aleación de plomo y estaño con un bajo punto de fusión, que se funde cuando se excede el límite para el cual fué diseñado. Si el fenómeno de fusión es inmediato, el fusible es del tipo normal, pero si el tiempo de fusión es retardado, entonces el fusible es del tipo de acción retardada.

Los fusibles se fabrican para su operación en 2 tipos, como se puede ver en la tabla No. (3.2).

Los portafusibles deben ser para los tipo tapon, todos de 30 Amperes de capacidad única. Y para los tipo cartucho, serán de acuerdo a la capacidad del fusible como se puede ver en la tabla (3.3).

TABLA (3.2) TIPOS DE FUSIBLES

FUSIBLES		
TIPO	TAPON	CARTUCHO
Caracte rísticas	Rosca standar pa- ra atornillarse	Casquillo Navaja
Capacidad	10,15,20,30	3 - 60 75 - 600
Operación	no renovables	Renovables

TABLA (3.3) CAPACIDAD DE LOS FUSIBLES Y PORTAFUSIBLES

Tensión Nominal (Volts)	Portafusibles (Amperes)	Fusibles (Amperes)
250	30	0 - 30
	60	31 - 60
	100	61 - 100
	200	101 - 200
	400	201 - 400
	600	401 - 600
600	30	0 - 30
	60	31 - 60
	100	61 - 100
	200	101 - 200
	400	201 - 400
	600	401 - 600

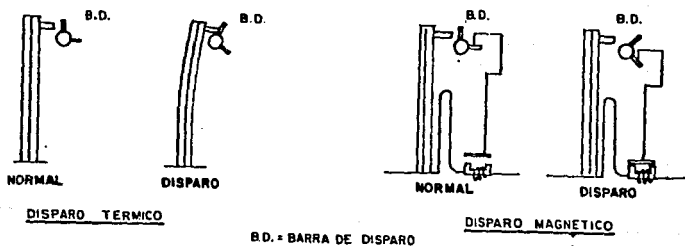
Los interruptores termomagnéticos están diseñados para abrir el circuito cuando ocurre una sobrecorriente accionado por la combinación de un elemento térmico y un elemento magnético. El elemento térmico se compone de un material bimetalico, el cual al calentarse se deforma y acciona al mecanismo de disparo del interruptor. El elemento magnético consta de una bobina cuyo núcleo es móvil y que puede disparar el mecanismo del interruptor cuando ocurre una sobrecorriente. Así pues para sobrecargas se encarga el elemen-

to térmico, y para sobrecorrientes el elemento magnético. Existen 2 tipos de interruptores:

a) Interruptor Instantáneo.- Consisten solo del elemento magnético, usándose normalmente como elementos de protección de los circuitos derivados de motores, ya que la protección contra sobrecarga del motor es el elemento térmico que se suele instalar por separado.

b) Interruptores Termomagnéticos de Tiempo Inverso.-Consiste de un elemento magnético que responde en forma instantánea a las corrientes de cortocircuito o valores excesivos de sobrecarga en el arranque. El elemento térmico proporciona una protección cuando se presentan sobrecargas. Un diagrama representativo de este elemento se muestra en la figura (3.7)

FIGURA (3.7)



Haciendo una comparación entre fusibles e interruptores termomagnéticos, se tiene:

(i) Es más conveniente el interruptor termomagnético por su facilidad de manejo y operación, además se existirá la posibilidad de restablecimiento.

(ii) Las condiciones ambientales afectan a los termomagnéticos más que a los fusibles.

(iii) En sistemas trifásicos, cuando ocurre una falla en alguna fase, el fusible correspondiente, será el único en operar quedando los demás funcionando, si las cargas son de alumbrado y motores monofásicos; sin embargo si el motor es trifásico puede seguir operando con 2 fases desbalanceadas existiendo una corriente excesiva, que puede hacer operar al elemento térmico (de protección) si este fué bien elegido, en caso contrario el motor llega a quemarse.

En lo que se refiere a los termomagnéticos, estos abren las 3 fases, sin importar cual no haya fallado.

(iv) El interruptor termomagnético es más costoso en comparación con una protección de fusibles.

(v) El tiempo de operación en la protección por fusible es de 2 a 3 ciclos, y en los termomagnéticos es de hasta 6 ciclos.

En una instalación eléctrica, la forma de seleccionar el elemento de protección es considerando que este sea capaz de soportar la corriente de arranque, pero que esta capacidad o ajuste no deba exceder de los siguientes valores (según normas):

TABLA NO (3.4) PROTECCION POR SOBRECORRIENTE

TIPO DE PROTECCION	CAPACIDAD (PORCENTAJE MAXIMO DE CORRIENTE NOMINAL)
.Fusible sin retardo de tiempo	300 % - 400 %
.Fusible con retardo de tiempo	175 % - 225 %
.Interruptor disparo instantáneo o tipo magnético	700 % - 1300 %

TABLA (3.4) CONTINUACION

TIPO DE PROTECCION	CAPACIDAD (PORCENTAJE MAXIMO DE CORRIENTE NOMINAL)
Interruptor termomagnético	250 % - 300 % (IN 100A) 250 % - 400 % (IN 100A)

Tomando los anteriores valores como base y considerando la experiencia práctica, es muy común emplear: Fusibles sin retardo de tiempo o los interruptores termomagnéticos, y el método de seleccionarlos es empleando la siguiente relación.

$$\text{Capacidad de Interruptor} = K (I_N)$$

Donde K - es el factor de capacidad y depende de la corriente de arranque del motor y en las condiciones en que se realiza.

En el caso de motores de inducción con corriente normal - de arranque se pueden emplear cualquiera de los siguientes valores que se muestran en la tabla (estos valores también pueden considerarse para otros tipos de motores).

TABLA (3.5)

DISPOSITIVO DE PROTECCION	FACTOR K	CONDICION DE ARRANQUE
Fusible	2	en vacío
	2.5	carga ligera
	3	plena carga
Termomagnético	1.5	en vacío
	2	carga ligera
	2.5	plena carga

Cuando el motor se arranca a tensión reducida, se puede considerar como un arranque en vacío.

Un circuito derivado puede tener varios motores conectados y además otras cargas, pero se debe evitar que este circuito pase - de 20 Amperes de protección y que el dispositivo protector no abra

en las condiciones de trabajo normales más severas que puedan ocurrir, la capacidad de estos dispositivos no debe exceder de lo especificado en las normas -ver tabla (3.4)-para el motor más grande conectado al circuito derivado, más las corrientes de otras cargas conectadas al mismo circuito.

(F) Protección del circuito alimentador contra cortocircuitos o fallas a tierra.

Este dispositivo de protección puede ser cualquiera de los anteriores tipos mencionados para circuitos derivados, y su capacidad no deberá exceder de la capacidad del dispositivo de protección contra cortocircuitos o fallas a tierra del circuito derivado correspondiente al motor de mayor potencia, más la suma de las corrientes a plena carga de los motores de los demás circuitos derivados.

$$\text{Capacidad Interruptor} = \text{CDPM} + \sum \text{Ipc}$$

Donde: CDPM - Capacidad del dispositivo de protección del motor mayor

Ipc - Corriente de plena carga de otros motores

Cabe señalar que cuando se instalen alimentadores que abastecen a motores previniendo futuras adiciones de carga, su protección contra sobrecorriente puede estar basada en la capacidad de corriente de los conductores de dichos alimentadores.

(G) Medio Desconector

Se refiere a los medios de desconexión, que permiten desconectar manualmente a los motores y arrancadores (controladores), del circuito alimentador. Su ubicación es lo más cerca posible a la alimentación, pero también por razones de seguridad debe estar siempre a la vista del elemento arrancador (controlador).

Este medio de desconexión debe ser capaz de abrir la máxima corriente de sobrecarga del motor, y pueden ser interruptores termomagnéticos o de navajas.

Cuando los medios de desconexión son desconectores de navajas, estos se seleccionan normalmente por la potencia del motor en que puede usarse. Si se usa desconector de navajas o interruptor termomagnético indistintamente, se seleccionan de una capacidad para conducir continuamente por lo menos 115% a plena carga del motor.

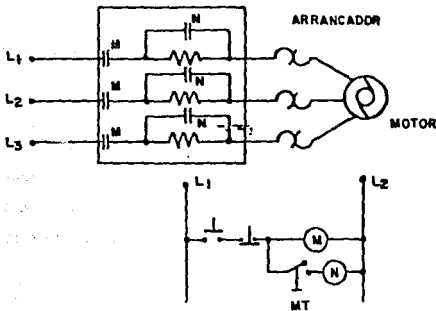
Cabe señalar que el medio de desconexión puede actuar como controlador, siempre y cuando se desconecte a todos los conductores activos que alimentan al motor y esté protegido con un dispositivo de sobrecorriente (por ejemplo los fusibles).

(H) Circuito control de motores y arrancadores

Definiciones

a) Circuitos de control.- Es el circuito que transmite las señales eléctricas que gobiernan el funcionamiento del arrancador (controladores) pero que no conduce la corriente del circuito principal.

FIG.(3.8) ESQUEMA DE UN CIRCUITO DE CONTROL



Estos circuitos deberán tener las siguientes características:

(i) Protección Contra Sobrecorriente.- Para los conductores del circuito de control de acuerdo con su capacidad de corriente - permisible.

(ii) Protección contra daño mecánico. Para los conductores fuera del dispositivo de control deberán alojarse dentro de una canalización.

(iii) Deberá tener un medio de desconexión, el cual se abrirá cuando el medio de desconexión del circuito derivado este abierto.

b) Arrancadores.- El término arrancador incluye a cualquier interruptor o dispositivo que se use normalmente para arrancar y parar un motor, en combinación con los elementos de sobrecarga.

La capacidad de los arrancadores en KW o en CP debe ser no menor que la potencia nominal del motor que controlen.

Los arrancadores de los motores se pueden clasificar según se muestra en la siguiente tabla.

TABLA (3.6) MOTORES DE C.A.

MOTOR		ARRANCADOR	MÉTODO	OPCIÓN	CLASE	DEFINICIÓN	
TIPO	FASES						
Industria Jefe de obra	Trifásico	A Tensión Plena		Manual	7118	Stop Tensión	
				Electrico	8226		
		A Tensión Plena		Manual	7118		
			Control con Desconexión en Caso de Fallo	Electrico	8738	Stop Tensión	
			Control con FIC Magnético	Electrico	8226		
			Reversible	Electrico	8738		
		Electrico	8188	A. T. en fase a Tensión			
	Trifásico	A Tensión Reducida	Por Resistencia Primaria	Electrico	8547		
			Por Autoinductor	Manual	8208	Stop Tensión	
			Electrico	8208			
		Por Resistor	Electrico	8547			
		Control - Control	Electrico	8188	A. T. en fase		
Control Secundario		Control de arranque de los arranques del motor	Electrico	8540	Stop Tensión		
New Directivo	Trifásico	Control Secundario	Por Resistencia Secundaria	Electrico	8536	Stop Tensión	
					8188	A. T. en fase	
Directivo	Trifásico	A Tensión Plena	C	Electrico	8520	Stop Tensión	
					8521		
		A Tensión Reducida	Por Autoinductor	8523			

Y en el caso de motores de C.D., existen los siguientes tipos de arranque:

- 1.-Directamente a la línea
- 2.-Mediante una resistencia de arranque (manual)
- 3.-Controlador de fuerza electromotriz
- 4.-Magnético de límite de tiempo

De lo anterior deducimos la siguiente clasificación de arrancadores por su modo de operación y método de arranque:

Arrancador	{	Manual	{	Tensión Plena
			{	Tensión Reducida
	{	Magnético	{	Tensión Plena
			{	Tensión Reducida

Veamos algunos tipos de estos arrancadores y respectivos controladores:

Cuando el motor a instalar es no muy grande (de 5 HP), de tal manera que no cause problemas en su arranque, se suelen emplear interruptores normales de accionamiento manual o bien automático. Como estos interruptores conectan el motor directamente a la red, se les llama arrancadores de conexión directa o a plena tensión.

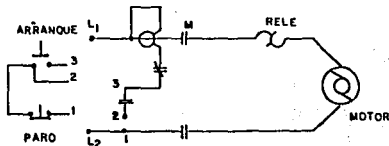
Cuando se trata de motores grandes o conviene que el par de arranque se desarrolle paulatinamente, es preciso efectuar la conexión a través de un aparato que reduzca la tensión inicial aplicada al motor. Este aparato recibe el nombre genérico de arrancador a tensión reducida.

Lista de arrancadores para motores de C.A.

- (a) Contactores de pulsadores
- (b) Reostato
- (c) Autotransformadores
- (d) Estrella / Triangulo
- (e) Arrollamiento parcial

(a) Contactores de pulsadores (motores pequeños). Son simples interruptores que conectan al motor directamente a la red, el contactor dispone de 2 pulsadores, uno para el arranque y otro para el paro de motor. Está provisto de un relé térmico de sobrecarga conectado en serie con las líneas de alimentación. Su objeto es dejar fuera al motor del circuito cuando una sobrecarga persiste durante cierto tiempo - ver fig.(3.9) -

FIG.(3.9) CONTACTOR MAGNETICO BIPOLAR PARA CONEXION DE UN MOTOR BIFASICO O MONOFASICO



Para el caso de motores trifásicos, tendríamos el diagrama que muestra la fig. (3.10).

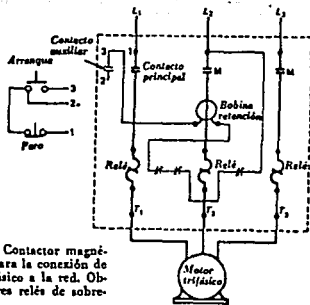


Fig. 3.10 - Contactor magnético tripolar para la conexión de un motor trifásico a la red. Obsérvense los tres relés de sobrecarga.

La principal ventaja de estos arrancadores es que se pueden manipular desde puntos alejados. Además de que también existen contactores en los que el circuito de control está alimentado a través de un transformador reductor.

Existen contactores combinados, que están formados por la combinación de un conectador magnético y un interruptor de desconexión. El segundo puede ser del tipo tripolar manual provisto de fusibles o disyuntor automático de efecto térmico, que protege la instalación impidiendo el paso de la corriente en las 3 fases cuando ocurre una falla en una de ellas evitando el funcionamiento del motor en régimen monofásico -ver fig. (3.11)-.

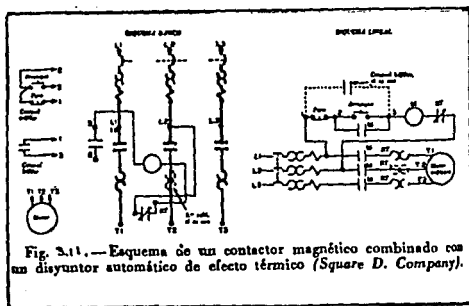
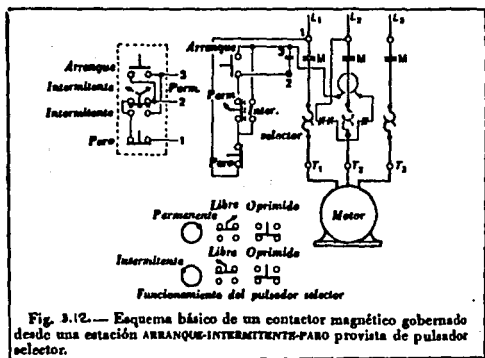


Fig. 3.11.—Esquema de un contactor magnético combinado con un disyuntor automático de efecto térmico (Square D. Company).

Los conectadores magnéticos también se operan con un tercer pulsador selector empleado para operación breve del motor. Al accio-

nar el pulsador, el motor se pone en marcha, si se deja de oprimir el contactor el motor vuelve a pararse. LA fig.(3.12) muestra este tipo de conexión, llamado de marcha intermitente.



Existen contactores magnéticos de conexión directa e inversión, que pueden hacer que el motor gire hacia uno y otro sentido; - para conseguir esta inversión en un motor trifásico basta permutar 2 de sus 3 fases de alimentación -ver fig.(3.13)

Los contactores/inversores están provistos de un sistema de enclavamiento mecánico, cuyo objeto es evitar que un juego de contactos pueda cerrarse mientras lo esta el otro. O bien al cerrarse uno de estos, desconecta el otro mediante acción magnética a uno de sus contactos.

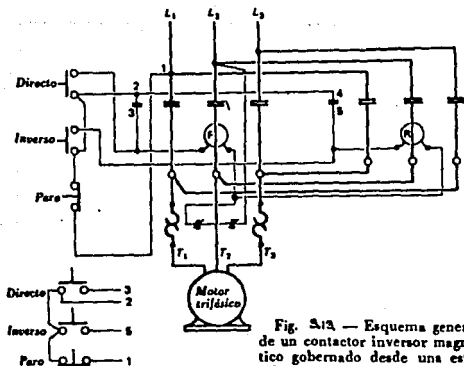


Fig. 3.13 — Esquema general de un contactor inversor magnético gobernado desde una estación DIRECTO-INVERSO-PARO.

(b) Reóstato. La corriente que absorbe un motor durante el arranque queda notablemente reducida si se interponen resistencias variables (reóstatos) en las líneas de alimentación. El motor arranca despacio y, a medida que va acelerando genera una mayor fuerza electromotriz, con lo cual la corriente absorbida se mantiene dentro de su valor normal. En consecuencia, una vez que el motor ha alcanzado cierta velocidad, puede suprimirse totalmente la resistencia y el motor queda conectado a la plena tensión -ver fig.(3.14).

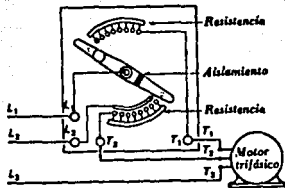


FIG. (3.14a) — Réostato manual de arranque intercalado en el circuito primario de un motor trifásico.

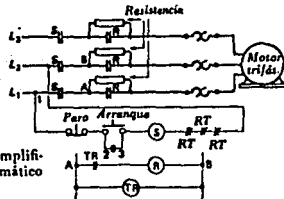


FIG. (3.14b) — Esquema simplificado del arrancador automático

Depende donde se situen los réostatos puede ser:

- Primarios si estan situados en el circuito estátorico
- Secundarios si están en el rotor (debe ser bobinado y con 3 anillos colectores) —ver fig. (3.15)—.

FIG.(3.15)

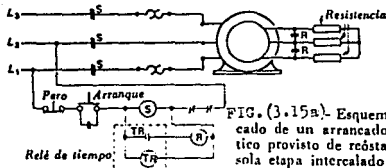


FIG. (3.15a). Esquema simplificado de un arrancador automático provisto de réostato de una sola etapa intercalado en el circuito rotórico.

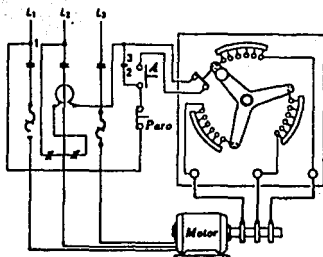


FIG.(3.15b) Esquema de un arrancador como el de la figura 5.55, pero provisto de contactor magnético.

La desventaja que presenta este tipo de arrancado es la de consumir excesiva energía al momento del arranque, de la cual en realidad usa una parte considerablemente pequeña con respecto a la parte que es disipada en forma de calor por la resistencia limitada, a pesar de esto, este método tiene mucha demanda en la industria, presentando algunas modalidades como se aprecia en las figuras anteriores.

(c) Autotransformadores (compensadores). Este método se basa en el empleo de autotransformadores para conseguir el arranque a tensión reducida sin pérdida sensible de energía.

Normalmente consta de 3 autotransformadores, uno para cada fase de alimentación conectados entre sí en estrella -ver fig.(3.16); para el caso de motores bifásicos también se fabrican compensadores con solo dos autotransformadores en vez de tres, los cuales también son aplicables a motores trifásicos utilizando un arreglo de triángulo abierto - ver figuras(3.17a)y(3.17b).

FIG. (3.16) COMPENSADOR TRIFASICO DE CORRIENTE A BASE DE AUTOTRANSFORMADORES

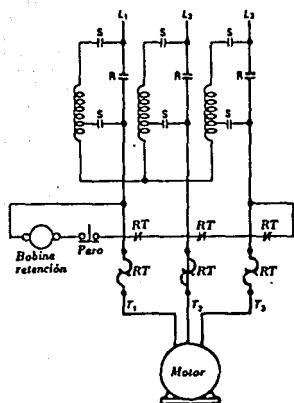


FIG. (3.16a)—Esquema general de un compensador trifásico corriente (con tres autotransformadores) de accionamiento manual.

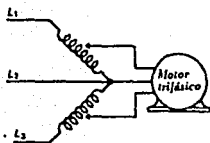
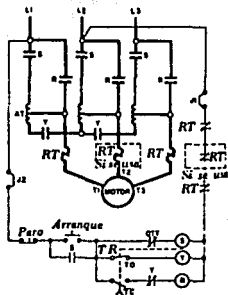


FIG. (3.16b)— Conexión en triángulo abierto que se establece durante el arranque de un motor trifásico con un compensador provisto de dos autotransformadores.

FIG. (3.17)

FIG. (3.17a)— Esquema general de un compensador automático para la maniobra de motores trifásicos (*General Electric Company*). S = contactos de arranque; R = contactos de servicio; Y = = contactos de estrella; AT = autotransformador; OTT = termostato de sobrecalentamiento; TR = relé neumático de retardo; TO = contacto normalmente cerrado del relé de retardo; TC = = contacto normalmente abierto del relé de retardo; RT = contacto de relé término.



Nota: si se usa un sistema de control independiente, quítense los puentes J, y J₁.

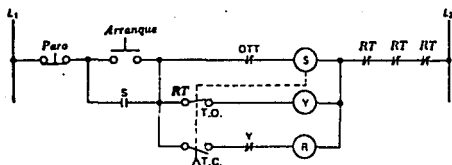


FIG. (3.17b): Esquema del circuito de control del compensador representado en la figura.

La mayoría de los autotransformadores llevan 2 o 3 tomas - exteriores con el objeto de poder aplicar al motor distintas tensiones de arranque. Deberá elegirse siempre la que proporcione par de arranque más satisfactorio y una corriente de arranque pequeña. En -

todos los casos del método de arranque a tensión reducida por compensador se usan los autotransformadores para reducir la tensión de alimentación al momento de arranque, luego de que el motor ha sido puesto en marcha los 2 o 3 autotransformadores quedan fuera y el motor queda conectado directamente a la red de alimentación proporcionándole esta energía, de tal manera que el motor trabaje en condiciones nominales.

(d) Arrancadores estrella/triángulo. Este sistema de arranque solo puede aplicarse a motores trifásicos conectados en triángulo.

Las manipulaciones se harán en este caso al circuito estático para lo cual deberán salir del estátor 6 terminales (correspondientes a sus 3 devanados). Este sistema consiste en lo siguiente: - primero se conectarán los devanados del estátor en estrella de este modo el motor tomará de la línea $1/3$ veces la tensión, y en estas condiciones será puesto en marcha. A continuación se conectarán en triángulo los devanados del estator y el motor estará tomando el total de la tensión de la línea.

Así conseguiremos que el motor arranque con el 58 % de la tensión de operación. Esto se ilustra en las figuras (3.18a) y (3.18b).

El manipuleo para pasar de la estrella al triángulo puede hacerse a través de un accionamiento manual -ver fig.(3.19a), o bien a través de un accionamiento automático -ver fig.(3.19b).

(e) Arrancadores de arrollamiento parcial. Estos arranques son normalmente de 2 etapas de aceleración, y pueden aplicarse a motores trifásicos de arrollamiento parcial conectados tanto a estrella como en triángulo. Estos motores pueden ser del tipo normal para 2 tensiones de servicio con 9 terminales exteriores o bien del tipo especial preparado para esta modalidad de arranque con 6 terminales

exteriores. Si se emplean motores del primer tipo solo afectados de arranque con arrollamiento parcial, deberán unirse exteriormente los terminales que correspondan.

La fig. (3.20) muestra el esquema general de un arrancador automático de arrollamiento parcial conectado a un motor trifásico con 9 terminales exteriores y fases estáticas en estrella. Uniendo exteriormente las terminales T4, T5 y T6 se forman 2 estrellas iguales en el estatór. Al conectar T1, T2 y T3 a L1, L2 y L3 respectivamente, queda en servicio la primera estrella o sea la mitad del arrollamiento, en este momento se pone en marcha el motor a tensión reducida, luego se conecta T7, T8 y T9 a L1, L2 y L3 poniendo en servicio las 2 estrellas, con sus respectivas fases homólogas en paralelo; la corriente y la potencia total absorbidas por el motor se reparten equitativamente entre las ramas de la doble estrella. En este momento el motor se halla trabajando en condiciones nominales.

FIG. (3.13a) En un motor conectado en triángulo, cada fase recibe la plena tensión de la red.

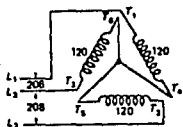
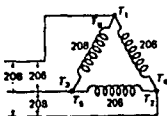
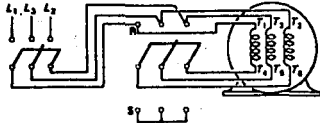


FIG. (3.13b) Si el motor de la figura 5.68 se reconecta en estrella, cada fase recibirá únicamente el 58 % de la tensión de la red.

	L ₁	L ₂	L ₃	Conexión
Arran.	T ₁	T ₂	T ₃	(T ₄ T ₅ T ₆)
Serv.	T ₁ T ₇	T ₂ T ₈	T ₃ T ₉	-----

FIG(3.19)



FIG(3.19a) Esquema de un arrancador estrella/triángulo de accionamiento manual.

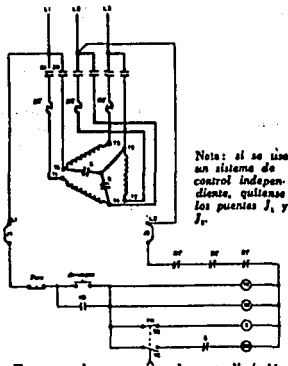
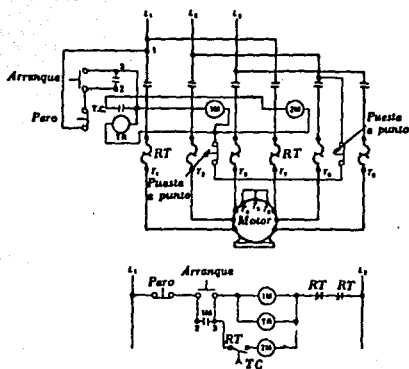


FIG. 3.19 — Esquema de un arrancador estrella/triángulo automático, del tipo de transición abierta (*General Electric Company*). 1M = bobina y contactos de arranque; 2M = bobina y contactos de triángulo; S = bobina y contactos de estrella; RT = bobina y contacto de relé término; TR = relé neumático de retardo; TO = contacto normalmente cerrado del relé de retardo; TC = contacto normalmente abierto del relé de retardo.

FIG. (3.20)



- Esquema general de un arrancador automático de arrollamiento parcial, conectado a un motor trifásico en estrella, con nueve terminales exteriores.

Arrancadores para motores C.C.

- a) Directamente a la línea magnética
- b) Directamente a la línea manual

c) Controlador de fuerza electromotriz

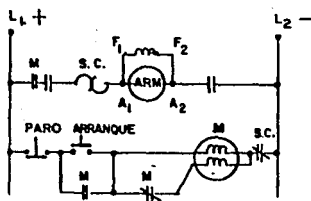
d) De límite de tiempo

a) Directamente a la línea magnética. Se realiza en motores pequeños (< 5 HP) y puede ser manual o magnético.

En el caso magnético cabe señalar que las bobinas de control no poseen reactancia inductiva y por ello se hace uso de un acople mecánico que es operada por 2 bobinas, una en el arranque - que lo coloca en una posición-, y el otro en el paro -que lo regresa a la posición en que inicialmente estaba-.

El diagrama de este tipo de arrancador se muestra en la siguiente figura.

FIG. (3.21)



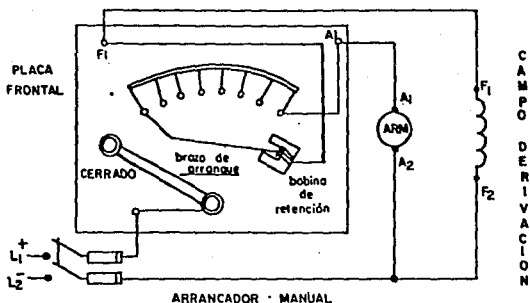
Otro método que se emplea, es cuando se desea limitar el flujo de corriente en las bobinas, el cual se logrará intercalando resistencias llamadas "limitadoras del flujo de corriente"

b) Directamente de la línea manual.

La figura siguiente muestra el diagrama de un arrancador manual con placa frontal. El flujo de corriente inicial se reduce por

medio de la resistencia, y la corriente de campo se encuentra al valor máximo para proporcionar un buen par de arranque. Al mover el brazo de contacto hacia la derecha, se reduce la resistencia de arranque y el motor acelera. Cuando alcanza el último contacto (b), la armadura se conecta directamente a través de la línea y el motor adquiere su velocidad máxima.

FIG. (3.22)



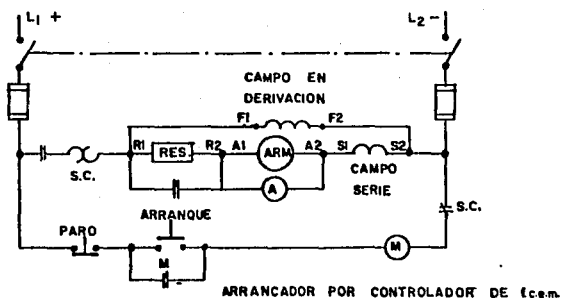
Aunque la resistencia de arranque está en serie conectada con el campo; cuando el brazo se halla en el punto (b), el efecto de este es insignificante, por que la resistencia de arranque es solamente un pequeño porcentaje de la resistencia del campo en derivación. Por tanto la caída de tensión y la corriente son pequeñas.

a) Controlador de fuerza contraelectromotriz (fce)

Como el motor de C.C. en el momento del arranque, la fce a

traves de la armadura es baja y posteriormente al acelerar aumenta esta fuerza, el voltaje a traves de la armadura del motor es utilizado para accionar los relevadores a fin de reducir la resistencia de arranque en el momento apropiado -ver fig. (3.23)-.

