

21  
2ij



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

---

---

FACULTAD DE INGENIERIA

GUIA PRACTICA PARA EL DESARROLLO DE UN  
PROYECTO DE INSTALACION ELECTRICA  
DE UNA CLINICA HOSPITAL

**TESIS PROFESIONAL**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**  
P R E S E N T A  
**JOAQUIN BALCAZAR ARENAS**



DIRECTOR DE TESIS: ING. VICENTE LEDUC RUBIO

MEXICO, D. F.

1996

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

**GUÍA PRÁCTICA PARA EL DESARROLLO DE UN PROYECTO DE  
INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA CLÍNICA HOSPITAL**

## CONTENIDO

1.	<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
2.	<b>DESCRIPCIÓN DEL INMUEBLE</b>	2
	Ubicación	
	Tipo de población	
	Características de enfermedades más comunes en la región	
2.1	<u>Necesidades de servicios</u>	2
	2.1.1 <i>Tipo de hospital y nivel de especialidades (alta, media o básica)</i>	
	2.1.2 <i>Descripción de áreas necesarias</i>	
2.2	<u>Requisitos para la obtención del terreno</u>	4
	2.2.1 <i>Superficie mínima para cubrir las necesidades de los servicios</i>	
	2.2.2 <i>Características del terreno</i>	
	2.2.3 <i>Localización</i>	
	2.2.4 <i>Vías de comunicación</i>	
	2.2.5 <i>Trámites de uso del suelo</i>	
	2.2.6 <i>Situación financiera</i>	
2.3	<u>Cédula de servicios</u>	6
3.	<b>DESARROLLO DEL PROYECTO DE INGENIERÍA DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA</b>	7
3.1	<u>Acciones previas al desarrollo del proyecto</u>	9
	Estudio del proyecto arquitectónico, en el que se deben incluir los requerimientos de los planos con las siguientes características:	
	a) Dimensiones de planos	9
	b) Escalas de planos	9
	c) Espacios para sellos	9
	d) Presentación de planos amueblados	9
	e) Plantas arquitectónicas	9
	f) Guías mecánicas (acomodo, localización y características del equipo médico y no médico con necesidades de instalaciones)	10

g)	Planta de conjunto	11
h)	Cortes transversales y longitudinales	11
i)	Localización de subestación(es) y planta de emergencia	11
j)	Localización de tableros	12
k)	Trayectoria de alimentaciones	14
l)	Tipo y niveles de iluminación, áreas decorativas y criterios de alumbrado	14
m)	Equipos de bombeo	15
<b>4.</b>	<b>ELABORACIÓN DEL PROYECTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA</b>	<b>16</b>
	Etapas del proyecto	
a)	Programa para el desarrollo del proyecto	16
b)	Memoria técnico descriptiva	18
c)	Alumbrado	19
d)	Contactos y fuerza	63
e)	Guías mecánicas	74
f)	Cuadro de carga	74
g)	Alimentaciones generales en alta y baja tensión	76
h)	Subestación eléctrica, contemplando equipos en alta tensión, transformadores, planta de emergencia y tableros de baja tensión, así como control, protección y medición en baja tensión	83
i)	Diagrama unifilar	87
j)	Cálculo de corto circuito	93
k)	Sistema de tierras para la subestación, quirófanos y áreas especiales	105
l)	Sistema de pararrayos	118
<b>5.</b>	<b>NORMAS Y REGLAMENTOS</b>	<b>127</b>
5.1	<u>Reglamento, normas y lineamientos institucionales de instalación eléctrica</u>	127
5.2	<u>Trámites y autorizaciones para la obtención de la energía eléctrica</u>	130
5.2.1	<i>SECOFI (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial)</i>	130
5.2.2	<i>CFE (Comisión Federal de Electricidad)</i>	130
<b>6.</b>	<b>RELACIÓN DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA CON OTRAS INSTALACIONES</b>	<b>132</b>
6.1	<u>Instalación hidrosanitaria y gases medicinales</u>	132
6.2	<u>Instalación eléctrica e instalación de telecomunicaciones</u>	133
6.3	<u>Instalación de acondicionamiento de aire, relacionada con la instalación eléctrica</u>	133
6.4	<u>Sistema contra-incendio general</u>	133

7.	<b>CONCEPTOS BÁSICOS PARA EL INICIO DE LA EJECUCIÓN EN OBRA</b>	134
7.1	<u>Especificaciones generales de materiales, equipo y mano de obra</u>	134
7.2	<u>Relación de conceptos y cantidades de obra</u>	134
7.3	<u>Análisis de precios unitarios</u>	138
8.	<b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	142
8.1	<u>Guías mecánicas</u>	142
	8.1.1 <i>Plano de guía mecánica de quirófanos</i>	
	8.2.2 <i>Plano de guía mecánica de encamados</i>	
8.2	<u>Memoria técnico descriptiva y cálculos de niveles de iluminación y de alimentadores</u>	143
	8.2.1 <i>Memoria técnico descriptiva</i>	143
	8.2.2 <i>Cálculos de niveles de iluminación</i>	144
	8.2.3 <i>Cálculo de alimentadores</i>	145
8.3	<u>Especificaciones generales para la instalación eléctrica de alumbrado, contactos, fuerza, líneas de alimentación y tableros, para la Clínica Hospital en Uruapan, Michoacán</u>	160
8.4	<u>Planos y cuadros de carga</u>	164
	8.4.1 <i>Plano de instalación eléctrica de alumbrado, primer nivel, cuerpo G</i>	
	8.4.2 <i>Plano de instalación eléctrica de alumbrado, primer nivel, cuerpo H</i>	
	8.4.3 <i>Plano de instalación eléctrica de alumbrado, tercer nivel, cuerpo H</i>	
	8.4.4 <i>Plano de instalación eléctrica de contactos y fuerza</i>	
	8.4.5 <i>Cuadros de carga</i>	
9.	<b>CONCLUSIONES</b>	165
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	169

## 1. INTRODUCCIÓN

En este trabajo, pretendo establecer los criterios generales para la elaboración y ejecución de un proyecto de Instalación Eléctrica de una Clínica Hospital. Pienso que, en las actuales circunstancias surge la necesidad imperiosa de resolver los problemas de salud en el país, además de prestar ayuda a la clase necesitada que no cuenta con servicios de seguridad social, es decir que no está asalariada. El cómo lo organicen, lo promuevan o lo financien sería tema de otro trabajo, quizá de corte económico, administrativo o de alguna disciplina social. El trabajo pretende ser lo más general posible en su aplicación; es decir, que si la decisión se generara en el ámbito gubernamental o fuese propuesta por la misma comunidad, logre ajustarse a cada una de las instancias.

Por lo anterior se inicia el trabajo, propiamente dicho, con una descripción de la obra que se pretende construir, ya sea que se localice en un medio urbano, semi-urbano o rural. Los datos que se recaben siempre serán necesarios para definir, el tipo de Clínica Hospital, ya sea por el tipo de enfermedades comunes, riesgos de mayor afectación, ubicación de algún otro u otros centros hospitalarios, cantidad y tipo de población por parte de las autoridades municipales o gubernamentales, que les competen; desde la supervisión de planos, de instalaciones y construcción, pasando por los lineamientos de salud, como por quienes van a suministrar la energía eléctrica.

Para la descripción y elaboración del desarrollo del proyecto, se pondrá como ejemplo una Clínica Hospital tipo, y se tomarán en cuenta los últimos criterios en cuanto al ahorro de energía y la aplicación de los avances tecnológicos en instalaciones eléctricas. Como el proyectar y construir un inmueble cualquiera que sea, no son autónomas cada una de las instalaciones, como la hidrosanitaria, telecomunicaciones y aire acondicionado, o sea existe una relación entre ellas con la instalación eléctrica, haré referencia a esta correlación.

## 2. DESCRIPCIÓN DEL INMUEBLE

**Ubicación:** Uruapan, Mich., fue seleccionada esta zona por su cercanía con Morelia, Mich., Guadalajara, Jal. y León, Gto., para servir de apoyo a las grandes ciudades.

**Tipo de población:** Urbana mixta

**Características de enfermedades más comunes en la región:** Las enfermedades más comunes en la región son: epidemias propias de épocas calurosas, enfermedades gastrointestinales, traumatológicas, infecciones, casos cardiovasculares, se requieren trasplantes de órganos y actualmente prevención y atención del SIDA.

### 2.1 Necesidades de servicios

2.1.1 Tipo de hospital y nivel de especialidades. El tipo de hospital, objeto de este estudio, es privado y estará formado por una sociedad civil, constituida para fines no lucrativos y con apoyo de un patronato, cuyo objetivo fundamental es ayudar a personas de bajos recursos que no tengan acceso a servicios de seguridad y que requieran una atención especial y que por ende queda fuera de su economía.

Se piensa que sea un hospital de especialidades cuyas características radican en poner al alcance equipos nuevos altamente actualizados en su tecnología que puedan diagnosticar, curar o controlar aquellas enfermedades de alta especialidad.

Además, quedará puesto al servicio de los hospitales paraestatales y de seguridad social, en caso de urgencia que por la distancia entre esta población y las grandes ciudades, se amerite alguna intervención inmediata que ponga en riesgo la vida del paciente en su traslado.

### 2.1.2 Descripción de áreas necesarias para el Hospital de 94 camas

Las áreas que requiere el hospital son las siguientes:

\*Se contemplan cuatro quirófanos<sup>1</sup> y no hay sala de expulsión<sup>2</sup>, en caso de requerirse atención especial se usará un quirófano para atención de la paciente

\*Cinco consultorios para consulta externa

\*Un área de admisión con 10 camas

\*Un área de altas con 8 camas

---

<sup>1</sup>Quirófano: Local convenientemente acondicionado para hacer operaciones quirúrgicas.

<sup>2</sup>Sala de expulsión o de tococirugía: Sala donde se atienden los partos.



\*No hay área de urgencias<sup>3</sup> porque el hospital es de alta especialidad y las urgencias son atendidas en los hospitales privados, clínicas paraestatales o de seguridad social

\*No existen áreas de observación, por la misma causa del punto anterior

\*El número de camas de hospitalización en el primer nivel es de 44 camas y en el segundo nivel, 24 camas

\*El número de camas en residencia de médicos es de ocho

\*Las áreas de enseñanza, contemplan, en la planta baja, dos aulas y un auditorio o aula magna; en el primer nivel, dos aulas; en el segundo nivel, siete aulas; en el tercer y cuarto niveles, sin aulas

\*Las áreas para servicios intermedios incluyen: para CEYE (Central de Esterilización y Equipo), un área; para Laboratorio, un área; para Radiodiagnóstico, un área para rayos "X" y otra para tomografía; para Electrodiagnóstico, un área; y para Sépticos, ocho áreas.

\*Dentro de las áreas para servicios generales están:

- Lavandería: No habrá este servicio, ya que será a través de concesión
- Cocina: Lo mismo que el anterior, porque no van a formar parte del proyecto
- Intendencia: Dos áreas
- Baños y vestidores: Para Intendencia, dos áreas, una para mujeres y otra para hombres; para médicos y enfermeras, un área
- Local de ropa sucia: Un área, donde se almacena la ropa sucia que es transportada por una Compañía concesionada
- Casa de máquinas: Un área
- Talleres de mantenimiento: No van a existir, en este caso se contrata a una Compañía de mantenimiento que permanentemente tiene personal especializado para este fin; sin embargo, existe un área para la Oficina de Conservación y un pequeño taller de mantenimiento tipo predictivo y ligero preventivo.

\*El área administrativa engloba, para el director, un área; para el subdirector, un área; para el jefe de enfermería, un área, y para la Caja, un área

\*Las áreas verdes abarcan una superficie aproximada de 4 000 m<sup>2</sup>

\*Las áreas de vialidad comprenden 20% de la superficie total del terreno

\*El área de estacionamiento consta de 50 cajones de autos para el personal interno y 100 cajones para visitantes.

---

<sup>3</sup>Área de urgencias: Lugar a donde llega un paciente con una dolencia grave y donde el médico le hace una revisión general para detectar cuál es el problema.

## 2.2 Requisitos para la obtención del terreno

- 2.2.1 La superficie mínima para cubrir las necesidades de los servicios totales es de 8000 m<sup>2</sup>.
- 2.2.2 Características del terreno. El terreno deberá ser plano, con pocas pendientes, no deberá formar parte de un cerro, deberá contar con todos los trámites y aprobaciones para su venta.
- 2.2.3 Localización. Uruapan, Mich., con dirección supuesta en Carretera Morelia Apatzingan, entre calle Juárez y Calle Hidalgo (ver fig 1).

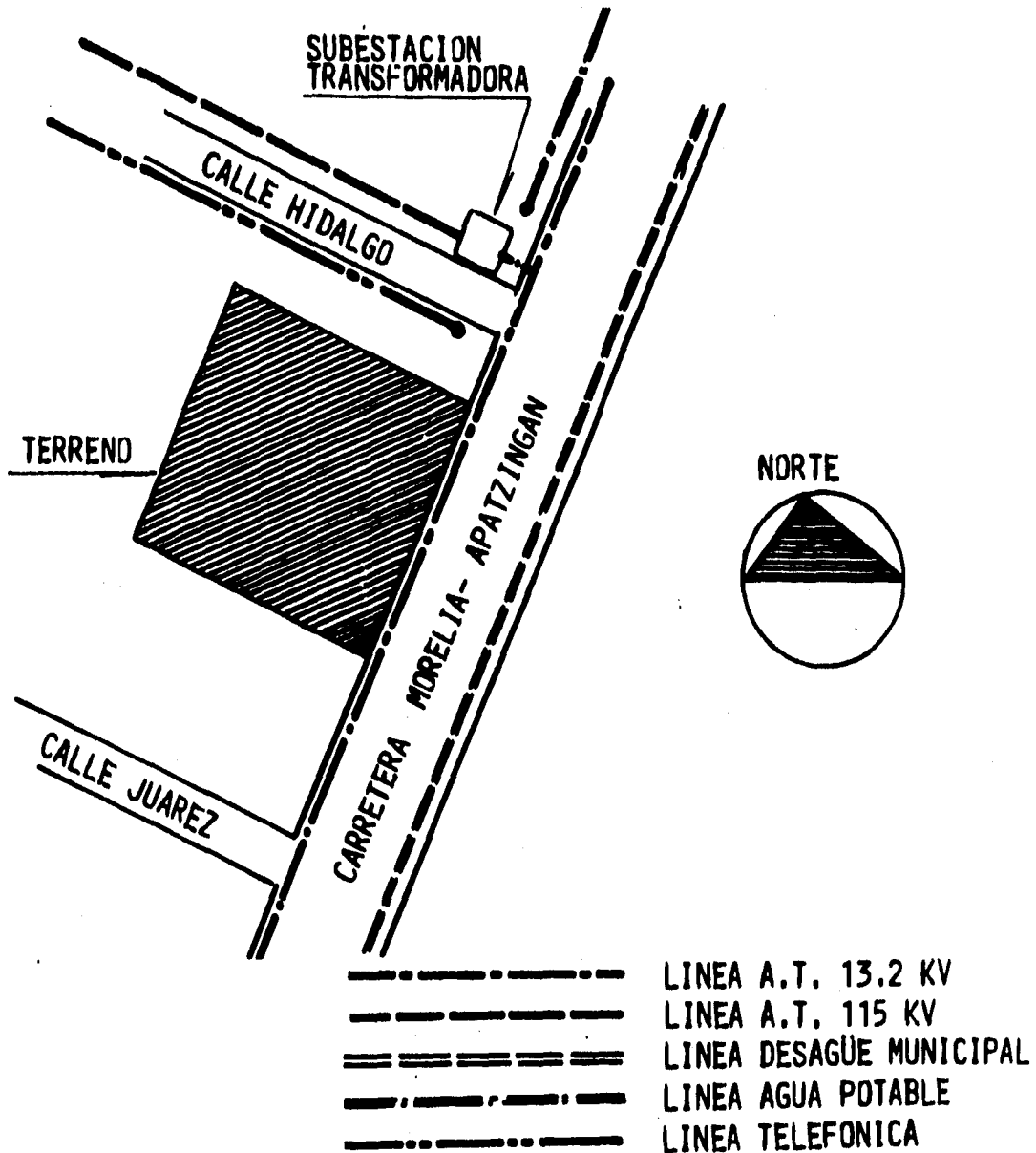


FIG 1. CROQUIS DE SERVICIOS

2.2.4 Vías de comunicación. Acceso por la Carretera No. 37 con dirección a Guadalajara y la 14, con dirección a Morelia (ver fig 2).

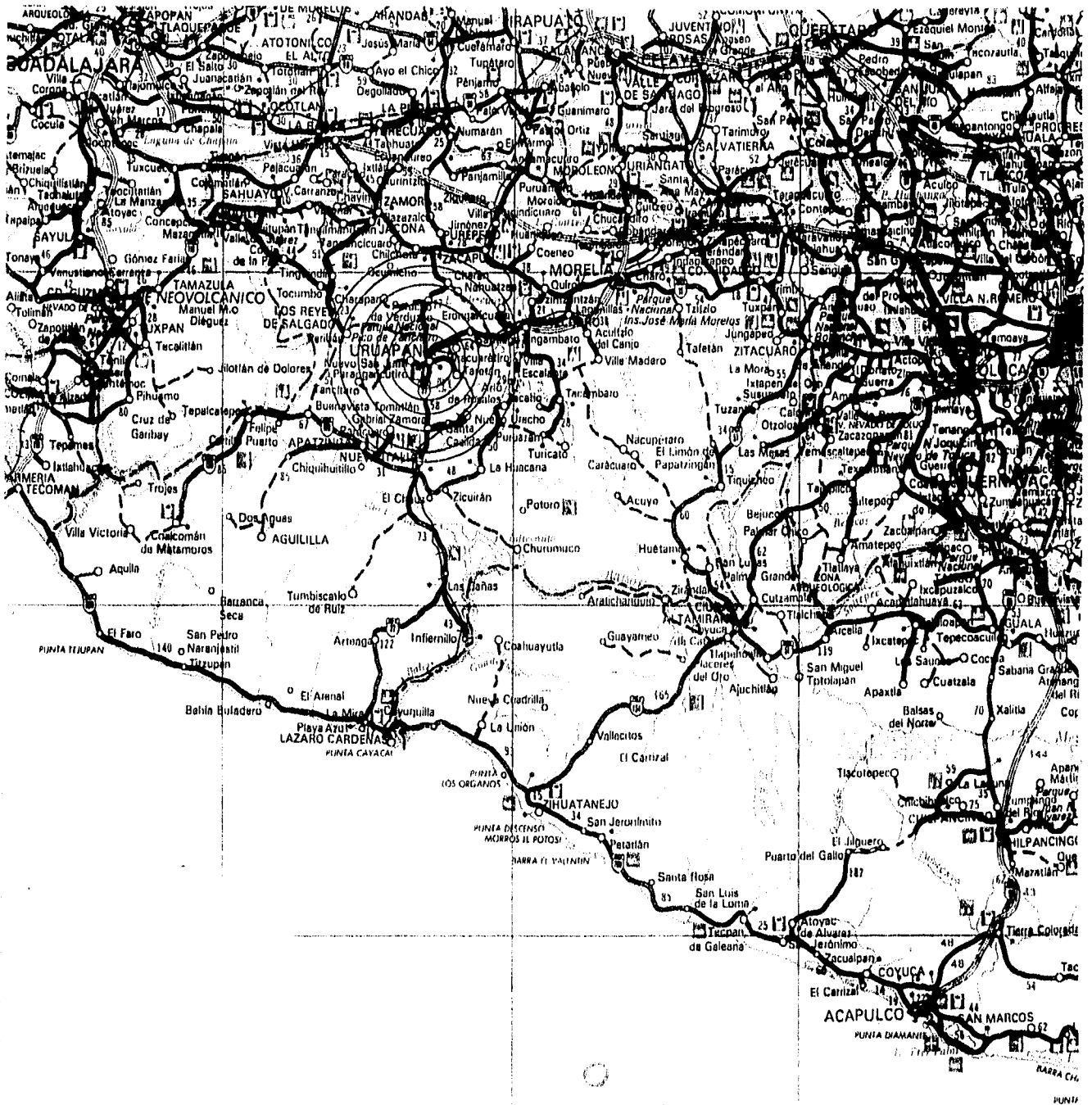


FIG 2. PLANO DE CARRETERAS

2.2.5 Trámites de uso del suelo. Estos se presentarán en la dependencia correspondiente, cuyos requisitos serán coordinados por el arquitecto proyectista, hasta obtener su aprobación

2.2.6 Situación financiera. El costo por m<sup>2</sup> de construcción para el lugar es de N\$2,124.00 a 1994, sin incluir equipamiento.

### 2.3 Cédula de servicios

Con la finalidad de contar con los datos necesarios para proyectar una obra determinada, se requiere de la cédula de servicios (ver tabla 1), que es un instructivo que debe recabarse en el lugar donde se va a efectuar la obra. En este instructivo, deberán especificarse todos los servicios que existan al momento de proyectarse. En la cédula de investigación de servicios, deberán aparecer los siguientes datos básicos: fecha de levantamiento, un croquis con orientación, símbolos apropiados donde se marquen las líneas de distribución y servicios municipales y características principales de la población.

TABLA 1. CÉDULA DE SERVICIOS

NOMBRE DE LA PERSONA QUE ELABORA LA CÉDULA:	FECHA:
LUGAR:	URUAPAN, MICHOACÁN
POBLACIÓN:	170 000 HABITANTES
ALTITUD:	1 634 m.s.n.m.
CLIMA:	TEMPLADO CON VERANOS CÁLIDOS
LLUVIAS:	DE JUNIO A SEPTIEMBRE
DISTANCIA CON RESPECTO AL D.F.:	497 Km
DISTANCIA CON RESPECTO A MORELIA:	186 Km
DISTANCIA CON RESPECTO A APATZINGÁN:	89 Km
DISTANCIA CON RESPECTO A PLAYA AZUL:	261 Km
VÍAS DE COMUNICACIÓN:	FERROCARRIL DE MORELIA A APATZINGÁN TRANSPORTE TERRESTRE POR CARRETERAS TRANSPORTE AÉREO DE LAS PRINCIPALES CIUDADES A MORELIA
INDUSTRIAS:	AGRÍCOLA, GANADERA, ARTESANAL, TURÍSTICA
ENERGÍA ELÉCTRICA:	LÍNEAS EN ALTA TENSIÓN 115 KV HASTA UNA SUBESTACIÓN TRANSFORMADORA QUE SE ENCUENTRA CERCANA AL PREDIO Y TENSIÓN MEDIA DE 13.2 KV QUE RECORREN SOBRE LA CARRETERA MORELIA-APATZINGÁN
TELECOMUNICACIONES:	LÍNEA TELEFÓNICA A 250 m DEL TERRENO
AGUA:	LÍNEAS DE AGUA POTABLE A 500 m DEL TERRENO DESAGUE MUNICIPAL POR LA CARRETERA MORELIA-APATZINGÁN

### 3. DESARROLLO DEL PROYECTO DE INGENIERÍA DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Para ubicar el desarrollo de este proyecto, se ha dibujado el siguiente organigrama (ver fig 3), describiéndolo de la siguiente forma:

El propietario o institución encargado de la construcción del hospital, nombra a un coordinador o titular de proyectos, construcciones y conservación, quien conjuntamente con el área médica, elaborará el programa de servicios de la Clínica Hospital. El titular se va a auxiliar de profesionales especialistas en proyectos, construcción y mantenimiento o conservación, nombrándolos coordinadores de estas áreas.

El coordinador de proyectos encarga a un bufete de arquitectos, la elaboración del proyecto arquitectónico, estructural y de instalaciones. De acuerdo con la estructura interna del bufete, éste se apoyará en las recomendaciones del estructurista en cuanto a dimensiones de columnas, espaciamiento entre ejes, alturas de piso a losa, espesor de las losas, reforzamiento estructural en losas y trabes, de acuerdo a la carga de áreas específicas.

Los planos definitivos son proporcionados por el arquitecto proyectista al coordinador de ingenierías electromecánicas, quien previamente ha solicitado el desarrollo de las guías mecánicas, al especialista en guías mecánicas de hospitales, quien de acuerdo con las necesidades médicas de la clínica-hospital que ya fueron analizadas por el área médica y el titular de proyectos y construcción, elabora estas guías. El coordinador de ingeniería pasará a cada especialidad, un juego de planos y la cédula de servicios para la elaboración del anteproyecto.

Después de que se le presentan al coordinador de ingeniería los anteproyectos de cada especialidad, los empalma para localizar traslapes improcedentes o difíciles de ejecutarse y vuelva a tratar estos anteproyectos con los responsables, hasta llegar a la solución óptima, obteniendo así, los anteproyectos definitivos. Con dichos anteproyectos, hace su presentación al arquitecto proyectista, para su aprobación. Una vez que el arquitecto, junto con el coordinador de proyectos, han aprobado los anteproyectos, se dará paso a la ejecución de los proyectos.

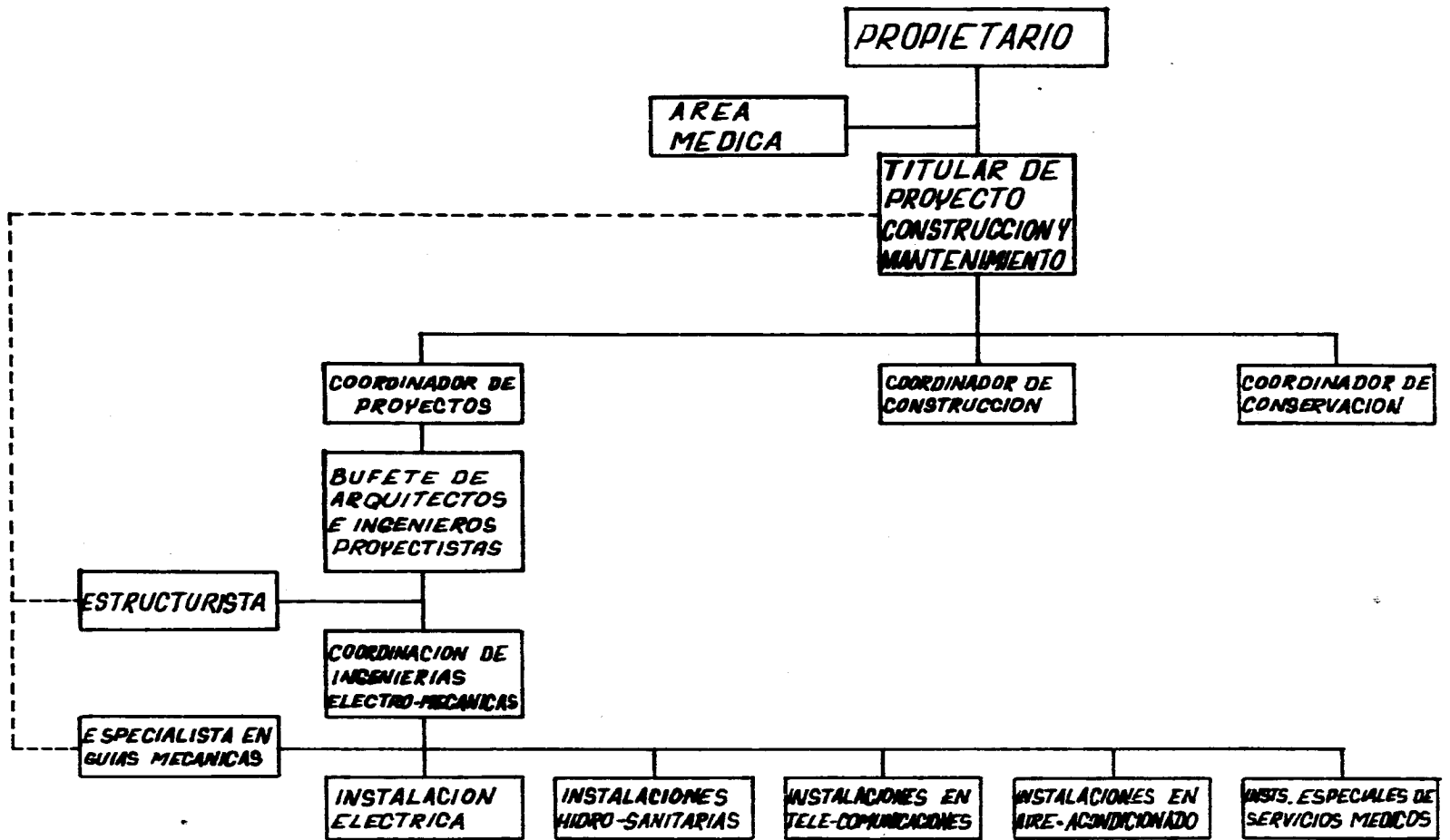


FIG 3. ORGANIGRAMA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA CLÍNICA HOSPITAL

### 3.1 Acciones previas al desarrollo del proyecto

Estudio del proyecto arquitectónico. Se deberán analizar los requerimientos, características y contenido de los planos, al recibirlos del coordinador de ingeniería de instalaciones.

#### **a) Dimensiones de planos**

Las dimensiones de éstos han sido estudiadas por los arquitectos, de acuerdo con las Normas de los Reglamentos de Construcción vigentes en la República Mexicana, con el fin de estandarizarlos. Estas dimensiones serán cualquiera de las siguientes: 70 x 110; 55 x 70; 35 x 55; 28 x 40 ó 21.5 x 28 cm. En el caso de los planos, que son complementarios a los arquitectónicos (por ejemplo, el diagrama unifilar), se tomarán las mismas dimensiones de los planos originales.

#### **b) Escalas de planos**

Las escalas estarán ya indicadas en los planos que se requieren para iniciar el proyecto, con excepción de la subestación eléctrica que deberá presentarse en escala 1:25.

Las mismas, están autorizadas por SEMIP, quedando dentro del sistema métrico decimal, y han sido elegidas de tal forma que permitan la rápida interpretación del plano y se pueda, en todo momento, obtener una reducción legible.

#### **c) Espacios para sellos**

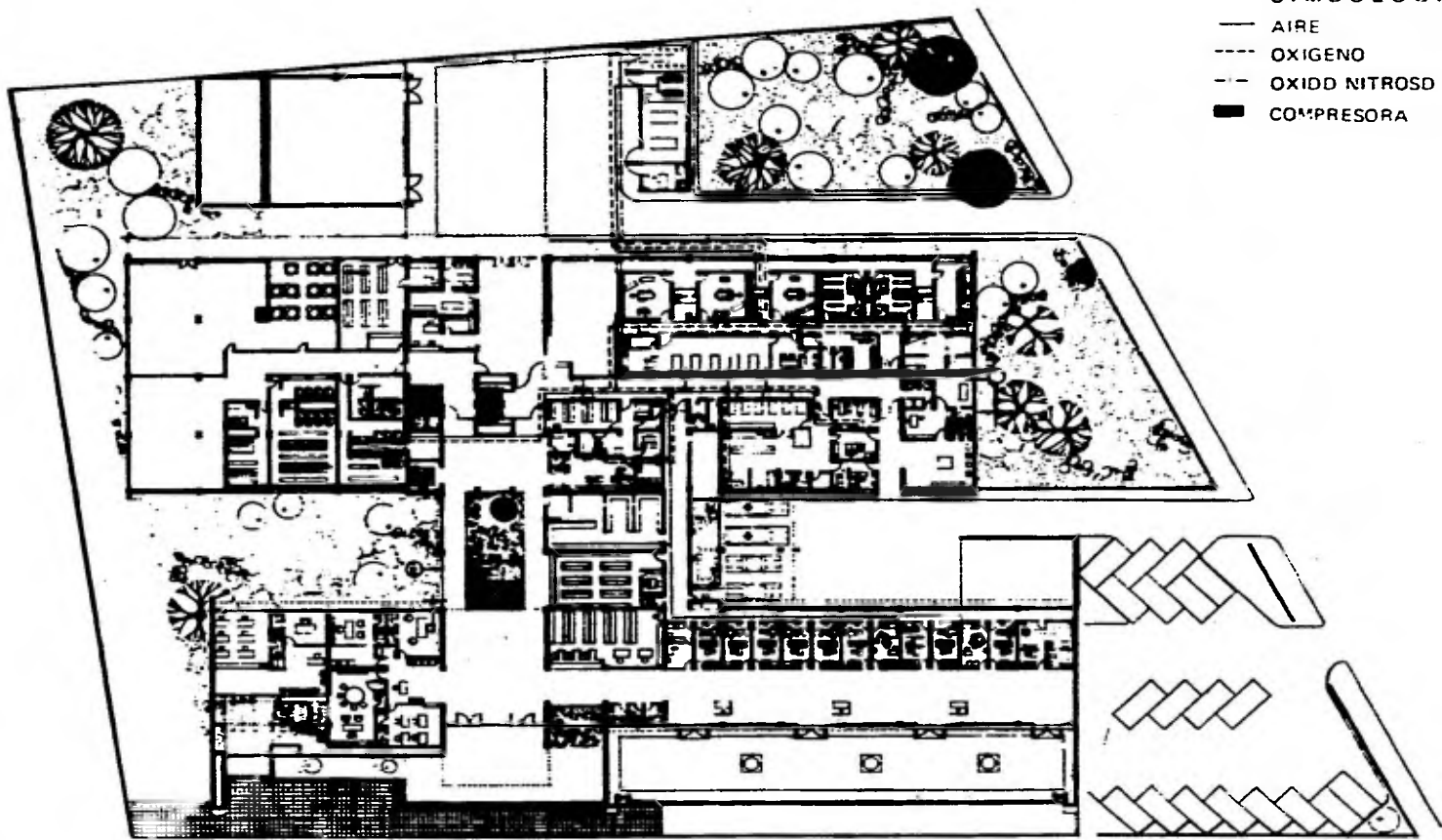
Todos los planos de instalación eléctrica, deben tener un espacio libre no menor de 15 x 20 cm localizado en la parte superior del sello o cuadro de referencias de cada plano. El sello o cuadro de referencias es un rectángulo que contiene los datos de: nombre de la obra, localidad, tipo de unidad, tipo de obra, fecha, escala, descripción y la clave del plano (esta clave servirá para ordenar progresivamente los planos que contenga el proyecto) y, el logotipo que lo identifica. Este espacio libre servirá, para los trámites y autorizaciones de la SEMIP.

#### **d) Presentación de planos amueblados**

Es importante que para el desarrollo de la instalación eléctrica, todos los planos que se reciban para realizar el proyecto vengan amueblados, puesto que la iluminación irá en función directa de las zonas que requieran iluminación localizada o ambiental, y los contactos ubicarlos a las distancias, alturas y puntos más funcionales (ver en página 9-A, fig 4, ejemplo de plano amueblado).

#### **e) Plantas arquitectónicas**

Para iniciar el proyecto, es necesario contar con todos los planos necesarios para su desarrollo; estos planos son los siguientes:



**SIMBOLOGIA**

- AIRE
- - - OXIGENO
- · - OXIDD NITROSD
- COMPRESORA

FIG 4. PLANO AMUEBLADO



\*Un juego de planos a escala 1:100 de todas las plantas arquitectónicas (la escalapodrá variar dependiendo del tamaño del inmueble).

\*Un plano de la planta de conjunto a escala 1:100 ó 1:200 (ver en pág 9-A, fig 4, plano amueblado).

\*Un juego de planos de cortes transversales y longitudinales.

Con los anteriores planos se realiza el anteproyecto y para el proyecto definitivo se requieren de los siguientes:

\*Dos juegos de planos de todas las plantas arquitectónicas amuebladas a escala 1:50.

\*Dos juegos de guías mecánicas de todas las áreas médicas y no médicas especializadas.

Con estos dos juegos de desarrollan los proyectos de alumbrado y contactos en cada juego, respectivamente.

Se requiere también una planta de azoteas para el sistema de pararrayos y otra para la instalación eléctrica de alimentación a equipos de fuerza de aire acondicionado.

Para alimentaciones generales en baja tensión, se requiere un juego de plantas arquitectónicas amuebladas en escala 1:100.

Y por último, un plano de conjunto con escala 1:100 ó 1:200 para el alumbrado exterior.

En caso de requerirse un planteamiento de líneas en alta tensión, se requerirá otro plano de conjunto.

Los planos anteriores deberán cumplir con los siguientes requisitos:

\*Utilizar el sistema decimal para unidades de medida y acotaciones.

\*Cada plano llevará las notas pertinentes para la explicación completa del contenido.

#### **f) Guías mecánicas**

Éstas deberán ser elaboradas por un especialista, con la finalidad de contar con los datos precisos del mobiliario y equipamiento en los locales especiales como en la central de equipos y esterilización (CEYE), laboratorios, quirófanos, anatomía patológica, cocinas de piso, radiodiagnóstico, terapia intensiva y recuperación, laboratorio de leches, cocina, lavandería, etc (algunos locales no aparecerán dentro del proyecto pero se mencionan para que se tomen en cuenta para un proyecto

general). Las guías mecánicas deben contemplar un cuadro de datos de cargas eléctricas de cada uno de los equipos, así como la altura de las salidas eléctricas y estar acotadas con respecto a muros y a ejes (ver en Anexo 1, Guía Mecánica de Quirófano).

#### **g) Planta de conjunto**

El objetivo de tener la planta de conjunto es visualizar en un sólo plano todas las áreas cubiertas y exteriores para ubicar los postes de alumbrado en relación con fachadas, áreas verdes, circulaciones, accesos y vialidades, en forma integral. Como ya se había indicado, de acuerdo con las dimensiones del terreno, ésta podrá ser dibujada a escala 1:100 ó 1:200. Dentro de este plano de conjunto, es necesario que se incluyan los datos de niveles y pendientes del terreno.

#### **h) Cortes transversales y longitudinales**

Es importante contar con estos planos, porque en ellos se describen las alturas de piso a techo o a falso plafón, que son la base para los cálculos de niveles de iluminación. En estos planos se interpretan: dobles alturas, huecos en losas, plafones falsos, entresijos, dimensiones de losas y de columnas, pendientes del terreno y de la misma construcción.

#### **i) Localización de subestación y planta de emergencia**

Coordinadamente con el arquitecto proyectista, el ingeniero electricista, dará las dimensiones aproximadas de los locales que se requieren para la subestación eléctrica y en algunos casos, se integrará como un cuerpo de servicios: la subestación, la casa de máquinas y talleres de mantenimiento; también el ingeniero electricista dará la localización óptima de la ubicación de las subestaciones. Según el artículo 201.10 y artículo 6 de las normas técnicas (N.T), la subestación eléctrica receptora y gabinetes de medición, deberán localizarse, máximo a 5 m de la banquetta, por lo que esta subestación se debe ubicar de acuerdo con la cédula de servicios, en la que nos indica las trayectorias de las líneas de distribución de la Compañía suministradora (CFE o Cía. de Luz).

Será necesario localizar una subestación (S.E.) derivada de la receptora lo más aproximada al centro de cargas del hospital, y es necesaria la intervención del arquitecto para coordinar que el lugar seleccionado cause el mínimo de problemas en el proyecto arquitectónico.

Es conveniente, que la Subestación Eléctrica (S.E.) derivada quede localizada junto a la casa de máquinas, ya que la carga eléctrica de los equipos de ésta, es grande, y los conductores de alimentación normalmente son de calibre grueso, por lo que es conveniente reducir el recorrido de alimentaciones para obtener un ahorro económico.

La planta de emergencia (ver artículo 514.2 y 514.3 de las Normas Técnicas), se ubicará en el área de la S.E. derivada, de acuerdo con los requerimientos de las

Normas en donde especifican que deberá llevar una malla de alambre o un muro para que quede independiente en su uso y mantenimiento. Precisamente, para su mantenimiento, se deberá proveer un espacio mínimo de 60 cm libres a cada lado de la planta; deberá contar el local con ventilación cruzada o ventilación mecánica; también, debe contar con un área abierta para el desalojo del aire caliente del radiador y un espacio en la losa para un tubo de escape.

La planta se deberá ubicar lejos de las áreas médicas susceptibles al ruido, preferentemente en planta baja, para que no se transmitan las vibraciones de ésta, ya que si se colocara en otro nivel, habría que reforzar, losas y columnas del local en donde se alojara.

La S.E. y la planta de emergencia es preferible no ubicarlas en sótanos por varios motivos, entre los que están: -difícil acceso para montaje o desmontaje; -difícil mantenimiento; -que está expuesta a probable inundación; -ventilación deficiente. Es de vital importancia la ubicación del área de máquinas.

#### **j) Localización de tableros**

Un tablero es una caja o gabinete metálico que aloja a los interruptores termomagnéticos (ver artículo 405.3 de las N.T.) cuya función es proteger y controlar a los circuitos derivados de cualquier sobrecorriente. Por su jerarquía de utilización en la instalación, se denominan: tablero general de baja tensión, tablero subgeneral y tablero de distribución. El tablero general de baja tensión se localiza en la S.E. derivada y aloja a los interruptores de más alta capacidad.

De ese tablero se derivan las alimentaciones a los tableros subgenerales y a los tableros de fuerza en la casa de máquinas.

Los tableros subgenerales, a su vez, alimentan a los tableros de distribución y a tableros de fuerza, cuya carga no sea considerable.

Los tableros de distribución controlan y protegen a los circuitos derivados, compuestos éstos por la suma de cargas de varios accesorios, como lámparas y contactos o cualquier motor menor de 3 CP. en una zona y fin específicos (fig 5).