FIG. (3.23) ARRANCADOR POR CONTROLADOR DE FUERZA ELECTROMOTRIZ

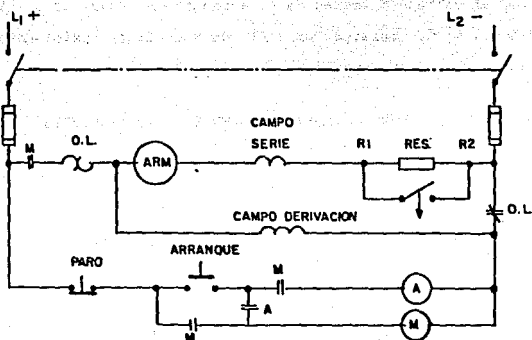


d) Arrancador magnético de limite de tiempo.

Funciona bajo el principio de retardo de tiempo, haciendo que el flujo magnético de una bobina se reduzca lentamente, mediante el empleo de un mango de cobre que rodea el núcleo de esta bobina la cual retiene durante cierto tiempo el control de su contactor. El ajuste del tiempo del contactor depende de la presión del resorte que mantiene abierto al contactor.

La figura siguiente muestra el diagrama elemental de este arrancador.

FIG. (3.24) ARRANCADOR MAGNETICO DE LIMITE DE TIEMPO



Centro Control de Motores

Con el fin de hacer más práctico y eficiente la agrupación del equipo de control para motores eléctricos sobretodo cuando se usan en cantidades considerables, se crearon los centros de control de motores o también conocidos como CCM, los cuales ofrecen las siguientes ventajas.

(1) Mayor seguridad:

- Barras totalmente cubiertas y rígidas sostenidas
- Circuitos separados en cubiculos individuales, tipo enchufable
- Palanca de operación con bloqueo
- Visualización del equipo

(2) Mayor Adaptabilidad

- Simplifican las conversiones

-Diseño modular compacto con la facilidad de añadir y/o inter-
cambiar

-Accesibilidad para inspeccionar y mantenimiento

(3) Instalación

- Requiere de un juego de cables o ducto alimentador
- La conexión de circuitos derivados se realiza a partir de las barras de conexión.
- Los conductores de carga son fácilmente instalados en canales de alambrado.

En lo que respecta al tipo de gabinete, existen una gran variedad según las condiciones ambientales que se tengan en el lugar, en donde será instalado el CCM, como se puede ver en la siguiente tabla:

T-BLA (3.6)

TIPO	CARACTERISTICA
Usos generales	. Para instalaciones interiores comunes
Uso industrial	. Para atmósferas polvosas o de goteo Utiliza empaques de Neopreno
Con pasillo 3LL	. Gabinete que forma una área cerrada de protección con iluminación interna
A prueba de polvo	. Para lugares con exceso de polvo

El C.C.M. se clasifica en 2 tipos generales:

(a) NEMA I.- Cuando se trata de un agrupamiento mecánico de arrancadores para motor y/o control, los cuales pueden ser operados sin necesidad de sistemas analíticos o de ingeniería. Se suministran diagramas para el alambrado de las unidades.

(b) NEMA II.- Sistema de control completo, el cual requiere

de sistemas de análisis e ingeniería, incluyendo el entrelace eléctrico de secuencia y el alambrado entre las unidades. Se suministra con diagrama de alambrado completo para todo el centro de control.

El alambrado se surte en 3 tipos (NEMA)

Tipo A .-Cuando se surten las conexiones del motor y del control directamente al arrancador

Tipo B .-Cuando se requiere en las conexiones del motor y del control, de tablillas de fijación y conexión.

Tipo C .-Se suministra el alambrado que va de cada una de las unidades a las tablillas maestras de conexión, ubicadas en los compartimientos, respectivos de cada una de las secciones

Forma de planear un centro de control

Aunque los distintos fabricantes han preparado formas de información de C.C.M., las que ayudan a diseñar un centro de control, sin embargo, y con lo anterior descrito podemos dar en forma general los pasos principales que se siguen para ordenar y diseñar esta solicitud.

1er Paso.- HACER UNA LISTA DE DATOS GENERALES

- 1.-Tipo de gabinete para servicio en interiores o especial
- 2.-Características de la fuente de energía (volts, fases, hilos, - frecuencia).
- 3.-Calibre de conductores alimentadores y cuántos por fase
- 4.-Localización de la entrada de los cables de alimentación
- 5.-Clase y tipo de alambrado (NEMA) A, B, C
- 6.-Tipo de construcción (1 solo frente o respaldo-contra-respaldo)
- 7.-Tensión y frecuencia de control separado o no separado
- 8.-Capacidad interruptiva del CCM
- 9.-Capacidad de barras principales, de tierra y neutro

2o Paso.- HACER UNA LISTA DEL EQUIPO ESPECIFICO

1.-Tipo de unidades requeridas;

- A tensión plena
- A tensión reducida
- Interruptor principal (Capac. interruptiva normal o alta)
- Interruptor derivado (Capac. interruptiva normal o alta)
- Tableros de distribución
- Espacios para adiciones futuras
- Etc.

2.-Tipo de interruptor en caja moldeada:

- Termomagnético (Capac. interruptiva normal o alta)
- Magnético
- No automático con fusibles

3.-HP. y capacidad de circuitos derivados

4.-Número de unidades requeridas

5.-Tipo de unidades de control y accesorios (botones operadores, lámparas piloto, resistor calefactor, termostato, etc.)

6.-Fusibles principales

7.-Capacidad de los transformadores y fusibles de control

8.-Tipo del relevador de sobrecarga y No. de elemento térmico

9.-Localización de las tablillas (en caso del tipo C)

10.-Características especiales en unidades. Aditamentos

3er Paso.-PLANTEAMIENTO DE LAS UNIDADES DEL CENTRO DE CONTROL

1.-Determinar la altura de la unidad consultando las tablas de selección

2.-Complementar el proyecto por medio de:

- (a)Máxima utilización de la altura disponible para las unidades magnéticas con alambrado tipo (NEMA) A y B, 1.98m (78"); -
C, 1.68m (66")

- (b) Buscando el mejor agrupamiento de unidades en secuencia de acuerdo con los requerimientos del trabajo en particular.

3.3 ALGORITMO Y PROGRAMA DE COMPUTADORA

El subprograma que aquí se presenta se denomina "4.-INSTALACION DE MOTOR". Mediante este subprograma se pueden obtener los valores mínimos de capacidad de corriente para conductores, protecciones a base de fusibles, interruptores termomagnéticos y seccionadores.

El calculo se puede realizar para uno o más motores sean trifásicos, bifásicos ó monofásicos. Es posible determinar el alimentador principal e interruptor cuando todos los motores sean del mismo tipo y tengan las mismas formas de conexión de fases. Para mostrar su aplicación se utiliza como ejemplo la instalación de fuerza de los motores de amasijo (ver plano No.1E-5).

- 168 -
 DIAGRAMA DE FLUJO
 INSTALACION-MOTOR .

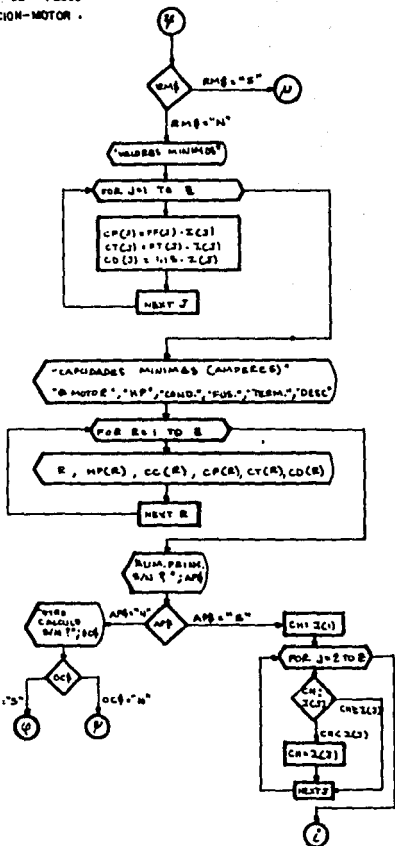
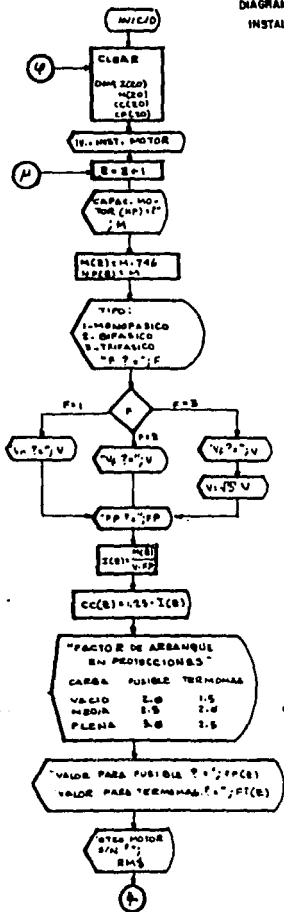
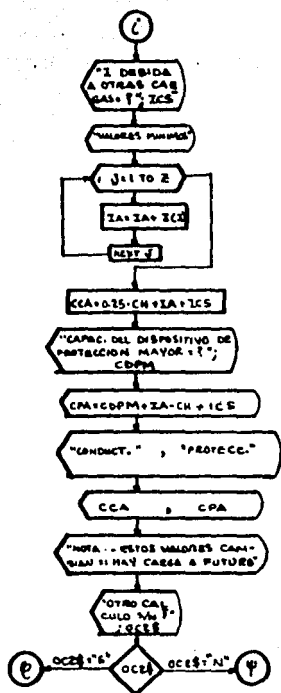


DIAGRAMA DE FLUJO
INSTALACION - MOTOR



JREM

LOAD INST. MOT.
JREM

ILISYT

```
3900 CLEAR
4000 E = 0: E1 = 0
4010 D$ = CHR$(4)
4020 DIM E2(20), E3(20), E4(20)
4030 DIM E5(20), E6(20), E7(20), S3
(20), S4(20), S7(20)
4040 HOME : VTAB 3: HTAB 9: INVERSE
: PRINT "IV- INSTALACION MOT
OR": NORMAL
4050 E = E + 1
4060 VTAB 9: INPUT "CAPAC. DEL M
OTOR (HP) = ? " : E7(E): E3(E) =
E7(E) * 746: PRINT
4090 PRINT "TIPO: 1-MONOFASICO":
PRINT " 2-BIFASICO": PRINT
" 3-TRIFASICO"
4095 VTAB 14: INPUT "QUE OPCION
DESEA ? " : S
4100 IF S > 3 THEN GOTO 4095
4120 ON S GOTO 4125, 4130, 4140
4125 PRINT : INPUT "VOLTAJE FASE
-NEUTRO V = ? " : V
4126 GOTO 4160
4130 PRINT : INPUT "VOLTAJE FASE
-FASE VF = ? " : V: GOTO 4160
4140 PRINT : INPUT "VOLTAJE FASE
-FASE VF = ? " : V: V = V * SQR
(3)
4160 INPUT "FACTOR DE POTENCIA F
P = ? " : S2: E2(E) = E3(E) / (
V * S2): E4(E) = 1.25 * E2(E)
4170 PRINT : PRINT "FACTOR DE AR
RANQUE EN PROTECCIONES 1 "
4180 PRINT " CARGA FUSIBLE
TERMOMAG."
4185 PRINT
4190 PRINT " VACIO 2.0
1.5"
4200 PRINT " MEDIA 2.5
2.0"
4220 PRINT " PLENA 3.0
2.5"
4223 PRINT
4225 INPUT "VALOR PARA FUSIBLE =
? " : S3(E): INPUT "VALOR PAR
A TERMOMAG. = ? " : S4(E)
4230 PRINT : INPUT "OTRO MOTOR (
S/N) ? " : S5$
4240 IF S5$ = "S" THEN GOTO 404
```

```
4250 IF S5$ < > "N" THEN GOTO
4230
4260 PRINT " RESULTADOS ": FOR
J = 1 TO E
4265 E5(J) = S3(J) * E2(J): E6(J) =
S4(J) * E2(J): S7(J) = 1.15 *
E2(J): NEXT J
4280 HOME : VTAB 3: PRINT "
CAPAC. MINIMAS (AMPS)": PRINT
: PRINT "MOTOR": HP " : " CO
ND. " : "FUS." : " TERMOMAG. " :
DESC."
4300 FOR R = 1 TO E: PRINT " " :
R: " " : E7(R): " " : INT (E
4(R) + 1): " " : INT (E5(R)
+ 1): " " : INT (E6(R) +
1): " " : INT (S7(R) + 1)
4310 NEXT R
4320 VTAB 23: INPUT "DESEA CAPAC
ALIMENTADOR (S/N) ? " : S9$
4340 IF S9$ = "N" THEN GOTO 446
0
4350 IF S9$ < > "S" THEN GOTO
4320
4400 CH = E(1): FOR J = 2 TO E: IF
CH < > E(J) THEN GOTO 4420
4410 CH = E(J)
4420 NEXT J
4440 VTAB 23: INPUT "I-TOTAL DEB
IDA A OTRAS CARGAS = ? " : Z4
4460 HOME : VTAB 5: HTAB 10: PRINT
"RESULTADO " : FOR J = 1 TO
E: E1 = E1 + E2(J): NEXT J
4480 Z6 = 0.25 * CH + E1 + Z4
4490 VTAB 9: INPUT "CAPAC. DISPO
SITIVO DE PROTECCION
MAYOR = ? " : Z7
4500 Z8 = Z7 + E1 + Z4 - CH
4510 VTAB 12: PRINT "CAPACIDAD M
INIMA (AMPS)": PRINT : PRINT
"CONDUCTOR": "PROTECCION"
4520 PRINT Z6, Z8
4530 PRINT : FLASH : PRINT "NOTA
: ESTOS VALORES CAMBIAN SI H
AY CARGA A FUTURO": NORMAL
4540 VTAB 23: INPUT "OTRO CALCUL
O (S/N) ? " : ZZ$: IF ZZ$ = "S
" THEN GOTO 4000
4550 IF ZZ$ < > "N" THEN GOTO
4540
4560 PRINT D$: "RUN MENU"
JREM
```

C A P I T U L O I V

S I S T E M A D E T I E R R A S

INTRODUCCION

En este capítulo se enuncian los requerimientos que se deben considerar para poder tener una instalación eléctrica segura y confiable.

Estos requerimientos consisten en proyectar un sistema de tierras y pararrayos.

Se menciona el método para medir la resistividad del terreno y se genera un programa de computadora que simplifique el método de cálculo

4.1. SISTEMA DE TIERRAS

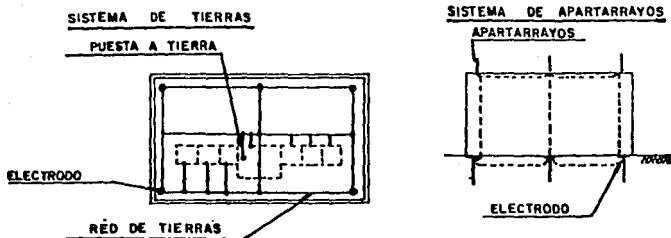
(A) Definición y Función:

El sistema de tierras es un medio de protección que permite garantizar tanto la seguridad del personal que labora, como la seguridad y buen funcionamiento del equipo instalado.

Un sistema de tierras, en el caso general es una malla de

conductores que se usa para establecer un potencial uniforme.

FIG. (4.1) SISTEMA DE TIERRAS



Las funciones principales del sistema de tierras son las siguientes:

- (i) Proporcionar un circuito de muy baja impedancia para la circulación de las corrientes de tierra (falla a tierra del sistema eléctrico o la operación de un apartarrayos)
- (ii) Evitar que puedan producirse diferencias de potencial que pongan en peligro al personal
- (iii) Facilitar mediante la operación de relevadores u otros elementos adecuados, la eliminación de las fallas a tierra
- (iv) Dar mayor confiabilidad y continuidad al servicio eléctrico

(B) Componentes de un sistema de tierras:

El sistema de tierras se compone principalmente por:-

- (1) Conductor. Los conductores empleados son de cobre desnu

do, o sólido. Se utiliza el cobre por sus características de alta conductividad eléctrica y térmica y resistencia a la corrosión; estos conductores son empleados para dos funciones, ya sea como conductores de puesta a tierra o para formar la malla de tierras.

El conductor de puesta a tierra o también llamado conductor de conexión a tierra se usa para conectar a la malla de tierras, la cubierta metálica de los equipos, las canalizaciones metálicas y otras partes metálicas no portadoras de corriente. El calibre del conductor de "puesta a" de equipos no debe ser menor al indicado en la tabla (4.1).

TABLA (4.1) CALIBRE DE LOS CONDUCTORES PARA "PUESTA A TIERRA DE EQUIPO Y CANALIZACIONES

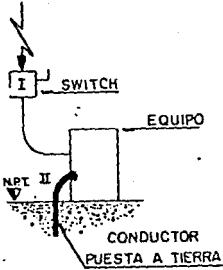
Capacidad nominal o ajuste del dispositivo de protección contra sobrecorriente ubicado antes del equipo, conductor, etc. I	calibre del conductor de puesta a tierra (AWG o MCM) II		
No mayor de; (AMPERES)	COBRE	ALUMINIO	
15	14	12	
20	14	12	
30	12	10	
40	10	8	
60	10	8	
100	8	6	
200	6	4	
400	4	2	
600	2	2/0	
800	1/0	3/0	
1000	2/0	4/0	
1200	3/0	250 MCM	

TABLA (4.1) CONTINUACION

No mayor de; (AMPERES)	COBRE	ALUMINIO
1600	4/0	350 MCM
2000	250 MCM	400 "
2500	350 "	500 "
3000	400 "	600 "
4000	500 "	800 "
5000	700 "	1000 "
6000	800 "	1200 "

La conexión del equipo a la red de tierras puede ser directamente con un conductor, o a un punto al cual llegan los conductores para puesta a tierra o bien a una barra principal denominada puente de union principal.

Puede emplearse como elemento de "puesta a" de un equipo, a tuberías metálicas siempre y cuando este conectada al equipo en un lado, y del otro se encuentra conectado a tierra.

Los medios de conexión a circuitos y a equipos puede ser a través de zapatas, conectores de presión, abrazaderas u otro accesorio semejante, como veremos más adelante.

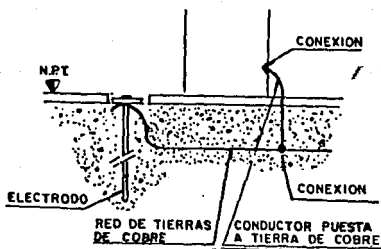
Los conductores de puesta a tierra deben protegerse cuando estén expuestos a daño mecánico y deben ser eléctricamente continuos, para ello se pueden utilizar tuberías.

El conductor de la malla a tierra o red de tierras es el conductor subterráneo de un sistema de tierras que disipa a tierra todo el flujo de corriente.

La red o malla de tierras se compone en general de varias mallas interconectadas por la union de conductores longitudinales con conductores transversales.

El calibre del conductor de la red de tierras es mayor que el de puesta a tierra, siendo el mínimo recomendable de 4/0 AWG. La forma de determinar el longitud de este conductor lo veremos más adelante.

FIG.(A.2) CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA Y DE LA RED DE TIERRA



(2) Electrodo. Son las partes conductoras, enterradas en el suelo, con el propósito de poner en contacto a la malla de tierras con las zonas más húmedas (de mayor conductividad) del suelo y a la vez disipar las corrientes que recoge.

Los electrodos no deben tener revestimientos de baja conductividad como pintura, barniz, etc.

Los electrodos de puesta a tierra que se utilizan son:

- (a) La tubería metálica subterránea como lo es la hidráulica (a excepción de tuberías que contengan material combustible).
- (b) La estructura metálica de un edificio
- (c) Las varillas de refuerzo de las zapatas de cimentación, las cuales deben ser de 13 mm de diámetro como mínimo y de una longitud no menor de 6 metros.
- (d) Los electrodos de tipo artificial. Estos pueden ser en forma de placa, la cual debe tener por lo menos 2000 cm^2 de superficie por 6 ó 2 milímetros de espesor según sea de material ferroso o no ferroso respectivamente.

Otro tipo de electrodo artificial es el de tubo que debe tener por lo menos 19 milímetros de diámetro exterior por 2.40 metros de lon

gitud.

Y finalmente el electrodo artificial tipo barra de por lo menos 1.6 cm. de diámetro por 2.40 metros de longitud.

Los electrodos de tipo artificial son los que se utilizan para el diseño de una red de tierras, pero específicamente los tipo varilla son los más empleados. Estas varillas son de cobre o de acero con una cubierta de cobre.

(3) Conectores. Son los elementos que nos sirven para unir los conductores de la red de tierras, conectar los electrodos y los conductores derivados de equipos, estructuras y canalizaciones.

Existen diferentes tipos de conectores, los cuales se pueden clasificar como se muestra en la siguiente tabla no.(4.2).

TABLA (4.2)



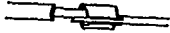
TIPO DE CONECTOR	VENTAJAS	DESVENTAJAS
a) Mecánico 	<ul style="list-style-type: none"> .Facilidad de montaje .Facilidad de manobra .Posibilidad de hacer mediciones .Conexion casi segura (revisión periódica) 	<ul style="list-style-type: none"> .Posibilidad de corrosión
b) Soldables 	<ul style="list-style-type: none"> .Conexion segura .Libre de corrosión .Optimo en instalaciones subterráneas .Disminución de tiempo y costo de instalación 	<ul style="list-style-type: none"> .No se pueden abrir para efectuar mediciones .No recomendable en atmosferas volatiles o explosivas.
c) Presión	<ul style="list-style-type: none"> .Son más económicos y fáciles de instalar 	<ul style="list-style-type: none"> .No se pueden abrir para efectuar mediciones

Tabla (4.2) CONTINUACION

TIPO DE CONECTOR	VENTAJAS	DESVENTAJAS
		<ul style="list-style-type: none">.Mayor posibilidad de corrosión.Conexión casi segura

Todos los elementos del sistema de tierras incluyendo los conductores de las mallas, de las conexiones y los electrodos deben ser diseñados de tal forma que:

(a) Las uniones eléctricas no se fundan o deterioren en las condiciones más desfavorables de magnitud y duración de la corriente de falla a que queden expuestas.

(b) Sean mecánicamente resistentes en alto grado, especialmente en aquellos lugares en que queden expuestos a un daño físico.

(c) Tengan suficiente conductividad para que no contribuyan apreciablemente a producir diferencias de potencial locales.

(C) Ventajas de un sistema aterrizado:

Al diseñar una red de tierras debe preverse que esta sea mecánica, eléctrica y químicamente resistente para una duración de 20 a 30 años. Por esta razón se recomienda que periódicamente se hagan pruebas de la instalación sobre todo después de haber operado.

Las ventajas de tener un sistema eficazmente aterrizado son, por una parte la reducción del costo del equipo, la reducción de las radiointerferencias y los niveles de aislamiento. Por otra parte se facilita la localización de fallas y la operación satisfactoria de relevadores.

Todo lo anterior origina una mayor seguridad y confiabilidad tanto del personal que labora en la subestación como del equipo que se encuentra operando.

(D) Principales obstáculos en el diseño:

A menudo al realizar un diseño de tierras, los principales obstáculos que se presentan son.--

- 1) Tierra de alta resistividad
- 2) Altos gradientes de potencial en la superficie de la tierra
- 3) Requerimientos de coordinación de protecciones
- 4) Tensiones mayores de inducción electromagnética
- 5) Dificil mantenimiento de la instalacion por estar enterrada

En ocasiones estos problemas se suelen resolver, instalando varillas con mayor longitud o a la red de tierras a mayor profundidad -donde económicamente sea posible-, logrando con esto una mayor conductividad eléctrica de la corriente de tierra.

Para disminuir las corrientes de tierra a través de la superficie de la tierra debido a los gradientes de potencial se emplean materiales de impedancia mayor y a la vez se recomienda el empleo de equipo que proporcione mayor seguridad.

Pero lo más importante es realizar un buen diseño que de confiabilidad; para ello es necesario plantear las bases necesarias así como las consideraciones y parámetros que se deben tomar en cuenta; - estos puntos se tocarán en los siguientes apartados, así como el procedimiento de diseño.

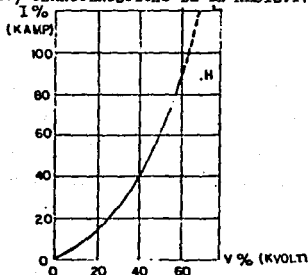
4.2 EFECTOS DE LA CORRIENTE ELECTRICA EN EL CUERPO HUMANO

Cuando el cuerpo humano pasa a formar parte de un circuito eléctrico, los efectos de la corriente eléctrica son consecuencia de la magnitud de la corriente y de la duración del choque.

Como sabemos, la magnitud de la corriente se da por la ley de OHM $I = E/Z$, donde E es la tensión aplicada entre 2 puntos del circuito del que forma parte el cuerpo humano y Z es la impedancia que existe entre esos 2 puntos, es decir la del cuerpo humano. Esta impedancia es muy variable y depende de si es en húmedo en piel seca, - si es a través de zapatos o ropa, de la parte del cuerpo que se inserte en el circuito y de circunstancias momentáneas como estados del cuerpo. La digestión o el estado de ánimo, así como el miedo influyen

notablemente a abatir la impedancia del cuerpo humano. Además el tejido humano tiene una característica negativa de resistencia -ve gráfica (4.1)-.

GRAFICA (4.1.) CARACTERISTICAS DE LA RESISTIVIDAD DEL CUERPO HUMANO



resistividad
del cuerpo -
humano

La resistencia del cuerpo disminuye al aumentar la corriente y el tiempo de contacto, con el resultado de que al doblar la tensión aplicada, la corriente sube a más del doble.

(A) Tipos de Corriente-Efectos en el cuerpo humano:

a) Corrientes perceptibles

La percepción de pequeñas corrientes continuas se manifiesta con una sensación de calor en la palma de la mano que toma el borde y la estimulación nerviosa por corrientes alternas que causan cosquilleo. Las corrientes de percepción en promedio es para hombres de 1.1 mA y para mujeres de 0.7 mA, valor efectivo A 60Hz.

b) Corrientes de reacción causadas por movimientos involuntarios

Son las corrientes más débiles que pueden producir una reacción inesperada, involuntaria y por ello algún accidente. A estas puede atribuirse accidentes como caídas de trabajadores que se encuentran sobre una escalera. Los valores límites están entre 0.5 a 7.5 mA

c) Corrientes de engarrotamiento

Cuando se sujeta un electrodo con la mano, aumenta en severidad las sensaciones de calor y hormigueo al aumentar la corriente (intensidad), llegando a la situación en que el sujeto pierde el control sobre sus músculos y ya no puede soltar voluntariamente el conductor. A la corriente máxima que una persona puede soportar y soltar el conductor se le denomina corriente de soltar, y apenas arriba de este valor se le llama corriente de engarrotamiento, oscilando el valor en 26.0 y 10.5 mA para hombres y mujeres respectivamente.

De no interrumpir la corriente de engarrotamiento se acarrea un rápido descenso de fuerza muscular causado por el dolor y la fatiga asociada a las severas contracciones musculares involuntarias. Si la corriente persiste sobrevienen colapsos, pérdida de la conciencia y la muerte en cuestión de minutos.

d) Corriente de Fibrilación

Es un paro de la acción cardiaca y de la circulación de la sangre, pues induce su coagulación. En base a estudios realizados, las autoridades están de acuerdo que pueden ser toleradas intensidades de corriente superiores, sin producir fibrilación, si la duración es muy corta, siendo la ecuación que liga estos parámetros:

$$I_c = \frac{116}{t} \text{ mA}$$

Donde: I_c Corriente efectiva a través del cuerpo en mA
 t Tiempo de duración del choque eléctrico en segundos
116 Constante de energía derivada empíricamente

Notese que para: $t = 1.0 \text{ seg.}$, $I_c = 116 \text{ mA}$

Y para : $t = 0.1 \text{ seg.}$, $I_c = 367 \text{ mA}$

De lo anterior se deduce que pueden soportarse con seguridad corrientes de intensidad mucho más alta cuando pueda confiarse

en aparatos de protección de operación rápida, para limitar la duración de las fallas.

(B) .Efectos de los recierres

La operación de los recierres es importante por el efecto que pueden producir en el momento de que un sujeto haga contacto con un circuito eléctrico y circule por él una corriente considerable.

Como se ve en las gráficas la suceción de 2 choques eléctricos espaciados en un corto lapso es más severa en efectos que un solo choque, todos de duración semejante (por ejemplo 0.1 seg.), pero es sin embargo menos peligrosa que un choque único con mayor duración (ejemplo 0.2 seg.).

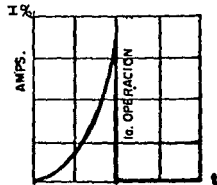
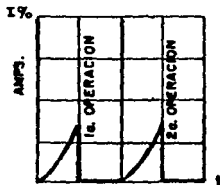
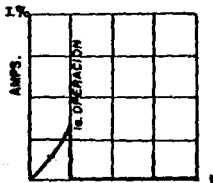
GRAFICA (4.2)

EPECTOS DE OPERACION DE LOS RECIERRES

Sin consecuencias

Con ligeras consecuencias

Peligrosas
Consecuencias



Señalaremos que el corazón vuelve a la normalidad después de 5 minutos del choque eléctrico, pero si un individuo recibe un segundo choque antes de recuperarse, quizá menos severo, puede so-

brevemente la muerte.

Generalmente los recierres automáticos son rápidos y es imposible que la víctima pueda liberarse en el intervalo de operación del recierre, sobre todo si sufrió engarrotamiento.

Los recierres manuales ofrecen mayor oportunidad, pero no la seguridad, de que la víctima evitara un segundo choque, además de que su operación puede repercutir en la funcionalidad del equipo.

4.3. CONSIDERACIONES EN EL DISEÑO DE REDES DE TIERRA

Estas consideraciones parten de la función que tiene un sistema de tierras dentro de una instalación eléctrica; proporcionar seguridad al personal y al equipo.

(A). Seguridad Personal

La circulación de corrientes a través del electrodo de puesta a tierra, producen elevación de potenciales en la vecindad de este elemento. Como se ve en la fig.(4.3).

FIG.(4.3) DISTRIBUCION DEL POTENCIAL ALREDEDOR DE UN PUNTO DE

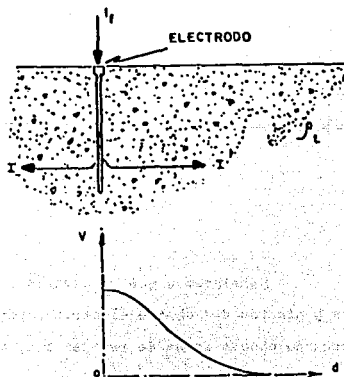
CONTACTO A TIERRA

I_f - Corriente de falla

I - Corriente que circula por tierra

ρ_t - Resistividad de la tierra

d - Distancia

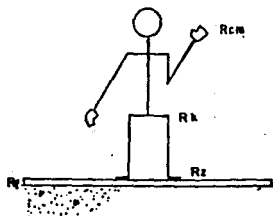


Las tensiones inducidas son proporcionales a las corrientes de falla, e introducen situaciones que ponen en peligro la vida de los seres vivos que se encuentran en el área de la subestación o en la vecindad de la misma, en el instante que se presenta la falla.

En base a lo anterior analizaremos los diferentes potenciales que se presentan en un individuo al hacer contacto con el terreno e incluso con algún elemento perteneciente a la red de tierras, ya que el valor de este potencial determinará la corriente que circulará por el sujeto.

La figura (4.4) muestra varias resistencias que existen cuando un ser humano hace contacto con 2 puntos de diferente potencial.

FIG.(4.4) RESISTENCIAS QUE INTERVIENEN EN EL MOMENTO DE UN CHOQUE ELECTRICO



Donde:

- R_{cm} - Resistencia de contacto de la mano, la cual es baja y consideraremos como $R_{cm} = 0$
- R_z - Resistencia de los zapatos, el cual es variable y para cuerpo humedo es baja, por tanto $R_z = 0$
- R_f - Resistencia del terreno inmediato bajo los pies, la cual influye para utilizar según nuestras necesidades, algún tipo de material con alto valor de impedancia, se ha determinado experimentalmente que esta resistencia tiene un valor aproximadamente de $6 \text{ } \Omega$ OHMS, cuando los 2 pies son el único contacto y están separados a un paso.-ver fig.(4.5)-

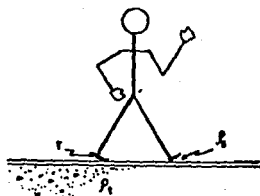
FIG.(4.5) RESISTENCIA DE UN PASO O SERIE

$$R_f = 6\rho_s$$

r = Resistencia por pie

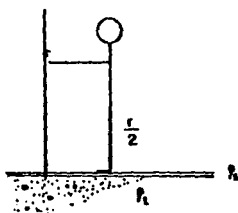
ρ_s = Resistividad superficial del terreno

ρ_t = Resistividad del terreno



Cuando el contacto es con mano y pie, se dice que es de toque, y aquí el valor aproximadamente es de $1.5\rho_s$ -ver fig.(4.6)-.

FIG.(4.6) RESISTENCIA DE TOQUE O PARALELO



$$R_f = 1.5\rho_s$$

De lo anterior se puede deducir que la resistencia por pie es de $3\rho_s$

R_k - Resistencia del cuerpo, como se dijo al principio es variable y generalmente se recomienda un valor de 1000Ω .

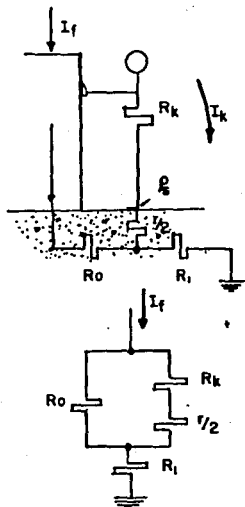
Después de lo anterior determinaremos los potenciales tolerables de un ser humano.

(a) Potencial de toque (V_t)

Es el potencial máximo que experimentará una persona que se encuentra de pie centro del área de la subestación y que durante la ocurrencia de una falla está tocando con una o ambas manos una estructura o cualquier elemento conductor, directamente unido a la red

de tierras. Su valor se obtiene como sigue -ver la fig.(4.7)-:

FIG.(4.7) POTENCIAL DE TOQUE



Sabemos que: $V = R I$

En nuestro caso: $V_t = R_e I_k$

Donde:

R_e - Resistencia equivalente (del cuerpo más terreno)

I_k - Corriente que circula por el cuerpo

Y se define como:

$$R_e = R_k + r/2$$

$$I_k \leq 0.116 / \sqrt{t}$$

Entonces:

$$V_t \leq (R_k + r/2) 0.116 / \sqrt{t}$$

Pero:

$$R_k = 1000 \Omega$$

$$r = 3 \rho_s$$

Entonces:

$$V_t \leq (1000 + 1.5 \rho_s) 0.116 / \sqrt{t}$$

Finalmente:

$$V_t \leq \frac{116 + 0.17 \rho_s}{\sqrt{t}}$$

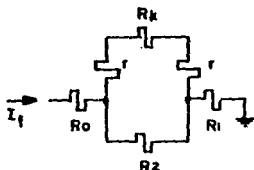
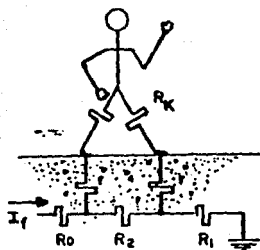
ρ_s - Resistividad superficial del terreno

(b) Potencial de paso (V_p)

Es el potencial máximo que se aplicará a una persona entre sus pies, cuando en el instante de una falla se encuentre caminando en el área o inmediatamente fuera de la red. Su valor se obtiene co-

no sigue, -ver fig.(4.6)-.

FIG.(4.8) POTENCIAL DE PASO



Sabemos que: $V = RI$

En nuestro caso:

$$V_p = R_k I_k$$

Donde:

$$R_k = R_k + 2r$$

$$I_k \leq 0.116 / \sqrt{t}$$

Entonces:

$$V_p \leq (R_k + 2r) 0.116 / \sqrt{t}$$

Pero:

$$R_k \approx 1000 \Omega$$

$$r \approx 3 \rho_s$$

Entonces:

$$V_p \leq (1000 + 6\rho_s) 0.116 / \sqrt{t}$$

Finalmente:

$$V_p \leq \frac{116 + 0.7\rho_s}{\sqrt{t}}$$

ρ_s - Resistividad superficial del terreno

(c) Potencial de transferencia

Son aquellos que se presentan en sitios alejados de la subestación donde ocurre la falla, usualmente esto se debe a la presencia de estructuras enterradas en las cercanías de la subestación como tuberías cercanas metálicas, rieles de ferrocarril, etc., o bien a neutros e hilos de comunicación que salen de la subestación. Este tipo de potencial se considera como un caso especial de potencia de toque, por tanto, su valor deberá limitarse a lo establecido por la expresión correspondiente.

Para limitar el peligro de potenciales transferidos se uti-

lizan juntas aislantes en las estructuras enterradas o superficiales cercanas a la subestación y para los cables de comunicación, en aplicar transformadores de aislamiento.

(B).Protección de equipo de control y comunicaciones:

El equipo de control y comunicaciones merece especial cuidado, debido a los elevados potenciales de la red de tierras que se presentan en la subestación.

Esta elevación de potencial natural del suelo, en el área de la subestación, obliga a coordinar el aislamiento para el equipo de control y comunicaciones, ya que por norma el nivel de aislamiento de estos equipos es de 5Kv, por lo que este valor se presentará como una limitación para el valor de la resistencia de la red, pues tenemos:

$$\text{Si } V_g = R_g I_g$$

Donde V_g - Elevación de potencial de la red

I_g - Corriente de falla a través de la red

R_g - Resistencia a tierra de la red

Entonces:

$$R_g = V_g / I_g \text{ ; pero } V_g = 5 \text{ KV}$$

Por lo tanto:

$$R_g = 5 \text{ KV} / I_g$$

Ahora bien, el nivel de aislamiento de comunicación y control limitan el valor de V_g ; tradicionalmente se ha usado un valor de 5KV (como vimos anteriormente), sin embargo cuando el área de la red y de la corriente de falla impongan limitaciones serias, se usará de 10KV; siempre se deberá comunicar esta información, para que al hacer la selección del equipo, éste sea verdaderamente el idóneo.

4.4 PROCEDIMIENTO EN EL DISEÑO DE REDES DE TIERRA

Habiendo fijado ya los límites de tensión puede procederse -

al diseño y a la construcción del sistema de tierras. Las características naturales del suelo y la capacidad de corto circuito de la red eléctrica en el lugar de la instalación determinan los parámetros básicos para el diseño; a continuación estudiaremos estos parámetros.

(A). Parámetros para el diseño

(1) Corriente de falla.--Es la corriente que se inyecta a tierra a través del electrodo o red de tierras. En general el valor de esta corriente es menor que la correspondiente corriente de falla de una fase a tierra calculada por medio de estudios de corto-circuito, sin embargo para fines prácticos se consideran de igual valor.

Es de gran importancia establecer que la corriente de falla debe ser precisamente la de falla de una fase a tierra, ya que en ningún caso debe tomarse el valor correspondiente de falla trifásica (valor utilizado en especificaciones de capacidad interruptiva), a pesar de que normalmente proporciona valores mayores a los de la corriente de fase a tierra.

La ecuación que nos da este valor es:

$$I_f = \frac{3E}{X_1 + X_2 + X_0} \text{ AMPERES}$$

Donde:

I_f - Valor efectivo de la corriente simétrica en el instante

en que se inicia la falla a tierra, en AMPERES

E - Tensión al neutro, en Volts

X_1 - Reactancia de eje directo de secuencia positiva (subtransitoria), en Ω /fase

X_2 - Reactancia de secuencia negativa, en Ω /fase

X_0 - Reactancia de secuencia cero, en Ω /fase

A la corriente " I_f " se aplican 2 factores:

a) Factor de corrección que se aplica para tomar en cuenta el efec-

to del desplazamiento de la onda de corriente por corriente continua y los decrementos de corriente alterna y directa.

Debe recordarse que en general los corto-circuitos suceden en forma aleatoria con respecto a la onda de tensión y como el contacto puede existir en el momento en que se inicia la falla, se hace necesario suponer una onda de corriente de falla a tierra asimétrica desplazada 100 % durante el tiempo del choque eléctrico.

Los valores de decremento se pueden determinar por la siguiente tabla(4.3).

TABLA (4.3)

Duración de la falla y del choque eléctrico T SEGUNDOS	Factor de decremento D
0.08	1.65
0.10	1.25
0.25	1.10
0.50 o más	1.00

Generalmente $t = 0.5$ por lo que $D = 1.00$

b) Factor de corrección por aumentos de corriente de falla a tierra debido al crecimiento del sistema eléctrico. Este valor se deberá estimar.

(2) Resistividad del terreno.- Su valor se determina por mediciones de muestras obtenidas hasta una profundidad razonable que puedan permitir juzgar la homogeneidad y condiciones de humedad o nivel de aguas friáticas. Para determinar la resistividad eléctrica se utilizan métodos como los de Wenner o Schlumberger. La siguiente tabla da una idea de valores medios de los tipos de terrenos.

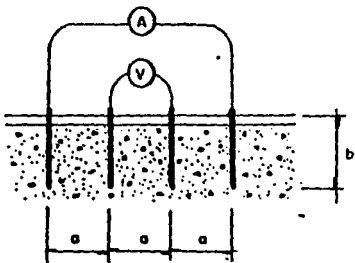
TABLA (4.4) RESISTIVIDAD MEDIA DEL TERRENO

Tipo del terreno	Resistividad en Ω/m
Tierra orgánica mojada	10
Tierra húmeda	10^2
Tierra SeCa	10^3
Roca sólida	10^4

Método de Medición de la Resistividad Específica del Terreno.- El método práctico generalmente empleado es el de los 4 electrodos. Del mismo existen varias versiones, pero el más común usado es el creado por Frank Wenner, de ahí que se llame "Método de Wenner".

Este método consiste en introducir al terreno 4 electrodos en línea recta, con igual separación y profundidad de penetración en la tierra -ver fig. (4-9) -.

FIG. NO. (4-9) MEDICION DE LA RESISTIVIDAD DEL TERRENO



Si los electrodos A y D se utilizan para introducir la corriente eléctrica y la diferencia de potencial se mide entre los electrodos B y C, la resistividad específica del suelo estará dada por la siguiente ecuación:

$$\rho = \frac{4}{\pi} \frac{a R}{n}$$

Donde: ρ - Resistividad del terreno (ohm-metro)

R - Resistencia media (ohms)

a - distancia entre electrodos (metros)

n - Factor de relación a y b cuyo valor varía entre 1 y 2

b - Profundidad a que se entierran los electrodos

El valor de n puede asumir los siguientes valores

n = 1 si a << b

n = 1.087 si a = b

n = 2 si a >> b

Finalmente se deberán tomar las siguientes consideraciones en el momento que se quiera hacer la medición de la resistividad del terreno:

(i) Las mediciones deberán hacerse en época de sequía, evitando realizar mediciones después de días lluviosos o en temporada de lluvia

(ii) Llevar a cabo dáversas medidas, en posiciones diferentes y calcular la media

(iii) La presencia de tuberías o conductores eléctricos enterrados en las inmediaciones, puede falcear las medidas. Se recomienda estar lo más lejos posibles.

(iv) Manejar el equipo de medición con precaución y alejarse del electrodo de corriente al realizar la medición.

(3) Área de la subestación

El área de la subestación deberá siempre conocerse al iniciar un diseño, ya que, la resistencia de la red de tierras dependerá del área donde se instalará, así como de su resistividad.

(4) Tiempo de apertura de interruptores. En la actualidad se emplearan interruptores rápidos, pero se sugiere utilizar el valor $t = 0.5s$.

(5) Nivel de aislamiento de equipo de comunicaciones.--Su valor generalmente es de 5 a 10 KV, por consiguiente, este valor determinará, en gran parte la resistencia de la red, ya que una ele

vación de potencial mayor a estos valores dañarían los cables de control y comunicaciones.

(6) Potenciales de paso y de toque.-Para seguridad del personal, es necesario limitar los potenciales a valores que anteriormente determinamos (potencial de toque V_t y potencial de paso V_p).

(B) Diseño de una red de tierras.

Como hemos visto anteriormente, una red de tierras nos debe proporcionar seguridad al personal, limitando los potenciales de paso y toque a valores tolerables. Nos debe limitar la elevación del potencial en el área de la red sobre el potencial natural del suelo en condiciones de falla. Y finalmente debe facilitar la operación de los dispositivos de protección (relevadores).

Con lo anterior como base pasaremos a determinar los parámetros de la red.

Suponemos que conocemos los valores de:

-Resistividad del terreno (ρ) -Corriente de falla (I_f)

Los parámetros de la red que determinaremos son:

(i) Área de la red. La disponibilidad de un área ilimitada no impondrá un límite en relación a la resistencia de la red, sin embargo en el caso contrario reflejará un valor límite de la resistencia a tierra del electrodo.

(ii) Longitud del conductor. Su valor permitirá disponer su forma y configuración en el área disponible. El potencial de toque y paso determinaran este valor.

(iii) Sección transversal del conductor. La capacidad térmica determina el valor de la sección, sin embargo recordemos que este conductor debe ser mecánicamente resistente.

(iv) Varillas de tierra. Permiten distribuir grandemente la corriente de falla, aumentando la capacidad de conducción de la red de tierras.

Los pasos a seguir en el diseño de la red de tierra serán - los siguientes:

Paso No.1 Resistencia de la red. Este valor constituye un objetivo, ya que la resistencia de la red al final del diseño dependerá del área y longitud del conductor. Sin embargo nos ayudará para tener una idea del valor que se está buscando satisfacer. Esta resistencia dependerá de la correspondiente falla (I_f) y la elevación de potencial (V_g) en el área de la subestación:

$$R_g = \frac{V_g}{I_f} \quad ; \quad V_g = [5 \leq V_g \leq 10] \text{ KV}$$

Recordemos que V_g puede variar entre 5 y 10 KV -ver apartado (4.4 sección B)-.

Paso No. 2 Longitud del conductor de la red. Partimos de la siguiente ecuación que toma en cuenta las características de la red -ver fig.(4.10a) y (4.10b)-.

$$E_m = K_s \cdot K_l \cdot \rho \frac{I_f}{L}$$

Donde: E_m - Diferencia de potencial, en Volts, del conductor de la malla y la superficie del terreno al centro del rectángulo de la malla.

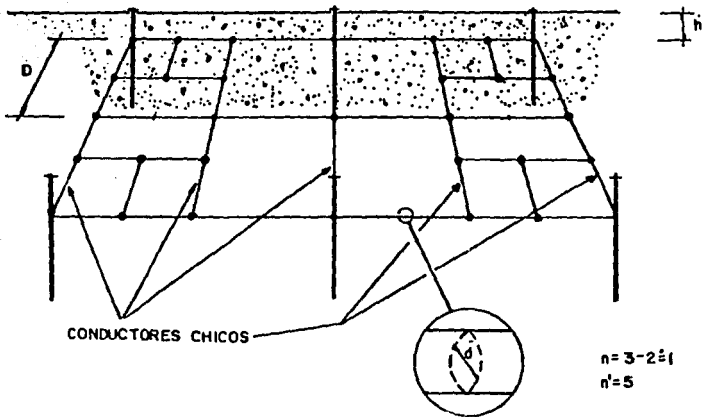
ρ - Resistividad eléctrica del suelo (Ω -m)

L - Longitud del conductor de la red (m)

K_s - Es un coeficiente que toma en cuenta el efecto del número de conductores paralelos "n" (los de mayor longitud), el espaciamento "D", el diámetro "d" y la profundidad de enterramiento "h" de los conductores que forman la red. Y su valor se define como:

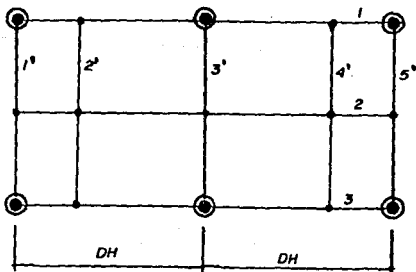
$$K_s = \frac{1}{2\pi} \ln \frac{D^2}{16nd} + \frac{1}{\pi} \ln \frac{3}{4} \times \frac{5}{6} \times \frac{7}{8} \times \dots \text{ etc.}$$

FIG. (4.10a)



El número de términos es igual a dos menos el número de conductores paralelos en la red básica, excluyendo las conexiones transversales

FIG. (4.10b)



K_i es un factor de corrección por irregularidades para tomar en cuenta el flujo de corriente no uniforme de partes diversas de la red. La forma de calcularlo es:

$$K_i = 0.65 + 0.172 n'$$

Donde: n' es el número de conductores (de menor longitud).

Pero como observamos tanto para K_s , como para K_i se necesita partir de un anteproyecto de una red de tierras, sin embargo es posible utilizar un valor estimado o realizar un anteproyecto. En el caso del primero, a base de estudios se ha llegado al resultado que el factor $K_s \cdot K_i$ puede ser entre 1.5 a 3.0, recomendándose un valor 1.7. El valor de 3.0 correspondería a un diseño conservador. En lo referente a lo segundo se puede proponer una red y trabajar con ella, tomándose en cuenta que la longitud que se tenga deberá ser mayor a la que se calculara posteriormente.

Volviendo a la ecuación inicial de E_m , se despeja L :

$$L = \frac{K_m \rho_e I_f}{E_m} \quad K_m = K_s \cdot K_i$$

E_m puede ser V_t o V_p ; pero de la ecuación se observa que el valor óptimo se tiene cuando: $E_m = V_t$ es decir

$$E_m = \frac{116 + 0.17 \rho_s}{\sqrt{t}}$$

Por tanto:

$$L = \frac{K_m \rho_e I_f \sqrt{t}}{116 + 0.17 \rho_s}$$

Considerando que se utiliza grava triturada ($\rho_s = 3000 \Omega \cdot m$) para aumentar el aislamiento del piso y además $t = 0.5$ por la acción de los interruptores, se tendrá:

$$L = \frac{Km \rho}{885} \frac{I_f}{(m)}$$

Paso 3 Area de la red. Considerando que R_g está en función de L y el área de la instalación -que es la que queremos determinar- tendremos:

$$R_g = R_L + R_A$$

R_g - Resistencia de la red

R_L - Resistencia debido a la longitud "L"

R_A - Resistencia debido al área de la instalación

Pero:

$$R_L = \frac{\rho}{4r} \approx 1.6 \frac{\rho}{P}$$

r - Radio de un área circular equivalente a la que ocupa la subestación

$$R_A = \frac{\rho}{L} \approx 0.6 \frac{\rho}{L}$$

P - Perímetro de la subestación

En base a estudios se determinó que el efecto de la longitud del conductor en la resistencia (R) tiene menor efecto que el área de la red de tierras, de ahí que se recomienda el uso del factor de peso 0.6

Paso No. 4 Tamaño del conductor. Tradicionalmente se ha considerado que el tamaño del conductor está en función de su capacidad térmica; sin embargo, con los tiempos de apertura usados en los sistemas de potencia modernos esto ha dejado de ser una limitación y la sección transversal de los conductores de la red estará determinada por razones mecánicas, por lo que conductores calibre 2/0 ó 4/0 son aceptables.

Paso No. 5 Número de varillas. En base a estudios realizados se llegó a la fórmula empírica.

$$N_v = 1.125 R_v ;$$

N_v - Número de varillas

R_v - Resistencia de una varilla (Ω)

$$\text{Pero: } R_v = \frac{\rho}{1.915 L} \left(\ln \frac{9.6 L'}{d} - 1 \right)$$

Donde: ρ - Resistividad del terreno

L' - Longitud de la varilla

d - Diámetro de la varilla

R - Resistencia de la varilla

Donde para una varilla de $L' = 3\text{m}$ (10 ft) y $d = 19\text{ mm}$

(3/4 inch) se reduce a:

$$R = 0.3214\rho$$

Finalmente, la profundidad a la que se colocará la red a partir de la superficie del suelo será de 0.5 a 0.7 metros. No se considera conveniente a mayor profundidad, pues aunque aumenta la conductividad, también aumenta su costo de instalación y no hay mejoras importantes.

(C) Verificación de la Operación de la Red de Tierras.

Para realizar este análisis se tomará como parámetros importantes la resistencia de la red y el potencial de toque en el área de la instalación:

(a) Resistencia de la red

$$R = \rho_s \left(\frac{0.53}{\sqrt{A}} + \frac{1.75}{L\sqrt{n}} \right) \left[1 - 0.8 \left(\frac{100hd}{n \sqrt{A}} \right)^{0.25} \right]$$

Donde: A - Área de la red

L - Longitud del conductor

h - Profundidad de la red

d - Diámetro del conductor de la red

n - Número de conductores

ρ_s - Resistividad del suelo

(b) Potencial de toque

$$V_t = K_m \frac{\rho I f}{L}$$

$$\text{Donde: } Km = 0.9 + 0.1 \left[\frac{-A}{D} - 2.5 \right] + 0.0248 \left[\sqrt{A} - 10 \right]^{0.72}$$

D - Separación de los conductores de la red

De (a) se deberá cumplir que : $R \leq Rg$

Y de (b) se deberá cumplir que : $Vt \approx 900 \text{ V}$ si es $l_f = 3000 \text{ m}$
para grava triturada.

4.5. SISTEMA DE PARARRAYOS

Los pararrayos son dispositivos de protección contra descargas atmosféricas que constituye un medio de conducir a tierra las descargas que inciden directamente sobre los puntos más elevados del edificio o estructuras de cualquier tipo.

Comunmente se confunden los términos pararrayos y apartarrayos, pero esencialmente se usa el término de apartarrayos cuando se trata de dispositivos que se emplean para proteger al equipo eléctrico contra el efecto de ondas de sobretensión que se producen, tanto por descargas atmosféricas como por la operación de interruptores (como veremos en el capítulo 5).

(A) Tipos de Descargas atmosféricas

Existen dos tipos de descarga que se producen en el medio ambiente: el relámpago y el rayo.

El relámpago es la descarga que se produce entre nubes de cargas distintas y rayo la descarga entre una nube y la tierra. Durante la subida violenta del aire caliente y húmedo desde la tierra, la fricción entre el aire y las pequeñas partículas de agua da origen a descargas electrostáticas. Cuando se forman las gotas de agua, las más grandes se quedan cargadas positivamente y las más pequeñas negativamente. Cuando las gotas se acumulan, forman nubes, y de aquí que estas puedan tener carga negativa ó positiva, según la carga de las gotas de agua que las formen. La carga de una nube puede

hacerse tan grande que se descargue sobre otra nube o sobre el suelo y a esta descarga se le denomina relámpago o rayo respectivamente; - el trueno que acompaña al rayo lo origina el súbito calentamiento del aire, que produce su expansión. El aire de alrededor empuja al aire expandido hacia atrás o hacia adelante, originando un movimiento de vaivén del aire que produce el sonido denominado trueno.

(B) Pararrayo

La función es ofrecer una protección contra los rayos, descargando las pequeñas cargas eléctricas tan pronto como se acumulen; los apartarrayos acaban en una punta por que los objetos agudos suelen las cargas más de prisa que los de cualquier otra forma.

En la fig.(A.11), la nube tiene una carga positiva e induce una carga negativa sobre los pararrayos del granero. Las moléculas que rodean las puntas de los pararrayos se cargan negativamente (por inducción) y los electrones se repelen entre sí al acumularse. También la nube que es de carga opuesta atrae a estos electrones. Cada electron que alcanza la nube neutraliza alguna de sus cargas. Normalmente este proceso descarga completamente la nube; sin embargo, si la nube tiene una carga muy fuerte atraerá a los electrones con una fuerza extraordinaria. Estos electrones son extraídos de la tierra a través del cable del pararrayos, que se hace a propósito de un buen conductor para que sea un camino seguro.

Los pararrayos no evitan los rayos, si no más bien evitan que las descargas se acumulen en los edificios en los que estan puestos.

En esta misma figura se muestran los elementos que componen el sistema de pararrayos.

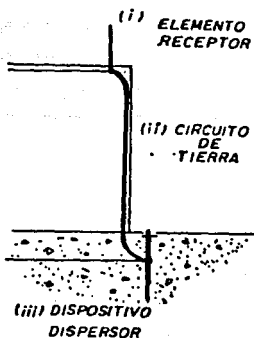
Los elementos son:

(i) Elemento receptor de la descarga. Puntas y cables colocados en la estructura expuesta y superior del edificio o estructura.

(ii) Circuito de tierra. Conductores con baja resistencia que conducen la corriente de descarga eléctrica. Conectan los elementos receptores de la descarga con el dispositivo dispersor.

(iii) Dispositivo dispersor. Es uno o varios electrodos de tierra que facilitan la dispersión de la corriente de descarga eléctrica que recibe el sistema de apartarrayos.

FIG. (4.11)



(C) Diseño del sistema de pararrayos

Para la elaboración del proyecto se deberán considerar los siguientes puntos:

(1) Seleccionar los puntos o lugares que con mayor posibilidad estarán sujetos a descargas, para instalar las puntas de pararrayos. Para el espaciamiento y número de puntas puede solicitarse información al proveedor. Se recomienda un espaciamiento de 5 a 10 metros.

(2) Colocar las puntas de 1 a 3 metros por arriba de la su-

perficie de la estructura para evitar descargas directas a la estructura.

(3) Instalar los conductores con trayectoria recta y directa evitando curvas muy cerradas, pues pueden producirse arcos peligrosos.

(4) Considerar que la impedancia a tierra es en la práctica inversamente proporcional al número de trayectorias hacia tierra, recomendándose al menos 2 trayectorias hacia tierra.

(5) Se recomienda instalar el sistema de pararrayos de tal manera que formen una jaula que encierre a la estructura.

(6) Por norma se señala que los conductores y electrodos artificiales de edificios del sistema de pararrayos, no deben utilizarse para la puesta a tierra de instalaciones y equipos eléctricos pertenecientes al sistema de tierras, pero se recomienda interconectar entre sí los electrodos de los diferentes sistemas de tierra de una misma instalación.

4.6 ALGORITMO Y PROGRAMA DE COMPUTADORA

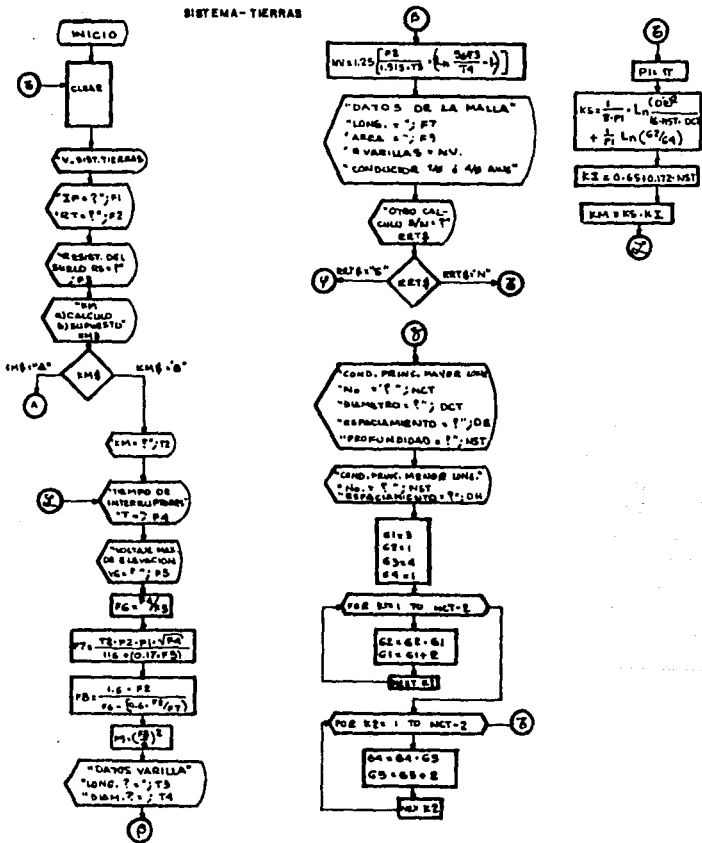
El subprograma aquí empleado llamado "5.- SISTEMA-TIERRAS", permite determinar las dimensiones de la malla de tierra como son la longitud, número de varillas y calibre del conductor; requiriendo para ello de los siguientes datos: corriente de falla, resistividad del terreno, resistividad del suelo, tiempo de operación de interruptores y máxima elevación de tensión permitida.