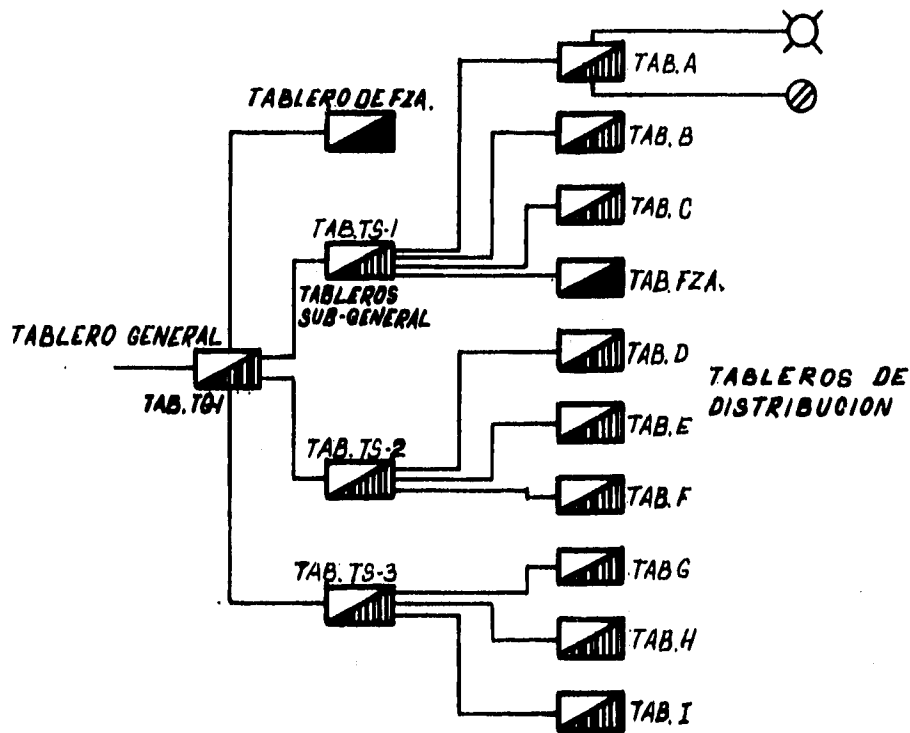


FIG 5. DIAGRAMA UNIFILAR DONDE SE UBICAN TODOS LOS TABLEROS

Los tableros, físicamente, deben ubicarse de acuerdo con los siguientes requerimientos:

\*En lugares que estén a la vista de las personas capacitadas para su accionamiento; por ejemplo, frente a la central de enfermeras.

\*Deben localizarse en lugares abiertos o en cuartos con puerta sin llave.

\*El local destinado para los tableros, en caso de no ubicarse en áreas abiertas, debe ser exclusivo para su uso, no se permite alojar utensilios o cualquier objeto que no esté relacionado con la instalación eléctrica.

\*Se debe cuidar que los locales adyacentes no sean cálidos, es decir, que no contengan hornos o estufas que produzcan calentamiento a los conductores.

\*También es necesario que la localización de los tableros sea en muro doble, previendo que, al empotrarlos en el muro queden holgadamente colocados.

\*La altura, al centro del tablero, debe ser a 1.50 m Sobre el Nivel de Piso Terminado (s.n.p.t.).

\*Se deben localizar en muros continuos de piso a techo o a falso plafón con el fin de recibir las tuberías, ya sea; de las que vienen de piso a tablero o de las de losa a tablero.

En México, existen tres marcas conocidas de tableros, de las cuales, cada una tiene diferentes características, por lo que, desde un principio, se deberá elegir una marca especial para el dimensionamiento (ver artículo 405.19 de las Normas Técnicas).

#### **k) Trayectoria de alimentaciones**

Una vez establecida la situación de los tableros se procederá a proponer la trayectoria de las alimentaciones a cada uno de ellos, bajo los siguientes lineamientos:

\*Se parte del último tablero a la S.E. derivada trazando; de preferencia, una sólo trayectoria y que sea ésta lo más corta posible, con lo cual se minimizan las caídas de tensión y el costo.

\*La trayectoria trazada anteriormente (ver artículo 301.5 de N.T.), se localizará preferentemente en circulaciones o pasillos para facilitar su mantenimiento.

\*Esta trayectoria debe de coordinarse con las otras instalaciones para no traslaparse o encimarse con ellas.

\*En caso de llevar el mismo recorrido de las otras instalaciones, las eléctricas deberán ir en forma paralela y alineadas horizontalmente, no verticales, por las fugas de agua que pudieran suscitarse, y también con cierta separación de las instalaciones de telecomunicaciones, para evitar que la misma instalación eléctrica induzca frecuencias parásitas en las de telecomunicaciones.

\*Se deben localizar cajas de registro a cada 20 m (ver artículos 307.2, 307.3 y 307.4 de N.T.), las que deberán situarse en lugares de fácil acceso y que la tapa quede identificada como tapa de registro de instalación eléctrica.

\*El uso exclusivo de ductos embisagrados y charolas portacables (ver artículos 308.2, 308.3 de N.T.), quedará sujeto al cumplimiento de los requisitos dispuestos en las Normas Técnicas; por ejemplo: las charolas portacables sólo se deben instalar en forma visible, nunca dentro del falso plafón o en ductos verticales no registrables, entre otros.

#### **l) Tipo y niveles de iluminación, áreas decorativas, porcentajes de emergencia y criterios de alumbrado**

Los niveles de iluminación en áreas médicas, serán los establecidos en las Normas del Sector Salud (ver tabla 3). En estas mismas normas se encuentran los criterios de alumbrado los cuales han sido obtenidos de estudios realizados con base en estadísticas, encuestas y sobre todo en las mediciones de los niveles de iluminación en las áreas de trabajo y en las áreas médicas.

Primeramente, el proyectista eléctrico, en el anteproyecto, sugerirá el tipo de luminarias que mejor se adapten a los criterios antes mencionados; esta propuesta

estará sujeta a las observaciones del arquitecto y juntos establecerán el tipo de luminarias definitivas. Con estas luminarias seleccionadas, en el desarrollo del proyecto, se definirá el número de potencia de las lámparas, de acuerdo con los cálculos (ver artículo 513.2 N.T.).

#### **m) Equipos de bombeo**

Como anteriormente se mencionó, la casa de máquinas para el equipo de bombeo deberá ubicarse junto a la S.E. derivada.

El proyectista eléctrico dará a conocer al proyectista de la instalación hidrosanitaria y de aire acondicionado, al voltaje definitivo, para la alimentación de sus equipos, de acuerdo con la facilidad dispuesta en la subestación.

Los proyectistas de hidráulica y de aire acondicionado, proporcionarán a nivel de anteproyecto, una carga eléctrica estimada de sus equipos, con el fin de tener precapacidades de transformadores y planta de emergencia.

Con estos datos, se puede proponer un acomodo del equipo, con el fin de proporcionar las dimensiones del área que se requieran para la S.E. (ver artículo 405.3 N.T.).

#### 4. ELABORACIÓN DEL PROYECTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

En los capítulos anteriores, hemos mencionado todas las necesidades de datos y referencias que deben contemplar los planos arquitectónicos, mismos que deben ser proporcionados para iniciar el desarrollo del proyecto. Asimismo, en el capítulo 5 haremos referencia a las Normas, sobre las cuales, nos basaremos para la ejecución del proyecto.

**Etapas del proyecto.** Es indispensable crear un tipo de organización, la que nos permita desarrollar en forma ordenada todos los aspectos de cálculo y presentación de planos para la entrega definitiva; esta organización se basa en los siguientes incisos:

##### a) Programa para el desarrollo del proyecto

Cada proyecto requiere un tiempo determinado para su desarrollo, éste se inicia en el momento en que se recibe toda la información, y de acuerdo con la coordinación de las otras instalaciones se determina el tiempo de terminación.

En el programa de trabajo se estipulan todas las etapas que contemplará el mismo, ésta misma acción será para las otras instalaciones (aire acondicionado, hidráulica, de sonido, instalaciones especiales como computadoras, equipos de análisis, etc).

El programa de trabajo se presentará en una junta de coordinación y las etapas congruentes de dos o más instalaciones, indicarán el tiempo estimado en el que se llevará a cabo su ejecución. Por ejemplo, los planos con salidas de luminarias los propone el ingeniero electricista, en la etapa de anteproyecto; los coordina con el arquitecto y en la etapa de desarrollo del proyecto, los proporciona con los correspondientes cálculos de niveles de iluminación, al ingeniero de aire acondicionado, éste, a su vez, localiza sus rejillas de extractores, los coordina el Jefe del Proyecto y proporciona los datos de ubicación de luminarias y rejillas, al proyectista de sonido.

Por último, éste localiza las salidas de bocinas y entrega el plano completo al arquitecto para la realización del plano de plafones. Como podemos observar, en una sólo acción intervienen varias especialidades de ingeniería coordinadas por el Jefe del Proyecto.

Por lo anterior, se concluye que es necesario efectuar un programa de tiempos para el traslape e intercambio de datos (ver tabla 2).

TABLA 2. PROGRAMA DE DESARROLLO DEL PROYECTO ELÉCTRICO

CONCEPTO	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7
Planteamiento de salidas de iluminación	XXXXXXXXXX						
Coordinación con el arquitecto proyectista	XXXXXXXXXX						
Presentación de salidas al Ing. de aire acondicionado	XXXXXXXXXX						
Presentación de salidas al ingeniero de sonido	XXXXXXXXXX						
Desarrollo del proyecto de alumbrado		XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX			
Desarrollo del proyecto de contactos			XXXXX	XXXXXXXXXX			
Recopilación de datos de aire acondicionado					XXXXXXXXXX		
Recopilación de datos de hidráulica					XXXXXXXXXX		
Recopilación de datos de salidas especiales					XXXXXXXXXX		
Desarrollo del proyecto de fuerza					XXXXXXXXXX		
Desarrollo del proyecto de alimentadores generales				XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	
Elaboración de cuadros de carga					XXXXXXXXXX	XXXXXX	
Elaboración del diagrama unifilar					XXXXX	XXXXXXXXXX	
Elaboración de las subestaciones						XXXXX	
Término de planos dibujados							XXXXXXXXXX
Memoria técnico-descriptiva							XXXXXXXXXX
Especificaciones de equipos							XXXXX



**b) Memoria Técnico-Descriptiva (MTD)**

El objetivo de la MTD, es recopilar todos los datos, procedencia y cálculos que hayan intervenido en la elaboración del proyecto, por lo tanto, ésta se deberá ir realizando desde el nivel de anteproyecto y durante la elaboración del proyecto. Esta memoria servirá de consulta, tanto para el proyectista como para las instituciones que revisan el proyecto, y por último, para el que ejecuta la obra, en la que, además de consultar en ella, datos y observaciones sobre el proyecto, es indispensable para saber hasta dónde se cuenta con carga de reserva para el caso de adaptaciones o ampliaciones de la obra. Cada modificación o adaptación la hará por separado y presentará sus propuestas a quien corresponda (institución responsable de la obra o al ingeniero proyectista).

Esta MTD debe contemplar los siguientes aspectos:

- Cédula de servicios (ver ejemplo en página 6)
- Descripción de adaptación, de acuerdo con la cédula de servicios (ver Anexo 2)
- Investigación del servicio eléctrico (ver página 4)
- Coordinación con la Compañía suministradora de energía (ver página 4)
- Fundamentación y conclusiones en todas las entrevistas con el Jefe del Proyecto (ver en 8.2)
- Cálculo de niveles de Iluminación (ver en 8.2)

### **c) Alumbrado (Cálculo de Niveles de Iluminación)**

Es necesario, conocer y establecer las formas de iluminación antes de poder calcular los niveles de iluminación. La clasificación primaria de luminarias se da por la forma en que iluminan éstas; así, se tienen: indirecta, semi-indirecta, general difusa o directa indirecta, semi-directa y directa.

#### **Indirecta**

El 90% de la intensidad de luz de la luminaria se dirige hacia el techo. Prácticamente toda la luz efectiva se refleja hacia abajo por el techo y en menor medida, por las paredes, por lo que la iluminación producida es bastante difusa. Aunque el alumbrado indirecto no es tan eficiente, en términos puramente cuantitativos, por su distribución uniforme, ausencia de sombras y de brillo reflejado, lo hacen el más adecuado en determinadas áreas, donde se requieran estas características. Los acabados del local juegan un papel importante, por lo que es necesario que tengan un color tan claro como sea posible y se mantengan en buenas condiciones de limpieza. El techo deberá tener un acabado mate, para que no se refleje la fuente de luz.

#### **Semi-indirecta**

Del 60% al 90% de la intensidad de luz de la luminaria se dirige hacia el techo, mientras el resto se dirige hacia abajo. El alumbrado semi-indirecto tiene la mayoría de las ventajas del indirecto, pero es un poco más eficiente. Este tipo de iluminación se utiliza en comedores, baños y salas de día.

#### **General difusa o Directa indirecta**

Del 40 al 60% de la luz se dirige hacia abajo en ángulo por debajo de la horizontal. La mayor parte de la iluminación existente en el plano de trabajo es resultado de la luz que procede directamente de la luminaria, pero hay una porción importante de luz dirigida al techo y a las paredes laterales.

La diferencia entre la iluminación general difusa y la directa-indirecta, estriba en la cantidad de luz producida en dirección horizontal. En el tipo general difusa, la luz se distribuye casi uniformemente en todas las direcciones y se utiliza en vestíbulos, comedores, escaleras, casa de máquinas y talleres de mantenimiento; mientras que la iluminación directa-indirecta produce muy poca luz en dirección horizontal.

### Semi-directa

Del 60 al 90% de la luz se dirige hacia abajo, en ángulo por debajo de la horizontal. En esencia, el nivel de iluminación eficaz que este sistema proporciona en el plano de trabajo normal, es resultado de la luz que viene directamente de la luminaria. La porción de luz dirigida hacia el techo produce una pequeña componente indirecta que hace más brillante a la zona del techo que rodea a la luminaria, con lo que se obtiene una disminución del contraste de brillo.

### Directa

Entre el 50 y el 100% de la luz se dirige hacia abajo, un sistema de alumbrado directo, es un eficaz productor de luz en la zona de trabajo. Sin embargo, esta eficacia se consigue frecuentemente a expensas de factores de calidad, tales como sombras y deslumbramientos directos o reflejados. Las sombras, se pueden reducir cuando las luminarias son de gran área o están muy cerca unas de otras. Un techo iluminado de pared a pared, es una forma de luminaria de alumbrado directo. La aplicación de este tipo de iluminación en hospitales, está en las salas de operación y de expulsión, utilizando lámparas zenitales.

De acuerdo a las formas anteriormente descritas, para cada una se tiene un grado de aprovechamiento, éste se resume de la siguiente forma.

GRADO DE APROVECHAMIENTO SEGÚN LAS FORMAS DE ILUMINACIÓN

Forma	Hacia abajo	Hacia arriba
Directa	90-100%	0-10%
Semi-directa	60-90%	10-40%
Indirecta	0-10%	90-100%
Semi-indirecta	10-40%	60-90%
General difusa	50%	50%

Con las formas de iluminación, con su respectivo grado de aprovechamiento y los niveles de iluminación establecidos en las Normas del Sector Salud (ver tabla 3), se procede a calcular los niveles de iluminación.

Para los cálculos de los niveles de iluminación, se tienen tres métodos que son: de los Lúmenes, de la Cavidad Zonal y Punto por Punto. A continuación, se describe brevemente cada uno de estos métodos.

#### **Cálculo de los niveles de iluminación por el método de los lúmenes**

Para llegar al cálculo de nivel de iluminación, por el método de los lúmenes y determinar el número de lámparas, es necesario definir antes los siguientes conceptos, relaciones y unidades.

Ver. Es percibir la energía luminosa reflejada por las superficies

Iluminación. Es el efecto que causa la luz al incidir sobre una superficie; y para cuantificar esta iluminación se establece la siguiente relación:

$$\frac{\text{Energía recibida en la superficie}}{\text{Superficie}}$$

A lo que se define como nivel de iluminación (N.I.) o también como: Iluminación o Luminancia.

Entonces, tenemos que el nivel de iluminación está expresado por la fórmula:

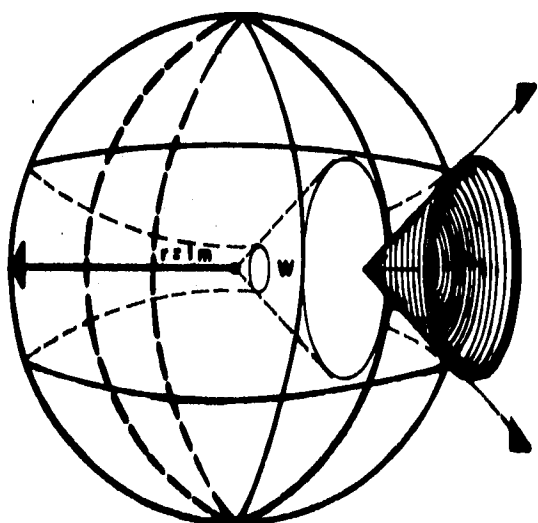
$$N.I. = \frac{ELI_s}{S} = \frac{\text{Energía luminosa incidente en una superficie}}{\text{Superficie}} = \frac{\text{LUMEN}}{m^2} = (\text{LUX})$$

Precisamente, el método de los Lúmenes está basado en la expresión anterior que es la definición de Lux.

Así, tenemos que las unidades fundamentales en iluminación son:

Nivel de Iluminación	en LUXES (E)
Flujo Luminoso (cantidad de energía)	en LUMEN ( $\phi$ )
Intensidad Luminosa	en CANDELAS (Cd)

La interrelación de estas tres cantidades de iluminación se puede representar mediante la llamada "esfera unitaria".



$I = 1 \text{ cd}$

$$\begin{array}{l} \phi = 1 \text{ Lm} \\ E = 1 \text{ Lux} \\ S = 1 \text{ m}^2 \end{array}$$

El flujo luminoso producido por una fuente de luz igual a una candela, al incidir sobre una superficie de  $1 \text{ m}^2$ , nos da un nivel de iluminación igual a un lux.

Ángulo Sólido  $\omega(\text{total}) = 4\pi$  estereorradianes. El ángulo sólido ( $\omega$ ) se define como la relación entre el área de la esfera ( $A_s$ ) y la raíz cuadrada del radio ( $r$ ).

La base de valores la establece la definición unitaria de "Candela":

La Candela es la unidad básica internacional de intensidad luminosa y se define como 1/60 de la intensidad luminosa por cm<sup>2</sup> del manantial luminoso patrón llamado cuerpo negro, trabajando a una temperatura de fusión del platino de 2 046° K.

Como referencia, se establece que:

Una vela corriente de cera tiene en dirección horizontal una intensidad luminosa de aproximadamente una candela. Esta intensidad luminosa está dada por la expresión:

$$I = E \times D^2$$

donde

I = Intensidad luminosa (candelas)

E = Nivel de iluminación (luxes)

D = Distancia en (metros) desde la fuente a la superficie iluminada

El Nivel de Iluminación, por el método de los Lúmenes está dado por la expresión siguiente:

$$\text{Nivel de Ilum.} = \frac{\text{Lúmenes Inic.} \times \text{No. de Lámps.} \times \text{Coef. de Util.} \times \text{Fac. Mto.}}{\text{Area}}$$

Para llegar al cálculo del Nivel de Iluminación y, por ende, del número de lámparas que se deben instalar por el método de los lúmenes, es necesario profundizar un poco acerca de cada una de las partes que componen esta ecuación.

### 1) Niveles de Iluminación

En México, los niveles de iluminación para cada tarea visual, los recomienda la Sociedad Mexicana de Ingeniería e Iluminación AC (SMII) basada a su vez en la Illuminating Engineering Society (IES). Puesto que los valores de iluminación de la SMII siempre son menores que los de la IES, por razones económicas; estos valores serán los mínimos que se deben recomendar, al realizar un proyecto de iluminación e instalación eléctrica.

Específicamente, para el tema que nos ocupa (Clínica-Hospital), se presenta a continuación en la tabla 3 los Niveles de Iluminación para Hospital, tomada de las normas del IMSS, que, como anteriormente se mencionó, los datos que se dan están basados en estudios de ingeniería y prácticos o de experiencia de todos los Hospitales del IMSS.

TABLA 3. NIVELES Y TIPO DE ILUMINACIÓN PARA HOSPITALES

Lugar	Nivel	Tipo de iluminación	Observaciones	Tipo y control de Luminario	% de Emergencia en Alumbrado	% de Emergencia en Contactos
<b>Consulta Externa</b>						
Consultorio	Bueno	Fluorescente	Ver local tipo	Apagador	50%	1 Contacto
Consultorio dental	Bueno	Fluorescente		Apagador	50%	Silla dental
Consultorio oftalmología	Bueno	Fluor. e Incandescente		Apagador	1 lámpara Inc.	30%
Consultorio gineco-obstetricia	Bueno	Fluorescente		Apagador	50%	1 Contacto
Cámara especialidades	Bueno	Fluorescente		Apagador	1 lámpara	0%
Observación cámara	Bueno	Fluorescente		Apagador	50%	0%
Anexo especialidades	Bueno	Fluorescente		Apagador	1 lámpara	30%
<b>Urgencias</b>						
Consultorio	Bueno	Fluorescente	Ver local tipo	Apagador	1 lámpara	1 Contacto
Curaciones	Alto	Fluorescente		Apagador	50%	50%
Cuarto de yeso	Bueno	Fluorescente		Apagador	1 lámpara	0%
Rehidratación	Bueno	Fluorescente		Apagador	50%	50%
Observación adultos, área general	Bueno	Fluorescente		Apagador	50%	100%
Observación adultos, área paciente	Bueno	Fluorescente		Apagador	50%	100%
Atención adultos, área general	Bueno	Fluorescente		Apagador	50%	50%
Atención adultos, área paciente	Bueno	Fluorescente		Apagador	50%	50%
<b>Tococirugía</b>						
Quirófano	Especial	Fluorescente	Ver local tipo	Tablero	100%	100%
Férulas	Alto	Fluorescente		Apagador	100%	100%
Sala de expulsión	Alto	Fluorescente	Ver local tipo	Tablero	100%	100%
Trabajo de parto, área general	Bueno	Fluorescente		Apagador	100%	100%
Trabajo de parto, área paciente	Alto	Fluorescente	Ver local tipo	Apagador	100%	100%
Exploración y preparación	Bueno	Fluorescente		Apagador	100%	100%
Taller anestesia	Bueno	Fluorescente		Apagador	1 lámpara	100%
Circulación blanca	Bueno	Fluorescente		Tablero	100%	100%
Circulación gris	Bueno	Fluorescente		Tablero	100%	100%
Guarda Rayos X portátil	1 lámpara	Fluor. o Incandescente		Apagador	100%	100%
Cuarto oscuro	Regular	Incandescente		Unidad con un foco blanco y uno rojo luz piloto controlada con el mismo apagador que la luz roja	Apagador	100%

TABLA 3 (Continuación)

Lugar	Nivel	Tipo de Iluminación	Observaciones	Tipo y Control de Luminario	% de Emergencia en Alumbrado	% de Emergencia en Contactos
Lavado instrumental	Bueno	Fluorescente	A prueba de vapor	Apagador	100%	100%
Recuperación área general	Bueno	Fluorescente		Apagador	100%	50%
Recuperación área paciente	Bueno	Fluorescente		Apagador	100%	100%
Terapia intensiva, área general	Bueno	Fluorescente		Apagador	0%	0%
Terapia intensiva, cubículo paciente	Alto	Fluorescente		Apagador	100%	100%
Terapia intensiva, monitoreo	Bueno	Fluorescente		Apagador	100%	100%
C.E.Y.E.	Bueno	Fluorescente		Apagador	50%	50%
C.E.Y.E. autoclave	Regular	Incandescente		Apagador	50%	50%
<b>Servicios Intermedios</b>						
Admisión hospitalaria	Bueno	Fluorescente	Sobre área de trabajo	Apagador	30%	30%
Ropa de hospital	Regular	Fluorescente		Apagador	30%	0%
Ropa de calle	Regular	Fluorescente		Apagador	1 lámpara	0%
Cuneros, altas	Regular	Fluorescente		Apagador	30%	0%
Vestidores	Regular	Fluorescente		Apagador	1 lámpara	0%
Archivo clínico	Bueno	Fluorescente		Apagador	1 lámpara	0%
Trabajo social, cubículo	1 lámpara	Fluorescente		Apagador	0%	0%
Farmacia estantería	Bueno	Fluorescente		Apagador	50%	Refrigeradores
Farmacia preparación	Bueno	Fluorescente		Apagador	50%	30%
Laboratorio, mesas de trabajo	Alto	Fluorescente		Apagador	50%	50%
Toma de muestras, cubículo	1 lámpara	Fluorescente	Ver local tipo	Apagador	0%	1 Contacto
Sala de Rayos X	Bueno	Fluor. e Inc.		Apagador	1 lámpara	0%
Rayos X, caseta de control	1 lámpara	Incandescente		Apagador	1 lámpara	0%
Rayos X, dental	Bueno	Fluorescente		Apagador	1 lámpara	0%
Vestidor	1 lámpara	Fluorescente		Apagador	1 lámpara	0%
Preparación y reposo	Regular	Fluorescente		Apagador	1 lámpara	0%
Cuarto de revelado	Regular	Fluor. e Inc.		Apagador	1 lámpara	0%
Archivo de placas	Bueno	Fluorescente		Apagador	1 lámpara	0%
Interpretación	Regular	Fluorescente		Apagador	30%	30%
Criterio	Regular	Fluorescente		Apagador	0%	0%
Sala anatomía patológica	Alto	Fluorescente	Apagador	1 lámpara	30%	
Mesa mortuoria	Alto	Fluorescente	Apagador	1 lámpara	1 Contacto	
Identificación de cadáveres	Bueno	Fluorescente	Apagador	1 lámpara	Refrigerador	
Inyección e inmunización, medicina preventiva	Bueno	Fluorescente	Apagador	1 lámpara	0%	

TABLA 3 (Continuación)

Lugar	Nivel	Tipo de Iluminación	Observaciones	Tipo y Control de Luminario	% de Emergencia en Alumbrado	% de Emergencia en Contactos
<b>Fisioterapia</b>						
Cubículo fisioterapia	Bueno	Fluorescente		Apagador	0%	0%
Tina Hubbard	Bueno	Fluorescente		Apagador	1 lámpara	0%
Gimnasio	Bueno	Fluorescente		Apagador	1 lámpara	0%
Guarda aparatos	Regular	Fluorescente		Apagador	0%	0%
Terapia ocupacional	Bueno	Fluorescente		Apagador	1 lámpara	0%
<b>Pediatría</b>						
Cuneros	Bueno	Fluor. e Inc.	Ver local tipo	Apagador	100%	100%
Prematuros	Bueno	Fluorescente		Apagador	100%	100%
Aislados	1 lámpara	Fluorescente		Apagador	100%	100%
Técnica de aislamiento	1 lámpara	Fluorescente		Apagador	100%	0%
Baño de artesa	Regular	Fluorescente		Apagador	0%	0%
Curaciones	Bueno	Fluorescente		Apagador	1 lámpara	1 Contacto
Sala de juegos	Regular	Fluorescente		Apagador	1 lámpara	0%
Prescolares, área general	Bueno	Fluorescente		Apagador	30%	0%
Prescolares, cunas	Regular	Fluorescente		Apagador	30%	0%
Escolares	Regular	Fluorescente		Apagador	100%	0%
<b>Hospitalización Adultos</b>						
Curaciones	Bueno	Fluorescente		Apagador	1 lámpara	1 Contacto
Tizaneria	Regular	Fluorescente		Apagador	0%	0%
Encamados	Regular	Fluorescente		Apagador	100%	100%
Aislados	Regular	Fluorescente		Apagador	100%	100%
<b>Gobierno</b>						
Área secretarial	Bueno	Fluorescente		Apagador	30%	30%
Biblioteca	Alto	Fluorescente		Apagador	1 lámpara	0%
Acervo	Bueno	Fluorescente		Apagador	1 lámpara	0%
Aula	Bueno	Fluorescente		Apagador	1 lámpara	0%
Auditorio durante conferencias	Bueno	Fluor. e Inc.		Apagador	20%	30% sobre podium
Auditorio durante asambleas	Regular	Fluor. e Inc.		Apagador	20%	30% sobre podium
Auditorio durante proyección	Bajo	Incandescente	Lámpara tipo veladora	Apagador	100%	0%
Caseta de proyección	Bajo	Incandescente		Apagador	1 lámpara	0%



TABLA 3 (Continuación)

Lugar	Nivel	Tipo de Iluminación	Observaciones	Tipo y Control de Luminario	% de Emergencia en Alumbrado	% de Emergencia en Contactos
<b>Servicios Generales</b>						
Casa de máquinas	Bueno	Fluorescente	Considerar acomodo de equipo	Apagador	50%	50%
Subestación	Bueno	Fluorescente	Considerar acomodo de equipo	Apagador	100%	100%
Taller de mantenimiento	Bueno	Fluorescente	Equipo a prueba de explosión	Apagador	50%	50%
Manifold	Bueno	Incandescente		Apagador	1 lámpara	100%
Conmutador área de trabajo	Bueno	Fluorescente	A prueba de vapor sobre área de trabajo	Apagador	50%	50%
Conmutador descanso	Bueno	Fluorescente		Apagador	1 lámpara	0%
Equipo intercomunicación	Bueno	Fluorescente		Apagador	50%	100%
Cocina, preparación	Bueno	Fluorescente		Apagador	50%	50%
Dispensa	Regular	Fluorescente		Apagador	0%	Refrigeradores
Lavado	Bueno	Fluorescente		Apagador	1 lámpara	
Comedor	Regular	Fluor. o Inc.		Apagador	30%	0%
Laboratorio de leches	Bueno	Fluorescente		Apagador	50%	50%
Lavandería área de trabajo	Bueno	Fluorescente		Apagador	50%	0%
Lavandería costura	Alto	Fluorescente		Apagador	30%	0%
Lavandería almacén	Regular	Fluorescente	Apagador	30%	0%	
Almacén General	Bueno	Fluorescente	Apagador	30%	0%	
Locales disponibles	Bueno	Fluorescente	Apagador	1 lámpara	0%	
<b>Áreas Generales</b>						
Vestíbulo principal	Bueno	Fluorescente		Tablero	20%	0%
Vestíbulo secundario	Bueno	Fluorescente		Tablero	20%	0%
Circulaciones	Bueno	Fluorescente		Tablero	20%	0%
Sala de espera	Bueno	Fluorescente		Tablero	20%	0%
Sala de día	Bueno	Fluorescente		Apagador	1 lámpara	0%
Cuarto de aseo	1 lámpara	Fluorescente		Apagador	0%	0%
Cuarto séptico	1 lámpara	Fluorescente		Apagador	0%	0%
Caseta de aire acondicionado	Regular	Fluorescente		Apagador	1 lámpara	1 Contacto
Caseta elevadores	Regular	Fluorescente		Apagador	1 lámpara	1 Contacto
Bodega	Regular	Fluorescente		Apagador	0%	0%
Utilería	Regular	Fluorescente		Apagador	0%	0%
Ropería	Regular	Fluorescente		Apagador	0%	0%

TABLA 3 (Continuación)

Lugar	Nivel	Tipo de Iluminación	Observaciones	Tipo y Control de Luminario	% de Emergencia en Alumbrado	% de Emergencia en Contactos
Sanitario	Regular	Fluorescente	A prueba de vapor	Apagador	1 lámpara	0%
Baños y vestidores	Regular	Fluorescente		Apagador	1 lámpara	0%
Regaderas	Regular	Fluorescente		Apagador	1 lámpara	0%
Lockers	Regular	Fluorescente		Apagador	1 lámpara	0%
Caseta de control	Regular	Fluorescente		Apagador	1 lámpara	0%
Central de enfermeras	Bueno	Fluorescente		Apagador	50%	100%
Trabajo enfermeras	Bueno	Fluorescente		Apagador	100%	100%
Estación enfermeras	Bueno	Fluorescente		Apagador	100%	100%
Cuarto residentes	Regular	Fluorescente		Apagador	0%	0%
Cuarto, médico	Bueno	Fluorescente		Apagador	1 lámpara	1 Contacto
Descanso médicos y enfermeras	Regular	Fluorescente		Apagador	1 lámpara	0%
Oficinas	Bueno	Fluorescente		Apagador	1 lámpara	1 Contacto
Sala de Juntas	Bueno	Fluorescente		Apagador	1 lámpara	0%
Archivo	Bueno	Fluorescente		Apagador	1 lámpara	0%
Almacén	Bueno	Fluorescente	Apagador	1 lámpara	0%	
Estacionamiento cubierto	Bajo	Fluorescente	Tablero	30%	0%	
Alumbrado exterior	Bajo	V.S.A.P.	Tablero	0%	0%	
<b>Guarderías</b>						
Sala de maternas	Regular	Fluorescente		Tablero	0%	0%
Sala de lactantes	Regular	Fluorescente		Tablero	0%	0%
Sala de usos múltiples	Regular	Fluorescente		Tablero	0%	0%

En estas tablas no se dan los niveles de iluminación mediante un valor determinado, sino que están clasificados en cuatro categorías, a las que se les ha asignado un valor:

Clasificación de niveles de iluminación

Especial	600 Luxes
Alto	300 a 400 Luxes
Bueno	150 a 250 Luxes
Regular	75 a 150 Luxes
Bajo	menor a 75 Luxes

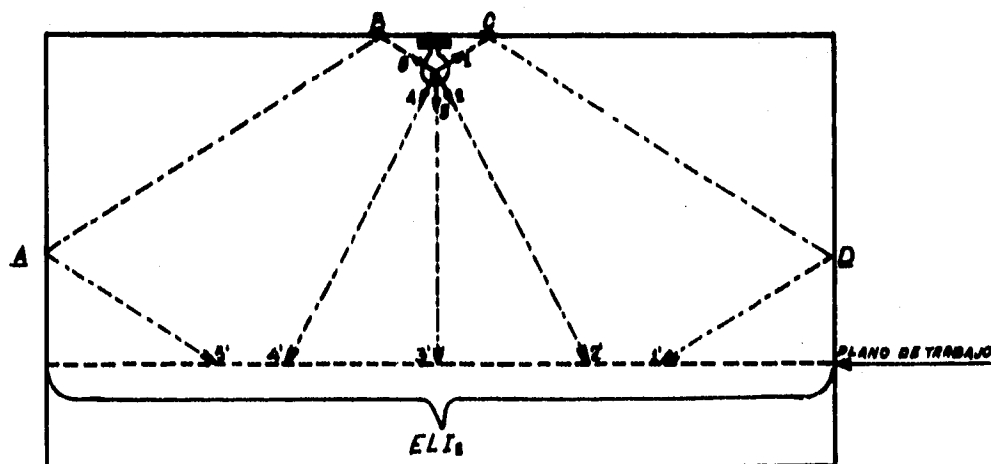
Así es que, para los cálculos de iluminación, se deben emplear estos valores que se consideran como Niveles de Iluminación Generales.

## 2) Coeficientes de utilización

Ya se había definido al Nivel de Iluminación como la energía luminosa que incide en una superficie sobre el área de esa superficie.

$$N.I. = \frac{ELI_s}{S} = \frac{\text{Energía Luminosa incidente en una superficie}}{\text{Superficie}} = \frac{\text{Lúmenes}}{m^2} = \text{Lux}$$

La  $ELI_s$  proviene de un emisor (lámparas) que emite la energía luminosa ( $ELE_l$ )



La Energía Luminosa que incide en la superficie de trabajo es la suma de todos los rayos luminosos, tanto reflejados como directos que provienen de la fuente (lámparas).

$$\text{-Energía Luminosa Incidente en una Superficie } ELI_s = 1' + 2' + 3' + 4' + 5'$$

La fuente luminosa emite sus rayos en todas direcciones (omnidireccional) en el caso general, directa-indirecta.

$$\text{-Energía Luminosa Emitida por las Lámparas } ELE_l = 1 + 2 + 3 + 4 + 5$$

Y, por supuesto, la suma de los rayos que salen de la fuente, no es la misma que la suma de los rayos que llegan al plano de trabajo.

$$1 + 2 + 3 + 4 + 5 \neq 1' + 2' + 3' + 4' + 5'$$

$$1 \neq 1'$$

$$2 \neq 2'$$

.

.

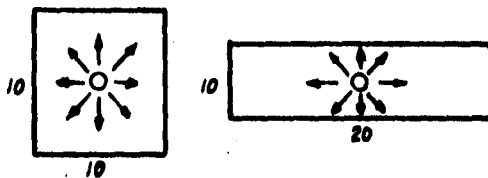
$$5 \neq 5'$$

esto es porque existe una pérdida en las reflexiones A, B, C y D.

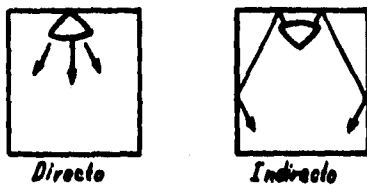
Así es que, la relación entre la Energía Luminosa Incidente en una superficie y la Emitida por una fuente luminosa se define como Coeficiente de Utilización.

$$\frac{ELI_s}{ELE_l} = C.U. \text{ (Coeficiente de Utilización)}$$

Este coeficiente de utilización dependerá de tres factores principalmente:



1) De las dimensiones del Local, puesto que aunque el área de la superficie a iluminar sea la misma, pero si las dimensiones varían, la energía luminosa incidente en la superficie será distinta para cada local en especial.



2) Del tipo de Sistema de Iluminación, esto es, dependiendo que si el sistema es de luz directa, indirecta, semi-directa, difusa, directa-indirecta o semi-directa, la energía luminosa incidente es distinta.



3) Por el tipo de reflexión en las superficies, es decir, por la textura y el color, tanto de paredes, techo, piso o superficie a iluminar.

Ya existen tablas en las que se conjugan estos 3 factores, éstas son las tablas del coeficiente de utilización en las que encontramos:

- El tipo de iluminación, ya sea fluorescente o incandescente
- La unidad de alumbrado, que nos da el tipo del sistema de iluminación que puede ser semi-directa, directa, etc.
- Su curva de distribución
- Las distancias máximas a las que se deben colocar las luminarias y su altura de montaje
- Su factor de mantenimiento
- El índice de cuarto (está dado por letras), y
- La reflexión de las superficies en porcentaje tanto en el techo como en las paredes.

Al localizar todos estos factores, se encuentra el valor del Coeficiente de Utilización (ver tabla 4).

Podemos seguir los siguientes pasos para obtener el C.U. utilizando estas tablas:



















- Primero, definir el Tipo de Sistema de Luminarias (T.S.L.) a usar
- Segundo, calcular el Índice de Cuarto (I.C.)
- Tercero, establecer la Reflexión de las Superficies, y
- Cuarto, leer el Coeficiente de Utilización (C.U.) en las tablas (tabla 4)

1º El proyectista de la instalación eléctrica tendrá que ponerse de acuerdo con el arquitecto para seleccionar el tipo de luminarias.

2º El cálculo del índice de cuarto o de local, viene dado por los rangos siguientes:

menos de 0.7	J
entre 0.7 y 0.9	I
entre 0.9 y 1.12	H
entre 1.12 y 1.38	G
entre 1.36 y 1.75	F
entre 1.75 y 2.25	E
entre 2.25 y 2.75	D
entre 2.75 y 3.5	C
entre 3.5 y 4.5	B
más de 4.5	A



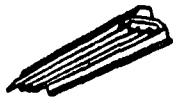







TABLA 4. COEFICIENTES DE UTILIZACIÓN








Tipo	Unidad de alumbrado Directa	Distribución	Distancia entre lámparas inferiores	Factor de mantenimiento	Reflexiones									
					Techo	70%			50%			30%		
						50%	30%	10%	50%	30%	10%	30%	10%	
					Índice local	Coeficiente de utilización								
Incandescentes	Directa  Reflector de cúpula RLM		3 x Altura de montaje	300-750 W Bueno 0,75 Medio 0,65 Malo 0,55	J I H G F E D C B A	0,33 0,40 0,47 0,54 0,59 0,65 0,69 0,72 0,76 0,78	0,28 0,36 0,43 0,49 0,54 0,61 0,65 0,68 0,73	0,25 0,33 0,39 0,45 0,50 0,57 0,62 0,65 0,70	0,32 0,40 0,47 0,53 0,58 0,64 0,68 0,74	0,28 0,36 0,42 0,48 0,53 0,60 0,64 0,70	0,25 0,33 0,39 0,45 0,50 0,57 0,62 0,65	0,28 0,36 0,42 0,48 0,53 0,60 0,64 0,70	0,25 0,33 0,39 0,45 0,50 0,57 0,62 0,65	
	Directa  Interperie dura Haz medio.		1,2 x Altura de montaje	Bueno 0,80 Medio 0,77 Malo 0,73	J I H G F E D C B A	0,43 0,50 0,55 0,59 0,61 0,65 0,68 0,70 0,71	0,40 0,47 0,52 0,56 0,59 0,62 0,65 0,68	0,38 0,45 0,50 0,54 0,58 0,61 0,64 0,67	0,40 0,47 0,52 0,55 0,58 0,61 0,64 0,67	0,38 0,45 0,50 0,54 0,58 0,61 0,64 0,67	0,38 0,45 0,50 0,54 0,58 0,61 0,64 0,67	0,38 0,45 0,50 0,54 0,58 0,61 0,64 0,67	0,38 0,45 0,50 0,54 0,58 0,61 0,64 0,67	
	Directa  Interperie dura Haz estrecho.		0,9 x Altura de montaje	300-750 W Bueno 0,80 Medio 0,77 Malo 0,73	J I H G F E D C B A	0,45 0,53 0,57 0,61 0,64 0,67 0,69 0,70 0,72	0,42 0,50 0,54 0,58 0,61 0,64 0,66 0,68	0,40 0,48 0,52 0,56 0,60 0,63 0,65 0,67	0,42 0,50 0,54 0,58 0,61 0,64 0,66 0,68	0,40 0,48 0,52 0,56 0,60 0,63 0,65 0,67	0,40 0,48 0,52 0,56 0,60 0,63 0,65 0,67	0,40 0,48 0,52 0,56 0,60 0,63 0,65 0,67	0,40 0,48 0,52 0,56 0,60 0,63 0,65 0,67	
	Directa  Lámpara reflectora R-52 Haz ancho 500 y 750 w		1,8 x Altura de montaje	Bueno 0,80 Medio 0,78 Malo 0,75	J I H G F E D C B A	0,50 0,62 0,70 0,77 0,82 0,88 0,92 0,94 0,97	0,45 0,57 0,65 0,72 0,77 0,84 0,88 0,91	0,42 0,52 0,59 0,66 0,71 0,77 0,81 0,85	0,45 0,52 0,59 0,66 0,71 0,77 0,81 0,85	0,42 0,52 0,59 0,66 0,71 0,77 0,81 0,85	0,42 0,52 0,59 0,66 0,71 0,77 0,81 0,85	0,42 0,52 0,59 0,66 0,71 0,77 0,81 0,85	0,42 0,52 0,59 0,66 0,71 0,77 0,81 0,85	
	Directa  Lámpara reflectora R-57 Haz estrecho 500 y 750 w.		0,7 x Altura de montaje	Bueno 0,80 Medio 0,78 Malo 0,75	J I H G F E D C B A	0,66 0,75 0,80 0,85 0,88 0,93 0,96 0,98 1,00	0,62 0,71 0,76 0,81 0,85 0,89 0,92 0,94	0,60 0,68 0,73 0,78 0,82 0,86 0,89 0,91	0,62 0,71 0,76 0,81 0,85 0,89 0,92 0,94	0,60 0,68 0,73 0,78 0,82 0,86 0,89 0,91	0,60 0,68 0,73 0,78 0,82 0,86 0,89 0,91	0,60 0,68 0,73 0,78 0,82 0,86 0,89 0,91	0,60 0,68 0,73 0,78 0,82 0,86 0,89 0,91	
Vapor de mercurio	Directa  Ventilador de aluminio para grandes alturas Haz ancho, 400 w H33-I-CD		1,5 x Altura de montaje	Bueno 0,78 Medio 0,70 Malo 0,65	J I H G F E D C B A	0,38 0,47 0,53 0,59 0,63 0,68 0,71 0,72 0,75	0,34 0,43 0,49 0,55 0,59 0,64 0,67 0,70	0,32 0,40 0,46 0,52 0,56 0,61 0,64 0,67	0,34 0,43 0,49 0,55 0,59 0,64 0,67 0,70	0,32 0,40 0,46 0,52 0,56 0,61 0,64 0,67	0,32 0,40 0,46 0,52 0,56 0,61 0,64 0,67	0,32 0,40 0,46 0,52 0,56 0,61 0,64 0,67		
	Directa  Ventilador de aluminio para grandes alturas Haz medio, 400 w H33-I-CD		0,7 x Altura de montaje	Bueno 0,78 Medio 0,70 Malo 0,65	J I H G F E D C B A	0,46 0,54 0,59 0,63 0,65 0,69 0,71 0,73	0,43 0,51 0,56 0,60 0,63 0,67 0,69	0,41 0,49 0,53 0,57 0,60 0,64 0,67	0,43 0,51 0,56 0,60 0,63 0,67 0,69	0,41 0,49 0,53 0,57 0,60 0,64 0,67	0,41 0,49 0,53 0,57 0,60 0,64 0,67	0,41 0,49 0,53 0,57 0,60 0,64 0,67		
	Directa  Ventilador de aluminio grandes alturas, Haz estrecho, 400 w H33-I-GL/C		0,8 x Altura de montaje	Bueno 0,73 Medio 0,68 Malo 0,63	J I H G F E D C B A	0,51 0,58 0,62 0,66 0,69 0,72 0,74 0,77	0,48 0,55 0,59 0,63 0,66 0,69 0,72	0,46 0,53 0,57 0,61 0,64 0,67 0,70	0,48 0,55 0,59 0,63 0,66 0,69 0,72	0,46 0,53 0,57 0,61 0,64 0,67 0,70	0,46 0,53 0,57 0,61 0,64 0,67 0,70	0,46 0,53 0,57 0,61 0,64 0,67 0,70		
	Directa  Ventilador de aluminio grandes alturas, Haz ancho, 700 ó 1000 w, Vap. merc., color Corr.		1,1 x Altura de montaje	Bueno 0,68 Medio 0,63 Malo 0,58	J I H G F E D C B A	0,38 0,48 0,53 0,59 0,63 0,67 0,70 0,75	0,36 0,44 0,49 0,55 0,59 0,63 0,67	0,33 0,41 0,46 0,52 0,56 0,61 0,64	0,36 0,44 0,49 0,55 0,59 0,63 0,67	0,33 0,41 0,46 0,52 0,56 0,61 0,64	0,33 0,41 0,46 0,52 0,56 0,61 0,64	0,33 0,41 0,46 0,52 0,56 0,61 0,64		

(CONTINUACIÓN, TABLA 4)

Tipo	Unidad de alumbrado	Distribución	Distancia entre lámparas inferiores	Factor de mantenimiento	Reflexiones									
					Techo		70%		80%		90%			
					Paredes		60%	30%	10%	60%	30%	10%	5%	10%
					Índice local		Coeficiente de utilización							
Vapor de mercurio	Directa  Ventilada de aluminio grandes alturas. Haz estrecho, 700 ó 1000 w. Vap. merc. color corr.		0,9 x Altura de montaje	Buena 0,68 Medio 0,63 Mala 0,58	J 0,60 I 0,57 H 0,62 G 0,68 F 0,73 E 0,77 O 0,78 C 0,78 B 0,80 A 0,77	0,47 0,54 0,59 0,63 0,67 0,71 0,75 0,77 0,78	0,45 0,52 0,57 0,61 0,65 0,68 0,72 0,75 0,77	0,50 0,57 0,62 0,66 0,69 0,72 0,74 0,76 0,77	0,47 0,54 0,59 0,63 0,66 0,70 0,72 0,74 0,76	0,45 0,52 0,57 0,61 0,65 0,68 0,72 0,75 0,77	0,47 0,54 0,59 0,63 0,66 0,70 0,72 0,74 0,76	0,48 0,55 0,60 0,64 0,68 0,71 0,73 0,75 0,77	0,48 0,55 0,60 0,64 0,68 0,71 0,73 0,75 0,77	
	Directa  Aluminio grandes alturas con cristal, 700 ó 1000 w. Vapor mercurio, color corregido		0,9 x Altura de montaje	Buena 0,76 Medio 0,72 Mala 0,68	J 0,45 I 0,51 H 0,55 G 0,58 F 0,61 E 0,64 O 0,67 C 0,69 B 0,70 A 0,69	0,42 0,48 0,53 0,56 0,59 0,62 0,65 0,68 0,70	0,40 0,47 0,51 0,54 0,57 0,60 0,63 0,66 0,69	0,44 0,50 0,55 0,58 0,61 0,64 0,67 0,69 0,70	0,42 0,48 0,53 0,56 0,59 0,62 0,65 0,68 0,69	0,40 0,47 0,51 0,54 0,57 0,60 0,63 0,66 0,69	0,47 0,54 0,59 0,63 0,66 0,70 0,72 0,74 0,76	0,48 0,55 0,60 0,64 0,68 0,71 0,73 0,75 0,77	0,48 0,55 0,60 0,64 0,68 0,71 0,73 0,75 0,77	
	Directa  Ventilada para bajas alturas 400 w H33-1-GL/C		1,2 x Altura de montaje	Buena 0,73 Medio 0,68 Mala 0,63	J 0,35 I 0,43 H 0,48 G 0,55 F 0,59 E 0,64 O 0,67 C 0,69 B 0,70 A 0,74	0,32 0,39 0,45 0,51 0,55 0,60 0,64 0,67 0,69	0,29 0,37 0,42 0,48 0,52 0,58 0,63 0,66 0,68	0,35 0,43 0,48 0,54 0,58 0,63 0,66 0,68 0,71	0,31 0,39 0,45 0,50 0,54 0,60 0,63 0,66 0,68	0,29 0,37 0,42 0,48 0,52 0,58 0,63 0,66 0,68	0,31 0,39 0,45 0,50 0,54 0,60 0,63 0,66 0,68	0,32 0,40 0,45 0,50 0,54 0,59 0,62 0,65 0,67	0,32 0,40 0,45 0,50 0,54 0,59 0,62 0,65 0,67	
	Directa  Ventilada de porcelana esmaltada para bajas alturas 400 w H33-1-ON/C		1,5 x Altura de montaje	Buena 0,73 Medio 0,68 Mala 0,63	J 0,34 I 0,44 H 0,50 G 0,57 F 0,62 E 0,69 O 0,73 C 0,76 B 0,79 A 0,81	0,30 0,36 0,42 0,48 0,54 0,61 0,66 0,72 0,76 0,79	0,27 0,35 0,42 0,48 0,54 0,61 0,66 0,72 0,76 0,79	0,34 0,43 0,48 0,56 0,61 0,67 0,73 0,78 0,81	0,30 0,36 0,42 0,48 0,54 0,61 0,66 0,72 0,76 0,79	0,27 0,35 0,42 0,48 0,54 0,61 0,66 0,72 0,76 0,79	0,30 0,36 0,42 0,48 0,54 0,61 0,66 0,72 0,76 0,79	0,31 0,38 0,44 0,51 0,56 0,62 0,67 0,72 0,76	0,32 0,39 0,45 0,52 0,57 0,63 0,68 0,73 0,77	
	Directa  Intemperie dura haz ancho, 400 w H33-1-CD		1,5 x Altura de montaje	Buena 0,75 Medio 0,72 Mala 0,68	J 0,32 I 0,40 H 0,45 G 0,49 F 0,52 E 0,56 O 0,59 C 0,61 B 0,63 A 0,64	0,29 0,37 0,42 0,48 0,54 0,61 0,66 0,72 0,76 0,79	0,27 0,34 0,39 0,44 0,49 0,54 0,58 0,63 0,67 0,70	0,32 0,39 0,44 0,49 0,54 0,58 0,63 0,67 0,70	0,29 0,37 0,42 0,48 0,54 0,61 0,66 0,72 0,76 0,79	0,27 0,34 0,39 0,44 0,49 0,54 0,58 0,63 0,67 0,70	0,29 0,37 0,42 0,48 0,54 0,61 0,66 0,72 0,76 0,79	0,30 0,37 0,43 0,49 0,54 0,59 0,64 0,69 0,73	0,31 0,38 0,44 0,50 0,55 0,60 0,65 0,70 0,74	
	Directa  Intemperie dura haz estrecho, 400 w H33-1-CD		0,5 x Altura de montaje	Buena 0,75 Medio 0,72 Mala 0,68	J 0,42 I 0,48 H 0,50 G 0,54 F 0,56 E 0,58 O 0,60 C 0,61 B 0,62 A 0,63	0,40 0,46 0,52 0,58 0,64 0,69 0,75 0,81 0,83 0,84	0,39 0,44 0,47 0,50 0,52 0,55 0,57 0,59 0,61 0,62	0,42 0,47 0,50 0,53 0,55 0,57 0,59 0,61 0,62	0,40 0,46 0,52 0,58 0,64 0,69 0,75 0,81 0,83 0,84	0,39 0,44 0,47 0,50 0,52 0,55 0,57 0,59 0,61 0,62	0,40 0,46 0,52 0,58 0,64 0,69 0,75 0,81 0,83 0,84	0,41 0,48 0,53 0,59 0,64 0,69 0,74 0,79 0,83 0,85	0,42 0,49 0,54 0,60 0,65 0,70 0,75 0,80 0,84 0,87	
	Directa  Intemperie dura haz medio 1000 w H34-12GV, H36-18GV		0,7 x Altura de montaje	Buena 0,70 Medio 0,67 Mala 0,63	J 0,34 I 0,40 H 0,45 G 0,49 F 0,52 E 0,55 O 0,57 C 0,58 B 0,60 A 0,62	0,31 0,38 0,42 0,46 0,49 0,53 0,56 0,59 0,62 0,65	0,29 0,35 0,40 0,44 0,47 0,51 0,54 0,57 0,60 0,63	0,34 0,42 0,47 0,51 0,54 0,57 0,59 0,61 0,62	0,31 0,38 0,42 0,46 0,49 0,53 0,56 0,59 0,62 0,65	0,29 0,35 0,40 0,44 0,47 0,51 0,54 0,57 0,60 0,63	0,31 0,38 0,42 0,46 0,49 0,53 0,56 0,59 0,62 0,65	0,32 0,39 0,44 0,50 0,55 0,60 0,65 0,70 0,74	0,33 0,40 0,45 0,51 0,56 0,61 0,66 0,71 0,75	
	Directa  Lámpara reflectora R-57, haz ancho, 400 w H33-1-FY		1,3 x Altura de montaje	Buena 0,80 Medio 0,75 Mala 0,70	J 0,38 I 0,48 H 0,56 G 0,63 F 0,69 E 0,78 O 0,81 C 0,85 B 0,90 A 0,93	0,33 0,42 0,49 0,57 0,62 0,66 0,71 0,76 0,80 0,85	0,29 0,38 0,45 0,52 0,57 0,61 0,65 0,69 0,73 0,77	0,33 0,42 0,49 0,57 0,62 0,66 0,71 0,76 0,80 0,85	0,29 0,38 0,45 0,52 0,57 0,61 0,65 0,69 0,73 0,77	0,33 0,42 0,49 0,57 0,62 0,66 0,71 0,76 0,80 0,85	0,33 0,42 0,49 0,57 0,62 0,66 0,71 0,76 0,80 0,85	0,34 0,43 0,50 0,58 0,65 0,72 0,79 0,86 0,91 0,95	0,35 0,44 0,51 0,59 0,66 0,73 0,80 0,87 0,92 0,96	
	Directa  Lámpara reflectora R-57, haz medio 400 w H33-1-HS		0,8 x Altura de montaje	Buena 0,80 Medio 0,75 Mala 0,70	J 0,49 I 0,56 H 0,63 G 0,69 F 0,76 E 0,82 O 0,86 C 0,89 B 0,92 A 0,95	0,44 0,53 0,60 0,66 0,71 0,77 0,82 0,86 0,89 0,92	0,41 0,50 0,56 0,62 0,67 0,74 0,79 0,83 0,86 0,89	0,44 0,53 0,60 0,66 0,71 0,77 0,82 0,86 0,89 0,92	0,41 0,50 0,56 0,62 0,67 0,74 0,79 0,83 0,86 0,89	0,44 0,53 0,60 0,66 0,71 0,77 0,82 0,86 0,89 0,92	0,44 0,53 0,60 0,66 0,71 0,77 0,82 0,86 0,89 0,92	0,45 0,54 0,61 0,68 0,75 0,82 0,89 0,94 0,98	0,46 0,55 0,62 0,69 0,76 0,83 0,90 0,95 0,99	



















(CONTINUACIÓN, TABLA 4)

Tipo	Unidad de alumbrado	Distribución	Distancia entre lámparas inferiores	Factor de mantenimiento	Reflexiones										
					Techo			60%			50%				
					Paredes			50%	30%	10%	50%	30%	10%	30%	10%
					Índice local	Coeficiente de utilización									
Fluorescentes	Semidirecta  2 lámparas T-12	12' - 75' 	1,4 x Altura de montaje	Buena 0,70 Medio 0,60 Mala 0,50	J: 0,30, 0,25, 0,22 I: 0,39, 0,34, 0,30 H: 0,48, 0,41, 0,37 G: 0,54, 0,48, 0,44 F: 0,58, 0,53, 0,49 E: 0,65, 0,60, 0,56 D: 0,70, 0,65, 0,61 C: 0,73, 0,69, 0,65 B: 0,77, 0,73, 0,70 A: 0,80, 0,77, 0,74	0,29, 0,25, 0,22 0,38, 0,33, 0,30 0,45, 0,40, 0,36 0,52, 0,47, 0,43 0,56, 0,52, 0,48 0,62, 0,58, 0,54 0,68, 0,63, 0,60 0,70, 0,66, 0,63 0,73, 0,70, 0,66 0,76, 0,74, 0,71	0,25, 0,22 0,30, 0,27 0,35, 0,32 0,41, 0,38 0,45, 0,42 0,51, 0,48 0,55, 0,52 0,60, 0,57 0,63, 0,60 0,67, 0,64 0,69, 0,66	0,22, 0,20 0,27, 0,25 0,30, 0,28 0,35, 0,33 0,40, 0,38 0,45, 0,43 0,50, 0,48 0,55, 0,53 0,60, 0,58 0,62, 0,60	0,25, 0,22 0,30, 0,27 0,35, 0,32 0,40, 0,38 0,45, 0,42 0,50, 0,48 0,55, 0,53 0,60, 0,58 0,62, 0,60	0,22, 0,20 0,27, 0,25 0,30, 0,28 0,35, 0,33 0,40, 0,38 0,45, 0,43 0,50, 0,48 0,55, 0,53 0,60, 0,58 0,62, 0,60	0,25, 0,22 0,30, 0,27 0,35, 0,32 0,40, 0,38 0,45, 0,42 0,50, 0,48 0,55, 0,53 0,60, 0,58 0,62, 0,60	0,25, 0,22 0,30, 0,27 0,35, 0,32 0,40, 0,38 0,45, 0,42 0,50, 0,48 0,55, 0,53 0,60, 0,58 0,62, 0,60			
	Semidirecta  3 lámparas 40 w y "Slimline"	11' - 74' 	1,3 x Altura de montaje	Buena 0,70 Medio 0,60 Mala 0,50	J: 0,30, 0,25, 0,22 I: 0,39, 0,34, 0,31 H: 0,48, 0,41, 0,37 G: 0,53, 0,48, 0,44 F: 0,58, 0,53, 0,49 E: 0,65, 0,60, 0,56 D: 0,69, 0,64, 0,61 C: 0,72, 0,68, 0,65 B: 0,78, 0,72, 0,70 A: 0,78, 0,76, 0,73	0,30, 0,25, 0,22 0,38, 0,34, 0,30 0,45, 0,40, 0,37 0,51, 0,47, 0,43 0,56, 0,52, 0,48 0,62, 0,58, 0,55 0,66, 0,62, 0,59 0,69, 0,66, 0,63 0,72, 0,68, 0,65 0,72, 0,70, 0,67 0,75, 0,73, 0,71	0,25, 0,22 0,30, 0,27 0,35, 0,32 0,40, 0,37 0,45, 0,42 0,51, 0,48 0,55, 0,52 0,60, 0,57 0,63, 0,60 0,67, 0,64 0,69, 0,66	0,22, 0,20 0,27, 0,25 0,30, 0,28 0,35, 0,33 0,40, 0,38 0,45, 0,43 0,50, 0,48 0,55, 0,53 0,60, 0,58 0,62, 0,60	0,25, 0,22 0,30, 0,27 0,35, 0,32 0,40, 0,38 0,45, 0,42 0,50, 0,48 0,55, 0,53 0,60, 0,58 0,62, 0,60	0,25, 0,22 0,30, 0,27 0,35, 0,32 0,40, 0,38 0,45, 0,42 0,50, 0,48 0,55, 0,53 0,60, 0,58 0,62, 0,60	0,25, 0,22 0,30, 0,27 0,35, 0,32 0,40, 0,38 0,45, 0,42 0,50, 0,48 0,55, 0,53 0,60, 0,58 0,62, 0,60				
	Semidirecta  2 lámparas T-12 con rejilla difusora de 23°	18' - 60' 	1,2 x Altura de montaje	Buena 0,70 Medio 0,65 Mala 0,60	J: 0,27, 0,23, 0,20 I: 0,35, 0,30, 0,27 H: 0,41, 0,36, 0,33 G: 0,47, 0,42, 0,39 F: 0,51, 0,46, 0,43 E: 0,57, 0,53, 0,49 D: 0,60, 0,57, 0,53 C: 0,63, 0,60, 0,56 B: 0,67, 0,64, 0,61 A: 0,69, 0,66, 0,64	0,26, 0,22, 0,20 0,33, 0,30, 0,27 0,38, 0,35, 0,32 0,45, 0,41, 0,37 0,49, 0,45, 0,41 0,54, 0,50, 0,47 0,57, 0,54, 0,51 0,60, 0,56, 0,54 0,62, 0,60, 0,58 0,64, 0,62, 0,60	0,22, 0,20 0,27, 0,25 0,30, 0,28 0,35, 0,33 0,40, 0,38 0,45, 0,43 0,50, 0,48 0,55, 0,53 0,60, 0,58 0,62, 0,60	0,25, 0,22 0,30, 0,27 0,35, 0,32 0,40, 0,37 0,45, 0,42 0,50, 0,48 0,55, 0,53 0,60, 0,58 0,62, 0,60	0,25, 0,22 0,30, 0,27 0,35, 0,32 0,40, 0,37 0,45, 0,42 0,50, 0,48 0,55, 0,53 0,60, 0,58 0,62, 0,60	0,25, 0,22 0,30, 0,27 0,35, 0,32 0,40, 0,37 0,45, 0,42 0,50, 0,48 0,55, 0,53 0,60, 0,58 0,62, 0,60					
	Semidirecta  2 lámparas de Alta Emisión de 1,6 amps.	18' - 64' 	1,3 x Altura de montaje	Buena 0,70 Medio 0,60 Mala 0,50	J: 0,28, 0,23, 0,20 I: 0,36, 0,32, 0,28 H: 0,43, 0,38, 0,34 G: 0,49, 0,44, 0,40 F: 0,54, 0,49, 0,45 E: 0,60, 0,55, 0,51 D: 0,64, 0,60, 0,56 C: 0,67, 0,63, 0,60 B: 0,70, 0,67, 0,64 A: 0,73, 0,70, 0,68	0,27, 0,23, 0,20 0,34, 0,31, 0,28 0,41, 0,37, 0,33 0,47, 0,42, 0,39 0,51, 0,47, 0,44 0,57, 0,53, 0,50 0,60, 0,57, 0,54 0,63, 0,60, 0,57 0,66, 0,63, 0,61 0,68, 0,66, 0,64	0,23, 0,20 0,28, 0,25 0,33, 0,30 0,38, 0,35 0,43, 0,40 0,48, 0,45 0,53, 0,50 0,57, 0,54 0,60, 0,58 0,62, 0,60	0,25, 0,22 0,30, 0,27 0,35, 0,32 0,40, 0,37 0,45, 0,42 0,50, 0,48 0,55, 0,53 0,60, 0,58 0,62, 0,60	0,25, 0,22 0,30, 0,27 0,35, 0,32 0,40, 0,37 0,45, 0,42 0,50, 0,48 0,55, 0,53 0,60, 0,58 0,62, 0,60	0,25, 0,22 0,30, 0,27 0,35, 0,32 0,40, 0,37 0,45, 0,42 0,50, 0,48 0,55, 0,53 0,60, 0,58 0,62, 0,60					
	Semidirecta  Lámpara Bajo Temper. de 100 w. con plástico exterior	10' - 62' 	1,4 x Altura de montaje	Buena 0,75 Medio 0,70 Mala 0,65	J: 0,24, 0,19, 0,15 I: 0,31, 0,26, 0,21 H: 0,38, 0,31, 0,26 G: 0,42, 0,36, 0,32 F: 0,46, 0,40, 0,36 E: 0,51, 0,46, 0,41 D: 0,54, 0,50, 0,46 C: 0,57, 0,53, 0,49 B: 0,60, 0,57, 0,53 A: 0,63, 0,60, 0,57	0,23, 0,19, 0,15 0,29, 0,25, 0,21 0,34, 0,29, 0,26 0,39, 0,34, 0,30 0,43, 0,38, 0,34 0,48, 0,43, 0,40 0,51, 0,47, 0,44 0,53, 0,50, 0,47 0,55, 0,52, 0,49 0,57, 0,54, 0,51 0,59, 0,57, 0,54	0,19, 0,15 0,23, 0,20 0,28, 0,25 0,33, 0,30 0,38, 0,35 0,43, 0,40 0,47, 0,44 0,50, 0,48 0,52, 0,50 0,54, 0,52	0,25, 0,22 0,30, 0,27 0,35, 0,32 0,40, 0,37 0,45, 0,42 0,50, 0,48 0,55, 0,53 0,60, 0,58 0,62, 0,60	0,25, 0,22 0,30, 0,27 0,35, 0,32 0,40, 0,37 0,45, 0,42 0,50, 0,48 0,55, 0,53 0,60, 0,58 0,62, 0,60						

Tipo	Unidad de alumbrado	Distribución	Distancia entre lámparas inferiores	Factor de mantenimiento	Reflexiones											
					Techo			80%			70%					
					Paredes			50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%
					Índice local	Coeficiente de utilización										
Incandescentes	Directa  Empotrada con lente prismática.	9' - 63' 	1,5 x Altura de montaje	Buena 0,70 Medio 0,60 Mala 0,50	J: 0,33, 0,30, 0,27 I: 0,41, 0,37, 0,34 H: 0,45, 0,41, 0,39 G: 0,50, 0,46, 0,43 F: 0,53, 0,49, 0,46 E: 0,56, 0,53, 0,51 D: 0,59, 0,56, 0,54 C: 0,60, 0,58, 0,56 B: 0,62, 0,60, 0,58 A: 0,63, 0,62, 0,60	0,33, 0,29, 0,27 0,41, 0,37, 0,34 0,45, 0,41, 0,39 0,49, 0,46, 0,43 0,52, 0,49, 0,46 0,55, 0,53, 0,50 0,58, 0,56, 0,53 0,60, 0,57, 0,55 0,61, 0,59, 0,58 0,62, 0,61, 0,60	0,27, 0,25 0,33, 0,31 0,39, 0,37 0,43, 0,41 0,46, 0,45 0,49, 0,48 0,51, 0,50 0,52, 0,51 0,53, 0,52 0,54, 0,53	0,29, 0,27 0,37, 0,34 0,41, 0,39 0,44, 0,43 0,46, 0,45 0,48, 0,47 0,49, 0,48 0,50, 0,49 0,51, 0,50 0,51, 0,50	0,25, 0,22 0,30, 0,28 0,35, 0,33 0,40, 0,38 0,45, 0,43 0,50, 0,48 0,55, 0,53 0,60, 0,58 0,62, 0,60	0,25, 0,22 0,30, 0,28 0,35, 0,33 0,40, 0,38 0,45, 0,43 0,50, 0,48 0,55, 0,53 0,60, 0,58 0,62, 0,60	0,25, 0,22 0,30, 0,28 0,35, 0,33 0,40, 0,38 0,45, 0,43 0,50, 0,48 0,55, 0,53 0,60, 0,58 0,62, 0,60					
	Semidirecta  2 lámparas de 40 w y "Slimline" Sin visera	18' - 69' 	1,3 x Altura de montaje	Buena 0,70 Medio 0,60 Mala 0,50	J: 0,30, 0,24, 0,21 I: 0,38, 0,33, 0,29 H: 0,46, 0,39, 0,35 G: 0,52, 0,45, 0,41 F: 0,57, 0,50, 0,46 E: 0,64, 0,58, 0,53 D: 0,68, 0,63, 0,58 C: 0,71, 0,67, 0,63 B: 0,74, 0,72, 0,68 A: 0,76, 0,73, 0,70	0,29, 0,24, 0,21 0,37, 0,32, 0,28 0,44, 0,38, 0,34 0,50, 0,45, 0,41 0,55, 0,50, 0,45 0,61, 0,56, 0,53 0,65, 0,61, 0,57 0,68, 0,65, 0,61 0,71, 0,68, 0,65 0,73, 0,70, 0,67	0,24, 0,21 0,29, 0,26 0,34, 0,31 0,39, 0,36 0,43, 0,41 0,46, 0,45 0,48, 0,47 0,50, 0,49 0,51, 0,50 0,52, 0,51	0,25, 0,22 0,30, 0,28 0,35, 0,33 0,40, 0,38 0,45, 0,43 0,50, 0,48 0,55, 0,53 0,60, 0,58 0,62, 0,60	0,25, 0,22 0,30, 0,28 0,35, 0,33 0,40, 0,38 0,45, 0,43 0,50, 0,48 0,55, 0,53 0,60, 0,58 0,62, 0,60	0,25, 0,22 0,30, 0,28 0,35, 0,33 0,40, 0,38 0,45, 0,43 0,50, 0,48 0,55, 0,53 0,60, 0,58 0,62, 0,60						
	Semidirecta  2 lámparas de 40 w y "Slimline" Con visera	18' - 63' 	1,3 x Altura de montaje	Buena 0,70 Medio 0,60 Mala 0,50	J: 0,29, 0,24, 0,22 I: 0,38, 0,33, 0,29 H: 0,44, 0,39, 0,35 G: 0,50, 0,45, 0,41 F: 0,55, 0,49, 0,45 E: 0,61, 0,56, 0,52 D: 0,67, 0,60, 0,57 C: 0,68, 0,64, 0,60 B: 0,72, 0,69, 0,65 A: 0,74, 0,71, 0,68	0,29, 0,24, 0,22 0,37, 0,32, 0,28 0,44, 0,38, 0,35 0,50, 0,45, 0,41 0,55, 0,49, 0,45 0,61, 0,56, 0,52 0,65, 0,61, 0,57 0,68, 0,65, 0,61 0,71, 0,68, 0,65 0,73, 0,70, 0,67	0,24, 0,22 0,29, 0,26 0,34, 0,31 0,39, 0,36 0,43, 0,41 0,46, 0,45 0,48, 0,47 0,50, 0,49 0,51, 0,50 0,52, 0,51	0,25, 0,22 0,30, 0,28 0,35, 0,33 0,40, 0,38 0,45, 0,43 0,50, 0,48 0,55, 0,53 0,60, 0,58 0,62, 0,60	0,25, 0,22 0,30, 0,28 0,35, 0,33 0,40, 0,38 0,45, 0,43 0,50, 0,48 0,55, 0,53 0,60, 0,58 0,62, 0,60	0,25, 0,22 0,30, 0,28 0,35, 0,33 0,40, 0,38 0,45, 0,43 0,50, 0,48 0,55, 0,53 0,60, 0,58 0,62, 0,60						
	Semidirecta 	18' - 63'	1,3 x Altura de montaje	Buena 0,70 Medio 0,60 Mala 0,50	J: 0,29, 0,24, 0,22 I: 0,38, 0,33, 0,29 H: 0,44, 0,39, 0,35 G: 0,50, 0,45, 0,41 F: 0,55, 0,49, 0,45 E: 0,61, 0,56, 0,52 D: 0,67, 0,60, 0,57 C: 0,68, 0,64, 0,60 B: 0,72, 0,69, 0,65 A: 0,74, 0,71, 0,68	0,29, 0,24, 0,22 0,37, 0,32, 0,28 0,44, 0,38, 0,35 0,50, 0,45, 0,41 0,55, 0,49, 0,45 0,61, 0,56, 0,52 0,65, 0,61, 0,57 0,68, 0,65, 0,61 0,71, 0,68, 0,65 0,73, 0,70, 0,67	0,24, 0,22 0,29, 0,26 0,34, 0,31 0,39, 0,36 0,43, 0,41 0,46, 0,45 0,48, 0,47 0,50, 0,49 0,51, 0,50 0,52, 0,51	0,25, 0,22 0,30, 0,28 0,35, 0,33 0,40, 0,38 0,45, 0,43 0,50, 0,48 0,55, 0,53 0,60, 0,58 0,62, 0,60	0,25, 0,22 0,30, 0,28 0,35, 0,33 0,40, 0,38 0,45, 0,43 0,50, 0,48 0,55, 0,53 0,60, 0,58 0,62, 0,60	0,25, 0,22 0,30, 0,28 0,35, 0,33 0,40, 0,38 0,45, 0,43 0,50, 0,48 0,55, 0,53 0,60, 0,58 0,62, 0,60						











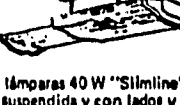

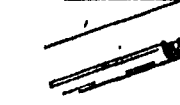
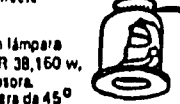

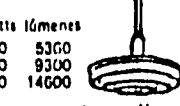



(CONTINUACIÓN, TABLA 4)

Tipo	Unidad de alumbrado	Distribución	Distancia entre lámparas interiores	Factor de mantenimiento	Reflexiones											
					Techo			80%			70%			50%		
					Paredes			50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%
					Coeficiente de utilización											
Fluorescentes	 <p>2 lámparas de 1.20 y 2.40 m. Montaje de superficie</p>		<p>20   73</p>	1.4 x Altura de montaje	Buena 0.75 Medio 0.65	J	0.27	0.21	0.17	0.27	0.21	0.17	0.22	0.23	0.17	
	 <p>2 lámparas empotradas con vidrio plano estrado</p>		<p>0   53</p>	1.2 x Altura de montaje	Buena 0.70 Medio 0.60	J	0.26	0.22	0.20	0.25	0.22	0.20	0.28	0.22	0.20	
	 <p>2 lámparas empotradas con rejilla difusora de plástico de 45°</p>		<p>0   52</p>	1.0 x Altura de montaje	Buena 0.70 Medio 0.60	J	0.24	0.21	0.18	0.24	0.21	0.18	0.24	0.21	0.18	
	 <p>4 lámparas empotradas con rejilla difusora metálica de 30°</p>		<p>0   50</p>	1.2 x Altura de montaje	Buena 0.70 Medio 0.60	J	0.27	0.23	0.20	0.27	0.23	0.20	0.28	0.23	0.20	
	 <p>2 lámparas empotradas con plástico</p>		<p>1   61</p>	1.2 x Altura de montaje	Buena 0.70 Medio 0.60	J	0.37	0.22	0.20	0.26	0.22	0.18	0.25	0.21	0.18	
	 <p>Cielo luminoso 60% de transmisión y 80% de reflexión en la cavidad</p>		<p>0   80</p>		Buena 0.65 Medio 0.55 Mala 0.45	J	0.22	0.18	0.15	0.22	0.18	0.15	0.22	0.18	0.15	
	 <p>Techo con rejilla difusora vidrio de 65°. 80% de reflexión en la cavidad</p>	<p>PLASTICO METAL</p> 	<p>0   65</p>		Buena 0.70 Medio 0.65 Mala 0.55	J	0.23	0.18	0.16	0.26	0.23	0.21	0.26	0.23	0.21	
	 <p>3 lámparas con rejilla difusora de plástico de 45° Montaje de superficie</p>		<p>1   61</p>	1.1 x Altura de montaje	Buena 0.70 Medio 0.65 Mala 0.60	J	0.22	0.19	0.17	0.23	0.19	0.17	0.22	0.18	0.17	
	 <p>3 lámparas con plástico. Montaje de superficie</p>		<p>1   50</p>	1.2 x Altura de montaje	Buena 0.70 Medio 0.60 Mala 0.50	J	0.19	0.16	0.14	0.19	0.16	0.14	0.18	0.16	0.14	

\* Eficacia para Pl.  
 \* Eficacia para Me.  
 \* Para habitación con otros tipos de iluminación.  
 \* Para habitación con otros tipos de iluminación.