Existen dos rutas para determinar estas dimensiones, las cuales dependerán del valor de K_m , característico de la malla. Si no se cuenta con un anteproyecto se puede partir de la suposición del valor de K_m , obteniéndose de esta forma las dimensiones de la malla; si se cuenta con un anteproyecto que es posible obtener, utilizando la ruta

para verificar que las dimensiones del anteproyecto sean aceptables.

Para mostrar un ejemplo de aplicación se realizó el cálculo de la red de tierras pertenecientes a la subestación eléctrica del Centro Comercial.

DIAGRAMA DE FLUJO
SISTEMA-TIERRAS



```
4800 CLEAR
4900 D% = CHR% (4) .
5000 TEXT
5010 HOME : VTAB 3: HTAB 9: INVERSE
      : PRINT " V- SISTEMAS DE TIE
      RRAS": NORMAL
5020 VTAB 9: INPUT "CORRIENTE DE
      FALLA IF = ? " :IF1
5040 INPUT "RESISTIVIDAD DEL TER
      RENO RT = ? " :IF2
5060 INPUT "RESISTIVIDAD PROPUES
      TA PARA EL SUELO RS = ? " :IF3
      : PRINT
5080 PRINT "FACTOR KM POR:" : PRINT
      " A)CALCULO": PRINT "
      B)VALOR SUPUESTO": INPUT "
      QUE OPCION DESEA ? " :IT1%
5100 IF IT1% = "A" THEN GOTO 546
      0
5120 IF IT1% < > "B" THEN GOTO
      5080
5140 INPUT " KM = ? " :IT2
5160 INPUT "TIEMPO DE OPERACION
      DE INTERRUPTORES T = " :IF4
5180 INPUT "VOLTAJE MAXIMO DE EL
      EVACION V0 = ? " :IF5
5200 F6 = F5 / F1 : F7 = T2 * F2 *
      F1 * SQR (F4) / (116 + 0.17
      * F3)
5210 F8 = 1.6 * F2 / (F6 - (0.6 *
      F2 / F7))
5214 F8 = ABS (F8)
5215 F9 = F8 / 4
5220 PRINT : PRINT " DATOS DE
      LA VARILLA: "
5240 INPUT "LONG. (METROS) = ? "
      :IT3: INPUT "DIAM. (MM) = ? "
      :IT4
5250 T = 96 * T3 / T4
5252 FT = LOG (T)
5253 T0 = FT - 1
5255 T5 = 1.125 * (F2 * T0 / (1.9
      15 * T3))
5280 HOME : VTAB 3: HTAB 5: PRINT
      "D A T O S D E L A M A
      L L A"
5300 VTAB 9: HTAB 5: PRINT "LONG
      (METROS) = " :IF7
5320 F9 = F9 * F9 : F9: PRINT "AREA AP
      ROX. (METROS CUADRADOS) =" :IF9
      0
5340 HTAB 5: PRINT "# DE VARILLA
      S = " :IT5
5360 HTAB 5: PRINT "CONDUCTOR =
      4/0 0 2/0 AWG": PRINT "(R
      ECOMENDABLE)": PRINT
5380 PRINT : INPUT "OTRO CALCULO
      (S/N) ? " :IT6%
5400 IF IT6% = "S" THEN GOTO 500
      0
5420 IF T6% < > "N" THEN GOTO
      5380
5440 PRINT D%:"RUN MENU"
```

```
5460 PRINT : PRINT "CONDUCTOR PR
INCIPAL DE MAYOR LONGITUD"
5480 INPUT "# DE CONDUCTORES = ?
" : T7: INPUT "DIAMETRO (METR
OS) = ?" : T8: INPUT "ESPACIA
MIENTO (METROS) = ?" : T9: INPUT
"PROFUNDIDAD (METROS) = ?" :
M1
5500 PRINT : PRINT "CONDUCTOR PR
INCIPAL DE MENOR LONGITUD"
5520 INPUT "# DE CONDUCTORES = ?
" : M2
5530 INPUT "ESPACIAMIENTO = ?" : D
H
5540 O1 = 3:O2 = 1:O3 = 4:O4 = 1:
M3 = T7 - 2
5560 FOR M4 = 1 TO M3:O2 = O2 *
O1:O1 = O1 + 2: NEXT M4
5580 FOR M5 = 1 TO M3:O4 = O4 *
O3:O3 = O3 + 2: NEXT M5
5600 M6 = 3.141592654
5620 M0 = ( LOG ( O2 / O4 ) / M6 )
5625 MT = 16 * M1 * T8
5628 TM = T9 * T9
5629 TM = LOG ( TM / MT )
5630 M7 = 1 / ( 2 * M6 ) * TM + M0
5640 M8 = 0.65 + 0.172 * M2
5660 TD = M7 * M8: PRINT "VALOR D
E KN*KI= " : TD
5670 PRINT : INPUT "TIEMPO DE OP
ERAC. DE INTERRUPTORES = ?" : F
4
5680 F7 = TD * F2 * F1 * SQR ( F4
) / ( 116 + 0.17 * F3 )
5685 INPUT "AREA OCUPADA POR LA
RED = ?" : AR
5687 R = SQR ( AR / 3.161515927 )
5688 LA = F7
5690 RRR = F2 / ( 4 * R ) + F2 / LA
5700 EPR = RRR * F1
5700 SK = 0
5710 FOR RP = 2 TO M2 - 1
5720 SK = SK + ( 1 / ( RP * DH ) )
5730 NEXT RP
5740 KS = 0.3128 * ( ( 0.5 / M1 ) +
( 1 / ( DH + M1 ) ) + SK )
5750 KM = KS * M7
5760 PRINT : PRINT " DATOS DE
LA VARILLA: "
5780 INPUT "LONG. (METROS) = ?" :
T3: INPUT "DIAM. (METROS) =
" : T4
5784 GOL = 4 * T3 / T4:GL = LOG
(GOL)
5786 OLG = GL - 1:LF = 6.2831853 *
RRR * T3
5788 FL = F2 / LF:TC = FL * OLG
5790 T5 = TC
5800 PRINT : PRINT : PRINT "MAXI
MO POTENCIAL DE ELEVACION =
" : EPR
5805 F9 = SQR ( AR )
5810 FOR I = 1 TO 1000: NEXT I: GOTO
5280
```


C A P I T U L O V

SUBESTACION ELECTRICA

En este capítulo se desarrollará el tema de Subestación Eléctrica, partiremos definiéndola, y describiendo los elementos que la componen.

Señalaron cómo es posible determinar la capacidad del transformador principal y como se puede corregir el factor potencia mediante el empleo de capacitores.

Proseguiremos describiendo lo referente a la planta de emergencia, definiciones y como determinar su capacidad.

Finalmente mostraremos el programa de computadora que se desarrolló como apoyo en el cálculo de la capacidad del transformador principal.

5.1. DEFINICION

Subestación Eléctrica (S.E.) es un conjunto de elementos que se diseñan e interconectan para realizar alguna de las siguientes funciones:

(a) Transformar las características de la energía eléctrica (Voltaje o Corriente).

(b) Convertir la energía eléctrica de corriente alterna a corriente continua y viceversa.

La finalidad de estas es cubrir las necesidades que la carga eléctrica requiere, siempre y cuando se haya determinado su construcción después de un análisis técnico-económico.

A lo largo del proceso de generación, transmisión, distribución y utilización de la energía eléctrica, existen una gran cantidad de subestaciones eléctricas que se diferencian por su aplicación, de ahí que podamos clasificarla como sigue:

S.E. Elevadora.--Localizada cerca de la planta generadora, es la encargada de elevar la tensión que entregan los generadores (de 5 a 25 KV) a valores que permitan su transmisión (69,85,115,138 ó 400 KV según sea el volumen de energía y la distancia a transmitir).

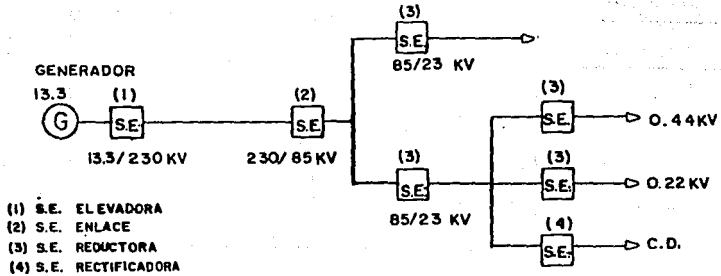
S.E. Enlace.--Están alimentadas directamente de las líneas de transmisión y son las encargadas de transformar la tensión de un valor de transmisión a otro de subtransmisión (34.5 a 85 KV) y/o de subtransmisión a distribución (6.9 a 34.5 KV).

S.E. Reductora.--Localizada cerca de los centros de consumo, son las encargadas de reducir la tensión de distribución a valores de utilización (0.22 a 23 KV).

S.E. Rectificadora.--Son las encargadas de convertir la corriente alterna a corriente continua.

Las anteriores subestaciones eléctricas podemos observarlas mejor en la figura (5.1)

FIG.(5.1) ESQUEMA REPRESENTATIVO DEL ARREGLO Y FUNCION QUE TIENEN LOS DIFERENTES TIPOS DE SUBESTACIONES ELECTRICAS.



Por la forma en que están construidas las subestaciones eléctricas, las podemos clasificar como;

S.E. Tipo Abierta.-También llamada tipo Intemperie o Convencional; en este tipo de subestación todos los elementos que la componen deben seleccionarse para soportar las condiciones ambientales. Está formada por una estructura en donde se colocan los equipos y una cerca que rodea a la planta. La estructura puede ser de aluminio, fierro galvanizado o madera, sus características se observan en la siguiente tabla (5.1).

S.E. Cerrada.- También llamada tipo compacta; en este tipo de subestaciones todos los elementos que la componen se encuentran compactados y protegidos dentro de gabinetes metálicos; esto a su vez pueden ser del tipo interior (pa

ra operar bajo techo) o bien tipo blindada (para operar en exteriores o interiores).

TABLA (5.1,

TIPO DE MATERIAL	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Aluminio	.Mejor apariencia .Mayor resistencia contra la intemperie	.Muy costosa
Fierro Galvaniza	.Económica	.Propense a la oxidación
Madera	.Más económica	.Poca rigidez .Menor vida .Mala apariencia

La subestación eléctrica que empleemos en este trabajo será reductora tipo compacta

5.2. ELEMENTOS QUE COMPONEN UNA SUBESTACION ELECTRICA

El grupo de elementos de una subestación eléctrica que interviene para modificar la tensión de alimentación que se requiere para la distribución interior o para la utilización de la energía, se muestra en forma general y distribuida por celdas (o gabinetes) en la fig. (5.2). Dentro de los diferentes arreglos de celdas este es el más comúnmente usado.

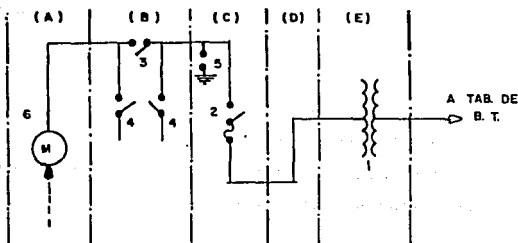


FIG. (5.2)
SUBESTACION
ELECTRICA DE
DISTRIBUCION
PARA SERVICIO
INTERIOR O
INTEMPERIE.

En la figura se señalan los siguientes elementos:

- (1) Transformador
- (2) Interruptor
- (3) Cuchilla de paso
- (4) Cuchilla de prueba
- (5) Apartarrayos
- (6) Equipo de medición

(A) Celda de Medición.- Aloja el equipo de medición de la Cia. suministradora y una Mufa tripolar para la acometida. Contiene además las barras colectoras principales con aisladores de apoyo.

(B) Celda de cuchillas a prueba.-Contiene 3 cuchillas tripolares de operación en grupo sin carga y con accionamiento tipo palanca para hacer las conexiones necesarias de medición de la compañía suministradora. Cada mecanismo de operación de cuchilla tiene el bloqueo mecánico con el candado, mientras que la cuchilla de paso puede tener un bloqueo mecánico adicional en relación con el interruptor principal, es decir, a la puerta de la celda del interruptor principal.

(C) Celda de interruptor.-Contiene un interruptor tripolar el cual protege al transformador contra corto circuito y sobrecarga. En este caso el interruptor consta de 3 fusibles y 3 relevadores magnético-térmicos. Los fusibles son de alta tensión y alta capacidad interruptiva.

Además en esta celda van montados 3 apartarrayos conectados a un sistema neutro a tierra.

(D) Celda de acoplamiento.-Sirve para acoplar el transformador a la izquierda o a la derecha de los gabinetes de las celdas anteriores. Esta celda contiene sus buses formados de barras de cobre

desnudo soportados por aisladores de apoyo y barras de tierra.

- (E) Celda de transformación.- En esta celda se ubica al transformador, el cual puede ser físicamente compacto y no requerir un gabinete especial.
- (F) Celda de tablero de baja tensión.- Esta celda tiene un interruptor principal, el equipo para distribución de baja tensión y en caso necesario contiene espacio para colocar equipo de medición y de control

5.2.1. TRANSFORMADOR

Es un aparato estático que puede transferir energía de un circuito eléctrico de corriente alterna a otro por inducción electromagnética.

Estos circuitos están aislados eléctricamente y acoplados magnéticamente. La transferencia de energía se realiza, transformando la magnitud de la tensión y corriente entre los circuitos.

La figura (5.3) muestra el esquema representativo de un transformador, así como las partes que los componen.

Los transformadores se pueden clasificar como se muestra en la tabla (5.2).

En relación a la capacidad (MVA), los transformadores se clasifican en 2; de Distribución o Potencia, pero esta clasificación la da el fabricante, y está determinada por la corriente nominal máxima que puede manejar.

Cabe señalar que los transformadores monofásicos se pueden conectar de tal manera que funcionen como si fuera un transformador trifásico, obteniéndose manejo más fácilmente de la carga.

FIG. (5.3) ESQUEMA REPRESENTATIVO DE LAS PARTES QUE COMPONEN A UN TRANSFORMADOR MONOFASICO

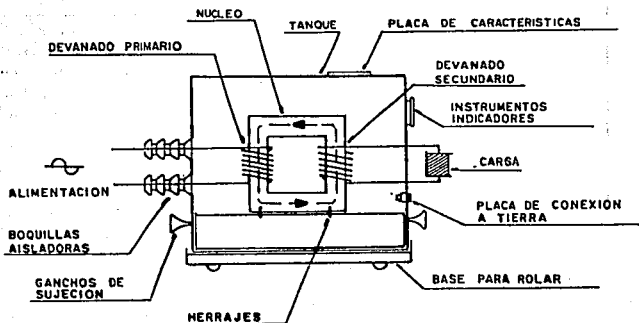


TABLA (5.2) CLASIFICACION DE TRANSFORMADORES

CLASIFICACION POR TIPC		CARACTERISTICAS
i) Número de Fases	Monofásicos	Eléctricamente solo aceptan una fase, tanto en el primario como en el secundario
	Trifásicos	Se conectan 3 fases en el primario y en el secundario
ii) Tipo de núcleo	Columna	El núcleo
	Acorazado	
iii) Tipo de enfriamiento	OA	Enfriado por aceite y aire
	OA/FA	Igual al OA pero se le añaden ventiladores (se utiliza para capacidades mayores a 10 MVA)

TABLA (5.2) Continuación

iii) Tipo de enfriamiento (continuación)	FOA	Tipo OA pero se hace recircular el aire a través de una bomba
	OW	Enfriado por aceite y agua que circula en serpentines
	AA	Denominado tipo seco, pues el enfriamiento se hace a través del medio ambiente, como el aire (tensiones 220, 400, 1000 - Volts y capacidades no mayores a 10 KVA).
	AFA	Igual al anterior, pero se le añaden ventiladores (para altas temperaturas)

Otra ventaja, es que hay mayor continuidad en el servicio y se pueden operar a más altas tensiones.

Las desventajas son el alto costo y el espacio que ocupan.

Para especificar un transformador se deben presentar los siguientes datos:

(a) Capacidad del transformador en KVA's. Este valor en si representa la capacidad de la S.E. y está determinada por la carga total instalada y futura a manejar. La forma de determinar este valor se verá en el apartado 5.3

(b) Número de fases y tipo de conexión. En instalaciones industriales el No. de fases son 3, es decir un sistema trifásico; esto se debe a las numerosas cargas trifásicas existentes, como son los motores.

La determinación de si el equipo de transformación por instalar debe ser banco de transformadores monofásicos o trifásicos, así como su tipo de conexión debe ajustarse a nuestras necesidades tanto técnicas como económicas, como son:

- .La tensión que se utilizara
- .La capacidad requerida en MVA's
- .La capacidad en continuidad requerida

.El espacio destinado

.El presupuesto económicamente disponible, etc.

(c) Frecuencia de operación. En nuestro país es de 60 ciclos por segundo.

(d) Tensión de operación, clase de aislamiento. La tensión en el lado secundario estará en función de la carga a aumentar, mientras que la tensión en el lado primario quedará determinada por la tensión de voltaje seleccionado previamente para el sistema.

Los factores que afectan la selección de este voltaje son:

- Los voltajes de servicio disponibles de la Cía. suministradora, así como sus costos
- La magnitud de la carga y sus tensiones requeridas
- La distancia que debe ser llevada la energía
- Confiabilidad y seguridad de la tensión solicitada a la Cía. suministradora

Las terminales de los devanados de un transformador, según su voltaje de operación tiene asignada por norma una clase de aislamiento y con ella se definen las pruebas dieléctricas que dichos devanados deben soportar.

(e) Número de derivaciones y por ciento de cada una. Si se requieren derivaciones se debe tomar en cuenta que: Por norma, el valor de la variación que se obtenga con las derivaciones no debe exceder el 10 % de la tensión nominal.

El número más usual de derivaciones es 4, cada una del $\pm 2.5\%$ del voltaje nominal primario (dos arriba y dos abajo de dicho voltaje).

(f) Operación del transformador sobre el nivel del mar. Este dato es importante, ya que a medida que se aumenta la altura sobre el nivel del mar, el aire se enrarece, tiene menor densidad, se ioniza

y rompe a tensiones menores y su capacidad de disipación térmica se abate. Todos estos factores aumentan el tamaño y peso del transformador.

(g) Y otros aspectos que estarán en función del montaje, - instalación y transporte del mismo.

5.2.2. FUSIBLES DE ALTA TENSION

Es el dispositivo encargado de proteger contra el corto circuito y sobrecarga al transformador. Sus principales ventajas son:

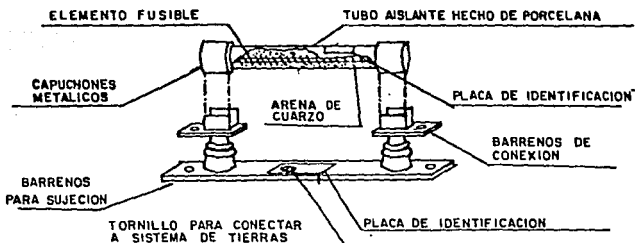
- .Funcionamiento rápido
- .Seguridad
- .Posibilidad de cambio del elemento fusible
- .Tamaño reducido

Se utilizan en combinación con los interruptores de alta tensión, se montan sobre 2 apoyos de material aislante -resina epoxi ca araldit, entre otras- que van colocados encima de una base metálica.

Las partes que componen a un fusible de alta tensión se muestran en la figura (5.4).

La selección del elemento fusible, se determina según la corriente nominal y la tensión de servicio.

FIG.(5.4) ELEMENTOS QUE COMPONEN UN FUSIBLE DE ALTA TENSION



5.2.3 INTERRUPTOR DE ALTA TENSION

Es un dispositivo de protección que se diseña para interrumpir o restablecer la continuidad de un circuito electrico cuando es provocado por alguna o algunas de las siguientes causas:

- .Operaciones a voluntad
- .Fallas de corto circuito
- .Sobre voltajes o bajo voltajes
- .Fallas de fase
- .Sobrecargas

En forma general los interruptores se pueden clasificar como se muestra en la tabla (5.3).

TABLA (5.3) CLASIFICACION GENERAL DE INTERRUPTORES

Interruptor	Tipos y Características
.Baja capacidad	Medio dielectrico es el aire
.Alta capacidad	a) Medio dielectrico es el aceite b) Medio dielectrico es el aire a presión

Esta clasificación se basa principalmente en la capacidad del interruptor para poder soportar y manejar la magnitud del arco eléctrico que se genera entre los polos, en el momento en que son separados o unidos.

Un tipo de interruptor de baja capacidad se muestra en la figura (5.5). Este interruptor opera bajo carga y está provisto de fusibles de alta capacidad interruptiva para poder asegurar la protección contra corto circuito, así como también se le acoplan relevadores que aseguran su funcionamiento en caso de sobrecarga, ver gráfica (5.1).

El funcionamiento mecánico se basa en la energía almacenada de un resorte, el cual asegura una gran rapidez de desconexión. Esta velocidad de desconexión ocasiona aire bajo presión quedando de esta forma asegurada una interrupción efectiva y una extinción del arco -

en un tiempo breve.

Otro tipo de interruptor, pero de alta capacidad es el que se muestra en la fig. (5.6). Este interruptor es del tipo de potencia en pequeño volumen de aceite, los cuales son aparatos tripolares, compuestos de 3 polos iguales colocados sobre una carretilla de hierro o un chasis estacionario.

Los polos del interruptor estan desconectados entre si con palancas y un mecanismo de operaci3n que efectúa la conexi3n y desconexi3n del interruptor.

Cada polo está compuesto de un cilindro aislante de gran resistencia mecánica. Esta envoltura aisladora está llena de aceite, la fig. (5.7) muestra un corte de este cilindro.

FIG. (5.5) INTERRUPTOR DE BAJA CAPACIDAD

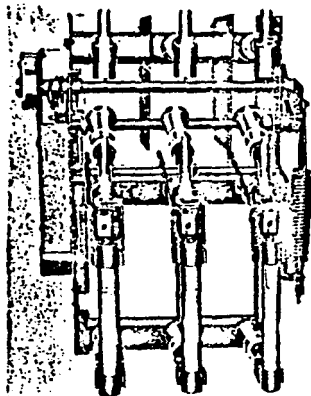


FIG. (5.6) INTERRUPTOR DE ALTA CAPACIDAD EN PEQUEÑO VOLUMEN
DE ACEITE

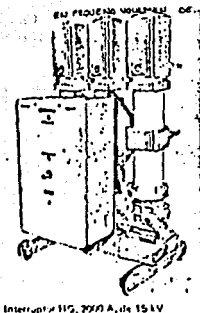
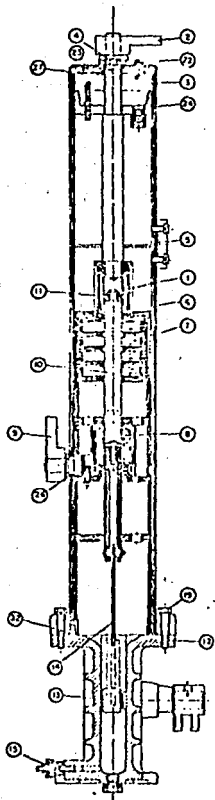


FIG. (5.7) CORTE DE POLO DEL
INTERRUPTOR 1250 A

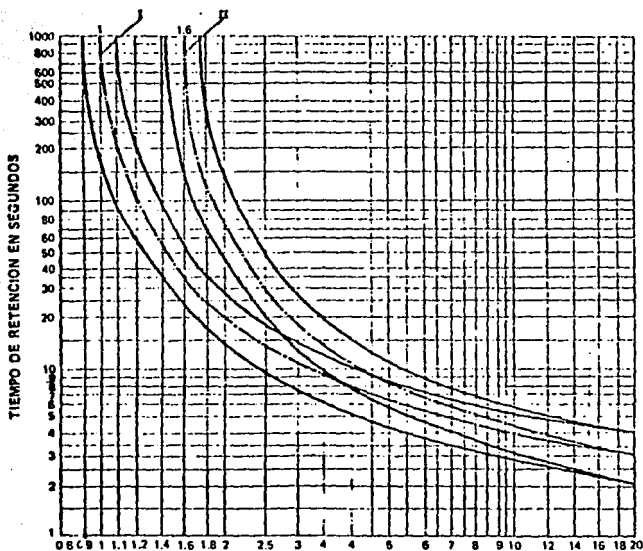
1. Contacto fijo superior
2. Terminal superior
3. Antecámara
4. Tapón para la carga de aceite
5. Indicador del nivel de aceite
6. Cilindro aislante
7. Cámara para la extinción del arco
8. Contactos inferiores.
9. Terminal inferior
10. Varilla de contacto móvil
11. Punta de varilla de contacto
12. Armazón del mecanismo
13. Eje de transmisión
14. Palanca de unión
15. Grifo para la descarga de aceite
19. Tornillo
22. Pieza de fijación
23. Tapa aisladora
24. División
26. Empaque de hule
27. Empaque de hule
32. Empaque de hule



GRAFICA (5.1) CURVAS DE TIEMPO DE RELEVADOR

CURVAS DE TIEMPO DE RELEVADOR RYE-4A.

I Botón en la posición 1.
II Botón en la posición 1.6.



Multiplíquelo por $\ln(C)$.

— Valor promedio
- - - Tolerancia por temperatura ambiente.

I_n : Corriente nominal de relevadores 0.4 a 160A.
 I_r : Corriente de ajuste de relevadores de 1.0In a 1.6In.
 Consumo (para I_n): 5VA.
 Peso del relevador: 500 gr.

Ejemplo de como debe ser probado un relevador con corriente nominal de 10A:
 I_n -10A, Posición de botón: 1.0 x I_n , para 20A, C-2, t-14 28 seg.
 I_n -10A, Posición de botón: 1.6 x I_n , para 20A, C-2, t-45-148 seg.

El funcionamiento radica principalmente en la cámara de extinción. A medida que se desconecta y sale el contacto móvil se va creando una circulación de aceite entre las diferentes subcámaras que componen la cámara principal de extinción. Al alcanzar el contacto móvil su máxima carrera, el aceite que circula violentamente extingue el arco por completo.

Estos interruptores también se pueden equipar con relevadores de sobre corriente.

Para especificar un interruptor se deberán proporcionar los siguientes datos:

- a.-Tensión nominal de operación.-Es el voltaje normal de operación
- b.-Corriente nominal de operación.-Es la corriente normal de operación
- c.-Corriente de ruptura en KA.-Es el valor de corriente de C.C.
- d.-Capacidad de ruptura en MVA.-Es la potencia de interrupción a una corriente de ruptura
- e.-Capacidad de ruptura para 5 seg. de duración de falla

5.2.4 CUCHILLAS (O DESCONECTADORES)

Son los dispositivos destinados a abrir o cerrar en aire un circuito, solamente después de que sea desconectada la carga por algún otro medio, pero que pueden tener potencial aplicado en el momento de su operación.

En forma general se puede decir que se tienen 2 tipos de cuchillas:

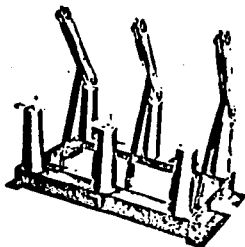
- 1.-De paso o seccionadas.-Sirven para aislar totalmente la subestación del sistema alimentador. Pueden ser accionados en forma individual o en grupo (más comúnmente utilizada).
- 2.-Cuchillas de prueba.-Constituida por 6 cuchillas unipolares o 2 juegos de cuchillas de operación en grupo. Uno de los juegos

lo emplea la compañía suministradora para conectar su equipo de medición y el otro para conectar los transformadores y aparatos necesarios para verificar en un momento dado la exactitud de este equipo sin tener que interrumpir el servicio.

La figura (5.8) muestra en forma general un tipo de cuchillas tripolares para servicio interior, así como los elementos que la componen.

En general las cuchillas pueden tener mecanismos de bloque como se mencionó en el punto 5.3

FIG. (5.8) CUCHILLAS TRIPOLARES



La selección de cuchillas deberá hacerse de acuerdo con el voltaje de trabajo y la corriente en el lado de alta tensión, y ver si es para interior o intemperie.

5.2.5 APARTARRAYOS

Es el aparato o dispositivo que se emplea para proteger al transformador contra el efecto de ondas de sobretensión que se producen tanto por descargas atmosféricas, directas o cercanas a la subestación, como por la operación de dispositivos de conexión y -

desconexión.

Los apartarrayos operan cuando se presenta una sobretensión de determinada magnitud, descargando la corriente a tierra. Su principio general de operación se basa en la formación de un arco eléctrico entre dos explosores cuya separación está determinada de antemano de acuerdo con la tensión a la que va a operar.

Cabe señalar que la función del apartarrayo no es eliminar las ondas de sobretensión presentadas durante las descargas atmosféricas, si no limitar su magnitud a valores que no sean perjudiciales para el equipo instalado.

El apartarrayo para su máxima eficiencia debe ser instalado lo más próximo al transformador.

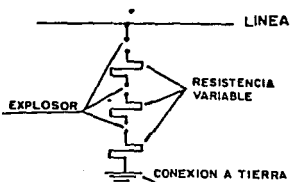
La figura (5.9) muestra los tipos de apartarrayos, así como su conexión.

La forma de definir el apartarrayo por aplicar, dependerá del voltaje de operación de nuestra subestación sea con neutro con o sin aterrizar -ver tabla (5.4)-.

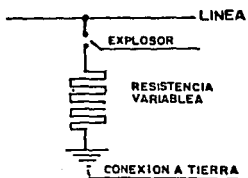
Circuito con neutro sin aterrizar.-Son aquellos en que el neutro está aislado o está aterrizado a través de un neutralizador de falla a tierra o a través de resistencia o reactancia de alto valor.