(CONTINUACIÓN, TABLA 4)

Tipo	Unidad de Alumbrado	Distribución	Distancia entre Lámparas inferiores	Factor de Mantenimiento	Reflexiones											
					Techo			80%			70%			50%		
					Paredes	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%		
					Índice local	Coeficiente de utilización										
Fluorescentes	Directa  2 lámparas 40 W y "Slimline" Montaje de superficie		1,2 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.65 Malo 0.60	J I H G F E D C B A	0.31 0.27 0.24 0.37 0.33 0.30 0.42 0.37 0.34 0.46 0.42 0.38 0.50 0.45 0.42 0.54 0.50 0.47 0.58 0.52 0.50 0.61 0.59 0.58 0.62 0.60 0.58	0.30 0.26 0.23 0.37 0.33 0.29 0.41 0.37 0.34 0.45 0.41 0.38 0.48 0.44 0.41 0.53 0.49 0.46 0.55 0.52 0.49 0.57 0.54 0.52 0.58 0.57 0.55	0.29 0.26 0.23 0.36 0.32 0.29 0.40 0.36 0.33 0.43 0.40 0.37 0.46 0.43 0.40 0.50 0.47 0.44 0.52 0.49 0.46 0.54 0.51 0.49 0.55 0.53 0.51	0.27 0.24 0.22 0.32 0.29 0.27 0.36 0.33 0.30 0.39 0.36 0.34 0.42 0.39 0.37 0.45 0.43 0.41 0.48 0.46 0.45 0.50 0.49 0.48 0.51 0.50 0.48	0.26 0.23 0.20 0.32 0.28 0.25 0.35 0.32 0.29 0.39 0.35 0.32 0.42 0.38 0.35 0.45 0.42 0.39 0.48 0.45 0.42 0.50 0.47 0.45 0.52 0.50 0.48						
	Directa  4 lámparas 40 W y "Slimline" Montaje de superficie		1,1 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.65 Malo 0.60	J I H G F E D C B A	0.28 0.24 0.22 0.34 0.30 0.27 0.38 0.34 0.31 0.41 0.37 0.35 0.44 0.40 0.38 0.47 0.44 0.42 0.50 0.47 0.44 0.51 0.49 0.46 0.53 0.51 0.49 0.55 0.53 0.51	0.28 0.24 0.22 0.33 0.30 0.27 0.37 0.34 0.31 0.40 0.37 0.35 0.43 0.40 0.37 0.47 0.44 0.41 0.50 0.46 0.44 0.50 0.48 0.46 0.52 0.50 0.48 0.53 0.52 0.50	0.27 0.24 0.22 0.32 0.29 0.27 0.36 0.33 0.30 0.39 0.36 0.34 0.42 0.39 0.37 0.45 0.43 0.41 0.48 0.46 0.45 0.50 0.49 0.48 0.51 0.50 0.48	0.26 0.23 0.20 0.32 0.28 0.25 0.35 0.32 0.29 0.39 0.35 0.32 0.42 0.38 0.35 0.45 0.42 0.39 0.48 0.45 0.42 0.50 0.47 0.45 0.52 0.50 0.48							
	Directa  2 lámparas 40 W y "Slimline" con rejilla difusora de 45° y lado de plástico montaje de superficie		1,2 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.65 Malo 0.60	J I H G F E D C B A	0.27 0.23 0.20 0.33 0.29 0.26 0.37 0.33 0.29 0.41 0.36 0.33 0.44 0.40 0.36 0.48 0.44 0.41 0.51 0.47 0.44 0.53 0.50 0.47 0.55 0.53 0.50 0.57 0.55 0.52	0.27 0.23 0.20 0.32 0.28 0.25 0.36 0.32 0.29 0.40 0.36 0.33 0.43 0.39 0.36 0.47 0.43 0.40 0.50 0.46 0.44 0.52 0.49 0.46 0.54 0.52 0.49 0.56 0.54 0.52	0.26 0.23 0.20 0.32 0.28 0.25 0.35 0.32 0.29 0.39 0.35 0.32 0.42 0.38 0.35 0.45 0.42 0.39 0.48 0.45 0.42 0.50 0.47 0.45 0.52 0.50 0.48	0.25 0.22 0.19 0.31 0.27 0.24 0.34 0.31 0.28 0.37 0.33 0.29 0.41 0.37 0.34 0.44 0.40 0.36 0.47 0.43 0.40 0.49 0.46 0.44 0.51 0.48 0.45 0.53 0.51 0.49							
	General Difusa  2 lámparas 40 W "Slimline" con rejilla difusora de 35° x 45° suspendida y con lados de plástico		1,5 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.65 Malo 0.60	J I H G F E D C B A	0.24 0.19 0.16 0.32 0.26 0.22 0.38 0.32 0.28 0.44 0.38 0.33 0.49 0.42 0.38 0.55 0.49 0.45 0.60 0.54 0.51 0.64 0.58 0.54 0.68 0.64 0.59 0.71 0.67 0.63	0.24 0.19 0.18 0.31 0.25 0.22 0.36 0.31 0.26 0.42 0.36 0.32 0.46 0.41 0.36 0.52 0.47 0.43 0.56 0.51 0.47 0.59 0.55 0.51 0.63 0.59 0.56 0.66 0.63 0.60	0.22 0.18 0.15 0.28 0.24 0.20 0.33 0.28 0.25 0.37 0.33 0.29 0.41 0.36 0.33 0.46 0.41 0.36 0.50 0.45 0.42 0.54 0.48 0.45 0.58 0.52 0.49 0.62 0.56 0.52	0.21 0.17 0.15 0.26 0.22 0.19 0.30 0.26 0.23 0.34 0.30 0.27 0.38 0.34 0.30 0.43 0.38 0.33 0.47 0.43 0.39 0.51 0.47 0.43 0.55 0.51 0.47 0.59 0.55 0.51							
	Semidirecta  4 lámparas 40 W "Slimline" con rejilla difusora de 45° suspendida y con lados de plástico		1,4 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.65 Malo 0.60	J I H G F E D C B A	0.24 0.19 0.16 0.30 0.25 0.21 0.36 0.30 0.26 0.41 0.35 0.31 0.46 0.40 0.35 0.52 0.46 0.42 0.57 0.51 0.47 0.60 0.55 0.50 0.64 0.60 0.56 0.67 0.63 0.60	0.23 0.18 0.16 0.29 0.24 0.20 0.34 0.29 0.25 0.40 0.35 0.30 0.43 0.38 0.33 0.49 0.43 0.39 0.52 0.48 0.44 0.55 0.51 0.47 0.59 0.56 0.52 0.61 0.58 0.55	0.21 0.17 0.15 0.26 0.22 0.19 0.30 0.26 0.23 0.34 0.30 0.27 0.37 0.33 0.30 0.42 0.38 0.34 0.47 0.43 0.39 0.51 0.47 0.43 0.54 0.51 0.48 0.57 0.54 0.51	0.20 0.16 0.13 0.25 0.21 0.18 0.29 0.25 0.22 0.33 0.29 0.25 0.37 0.33 0.30 0.41 0.37 0.34 0.44 0.40 0.36 0.48 0.44 0.41 0.51 0.48 0.45 0.54 0.51 0.49							
	Semiindirecta  4 lámparas 40 W "Slimline" suspendida y con lados y fondo de plástico		1,5 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50	J I H G F E D C B A	0.16 0.11 0.07 0.21 0.15 0.12 0.26 0.20 0.16 0.32 0.25 0.20 0.36 0.30 0.24 0.42 0.36 0.31 0.46 0.40 0.36 0.50 0.44 0.40 0.54 0.50 0.45 0.57 0.53 0.50	0.15 0.10 0.06 0.19 0.15 0.12 0.23 0.19 0.15 0.28 0.23 0.19 0.33 0.28 0.22 0.38 0.33 0.27 0.41 0.36 0.33 0.44 0.40 0.36 0.48 0.44 0.41 0.51 0.48 0.44	0.12 0.18 0.06 0.16 0.12 0.08 0.19 0.15 0.12 0.23 0.18 0.15 0.25 0.21 0.18 0.29 0.25 0.22 0.32 0.29 0.25 0.34 0.31 0.28 0.37 0.34 0.32 0.39 0.36 0.34	0.11 0.07 0.06 0.14 0.10 0.07 0.17 0.13 0.10 0.21 0.17 0.14 0.24 0.20 0.17 0.27 0.23 0.20 0.30 0.26 0.23 0.33 0.29 0.25 0.36 0.32 0.29 0.39 0.35 0.32							
	Indirecta  Moldura sin reflector	Moldura situada de 30 a 45 cms. por debajo del techo. Colocando reflectores las lámparas fluorescentes aumenta el coeficiente de utilización del 5 al 10 por 100.		Bueno 0.60 Medio 0.50 Malo 0.40	J I H G F E D C B A	0.11 0.09 0.06 0.15 0.12 0.10 0.19 0.15 0.12 0.22 0.18 0.16 0.25 0.21 0.19 0.29 0.26 0.22 0.33 0.30 0.28 0.35 0.32 0.30 0.36 0.34 0.32 0.39 0.38 0.36	0.09 0.07 0.06 0.13 0.10 0.08 0.16 0.13 0.10 0.20 0.16 0.14 0.21 0.19 0.17 0.25 0.22 0.20 0.28 0.26 0.24 0.31 0.28 0.26 0.32 0.30 0.28 0.35 0.34 0.32	0.07 0.05 0.04 0.09 0.07 0.06 0.10 0.09 0.07 0.13 0.11 0.10 0.15 0.13 0.11 0.17 0.15 0.14 0.20 0.19 0.17 0.21 0.20 0.19 0.22 0.21 0.20 0.24 0.23 0.23	0.07 0.05 0.04 0.09 0.07 0.06 0.11 0.09 0.07 0.13 0.11 0.10 0.15 0.13 0.11 0.17 0.15 0.14 0.20 0.19 0.17 0.21 0.20 0.19 0.22 0.21 0.20 0.24 0.23 0.23							
	Directa  Con lámpara PAR 38, 160 w. difusora. Visera de 45° emisión luminosa total, 1730 lúmenes		0,7 x Altura de montaje	En todas las condiciones 0,75	J I H G F E D C B A	0.53 0.51 0.49 0.56 0.54 0.53 0.58 0.56 0.55 0.60 0.58 0.57 0.62 0.60 0.59 0.63 0.62 0.60 0.64 0.63 0.61 0.65 0.64 0.63 0.66 0.65 0.64 0.66 0.66 0.65	0.53 0.51 0.49 0.56 0.54 0.53 0.58 0.56 0.55 0.60 0.58 0.57 0.61 0.60 0.59 0.63 0.61 0.60 0.63 0.62 0.61 0.64 0.63 0.63 0.65 0.64 0.63 0.66 0.65 0.64	0.52 0.51 0.49 0.55 0.54 0.53 0.57 0.56 0.55 0.60 0.58 0.57 0.61 0.59 0.58 0.62 0.61 0.60 0.63 0.62 0.61 0.63 0.63 0.62 0.64 0.63 0.63 0.64 0.64 0.64	0.52 0.51 0.49 0.55 0.54 0.53 0.57 0.56 0.55 0.60 0.58 0.57 0.61 0.59 0.58 0.62 0.61 0.60 0.63 0.62 0.61 0.63 0.63 0.62 0.64 0.63 0.63 0.64 0.64 0.64							
	Indirecta  Watts lúmenes 300 5360 600 9300 750 14600 Aro concentrador con lámpara de ampolla plateada		1,5 x Altura de montaje	300-750 W Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.55	J I H G F E D C B A	0.13 0.07 0.04 0.18 0.11 0.07 0.23 0.15 0.10 0.28 0.20 0.15 0.33 0.25 0.19 0.40 0.32 0.26 0.45 0.38 0.32 0.49 0.42 0.37 0.54 0.50 0.43 0.59 0.53 0.48	0.12 0.07 0.04 0.16 0.10 0.06 0.20 0.14 0.09 0.25 0.18 0.13 0.29 0.22 0.17 0.35 0.28 0.23 0.39 0.33 0.28 0.43 0.37 0.32 0.47 0.43 0.38 0.50 0.46 0.43	0.10 0.06 0.03 0.13 0.08 0.05 0.16 0.11 0.07 0.19 0.14 0.10 0.22 0.18 0.12 0.26 0.20 0.16 0.29 0.24 0.20 0.31 0.26 0.23 0.34 0.31 0.28 0.36 0.33 0.29	0.10 0.06 0.03 0.13 0.08 0.05 0.16 0.11 0.07 0.19 0.14 0.10 0.22 0.18 0.12 0.26 0.20 0.16 0.29 0.24 0.20 0.31 0.26 0.23 0.34 0.31 0.28 0.36 0.33 0.29							

Los rangos de la A a la J, se obtienen dependiendo del tipo de sistema de iluminación con las siguientes ecuaciones:

#### Directo y Semi-directo

$$(a) \quad I.C. = \frac{\text{Largo} \times \text{Ancho}}{\text{Altura} (\text{Largo} + \text{Ancho})}; \quad \text{alumbrado}_{\text{directo}} = \frac{I.C. \times L \times A}{h(L+A)}$$

#### Indirecto y Semi-indirecto

$$(b) \quad I.C. = \frac{3 \times \text{Largo} \times \text{Ancho}}{2 \times \text{Altura} (\text{Largo} + \text{Ancho})}; \quad \text{alumbrado}_{\text{indirecto}} = \frac{I.C. \times 3 \times L \times A}{2 \times h(L+A)}$$

Por ejemplo, si tenemos un local con las siguientes dimensiones:

Ancho = 14 m  
 Largo = 42.5 m  
 Altura = 5 m

El plano de trabajo está a 0.80 m sobre el nivel de piso, y como el tipo de sistema de iluminación es directo, se aplicará la ecuación (a).

$$I.C. = \frac{L \times A}{h(L + A)}$$

NOTA: La altura se obtiene restando a la altura real del cuarto la altura del plano, de trabajo, en este caso:  
 $h = 5 \text{ m} - 0.8 \text{ m} = 4.2 \text{ m}$ .

Sustituyendo valores

$$I.C. = \frac{(42.5) (14)}{4.2(42.5 + 14)}$$

$$I.C. = 2.5$$

Este índice queda en el rango de entre 2.25 y 2.75 que tiene la letra "D" con la que iremos a la tabla de C.U.

### 3º La Reflexión de las Superficies

Mediante un análisis de los colores de paredes, techo y piso, se determinan los valores de reflectancias de paredes, techo y piso, respectivamente; se anexa tabla de colores con sus reflectancias (tabla 5).

4º Por último, con todos los datos anteriores, en las tablas de Coeficientes de Utilización, localizamos el valor del Coeficiente de Utilización (C.U.).

### 3) Factor de Mantenimiento

Se puede comprobar que el Nivel de Iluminación (N.I.), es decir, la cantidad de Energía

Luminosa que incide en una superficie repartida en el área de trabajo  $\left( N.I. = \frac{ELI_s}{S} \right)$  disminuye conforme pasa el tiempo, esto es debido a las siguientes causas:

- El flujo luminoso  $\phi_L$  emitido por cada lámpara disminuye en el tiempo (depreciación)
- La reflexión en paredes y techo disminuye por suciedad y envejecimiento
- Los difusores de las lámparas envejecen y pasan menos luz
- Los reflectores de las luminarias envejecen y reflejan menos luz.

Y, aunque periódicamente se mantengan tanto las superficies como las luminarias limpias, siempre habrá una disminución del Nivel de Iluminación.

Gráficamente, esto se puede representar como sigue (fig 5):

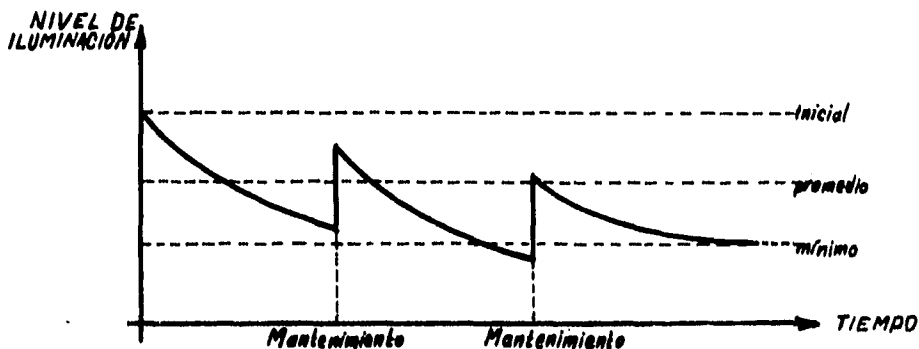


FIG 5. CURVA, VALOR PROMEDIO DEL NIVEL DE ILUMINACIÓN

En la gráfica podemos observar que a lo largo de la vida de una lámpara, existe un valor promedio del nivel de iluminación, con el cual debemos realizar el diseño, por lo que siempre debe incluirse en los cálculos del nivel de iluminación un Factor de Mantenimiento (FM), con esto se asegurará que el Nivel de Iluminación no será menor del originalmente calculado.

TABLA 5. VALORES DE REFLECTANCIAS EN SUPERFICIES POR SUS COLORES

Acabados mate	Indice de reflexión (en por ciento)	Acabados mate	Indice de reflexión (en por ciento)
Blanco	85.0	Pardo habana claro	37.0
Blanco nieve	76.0	Pardo ladrillo	31.0
Blanco marfil	67.0	Pardo siena	15.0
Crema pálido	70.2	Beige	65.0
Amarillo crema	69.0	Naranja	25.4
Amarillo canario	67.0	Azul celeste	37.0
Amarillo paja	65.0	Azul turquesa	21.1
Amarillo oro	53.8	Azul faisán	7.7
Amarillo oro viejo	37.0	Azul cobalto	4.5
Amarillo limón	52.3	Azul ultramar	4.0
Gamusa medio	38.5	Azul hortensia	49.0
Crema fuerte	61.9	Azul pastel	12.0
Verde claro	54.0	Azul violáceo	11.0
Verde prado	39.0	Gris plata	36.3
Verde musgo	25.0	Gris acero claro	31.4
Verde veronés	23.0	Gris quaker (marengo)	28.3
Verde hoja	20.0	Gris acero oscuro	12.1
Verde brillante	12.0	Gris trianón	48.0
Verde bronswick claro	8.4	Gris perla	42.0
Verde bronswick medio	3.9	Gris tórtola	30.0
Rojo naranja	39.0	Gris pizarra	19.0
Rojo escarlata	29.0	Marrón medio	7.8
Rojo vivo	27.0	Marrón oscuro	3.9
Rojo granate	12.0	Tierra cocida	11.8
Rosa bengala	60.0	Chocolate	1.6
Rojo óxido de hierro	5.3	Negro ébano	4.0
Rosa salmón	35.7	Negro caverna	0.0
Rosa carne	57.0		

El Factor de Mantenimiento, toma en cuenta dos cosas:

- .La depreciación luminosa ocurrida en la lámpara, y
- .La acumulación de suciedad tanto en la lámpara como en la luminaria.

El Factor de Mantenimiento (FM) se ha obtenido de manera experimental para cada tipo de fuente luminosa, así como el especificado a las condiciones de operación; respecto a éstas, se tienen tres escalas: buena, mediana y mala.

*Condición de Operación Buena:* Cuando se tiene aire limpio, libre de humos y polvos, además de llevar a cabo un programa de mantenimiento de limpieza frecuente y reemplazo sistemático de lámparas.

*Condición de Operación Mediana:* Se tiene cuando las condiciones atmosféricas son menos favorables, y el programa de mantenimiento es menos riguroso, es decir, la limpieza se efectúa a intervalos frecuentes y el reemplazo de lámparas se realiza sólo después de haberse quemado.

*Condición de Operación Pobre:* Cuando la atmósfera y el trabajo sean completamente sucios, además de que el mantenimiento sea nulo o escaso y el reemplazo de las lámparas se hace después de quemarse.

En las mismas tablas sobre el coeficiente de utilización (tabla 4) está incluido el Factor de Mantenimiento, que como dijimos, éste varía también por el tipo de lámpara y de luminario, así tenemos:

Lámpara y Luminario	Factor de Mantenimiento		
	Buena	Medio	Pobre
Incandescente	0.75	0.70	0.65
Cuarzo	0.85	0.80	0.70
Mercurio	0.75	0.70	0.65
Aditivo Metálico	0.65	0.60	0.55
Fluorescente	0.75	0.70	0.65
Descarga Cerámica	0.75	0.70	0.65
Sodio Alta Presión	0.75	0.70	0.65

#### 4) Cálculo del número de lámparas instaladas

Se parte de la relación de Coeficiente de Utilización  $\frac{ELI_s}{ELE_l} = CU$ , de donde la energía luminosa incidente en una superficie es:

$$ELI_s = ELE_l \times CU \quad (1)$$

$ELI_s$  = Energía Luminosa Incidente en una Superficie

$ELE_l$  = Energía Luminosa Emitida por las Lámparas

$CU$  = Coeficiente de Utilización

TABLA 5.A REFLECTANCIAS DE SUPERFICIES POR SUS COLORES

Muestrario de colores para la serie de grises neutros y colores cromáticos en superficies de interiores. Estas muestras están dispuestas para mostrar los valores de reflectancias desde los tonos fuertes hasta los suaves y de los colores cálidos a los fríos. Se presenta también abajo de cada muestra la notación Munsell.

FILA		5Y	5YR	5R	5RP	5P	N	5GY	2.5G	5BG	7.5B	5PB	VALOR MUNSSELL	REFLECTANCIA
1	SERIE DE TONOS FUERTES	7/6	7/6	7/6	7/6	7/6	N7/	7/6	7/6	7/4	7/5	7/6	7/	40%
2		8/6	8/4	8/4	8/4	8/4	8/4	N8/	8/4	8/4	8/4	8/4	8/4	8/
		C A L I D O S				N E U T R O S			F R I O S					
3	SERIE DE TONOS SUAVES	8/1	8/1	8/2	8/2	8/2	N8/	8/1	8/1	8/1	8/1	8/1	8/	60%
4		7/2	7/2	7/2	7/2	7/2	N7/	7/2	7/2	7/1	7/1	7/2	7/	40%
5		6/2	6/2	6/2	6/2	6/2	N6/	6/2	6/2	6/2	6/2	6/2	6/	30%
6	COLORES ACENTUADOS	8.5/10	7/10	6/10	6/10	6/8	N6/	8/8	7/8	7/6	6/8	6/10	6/ - 8.5/	30 - 68%
		AMARILLO	ROJO AMARILLO	ROJO	ROJO PÚRPURA	PÚRPURA	NEUTRO	AMARILLO VERDE	VERDE	VERDE AZUL	AZUL	AZUL PÚRPURA		

El coeficiente de utilización, ya se indicó cómo obtenerlo, por lo que es un dato conocido.

5) Los Lúmenes Iniciales o la  $ELE_L$ , es el flujo ( $\phi$ ) emitido por cada lámpara, este dato nos lo dá el fabricante (ver tablas 7), y son los Lúmenes Iniciales, por lo que hay que incluir el Factor de Mantenimiento, quedando:

$$ELE_L = NL \times \phi \times FM \quad (2)$$

- $ELE_L$  - Energía Luminosa Emitida
- $NL$  - Número de Lámparas Instaladas
- $\phi$  - Flujo Luminoso Emitido por cada Lámpara en Lúmenes
- $FM$  - Factor de Mantenimiento

El flujo luminoso  $\phi$  es un dato que da el fabricante, por lo que también es un dato conocido.

Hay que recordar que el Nivel de Iluminación (N.I.) se definió como:

$$NI = \frac{ELI_s}{S} \quad (3)$$

Sustituyendo en (3)  $ELI_s$  por (1),  $NI = \frac{ELE_L \times CU}{S}$  y volviendo a sustituir  $ELE_L$  por (2):

$$NI = \frac{NL \times \phi \times FM \times CU}{S} \quad (4)$$

Que es la ecuación que nos sirve para calcular al Nivel de Iluminación. Si lo que queremos saber es el Número de Lámparas ( $NL$ ) que se deben instalar, conociendo el Nivel de Iluminación que obtenemos de la tabla 4, despejando de (4), el  $NL$ :

$$NL \times \phi \times FM \times CU = NI \times S$$

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

- $NL$  - Número de Lámparas Instaladas
- $NI$  - Nivel de Iluminación en Luxes
- $S$  - Superficie
- $\phi$  - Flujo Luminoso por cada Lámpara en Lúmenes
- $FM$  - Factor de Mantenimiento
- $CU$  - Coeficiente de Utilización



TABLA 7. CARACTERÍSTICAS DE LÁMPARAS

## FLUORESCENTES

Watts	Tipo	Encendido	Bulbo	Acabado	Longitud Total (cm)	Vida Horas	Lúmenes Iniciales $\phi_l$	Depreciación
SERVICIO GENERAL								
15	Standard	Standard	T-8	B. Frío	45.7	7 500	830	16%
15	"	"	"	L. Día	"	"	710	"
15	"	"	T-12	B. Frío	"	"	725	14%
15	"	"	"	L. Día	"	"	620	"
20	"	"	"	B. Frío	61.0	"	1 170	13%
20	"	"	"	L. Día	"	"	995	"
40	E.Rápido	Rápido	"	B. Frío	122.0	9 000	3 100	10%
40	"	"	"	L. Día	"	"	2 600	"
38	Slimline	Instantáneo	"	B. Frío	"	"	2 900	11%
38	"	"	"	L. Día	"	"	2 400	"
55	"	"	"	B. Frío	183.0	"	4 290	9%
55	"	"	"	L. Día	"	"	3 600	"
74	"	"	"	B. Frío	244.0	"	6 050	"
74	"	"	"	L. Día	"	"	5 080	"
87	H.O.	Rápido	"	B. Frío	183.0	"	6 200	11%
87	"	"	"	L. Día	"	"	5 170	"
110	"	"	"	B. Frío	244.0	"	8 980	12%
110	"	"	"	L. Día	"	"	7 520	"
110	V.H.O.	"	"	B. Frío	122.0	6 000	6 900	20%
110	"	"	"	L. Día	"	"	5 900	"
160	"	"	"	B. Frío	183.0	"	11 100	"
160	"	"	"	L. Día	"	"	9 700	"
215	"	"	"	B. Frío	244.0	"	15 500	"
215	"	"	"	L. Día	"	"	13 300	"
110	P.Grove	"	PG-17	B. Frío	122.0	"	6 900	"
110	"	"	"	L. Día	"	"	6 150	"
160	"	"	"	B. Frío	183.0	"	10 900	"
160	"	"	"	L. Día	"	"	9 700	"
215	"	"	"	B. Frío	244.0	"	15 500	"
215	"	"	"	L. Día	"	"	13 300	"

TABLA 7 (CONTINUACIÓN)

## INCANDESCENTES

Watts	Volts	Base	Bulbo	Acabado	Longitud Total (cm)	Vida Horas	Lúmenes Iniciales $\phi_1$	Depreciación
<b>SERVICIO GENERAL</b>								
15	125	Media	A-15	Perla	8.6	1 000	144	13%
25	"	"	A-19	"	9.8	"	265	15%
40	"	"	"	Cl. o Per.	10.5	"	470	9%
60	"	"	"	" "	"	"	855	6%
75	"	"	"	" "	"	"	1 180	"
100	"	"	"	" "	10.7	"	1 720	"
150	"	"	A-23	" "	14.8	"	2 730	9%
200	"	"	PS-25	" "	17.0	"	3 750	"
300	"	"	PS-30	" "	20.0	"	6 000	12%
300	"	Mogul	PS-35	" "	23.0	"	5 700	"
500	"	"	PS-40	Claro	24.1	"	9 900	"
750	"	"	PS-52	"	32.4	"	15 600	"
1 000	"	"	"	"	"	"	21 600	15%
1 500	"	"	"	"	"	"	33 000	21%
<b>REFLECTORES USO INTERIOR</b>								
30	125	Media	R-20	Difuso	10.2	2 000	200	15%
50	"	"	"	"	"	"	430	"
75	"	"	R-30	Dif. o Con.	12.7	"	840	"
150	"	"	R-40	" "	15.9	"	1 725	"
300	"	"	"	" "	"	"	3 600	"
500	"	Med.Fald.	"	" "	16.5	"	6 500	"
500	"	Mog.Mec.	"	" "	17.8	"	"	"
500	"	Mogul	R-52	Difuso	29.0	"	8 300	"
750	"	"	"	"	"	"	12 700	"
<b>REFLECTORES USO EXTERIOR</b>								
75	125	Media	PAR-38	Dif. o Con.	15.6	2 000	730	15%
150	"	"	"	" "	"	"	1 730	"
300	"	Med.Prof.	PAR-56	" "	12.7	"	3 650	"
500	"	"	PAR-64	" "	15.3	"	6 000	"

TABLA 7 (CONTINUACIÓN)

## TODO CUARZO (HALOGENAS)

Watts	Volts	Base	Bulbo	Acabado	Longitud Total (cm)	Vida Horas	Lúmenes Iniciales $\phi_i$	Depreciación
SERVICIO GENERAL								
500	120	R75-15	T3Q/C1-RSC	Claro	11.6	2 000	10 500	12%
1 000	220	"	"	"	18.6	"	22 000	"
1 500	"	"	"	"	25.4	"	33 000	"
2 000	"	F-4	"	"	33.0	"	44 000	"

## VAPOR DE MERCURIO

Watts	Base	Bulbo	Acabado	Longitud Total (cm)	Vida Horas	Lúmenes Iniciales $\phi_i$	Depreciación
SERVICIO GENERAL							
175	Mogul	BT-28	Blanco de lujo	21.2	24 000	8 500	15%
250	"	BT-28	" "	22.6	"	13 000	"
250	"	"	Color corregido	"	"	11 850	"
400	"	BT-37	Blanco de lujo	29.3	"	24 000	17%
400	"	"	Color corregido	"	"	24 000	"
700	"	BT-46	Blanco de lujo	37.0	"	44 500	22%
700	"	"	Color corregido	"	"	41 000	"
1 000	"	BT-56	Blanco de lujo	39.0	"	63 000	"
1 000	"	"	Color corregido	"	"	55 000	"

## VAPORES METÁLICOS

Watts	Base	Bulbo	Acabado	Longitud Total (cm)	Vida Horas	Lúmenes Iniciales $\phi_i$	Depreciación	Posición
SERVICIO GENERAL								
175	Mogul	BT-28	Claro	21.1	7 500	14 000	16%	Vertical
400	"	E-37	"	29.3	15 000	34 000	25%	"
1 000	"	BT-56	"	39.0	10 000	100 000	18%	"
175	"	BT-28	"	29.1	7 500	14 000	16%	Horizontal
400	"	E-37	"	29.3	"	34 000	25%	"
1 000	"	BT-56	"	39.0	10 000	100 000	18%	"

TABLA 7 (CONTINUACIÓN)

## LUZ MIXTA

Watts Volts	Base	Bulbo	Acabado	Longitud Total (cm)	Vida Horas	Lúmenes Iniciales $\phi_L$	Depreciación
SERVICIO GENERAL							
160 220	Media	BT-28	Blanco	21.2	6 000	2 900	15%
250 "	Mogul	"	"	22.6	"	5 500	"
500 "	"	BT-37	"	29.3	"	12 500	17%

## VAPOR DE SODIO

Watts	Base	Bulbo	Acabado	Longitud Total (cm)	Vida Horas	Lúmenes Iniciales $\phi_L$	Depreciación
SERVICIO GENERAL							
40	VY22d	T-25	Claro	31	6 000	4 400	15%
60	"	"	"	42.4	"	7 400	"
100	"	T-29	"	52.5	"	12 500	"
150	"	"	"	77.5	"	20 500	"
200	"	"	"	112.0	"	30 000	"

## SODIO ALTA PRESIÓN

Watts	Base	Bulbo	Acabado	Longitud Total (cm)	Vida Horas	Lúmenes Iniciales $\phi_L$	Depreciación
SERVICIO GENERAL							
250	Mogul	E-18	Claro	24.76	15 000	25 500	15%
400	"	"	"	24.76	20 000	50 000	"
1 000	"	T-18	"	38.26	15 000	140 000	"

**Cálculo** del Número de Lámparas que requiere un consultorio médico por el método de los Lúmenes, teniendo las dimensiones siguientes:

Ancho        3.5 m  
Largo        5.6 m  
Altura        2.7 m

Con una reflexión: en piso, del 30%; en techo, del 80%, y en pared, del 50%

El plano de trabajo está a 45 cm y la altura de montaje, también a 45 cm.

El tipo de Lámparas será fluorescente 2 x 40 W (sistema semi-directo) y el fabricante nos indica que dan 6,300 Lúmenes iniciales.

El factor de mantenimiento es regular dándosele un valor de 0.60.

La tabla 3 nos indica que el nivel de iluminación apropiado para un consultorio está en un rango de bueno, que tiene un nivel entre 150 a 250 luxes, nosotros seleccionamos el más alto, o sea 250 luxes.

La fórmula a usar es:

$$\text{No. de Lámparas} = \frac{\text{Nivel de Iluminación} \times \text{Superficie}}{\text{Flujo Luminoso} \times \text{Factor de Mant.} \times \text{Coef. de Util.}}$$

Ya tenemos:

Nivel de Iluminación,  $NI = 250$  Luxes

Superficie =  $L \times A = 5.6 \times 3.5$ ;  $S = 19.6 \text{ m}^2$

Flujo Luminoso  $\phi_L = 6,300$  Lúmenes

Para conocer el **Coefficiente de Utilización (CU)**, primero, calculamos el Índice de Cuarto (**IC**); segundo, establecemos la reflexión de las superficies, tercero, con estos datos localizamos en la tabla de Coeficientes de Utilización (tabla 4) el valor de (**CU**).

$$IC = \frac{\text{Largo} \times \text{Ancho}}{\text{Altura}(\text{Largo} + \text{Ancho})}$$

$$IC = \frac{5.6 \times 3.5}{1.8(5.6 + 3.5)} = 1.19$$

Recordemos que a la altura total se le resta la altura de montaje y la del plano de trabajo:  
 $0.45 + 0.45 = 0.90$ ;  $2.70 - 0.90 = 1.8$ .

El valor 1.19 está dentro del rango 1.12 y 1.38 que corresponde a la letra "G".

La reflexión nos la dan como dato: para piso, 30%, para techo, 80% y en paredes del 50%.

Con estos datos vamos a la tabla 4 a la unidad de alumbrado semi-directo, fluorescente 2 x 40 W, en la tabla hay reflexión en techo del 70% y en pared del 50% y con índice de local o de cuarto "G", nos da un Coeficiente de Utilización  $CU = 0.54$ .

El **Factor de Mantenimiento** lo encontramos en la misma tabla de Coeficientes de Utilización: desde los datos nos indica que el mantenimiento es regular, por lo tanto, el Factor de Mantenimiento regular para esta unidad de alumbrado es,  $FM = 0.60$ .

Teniendo todos los datos, se sustituye en la fórmula:

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

Sustituyendo valores:

$$NL = \frac{250 \times 19.6}{6300 \times 0.60 \times 0.54};$$

$$\text{Número de Lámparas} = 2.4$$

$\therefore$  Se instalarán 3 lámparas.

### **Cálculo de los niveles de iluminación por el método de la cavidad zonal**

Un método más preciso del **C.U.** es el de la Cavidad Zonal, el cual considera que la luz producida por una lámpara o una luminaria es reflejada por todas las superficies del área. Las reflexiones múltiples de la luz desde la luminaria y desde la superficie del local actúan para producir la luz en el plano de trabajo. Debido a este hecho es muy importante determinar:

- a) Dimensiones del local
- b) Reflectancias del local referente a: 1) techo; 2) paredes, y 3) piso
- c) Características de la lámpara
- d) Características de la luminaria
- e) Efectos ambientales: 1) polvo y suciedad, y 2) temperatura
- f) Mantenimiento planeado del sistema de iluminación.

El método básicamente consiste en los siguientes pasos:

- 1) Considerar al local dividido en 3 cavidades: cavidad del techo, cavidad del local y cavidad del piso

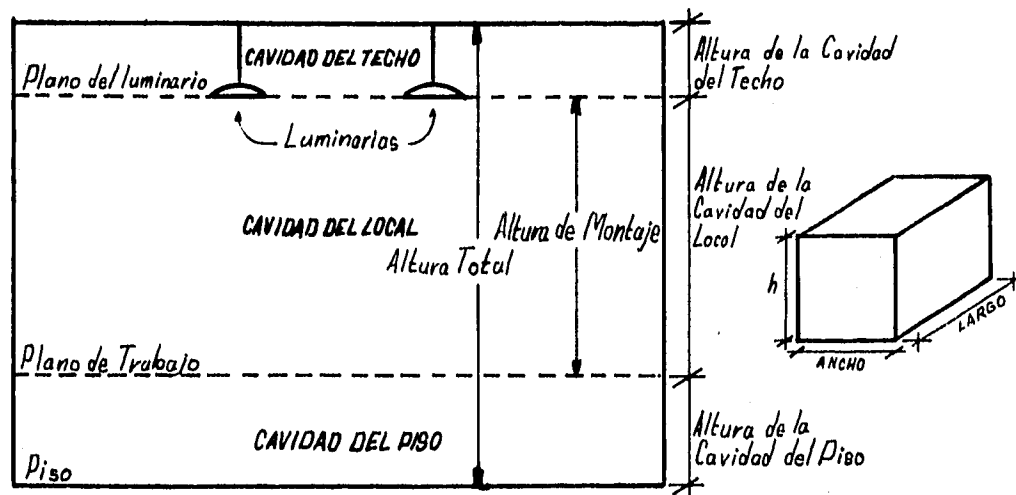


FIG. 6. LOCAL DIVIDIDO EN SUS CAVIDADES Y SUS DIMENSIONES

- 2) Mediante la siguiente expresión, o por medio de tablas (tabla 9), calcular las relaciones de cavidad del techo, del local y del piso.

$$\text{Relación de cavidades} \left\{ \begin{array}{l} \text{piso} \\ \text{local} \\ \text{techo} \end{array} \right\} = \frac{5h (\text{largo} + \text{ancho})}{\text{largo} + \text{ancho}}$$

$h$  = altura del techo, local o piso, respectivamente

- 3) Mediante el análisis de los colores de paredes, techo y piso se determinarán los valores de reflectancias de paredes, techo y piso, respectivamente. Ver tabla de colores con sus Reflectancias respectivas (tabla 5).
- 4) Mediante tablas, se determina el valor de la Reflectancia Efectiva de la cavidad del techo, en función de las Reflectancias del techo, de las paredes y de la relación de cavidad del techo.

Ver tablas de porcentaje de las Reflectancias efectivas de techo a piso para varias combinaciones de Reflectancias (tabla 8).

TABLA 8. PORCENTAJE DE LAS REFLECTANCIAS EFECTIVAS DE TECHO O PISO PARA VARIAS COMBINACIONES DE REFLECTANCIAS

% de reflectancia base*	40	30	20	10	0
% de reflectancia pared	90 80 70 60 50 40 30 20 10 0	90 80 70 60 50 40 30 20 10 0	90 80 70 60 50 40 30 20 10 0	90 80 70 60 50 40 30 20 10 0	90 80 70 60 50 40 30 20 10 0
Relación de cavidad					
0.2	40 40 39 39 39 38 38 37 36 36	31 31 30 30 29 29 28 28 27	21 20 20 20 20 19 19 19 17	11 11 11 10 10 10 10 09 09 09	02 02 02 01 01 01 01 00 00 00
0.4	41 40 39 39 38 37 36 35 34 34	31 31 30 30 29 28 28 27 26 25	22 21 20 20 20 19 19 18 18 16	12 11 11 11 11 10 10 09 09 08	04 03 03 02 02 02 01 01 00 00
0.6	41 40 39 38 37 36 34 33 32 31	32 31 30 29 28 27 26 26 25 23	23 22 22 20 19 19 18 18 17 15	13 13 12 11 11 10 10 09 08 08	05 05 04 03 03 02 02 01 01 00
0.8	41 40 38 37 36 35 33 32 31 29	32 31 30 29 28 26 25 25 23 22	24 22 21 20 19 19 18 17 16 14	15 14 13 12 11 10 10 09 08 07	07 06 05 04 04 03 02 02 01 00
1.0	42 40 38 37 35 33 32 31 29 27	33 32 30 29 27 25 24 23 22 20	25 23 22 20 19 18 17 16 15 13	16 14 13 12 12 11 10 09 08 07	08 07 06 05 04 03 02 02 01 00
1.2	42 40 38 36 34 32 30 29 27 25	33 32 30 28 27 25 23 22 21 19	25 23 22 20 19 17 17 16 14 12	17 15 14 13 12 11 10 09 07 06	10 08 07 06 05 04 03 02 01 00
1.4	42 39 37 35 33 31 29 27 25 23	34 32 30 28 26 24 22 21 19 18	26 24 22 20 18 17 16 15 13 12	18 16 14 13 12 11 10 09 07 06	11 09 08 07 06 04 03 02 01 00
1.6	42 39 37 35 32 30 27 25 23 22	34 33 29 27 25 23 22 20 18 17	26 24 22 20 18 17 16 15 13 11	19 17 15 14 12 11 09 08 07 06	12 10 09 07 06 05 03 02 01 00
1.8	42 39 36 34 31 29 26 24 22 21	35 33 29 27 25 23 21 19 17 16	27 25 23 20 18 17 15 14 12 10	19 17 15 14 13 11 09 08 06 05	13 11 09 08 07 05 04 03 01 00
2.0	42 39 36 34 31 28 25 23 21 19	35 33 29 26 24 22 20 18 16 14	28 25 23 20 18 16 15 13 11 09	20 18 16 14 13 11 09 08 06 05	14 12 10 09 07 05 04 03 01 00
2.2	42 39 36 33 30 27 24 22 19 18	36 32 29 26 24 22 19 17 15 13	28 25 23 20 18 16 14 12 10 09	21 19 16 14 13 11 09 07 06 05	15 13 11 09 07 06 04 03 01 00
2.4	43 39 35 33 29 27 24 21 18 17	36 32 29 26 24 22 19 16 14 12	29 26 23 20 18 16 14 12 10 08	22 19 17 15 13 11 09 07 06 05	16 13 11 09 08 06 04 03 01 00
2.6	43 39 35 32 29 26 23 20 17 15	36 32 29 25 23 21 18 16 14 11	29 26 23 20 18 16 14 11 09 08	23 20 17 15 13 11 09 07 06 04	17 14 12 10 08 06 05 03 02 00
2.8	43 39 35 32 28 25 22 19 16 14	37 33 29 25 23 21 17 15 13 11	30 27 23 20 18 15 13 11 09 07	23 20 18 16 13 11 09 07 05 03	17 15 13 10 08 07 05 03 02 00
3.0	43 39 35 31 27 24 21 18 16 13	37 33 29 25 22 20 17 15 12 10	30 27 23 20 17 15 13 11 09 07	24 21 18 16 13 11 09 07 05 03	18 16 13 11 09 07 05 03 02 00
3.2	43 39 35 31 27 23 20 17 15 13	37 33 29 25 22 19 16 14 12 10	31 27 23 20 17 15 12 11 09 06	25 21 18 16 13 11 09 07 05 03	19 16 14 11 09 07 05 03 02 00
3.4	43 39 34 30 26 23 20 17 14 12	37 33 29 25 22 19 16 14 11 09	31 27 23 20 17 15 12 10 08 06	26 22 18 16 13 11 09 07 05 03	20 17 14 12 09 07 05 03 02 00
3.6	44 39 34 30 26 22 19 16 14 11	38 33 29 24 21 18 15 13 10 09	32 27 23 20 17 15 12 10 08 05	26 22 19 16 13 11 09 06 04 03	20 17 15 12 10 08 05 04 02 00
3.8	44 38 33 29 25 22 18 16 13 10	38 33 28 24 21 18 15 13 10 08	32 28 23 20 17 15 12 10 07 05	27 23 19 17 14 11 09 06 04 02	21 18 15 11 10 08 05 04 02 00
4.0	44 38 33 29 25 21 18 15 12 10	38 33 28 24 21 18 14 12 09 07	33 28 23 20 17 14 11 09 07 05	27 23 20 17 14 11 09 06 04 02	22 18 15 13 10 08 05 04 02 00
4.2	44 38 33 29 24 21 17 15 12 10	38 33 28 24 20 17 14 12 09 07	33 28 23 20 17 14 11 09 07 04	28 24 20 17 14 11 09 06 04 02	22 19 16 13 10 08 06 04 02 00
4.4	44 38 33 28 24 20 17 14 11 09	39 33 28 24 20 17 14 11 09 06	34 28 24 20 17 14 11 09 07 04	28 24 22 17 14 11 08 06 04 02	23 19 16 13 10 08 06 04 02 00
4.6	44 38 32 28 23 19 16 14 11 08	39 33 28 24 20 17 13 10 08 06	34 29 24 20 17 14 11 09 07 04	29 25 20 17 14 11 08 06 04 02	23 20 17 13 11 08 06 04 02 00
4.8	44 38 32 27 22 19 16 13 10 08	39 33 28 24 20 17 13 10 08 05	35 29 24 20 17 13 10 08 06 04	29 25 20 17 14 11 08 06 04 02	24 20 17 14 11 08 06 04 02 00
5.0	45 38 31 27 22 19 15 13 10 07	39 33 28 24 19 16 13 10 08 05	35 29 24 20 16 13 10 08 06 04	30 25 20 17 14 11 08 06 04 02	25 21 17 14 11 08 06 04 02 00
6.0	44 37 30 25 20 17 13 11 08 05	39 33 27 23 18 15 11 09 06 04	36 30 24 20 16 13 10 08 05 02	31 26 21 18 14 11 08 06 03 01	27 23 18 15 12 09 06 04 02 00
7.0	44 36 29 24 19 16 12 10 07 04	40 33 26 22 17 14 10 08 05 03	36 30 24 20 15 12 09 07 04 02	32 27 21 17 13 11 08 06 03 01	28 24 19 15 12 09 06 04 02 00
8.0	44 35 28 23 18 15 11 09 06 03	40 33 26 21 16 13 09 07 04 02	37 30 23 19 15 12 08 06 03 01	33 27 21 17 13 10 07 05 03 01	30 25 20 15 12 09 06 04 02 00
9.0	44 35 26 21 16 13 10 08 05 02	40 33 25 20 15 12 09 07 04 02	37 29 23 19 14 11 08 06 03 01	34 28 21 17 13 10 07 05 02 01	31 25 20 15 12 09 06 04 02 00
10.0	43 34 25 20 15 12 08 07 05 02	40 32 24 19 14 11 08 06 03 01	37 29 22 18 13 10 07 05 03 01	34 28 21 17 12 10 07 05 02 01	31 25 20 15 12 09 06 04 02 00