FIG.(5.9) TIPOS DE APARTARRAYOS

APARTARRAYO TIPO AUTOVALVULAR



APARTARRAYO DE RESISTENCIA



TABLA(5.4) TABLA DE SELECCION DE APARTARRAYOS PARA PROTECCION DE TRANSFORMADORES QUE OPERAN EN ALTURA MAXIMA DE 1830 m. SOBRE EL NIVEL DEL MAR

Voltaje nominal del apartarrayo KV	Voltaje de Circuito (KV)	
	Circ.con neutro no aterrizado	Circuito con neutro aterrizado
3	2.40	4.16
6	4.80	7.20
9	7.20	12.47
12	11.20	13.20
15	13.20	18.00
20	18.00	23.00
25	23.00	27.60
30	27.60	34.50
37	34.50	- - -
40	- - -	46.00
50	46.00	57.50
60	57.50	69.00
73	69.00	- - -
79	- - -	92.00
97	92.00	115.00
109	- - -	138.00
121	115.00	138.00

Circuitos con neutro aterrizado.-En estos circuitos y bajo cualquier condición de operación, el apartarrayo siempre estará permanente y solidamente aterrizado.

5.3. DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE UNA SUBESTACION ELECTRICA

La determinación de la capacidad de una S.E. es en esencia la determinación de la capacidad del transformador o transformadores que la constituirán, para ello será necesario dar las siguientes definiciones:

5.3.1 DEFINICIONES

.Carga Instalada (C.I.) Suma de las potencias nominales de los aparatos y equipos que se encuentran conectados en una area determinada de la instalación y se expresa generalmente en KVA o KW.

.Carga Demandada (C.D.) Es la potencia que consume la carga, medida por lo general en intervalos de tiempo (por ejemplo 1 hora) expresada en KW o KVA a un factor de potencia determinado

.Demanda Maxima (D.max.) Es la máxima demanda que se tiene en una instalación o en un sistema durante un periodo de tiempo especificado por lo general en horas.

.Factor de Demanda(F.D.) Es el cociente de la demanda máxima de un sistema y la carga instalada en el mismo.

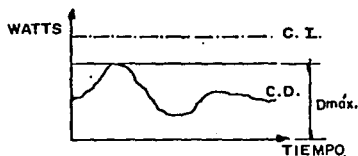
$$F.D. = \frac{D. \max.}{C.I.} \left[\frac{KW}{KW} \right]$$

.Factor de Diversidad (F.D.D.) Es el cociente de la suma de las demandas maximas individuales en las distintas partes de un sistema o la instalación y la demanda máxima del sistema o instalación.

$$F.D.D. = \frac{\sum_{i=1}^n D. \max. i}{D. \max. \text{del sistema}}$$

-Ver fig.(5.10)-

FIG.(5.10) REPRESENTACION DEL COMPORTAMIENTO DEL CONSUMO DE UNA INSTALACION ELECTRICA DETERMINADA



5.3.2 CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR

La capacidad nominal de un transformador se define, como los KVA que su devanado secundario es capaz de operar por un tiempo especificado bajo condiciones de tensión y frecuencia de diseño, sin que la temperatura promedio de un devanado exceda de 65°C, sobre una temperatura promedio de 30°C y máxima de 40°C.

Es importante calcular en forma correcta los KVA de transformación que se necesita, pues en caso contrario se llegará a la situación de tener capacidad ociosa, lo que representa valores altos de corriente de excitación y una capacidad no amortizable, ambos representan pérdidas para el usuario.

La forma de calcular los KVA de transformación (KVAT), será según indica la siguiente ecuación:

$$KVAT = C.I. \left(\frac{F.D.}{F.D.D.} \right)$$

Cabe señalar que muchas veces un sistema que usa 2 subestaciones (transformadores) por ejemplo de 750 KVA, será menos caro que un sistema que usa una subestación (transformador) de 1500KVA; sin embargo cabe mencionar que el espacio disponible para estas subestaciones imposibilita muchas veces esta opción. Pero a pesar de ello se debe hacer un análisis tanto técnico como económico antes de tomar una decisión.

5.4 CORRECCION DEL FACTOR POTENCIA

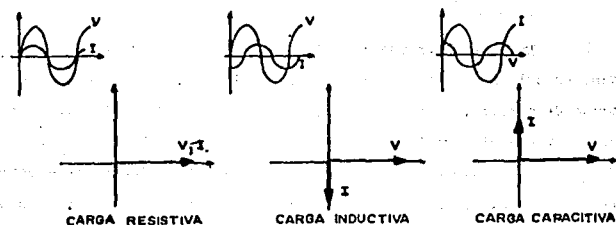
5.4.1 FACTOR POTENCIA

Como sabemos en un circuito eléctrico la carga puede ser cualquiera o una combinación de los siguientes tipos: Resistiva, Inductiva o Capacitiva.

Los efectos que producen el voltaje y corriente se muestra

en forma representativa por vectores en la figura (5.11)

FIG.(5.11) COMPORTAMIENTO DE LA TENSION Y CORRIENTE SEGUN EL TIPO DE CARGA



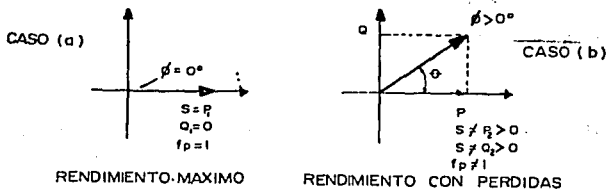
Como se observa solo en el tipo de carga resistiva, el voltaje y la corriente está en fase y alcanzan sus máximos en el mismo tiempo, cosa que no sucede con los otros 2 tipos de cargas:

Tanto en el tipo de carga capacitiva como inductiva existe un desfase entre voltaje y corriente que está representado por el ángulo que separa dichos vectores.

Al coseno del ángulo que existe entre el voltaje y la corriente se le denomina Factor de Potencia.

Este factor representa qué tanta energía que suministra la Cía. generadora, se aprovecha para hacer funcionar al equipo instalado. Mientras que la energía restante se pierde en efectos reactivos -ver fig. (5.12)-.

FIG.(5.12) COMPORTAMIENTO DE LA POTENCIA SEGUN EL f.p. DE LA CARGA



S = Potencia suministrada (aparente)

P = Potencia real consumida

Q = Potencia reactiva consumida

fp = Factor de potencia

En general en una instalación eléctrica la carga que predomina es del tipo resistivo-inductivo, debido a la instalación eléctrica de motores, lámparas fluorescentes, equipo de ventilación, etc. por lo tanto el factor de potencia que se tiene es bajo. Este bajo factor de potencia provoca un aumento de la intensidad de la corriente que se refleja en caídas de tensión en líneas abastecedoras de electricidad, que de persistir las obligaría a aumentar la capacidad de sus plantas generadoras, transformadoras y líneas. Es por ello que la Cía. suministradora exige que el valor mínimo sea del 85 %, es decir:

Factor de Potencia \geq 0.85

Ya que de otra forma implicaría un sobreprecio por el servicio prestado, este sobreprecio se determina de la siguiente forma:

$$\text{Factor de Sobreprecio} = \frac{\text{Factor de potencia mínimo permitido (0.85)}}{\text{Factor de potencia medio}}$$

Costo total de servicio = (Factor de sobreprecio) (Facturación Normal) - -

De esta manera podemos decir que las ventajas de mantener el factor de potencia a un valor aceptable (mínimo de 0.85) son:

- La reducción de pagos de la Cía. suministradora
- Aumento en la instalación
- Disminución de las pérdidas (por calentamiento y/o caída de tensión)

5.4.2 DETERMINACION DEL FACTOR DE POTENCIA (f.p.)

Como sabemos, dentro de una instalación eléctrica se encuentran conectadas cargas de alumbrado, contactos y fza. (motores principalmente). Cada una de estas cargas varían con respecto a su factor de potencia (f.p.), lo que origina que se tenga una serie de valores diferentes de f.p.

Para determinar un f.p. que represente al total de la instalación se puede proceder de 2 formas:

1.-Realizando la medición directamente a la instalación, aunque es la forma más real y precisa, se requiere que la instalación de la planta esté ya hecha.

2.-Calculando un f.p. promedio, es lo suficientemente preciso para la mayoría de los cálculos a realizar.

Este método consiste en multiplicar la potencia de cada carga W_i por su factor de potencia $f.p._i$ correspondiente; posteriormente se hace la suma de todos estos productos y se divide entre la suma de todas las potencias de esas mismas cargas, es decir:

$$f.p. \text{ promedio} = \frac{\sum_{i=1}^n W_i \times f.p._i}{\sum_{i=1}^n W_i}$$

5.4.3 CORRECCION DEL FACTOR DE POTENCIA UTILIZANDO CAPACITORES

Como hemos dicho, el factor de potencia resultante en una instalación eléctrica puede ser bajo (menor a 0.85). Existen dos formas para corregir y elevar este f.p. :

- 1.-Utilizando motores sincronos sobreexcitados
- 2.-Utilizando bancos de capacitores

Los bancos de capacitores son más económicos, de fácil instalación, mantenimiento mínimo y de bajas pérdidas, por ello son los más usados. Estos capacitores se fabrican en capacidades relativamente pequeñas, pero unidas en bancos pueden dar el valor de la

capacidad requerida.

El valor del banco de capacitores se obtiene de la tabla (5.5) tomando como base el factor de potencia total de la instalación (f.p. promedio), el factor de potencia al cual se desea corregir y el valor de la carga total instalada.

TABLA (5.5) CORRECCION DEL f.p.

Factores de multiplicación por carga KW para obtener KVA capacitativos, necesarios para corregir al f.p. deseado.						
f.p. promedio	f.p. deseado (corregido)					
%	100%	95%	90%	85%	80%	75%
50	1.732	1.403	1.247	1.112	0.982	0.850
52	1.643	1.314	1.158	1.023	0.893	0.761
54	1.558	1.229	1.073	0.938	0.802	0.676
55	1.518	1.189	1.033	0.898	0.768	0.636
56	1.479	1.150	0.994	0.859	0.729	0.597
58	1.404	1.075	0.919	0.784	0.654	0.522
60	1.333	1.004	0.848	0.743	0.583	0.451
62	1.265	0.936	0.780	0.645	0.515	0.383
64	1.201	0.872	0.716	0.581	0.451	0.319
65	1.168	0.839	0.683	0.548	0.418	0.286
66	1.139	0.810	0.654	0.519	0.389	0.257
68	1.078	0.749	0.593	0.458	0.328	0.196
70	1.020	0.691	0.535	0.400	0.270	0.138
72	0.964	0.635	0.479	0.344	0.214	0.082
74	0.909	0.580	0.424	0.289	0.159	0.027
75	0.882	0.553	0.397	0.262	0.132	
76	0.855	0.526	0.370	0.235	0.105	
78	0.802	0.473	0.317	0.182	0.052	
80	0.750	0.421	0.265	0.130		
82	0.698	0.369	0.213	0.078		
84	0.646	0.317	0.161			
85	0.620	0.291	0.135			
86	0.594	0.265	0.109			
88	0.540	0.211	0.055			
90	0.485	0.166				
92	0.426	0.097				
94	0.363	0.034				
95	0.329					

Ejemplo: Para una carga de 448 KW a f.p.=0.85, la cantidad de KVA-Capacitivos necesarios para corregir el f.p. a 0.90, se obtiene de la tabla tomando el factor 0.135 correspondiente al f.p. promedio del 85% (f.p. promedio = 0.85) y el f.p. deseado de 90%; multiplicando por los KW de carga así:

$$448 (0.135) = 60.5 \text{ KVA Capacitivos}$$

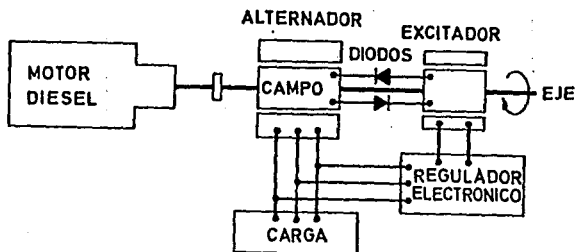
5.5 PLANTA DE EMERGENCIA

Son plantas estacionarias que generan energía eléctrica con una capacidad desde unas cuantas decenas hasta cientos e incluso miles de kilowatts.

Su propósito es dar continuidad al servicio eléctrico cuando falla la energía de suministro. Dependiendo de su capacidad podrá seguir alimentando al 20, 30, 50 ó 100% de la carga conectada.

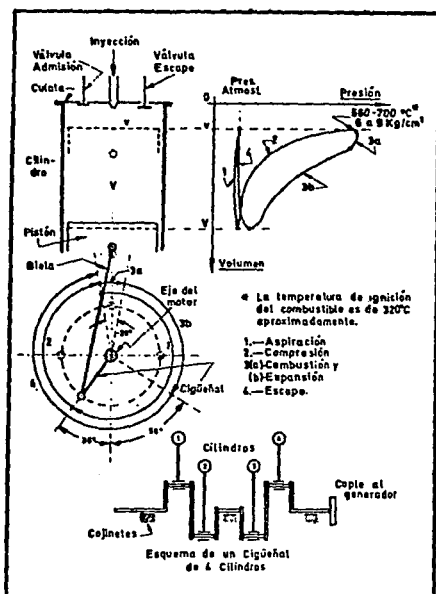
Estas plantas están compuestas por dos máquinas: un motor de combustión interna y un generador de corriente alterna -ver figura (5.13)

FIG. (5.13) COMPONENTES DE UNA PLANTA DE EMERGENCIA



Un motor de combustión interna, es aquel que obtiene su potencial al quemarse un combustible dentro de un cilindro -ver figura (5.14)-. En el cilindro hay un embolo que se mueve y este, a su vez, mediante una biela, hace mover la flecha del motor. El motor más usado por su economía, robustez y confiabilidad es el denominado Motor Diesel.

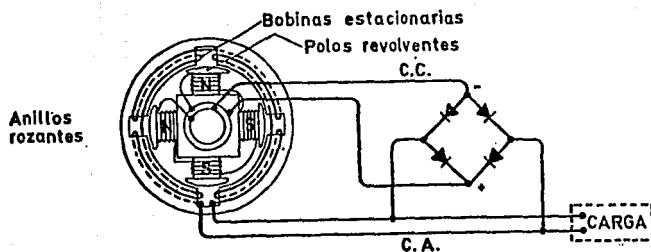
FIG.(5.14) MOTOR DE COMEUSTION INTERNA (CICLO DIESEL)



El generador de corriente alterna o mejor conocido como alternador, basa su funcionamiento en que al girar una espira en un campo magnético, se produce una tensión en los extremos de ésta y en consecuencia una corriente eléctrica.

En los alternadores los devanados donde se produce la corriente son estacionarios y se hace girar el campo o polos magnéticos alimentando con anillos rozantes y escobillas la corriente continua. La corriente continua puede ser producida por baterías, dinamo ó más actualmente, mediante una recalentación y un rectificador de la misma salida del alternador -ver fig.(5.15)-.

FIG.(5.15) GENERADOR DE CORRIENTE ALTERNA (ALTERNATOR)



La regulación del voltaje alterno de salida, se puede realizar a través de un circuito electrónico (estado sólido) que detecta su magnitud y retroalimenta (feed back) al campo excitador, manteniendo dentro de un límite muy razonable las variaciones de voltaje originadas por los cambios de carga.

Para elegir la capacidad de una planta de emergencia se de-

de tomar en cuenta qué tipo y cantidad de carga requiere de un servicio continuo; el tiempo que durará este servicio por parte de la planta, puesto que para 8 horas ó más no debe trabajar con sobrecargas constantes puesto que produce un desgaste más rápido.

Para plantas pequeñas de emergencia que trabajen de 1/2 a 2 horas se pueden presentar sobrecargas de vez en cuando pero se debe considerar que en los motores diesel solo se aceptan sobrecargas entre un 10 y 20% .

Cuando ya se tiene la capacidad de la planta y en base a las tablas del fabricante, se selecciona el motor y generador requeridos -ver tabla (5.6) -.

COMBINACION DE GENERADOR Y MOTOR COMERCIALES PARA TENER UNA POTENCIA REQUERIDA							MARCA	
FRECUENCIA (Hz)	50			60				
ALTURA (m)	0	800	1400	0	800	1400		
POTENCIA REQUERIDA EN KW	ROLLS-ROYCE	30 G	40	40	40	20	30	30
		M	C&N	C&N	C&N	C&N	C&N	C&N
		40 G	50	50	50	40	40	40
		M	C&N	C&N	C&N	C&N	C&N	C&N
		50 G	60	60	60	50	50	50
		M	C&N	C&N	C&N	C&N	C&N	C&N
	60 G	75	75	75	60	60	60	
	M	C&N	C&N	C&N	C&N	C&N	C&N	
	75 G	100	100	100	75	75	75	
	M	C&N	C&N	SP 65 CT	C&N	C&N	C&N	
	100 G	125	125	125	100	100	100	
	M	SP 65 CT	SP 65 CT	SP 65 CT	SP 65 CT	SP 65 CT	SP 65 CT	
125 G	150	150	150	125	125	125		
M	C&T	C&T	C&T	SP 65 CT	SP 65 CT	SP 65 CT		
150 G	175	175	175	150	150	150		
M	C&T	C&T	C&T	C&T	C&T	C&T		
175 G	200	200	200	175	175	175		
M	D-243	D-243	D-243	D-243 ^M	D-243 ^M	D-243 ^M		
200 G	240	240	240	200	200	200		
M	D-243	D-243	D-243	D-243 ^M	D-243 ^M	D-243 ^M		
250 G	300	300	300	250	250	250		
M	D-246	D-246	D-246	D-243	D-243	D-243		
300 G	350	350	350	300	300	300		
M	D-279	D-279	D-279	D-279	D-279	D-279		
350 G	400	400	400	350	350	350		
M	D-279	D-279	D-279	D-279	D-245	D-245		
400 G	500	500	500	400	400	400		
M	D-28*	D-28*	D-28*	D-279	D-279	D-279		
500 G	600	600	600	500	500	500		
M	D-28*	D-28*	D-28*	D-28*	D-28*	D-28*		
750 G	900	900	900	750	750	750		
M	W	W	W	D-289	D-289	D-289		
1000 G	1200	1200	1200	1000	1000	1000		
M	W	W	W	W	W	W		

NOTAS: G = Generador en KW
M = Motor tipo, según el fabricante.
* Puede ser el Rolls Royce C & T.
W = Consultar al fabricante

Datos para la determinación de la capacidad del transformador.

CARGA = FUERZA

SECTOR NO.	CARGA NO.	VA	DEMANDA MAX. SECTOR	DEMANDA MAX. SISTEMA
1	1	8338	74607 VA	63698
2	1	6363	35091 "	
	2	5266		
	3	9412		
	4	9412		
3	1	8776	21062 "	
	2	8776		
	3	8776		
4	1	8776	14026 "	
	2	8776		
5	1	14118	14118 "	

CARGA - ALUMBRADO Y CONTACTOS

SECTOR NO.	CARGA NO.	VA	DEMANDA MAX. SECTOR	DEMANDA MAX. SISTEMA
A	1	26853	27912	312000
	2	1765		
B	1	66024	66024	
C	1	45918	60918	
	2	25000		
D	1	11765	7059	
E	1	44347	46112	
	2	2941		
F	1	67106	67106	
G	1	39997	56233	
	2	27059		
H	1	61665	62317	
	2	1176		
F	1	12412	12412	

RESULTADOS OBTENIDOS UTILIZANDO EL PROGRAMA DE COMPUTADORA

CARGA-FUERZA

Carga instalada 96 789 VA
Factor de demanda 0.66
Factor de diversidad 1.28
KVA demandadas 49.628 KVA

CARGA-ALUMERADO Y CONTACTOS

Carga instalada 434 028 VA
Factor de demanda 0.72
Factor de diversidad 1.39
KVA demandados 239.677 KVA

CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR 289 305 KVA

Por lo tanto la capacidad del transformador principal de la SUBESTACION será de 400 KVA, quedando una reserva para futuro de - 110.695 KVA.

Para la determinación de la carga que deberá alimentar la -
planta de emergencia se cuenta con los siguientes datos:

Tablero	KVA Instalados	KVA Demandados
P	17637	16691
E	52510	51510
H	53550	53150
J	14920	14920
TOTAL	138617	136471

Puede estimarse una planta de 125 KW, ya que la planta solo
trabaja cuando las líneas de servicio fallan, permitiendo una sobre-
carga de:

$$\text{Sobrecarga} = \frac{136471}{125000} - 1 \times 100$$
$$= 9.18 \%$$

Como la planta de emergencia será del tipo diesel, las cua-
les permiten una sobrecarga máxima del 20%, no habrá problema con la
sobrecarga que se manejará en el Centro Comercial.

5.6. ALGORITMO Y PROGRAMA DE COMPUTADORA

El subprograma aquí empleado es el denominado "6.-SUBESTACION ELECTRICA", con el cual es posible determinar la capacidad del transformador principal de la subestación eléctrica.

La carga total que debe alimentar el transformador está compuesta por la suma de 2 partes; el sistema de alumbrado y el sistema de fuerza. A su vez cada sistema está compuesto de varios sectores con varias cargas a alimentar.

En estos programas se requiere de los valores de todas las cargas de cada uno de los sectores que componen el sistema de alumbrado, las demandas máximas por cada sector y la demanda máxima del sistema de alumbrado.

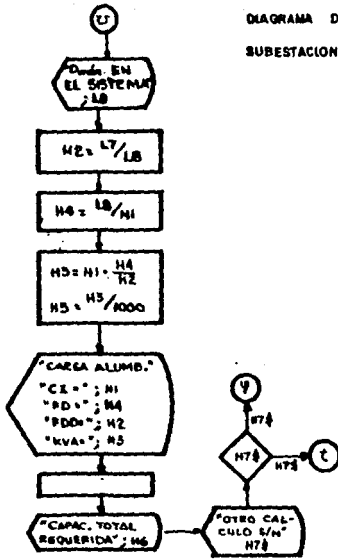
El resultado parcial que se obtiene es el valor de la carga total instalada, el factor de demanda, el factor de diversidad y la carga total (KVA) por alimentar.

Lo anterior se repite para el sistema de fuerza obteniéndose los mismos tipos de resultados.

Finalmente la computadora nos entrega el valor total de la carga que se debe de alimentar, la cual será la suma de las dos anteriores.

Se muestra un ejemplo de aplicación de este programa utilizándolo para determinar la capacidad del transformador que requiere el Centro Comercial.

DIAGRAMA DE FLUJO.
SUBESTACION ELECTRICA



JREM SUBESTACION

```
JREM
JLIST
5990 CLEAR
5995 DS = CHR# (4)
5999 DIM N1(20,20),N2(20),N3(20,
20),N4(20),L1(20),U4(20,20)
6000 HOME : VTAB 3: HTAB 9: INVERSE
: PRINT "VI- SUBESTACION ELE
CTRICA": NORMAL
6020 HTAB 9: PRINT "(CAPACIDAD-T
RANSFORMADOR)"
6080 VTAB 7: PRINT " DETERMINAC
ION DE LA CARGA DE FUERZA": PRINT
: PRINT
6090 U1 = 0: NS = 0
6100 U1 = U1 + 1: PRINT "SECTOR #
? " : U1: U4 = 0: TL = 0
6120 U4 = U4 + 1: PRINT "CARGA #
": U4: INPUT "CAPACIDAD ( VA
) = ? " : I1( U1, U4 )
6130 TL = TL + N1( U1, U4 )
6140 INPUT "OTRA CARGA EN ESTE S
ECTOR (S/N) ? " : U5: IF U5#
" S " THEN GOTO 6120
6150 NS = NS + TL
6160 IF U5# < > " N " THEN GOTO
6140
6180 PRINT : INPUT "EXISTE OTRO
SECTOR (S/N) = " : U6: IF U6#
" S " THEN GOTO 6100
6200 IF U6# < > " N " THEN GOTO
6180
6210 U9 = 0
6220 FOR U7 = 1 TO U1: PRINT "DE
MANDA MAXIMA EN EL SECTOR #
": U7: INPUT "DM ( VA ) = " : U
8: U9 = U9 + U8: NEXT U7
6240 PRINT : INPUT "DEMANDA MAXI
MA EN EL SISTEMA ( VA ) = ?
": NS
6300 N9 = U9 / NS: LL = NS / NS: UN
= NS * LL / N9: NU = UN / 10
00
6320 HOME : VTAB 5: HTAB 7: PRINT
"CARGA DE FUERZA": PRINT : PRINT
: PRINT
6340 VTAB 7: PRINT "CAPACIDAD IN
STALADA = " : NS: PRINT
6345 PRINT "FACTOR DE DEMANDA FD
= " : LL: PRINT
6346 PRINT "FACTOR DE DIVERSIDAD
FDD = " : N9: PRINT
6348 PRINT " CARGA TOTAL
( KVA ) = " : NU
6350 FOR GG = 1 TO 3000: NEXT GG
6355 U2 = 0
6360 HOME : VTAB 5: PRINT "DETER
MINACION DE LA CARGA DE ALUM
BRADO": PRINT : PRINT : PRINT
6370 U2 = 0: H1 = 0
6380 U2 = U2 + 1: PRINT "SECTOR #
": U2: L2 = 0: LT = 0
6400 L2 = L2 + 1: PRINT "CARGA #
": L2: INPUT "CAPACIDAD ( VA
) = ? " : L3( U2, L2 )
6410 LT = LT + L3( U2, L2 )
6420 INPUT "OTRA CARGA EN ESTE S
ECTOR (S/N) ? " : L3: IF L3#
" S " THEN GOTO 6400
6440 IF L3# < > " N " THEN GOTO
6420
6450 H1 = H1 + LT
6460 PRINT : INPUT "EXISTE OTRO
SECTOR (S/N) ? " : L4: IF L4#
" S " THEN GOTO 6380
6480 IF L4# < > " N " THEN GOTO
6460
6490 L7 = 0
6500 FOR L5 = 1 TO U2: PRINT "DE
MANDA MAXIMA EN EL SECTOR #
": L5: INPUT "DM ( VA ) = " :
L6: L7 = L7 + L6: NEXT L5
6520 PRINT : INPUT "DEMANDA MAX.
( VA ) EN EL SISTEMA = ? " : L
8
6560 H2 = L7 / L8: H4 = L8 / H1: H3
= H1 * H4 / H2: H5 = H3 / 10
00
6580 HOME : VTAB 5: HTAB 9: PRINT
"CARGA ALUMBRADO": PRINT
6600 PRINT "CAPACIDAD INSTALADA
( VA ) = " : H1: PRINT
6620 PRINT "FACTOR DE DEMANDA FD
= " : H4: PRINT
6640 PRINT "FACTOR DE DIVERSIDAD
FDD = " : H2: PRINT
6660 PRINT " CARGA TOTAL (
KVA ) = " : H5
6670 FOR PX = 1 TO 3000: NEXT PX
```

```
6680 H6 = NU + H5
6700 HOME : VTAB 5: HTAB 5: PRINT
      "CARGA DE FUERZA (KVA)=";NU
6720 PRINT : HTAB 5: PRINT "CARG
      A DE ALUMB. ( KVA ) = ";H5
6740 VTAB 15: PRINT "CAPACIDAD T
      OTAL REQUERIDA ( KVA ) = "; PRINT
      : HTAB 9: PRINT H6
6760 VTAB 22: HTAB 6: INPUT "DES
      EA OTRO CALCULO (S/N) ? ";H7
      *
6780 IF H7$ = "S" THEN GOTO 600
      0
6800 IF H7$ < > "N" THEN GOTO
      6760
6900 PRINT D$:"RUN MENU "
```

C A P I T U L O VI

PROYECTO ELECTRICO

INTRODUCCION

En este último capítulo se presenta el conjunto de planos que conforman el Proyecto de la Instalación Eléctrica del Centro Comercial.

Los cálculos para la realización de cada uno de estos planos se basaron en los conocimientos técnicos y los programas de computadora que se estudiaron anteriormente en cada capítulo. A continuación se hace una descripción de este conjunto de planos, al cual hemos denominado "PROYECTO ELECTRICO".

6.1 PLANOS DE ALUMBRADO Y CONTACTOS

En estos planos se presenta el número, tipo y disposición de luminarias que se requieren para conseguir un nivel de iluminación acorde a las normas fijadas por la Asociación de Iluminación de

México.

Este alumbrado es del tipo general y general localizado está compuesto por lámparas de aditivos metálicos, fluorescentes e incandescentes. Se considera que tienen un factor de demanda del 100%.

Existen salidas de contactos para incrementar este alumbrado sobre todo en aquellas zonas que se requiera un tipo de sistema de alumbrado suplementario.

Los contactos también alimentan a otras cargas del tipo portátil y cajas registradoras, el factor de demanda será del 60%.

6.2 TRAYECTORIA DE ALIMENTADORES E INSTALACION DE FUERZA

En estos planos se señalan las trayectorias de los conductores que alimentan a los tableros de distribución de alumbrado, contactos y fuerza.

También se muestra la instalación eléctrica de fuerza: Motores y salidas especiales.

Los motores de los elevadores, equipo de bombeo, cisterna y salida especial para refrigeración se considera que deberán ser alimentados en forma continua, de ahí que se les da un servicio continuo (preferencial).

Para facilitar los cálculos se ha considerado que estas cargas tienen un factor de potencia entre 0.83 y 0.85 con factor de demanda variable según el servicio que presenten.

6.3. SISTEMA DE TIERRAS Y PARARRAYOS

El sistema de tierras y pararrayos se diseñó para proteger al equipo y personal que están ubicados en la subestación eléctrica; toda la tienda estará protegida contra descargas eléctricas atmosféricas.

cas a través del sistema de pararrayos, el cual fué diseñado por recomendaciones del fabricante el cual señala que el número necesario de electrodos puesta a tierra será de 2 por los primeros 75mts. de perímetro inicial y uno ó más por cada 35 mts. adicionales de perímetro.

Se señaló además que las puntas receptoras se deberán ubicar en las partes más altas del edificio con un espaciamento máximo de 7 a 10 mts. entre estas puntas a todo lo largo del perímetro. En la parte central de la azotea no deberá haber espacios con un radio de 7 a 8 mts. en caso de existir se deberán de instalar puntas adicionales.