\*Techo, piso, o piso de la cavidad



TABLA 8'. PORCENTAJES DE LAS REFLECTANCIAS EFECTIVAS DE TECHO O PISO PARA VARIAS COMBINACIONES DE REFLECTANCIAS

% de reflectancia base*	90	80	70	60	50
% de reflectancia pared	90 80 70 60 50 40 30 20 10 00	90 80 70 60 50 40 30 20 10 00	90 80 70 60 50 40 30 20 10 00	90 80 70 60 50 40 30 20 10 00	90 80 70 60 50 40 30 20 10 00
Relación de cavidad					
0.2	89 88 88 87 86 85 85 84 84 82	79 78 78 77 77 76 76 75 74 72	70 69 69 68 67 67 66 66 65 64	80 59 59 58 58 57 56 56 55 53	50 50 49 49 48 48 47 46 46 44
0.4	88 87 86 85 84 83 81 80 79 76	79 77 76 75 74 73 72 71 70 68	68 68 67 66 65 64 63 62 61 58	80 59 59 58 57 55 54 53 52 50	50 49 48 48 47 46 45 45 44 42
0.6	87 86 84 82 80 79 77 76 74 73	78 76 75 73 71 70 68 66 65 63	68 67 65 64 63 61 59 58 57 54	80 58 57 56 55 53 51 51 50 46	50 48 47 46 45 44 43 42 41 38
0.8	87 85 82 80 77 75 73 71 69 67	78 75 73 71 69 67 65 63 61 57	68 66 64 62 60 58 56 55 53 50	59 57 56 55 54 51 48 47 46 43	50 48 47 45 44 42 40 39 38 36
1.0	86 83 80 77 75 72 69 66 64 62	77 74 72 69 67 65 62 60 57 55	68 65 62 60 58 55 53 52 50 47	59 57 55 53 51 48 45 44 43 41	50 48 46 44 43 41 38 37 36 34
1.2	85 82 78 75 72 69 66 63 60 57	76 73 70 67 64 61 58 55 53 51	67 64 61 59 57 54 50 48 46 44	59 56 54 51 49 46 44 42 40 38	50 47 55 43 41 39 36 35 34 29
1.4	85 80 77 73 69 65 62 59 57 52	76 72 68 65 62 59 55 53 50 48	67 63 60 58 55 51 47 45 44 41	59 56 53 49 47 44 41 39 38 36	50 47 45 42 40 38 35 34 32 27
1.6	84 79 75 71 67 63 59 56 53 50	75 71 67 63 60 57 53 50 47 44	67 62 59 56 53 47 45 43 41 38	59 55 52 48 45 42 39 37 35 33	50 47 44 41 39 36 33 32 30 26
1.8	83 78 73 69 64 60 56 53 50 48	75 70 66 62 58 54 50 47 44 41	66 61 58 54 51 46 42 40 38 35	58 55 51 47 44 40 37 35 33 31	50 46 43 40 38 35 31 20 28 25
2.0	83 77 72 67 62 56 53 50 47 43	74 69 64 60 56 52 48 45 41 38	66 60 56 52 49 45 40 38 36 33	58 54 50 46 43 39 35 33 31 29	50 46 43 40 37 34 30 28 26 24
2.2	82 76 70 65 59 54 50 47 44 40	74 68 63 58 54 49 46 42 38 35	66 60 55 51 48 43 38 36 34 32	58 53 49 45 42 37 34 31 28 28	50 46 42 38 36 33 29 27 24 22
2.4	82 75 69 64 58 53 48 45 41 37	73 67 61 56 52 47 43 40 36 33	65 60 54 50 48 41 37 35 32 30	58 53 48 44 41 36 32 30 27 26	50 46 42 37 35 31 27 25 23 21
2.6	81 74 67 62 56 51 46 42 38 35	73 66 60 55 50 45 41 38 34 31	65 58 54 48 45 40 35 33 30 28	58 53 48 43 38 35 31 28 26 24	50 46 41 37 34 30 26 23 21 20
2.8	81 73 66 60 54 49 44 40 36 34	73 65 59 53 48 43 38 36 32 29	65 59 53 48 43 38 33 30 28 26	58 53 47 43 38 34 29 27 24 22	50 46 41 36 33 29 25 22 20 19
3.0	80 72 64 58 52 47 42 38 34 30	72 65 58 52 47 42 37 34 30 27	64 58 52 47 42 37 32 28 27 24	57 52 46 42 37 32 28 25 23 20	50 45 40 36 32 28 24 21 19 17
3.2	79 71 63 56 50 45 40 36 32 28	72 65 57 51 45 40 35 33 28 25	64 58 51 46 40 36 31 28 25 23	57 51 45 41 36 31 27 23 22 18	50 44 39 35 31 27 23 20 18 16
3.4	79 70 62 54 48 43 38 34 30 27	71 64 56 49 44 39 34 32 27 24	64 57 50 46 39 35 29 27 24 22	57 51 45 40 35 30 26 23 20 17	50 40 38 35 30 26 22 19 17 15
3.6	78 69 61 53 47 42 36 32 28 25	71 63 54 48 43 38 32 30 25 23	63 56 49 44 38 33 28 25 22 20	57 50 44 39 34 29 25 22 19 16	50 44 38 34 29 25 21 18 16 14
3.8	78 68 60 51 45 40 35 31 27 23	70 62 53 47 41 36 31 28 24 22	63 56 48 43 37 32 27 24 21 19	57 50 43 38 33 29 24 21 19 15	50 44 38 34 29 25 21 17 15 13
4.0	77 69 58 51 44 39 33 29 25 22	70 61 53 46 40 35 30 26 22 20	63 55 48 42 36 31 26 23 20 17	57 49 42 37 32 28 23 20 18 14	50 44 38 33 29 24 20 17 15 12
4.2	77 62 57 50 43 37 32 28 24 21	69 60 52 45 39 34 29 25 21 18	62 55 47 41 35 30 25 22 19 16	56 49 42 37 32 27 22 19 17 14	50 43 37 32 28 24 20 17 14 12
4.4	76 61 56 49 42 36 31 27 23 20	69 60 51 44 38 33 28 24 20 17	62 54 48 40 34 29 24 21 18 15	56 49 42 36 31 27 22 19 16 13	50 43 37 32 27 23 19 16 13 11
4.6	76 60 55 47 40 35 30 26 22 19	69 59 50 43 37 32 27 23 19 15	62 53 45 39 33 28 24 21 17 14	56 48 41 35 30 26 21 18 16 13	50 43 36 31 26 22 18 15 13 10
4.8	75 59 54 45 39 34 28 25 21 18	68 58 49 42 36 31 26 22 18 14	62 53 45 38 32 27 23 20 16 13	56 48 41 34 29 25 21 18 15 12	50 43 36 31 26 22 18 15 12 09
5.0	75 59 53 45 38 33 29 24 20 16	68 58 48 41 35 30 25 21 18 14	61 52 44 38 31 26 22 19 16 12	56 48 40 34 28 24 20 17 14 11	50 42 35 30 25 21 17 14 12 09
6.0	73 61 49 41 34 29 24 20 16 11	66 55 44 38 31 27 22 19 15 10	60 51 41 35 28 24 19 16 13 09	55 45 37 31 25 21 17 14 11 07	50 42 34 29 23 19 15 12 10 06
7.0	70 58 45 38 20 27 21 18 11 06	64 53 41 35 28 24 19 16 12 07	58 48 38 32 26 22 17 14 11 06	54 43 35 30 24 20 15 12 09 05	49 41 32 27 21 18 14 11 08 05
8.0	68 55 42 35 27 23 18 15 12 06	62 50 38 32 25 21 17 14 11 05	57 46 35 29 23 19 15 13 10 05	53 42 33 28 22 18 14 11 08 04	49 40 30 25 19 16 12 10 07 03
9.0	66 52 38 31 25 21 16 14 11 05	61 49 36 30 23 19 15 13 10 04	56 45 33 27 21 18 14 12 09 04	52 40 31 26 20 16 12 10 07 03	48 39 29 24 18 15 11 09 07 03
10.0	65 51 36 29 22 19 15 11 09 04	59 46 33 27 21 18 14 11 08 03	55 43 31 25 19 16 12 10 08 03	51 39 29 24 18 15 11 09 07 02	47 37 27 22 17 14 10 08 06 02

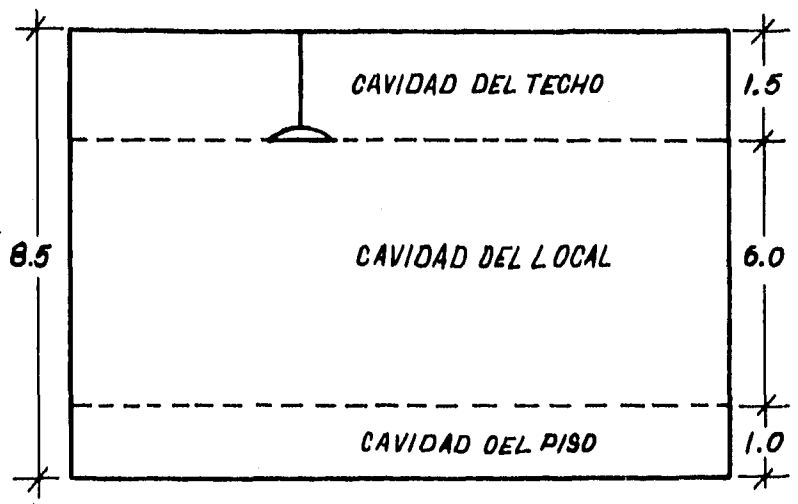
\*Techo, piso, o piso de la cavidad

- 5) De la misma manera, se determina el valor de la Reflectancia Efectiva de la cavidad del piso, ahora en función de las Reflectancias del piso, de las paredes, y de la relación de cavidad del piso.
- 6) Con los valores de Reflectancia Efectiva del techo, Reflectancia (%) de las paredes, y el valor de la relación de cavidad del cuarto, de las tablas de información de coeficiente de utilización (tabla 11) de la lámpara seleccionada, obtenemos el valor del coeficiente de utilización (C.U.).

### Aplicación del Método de Cavidad Zonal

Se tiene un local con las siguientes dimensiones:

-Longitud	150.0 m
-Ancho	30.0 m
-Altura	8.5 m
-Altura de plano de trabajo	1.0 m
-Altura de montaje del luminario	6.0 m (ver figura 7)



ACOTACIONES EN M

FIG 7. CAVIDADES DEL LOCAL

- Las reflectancias del local son: paredes, 30%, techo, 80%, piso, 20%
- La lámpara a usarse será Lumalux LU-400
- Flujo luminoso inicial por lámpara: 50 000 Lúmenes
- Depreciación de la Lámpara por sociedad, L.L.D. = 0.90
- El luminario escogido requiere una lámpara por luminaria (luminaria tipo 16, tabla 11)
- La depreciación del luminario debido al polvo, el factor es 0.85 u 85%
- El nivel de iluminación requerido es de 1 000 luxes

En las tablas de relación de cavidad (tabla 9) encontramos que las relaciones son:

$$\text{Cavidad del local} \left\{ \begin{array}{l} \text{dimensión de la cavidad} = 6 \text{ m} \\ \text{largo} = 150 \text{ m} \\ \text{ancho} = 30 \text{ m} \end{array} \right\}$$

$$\text{Cavidad del techo} \left\{ \begin{array}{l} \text{dimensión de la cavidad} = 1.5 \text{ m} \\ \text{largo} = 150 \text{ m} \\ \text{ancho} = 30 \text{ m} \end{array} \right\}$$

$$\text{Cavidad del piso} \left\{ \begin{array}{l} \text{dimensión de la cavidad} = 1 \text{ m} \\ \text{largo} = 150 \text{ m} \\ \text{ancho} = 30 \text{ m} \end{array} \right\}$$

Estos factores pueden ser calculados mediante la expresión

$$\text{Relación de cavidad en } \left\{ \begin{array}{l} \text{techo} \\ \text{local} \\ \text{piso} \end{array} \right\} = \frac{5h (\text{largo} + \text{ancho})}{\text{largo} \times \text{ancho}}$$

$$\text{Cavidad del techo} = \frac{5 (1.5) (150 + 30)}{150 \times 30} = 0.3$$

$$\text{Cavidad del local} = \frac{5 (6) (150 + 30)}{150 \times 30} = 1.2$$

$$\text{Cavidad del piso} = \frac{5 (1) (150 + 30)}{150 \times 30} = 0.2$$

En seguida, determinar las Reflexiones Efectivas mediante las tablas de la cavidad del techo y del piso (tabla 10), tomando en cuenta las relaciones de cavidad.

Para techo:

Una reflectancia de techo del 80%

Una reflectancia de pared del 30%

Con una relación de cavidad de techo de 0.3, buscamos en la tabla 10

Reflectancia  
de cavidad:

d- 0.2.....76% -b

e- 0.3.....X

c- 0.4.....72% -a

Por interpolación lineal:

$$X = (e - c) \left( \frac{b - a}{d - c} \right) + a; \quad X = - 0.1 \left( \frac{4}{- 0.2} \right) = 72$$

$$X = 74\%; \text{ Reflectancia efectiva de techo} = 74\% = 0.74$$

Para piso:

Una reflectancia de piso del 20%

Una reflectancia de pared del 30%

Con una relación de cavidad de piso de 0.2, buscamos en la tabla 8

Reflectancia  
de cavidad:

0.2 ..... 19%

Reflectancia efectiva de piso = 19% = 0.19

Ahora el Coeficiente de Utilización, para este luminario en particular (No. 16) lo podemos encontrar en la tabla de coeficiente de utilización de luminarios (tabla 11) con los datos obtenidos como:

% de reflectancia efectiva de techo = 74%

% de reflectancia en paredes = 30%

y la relación de cavidad local = 1.2

TABLA 10. RELACIONES DE CAVIDAD

Dimensiones del Rod		Dimensiones de la Cavidad																			
Ancho	Largo	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	5.0	6.0	7.0	8	9	10	11	12	14	16	20	25	30
8	8	1.2	1.9	2.5	3.1	3.7	4.4	5.0	6.2	7.1	8.8	10.0	11.2	12.5	-	-	-	-	-	-	-
	10	1.1	1.7	2.2	2.8	3.4	4.1	4.5	5.6	6.7	7.9	9.0	10.1	11.3	12.4	-	-	-	-	-	-
	14	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.6	4.0	4.9	5.9	6.9	7.8	8.8	9.7	10.6	11.7	-	-	-	-	-
	20	0.9	1.3	1.7	2.1	2.6	3.1	3.5	4.4	5.2	6.1	7.0	7.9	8.8	9.6	10.5	11.4	-	-	-	-
	30	0.8	1.2	1.6	2.0	2.4	2.8	3.2	4.0	4.7	5.5	6.3	7.1	7.9	8.7	9.5	10.3	11.2	-	-	-
10	10	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	-	-	-	-	-
	14	0.9	1.4	1.9	2.4	2.9	3.4	3.9	4.8	5.8	6.7	7.6	8.5	9.4	10.3	11.2	12.0	-	-	-	-
	20	0.7	1.1	1.5	1.9	2.3	2.8	3.2	4.1	5.0	5.8	6.6	7.5	8.3	9.1	10.0	10.8	11.6	12.5	-	-
	30	0.6	1.0	1.3	1.7	2.0	2.4	2.7	3.5	4.3	5.1	5.9	6.7	7.5	8.2	9.0	9.8	10.6	11.4	12.2	-
	40	0.5	0.9	1.2	1.6	1.9	2.3	2.6	3.4	4.2	5.0	5.8	6.5	7.3	8.0	8.8	9.5	10.3	11.0	11.7	12.4
12	12	0.8	1.2	1.7	2.1	2.5	2.9	3.3	4.2	5.0	5.8	6.7	7.5	8.4	9.2	10.0	10.7	11.6	12.5	-	-
	16	0.7	1.1	1.5	1.9	2.3	2.7	3.1	4.0	4.8	5.6	6.4	7.2	8.0	8.7	9.5	10.2	11.0	11.8	12.6	-
	24	0.6	0.9	1.2	1.6	1.9	2.3	2.6	3.4	4.2	5.0	5.8	6.6	7.4	8.1	8.9	9.6	10.4	11.2	12.0	-
	36	0.5	0.8	1.1	1.4	1.7	2.0	2.3	3.1	3.8	4.6	5.4	6.2	7.0	7.7	8.5	9.2	10.0	10.8	11.5	-
	50	0.4	0.7	1.0	1.3	1.6	1.9	2.2	3.0	3.7	4.4	5.2	6.0	6.8	7.5	8.2	9.0	9.8	10.5	11.2	-
14	14	0.7	1.1	1.6	2.0	2.4	2.8	3.2	4.1	4.9	5.7	6.5	7.3	8.1	8.9	9.7	10.5	11.3	12.1	-	-
	20	0.6	0.9	1.3	1.7	2.1	2.5	2.9	3.8	4.6	5.4	6.2	7.0	7.8	8.6	9.4	10.2	11.0	11.8	12.6	-
	30	0.5	0.8	1.2	1.6	2.0	2.4	2.8	3.7	4.5	5.3	6.1	6.9	7.7	8.5	9.3	10.1	10.9	11.7	12.5	-
	40	0.4	0.7	1.0	1.4	1.8	2.2	2.6	3.5	4.3	5.1	5.9	6.7	7.5	8.3	9.1	9.9	10.7	11.5	12.3	-
	50	0.4	0.6	0.9	1.3	1.7	2.1	2.5	3.4	4.2	5.0	5.8	6.6	7.4	8.2	9.0	9.8	10.6	11.4	12.2	-
17	17	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.9	3.5	4.1	4.7	5.3	5.9	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	-
	25	0.5	0.8	1.1	1.4	1.7	2.0	2.3	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4	6.0	6.6	7.1	7.6	8.1	8.6	9.1	-
	35	0.4	0.7	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.8	3.4	4.0	4.6	5.2	5.8	6.4	6.9	7.4	7.9	8.4	8.9	-
	50	0.3	0.6	0.8	1.0	1.3	1.6	1.9	2.6	3.2	3.8	4.4	5.0	5.6	6.2	6.8	7.3	7.8	8.3	8.8	-
	70	0.2	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	1.6	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4	6.0	6.6	7.1	7.6	8.1	8.6	-
20	20	0.5	0.7	1.0	1.3	1.6	1.9	2.2	2.7	3.3	3.9	4.5	5.1	5.7	6.3	6.9	7.4	7.9	8.4	8.9	-
	30	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.5	1.7	2.3	2.9	3.5	4.1	4.7	5.3	5.9	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	-
	45	0.3	0.5	0.7	0.9	1.1	1.4	1.6	2.2	2.8	3.4	4.0	4.6	5.2	5.8	6.4	6.9	7.4	7.9	8.4	-
	60	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	2.1	2.7	3.3	3.9	4.5	5.1	5.7	6.3	6.8	7.3	7.8	8.3	-
	80	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	2.0	2.6	3.2	3.8	4.4	5.0	5.6	6.2	6.7	7.2	7.7	8.2	-
25	25	0.4	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.6	3.2	3.8	4.4	5.0	5.6	6.2	6.8	7.4	7.9	8.4	8.9	-
	35	0.3	0.5	0.7	0.9	1.1	1.4	1.7	2.3	2.9	3.5	4.1	4.7	5.3	5.9	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	-
	50	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	2.1	2.7	3.3	3.9	4.5	5.1	5.7	6.3	6.8	7.3	7.8	8.3	-
	70	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	2.0	2.6	3.2	3.8	4.4	5.0	5.6	6.2	6.7	7.2	7.7	8.2	-
	100	0.1	0.2	0.3	0.5	0.6	0.8	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	-
30	30	0.3	0.5	0.8	1.0	1.3	1.6	1.9	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4	6.0	6.6	7.1	7.6	8.1	8.6	-
	45	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.5	2.1	2.7	3.3	3.9	4.5	5.1	5.7	6.3	6.8	7.3	7.8	8.3	-
	60	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	2.0	2.6	3.2	3.8	4.4	5.0	5.6	6.2	6.7	7.2	7.7	8.2	-
	80	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.8	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	-
	100	0.1	0.2	0.3	0.5	0.7	0.9	1.1	1.4	2.0	2.6	3.2	3.8	4.4	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	-
36	36	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	2.1	2.7	3.3	3.9	4.5	5.1	5.7	6.3	6.8	7.3	7.8	8.3	-
	50	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	2.0	2.6	3.2	3.8	4.4	5.0	5.6	6.2	6.7	7.2	7.7	8.2	-
	75	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.8	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	-
	100	0.1	0.2	0.3	0.5	0.7	0.9	1.1	1.4	2.0	2.6	3.2	3.8	4.4	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	-
	150	0.1	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.3	1.9	2.5	3.1	3.7	4.3	4.9	5.4	6.0	6.5	7.0	7.5	-
45	45	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	2.1	2.7	3.3	3.9	4.5	5.1	5.7	6.3	6.8	7.3	7.8	8.3	-
	60	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	2.0	2.6	3.2	3.8	4.4	5.0	5.6	6.2	6.7	7.2	7.7	8.2	-
	90	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.8	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	-
	120	0.1	0.2	0.3	0.5	0.7	0.9	1.1	1.4	2.0	2.6	3.2	3.8	4.4	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	-
	180	0.1	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.3	1.9	2.5	3.1	3.7	4.3	4.9	5.4	6.0	6.5	7.0	7.5	-
50	50	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	2.1	2.7	3.3	3.9	4.5	5.1	5.7	6.3	6.8	7.3	7.8	8.3	-
	70	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	2.0	2.6	3.2	3.8	4.4	5.0	5.6	6.2	6.7	7.2	7.7	8.2	-
	100	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.8	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	-
	150	0.1	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.3	1.9	2.5	3.1	3.7	4.3	4.9	5.4	6.0	6.5	7.0	7.5	-
	200	0.1	0.1	0.2	0.3	0.5	0.7	0.9	1.1	1.4	2.0	2.6	3.2	3.8	4.4	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	-
60	60	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	2.1	2.7	3.3	3.9	4.5	5.1	5.7	6.3	6.8	7.3	7.8	8.3	-
	80	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	2.0	2.6	3.2	3.8	4.4	5.0	5.6	6.2	6.7	7.2	7.7	8.2	-
	100	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.8	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	-
	150	0.1	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.3	1.9	2.5	3.1	3.7	4.3	4.9	5.4	6.0	6.5	7.0	7.5	-
	200	0.1	0.1	0.2	0.3	0.5	0.7	0.9	1.1	1.4	2.0	2.6	3.2	3.8	4.4	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	-
75	75	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	2.1	2.7	3.3	3.9	4.5	5.1	5.7	6.3	6.8	7.3	7.8	8.3	-
	100	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	2.0	2.6	3.2	3.8	4.4	5.0	5.6	6.2	6.7	7.2	7.7	8.2	-
	150	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.8	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	-
	200	0.1	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.3	1.9	2.5	3.1	3.7	4.3	4.9	5.4	6.0	6.5	7.0	7.5	-
	300	0.1	0.1	0.2	0.3	0.5	0.7	0.9	1.1	1.4	2.0	2.6	3.2	3.8	4.4	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	-
100	100	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	2.1	2.7	3.3	3.9	4.5	5.1	5.7	6.3	6.8	7.3	7.8	8.3	-
	150	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	2.0	2.6	3.2	3.8	4.4	5.0	5.6	6.2	6.7	7.2	7.7	8.2	-
	200	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.8	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	-
	300	0.1	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.3	1.9	2.5	3.1	3.7	4.3	4.9	5.4	6.0	6.5	7.0	7.5	-
	400	0.1	0.1	0.2	0.3	0.5	0.7	0.9	1.1	1.4	2.0	2.6	3.2	3.8	4.4	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	-
150	150	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	2.1												

De igual forma por interpolación, se tiene que el Coeficiente de Utilización  $\approx 0.795$ .

Teniendo todos los datos anteriores, podemos encontrar el número de luminarios mediante la expresión:

$$\text{Núm. Lumin.} = \frac{\text{Nivel Luminoso en Lux} \times \text{Area}}{\text{Lámps. por Lumin.} \times \text{Lúmenes por lámp.} \times \text{Coef. de Util.} \times \text{Fac. Mant.}}$$

Si:

La superficie es igual a  $150 \times 30 = 4\,500 \text{ m}^2$

El nivel de iluminación = 1 000 Luxes

Núm. de Lámparas por luminaria = 1

Lúmenes por lámpara = 50 000

Coeficiente de Utilización = 0.795

Factor de Mantenimiento = 0.765 (este Factor lo aclaro más adelante)

Sustituyendo:

$$\text{Núm. de Luminarias} = \frac{1\,000 \times 4\,500}{1 \times 50\,000 \times 0.795 \times 0.765} = 147.98$$

Por lo tanto, el número de Luminarias  $\approx 148$

El área promedio por cada luminario será:


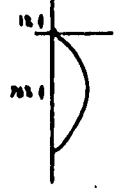

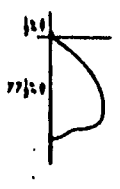

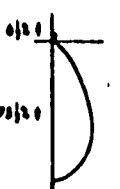



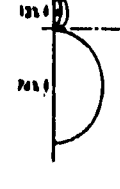
$$\frac{\text{Area total}}{\text{Núm. de Luminarias}} = \frac{4\,500}{148} = 30.40 \text{ m}^2$$

El espaciamiento entre luminarios se determinará obteniendo la raíz cuadrada del área promedio por luminaria.

$$\begin{aligned} \text{Espaciamiento promedio} &= \sqrt{\text{área promedio}} \\ &= \sqrt{30.40} = 5.51 \text{ m} \end{aligned}$$

El número aproximado de luminarios en cada hilera se puede encontrar dividiendo tanto la longitud como el ancho del local entre el espaciamiento promedio

TABLA 11. COEFICIENTES DE UTILIZACIÓN

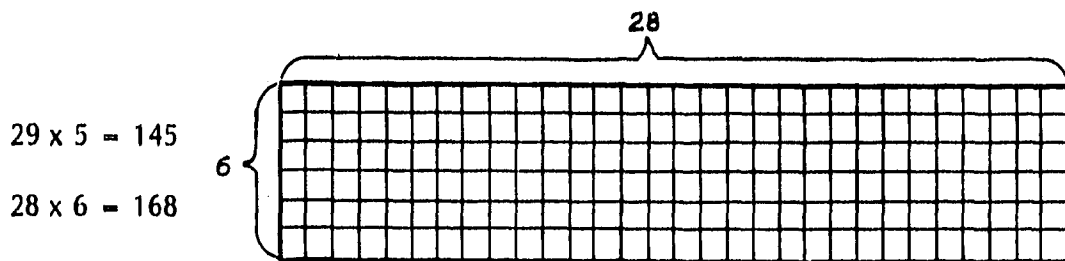
Tipo de luminario	Distribución típica y % de lúmenes de la lámpara		Coeficiente de utilización para 20% de reflectancia efectiva de piso (p <sub>rc</sub> = 20)												WDR <sup>c</sup>						
	Cal de Mont.	Máximo espaciamiento S/MH	80		70			50			30			10			0				
			30	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10		50	30	10	0		
 Reflector con ventilación para distribución intermedia con lámpara clara de descarga de alta intensidad.	III	1.0																.16			
			0	.91	.91	.91	.89	.89	.89	.84	.84	.84	.81	.81	.81	.77	.77		.77	.75	
			1	.84	.81	.79	.82	.80	.78	.79	.77	.76	.76	.74	.73	.73	.72		.71	.69	
			2	.77	.73	.70	.76	.72	.70	.73	.70	.68	.70	.68	.66	.68	.66		.65	.63	
			3	.71	.66	.63	.69	.65	.62	.67	.64	.61	.65	.62	.60	.63	.61		.59	.57	
			4	.65	.60	.56	.64	.59	.56	.62	.58	.55	.60	.57	.54	.59	.56		.54	.52	
			5	.59	.54	.50	.57	.54	.50	.57	.53	.50	.56	.52	.49	.54	.51		.48	.47	
			6	.54	.49	.45	.54	.49	.45	.52	.48	.45	.51	.47	.44	.50	.47		.44	.42	
			7	.50	.44	.40	.49	.44	.40	.48	.43	.40	.47	.43	.39	.46	.42		.39	.38	
			8	.45	.40	.36	.45	.40	.36	.44	.39	.36	.43	.39	.35	.42	.38		.35	.34	
			9	.41	.36	.32	.41	.36	.32	.40	.35	.32	.39	.35	.32	.38	.35		.32	.30	
10	.38	.33	.29	.37	.32	.29	.37	.32	.29	.36	.32	.29	.35	.31	.28	.27					
 Reflector con ventilación para distribución difusa con lámpara clara de descarga de alta intensidad.	III	1.5																.19			
			0	.92	.92	.92	.90	.90	.90	.86	.86	.86	.82	.82	.82	.79	.79		.79	.77	
			1	.85	.82	.80	.83	.81	.79	.79	.78	.76	.76	.75	.74	.74	.72		.71	.70	
			2	.77	.73	.70	.75	.72	.69	.73	.70	.67	.70	.68	.66	.68	.66		.64	.63	
			3	.70	.65	.61	.68	.64	.60	.66	.62	.59	.64	.61	.58	.62	.59		.57	.56	
			4	.63	.58	.53	.62	.57	.53	.60	.56	.52	.58	.55	.52	.57	.54		.51	.49	
			5	.57	.51	.47	.56	.51	.47	.55	.50	.46	.53	.49	.46	.52	.48		.45	.44	
			6	.51	.45	.41	.51	.45	.41	.49	.44	.40	.48	.43	.40	.47	.43		.40	.38	
			7	.46	.40	.35	.45	.39	.35	.44	.39	.35	.43	.38	.35	.42	.38		.34	.33	
			8	.41	.35	.31	.41	.35	.31	.40	.34	.31	.39	.34	.30	.38	.33		.30	.29	
			9	.37	.31	.27	.37	.31	.27	.36	.30	.27	.35	.30	.27	.34	.30		.26	.25	
10	.33	.27	.24	.33	.27	.23	.32	.27	.23	.31	.27	.23	.31	.26	.23	.22					
 Reflector con ventilación para distribución intermedia con lámpara fosforada de descarga de alta intensidad.	III	1.0																.14			
			0	.96	.96	.96	.93	.93	.93	.87	.87	.87	.82	.82	.82	.77	.77		.77	.75	
			1	.89	.87	.84	.86	.84	.83	.82	.80	.79	.78	.76	.75	.74	.73		.72	.70	
			2	.82	.79	.76	.80	.77	.74	.76	.74	.73	.73	.71	.69	.70	.68		.67	.65	
			3	.76	.72	.68	.74	.70	.67	.71	.68	.65	.68	.66	.63	.66	.63		.61	.60	
			4	.70	.66	.62	.69	.65	.61	.66	.63	.60	.64	.61	.58	.62	.59		.57	.55	
			5	.65	.60	.56	.64	.59	.56	.62	.58	.54	.60	.56	.53	.58	.55		.52	.51	
			6	.60	.55	.51	.59	.55	.51	.57	.53	.50	.56	.52	.49	.54	.51		.48	.47	
			7	.56	.51	.47	.55	.50	.46	.53	.49	.46	.52	.48	.45	.50	.47		.44	.43	
			8	.52	.47	.43	.51	.46	.43	.50	.45	.42	.48	.44	.41	.47	.43		.41	.40	
			9	.48	.43	.39	.47	.42	.39	.46	.42	.39	.45	.41	.38	.44	.40		.38	.36	
10	.45	.40	.36	.44	.39	.36	.43	.39	.36	.42	.38	.35	.41	.37	.35	.34					
 Reflector con ventilación para distribución difusa con lámpara fosforada de alta intensidad.	III	1.5																.15			
			0	.93	.93	.93	.89	.89	.89	.83	.83	.83	.77	.77	.77	.71	.71		.71	.68	
			1	.85	.83	.81	.82	.80	.78	.77	.75	.74	.72	.71	.69	.67	.66		.65	.63	
			2	.78	.74	.71	.76	.72	.69	.71	.68	.66	.67	.65	.63	.63	.61		.60	.58	
			3	.71	.67	.63	.69	.65	.62	.65	.62	.59	.62	.59	.57	.60	.56		.54	.53	
			4	.65	.60	.56	.64	.59	.55	.60	.56	.53	.57	.54	.51	.54	.52		.50	.48	
			5	.60	.54	.50	.58	.53	.49	.55	.51	.48	.53	.49	.45	.50	.47		.45	.43	
			6	.54	.49	.45	.53	.48	.44	.51	.46	.43	.48	.45	.42	.46	.43		.40	.39	
			7	.49	.44	.40	.48	.43	.39	.46	.41	.38	.44	.40	.37	.42	.39		.36	.34	
			8	.45	.39	.35	.44	.38	.35	.42	.37	.34	.40	.36	.33	.38	.35		.32	.31	
			9	.41	.35	.31	.40	.34	.31	.38	.33	.30	.36	.32	.29	.35	.31		.28	.27	
10	.37	.31	.27	.36	.31	.27	.34	.30	.26	.33	.29	.26	.32	.28	.25	.24					
 Reflector acabado, pintura porcelanizada con lámpara fluorescente, reflector 14° C.W.	III	1.3																.27			
			0	1.00	1.00	1.00	.96	.96	.96	.89	.89	.89	.82	.82	.82	.78	.76		.76	.73	
			1	.88	.85	.82	.85	.82	.79	.79	.77	.74	.73	.72	.70	.68	.67		.66	.63	
			2	.78	.72	.67	.75	.70	.66	.70	.66	.62	.65	.62	.59	.61	.58		.56	.53	
			3	.69	.62	.57	.66	.60	.56	.62	.57	.53	.58	.54	.51	.54	.51		.48	.46	
			4	.61	.54	.48	.59	.52	.47	.55	.50	.45	.52	.47	.43	.49	.45		.42	.39	
			5	.54	.46	.41	.52	.45	.40	.49	.43	.39	.46	.41	.37	.43	.39		.36	.33	
			6	.48	.41	.35	.47	.40	.35	.44	.38	.34	.41	.36	.32	.39	.34		.31	.29	
			7	.43	.36	.31	.42	.35	.30	.40	.34	.29	.37	.32	.28	.35	.31		.27	.25	
			8	.39	.32	.27	.38	.31	.26	.36	.30	.25	.34	.28	.24	.32	.27		.24	.22	
			9	.35	.28	.23	.34	.27	.23	.32	.26	.22	.30	.25	.21	.28	.24		.20	.19	
10	.32	.25	.20	.31	.24	.20	.29	.23	.19	.28	.22	.19	.26	.21	.18	.17					

a p<sub>cc</sub> = % de reflectancia efectiva de cavidad de techo ①  
 b p<sub>w</sub> = % de reflectancia de paredes ②  
 c RCR = Relación de cavidad de local ③  
 d Máximo espaciamiento S/MH = Relación de espaciamiento máximo del luminario a altura de montaje  
 Cortesía IES Handbook.

$$\text{a lo largo } \frac{150}{5.51} = 27.22 \text{ Luminarios}$$

$$\text{a lo ancho } \frac{30}{5.51} = 5.44 \text{ Luminarios}$$

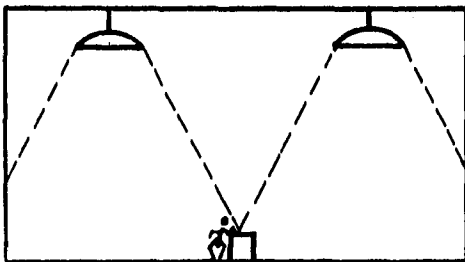
Con estos resultados se puede aproximar al número de luminarios en cada hilera, que podrían ser:



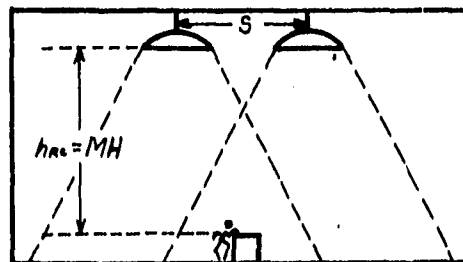
La localización dependerá de las limitaciones físicas del espacio en el local.

Espaciamento:

Uniformidad Pobre



Uniformidad Buena



- No se debe usar una separación mayor a la especificada por el fabricante
- La separación máxima se determina en función de la altura de montaje
- La altura de montaje se mide a partir del plano de trabajo.



Fórmulas de espaciamento:

$$\text{Separación de pared a luminaria} = \frac{\text{Separación entre Luminarias}}{3}$$

$$\text{Núm. de Filas} = \frac{\text{Ancho del Local}}{\text{Separación Máxima}}$$

$$\text{Núm. Máximo de Unidades por Fila} = \frac{\text{Longitud del Local} - 1}{\text{Longitud de las Luminarias}}$$

$$\text{Núm. Mínimo de Unidades por Fila} = \frac{\text{Longitud del Local} - 4}{\text{Longitud de las Luminarias}}$$

Debemos asegurarnos de que la relación del espaciamento con la altura de montaje no exceda lo especificado por el fabricante de los luminarios.

Para este luminario en especial, se tiene una relación de espaciamento máximo de luminario a altura de montaje  $\frac{S}{MH} = 1.5$ ; es decir, que el espaciamento no debe ser mayor que 1.5 veces la altura de montaje.

Al utilizar los métodos anteriores, el de Lúmenes y de Cavidad Zonal, existe la limitación de realizar el cálculo para una distribución uniforme, puesto que el Nivel de Iluminación (NI), se expresa como:

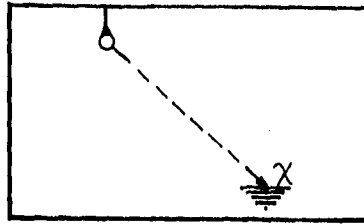
$$NI = \frac{ELI_s}{S} = \frac{\text{Energía Luminosa Incidente en una Superficie}}{\text{Superficie}} = \frac{\text{Lumens}}{m^2}$$

Esto es válido para iluminar, por ejemplo un aula o un auditorio, sin embargo, la mayoría de las áreas a iluminar en un hospital, son áreas con distribución no uniforme, por lo que en algunos casos es más conveniente emplear el método Punto por Punto.

### **Cálculo de los niveles de iluminación por el método Punto por Punto**

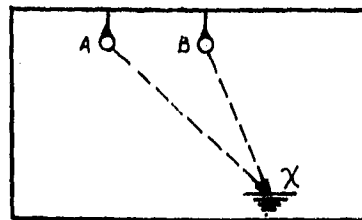
Este método es el más adecuado cuando se especifican los niveles mínimos de iluminación recomendados para los distintos cometidos visuales y se aplica al sitio mismo de dichas áreas.

Consiste en calcular el Nivel de Iluminación (NI) en un punto "X" al que llegan los rayos luminosos de una o varias fuentes de energía luminosa.



Por la Propiedad Aditiva, se deduce que si al punto "X" inciden dos rayos de luz, uno originado por la fuente "A", y otra por la fuente "B"; por separado podemos medir el nivel de iluminación en el punto "X" originado primero por la fuente "A" ( $NI_{X,A}$ ). Después se apaga esta fuente y se enciende la "B", y en el punto "X" se mide un nivel de iluminación producido por la fuente "B", o sea  $NI_{X,B}$ . Ahora se encienden las dos fuentes y se vuelve a medir el NI en el punto "X", y se encuentra que el NI total es la suma del NI producido por "A" más el NI producido por "B".

$$NI \text{ total en "X"} = NI_{X,A} + NI_{X,B}$$

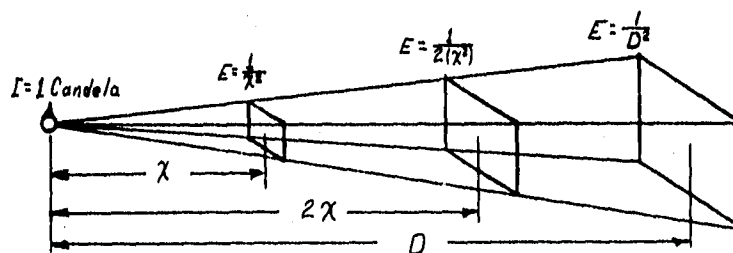
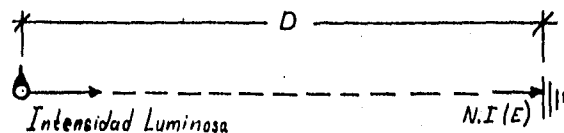


Para determinar el NI en un punto determinado, nos basamos en la "Ley de la Inversa del Cuadrado de la Distancia" y en la "Ley del Coseno".

La Ley de la Inversa del Cuadrado de la Distancia dice:

"La Iluminación es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre la fuente de luz y la superficie iluminada."

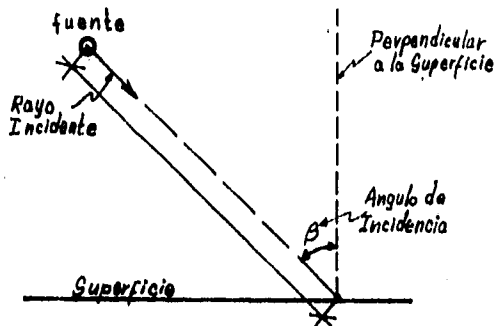
$$NI (E) = \frac{I}{D^2} = \frac{\text{Intensidad de la Fuente (Candelas)}}{\text{Distancia al Cuadrado (m}^2\text{)}} = E \text{ (Lux)}$$



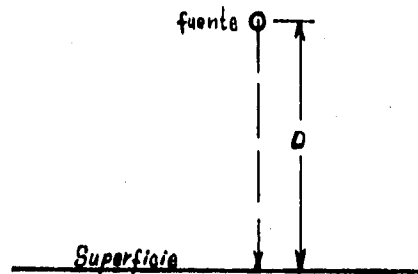
donde:

- I = Intensidad Luminosa de la Fuente en Candelas
- D = Distancia de la Fuente al punto "X" dada en m
- E = Iluminación en Luxes (NI)

La Ley del Coseno nos dice que "la iluminación es proporcional al coseno del ángulo de incidencia (ángulo formado por la dirección del rayo incidente y la perpendicular a la superficie)."