6.4. SUBESTACION ELECTRICA Y PLANTA DE EMERGENCIA

El servicio que se brindará e instalará para el centro comercial será de 2 tipos, uno proporcionado por la Cía. de Luz y Fuerza - el cual llega a una tensión de 23 KV 3 fases, 60Hz a la subestación eléctrica la cual transformará a 220 Volts, 60Hz. A este tipo de servicio se le denomina "normal".

El otro tipo de servicio es el que proporcionará la planta de emergencia, la cual será instalada por el fabricante, su servicio se denomina "preferencial", ya que únicamente estará en funcionamiento cuando el servicio "normal" falle. La carga que comprende este servicio será para agilizar el tráfico, vigilancia y servicios importantes (cajas registradoras, refrigeración y equipo de bombeo).

6.5. CUADROS DE CARGA Y DIAGRAMA UNIFILAR

En este plano se muestra la distribución y tipos de cargas - que comprenden cada uno de los tableros, así como el servicio que presta (normal o preferencial).

También se muestra el diagrama unifilar general para entender mejor como se está alimentando y distribuyendo la carga.

6.6 DETALLE DE MONTAJE Y ESPECIFICACIONES

En este último plan se señala la simbología que se emplea - en los planos, así como también las características generales para el montaje y especificaciones del equipo.

CONCLUSION

El desarrollo de este trabajo de tesis se guió por dos ejes principales, el primero era manejar la información de tal manera que sea común y accesible a personas relacionadas con el área, con lo cual se intentó proporcionar un marco previo para que el futuro proyectista tenga las bases necesarias que se requieren para que realice su labor.

El segundo eje (y más importante) fué el mostrar que cuando se elabora un proyecto eléctrico realizando los cálculos que son repetitivos, engorrosos y complejos, por medio de computadora nos permite tener un ahorro de tiempo dedicado a dichos cálculos. Lo cual es importante por que nos permite desarrollar nuestra creatividad para generar ideas que corrijan y mejoren el Proyecto Eléctrico.

Por tanto y para finalizar podemos decir que la utilización de estos programas de computadora son útiles puesto que representan una herramienta idónea para agilizar y simplificar los procesos de cálculo, además de que nos permite repetir cuantas veces queramos los cálculos, dándole variantes que nos ayuden a visualizar el comportamiento que siguen al modificar una u otra variable.

Sugerimos que estos programas sean complementados y perfeccionados para hacer más óptimo el uso de la microcomputadora.

La realización de un archivo de datos es uno de los elementos que se requieren para mejorar estos programas, dándole al proyectista la confianza y apoyo para no manejar gran cantidad de ecuaciones, tablas, valores, etc., lo cual es imposible que tenga siempre presente.

BIBLIOGRAFIA

1.-Instalaciones Eléctricas Prácticas

Ing. D. Onésimo Becerril 1979

2.-Industrial Power Systems

L. Eseman; Mc. Graw Hill

3.-Electrical Machines

Siskind; Mc. Graw Hill 1959

4.-Guide For Safety In

Substation Grounding

IEFE Norma 80 1976

5.-Manual de Diseñc de Redes de Tierra para

Subestación Eléctrica de Potencia

11E 1980

6.-Instalaciones Eléctricas Industriales

Cursc del Centro de Educaci3n Continua 1982

7.-Instalaciones de Puesta a Tierra

Vittorio Re ; Ed. Marcombo 1979

8.-Cálculo de Redes de Tierra

Cía de Luz y Fuerza

9.-Elementos de Diseñc de Subestaciones

Ing. G. Enríquez Harper, Ed. Limuz

10.-Plantas Eléctricas

CEME S.A.

11.-Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas

Ediciones Andrade, S.A. 1977

12.-Informaciones Técnicas de Fabricantes.

Square D. "Fundamentos de Control para Motores"

13.-Catálogos: Conductores Eléctricos

Siemens. "Catálogo Baja Tensión."

Energomex

Focos, S.A.

Burndy

Crouse Hinds Domex, S.A.

Holophane

Cadweld

14.-Industrial Power Systems

Hand Bock

Mc. Graw Hill Beeman

15.-Redes de Tierras

Cía. de Luz y Fuerza

16.-Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas

Parte 1, Utilización de la Energía Eléctrica

Dirección General de Normas 1981

17.-Manual de Instalaciones Eléctricas Residenciales
e Industriales.

Ing. E. Harper 1980

18.-Información Técnica de:
Ingeniería Eléctrica Industrial-

2

3

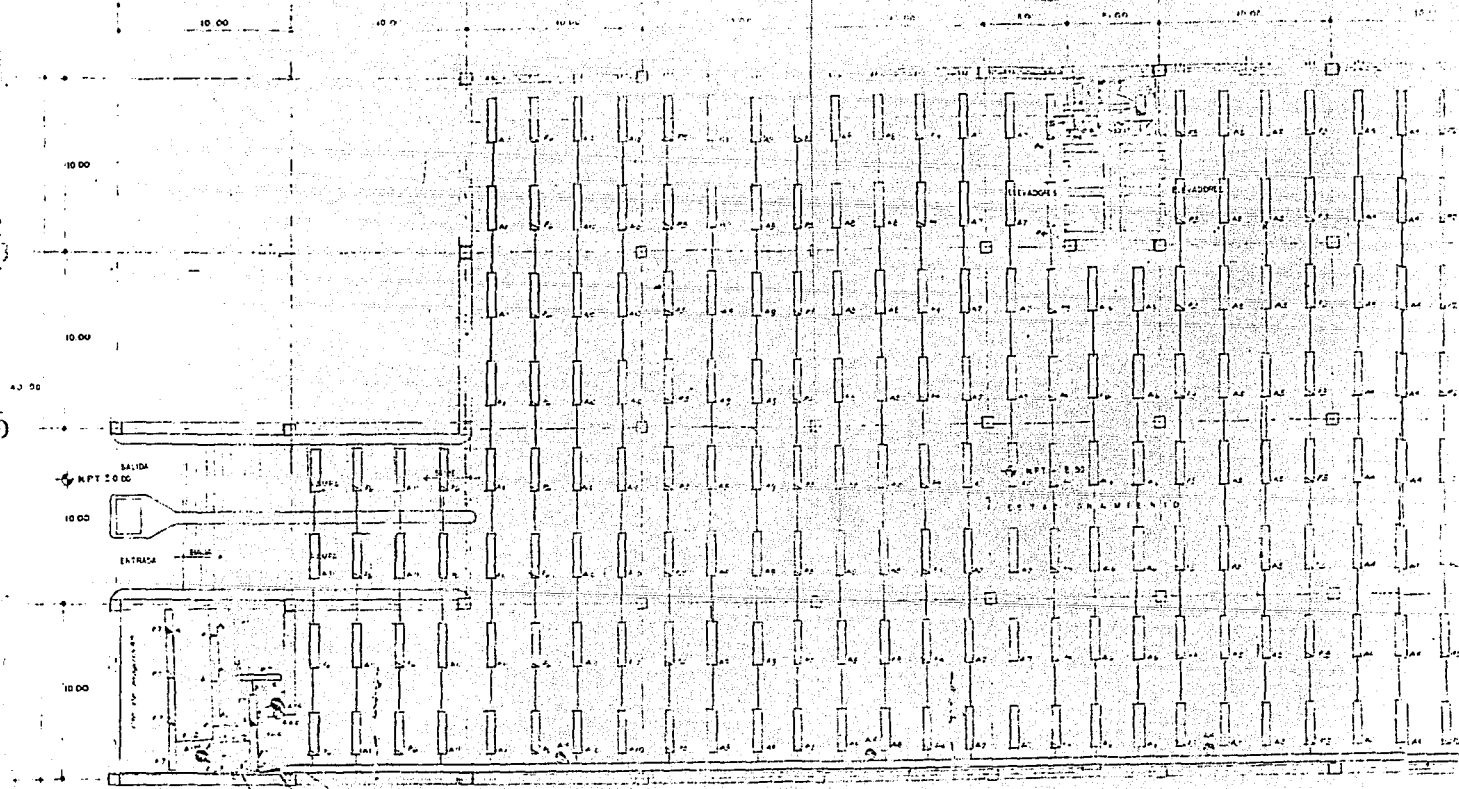
4

6

7

8

10



PLANO DE DETALLE
 PLANO DE DETALLE
 PLANO DE DETALLE

PLANO DE DETALLE
 PLANO DE DETALLE
 PLANO DE DETALLE

PLANO DE DETALLE
 PLANO DE DETALLE
 PLANO DE DETALLE

PLANO DE DETALLE
 PLANO DE DETALLE
 PLANO DE DETALLE

PLANO DE DETALLE
 PLANO DE DETALLE
 PLANO DE DETALLE

PLANO DE DETALLE
 PLANO DE DETALLE
 PLANO DE DETALLE

6

7

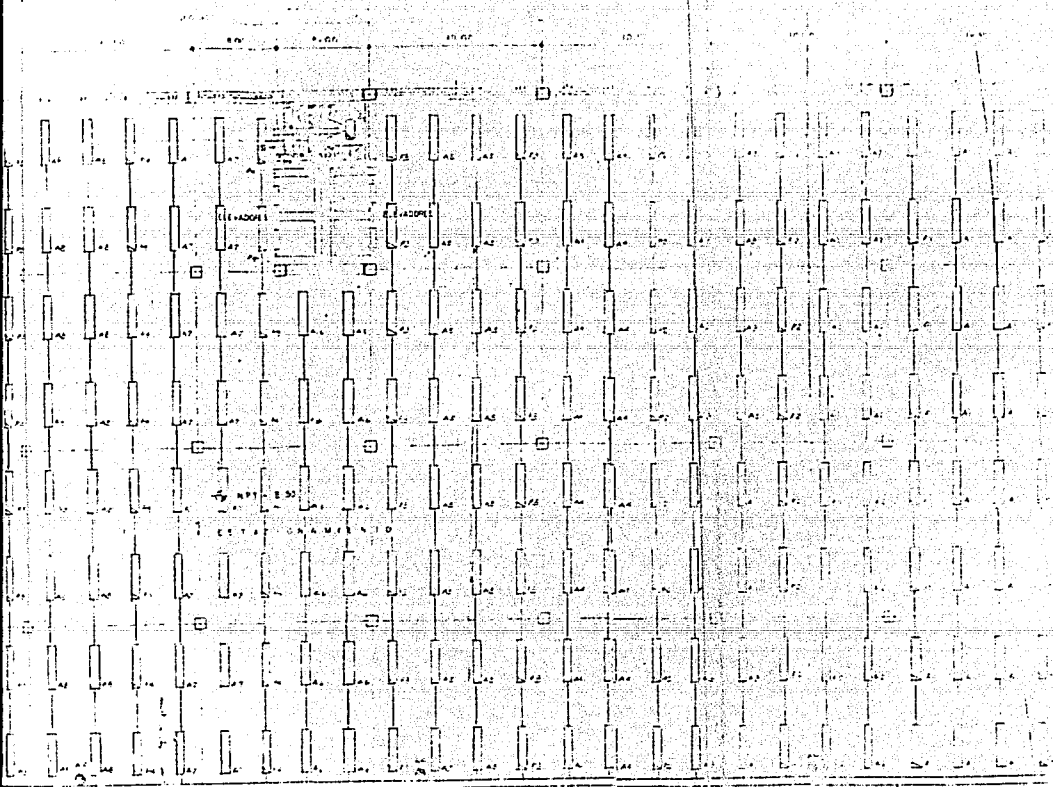
8

10

11

12

13



14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

33

34

35

36

37

38

39

40

41

42

43

44

45

46

47

48

49

50

51

52

53

54

55

56

57

58

59

60

61

62

63

64

65

66

67

68

69

70

71

72

73

74

75

76

77

78

79

80

81

82

83

84

85

86

87

88

89

90

91

92

93

94

95

96

97

98

99

100

101

102

103

104

105

106

107

108

109

110

111

112

113

114

115

116

117

118

119

120

121

122

123

124

125

126

127

128

129

130

131

132

133

134

135

136

137

138

139

140

141

142

143

144

145

146

147

148

149

150

151

152

153

154

155

156

157

158

159

160

161

162

163

164

165

166

167

168

169

170

171

172

173

174

175

176

177

178

179

180

181

182

183

184

185

186

187

188

189

190

191

192

193

194

195

196

197

198

199

200

201

202

203

204

205

206

207

208

209

210

211

212

213

214

215

216

217

218

219

220

221

222

223

224

225

226

227

228

229

230

231

232

233

234

235

236

237

238

239

240

241

242

243

244

245

246

247

248

249

250

251

252

253

254

255

256

257

258

259

260

261

262

263

264

265

266

267

268

269

270

271

272

273

274

275

276

277

278

279

280

281

282

283

284

285

286

287

288

289

290

291

292

293

294

295

296

297

298

299

300

301

302

303

304

305

306

307

308

309

310

311

312

313

314

315

316

317

318

319

320

321

322

323

324

325

326

327

328

329

330

331

332

333

334

335

336

337

338

339

340

341

342

343

344

345

346

347

348

349

350

351

352

353

354

355

356

357

358

359

360

361

362

363

364

365

366

367

368

369

370

371

372

373

374

375

376

377

378

379

380

381

382

383

384

385

386

387

388

389

390

391

392

393

394

395

396

397

398

399

400

401

402

403

404

405

406

407

408

409

410

411

412

413

414

415

416

417

418

419

420

421

422

423

424

425

426

427

428

429

430

431

432

433

434

435

436

437

438

439

440

441

442

443

444

445

446

447

448

449

450

451

452

453

454

455

456

457

458

459

460

461

462

463

464

465

466

467

468

469

470

471

472

473

474

475

476

477

478

479

480

481

482

483

484

485

486

487

488

489

490

491

492

493

494

495

496

497

498

499

500

501

502

503

504

505

506

507

508

509

510

511

512

513

514

515

516

517

518

519

520

521

522

523

524

525

526

527

528

529

530

531

532

533

534

535

536

537

538

539

540

541

542

543

544

545

546

547

548

549

550

551

552

553

554

555

556

557

558

559

560

561

562

563

564

565

566

567

568

569

570

571

572

573

574

575

576

577

578

579

580

581

582

583

584

585

586

587

588

589

590

591

592

593

594

595

596

597

598

599

600

601

602

603

604

605

606

607

608

609

610

611

612

613

614

615

616

617

618

619

620

621

622

623

624

625

626

627

628

629

630

631

632

633

634

635

636

637

638

639

640

641

642

643

644

645

646

647

648

649

650

651

652

653

654

655

656

657

658

659

660

661

662

663

664

665

666

667

668

669

670

671

672

673

674

675

676

677

678

679

680

681

682

683

684

685

686

687

688

689

690

691

692

693

694

695

696

697

698

699

700

701

702

703

704

705

706

707

708

709

710

711

712

713

714

715

716

717

718

719

720

721

722

723

724

725

726

727

728

729

730

731

732

733

734

735

736

737

738

739

740

741

742

743

744

745

746

747

748

749

750

751

752

753

754

755

756

757

758

759

760

761

762

763

764

765

766

767

768

769

770

771

772

773

774

775

776

777

778

779

780

781

782

783

784

785

786

787

788

789

790

791

792

793

794

795

796

797

798

799

800

801

802

803

804

805

806

807

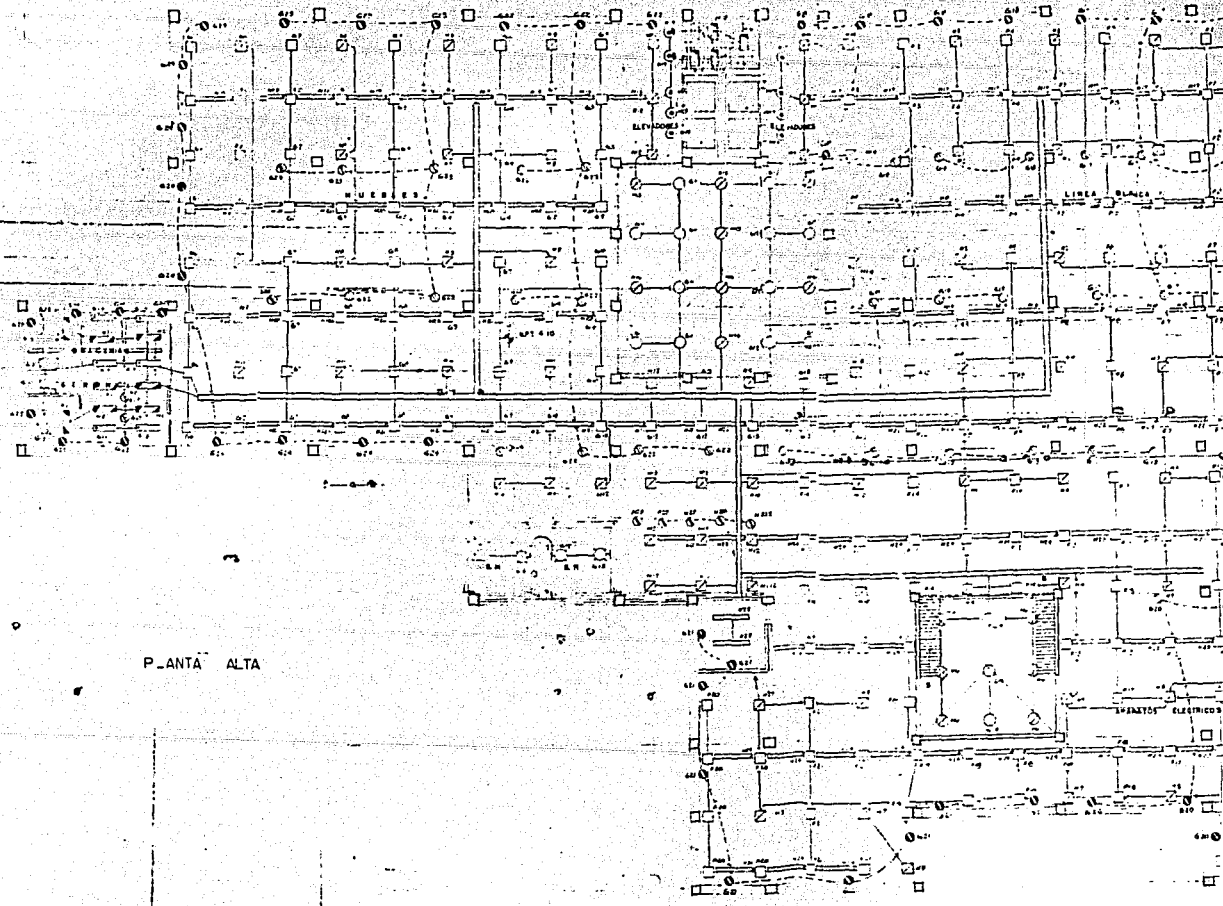
808

809

810

A
B
C
D
E
F
G
I
J
K

3 9 10 11 12



P. ANTA ALTA

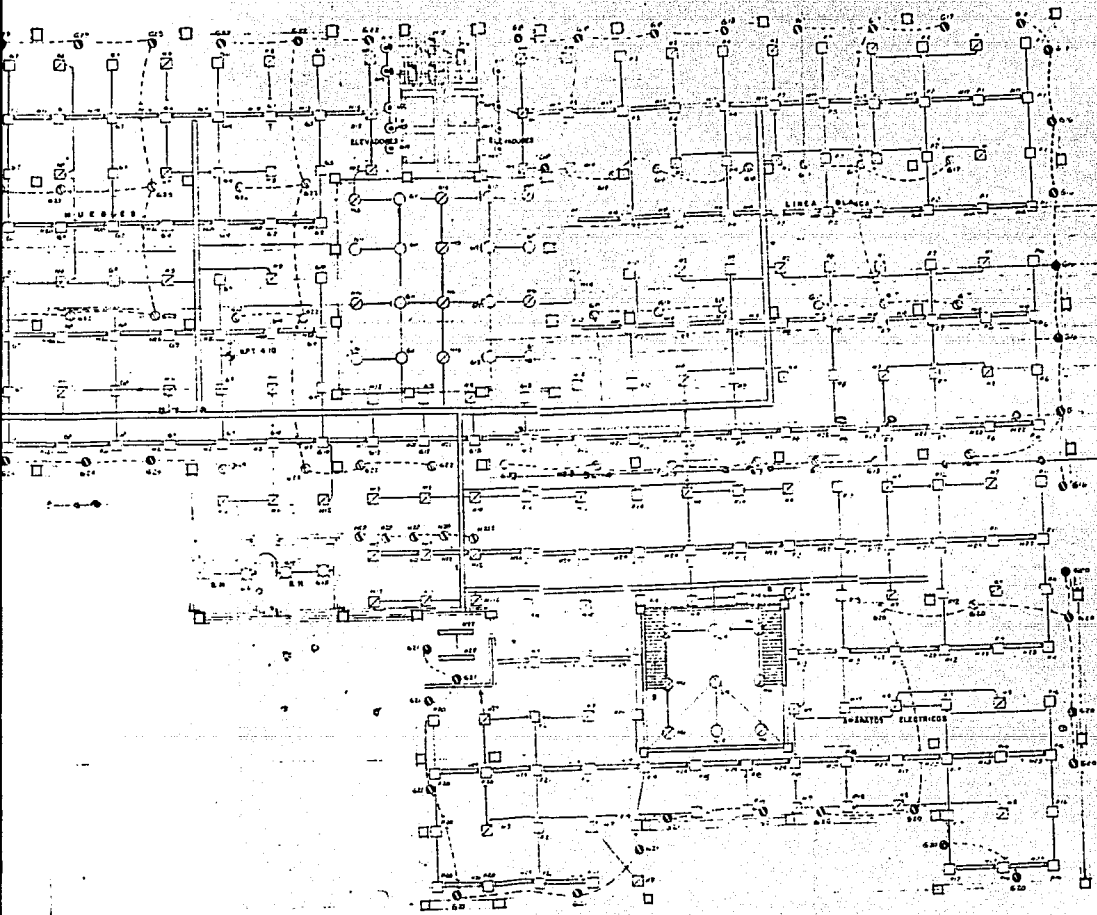
PANELES ELECTRICOS

ESCALERAS

3 9 10 11 12 13



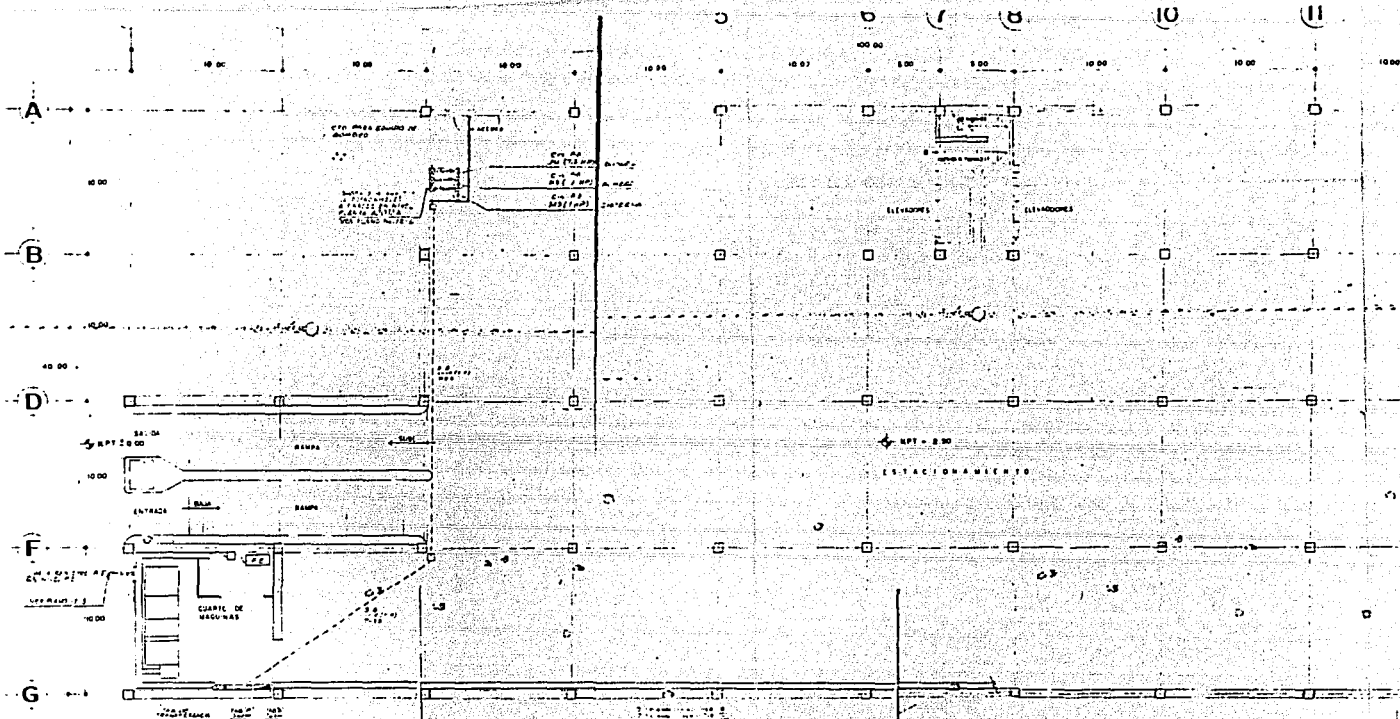
LOCALIZACION



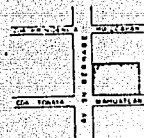
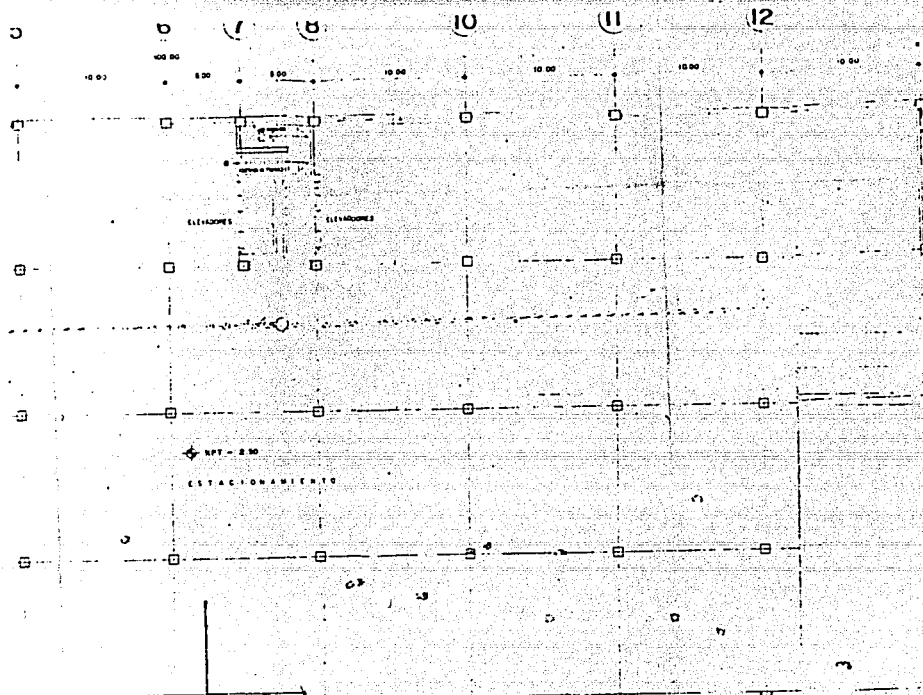
NOTAS
 1. LÍNEA BLANCA EN ALFAB. AL. 10-10
 2. LÍNEA BLANCA Y ALFAB. EN AL. 10-10
 3. LÍNEA BLANCA EN AL. 10-10

AUTORIZACION RECEPCION Y MANTENIMIENTO	
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
ESCUOLA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES PRAGON	
TESIS PROFESIONAL INGENIERIA MECANICA ELECTRICA	
CENTRO COMERCIAL	
INSTALACION ELECTRICA ALUMBRADO Y CONTACTOS	
PLANTA ALTA	
FECHA	10-10-10
ELABORADO POR	INGENIERO
REVISADO POR	INGENIERO
APROBADO POR	INGENIERO
FECHA	10-10-10

IE-3



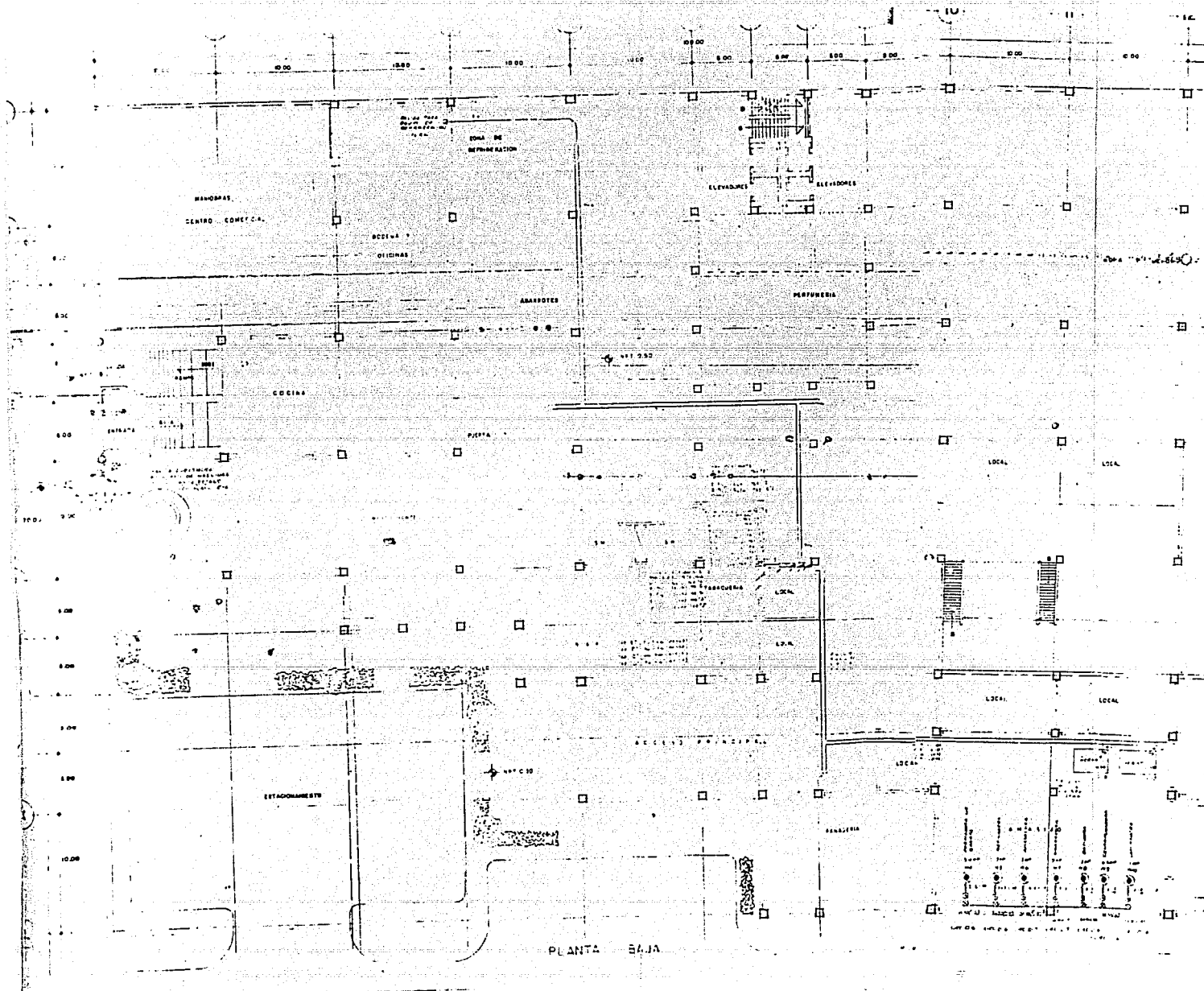
PLANTA DE ESTACIONAMIENTO,
SOTANO.