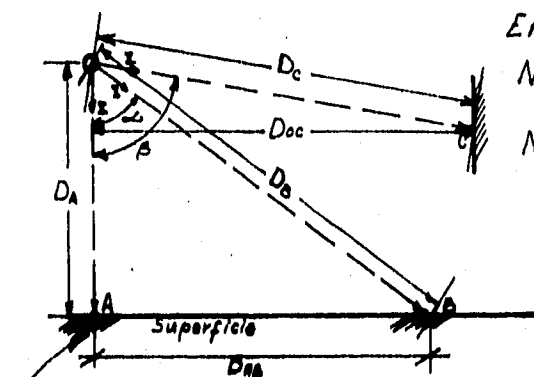
$$E = \frac{I \cos \beta}{D^2}$$



Si el ángulo de incidencia es de  $0^\circ$   
como  $\cos 0^\circ = 1$

$$E = \frac{I(1)}{D^2} = \frac{I}{D^2}$$

Podemos generalizar por la Ley del Coseno que cuando la superficie a iluminar no es perpendicular a la dirección de los rayos luminosos el nivel de iluminación cambia según el ángulo. Así, que para obtener el NI, debemos conocer la distancia "D" y el ángulo "α".



EN EL PLANO VERTICAL:

$$NI_C = \frac{I}{D_C^2} \sin \beta ; \text{ Como } \sin \beta = \frac{D_{oc}}{D_C}$$

$$NI_C = \frac{I}{D_C^2} \frac{D_{oc}}{D_C}$$

$$NI_C = \frac{I D_{oc}}{D_C^3}$$

EN EL PLANO HORIZONTAL:

$$NI_A = \frac{I}{D_A^2}$$

$$NI_B = \frac{I}{D_B^2} \cos \alpha$$

Por un lado sabemos que:

$$D_B^2 = D_A^2 + D_{AB}^2$$

Sustituyendo  $D_B^2$

$$NI_B = \frac{I}{D_A^2 + D_{AB}^2} \cos \alpha$$

Por otro lado sabemos también que:

$$\cos \alpha = \frac{D_A}{D_B}; \text{ Despejando } D_B: D_B = \frac{D_A}{\cos \alpha}; \text{ Elevando al cuadrado: } D_B^2 = \frac{D_A^2}{\cos^2 \alpha};$$

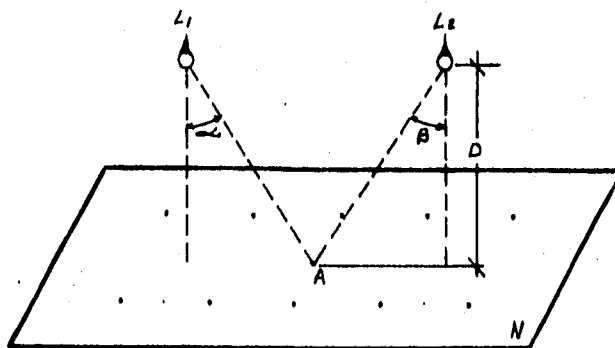
$$\text{Sustituyendo } D_B^2, \text{ queda: } NI_B = \frac{I}{\frac{D_A^2}{\cos^2 \alpha}} \cos \alpha \Rightarrow NI_B = \frac{I}{D_A^2} \cos^3 \alpha$$

Que sería la expresión más conveniente para calcular el  $NI$  en un punto determinado sobre el piso, ya que la distancia que se necesita es  $D_A$ , y ésta es la altura a la que se encuentran las lámparas (Altura de Montaje). El ángulo  $\alpha$  también lo podríamos encontrar, mediante la función trigonométrica:

$$\text{Tangente } \alpha = \frac{\text{Cateto opuesto}}{\text{Cateto adyacente}} = \frac{D_{AB}}{D_A}; \quad \alpha = \Delta \text{ Tan } \frac{D_{AB}}{D_A}$$

Ahora, aplicando la Propiedad Aditiva, se tiene que para un punto "A" sobre el cual inciden dos rayos de luz provenientes de dos fuentes ubicadas en ángulos distintos pero a la misma altura, el Nivel de Iluminación en "A" será:

$$NI_A = I_{L1A} \frac{\cos^3 \alpha}{D^2} + I_{L2A} \frac{\cos^3 \beta}{D^2}$$



NOTA: La distancia "D" se denomina también Altura de Montaje y suele representarse como MH.

Y así, se calcularía para cada punto del plano "N", de ahí también su nombre "Método Punto por Punto"

Para facilitar los cálculos para un número elevado de puntos de medición, se tienen ya tablas en manuales de iluminación, de las cuales se pueden tomar los valores para el ángulo  $\alpha$ ,  $\cos^3 \alpha$ , en función de la altura de la fuente y de la distancia  $D_{AB}$ .

Ya se trataron los tres métodos para el cálculo del número de lámparas por local; sin embargo, el Seguro Social, al normalizar soluciones de alumbrado en áreas específicas, con base en la experiencia física y médica, ha establecido prototipos para estandarizar soluciones de iluminación y contactos en áreas médicas. En las páginas 65 a 72, se muestran estas recomendaciones tipo.

A continuación se presenta el cálculo del nivel de iluminación en el área de consultorio.

Datos

Dimensiones del local:

Largo = 4.5 m

Ancho = 3.75 m

Altura = 2.70 m

Plafón a 0.5 m

Nivel sobre el piso = 0.8 m

Altura de piso a techo = 2.70 ∴ Altura de montaje = 2.7 - (0.5 + 0.8)  
= 1.4 m

Superficie = 4.5 x 3.75; S = 16.875 m<sup>2</sup>

Factor de mantenimiento: Bueno = 0.7

Tipo y nivel de iluminación para un consultorio: Bueno (150 - 250 Luxes)

Nivel de iluminación = 250 Luxes

Tipo de iluminación: Se selecciona una unidad de alumbrado Fluorescente, Luz Semidirecta con dos lámparas Slimline, encendido instantáneo T-12, 38 W, Blanco frío con rejilla difusora 23"

Flujo luminoso de lámpara: 2 900 Lúmenes c/u, ∴  $\phi_L = 5\ 800$  Lúmenes

Índice de Cuarto para Luz Semidirecta:

$$IC = \frac{L \times A}{h(L + A)}; IC = \frac{4.5 \times 3.75}{1.4(4.5 + 3.75)}; IC = 1.46; IC = F$$

$$Reflexión \Rightarrow \begin{cases} \text{Techo: color blanco marfil} = 67\% \approx 70\% \\ \text{Paredes: color crema pálido} = 70.2\% \approx 70\% \end{cases}$$

Con los datos anteriores, en Tabla 4 (pág. 32), el Coeficiente de Utilización = 0.51

El cálculo del número de lámparas:

$$NL = \frac{NI \times S}{\phi \times FM \times CU}; NL = \frac{250 \times 16.875}{5\ 800 \times 0.7 \times 0.51}$$

$$NL = 2.0375$$

Por lo tanto, se pondrán 2 unidades de alumbrado con 2 lámparas fluorescentes slimline, de 38 W cada una, de una longitud de 122 cm, encendido instantáneo y acabado blanco frío, y rejilla difusora 23".

## Circuitos de Alumbrado

Las recomendaciones para los circuitos de alumbrado son las siguientes:

1. Todas las tuberías para circuitos de alumbrado normal deberán ser independientes a los de alumbrado de emergencia.
2. El calibre de los circuitos de alumbrado deberán ser del Núm. 14, debiéndose considerar la caída de tensión máxima de 3%, según las Normas actuales de SECOFI.
3. En un circuito de alumbrado que esté controlado desde el tablero no deberán mezclarse salidas controladas con apagador.
4. El alumbrado en cada sala de quirófanos o de expulsión deberá ser con circuito independiente controlado desde el tablero.
5. Cada circuito deberá estar protegido desde el tablero por un interruptor térmico.
6. Las unidades de alumbrado donde se manejan materiales inflamables deberán ser a prueba de explosión y basarse bajo las Normas de NEC (National Electrical Code).
7. En las áreas no médicas, como circulaciones, sanitarios, salas de espera, vestíbulos, etc., se aplicarán criterios de ahorro de energía, estudiando lo que hay en el mercado para su utilización, ya que para estas áreas no es indispensable un nivel general, sino buscando ambientación y estética, pudiendo hacerse con lámparas ahorradoras y controles detectores de personas en el local.
8. Se deberá incluir un análisis de las áreas que puedan controlarse por horarios o por presencia de personas, y para exteriores, por celdas fotoeléctricas.
9. En los edificios de hospitales de 4 ó más niveles, deberán tener luces de obstrucción, repartidas, de acuerdo al área de la azotea del último nivel. Su función es proteger a los edificios contra naves aéreas y deberán estar alimentadas siempre del servicio de emergencia.

### d) Contactos y Fuerza

Los contactos son los dispositivos para recibir clavijas que se usan para la conexión de aparatos no fijos. Se denomina fuerza a todos aquellos equipos que funcionan con energía eléctrica pero que no necesitan dispositivos, como contactos, sino que su medio de conexión y desconexión son los arrancadores e interruptores de seguridad, termomagnéticos o térmicos.

## Clasificación de contactos por su uso

*De sobreponer.* Se instalarán en áreas donde se tenga cancelas y su espesor no permita empotrar cajas de conexiones

*Contacto en piso.* Se localizan bajo escritorios o mesas donde se necesite conectar algún aparato eléctrico, con la condición de que no esté cerca de muro o cancel. Este tipo de contactos es conocido como de periscopio.

*Polarizados.* La facultad que tienen estos contactos es la de evitar que la dirección de la corriente varíe en los aparatos, y cambiando la polaridad no trabaja.

*De media vuelta.* Se instalan con el fin de colocar momentáneamente fijo algún equipo; es decir, que cuando se inserta la clavija al contacto, se le da un giro, quedando fija la conexión. Este tipo de contactos se utiliza para la instalación de incubadoras, camas termo, refrigeradores y otros equipos especiales.

*De dos polos.* Algunos de los equipos, como monitores para cuidados intensivos, necesitan alimentación a dos fases, por lo que utilizan una clavija especial.

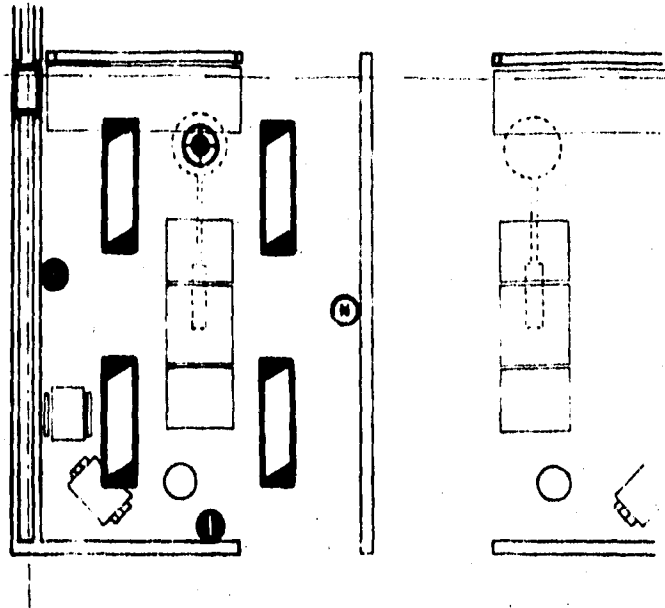
*Trifásicos.* Como su nombre lo indica, son para tres fases y se utilizan en áreas de pediatría, farmacia, cocina y otras; especialmente para refrigeradores, fabricantes de hielo, carros termo, etc.

*A prueba de explosión.* Su aplicación es en laboratorios, donde se manejan elementos inflamables. Anteriormente, eran comunes en salas de operación, por la utilización de gases anestésicos; actualmente, en dichas salas ya no es necesario colocar este tipo de contactos, puesto que las técnicas de anestesia son totalmente seguras, librando con esto la zona considerada como peligrosa, de acuerdo con el Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas de la República Mexicana.





Para la distribución y localización de contactos en locales especiales, se dibujan a continuación las áreas en que se utilizan los contactos arriba mencionados.

1. Salas de expulsión
2. Trabajo de exploración
3. Cunero
4. Cuidados intensivos
5. Quirófanos
6. Consultorio
7. Sala de rayos "X"
8. Observación

## SALA DE EXPULSION



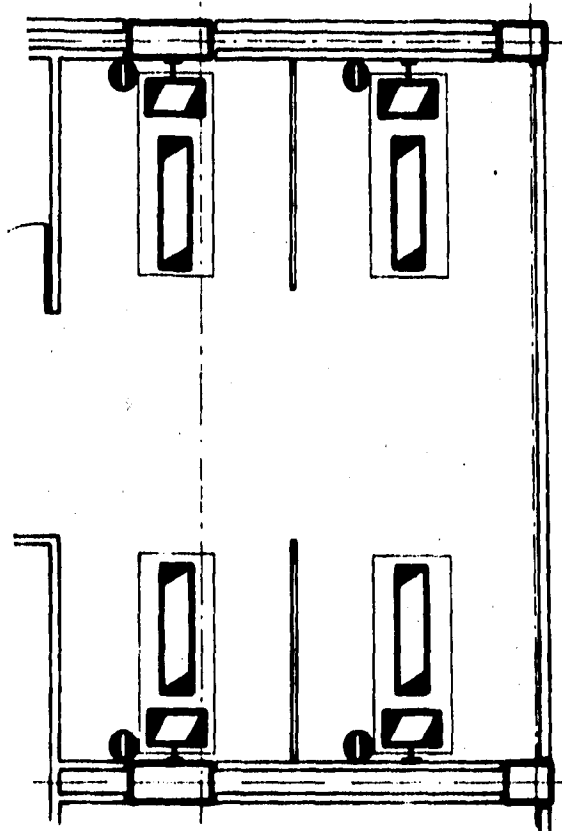
## SIMBOLOS

-  LUMINARIA FLUORESCENTE DE 2x40w DE 122x30 cm
-  LAMPARA DE LUZ SIN SOMBRA
-  NEGATOSCOPIO
-  CONTACTO DOBLE POLARIZADO




SALA DE EXPULSIÓN



## TRABAJO EXPLORACION

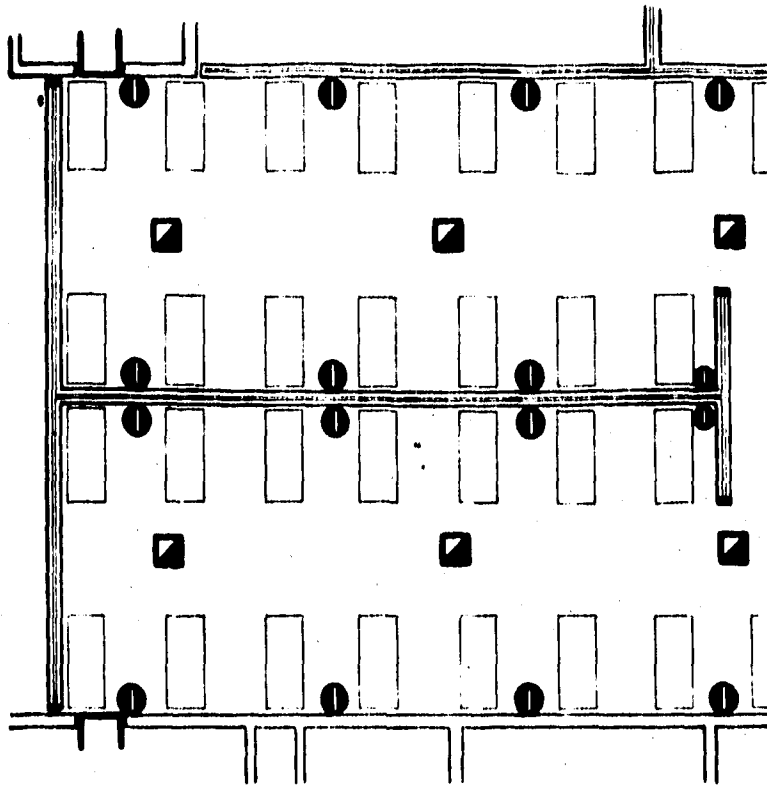


## SIMBOLOS

-  LUMINARIA FLUORESCENTE DE 2x40w DE 122cm x 30cm.
-  LUMINARIA FLUORESCENTE TIPO ARBOTANTE PARA ENCAMADOS DE 2x80w.
-  CONTACTO DOBLE POLARIZADO

TRABAJO EXPLORACIÓN

## C U N E R O S

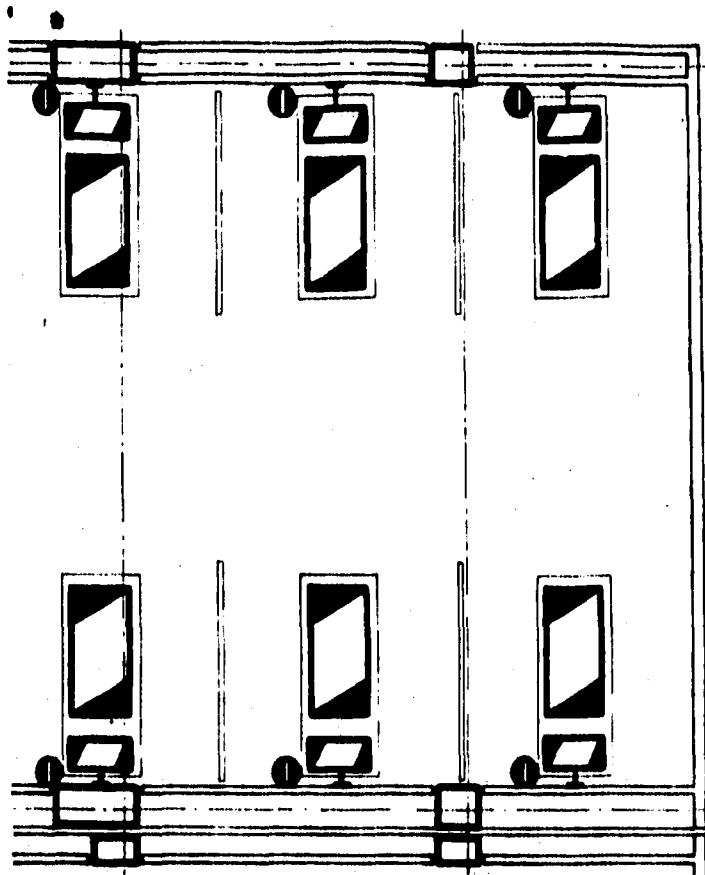


## S I M B O L O S

- LUMINARIA INCANDESCENTE DE 20x26 CON FOCO DE 100 W
- CONTACTO DOBLE POLARIZADO

CUNEROS

## CUIDADOS INTENSIVOS



## SÍMBOLOS



LUMINARIA FLUORESCENTE DE 4x40w DE 12x61cm



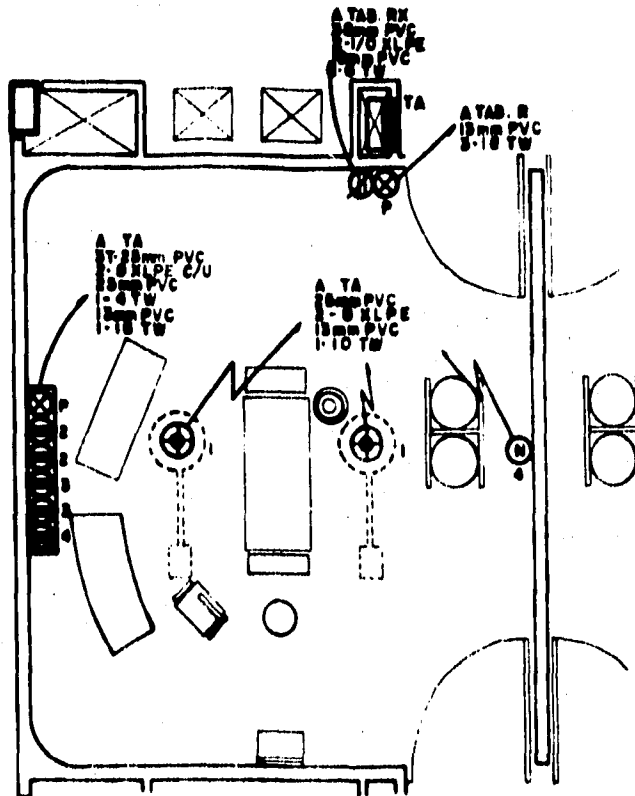
LUMINARIA FLUORESCENTE TIPO ARBOTANTE PARA  
ENCAMADOS DE 2x20w





CONTACTO DOBLE POLARIZADO

CUIDADOS INTENSIVOS

# QUIROFANO

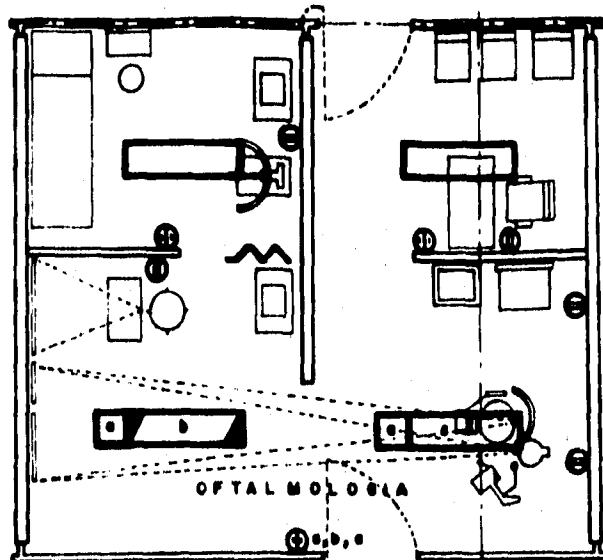


## S I M B O L O S






- ⊕ LAMPARA DE LUZ SIN SOMBRA
- ⊙ NEGATOSCOPIO
- ⊖ CONTACTO TWIST LOCK
- TA  TABLERO DE AISLAMIENTO PARA QUIROFANOS
- P ⊗ DETECTOR DE TIERRAS
- RX  CONTACTO PARA RAYOS X

QUIRÓFANO

## CONSULTORIO

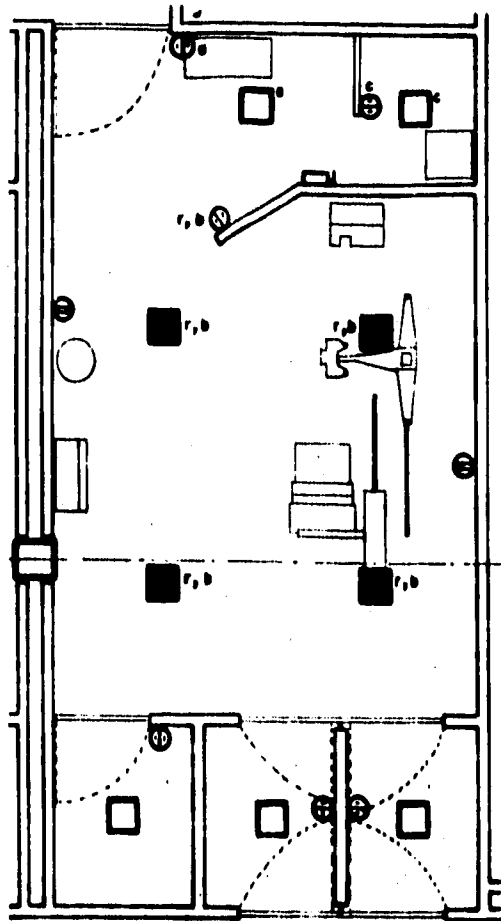


## S I M B O L O S

- 
 LAMPARA FLUORESCENTE DE 2x40<sup>o</sup> TIPO EMPOTRAR DE 0.30x1.22 m. EN SERVICIO NORMAL CON DIFUSOR
- 
 IDRM. PERO EN SERVICIO DE EMERGENCIA
- 
 LAMPARA INCANDESCENTE DE 0.30x0.30 m TIPO EMPOTRAR CON FOCO DE 100<sup>o</sup> EN SERVICIO NORMAL
- 
 CONTACTO DOBLE POLARIZADO EN SERVICIO NORMAL
- 
 APAGADOR SENCILLO

CONSULTORIO

## SALA RAYOS X

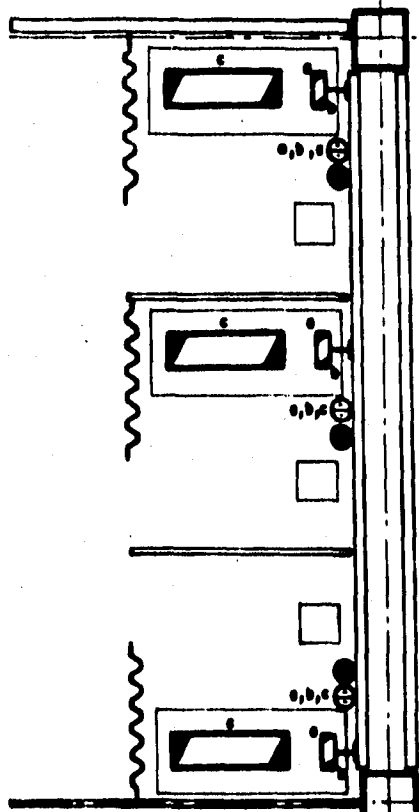


## SIMBOLOS





- LAMPARA INCANDESCENTE DE 30x30mm. DE 100v TIPO EMPOTRAN
- LAMPARA INCANDESCENTE CON FOCO ROJO Y UNO BLANCO DE 100w TIPO EMPOTRAN
- ▭ INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO EN CAJA NEMA 1
- APAGADOR SENCILLO
- ⊙ CONTACTO DOBLE POLARIZADO

SALA RAYOS X

## OBSERVACION



## SIMBOLOS

-  LAMPARA FLUORESCENTE DE 2x40w TIPO EMPOTRAR DE 0.30x1.50m. CON DIFUSOR
-  LAMPARA DE CABECERA 2x20w
-  APAGADOR SENCILLO
-  CONTACTO DOBLE POLARIZADO

OBSERVACIÓN

## Clasificación de equipos eléctricos de características especiales

*Equipos de aire acondicionado.* Unidades manejadoras y condensadoras que se encuentran localizadas cercanas a las áreas en que darán servicio; utilizan arrancadores, termostatos y humidostatos (ver en Anexo 4, un plano de instalación eléctrica de fuerza para aire acondicionado).

*Equipos de refrigeración.* Enfriadores, bombeo general para aire acondicionado localizado en la casa de máquinas. Estos equipos están conectados a un centro de control de motores (combinación de arrancador e interruptor).

*Equipos de bombeo para instalación hidráulica (calderas y bombas).* Su control es mediante una combinación de arrancador e interruptor.

*Equipo de rayos X y elevadores.* Es necesario localizar un interruptor (del tamaño correspondiente a la carga) cercano al equipo y otro en el tablero general del cual se vaya a alimentar.

*Equipo en central de esterilización (autoclaves).* Cada uno de estos equipos son de una carga eléctrica especial, cuyos datos son designados por catálogo de la marca, requiriendo un interruptor dentro del ducto de instalaciones como medio de desconexión en caso de reparación.

*Equipos en cocina y lavandería.* Por lo general, son equipos de carga eléctrica pequeña y traen arrancador integrado, en el caso de la cocina, es necesario un tablero o interruptor independiente, para la lavandería sí se requiere un tablero independiente (ver artículos 205.1, 205.2, 205.3 y 205.4 del Reglamento de Instalaciones Eléctricas).

## Circuitos de contactos

Las recomendaciones para los equipos de contactos son las siguientes:

\*Con el objeto de evitar que circule corriente a tierra, a través de las personas que están en contacto directo con equipos eléctricos, se deben instalar contactos polarizados (con conexión a tierra; este hilo debe ser independiente al hilo neutro de la barra del tablero)

\*El hilo que se usará como conductor de protección a tierra deberá ser tipo AWC No. 12, como mínimo.

\*Un hilo de tierra deberá ser común a todos los contactos alimentados por una misma tubería.

\*El hilo de tierra en los contactos deberá ser en forma radial, evitando así circuitos cerrados que produzcan corrientes parásitas.



\*La carga mínima para cada contacto será de 180 W; cuando se requieran cargas mayores, se deberán seleccionar los contactos adecuados.

\*Altura de los contactos: contactos en general, 0.40 m sobre nivel de piso terminado (snpt); contactos para encamados, 1.60 m snpt; contactos en salas de operación, 1.60 m snpt; contactos en laboratorios, 1.10 m snpt; contactos en recuperación, 1.60 m snpt; contactos en cunas e incubadoras, 1.20 m snpt.

\*Para el cableado, el calibre mínimo deberá ser No. 12 AWG.

\*La carga total máxima para cada circuito será de 2 000 W.

\*Cada circuito deberá estar protegido desde el tablero por un interruptor termomagnético.

#### e) Guías mecánicas

Anteriormente, explicamos que estas guías son elaboradas por especialistas, coordinadas con el arquitecto proyectista y con el personal competente en cuanto a suministro y selección de equipo especial.

Estas guías, también ya mencionamos, deberán contemplar todas las características eléctricas de cada equipo con sus respectivas acotaciones y alturas de colocación. Las guías mecánicas se basan en cuanto al desarrollo de instalaciones, en los incisos c y d (alumbrado, contactos y fuerza), que anteriormente mencionamos. En la página 69, se da un ejemplo de una Guía Mecánica de un Quirófano.

#### f) Cuadro de carga

Se presenta a continuación (figura 6), una forma general de un cuadro de carga para ser llenado por cada tablero; es decir, cada tablero debe tener su propio cuadro de carga.



g) Alimentaciones generales en alta y baja tensión

Los alimentadores generales serán las líneas de transmisión de la energía, desde el tablero general en subestación principal, hasta los tableros subgenerales y de éstos, a los tableros derivados, así como a cargas de fuerza especiales.

Los alimentadores generales, deberán diseñarse, tomando en consideración los siguientes elementos:

- Voltaje de distribución
- Caída de voltaje
- Factores de demanda
- Factores de reserva
- Corriente de régimen
- Factor de diversidad
- Factor de potencia
- Selección del calibre de los conductores alimentadores
- Selección del hilo neutro
- Selección del hilo de tierra

Los voltajes de distribución que proporciona la Compañía Suministradora son los siguientes: a 127 volts, 1 fase; a 220 volts, 2 fases; a 220 volts, 3 fases; a 13.2 KV, 13.8 KV, 20/23 KV ó 34.5 KV, 3 fases, según la disponibilidad de la CFE.

La caída del voltaje, desde la entrada de servicio hasta el último accesorio, de acuerdo con las normas de SECOFI, no deberá exceder del 3 por ciento.

Los factores de demanda (para el cálculo de los alimentadores generales) principalmente utilizados en hospitales, son los siguientes:

- Para alumbrado, factor de demanda = 1
- Para contactos, factor de demanda = 0.6
- Para equipos fijos de rayos "X", factor de demanda = 0.6
- Para tablero de rayos "X" portátil, factor de demanda = 0.6
- Para tablero de aislamiento, factor de demanda = 0.6
- Para elevadores, factor de demanda = 1
- Para alumbrado exterior, factor de demanda = 1
- Para fuerza en general, aire acondicionado e instalaciones hidráulicas, factor de demanda = 0.8 ó 0.9, dependiendo del número de equipos.

Los factores anteriores, son de demanda normalmente utilizados, pero podrían existir casos especiales en los que el proyectista, a su criterio pueda variar estos valores.

Los factores de reserva en hospitales, normalmente se consideran del 25% en los alimentadores y tableros derivados de alumbrado y contactos. En canalizaciones el criterio es el siguiente:

-Para alimentaciones interiores, en forma paralela a la trayectoria de los tableros derivados o subgenerales de alumbrado y contactos normales o de emergencia, se llevará una tubería vacía de un diámetro igual al de la tubería de diámetro menor.

-Para exteriores, se dejará una tubería libre corriente junto con las ocupadas. Si las trayectorias se separan, se mandará una hacia cada uno de los ramales, pero donde se unen se llevará únicamente una vía.

La corriente de régimen se calculará de la siguiente manera:

-Tableros derivados de alumbrado y contactos. Se considerará de acuerdo a la carga conectada, factor de reserva y factor de demanda.

-Grupos de motores con alimentador común. El cálculo se hará tomando en cuenta la corriente del motor mayor más el producto de factor de demanda por la suma de los demás motores.

-Elevadores. Se tomarán los datos de corriente y se multiplicará por 1.5; esto se hace para protección del alimentador, debido a los frecuentes arranques.

-Enfriadores de agua para aire acondicionado. Se utilizarán los datos de corriente de acuerdo a la marca del equipo; estos datos serán proporcionados por el proyectista de aire acondicionado, según el catálogo correspondiente.

-Equipos de rayos "X" fijo. Se calcula la corriente a partir del dato de carga proporcionado en la guía mecánica.

-Tableros subgenerales y generales. La corriente se determina de acuerdo a la suma de los datos anteriores pero considerando el factor de demanda en cada caso.

-Transformadores. La corriente se calcula de acuerdo con la capacidad de éstos.

Factor de diversidad. Como todos los equipos no funcionan al mismo tiempo y a su máxima capacidad, es aplicable un factor de diversidad; éste será necesario únicamente para determinar la capacidad de los transformadores de la subestación, así como para la selección de la planta de emergencia (capacidad).

Los factores de diversidad aplicables en hospitales son:

-Cargas de alumbrado y contactos. Para cargas de alumbrado y contactos, el factor de diversidad es = 1.3.

-Fuerza en general, rayos "X", elevadores, etc., el factor de diversidad es = 1.2.

Al igual que en el caso de los factores de demanda, la proporción entre cargas de fuerza y alumbrado, el carácter de las mismas, las condiciones climatológicas, etc., serán determinantes para la selección del factor de diversidad adecuada.

**Factor de potencia.** La compañía suministradora de energía, Cía. de L. y F. o CFE, exigen que el factor de potencia sea mínimo de 0.9. De ser posible, la corrección del factor de potencia se hará en el sitio donde se produzca con la ayuda de un banco de capacitores.

**Selección del calibre de los conductores alimentadores.** Existen dos formas de cálculo de alimentación que son, por corriente y por caída de voltaje.

-Para el cálculo por corriente, se siguen los siguientes pasos:

\*Se calcula la corriente de régimen de la carga por alimentarse, de acuerdo a lo mencionado sobre la corriente de régimen.

\*Una vez obtenido este dato, se consulta la tabla de selección de calibre del conductor correspondiente a la corriente (ver tabla 12).

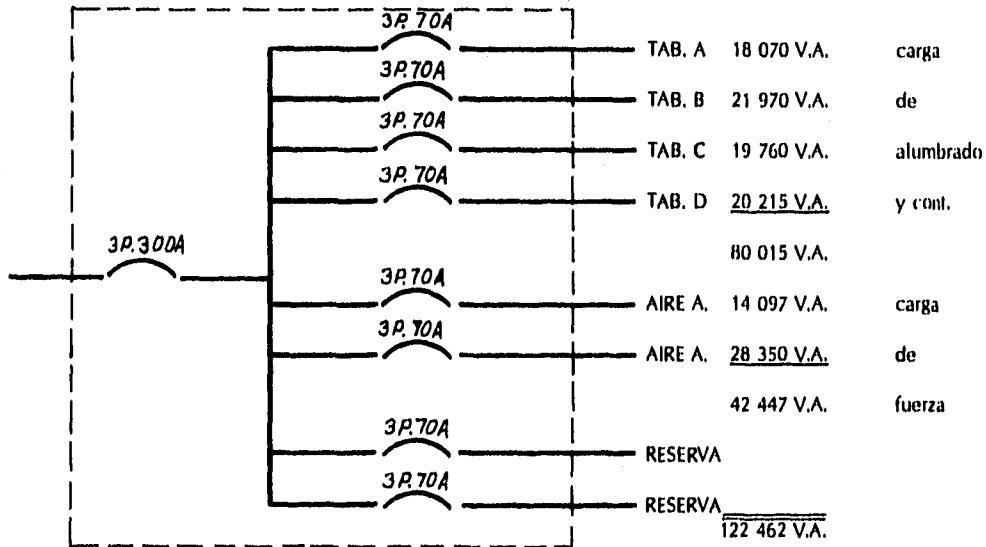
TABLA 12. SELECCIÓN DEL CALIBRE DE ACUERDO A LA CORRIENTE DE RÉGIMEN

Temperatura máxima del aislamiento	60°C		75°C		85°C		90°C	
Tipos	THWN, RUW, T, TW, TWD, MTW		RH, RHW, RUH, THW, THWN, DF, XHHW		PILC, V, MI		TA, TBS, SA, AVB, SIS, FEP, THW, RHH, THHN, MTW, EP, XHHW	
Calibre AWG MCM	En tubería o cable	Al aire	En tubería o cable	Al aire	En tubería o cable	Al aire	En tubería o cable	Al aire
14	15	20	15	20	25	30	25	30
12	20	25	20	25	30	40	30	40
10	30	40	30	40	40	55	40	55
8	40	55	45	65	50	70	50	70
5	55	80	55	95	70	100	70	100
4	70	105	65	125	90	135	90	135
3	80	120	100	145	105	155	105	155
2	95	140	115	170	120	180	120	180
1	110	165	130	193	140	210	140	210
0	125	195	150	230	155	245	155	245
00	145	225	175	255	185	285	185	285
000	155	260	200	310	210	330	210	330
0000	195	300	230	360	235	385	235	385
230	215	340	255	405	270	425	270	425
300	240	375	285	445	300	480	300	480
350	250	420	310	505	325	530	325	530
400	280	455	335	545	360	575	360	575
500	320	515	380	620	405	550	405	660
500	355	575	420	690	455	740	455	740
700	385	630	460	755	490	815	490	815
750	400	655	475	785	500	845	500	845
800	410	680	490	815	515	880	515	880
900	435	730	520	870	555	940	555	940
1000	455	780	545	935	585	1000	585	1000

**Caso 1**

Selección del calibre de conductores alimentadores por corriente.

Tablero TS 1 (Subgeneral)



Datos:

Voltaje de distribución = 220 Volts

Caída de voltaje: no se necesita este dato para el cálculo por corriente

Factor de demanda:

Alumbrado y contactos 0.6  
Fuerza 0.8

Carga total de alumbrado y contactos = 80 015 V.A.

$$80\ 015 \times 0.6 \text{ (factor de demanda)} = 48\ 009 \text{ V.A.}$$

Carga total de fuerza = 42 447 V.A.

$$42\ 447 \times 0.8 \text{ (factor de demanda)} = 33\ 958 \text{ V.A.}$$

$$\text{Carga total} = \underline{\underline{81\ 967 \text{ V.A.}}}$$

Corriente de régimen =  $\frac{\text{Carga total}}{\sqrt{3} \times \text{Voltaje}}$ ; sustituyendo:

$$\text{Corriente de régimen} = \frac{81\ 967 \text{ V.A.}}{\sqrt{3} \times 220 \text{ V}}$$

$$\text{Corriente de régimen} = 215 \text{ Amps.}$$

Consultando la tabla 12, columna 90°C y en tubería, el alimentador que le corresponde a una corriente de régimen de 215 Amperes es del No. 4/0 AWG.

Nota: Normalmente, este método se utiliza en aquellos casos en que la distancia del alimentador es corta, siendo despreciable la caída de voltaje.

#### -Cálculo por caída de voltaje

Para calcular el calibre de los conductores por caída de voltaje con aislamiento THW para una línea trifásica a 4 hilos, se aplica la siguiente fórmula.

$$\text{Sección del conductor} = \frac{2 \times \text{Long.} \times \text{Corriente de Régimen}}{\sqrt{3} \times \text{Volt.} \times \text{Caída de Tensión}} \text{ mm}^2$$

#### Caso 2

Se requiere conocer la sección del conductor alimentador para un tablero subgeneral con una corriente de régimen de 215 A; un voltaje de 220 volts, caída de voltaje de 1% y una longitud de 100 m.

Sustituyendo en la fórmula:

$$\text{Sección del conductor} = \frac{2 \times 100 \times 215}{\sqrt{3} \times 220 \times 1} = 113 \text{ mm}^2$$

En la tabla 13 se indica que el conductor No. 250 MCM tiene una sección transversal de 126.7 mm<sup>2</sup>; por lo tanto, se necesitan 4 conductores del No. 250 MCM (3 fases y 1 neutro). Comparando los dos resultados, el obtenido por corriente (4/0), y el obtenido por caída de voltaje (250 MCM), se selecciona el de mayor calibre.

NOTA: El cálculo está considerado para un alimentador trifásico en una tubería. En el caso de llevar dos alimentadores trifásicos o más, se considera un factor de agrupamiento, que se aplica en el resultado obtenido por corriente.

Para calcular el interruptor correspondiente a este tablero, por indicaciones de los fabricantes, se debe considerar un 25% más de la corriente (factor de seguridad): 215 Amperes x 1.25 = 269 Amperes.

El tamaño comercial correspondiente es de 3P. 300 Amperes.

Para la selección del hilo neutro:

\*Deberá ser independiente para cada alimentador e independiente al hilo de tierra.

\*Cuando los alimentadores de un tablero requieran ir en varias tuberías (2 ó 3 conductores por fase), el hilo neutro se dividirá proporcionalmente en cada una de ellas.

\*El hilo neutro en los tableros de alumbrado y contactos deberá ser de una sección igual a la de las fases de acuerdo a lo que a continuación se expone:

En una red trifásica se calcula el conductor neutro para transportar el 50% de la corriente de la fase; bajo estudios, se llegó a reconocer que para las cargas de lámparas de descarga y fluorescentes, el conductor neutro debe tener la misma sección que los conductores de fase.

Se demostró que en los circuitos convencionales sin cartucho, se elevan las corrientes del neutro más de 50% de la corriente de fase e incluso, podrían ser mayores del 100% de la corriente de fase. Esto puede explicar muchas de las averías que se producen en las instalaciones trifásicas de iluminación fluorescente.

Sólo cuando el proveedor de equipos lo requiera, se deberá instalar un hilo neutro para fuerza (por ejemplo, en el equipo de rayos "X" fijo).

En los casos en que se combinan cargas de alumbrado, contactos y fuerza, el hilo neutro será adecuado a los puntos antes mencionados.

TABLA 13. SELECCIÓN DEL CALIBRE DE ACUERDO A LA SECCIÓN TRANSVERSAL

Cable AWG MCM		Área de la sección transversal (mm <sup>2</sup> )	Número de hilos	Resistencia eléctrica C.D. 20°C ohms/Km
A L A M B R E S	18	0.823	-	21.0
	16	1.308	-	13.2
	14	2.08	-	8.27
	12	3.31	-	5.22
	10	5.26	-	
C A B L E S	18	0.823	7	21.3
	16	1.308	7	13.42
	14	2.08	7	8.46
	12	3.31	7	5.32
	10	5.26	7	3.35
	8	8.37	7	2.10
	6	13.30	7	1.322
	4	21.15	7	0.830
	2	33.6	7	0.523
	1/0	53.5	19	0.329
E S	2/0	67.4	19	0.261
	3/0	85.0	19	0.207
	4/0	107.2	19	0.1640
	250	126.7	37	0.1390
S	300	152.0	37	0.1157
	350	177.4	37	0.0991
	400	202.7	37	0.0867
	500	253.3	37	0.0695
	600	304.1	61	0.0678
	750	380.0	61	0.0643
	1000	506.7	61	0.0348
1250	633.3	91	0.0278	
1500	760.1	91	0.0232	



**Selección de hilo de tierra.** El hilo de tierra no deberá confundirse con el hilo neutro, éste será el de aterrizaje físico y conectado a la red de tierras del sistema de fuerza.

En cada una de las tuberías de alimentación se debe instalar un hilo de tierra física, de preferencia, desnudo, con la sección adecuada al tamaño del interruptor que protege al alimentador, según la tabla No. 14, tomada del Código Nacional Eléctrico y el Código Eléctrico Americano.

Las NTIE de SECOFI, exigen que, en voltajes mayores de 150 volts, se incluya un hilo de tierra.

Todos los tableros de lámparas, contactos y fuerza estarán conectados al sistema de tierras de la subestación.

Todos los tableros especiales tales como: quirófanos, centros de cómputo o equipos especiales que no admiten interferencias como por ejemplo en los equipos auditivos, que son muy sensibles a las interferencias; en estos casos, se deberá formar una red de tierras independiente.

TABLA 14. SELECCIÓN DE HILO DE TIERRA PARA ALIMENTADORES DE ACUERDO A LA CAPACIDAD DEL INTERRUPTOR

Capacidad nominal o ajuste del dispositivo de protección contra sobrecorriente ubicado antes del equipo, conductor, etc.	Calibre del conductor de puesta a tierra (AWG o MCM)	
	Cobre	Aluminio
No mayor de (Amperes)		
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
1 000	2/0	4/0
1 200	3/0	250 MCM
1 600	4/0	350 MCM
2 000	250 MCM	400 MCM
2 500	350 MCM	500 MCM
3 000	400 MCM	600 MCM
4 000	500 MCM	800 MCM
5 000	700 MCM	1 000 MCM
6 000	800 MCM	1 200 MCM

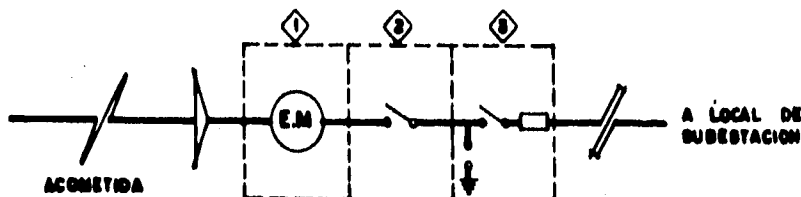
Nota: De acuerdo con recientes estudios, el hilo de neutro se recomienda del doble de la fase para reducir y eliminar ondas armónicas N° 3.

h) Subestación eléctrica, contemplando equipos en alta tensión, transformadores, planta de emergencia y tableros en baja tensión; así como control, protección y medición en baja tensión.

Subestación eléctrica:

Para poder presentar una localización y acomodo de equipos dentro del local de las subestaciones receptora y derivada, es necesario realizar un diagrama unifilar esquemático, el cual nos guiará para definir el número de equipos. Las subestaciones receptora y derivada serán del tipo compacto, servicio interior para 15 KV en el caso de Uruapan, de acuerdo con el voltaje disponible de CFE.

### - D I A G R A M A   U N I F I L A R   -



- ① EQUIPO DE MEDICION DE LA COMPAÑIA SUMINISTRADORA.
- ② CUCHILLAS DESCONECTORAS OPERACION EN GRUPO, SIN CARGA.
- ③ INTERRUPTOR GENERAL EN A.T. Y APARTARRAYOS AUTOVALVULARES.
- ④ BASE DE CONCRETO 8'x0.10ms.

Esta subestación es necesaria cuando los transformadores se localizaran a más de 5 m del lugar de acometida.

FIG 15. DIAGRAMA UNIFILAR DE SUBESTACIÓN RECEPTORA COMPACTA

El siguiente es un ejemplo de un diagrama unifilar (figura 16) en donde la subestación eléctrica es receptora y transformadora en el que también se incluye la planta de emergencia.

Como mencionamos, en la etapa del anteproyecto, es necesario tener dos locales para subestaciones: Uno, definido como subestación receptora, cumpliendo con los requisitos en cuanto a distancia máxima, desde la banqueta hasta el equipo de medición de la Compañía Suministradora, lo cual nos indica que la subestación receptora ya fue coordinada con el arquitecto para prevención del área requerida.

- DIAGRAMA UNIFILAR -

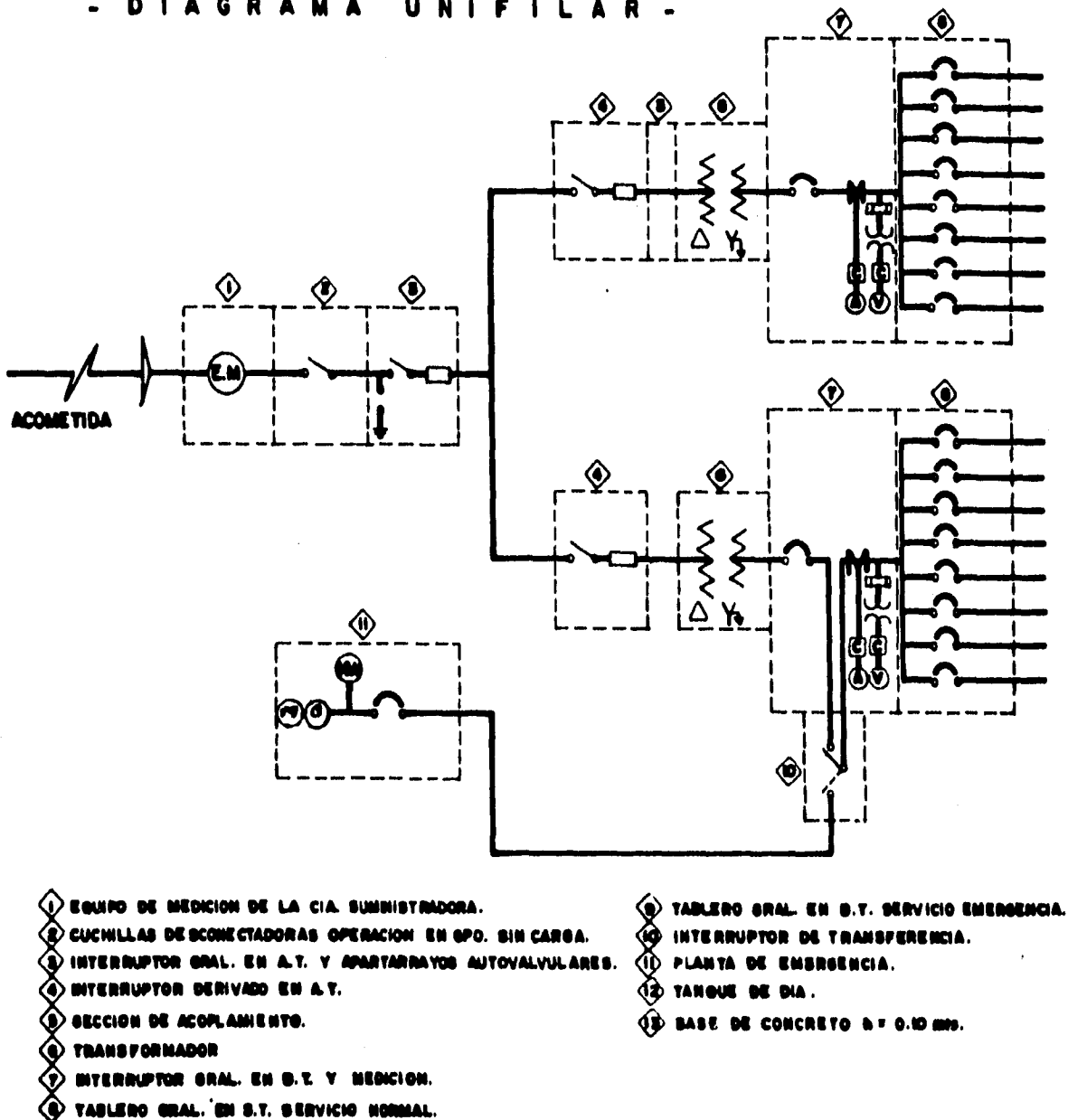


FIG 16. DIAGRAMA UNIFILAR DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA RECEPTORA Y TRANSFORMADORA CON PLANTA DE EMERGENCIA

Los equipos que se localizarán en esta subestación receptora serán los siguientes:

-Gabinete para alojar el equipo de medición en alta tensión; este gabinete lo proporciona el propietario, mientras que los equipos de medición son propiedad de la Cfa. Suministradora; en este caso, la CFE.

-Gabinete conteniendo un juego de cuchillas trifásicas desconectadoras, de operación en grupo sin carga; este juego se utiliza para desconectar cuando CFE requiera hacer mantenimiento al equipo de medición evitando un arco.

-Un interruptor general en alta tensión con apartarrayos para sistema de neutro a tierra; éste tiene la función de desconectar toda la carga, si es preciso, en caso de emergencia o para alguna reparación.

Esta subestación debe contar con una puerta de 1.60 m mínimo para poder meter o sacar los equipos; estas puertas deberán ser de dos hojas, abatibles hacia afuera y de tipo persiana para proporcionar ventilación.

Además, deberá considerarse un extinguidor, alicates, garrocha o pértiga, una caja de herramientas conteniendo goggles y guantes de hule de alta tensión, con protección de guantes de carnaza; también es necesario contar con una tarima aislante de madera.

Las características de cada uno de los equipos descritos se verán en las especificaciones generales (ver acomodo de equipo en figura 17).

Subestación derivada:

Al igual que la subestación receptora, requiere el local de puertas abatibles con persiana, además de ventilación cruzada y junto a las puertas, malla de alambre o persiana metálica para desalojar el aire caliente de la planta de emergencia. También se requiere: extinguidor, alicates, garrocha o pértiga, caja de herramientas y tarima aislante de madera.

Los equipos que se requieren para la subestación derivada son los siguientes:

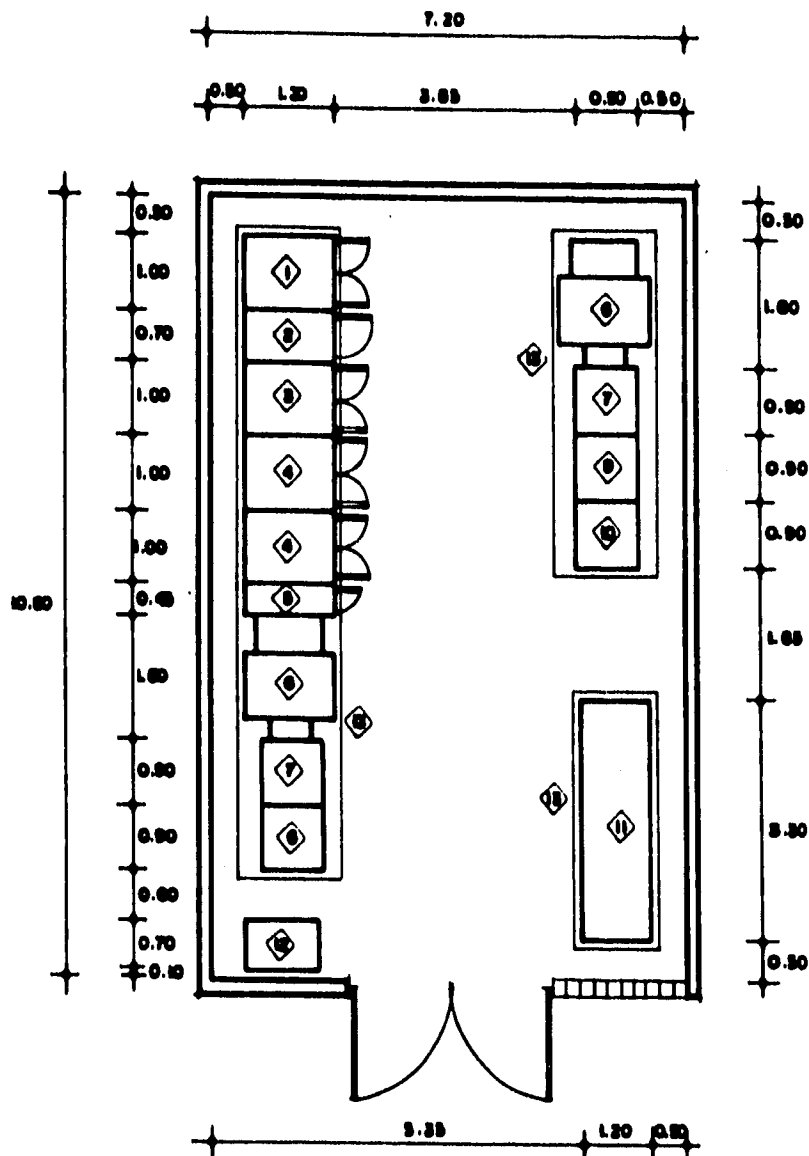
-Cuchillas desconectadoras de operación en grupo sin carga.

-Interruptor general en aire en alta tensión. En caso de tener una distancia mayor de 50 m con respecto a la subestación receptora se requerirán apartarrayos autovalvulares.

-Sección de acoplamiento; este gabinete permite el cambio de dirección de los cables, desde el interruptor general hasta el transformador.

-Transformador autoenfriado en aceite de la capacidad adecuada para toda la carga eléctrica, uno para servicio normal y otro para servicio de emergencia, de acuerdo con la carga requerida, esto proporciona flexibilidad en el servicio.

## - SUBESTACION 15 KV -



- 1 Equipo de medición de la Cía. Suministradora
- 2 Cuchillas desconectadoras operación en Cpo. sin carga
- 3 Interruptor Gral. en A.T. y apartarrayos autovalvulares
- 4 Interruptor derivado en A.T.
- 5 Sección de acoplamiento
- 6 Transformador
- 7 Interruptor Gral. en B.T. y medición

- 8 Tablero General en B.T. servicio normal
- 9 Tablero Gral. en B.T. servicio emergencia
- 10 Interruptor de transferencia
- 11 Planta de emergencia
- 12 Tanque de día
- 13 Base de concreto h = 0.10 m

FIG 17. ACOMODO DE EQUIPO EN SUBESTACION RECEPTORA

-Gabinete conteniendo un interruptor termomagnético principal del tablero general normal; asimismo, contendrá equipos de medición en baja tensión, tales como: ampérmetro, voltmetro, selectores de fase y transformadores de corriente tipo dona.

-Gabinete autosoportado conteniendo interruptores termomagnéticos derivados (tablero general normal).

-Gabinete conteniendo un interruptor de transferencia para la planta de emergencia.

-Gabinete conteniendo: interruptores derivados y zapatas principales para el servicio de emergencia.

-Plantas de emergencia.

-Tanque de día, de la planta de emergencia (tanque combustible que requiere la planta de emergencia).

Todos los gabinetes anteriormente mencionados y los de la subestación receptora, deberán descansar sobre una base de concreto de 10 cm de altura (ver figura 18).

#### i) Diagrama unifilar

Deberá presentarse en un plano independiente con la información siguiente:

Planos de diagrama unifilar. Contendrá la síntesis de protección y control para todos los tableros y centros de carga del proyecto. El diagrama unifilar se entregará en papel albanene, dibujado a tinta y leroy o bien, por medio de un disket, conteniendo la información y elementos que a continuación se enumeran (ver diagrama unifilar en figura 19).

1) Enmarcados en línea punteada y titulados "Subestación Receptora Derivada" todos los elementos que forman la misma, tanto de alta como de baja tensión.

2) Cada uno de los elementos de alta tensión serán enmarcado con línea punteada y titulados como se indica:

-Cable de alta tensión y mufas

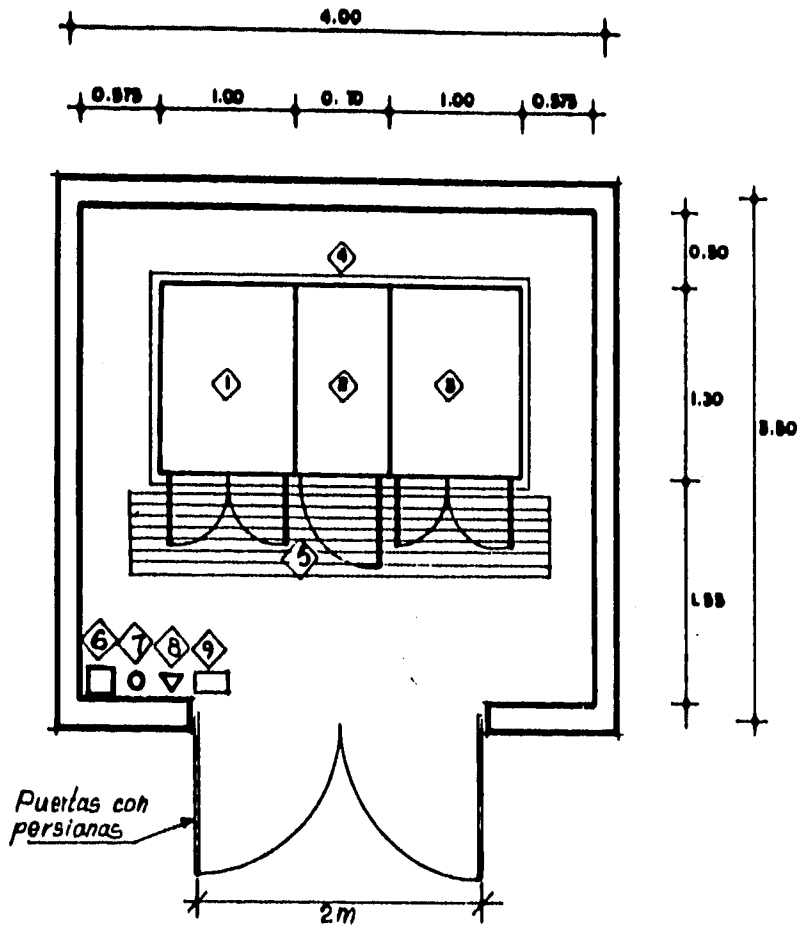
-Acometida, de la Compañía suministradora, indicando tensión

-Equipo de medición de la Compañía suministradora

-Cuchillas desconectoras indicando capacidad y características principales

-Interruptor general de alta tensión, con sus principales características, incluyendo apartarrayos, tipo y tensión

- LOCAL DE MEDICION 15 KV -



- 1 Gabinete del equipo de medición
- 2 Gabinete del juego de cuchillos trifásicos
- 3 Interruptor general en alta tensión con apartarrayos
- 4 Base de concreto armado
- 5 Tarima aislante de madera
- 6 Caja de herramientas
- 7 Extintidor
- 8 Pértiga
- 9 Guantes de A.T.

FIG 18. ACOMODO DE EQUIPO EN SUBESTACIÓN DERIVADA

-interruptor(es) derivado(s) de alta tensión, con sus principales características

-transformador(es), indicando tensión primaria y secundaria, conexión primaria y secundaria capacidad en KVA, tipo de aislamiento, impedancia y altura de operación (m.s.n.m.)

-en caso de existir alimentaciones en alta tensión a subestación(es) derivada(s), deberán indicarse sus características

-barras generales y subgenerales, indicando capacidad con sus principales características

3) Enmarcados en línea punteada y titulado "Tablero General, Sección Normal", todos y cada uno de los siguientes elementos:

-interruptor principal, indicando número de polos, amperes y tipo de marco

-elementos de medición considerados (vóltmetro, ampérmetro, conmutador de fases y transformadores de corriente).

-barra neutra y su capacidad en amperes

-interruptores derivados, interruptores de reserva identificando la carga en watts.

4) Enmarcados en línea punteada y titulado "Tablero General Sección Emergencia", todos y cada uno de los siguientes elementos:

-interruptor principal o zapatas

-elementos de medición considerados (vóltmetro, ampérmetro, de conmutadores de fases y transformadores de corriente)

-interruptor de amarre ya sea en barras o interruptores principales, con línea punteada se unirán los puntos de interlock anotando el tipo del mismo (de llave, eléctrico, etc).

-barra neutra y su capacidad en amperes

-interruptores derivados, identificando la carga en watts

-interruptores de reserva

5) Planta de emergencia indicando sus características principales:

-altura de operación (m.s.n.m.)

-Kilowatts y KVA en servicio continuo



- interruptor de protección
- interruptor de transferencia
- alimentadores, entre planta, interruptor de transferencia y sección emergencia del tablero general con sus características

NOTA: Los equipos anteriormente mencionados se enumerarán progresivamente, para elaborar una lista dentro del mismo plano con las características complementarias de materiales y equipos.

6) Enmarcado en línea punteada cada uno de los tableros subgenerales sección normal, se identificará "Tablero Subgeneral TS-N", numerado progresivamente y conteniendo los siguientes datos y elementos.

- Localización
- barra neutra y capacidad en amperes
- interruptor principal
- interruptores derivados identificando la carga en watts
- interruptor(es) de reserva

7) Para los tableros subgenerales sección emergencia, deberán seguirse las mismas indicaciones que para los subgenerales sección normal.

Todos los subgenerales anteriores deberán unirse mediante una línea al interruptor correspondiente en el tablero general, esta línea representa el alimentador y llevará la siguiente información:

- diámetro(s) de la(s) canalización(es)
- número y calibre de conductores por fase, neutro y tierra
- longitud
- por ciento de la caída de tensión de diseño
- corriente de régimen

NOTA: Se indicará en todos los interruptores, el número de polos capacidad en amperes, tipo de marco e identificación de las cargas que protegen.

8) Mediante símbolos esquemáticos se representarán los tableros de distribución y fuerza en servicio normal y emergencia, cuantificando la carga en watts.

Todos estos tableros constituyen el último punto de alimentación a partir de las cuales únicamente existen circuitos ramales; no aparecerá diagrama unifilar en este plano.

Se unirán con una línea a su interruptor de protección correspondiente indicando el alimentador con la siguiente información.

- diámetro de la(s) canalización(es)
- número de calibre de los conductores incluyendo neutro e hilo de tierra
- longitud
- por ciento de la caída de tensión de diseño
- corriente de régimen

7) Transformador tipo seco. Si los hubiera, se dibujarán junto al tablero subgeneral o derivado que alimenten mostrando los datos y elementos siguientes:

- interruptor primario y/o secundario
- capacidad en KVA del transformador
- número de fases
- voltaje primario y secundario
- conexión primaria y secundaria
- altura de operación (m.s.n.m.)

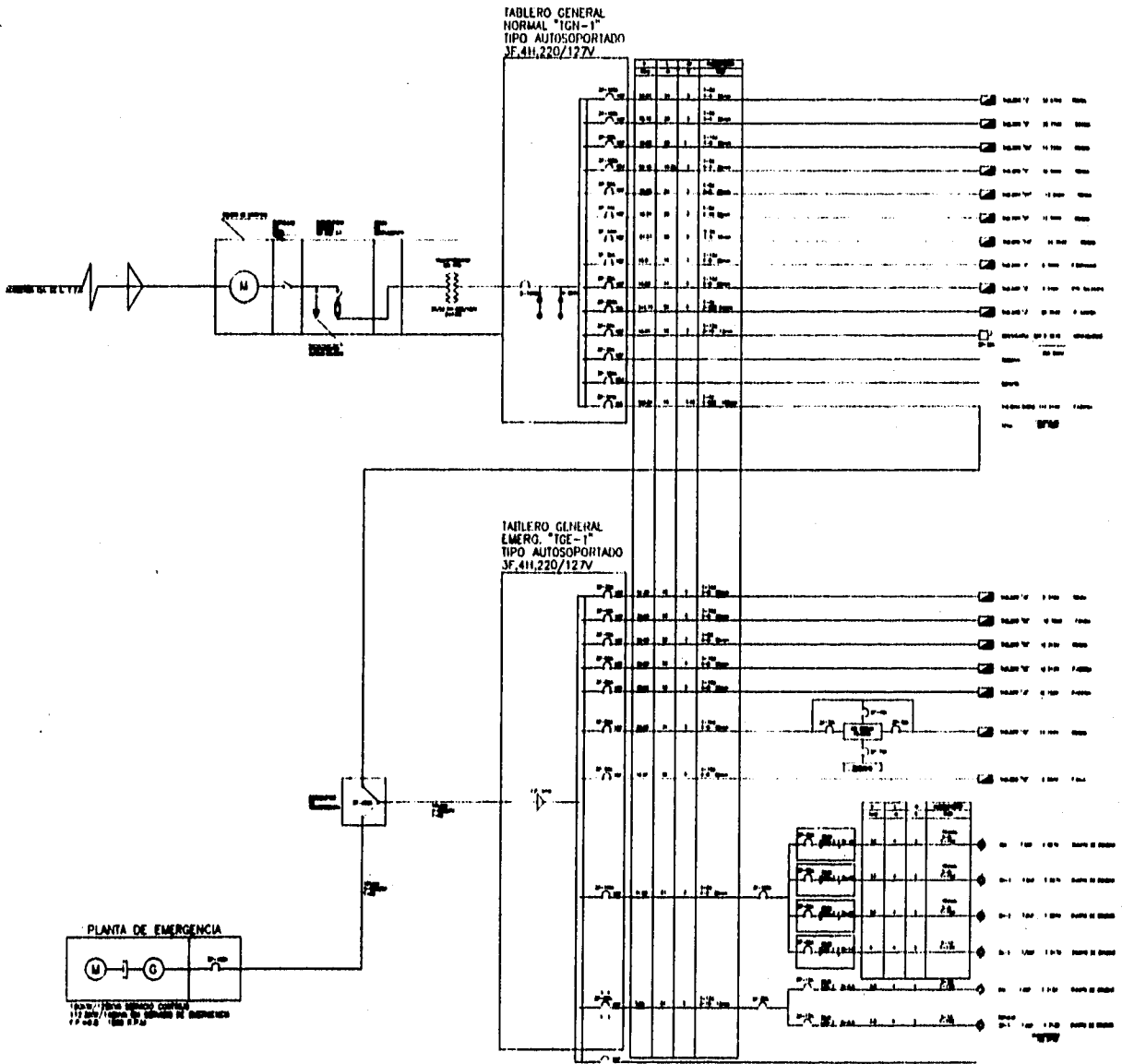


FIG 19. EJEMPLO DE UN DIAGRAMA UNIFILAR

## j) Cálculo de cortocircuito

El cálculo de las intensidades de cortocircuito tiene como objetivo, determinar la capacidad interruptiva (o potencia de cortocircuito) de interruptores y fusibles principalmente. Estos se seleccionarán para una potencia de cortocircuito mayor que la potencia de cortocircuito calculada.

La corriente de cortocircuito también es un parámetro importante en el diseño de la red de tierra de la instalación.

La corriente de cortocircuito al circular por los devanados del transformador, produce un aumento brusco de temperatura, que degrada los aislamientos y disminuye la vida útil de éstos, de tal manera que una sobre tensión posterior, aunque sea pequeña, puede ser el origen de una falla seria en los embobinados del transformador e incluso en su destrucción.

Para reducir las corrientes de cortocircuito, se acostumbra conectar bobinas en serie para disminuir el cortocircuito trifásico, o bien, instalar una sola en el neutro de los transformadores para amortiguar el cortocircuito monofásico a tierra.

### Método de cálculo de cortocircuito

Existen diferentes métodos para el cálculo de los cortocircuitos en las instalaciones eléctricas, entre ellos se encuentran:

- el método de las componentes simétricas
- el método por medio de determinantes
- el método de las potencias
- el método de caída porcentual

Este último método, el método en porcentaje o porcentual, es el más usado en instalaciones industriales y del tipo de instalación que nos ocupa.

Se llama porcentual porque precisamente las impedancias de las máquinas y de los conductores se expresan en porciento.

A continuación se presenta el cálculo de las corrientes de cortocircuito simétrica y asimétrica y las potencias de cortocircuito (capacidad interruptiva) de un sistema como el que se representa en el siguiente diagrama unifilar.

Datos:

Voltaje de operación 1 (KV) = 13.8 KV

Voltaje de operación 2 (KV) = 0.44 KV

Capacidad interruptiva del interruptor de potencia (KVA) = 100 000 KVA

Capacidad del transformador (KVA) = 1 000 KVA

Impedancia del transformador,  $T_1 Z_t(\%) = 5.5\%$

Impedancia de los motores a 400 V,  $Z_{eM}(\%) = 25\%$

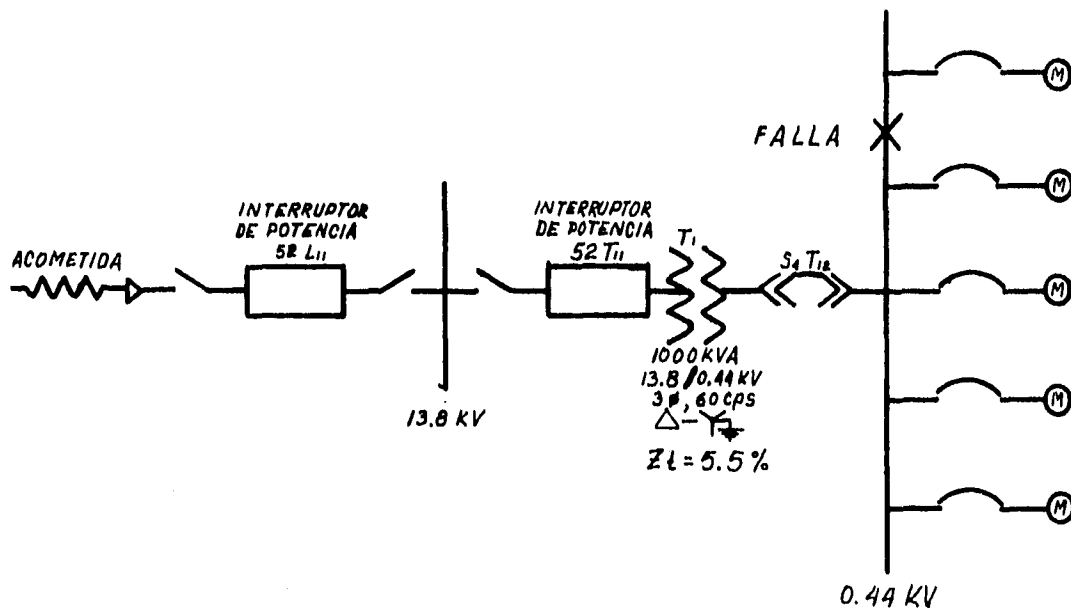


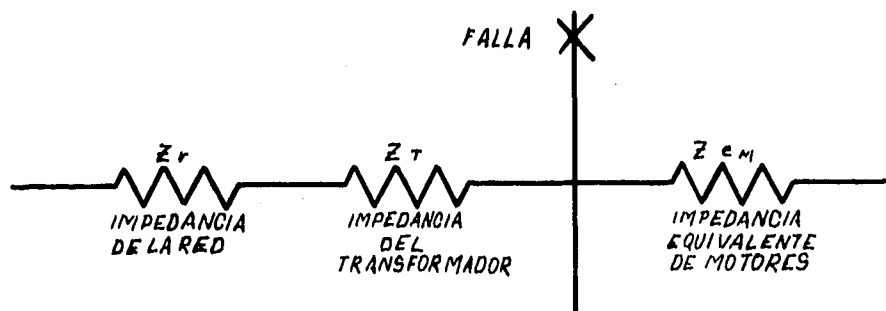
FIG 20. DIAGRAMA UNIFILAR

Se toma una Capacidad Base (KVA) = 1 000 KVA por considerarse un valor adecuado, ya que es la capacidad del transformador.

También se toma un Factor de Multiplicación = 1.25 para la obtención de la corriente de cortocircuito asimétrica. Este factor de multiplicación de 1.25 se considera para la mayoría de los casos en instalaciones industriales.

Solución:

1. Como primer aspecto que se debe plantear, es el diagrama de impedancias.



Calculamos las impedancias que hacen falta para sumarlas y simplificar el diagrama.

Para calcular la impedancia de la red  $Z_r$ , en %, se emplea la fórmula:

$$Z_r = \frac{KVA \text{ base} \times 100}{KVA \text{ régimen}}$$

Los KVA base, desde los datos, quedó establecida de: KVA base = 1 000.

Los KVA régimen la tomamos de la capacidad interruptiva del interruptor de potencia = 100 000 KVA.

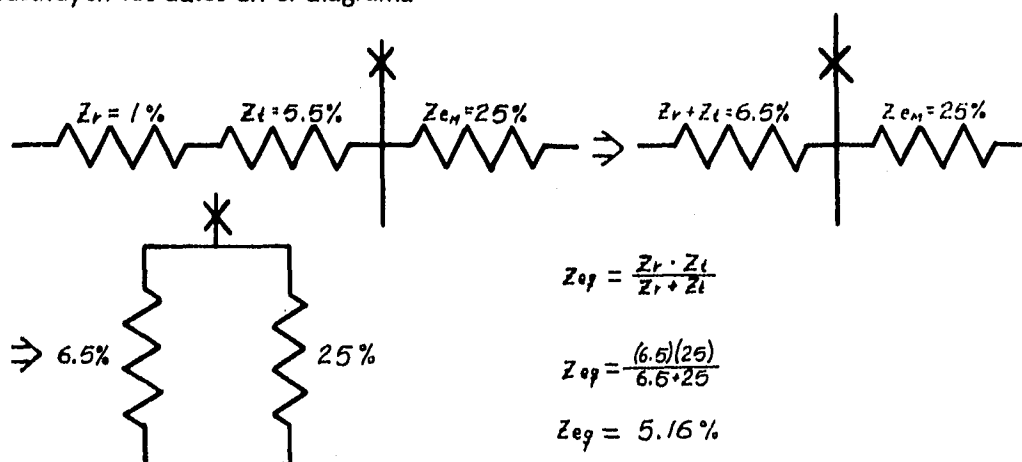
Sustituyendo:

$$Z_r = \frac{1\ 000 \times 100}{100\ 000}; Z_r = 1\%$$

La impedancia del transformador nos la dan como dato de placa:  $Z_t = 5.5\%$  y

La impedancia equivalente de motores también es un dato:  $Z_{em} = 25\%$ .

Se sustituyen los datos en el diagrama



2. Teniendo la impedancia equivalente, calculamos la Corriente de cortocircuito simétrica y asimétrica para la falla correspondiente mediante la fórmula siguiente:

$$I_{c.c. \text{ simétrica}} = \frac{KVA \text{ base} \times 100}{Z_{eq. \text{ total}} \times \sqrt{3} \times KV_2}$$

Sustituyendo:

$$I_{c.c. \text{ simétrica}} = \frac{1\,000 \times 100}{5.16 \times \sqrt{3} \times 0.44}$$

Ic. c. simétrica = 25 429,45 Amps.

Ic. c. simétrica = 25.43 KA

Para obtener la Corriente de cortocircuito asimétrica, únicamente, multiplicamos la I.c.c. simétrica por el factor de multiplicación seleccionado que fué de 1.25:

Ic.c. asimétrica = 25.43 x 1.25

Ic.c. asimétrica = 31.788 KA

3. Y como último paso es obtener la Potencia de cortocircuito, la cual se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$P_{c.c. \text{ simétrica}} = \frac{KVA \text{ base} \times 100}{\% Z \text{ eq. total}}$$

Sustituyendo:

$$P_{c.c. \text{ simétrica}} = \frac{1\,000 \times 100}{5.16}$$

Pc. c. simétrica = 19 379.844 KVA

Pc. c. simétrica = 19.38 MVA

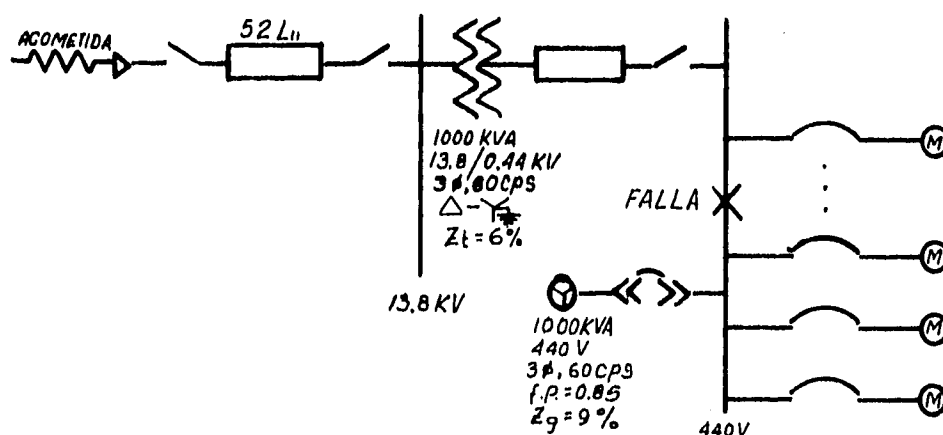
Para obtener la Potencia de Cortocircuito asimétrica, de igual forma, se multiplica por el factor de multiplicación de 1.25:

Pc. c. asimétrica = 1.25 x 19.38

Pc. c. asimétrica = 24.22 MVA

En la práctica, con el valor obtenido de la corriente simétrica, se seleccionan el interruptor general y derivados del tablero que tengan una capacidad interruptiva igual o mayor a la obtenida. En este ejemplo, que resultó ser la I.c.c. simétrica = 25.43 KA, en tablas del fabricante, seleccionamos interruptores de alta capacidad interruptiva mayor a este valor.

A continuación se presenta el **cálculo de las Corrientes de Cortocircuito y la Potencia de Cortocircuito por el método porcentual** para una falla localizada en el bus de 480 volts de una instalación industrial que, además de la alimentación de la Compañía Suministradora de Energía, dispone de un generador de 1000 KVA; f.p. = 0.85; 60 C.P.S.; 3 fases, 480 volts;  $Z_g = 9\%$  conectados directamente al bus de 440 volts como se muestra en el siguiente diagrama unifilar:



Nota: Se ejemplifica con un transformador de 1 000 KVA para poder expresar cuando se seleccionan los interruptores de capacidad interruptiva normal o alta capacidad interruptiva.

Datos:

Voltaje de operación 1 (KV) = 20 KV

Voltaje de operación 2 (KV) = 0.44 KV

Corriente de cortocircuito en acometida,  $I_{cc} = 32$  KA

Capacidad del transformador (KVA) = 1 000 KVA

Impedancia del transformador  $Z_t$  (%) = 6%

Capacidad del generador (KVA) = 1 000 KVA

Impedancia del generador  $Z_g$  (%) = 9%

Capacidad total de los motores (KVA) = 1 000 KVA

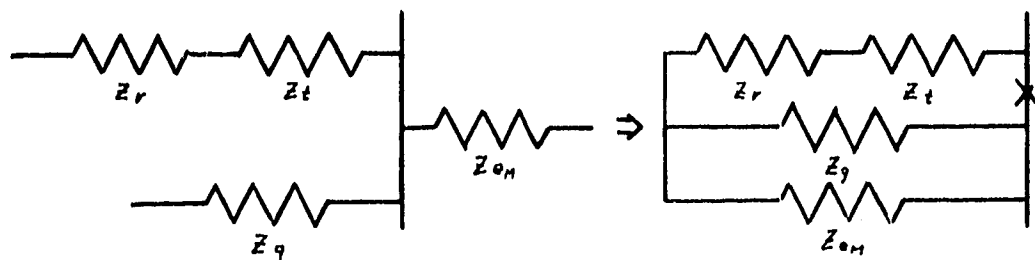
Impedancia de los motores a 440 V,  $Z_{eM}$  (%) = 25%

Se toma una capacidad base (KVA) = 1 000 KVA

Se toma un factor de multiplicación = 1.25

Solución:

1) Como indicamos, primero se obtiene el Diagrama de Impedancias:





Calculamos las Impedancias que hacen falta para sumarlas y simplificar el Diagrama.