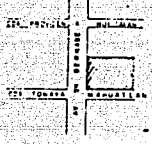
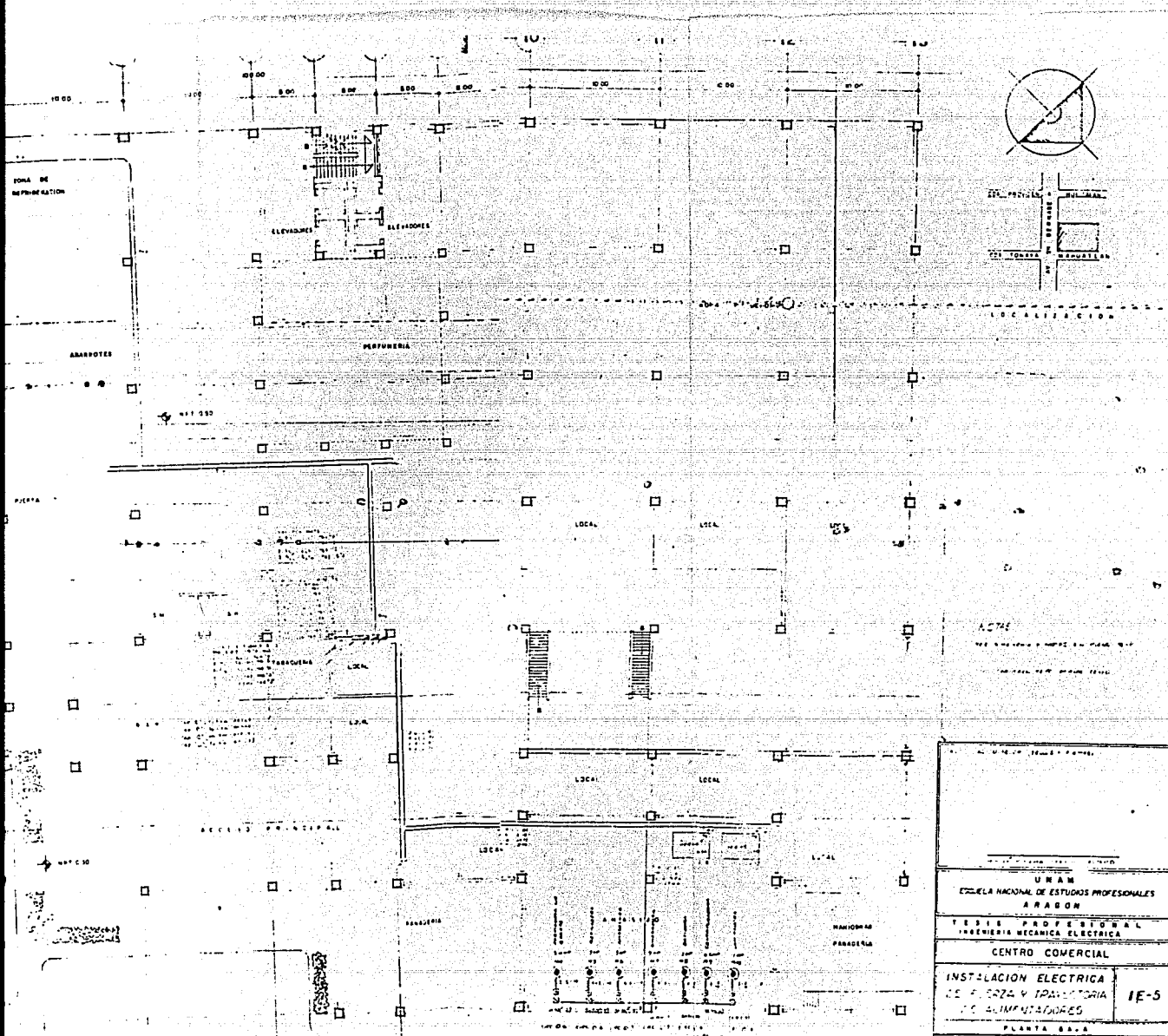
LOCALIZACION

Nota:
 1. PARA NOTAR: ...
 2. ...

SUPERSECCION (SECCION, DIVISION Y CENTRO)	
NOMBRE Y PLAZA DEL CENTRO	
UNIVERSIDAD NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON	
CARRERA PROFESIONAL INGENIERIA MECANICA ELECTRICA	
CENTRO COMERCIAL	
INSTALACION ELECTRICA DE FUERZA Y TRAYECTORIA DE ALIMENTADORES	IE-1
PLANTA BOTANO	
ESTADO	BOGOTA
CALLE	CALLE TRONCAL
NO. DE LA CALLE	NO. 100
SECCION	SECCION 1
PLAZA	PLAZA BOGOTANA
NO. DE LA PLAZA	NO. 100



PLANTA BAJA

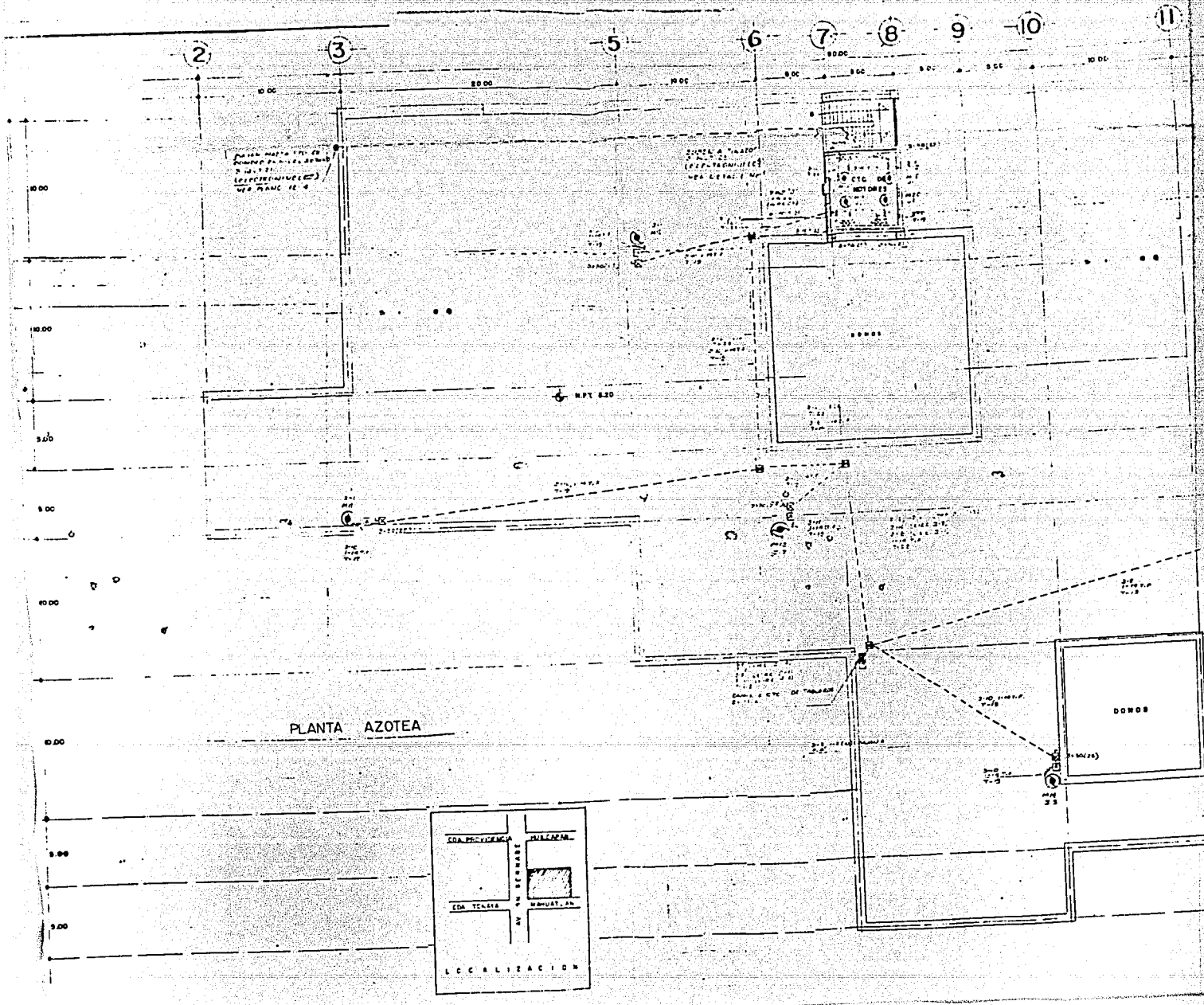


LOCALIZACION

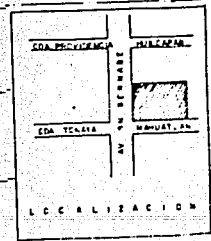
ACTA
 DEL COMITE DE OBRAS EN PLAZA 1974
 (FOLIO 1000 DE LA PLAN 1000)

AL SEÑOR DON JUAN PABLO (FOLIO 1000 DE LA PLAN 1000)	
URAM ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON	
TESIS PROFESIONAL INGENIERIA MECANICA ELECTRICA	
CENTRO COMERCIAL	
INSTALACION ELECTRICA DE FUENTE Y TRANSMISORA DE ALIMENTADORES	IE-5
PLANTA BAJA	

PLANTA BAJA

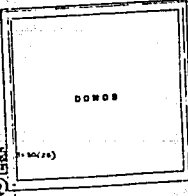


PLANTA AZOTEA



PLAN DE LA PLANTA AZOTEA
SECCION 10-4

SOLERA A TABACOS
CALLE DE TABACOS



10.00

10.00

5.00

5.00

10.00

10.00

5.00

5.00

2

3

5

6

7

8

9

10

11

10.00

50.00

10.00

10.00

10.00

10.00

10.00

10.00

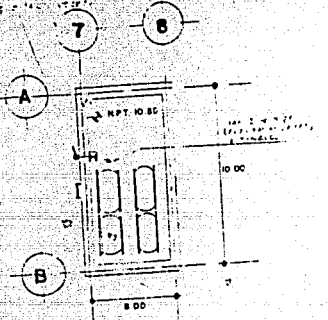
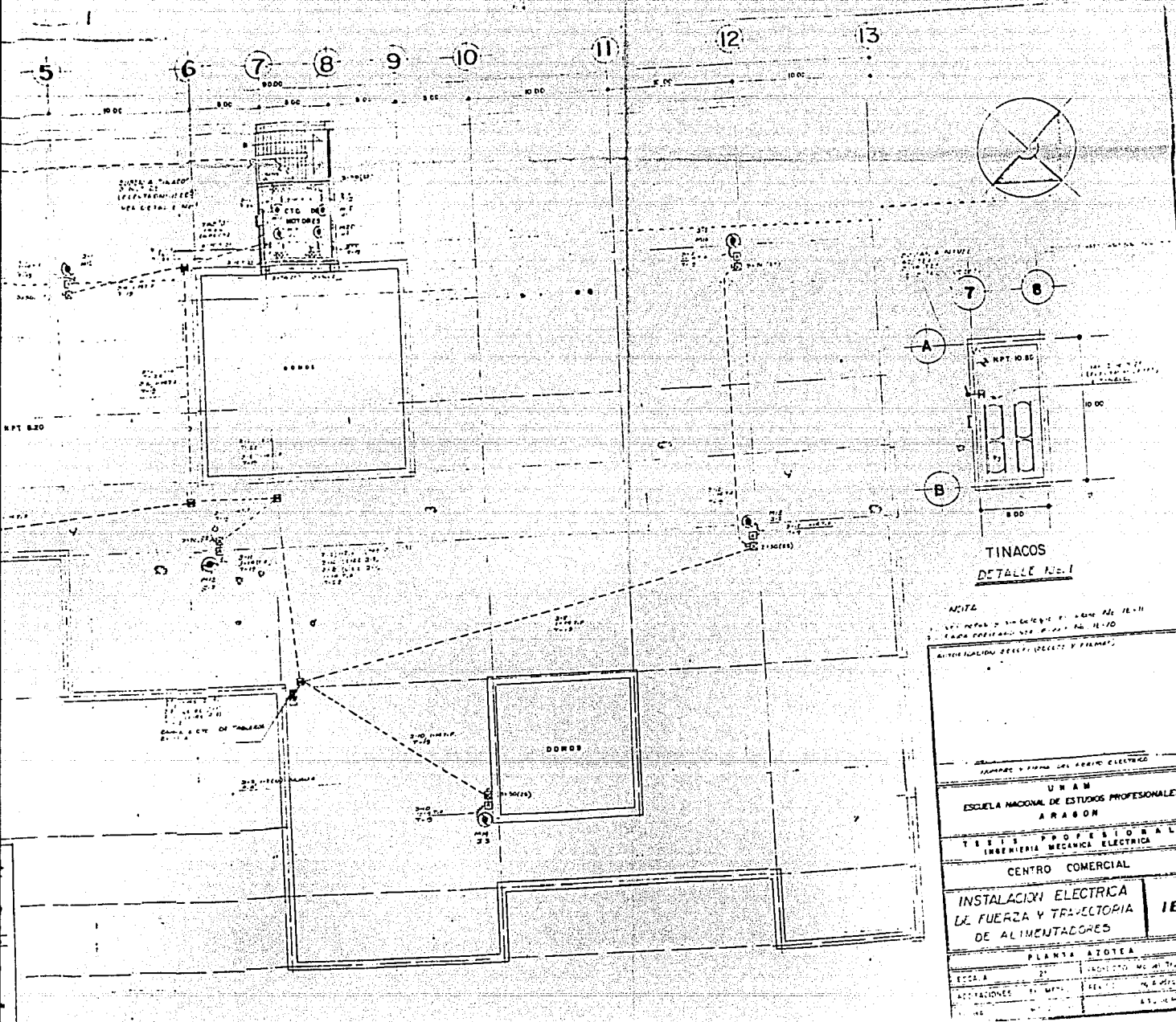
MPT 420

AV. SERRANO

CALLE DE TABACOS

AV. SERRANO

MPT 420

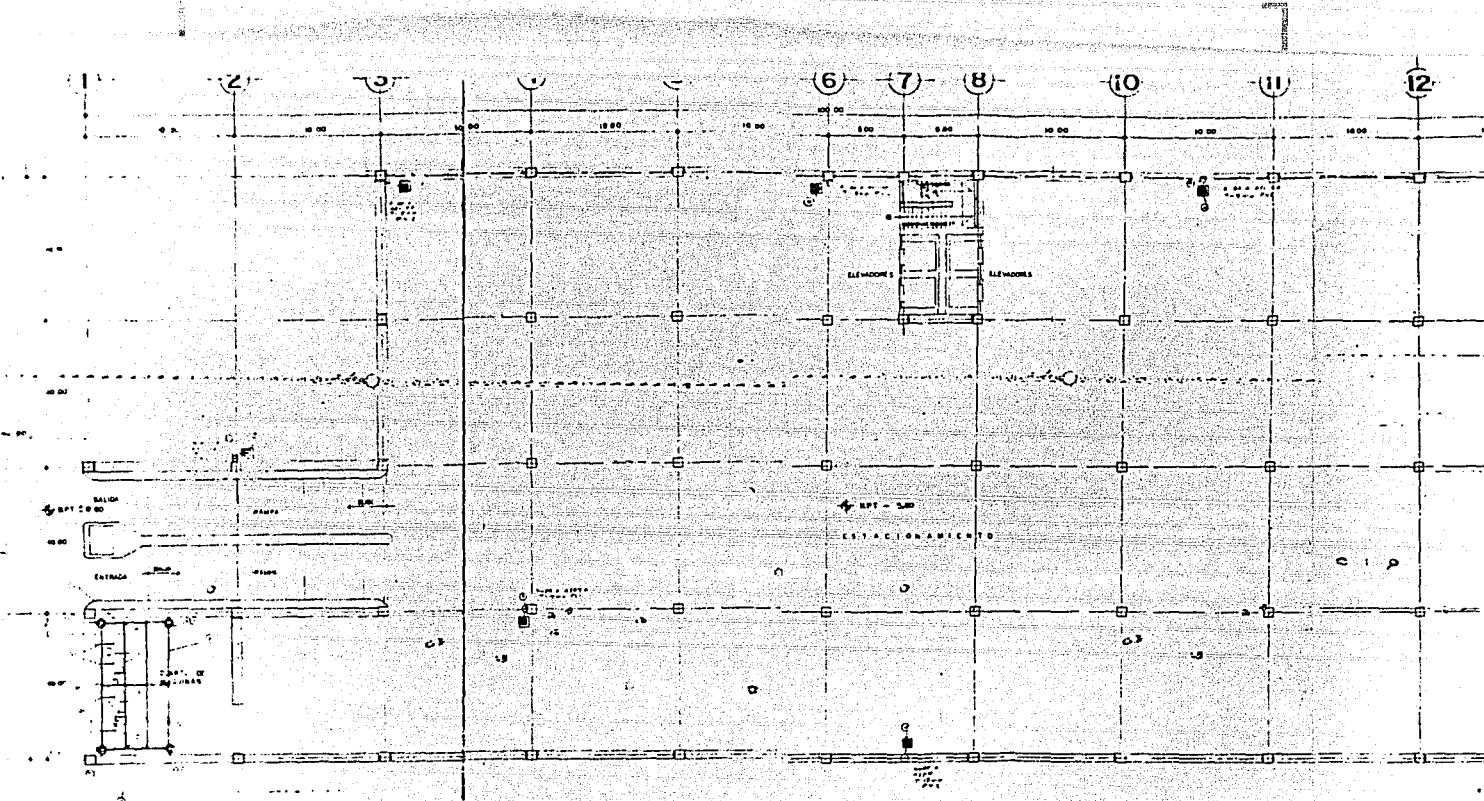


TINACOS
DETALLE No. 1

NOTA
 1. VER PLANOS Y DIMENSIONES EN PLANOS No. 10-11
 2. TUBERIA CONFORME A LA NOMENCLATURA No. 10-10
 3. ALIMENTACION DEBE SER POR TUBERIA Y PUNTO FIJO

UNAM	
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON	
TESIS PROFESIONAL INGENIERIA MECANICA ELECTRICA	
CENTRO COMERCIAL	
INSTALACION ELECTRICA DE FUERZA Y TRAYECTORIA DE ALIMENTADORES	
PLANTA AZOTEA	
EDICION	PROYECTO
ACOMODACIONES	REVISIONES

IE-C



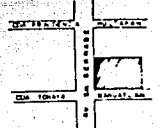
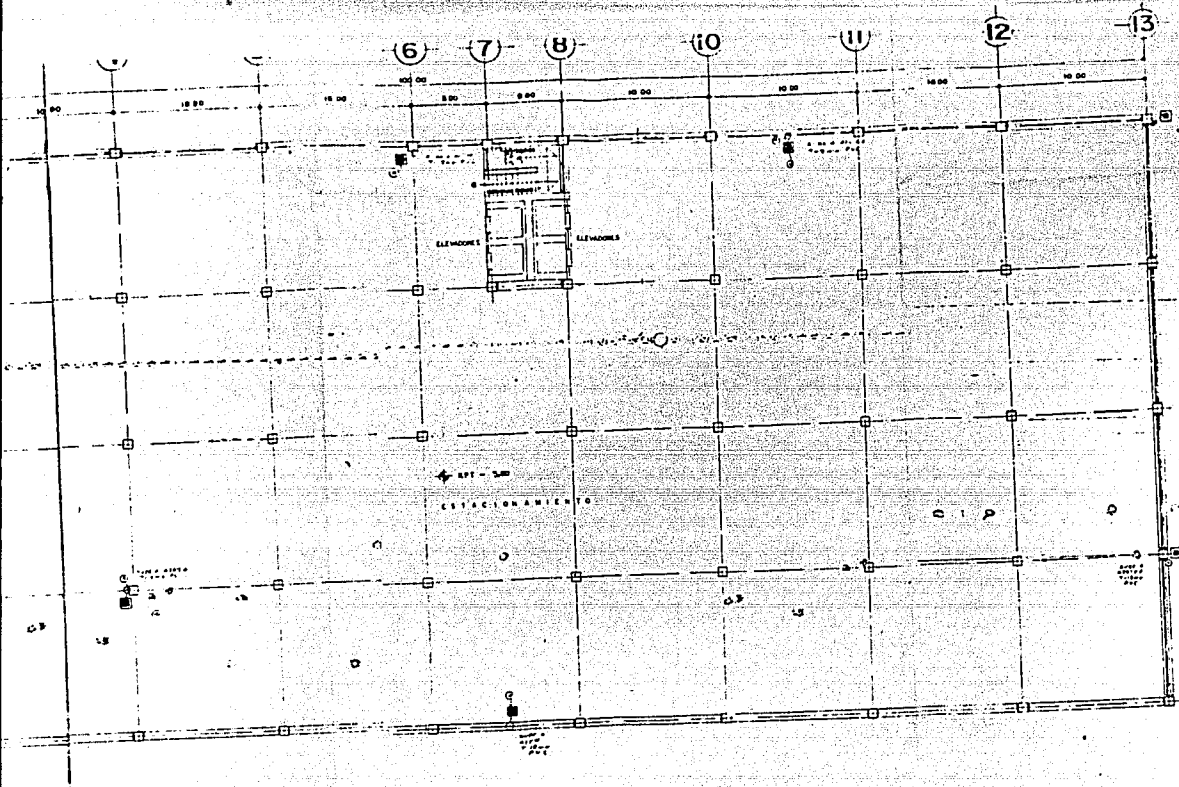
PLANTA DE ESTACIONAMIENTO,
SOTANO

- NOTA
- 1) TUBO DE 10 CM DE DIAMETRO, CAL. 40, 500
 - 2) TUBO DE 10 CM DE DIAMETRO, CAL. 40, 500
 - 3) TUBO DE 10 CM DE DIAMETRO, CAL. 40, 500
 - 4) TUBO DE 10 CM DE DIAMETRO, CAL. 40, 500
 - 5) TUBO DE 10 CM DE DIAMETRO, CAL. 40, 500
 - 6) TUBO DE 10 CM DE DIAMETRO, CAL. 40, 500
 - 7) TUBO DE 10 CM DE DIAMETRO, CAL. 40, 500
 - 8) TUBO DE 10 CM DE DIAMETRO, CAL. 40, 500
 - 9) TUBO DE 10 CM DE DIAMETRO, CAL. 40, 500
 - 10) TUBO DE 10 CM DE DIAMETRO, CAL. 40, 500
 - 11) TUBO DE 10 CM DE DIAMETRO, CAL. 40, 500
 - 12) TUBO DE 10 CM DE DIAMETRO, CAL. 40, 500

NOTA

- 1. TUBO DE 10 CM DE DIAMETRO, CAL. 40, 500
- 2. TUBO DE 10 CM DE DIAMETRO, CAL. 40, 500
- 3. TUBO DE 10 CM DE DIAMETRO, CAL. 40, 500
- 4. TUBO DE 10 CM DE DIAMETRO, CAL. 40, 500
- 5. TUBO DE 10 CM DE DIAMETRO, CAL. 40, 500
- 6. TUBO DE 10 CM DE DIAMETRO, CAL. 40, 500
- 7. TUBO DE 10 CM DE DIAMETRO, CAL. 40, 500
- 8. TUBO DE 10 CM DE DIAMETRO, CAL. 40, 500
- 9. TUBO DE 10 CM DE DIAMETRO, CAL. 40, 500
- 10. TUBO DE 10 CM DE DIAMETRO, CAL. 40, 500
- 11. TUBO DE 10 CM DE DIAMETRO, CAL. 40, 500
- 12. TUBO DE 10 CM DE DIAMETRO, CAL. 40, 500

PUERTA A PASADIZO
PASADIZO DE 1.00



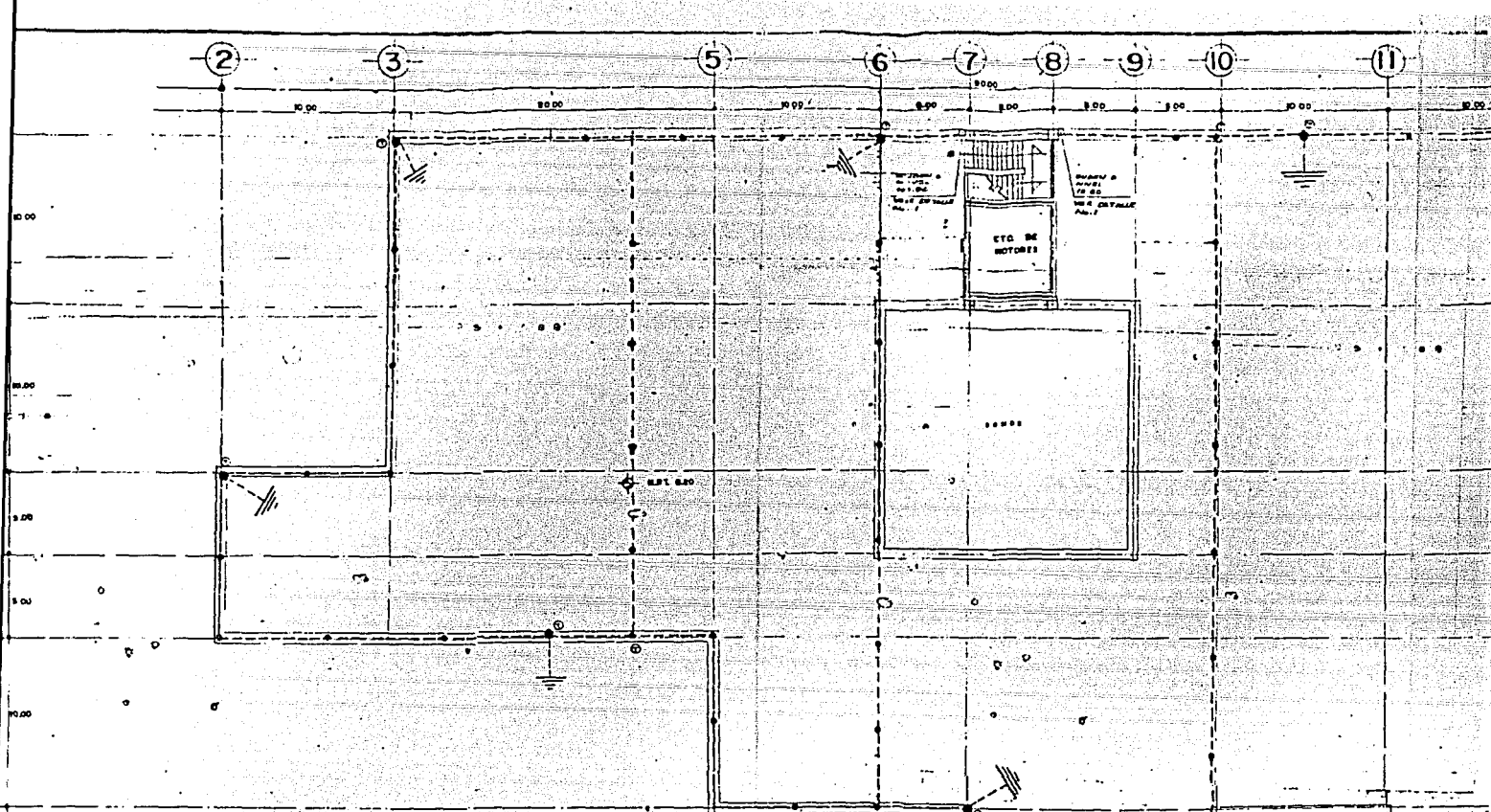
LOCALIZACION

Nota:
 1. Toda medida tomada en el plano de este proyecto se
 2. Tomara como base para el levantamiento de campo y
 3. Toda medida tomada en el terreno se tomara como base para el
 4. levantamiento de campo y para el proyecto de obra.

- CONDICIONES:
1. Toda medida tomada en el plano de este proyecto se tomara como base para el levantamiento de campo y para el proyecto de obra.
 2. Toda medida tomada en el terreno se tomara como base para el levantamiento de campo y para el proyecto de obra.
 3. Toda medida tomada en el terreno se tomara como base para el levantamiento de campo y para el proyecto de obra.
 4. Toda medida tomada en el terreno se tomara como base para el levantamiento de campo y para el proyecto de obra.
 5. Toda medida tomada en el terreno se tomara como base para el levantamiento de campo y para el proyecto de obra.
 6. Toda medida tomada en el terreno se tomara como base para el levantamiento de campo y para el proyecto de obra.
 7. Toda medida tomada en el terreno se tomara como base para el levantamiento de campo y para el proyecto de obra.
 8. Toda medida tomada en el terreno se tomara como base para el levantamiento de campo y para el proyecto de obra.
 9. Toda medida tomada en el terreno se tomara como base para el levantamiento de campo y para el proyecto de obra.
 10. Toda medida tomada en el terreno se tomara como base para el levantamiento de campo y para el proyecto de obra.

NOMBRE DEL CLIENTE (INDICAR Y DISEÑAR)	
URAM	
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES	
ARABON	
TITULO PROFESIONAL	
INGENIERIA MECANICA ELECTRICA	
CENTRO COMERCIAL	
INSTALACION ELECTRICA	
SISTEMA DE TIERRAS	
Y DERIVACIONES	
PLANTA BOTANO	
FECHA	15
PROYECTADO POR	INGENIERO MECANICO ELECTRICO
REVISADO POR	
APROBADO POR	
ESCUELA	

IE-7



PLANTA AZOTEA

SIMBOLOGIA

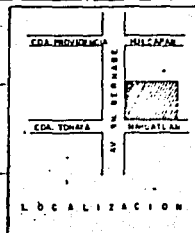
--- CABLE DE COBRE 3/2 MILIOS (ANCHO 17 ANS, 88.8 MCM), 11.3 MM DE DIAMETRO CAT. Nº 305 PASELA AMPARADA O SIMILAR

● PUNTA MACISA EN EDOSAS CROMADAS DA 30/30 CAT. Nº 2014, MONTAJE DE PASTIL PARA PUNTA CAT. Nº 24, BASE PLANA PARA PUNTA CAT. Nº 40, P CONECTOR "P" CAT. Nº 285 JUCA AMPARADA O SIMILAR

⊖ CONECTOR RECTO CAT. Nº 2011, JUCA AMPARADA O SIMILAR

⊕ CONECTOR MECANICO CAT. Nº 301, JUCA AMPARADA O SIMILAR

⊕ EMPESA A EMPUNETA PARA TIERRA EN TUBO DE P.V.C. RIGIDO DE 15MM

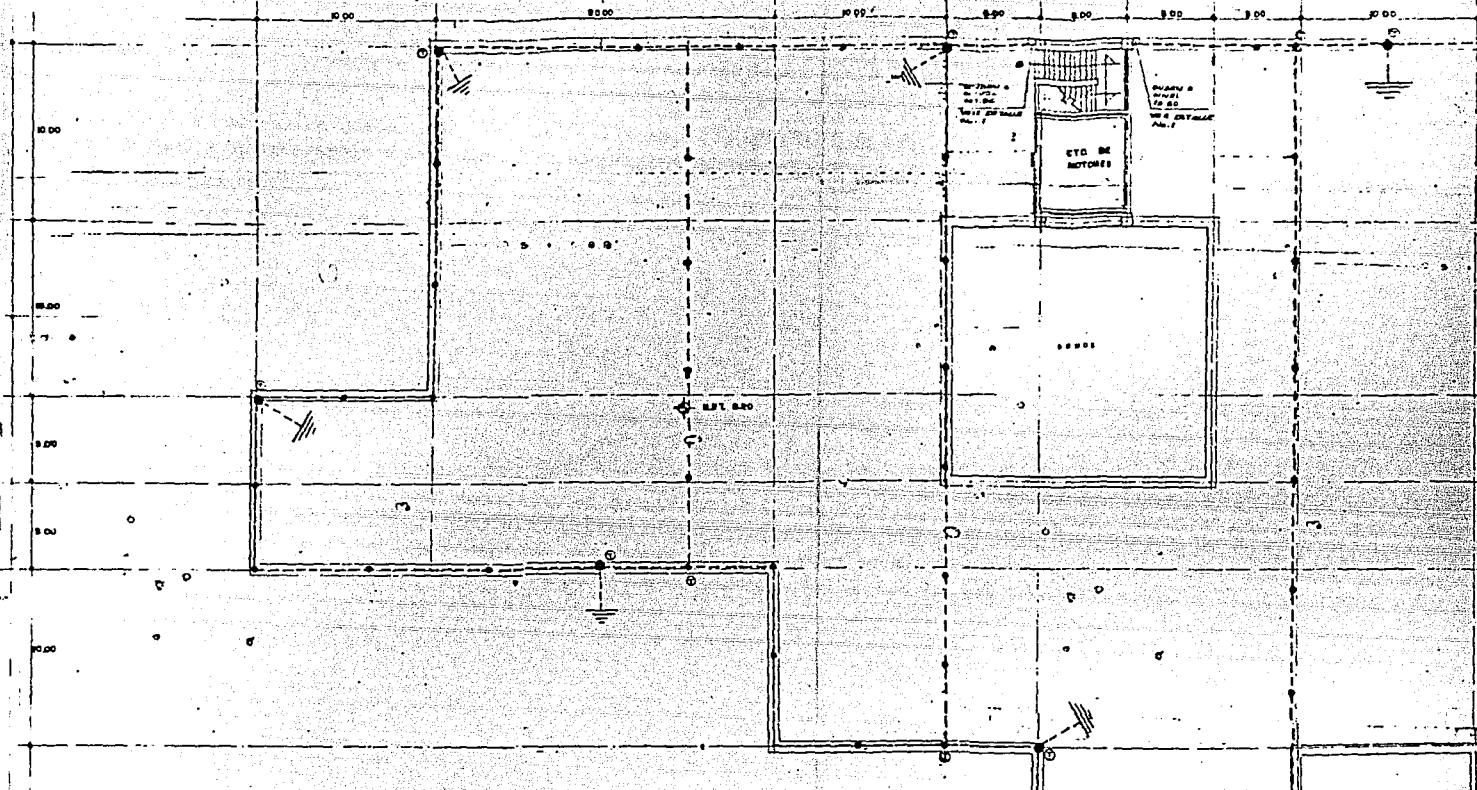


NOTAS

- 1.- EL CABLE DE COBRE DEBERA IR QUINTEO EN ADJALANCIERA PARA CABLE CAT. Nº 3014 (JUCA AMPARADA O SIMILAR), A CADA 60 CM.
- 2.- NEN EDOSAS SUJETABLE A RASO UNO ECUAR EN NECTICA ATMO- PERICA ULTERA SER CONECTADO AL SISTEMA DE PASADATOS.
- 3.- FARA REGISTRO DE PUEBLO A TIERRA DE CUANDO DEL DIS- POSICION DE SEGURACION, VERE- LIA- NO Nº 12-7.

DOMOS

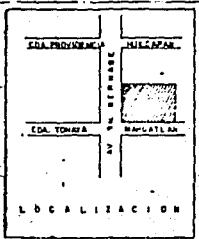
2 3 5 6 7 8 9 10 11



PLANTA AZOTEA

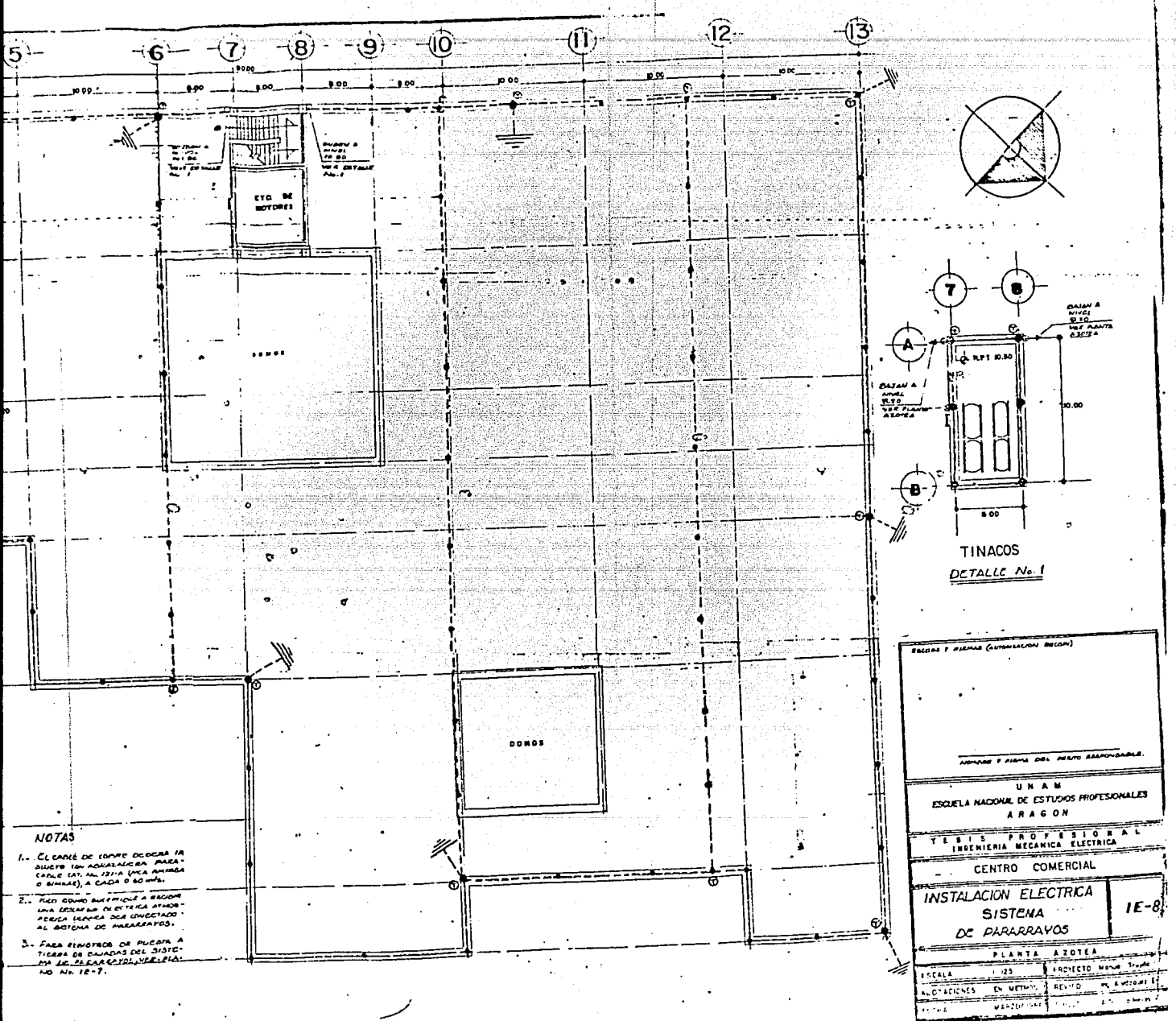
SIMBOLOGIA

- CABLE DE COBRE DE 32 HILOS CALIBRE 17 AWG, 815 MCM², 11.25 CM DE DIAMETRO CAT. NO. 303 MASA AMARILLA O SIMILAR
- FLUJTA MANGA DE LADROS CROMADA DE 1/2" CAT. NO. 8014, BOMBIQUE LA PIEL PARA PUNTA EN CAT. NO. 174, BASE PLANA PARA PUNTA CAT. NO. 80, P. CONECTOR "T" CAT. NO. 328 MASA AMARILLA O SIMILAR
- ⊕ CONECTOR RECIBO CAT. NO. 80-18, MASA AMARILLA O SIMILAR
- ⊖ CONECTOR MECANICO CAT. NO. 80-18, MASA AMARILLA O SIMILAR
- ⊙ CABLE A EMPUNTA PARA TUBERIA EN TUBO DE P.V.C. TIPO 1500 DE 150MM



NOTAS

- 1.- EL CABLE DE COBRE DEBERA IR SUJETO EN ANCLAJES DE MASA CABLE CAT. NO. 121-A (MASA AMARILLA O SIMILAR), A CADA 60 CM.
- 2.- NO SE CONSIDERA SUJETO A RACION UNA ESCALERA DE TUBERIA ATOMOPERA, DEBERA SER SUJETADO AL SISTEMA DE MANGUEROS.
- 3.- SERA REMITIDO DE PUEROS A TUBERIA DE CANTONAS DEL SISTEMA DE PLUMBERIA, VERIFICAR NO. 12-7.



ETD DE MOTORES

DOROS

TINACOS
DETALLE No. 1

NOTAS

- 1.- EL CABLE DE COPPE DEBERA IR SIEMPRE EN ALOJAMIENTO PARA CABLE (CAY. AL 1211A UNCA ANTERIOR O SIMILAR), A CADA 0.30 METROS.
- 2.- HAY QUE BUENIRSE A REGIÓN UNA DE LAS EN DE ESTE TIPO DE REDONDA DE LA UNIDAD AL BOTÓN DE PASARAVOS.
- 3.- HAY QUE BUENIRSE A REGIÓN UNA DE LAS EN DE ESTE TIPO DE REDONDA DE LA UNIDAD AL BOTÓN DE PASARAVOS.

ESQUEMA Y PLANOS (COMUNICACION MECANICA)

UNAM
ESUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGON

TESIS PROFESIONAL
INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

CENTRO COMERCIAL

INSTALACION ELECTRICA
SISTEMA
DE PASARAVOS

PLANTA AZOTEA

ESCALA	1:25	PROYECTO	Manuel Trujillo
ALCACIONES	EN METROS	REVISO	PE. A. VIGORZA
FECHA	1972	ELABORADO	Manuel Trujillo

1E-8

CUADRO DE CARGAS

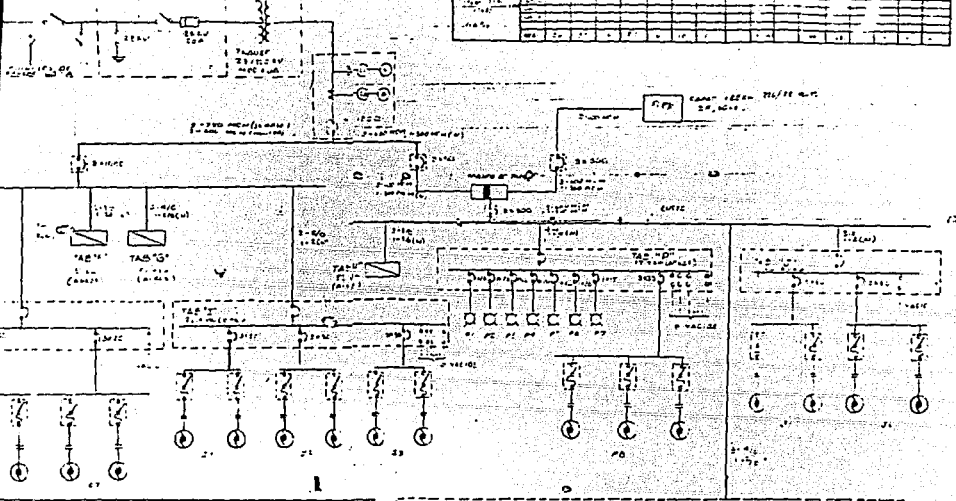
NO.	DESCRIPCIÓN	WATT	VOLTAJE	AMPERES	SEÑAL	REMARKS
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						
41						
42						
43						
44						
45						
46						
47						
48						
49						
50						
51						
52						
53						
54						
55						
56						
57						
58						
59						
60						
61						
62						
63						
64						
65						
66						
67						
68						
69						
70						
71						
72						
73						
74						
75						
76						
77						
78						
79						
80						
81						
82						
83						
84						
85						
86						
87						
88						
89						
90						
91						
92						
93						
94						
95						
96						
97						
98						
99						
100						

CUADRO DE CARGAS

NO.	DESCRIPCIÓN	WATT	VOLTAJE	AMPERES	SEÑAL	REMARKS
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						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						
41						
42						
43						
44						
45						
46						
47						
48						
49						
50						
51						
52						
53						
54						
55						
56						
57						
58						
59						
60						
61						
62						
63						
64						
65						
66						
67						
68						
69						
70						
71						
72						
73						
74						
75						
76						
77						
78						
79						
80						
81						
82						
83						
84						
85						
86						
87						
88						
89						
90						
91						
92						
93						
94						
95						
96						
97						
98						
99						
100						

CUADRO DE CARGAS

NO.	DESCRIPCIÓN	WATT	VOLTAJE	AMPERES	SEÑAL	REMARKS
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						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						
41						
42						
43						
44						
45						
46						
47						
48						
49						
50						
51						
52						
53						
54						
55						
56						
57						
58						
59						
60						
61						
62						
63						
64						
65						
66						
67						
68						
69						
70						
71						
72						
73						
74						
75						
76						
77						
78						
79						
80						
81						
82						
83						
84						
85						
86						
87						
88						
89						
90						
91						
92						
93						
94						
95						
96						
97						
98						
99						
100						



CUADRO DE CARGAS

NO.	DESCRIPCIÓN	WATT	VOLTAJE	AMPERES	SEÑAL	REMARKS
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				</		

PLANCHAS

- 1 LAMPARA FLUORESCENTE DE RESPONDER 1 x 74W (100W)
- 2 LAMPARA FLUORESCENTE DE RESPONDER 1 x 30W (30W)
- 3 LAMPARA FLUORESCENTE DE RESPONDER 1 x 74W (100W)
- 4 LAMPARA FLUORESCENTE DE RESPONDER 1 x 30W (30W)
- 5 LAMPARA FLUORESCENTE DE RESPONDER 2 x 74W (100W)
- 6 LAMPARA FLUORESCENTE DE RESPONDER 2 x 30W (30W)
- 7 LAMPARA FLUORESCENTE DE RESPONDER 2 x 74W (100W)
- 8 LAMPARA FLUORESCENTE DE RESPONDER 2 x 30W (30W)
- 9 LAMPARA VAHIA DE BOMBA A ALTA PRESION CON FUSIBLE 800W
- 10 LAMPARA VAHIA DE BOMBA A ALTA PRESION CON FUSIBLE 800W

- 11 LAMPARA DE ADITIVOS METALICOS DE EMPOTRAR 400W (400W)
- 12 LAMPARA DE ADITIVOS METALICOS DE EMPOTRAR 400W (400W)
- 13 LAMPARA DE ADITIVOS METALICOS TIPO COLGANTE 400W (400W)
- 14 LAMPARA DE ADITIVOS METALICOS TIPO COLGANTE 400W (400W)
- 15 SALIDA ESPECIAL PARA ANUNCIOS LUMINOSOS CON LAMPARAS FLUORESCENTES CON CARGA TOTAL DE 80W (800W)
- 16 LAMPARA INCANDESCENTE TIPO SPOT DE 75W
- 17 LAMPARA INCANDESCENTE TIPO SPOT DE 75W
- 18 LAMPARA INCANDESCENTE TIPO MONTANTE PARA INTERIOR DE 100W
- 19 LAMPARA INCANDESCENTE TIPO MONTANTE PARA EXTERIOR DE 100W
- 20 CONTACTO MONOFASICO, DUPLER USADO EN MURD A 110VMS. S.N.P.T. 220W
- 21 CONTACTO MONOFASICO, DUPLER USADO EN MURD A 110VMS. S.N.P.T. 220W
- 22 CONTACTO MONOFASICO, DUPLER USADO EN PISO 250W
- 23 CONTACTO MONOFASICO, DUPLER USADO EN PISO 250W
- 24 INDIC. TRIFASICO DE 220 VOLTS, 50HZ. SE INDICA CARGADO EN PLANTA
- 25 TUBO DE CULATA PARA REFRIGERACION 18KW
- 26 TUBO DE CULATA PARA REFRIGERACION 18KW
- 27 TABLERO DE DISTRIBUCION DE ALUMBRADO Y FUERZA (SENDO PRESENTE)
- 28 TABLERO AUTOMATICO DE TRANSFERENCIA PARA PLANTA DE EMERGENCIA

- 29 INTERRUPTOR DE NAVAJAS CON FUSIBLES EN CAJA DE SEGURIDAD
- 30 INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO
- 31 REGISTRO EN PISO PARA CAM TENSION 0.00-0.10-0.20-0.40-0.80-1.60-3.20-6.40-12.80-25.60-51.20-102.40-204.80-409.60-819.20-1638.40-3276.80-6553.60-13107.20-26214.40-52428.80-104857.60-209715.20-419430.40-838860.80-1677721.60-3355443.20-6710886.40-13421772.80-26843545.60-53687091.20-107374182.40-214748364.80-429496729.60-858993459.20-1717986918.40-3435973836.80-6871947673.60-13743895347.20-27487790694.40-54975581388.80-109951162777.60-219902325555.20-439804651110.40-879609302220.80-1759218604441.60-3518437208883.20-7036874417766.40-14073748835532.80-28147497671065.60-56294995342131.20-112589990684262.40-225179981368524.80-450359962737049.60-900719925474099.20-1801439850948198.40-3602879701896396.80-7205759403792793.60-14411518807585587.20-28823037615171174.40-57646075230342348.80-115292150460684697.60-230584300921369395.20-461168601842738790.40-922337203685477580.80-1844674407370955161.60-3689348814741910323.20-7378697629483820646.40-14757395258967641292.80-29514790517935282585.60-59029581035870565171.20-118059162071741130342.40-236118324143482260684.80-472236648286964521369.60-944473296573929042739.20-1888946593147858085478.40-3777893186295716170956.80-7555786372591432341913.60-15111572745182864683827.20-30223145490365729367554.40-60446290980731458735108.80-120892581961462917470217.60-241785163922925834940435.20-483570327845851669880870.40-967140655691703339761740.80-1934281311383406679523481.60-3868562622766813359046963.20-7737125245533626718093926.40-15474250491067253436188528.80-30948500982134506872377057.60-618970019642690137447541115.20-123794003928538027489502230.40-247588007857076054979004460.80-495176015714152109958008921.60-9903520314283042199160017843.20-19807040628566084392320035686.40-39614081257132168784640071373.60-79228162514264337569280142747.20-158456325028528675138560285494.40-316912650057057350277120570988.80-633825300114114700554241141977.60-1267650600228229401108482283955.20-2535301200456458802216964677910.40-5070602400912917604433929355820.80-10141204801825835208867858711641.60-20282409603651670417735717423283.20-40564819207303340835471434846566.40-81129638414606681670942869693132.80-162259276829213363418885383926656.60-324518553658426726837770767853313.20-649037107316853453675541535706626.40-1298074214637069071351108307141332.80-259614842927413814270216661428265.60-5192296858548276284403332285531.20-10384593717096552568806664571062.40-20769187434193105137613329142124.80-41538374868386210275226658284248.60-83076749736772420550453116568497.20-166153499473544841100906233136994.40-332306998947089682201812466273988.80-664613997894179364403624932547977.60-132922799578835872880724986509595.20-265845599157671745761449973019190.40-531691198315343491522899946038380.80-1063382396630686983045799922067661.60-2126764793261373966091599844135323.20-4253529586522747932183199688270646.40-850705917304549586436639577654132.80-1701411834609099172873327155308265.60-340282366921819834574665431061651.20-680564733843639669149330882123302.40-1361129467687279338298661664246604.80-2722258935374558675973323328493209.60-5444517870749117351946646656964119.20-1088903574149823470389329331392838.40-2177807148299646940778658662785676.80-4355614296599293881557317325571353.60-8711228593198587763114634651142707.20-1742245718639177546222929310284414.40-3484491437278355092445858620568828.80-6968982874556710184891717241137757.60-1393796574911342036979354482227515.20-2787593149822684073958708964455030.40-5575186299645368147917417928910060.80-1115037259929073635583483584980121.60-2230074519858147271176667169996043.20-446014903971629444235333433999206.40-892029807943258888470666867998413.60-1784059615886517777341333735996827.20-3568119231773035554682667471993654.40-7136238463546071109365334943987308.80-14272476927092142187530668887974617.60-2854495385418428437506133777551335.20-5708990770836856875012267555106670.40-114179815416737137500245351103340.80-228359630833474275000486702206681.60-456719261666948550000973404413363.20-913438523333897100000194708826666.40-182687704666779420000038941765333.60-365375409333558840000077883530667.20-730750818667117680000155767061334.40-146150163733423536000031153412268.80-292300327466847072000062306824537.60-58460065493369414400012461365075.20-1169201309867388288000249227211150.40-2338402619734776576000498454422300.80-46768052394695531520009969088446001.60-935361047893910630400199381768003.20-1870722095787821260800398763536006.40-3741444191575642521600797527072012.80-7482888383151285043200159505444025.60-1496577676630257008640031901088051.20-29931553532605140172800638217760102.40-59863107065210280345601276435520204.80-119726214130420560713602552711104049.60-2394524282608411214272051044222099.20-47890485652168224285440102084441988.40-95780971304336448570880204168839777.60-19156194260867289714177640833777955.20-38312388521734579428355381667555110.40-76624777043469158856710763335110220.80-15324955408693831771354154667022441.60-3064991081738766354270831133404483.20-6129982163477532708541662266808966.40-12259964326955065417083325333717933.60-24519928653910130834166656667435867.20-4903985730782026166823331333487135.20-9807971461564052333646662666974270.40-1961594292312810466729335333954540.80-3923188584625620933458666566909081.60-7846377169251241866917331133818163.20-15692754338502483733834662267837265.60-31385508677004967467669325356674511.20-62771017354009934935338665713349022.40-125542034708019869870677314713388044.80-25108406941603973974135462842677089.60-50216813883207947948270925685354179.20-1004336277640158958965418513713387598.40-20086725552803179179309071374277597.60-40173451105606358358618142745551955.20-80346902211212716717321645491113910.40-16069380442242543434644328982227820.80-32138760884485086869288657964455640.60-642775217689701737385773159289111101.20-128555043537940347477154639857822202.40-257110087075880694954309279715644404.80-51422017415176138990861855943128809.60-102844034830352279981737119886257719.20-20568806966070455996347423977255438.40-41137613932140911993274847954510877.60-8227522786428182398654969590902175.20-16455045772856364797309939981804350.40-32910091545712729594619879963608700.80-65820183091425459189239759927217401.60-131640366182850918378479519854434802.40-263280732365701836756959039708869604.80-526561464731403673513918197417739209.60-105312292946280746702783639483547841.20-210624585892561493405567278967095682.40-421249171785122986811134557934191364.80-842498343570245973622269115868382728.60-168499668714049194724453823173765557.20-3369993374280983894489076463475311114.40-6739986748561967788978152926950622228.80-1347997349712393577795631045390124455.60-269599469942478715559126209078024891.20-539198939884957431118252418156049782.40-1078397879769914862236504836312119556.80-215679575953982972447300967262423111.20-431359151907965944894601934524442222.40-862718303815931889789203869048884444.80-172543660763186377957840773809768889.60-345087321526372755915681546619537779.20-690174643052745511831337093239155558.40-1380349286105491023662674186478311110.80-276069857221098204732534837296622220.60-552139714442196409465069674593244440.40-110427942888439281933011393491688880.80-220855885776878563866022786983377761.60-44171177155375712773304557397675552.40-883423543107514255466091147953511104.80-176684708621502851133218229590702209.60-353369417243005702266445459181404419.20-70673883448601140533289091836280838.40-141347766897202281066578183667256777.60-28269553379440456213315636733453555.20-565391067588809124266312734668711110.40-113078213517761824533265469733372220.80-226156427035523648666530939466744440.60-452312854071047297333061878933488880.40-90462570814209459466612377786697776.80-180925141628418918933324755573395553.60-361850283256837837866649511147711107.20-72370056651367567573329022229442214.40-144740113302735135146658044458822228.80-289480226605470270293316088917644457.60-578960453210940540586632177835288915.20-115792090642188108117326435567057730.40-231584181284376216234652871131344460.80-463168362568752432469305742262688921.60-92633672513750486493861144532537743.20-18526734502750092898772228866567486.40-37053469005500185797544457733134973.60-74106938011000371595088915466669947.20-14821387602200073190017782993333989.40-2964277520440014638003556586667978.80-5928555040880029276007113173335957.60-1185711008176005855200142266667115.20-237142201635201171040028453333430.40-474284403270402342080056906666860.80-94856880654080468160011381333720.60-189713761308160936320022762666440.40-379427522616321872640045525333880.80-758855045232643745280091050666776.60-1517710090465287405760182101333553.20-3035420180930574811520364202667106.40-6070840361861149623047284405334212.80-12141680723722299246084568810668425.60-2428336144744459849217137720133751.20-4856672289488919698434275440267502.40-9713344578977839396868550880535004.80-1942668915955667793737111177010709.60-3885337831911335587475222354022141.20-77706756638226711754950447080442282.40-15541351327645343509900894160884554.80-3108270265529068701980178832137711.20-6216540531058137403960357664275422.40-12433081062116274807920715328511444.80-2486616212423254961584143065702288.60-497323242484650992316828613140577.20-99464648496930198463365722628111554.40-1989292969938603969267314525622308.80-3978585939877207938534628525624617.60-795717187975441587706925705124935.20-159143437595088317541385141024970.40-318286875190176635082770282049940.80-636573750380353270165540564099881.60-1273147500760706540331109128019976.40-254629500152141308066221825639952.80-50925900030428261613244365127905.60-101851800060856523226488730255811.20-203703600121713046452977460511622.40-40740720024342609290595481103244.80-81481440048685218581190962206488.60-162962880097370437162381924129777.20-325925760194740874324763848259554.40-651851520389481748649527696519108.80-130370304077896349729905539303817.60-260740608155792699459811076607635.20-521481216311585398919762133215270.40-104296243262317079783952426642540.80-208592486524634159567904853285081.60-417184973049268319135809706570163.20-83436994609853663827161811314026.40-166873989219707327654323622628052.80-333747978439414655308647245256105.60-667495956878829310617734480512211.20-133499191375765862133546881024422.40-266998382751531724267093762048844.80-533996765503063448534187524097689.60-106799353100612689706837504195379.20-213598706201225379413775008390758.40-427197412402450758827550016781516.80-854394824804901517655100033563033.60-1708789649609803035310200067126067.20-341757929921960607062040013425214.40-683515859843921214124080026850428.80-1367031719687842428248160053700857.60-273406343937568485649632010740171.20-546812687875136971299264021480342.40-1093625375750273942598528042960684.80-2187250751500547885197056085921369.60-4374501503001095770394112017182739.20-8749003006002191540788224034365478.40-1749800601200438308157744806871156.80-3499601202400876616315548813742313.60-6999202404801753232631097627484627.20-1399840480960350646526219554497255.40-279968096192070129305243110899501.60-559936192384140258610486221799003.20-111987238476828051722089244359806.40-2239744769536561034441784887196012.80-447948953907312206888356977439204.60-895897907814624413776713954874089.20-179179581562924882755342797974817.60-35835916312584976551108559595935.20-71671832625169953102217119191870.40-14334366525133990620443438383740.80-2866