Para calcular la Impedancia de la Red  $Z_r$ , teniendo como dato la  $I_{cc}$  en acometida, se emplea la misma fórmula de  $I_{cc}$ :

$$I_{cc,r} = \frac{KVA \text{ base} \times 100}{Z_r \% \sqrt{3} \times KV_2}$$

Despejando  $Z_r$ , queda:  $Z_r = \frac{KVA \text{ base} \times 100}{I_{cc} \times \sqrt{3} \times KV_2}$

La KVA base quedó establecida de:

KVA base = 1 000 KVA y los  $KV_2 = 0.44$  KV; sustituyendo:

$$Z_r = \frac{1\ 000 \times 100}{32\ 000 \times \sqrt{3} \times 0.44} = 4.1; \quad \underline{\% Z_r = 4.1\%}$$

Todos los valores de impedancias hay que pasarlos a una base común mediante la fórmula:

$$Z \text{ base}_2 = \frac{KVA \text{ base} \times \% Z}{KVA}$$

Para el generador de 1 000 KVA y  $Z_g = 9\%$

$$Z_g \text{ base}_2 = \frac{1\ 000 \times 9}{1\ 000}; \quad \underline{Z_g \text{ base}_2 = 9\%}$$

Para el transformador:

$$Z_t \text{ base}_2 = \frac{1\ 000 \times 6}{1\ 000}; \quad \underline{Z_t \text{ base}_2 = 6\%}$$

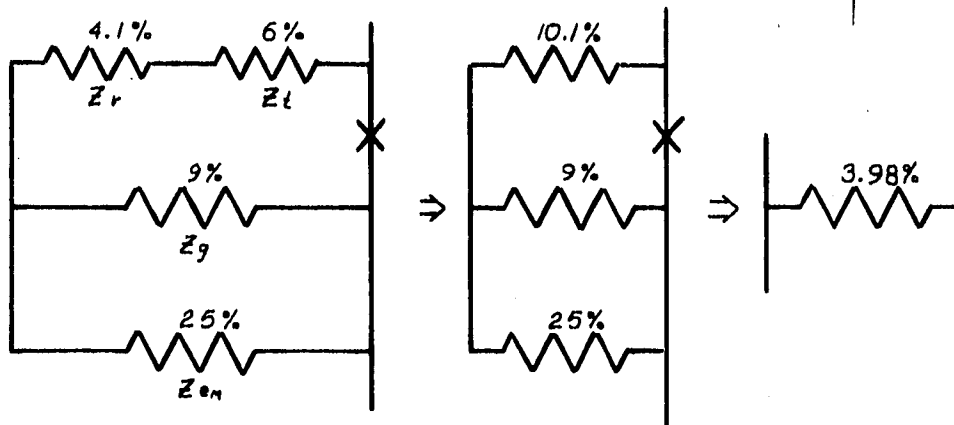
Para el grupo de motores:

$$Z_{e_M \text{ base}_2} = \frac{1\ 000 \times 25}{1\ 000}; \quad \underline{Z_{e_M \text{ base}_2} = 25\%}$$

Para la red

$$Z_r \text{ base}_2 = \frac{1\ 000 \times 4.1}{1\ 000}; \quad \underline{Z_r \text{ base}_2 = 4.1\%}$$

Teniendo ya todos los valores en una base común, que comprenden, el diagrama de Impedancias, se sustituyen en éste para simplificarlo.



2) Teniendo la impedancia, calculamos la corriente de cortocircuito simétrica y asimétrica para la falla correspondiente mediante la fórmula siguiente:

$$I_{cc \text{ simétrica}} = \frac{KVA \text{ base} \times 100}{Z_{eq \text{ total}} \times \sqrt{3} \times KV_2}$$

Sustituyendo:

$$I_{cc \text{ simétrica}} = \frac{1\ 000 \times 100}{3.98 \times \sqrt{3} \times 0.44};$$

$I_{cc \text{ simétrica}} = 32\ 968.837 \text{ Amp.}$

$I_{cc \text{ simétrica}} = 33 \text{ KA}$

Para obtener la corriente de cortocircuito asimétrica, únicamente se multiplica la  $I_{cc}$  simétrica, por el factor de multiplicación seleccionado que fue de 1.25:

$$I_{cc} \text{ asimétrica} = 33 \times 1.25$$

$$\underline{I_{cc} \text{ asimétrica} = 41.25 \text{ KA}}$$

3) Como último paso, es obtener la potencia de cortocircuito, la cual se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$P_{cc} \text{ simétrica} = \frac{KVA \text{ base} \times 100}{Z_{eq} \text{ total}}; \text{ sustituyendo:}$$

$$P_{cc} \text{ simétrica} = \frac{1\,000 \times 100}{3.98}$$

$$P_{cc} \text{ simétrica} = 25\,125.63 \text{ KVA}$$

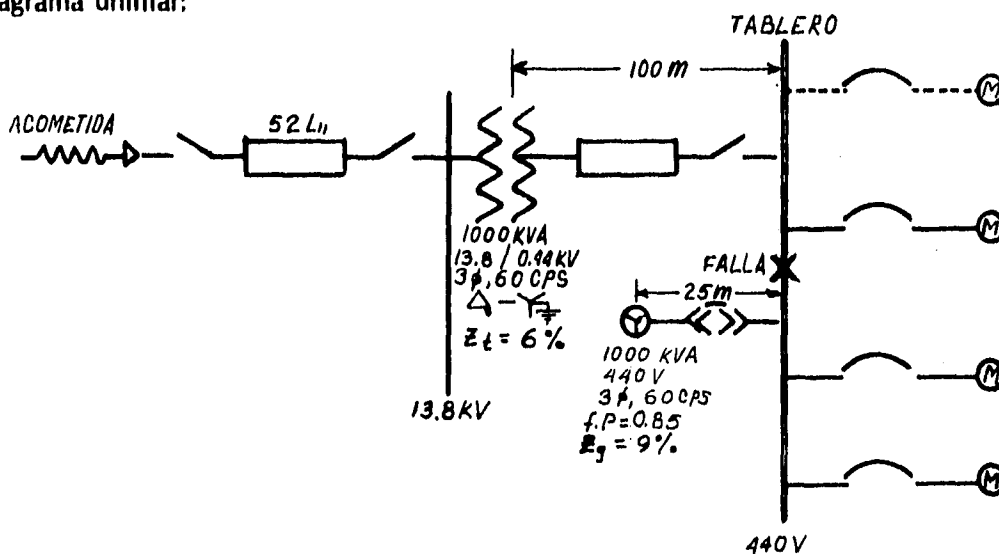
$$\underline{P_{cc} \text{ simétrica} = 25.13 \text{ MVA}}$$

Para obtener la potencia de cortocircuito, de igual forma se multiplica por el factor de multiplicación de 1.25.

$$P_{cc} \text{ asimétrica} = 25.13 \times 1.25$$

$$\underline{P_{cc} \text{ asimétrica} = 31.4 \text{ MVA}}$$

A continuación se presenta el cálculo de cortocircuito por método porcentual, tomando en consideración la impedancia de tableros y de los cables alimentadores, localizándose la falla en la conexión que va del tablero a uno de los motores. La disposición de los elementos y sus datos son los mismos del problema anterior. Aun así se dibuja el diagrama unifilar:



Datos:

Voltaje de operación 1 (KV) = 13.8 KV

Voltaje de operación 2 (KV) = 0.44 KV

Corriente de cortocircuito en acometida:  $I_{cc} = 32 \text{ KA}$

Capacidad del transformador (KVA) = 1 000 KVA

Impedancia del transformador:  $Z_t (\%) = 6\%$

Longitud del conductor del transformador al tablero (m) = 100 m

El cable es de 500 MCM (uno por fase)

Reactancia del cable:  $X = 0.00295 \Omega / 100 \text{ pies}$

Capacidad del generador (KVA) = 1 000 KVA

Impedancia del generador:  $Z_g (\%) = 9\%$

Longitud del conductor del generador al tablero (m) = 25 m

El cable es trifásico con una Impedancia del cable:

$Z_{gt} = 15.6\% / 1 \text{ 000 pies}$

Impedancia del tablero de baja tensión  $Z_T = 0.5\%$

Capacidad del tablero (KVA) = 1 000 KVA

Impedancia de los motores a 440 V,  $Z_{em} (\%) = 25\%$

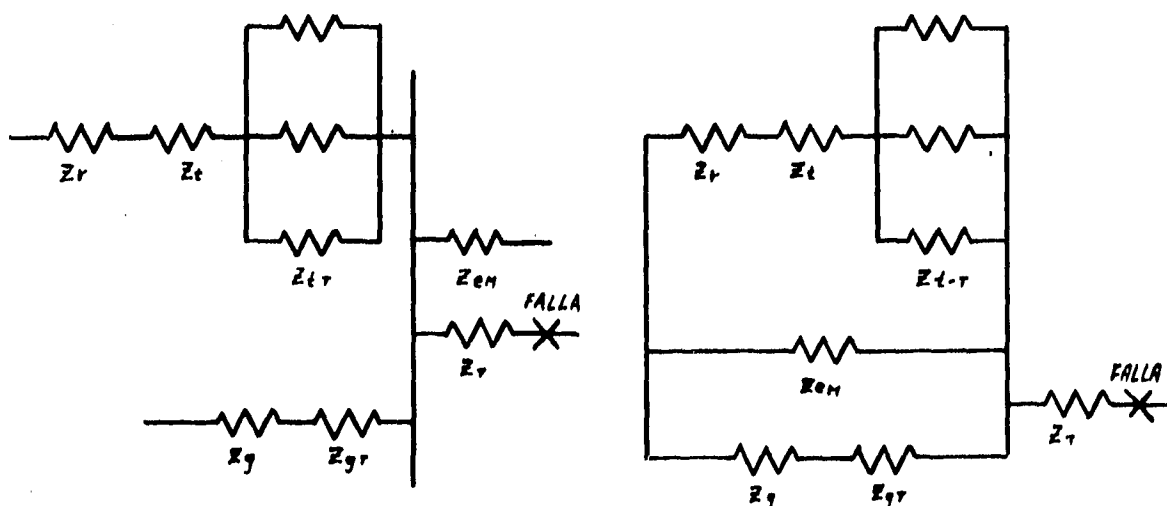
Capacidad total de los motores (KVA) = 1 000 KVA

Capacidad base (KVA) = 1 000 KVA

Factor de multiplicación = 1.25

Solución:

1) El siguiente, es su diagrama de impedancias:



Nuevamente, repetimos los cálculos para obtener las impedancias que hacen falta.

Para calcular la impedancia de la red  $Z_r$ , teniendo como dato la  $I_{cc}$  en acometida, se emplea la fórmula de  $I_{cc}$ , despejando  $Z_r$ .

$$I_{cc} = \frac{KVA \text{ base} \times 100}{Z_r \times \sqrt{3} \times KV_2} \rightarrow Z_r = \frac{KVA \text{ base} \times 100}{I_{cc} \times \sqrt{3} \times KV_2}$$

Sustituyendo  $KVA \text{ base} = 1\ 000 \text{ KVA}$ ,  $I_{cc} = 32 \text{ KA}$  y  $KV_2 = 0.44 \text{ KV}$

$$Z_r = \frac{1\ 000 \times 100}{32\ 000 \times \sqrt{3} \times 0.44}; \quad Z_r = 4.1\%$$

Ahora, se pasan todos los valores de impedancias a una base común, mediante la fórmula:

$$Z \text{ base}_2 = \frac{KVA \text{ base} \times \% Z}{KVA}$$

VALOR DE IMPEDANCIA	SUSTITUCIÓN	IMPEDANCIA EN BASE 2
$Z_r =$ Impedancia de la red	$Z_r \text{ base}_2 = \frac{1\ 000 \times 4.1}{1\ 000}$	$Z_r \text{ base}_2 = 3.75\%$
$Z_t =$ Impedancia del transformador	$Z_t \text{ base}_2 = \frac{1\ 000 \times 6}{1\ 000}$	$Z_t \text{ base}_2 = 6\%$
$Z_g =$ Impedancia del generador	$Z_g \text{ base}_2 = \frac{1\ 000 \times 9}{1\ 000}$	$Z_g \text{ base}_2 = 9\%$
$Z_{M} =$ Impedancia del gpo. de motores	$Z_{M} \text{ base}_2 = \frac{1\ 000 \times 25}{1\ 000}$	$Z_{M} \text{ base}_2 = 25\%$
$Z_T =$ Impedancia del tablero	$Z_T \text{ base}_2 = \frac{1\ 000 \times 0.5}{1\ 000};$	$Z_T \text{ base}_2 = 0.5\%$

Para obtener las impedancias de los conductores con los datos que se dan:

Longitud del conductor del transformador al tablero = 100 m

El cable de 500 MCM (uno por fase)

Su reactancia  $X = 0.00295 \Omega/100$  pies

Por regla de tres: si 1 pie = 0.3048 m; 100 pies = 30.48 m, es decir,  $X = 0.00295 \Omega/30.48$  m.

Por regla de tres:  $0.00295 \dots 30.48$  m  
 $x \dots 100.00$  m

$$x = \frac{100 \times 0.00295}{30.48}; \quad x = 0.0097; \quad \text{por lo tanto, } Z_{t_T} = 0.0097 \Omega$$

Y para pasar esta impedancia de ohms a porcentaje en base común, se emplea la fórmula:

$$Z_{t_T} = \frac{\text{KVA base} \times Z_{t_T} \text{ ohms}}{(KV)^2 \times 10}$$

$$Z_{t_T} = \frac{1\ 000 \times 0.0097}{(0.44)^2 \times 10}$$

$$Z_{t_T} = 5.01\% \text{ por conductor}$$

$$\text{Como son 3 conductores en paralelo: } Z_{t_T} = \frac{5.01}{3}; \quad \underline{Z_{t_T} = 1.67\%}$$

Ahora para calcular la impedancia del conductor del generador al tablero con los datos que se tienen:

Longitud del conductor del generador al tablero = 25 m

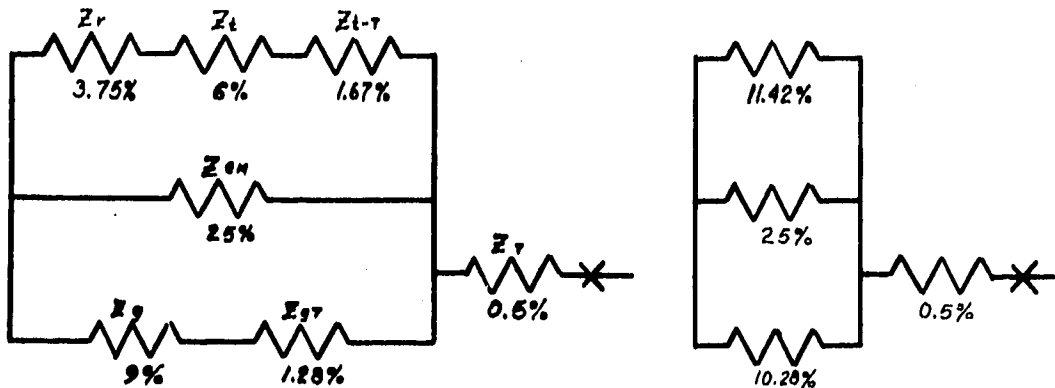
El cable es trifásico con una impedancia  $Z_{g_T} = 15.6\% / 1\ 000$  pies

1" = 0.0254 m                    15.6%.....304.8 m

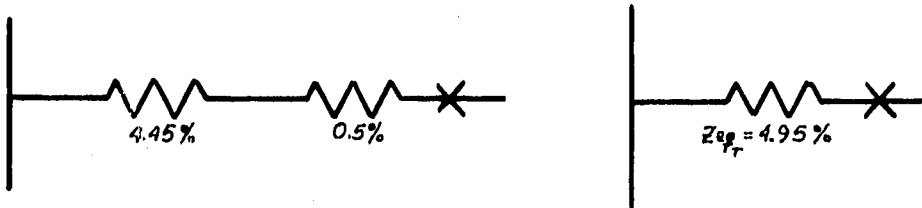
1' = 12" = 0.3048 m            x.....25.00 m

$$1\ 000' = 304.8 \text{ m} \qquad x = \frac{15.6 \times 25}{304.8}; \quad \text{por lo tanto: } \underline{Z_{g_T} = 1.28\%}$$

Teniendo ya todos los valores de impedancias a una base común, se sustituyen en el diagrama de impedancias para simplificarlo:



$$Z_{eq} = \frac{11.42 \times 25 \times 10.28}{(25 \times 10.28) + (11.42 \times 10.28) + (11.42 \times 25)}; \quad Z_{eq} = 4.448\%$$



2) Con la impedancia equivalente total, se calcula la corriente de cortocircuito simétrica y asimétrica para la falla correspondiente mediante la fórmula:

$$I_{cc \text{ simétrica}} = \frac{KVA \text{ base} \times 100}{Z_{eq \text{ total}} \times \sqrt{3} \times KV_2}$$

Sustituyendo:

$$I_{cc \text{ simétrica}} = \frac{1\,000 \times 100}{4.95\% \times \sqrt{3} \times 0.44}$$

Icc simétrica = 26 508.28 Amperes  
Icc simétrica = 26.5 KA

Y la Icc asimétrica = 1.25 x Icc simétrica  
 Icc asimétrica = 1.25 x 26.5  
Icc asimétrica = 33.14 KA

3) Y por último, obtener la potencia de cortocircuito tanto simétrica como asimétrica, la primera mediante la fórmula:

$$Pcc \text{ simétrica} = \frac{KVA \text{ base} \times 100}{Z_{eq} \text{ total}}$$

Sustituyendo:

$$Pcc \text{ simétrica} = \frac{1\ 000 \times 100}{4.95}$$

$$Pcc \text{ simétrica} = 20\ 202 \text{ KVA}$$

$$\underline{Pcc \text{ simétrica} = 20.2 \text{ MVA}}$$

Y la Pcc asimétrica = 1.25 x Pcc simétrica  
 Pcc asimétrica = 1.25 x 20.2  
Pcc asimétrica = 25.25 MVA

Como se ha podido observar en los tres casos anteriores, sistematizando los datos, cálculos y resultados, se puede elaborar un programa de computadora para que directamente realice los cálculos y se obtengan los resultados a partir de los datos que le proporcionemos.

k) Sistema de tierras

La forma más adecuada para proteger cualquier instalación eléctrica contra sobretensiones y más tratándose de un hospital, es instalar una o varias redes de tierras adecuadas a la que se conectarán los neutros de los aparatos, los pararrayos\*, las estructuras metálicas, los tanques de los aparatos, áreas especiales, como tableros de aislamiento en quirófanos, los cables de guarda en la subestación y en general todas las partes metálicas que deben estar con potencial a tierra.

\*En la práctica, el sistema de pararrayos se conecta a un sistema de tierras propio.



Una red de tierras:

Proporciona un circuito de muy baja impedancia para la circulación de las corrientes de tierra, ya sea que se deban a una falla de cortocircuito o a la operación de un pararrayos.

Evitan que durante la circulación de las corrientes de tierra, puedan producirse diferencias de potencial entre distintos puntos de la red o de la instalación eléctrica, significando un peligro tanto para el personal como para los pacientes del hospital.

Dá mayor confiabilidad y continuidad al servicio eléctrico.

En la mayoría de los casos se tiene un buen sistema de tierras con sólo enterrar directamente uno o más electrodos verticales de barra circular de fierro forrada por una delgada capa de cobre (copper weld) de 3 m de longitud y 5/8 de pulgada de diámetro (15.875 mm), del cual derivamos la conexión al equipo a proteger, como en este caso tenemos en primer lugar a la subestación, donde generalmente además se entierra una malla cuadrículada dentro de excavaciones entre 50 y 100 cm de profundidad.

No siempre se logra obtener una buena tierra con sólo enterrar una o dos varillas donde el terreno tiene alta resistividad, es decir, que está compuesto por roca, tepetate, arena o relleno, donde la resistencia a tierra es mayor a 25 ohms, para los que se tienen soluciones más costosas.

Ya se tienen valores o rangos de valores de resistividad para cada tipo de suelo, esencialmente por la composición del terreno, su contenido de humedad, de sales, la temperatura, etc. Una clasificación general sobre la resistividad del terreno es la siguiente:

TIPO DE SUELO	RESISTIVIDAD
Tierra orgánica húmeda	10 ohms - metro
Tierra húmeda	100 ohms - metro
Tierra seca	1 000 ohms - metro
Roca sólida	10 000 ohms - metro

Para conocer la resistividad del terreno, usualmente se emplea el método de los cuatro electrodos. La puesta a tierra con un electrodo de copper weld, su valor de resistencia a tierra debe ser menor a 25 ohms, si se efectúa una medición y da este valor, se puede recurrir a otros métodos.

Se quiere conocer la resistencia a tierra de un electrodo de 3 m de longitud y un diámetro 5/8 de pulgada en un terreno con una resistividad de 100 ohms - m; como podría ser donde se localizaría el hospital, ya que estas tierras originalmente eran de cultivo.

Datos:

Longitud,  $L = 3 \text{ m}$

Diámetro,  $d = 5/8" = 0.015875 \text{ m}$

Resistividad,  $\rho = 100 \Omega \text{ m}$

Solución:

Se emplea la fórmula:  $R = \frac{\rho}{2\pi L} \text{Log}_e \frac{4L}{d}$ ; sustituyendo los datos, tenemos:

$$R = \frac{100}{2\pi(3)} \text{Log}_e \frac{4(3)}{0.015875}; R = 5.31 \text{ Log}_e 756; R = 5.31(6.63); R = 35 \text{ ohms, es el}$$

valor de la resistencia a tierra en dicho electrodo, este es un valor alto de tierra, por lo que será necesario mejorar la red, con una malla o con compuestos químicos.

Los métodos que se pueden emplear para sistemas de tierras en terrenos de alta resistividad pueden ser los siguientes:

**Electrodos profundos.** Consiste en efectuar perforaciones profundas hasta encontrar terrenos de baja resistencia. Este sistema es demasiado costoso debido principalmente a los costos elevados de los equipos de perforación. En promedio un metro de perforación en roca cuesta N\$500,000.00 y a veces hay que perforar hasta 50 m, lo cual hace a veces que el costo del sistema de tierras sea superior al costo de la obra eléctrica total. Sin embargo, es el más efectivo, ya que al profundizar se llega a las capas de terreno más húmedas y a veces hasta los niveles freáticos.

**Electrodos múltiples.** En contraste con el método anterior, este es un medio económico para instalar un sistema de tierras aunque su valor de resistencia siempre es superior al del electrodo profundo. Consiste en enterrar varios electrodos de 3 m de longitud en forma vertical en diferentes configuraciones, espaciados una distancia generalmente de 2 a 3 m, conectados entre sí por un conductor de cobre desnudo con un diámetro de 4/0. Los arreglos más comunes entre sí de los electrodos con sus valores esperados son los siguientes:

ARREGLO

VALORES ESPERADOS



Dos electrodos en paralelo, reducen en un 55% la resistencia de uno



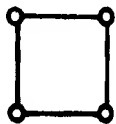
Tres electrodos en línea recta, reducen al 35%

## ARREGLO

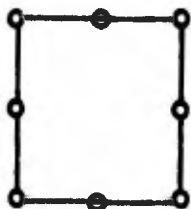
## VALORES ESPERADOS



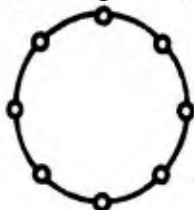
Tres electrodos en delta, reducen al 30%



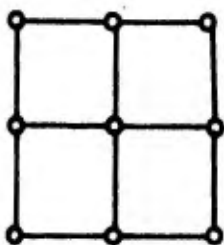
Cuatro electrodos en cuadro, reducen al 20%



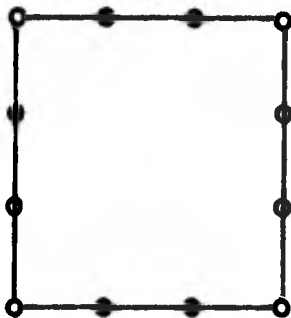
Ocho electrodos en cuadro, reducen al 17%



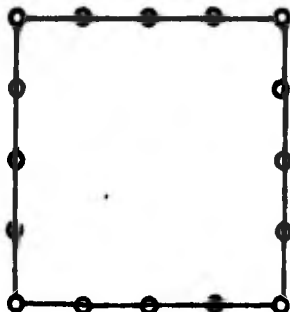
Ocho electrodos en círculo, reducen al 16%



Nueve electrodos en cuadro sólido, reducen al 16%



Doce electrodos en cuadro, reducen al 12%



Dieciseis electrodos en cuadro, reducen al 9%

**Electrodos químicos.** Este método consiste en modificar el medio que rodea al electrodo, bajando la resistividad del suelo. Tanto los sulfatos como las sales, ya no se usan, los que además de ser corrosivos principalmente sobre el cobre, se disuelven fácilmente con el agua. Se usan:

El carbón, ya sea vegetal o mineral (coke).

La bentonita, la cual es una arcilla cuya principal característica es absorber y retener agua, se coloca alrededor del electrodo sellando las grietas, aberturas o huecos, formando un buen camino para las corrientes que se drenan a tierra.

Las resinas sintéticas, que es lo más actual, son resinas de bajo peso molecular del tipo electrolítico con un elemento endurecedor, lo que hace que su baja resistividad se mantenga por largo tiempo.

La disposición de la combinación de los electrodos múltiples con los electrodos químicos, se muestra a continuación (figura 13), con un arreglo en delta con bentonita; estas varillas se instalan en un registro, tal como se indica en el dibujo.

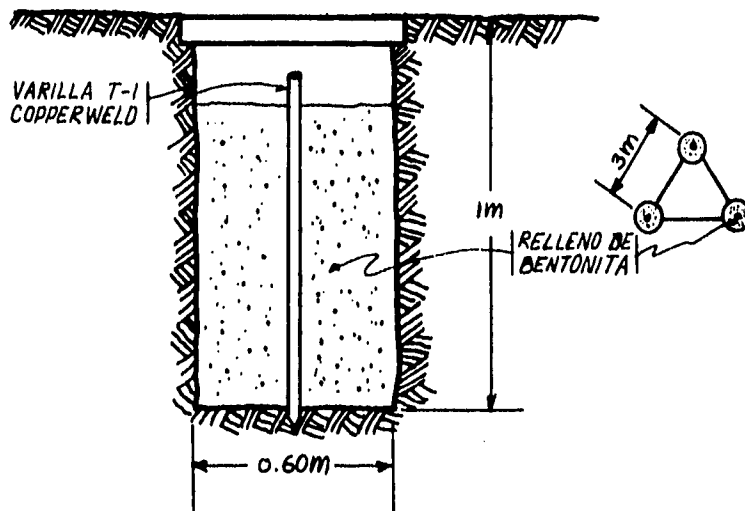
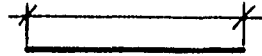


FIG 13. ARREGLO DE ELECTRODOS EN DELTA CON BENTONITA

**Electrodos horizontales.** Es otra buena alternativa para instalar un sistema de tierras efectivo, aunque un poco más caro que el de electrodos múltiples. Consiste en enterrar un conductor desnudo a una profundidad que va de 50 a 100 cm. Este método se emplea cuando no es posible utilizar electrodos de copper weld enterrados en forma vertical. Su aplicación va desde los sistemas de distribución en fraccionamientos y conjuntos habitacionales, hasta proyectos como de los que trata este trabajo, en los que existe suficiente superficie para efectuar las obras subterráneas.

Como ya se había mencionado, en la subestación conviene instalar un arreglo con forma de malla cuadriculada, y para el resto de la instalación, los arreglos más comunes son como se muestran en seguida, con sus fórmulas para calcular la resistencia a tierra.

Línea recta



$$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left[ \text{Log}_e \frac{4L}{a} + L_e \frac{4L}{S} 2 + \frac{S}{2L} - \frac{S^2}{16L^2} + \frac{S^2}{512L^4} \right]$$

Ángulo recto



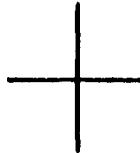
$$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left[ \text{Log}_e \frac{2L}{a} + \text{Log}_e \frac{2L}{S} - 0.2373 + 0.2146 \frac{S}{L} + 0.1035 \frac{S^2}{L^2} - 0.0424 \frac{S^4}{L^4} \right]$$

Estrella 3 lados



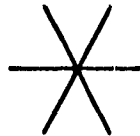
$$R = \frac{\rho}{6\pi L} \left[ \text{Log}_e \frac{2L}{a} + \text{Log}_e \frac{2L}{S} + 1.071 - 0.209 \frac{S}{L} + 0.238 \frac{S^2}{L^2} - 0.054 \frac{S^4}{L^4} \right]$$

Cruz



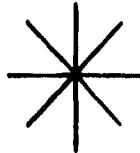
$$R = \frac{\rho}{8\pi L} \left[ \text{Log}_e \frac{2L}{S} + 2.912 - 1.071 \frac{S}{L} + 0.645 \frac{S^2}{L^2} - 0.145 \frac{S^4}{L^4} \right]$$

Estrella 6 lados



$$R = \frac{\rho}{12\pi L} \left[ \text{Log}_e \frac{2L}{a} + \text{Log}_e \frac{2L}{S} + 6.851 - 3.128 \frac{S}{L} + 1.758 \frac{S^2}{L^2} - 0.49 \frac{S^4}{L^4} \right]$$

Estrella 8 lados



$$R = \frac{\rho}{16\pi L} \left[ \text{Log}_e \frac{2L}{a} + \text{Log}_e \frac{2L}{S} + 10.98 - 5.51 \frac{S}{L} + 3.26 \frac{S^2}{L^2} - 1.17 \frac{S^4}{L^4} \right]$$

donde: L = Longitud del conductor (m)  
a = Radio del conductor  
ρ = Resistividad del terreno  
S = Profundidad

Los cálculos para formar la malla en la zona de la subestación, toman en cuenta la resistencia de paso y de contacto de una persona para calcular el número de conductores y el calibre. En la práctica se usan conductores de 4/0 (4 ceros), y generalmente se forma un rectángulo con 4 ó 6 electrodos dependiendo del tamaño de la subestación.

Para llegar a las fórmulas anteriores, se consideraron: la capacidad electrostática, el efecto de la tierra superficial, la profundidad y su imagen por arriba de la superficie.

Estas fórmulas se aplican tomando en cuenta para los cálculos: profundidad =  $2S$  y longitud =  $2L$ .

Se ha enterrado un conductor de tierra, de cobre desnudo calibre 4/0, con una longitud de 100 m, a una profundidad de 50 cm; si la resistividad del terreno es de 100  $\Omega$ -m, calcular la resistencia a tierra.

Datos:

-Longitud (m) = 100 m;  $2L = 100$ ;  $L = \frac{100}{2}$ ;  $L = 50$  m

-Radio del conductor; como es de 4/0, por tablas, se tiene que el diámetro exterior = 13.4 mm = 0.0134 m, por lo tanto,  $a = 0.006$  m

-Profundidad (m) = 0.50 m;  $2S = 0.50$ ;  $S = \frac{0.50}{2}$ ;  $S = 0.25$  m

-Resistividad  $\rho = 100$  ohms - metro

Solución:

Para encontrar la resistencia con electrodo horizontal en línea recta, se usa la fórmula:

$$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left[ \text{Log}_e \frac{4L}{a} + \text{Log}_e \frac{4L}{S} - 2 + \underbrace{\frac{S}{2L} - \frac{S^2}{16L^4} + \frac{S^4}{512L^4}} \right]$$

se pueden despreciar  
estos términos por  
ser su suma muy  
pequeña

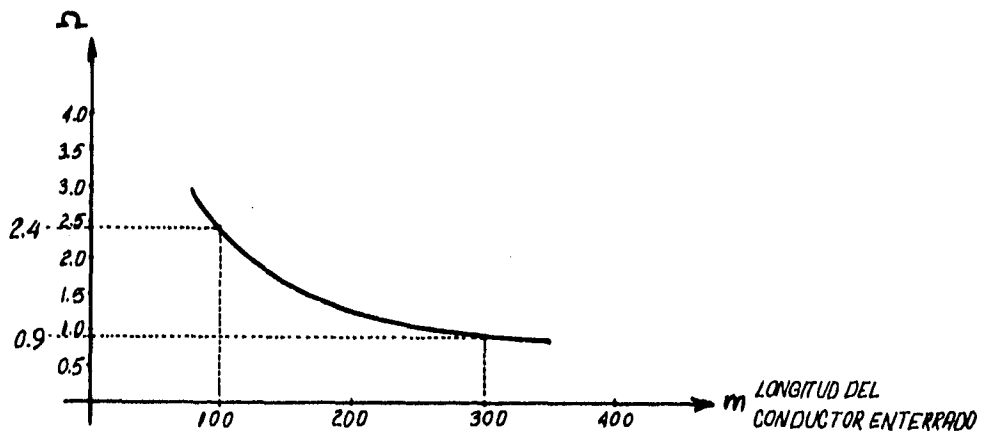
Sustituyendo:

$$R = \frac{100}{4\pi 50} \left[ \text{Log}_e \frac{4 \times 50}{0.006} + \text{Log}_e \frac{4 \times 50}{0.25} - 2 \right]$$

$$R = \frac{1}{6.28} [10.41 + 6.68 - 2]; \quad R = 2.4 \text{ ohms}$$

Que es un valor aceptado, la Norma marca como valor máximo 20  $\Omega$  .

Para observar la variación de la resistencia del electrodo con respecto a su longitud, se trazó la siguiente gráfica, determinada precisamente para un conductor recto de cobre con diámetro 4/0, enterrado a una profundidad de 50 cm y una resistividad  $\rho = 100$  ohms-metro.



Para resistividades diferentes a 100 ohms-metro, los valores de la curva se multiplican por la relación  $\frac{\rho}{100}$  .

Así, tenemos que para un conductor, enterrado a la misma profundidad en un terreno con una resistividad de 10 000  $\Omega$ -m, con una longitud de 300 m, la resistencia es de 0.8 ohms.

Como la relación  $\frac{\rho}{100} = \frac{10\,000}{100} = 100$ , por lo tanto,  $0.8 \times 100 = 80$ ;  $R = 80$  ohms

Muchas veces se aprovecha la canalización para el cableado subterráneo para alojar el conductor desnudo de tierra dentro de estas excavaciones, como lo muestra la figura 15.

Las Normas Eléctricas para instalaciones eléctricas de hospitales del sector salud, proporcionan la siguiente información sobre los Sistemas de Tierras.

1. Características de la conexión a tierra. Deberá ser permanente y continua, con capacidad de conducción suficiente para soportar cualquiera de las corrientes que le puedan ser impuestas; de baja impedancia para limitar el potencial sobre tierra y facilitar el funcionamiento de los dispositivos de sobrecorriente del circuito.

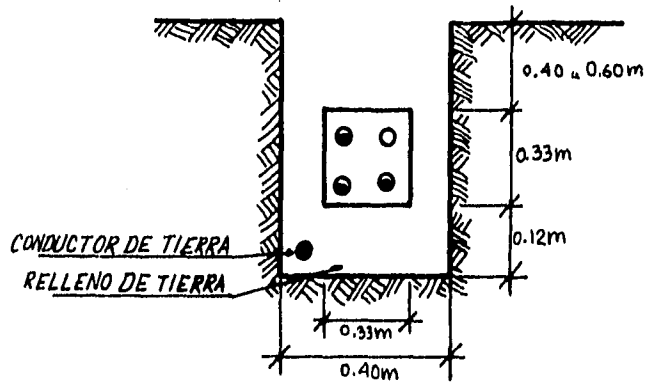


FIG 15. ARREGLO DE LOS CABLES DE ALTA TENSIÓN CON LA TIERRA PROPUESTA

2. Continuidad de conexión a tierra. Deberá asegurarse la continuidad eléctrica a lo largo de las canalizaciones, equipos y conductores con cubierta metálica que integran el sistema.
3. Los sistemas de tierra que deberán proyectarse en cada unidad son los siguientes:
  - a) Sistemas de Tierras de la Subestación: la malla principal del sistema será de cable desnudo de cobre, calibre mínimo, No. 4/0 AWG y deberá estar conectado a un número no menor de 3 electrodos de tierra, verificando que la resistencia máxima sea de 10 ohms.

El equipo de medición y los apartarrayos deberán conectarse a un electrodo independiente cada uno.

Los equipos de la subestación se conectarán a la malla con cable desnudo de cobre, calibre No. 2 AWG.

b) Sistema de Tierras para Contactos: se llevará por todas las tuberías de derivación del sistema de contactos, un conductor de tierra de calibre no menor al No. 12 AWG.

Este conductor de tierra deberá ser desnudo excepto en los lugares con ambiente francamente corrosivo donde llevará forro de color verde.

Todos los conductores de tierra que lleguen a los tableros de distribución, serán conectados a un conductor común que llegará hasta el tablero principal de baja tensión. Este sistema de tierra será independiente del neutro del sistema y se unirá en el tablero general al sistema de tierras de la subestación. El sistema general deberá cumplir con las recomendaciones de las Normas Técnicas de Instalaciones Eléctricas, debiendo ser el número de electrodos y calibre de conductores diseñados de manera tal que cumplan su cometido.



## 4. Conexión de equipos:

a) Equipo fijo. Se conectarán a tierra las cajas, gabinetes, accesorios y tramos de canalización metálicos que se instalen.

La conexión se hará por medio de un conductor que se tiende con los conductores del circuito. Este puede ser desnudo.

El equipo sujeto a la armazón metálica de un edificio (estructura) y en contacto eléctrico con ella, deberá considerarse conectado a tierra, siempre que la misma esté conectada a un sistema de tierras.

b) Equipo portátil. Las partes metálicas no portadoras de corriente del equipo, pueden conectarse a tierra por medio de la cubierta metálica de los conductores que alimentan al equipo utilizando en el lado de la alimentación de los conductores una clavija especial con una punta para conectar a tierra. La conexión se hará por medio de zapata y tornillo.

## 5. Tipos de sistemas de tierra. Descripción de los sistemas:

a) Sistema de tierra de difusión en "V" invertida. El sistema consta de una lámina de cobre calibre 16, de 30 cm de ancho por 300 cm de longitud doblada a la mitad, dejando una V separada 60°, esta lámina se entierra a 40 cm del nivel del terreno con la V invertida, unida por medio de un cable de cobre calibre No. 2 AWG, al equipo a proteger (figura 16).

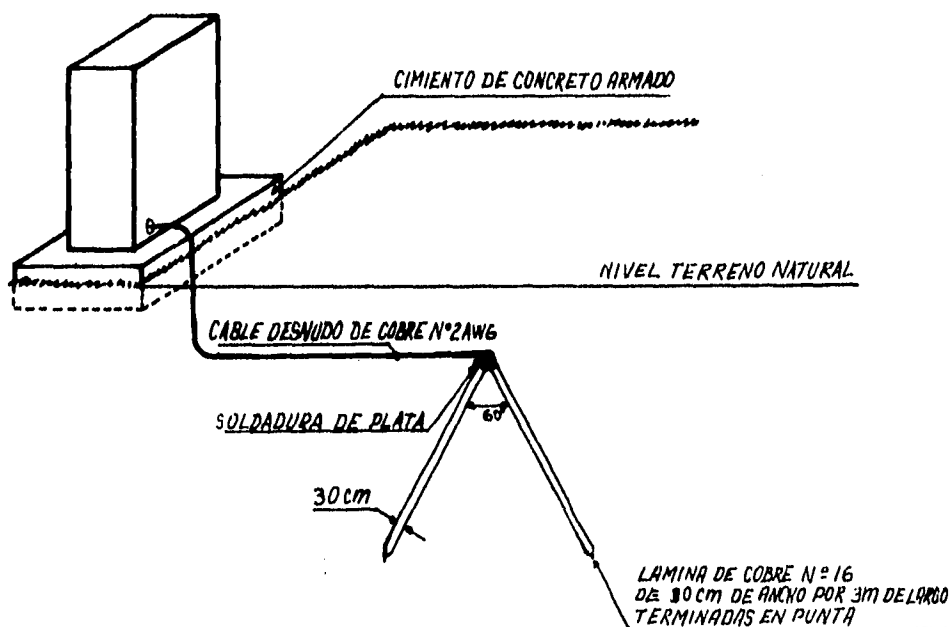


FIG 16. SISTEMA DE TIERRA TIPO "V" INVERTIDA

b) Sistema de tierra de varillas de cobre. El sistema consta de 3 varillas de cobre-acero de 16 mm de diámetro por 3 m de longitud, las cuales se entierran verticalmente a 40 cm del nivel del terreno formando un triángulo equilátero, cuyos lados miden 2.5 m.

Unidas en forma delta por medio de un cable de cobre calibre No. 2 AWG, el que a su vez se conecta al equipo a proteger (figura 17).

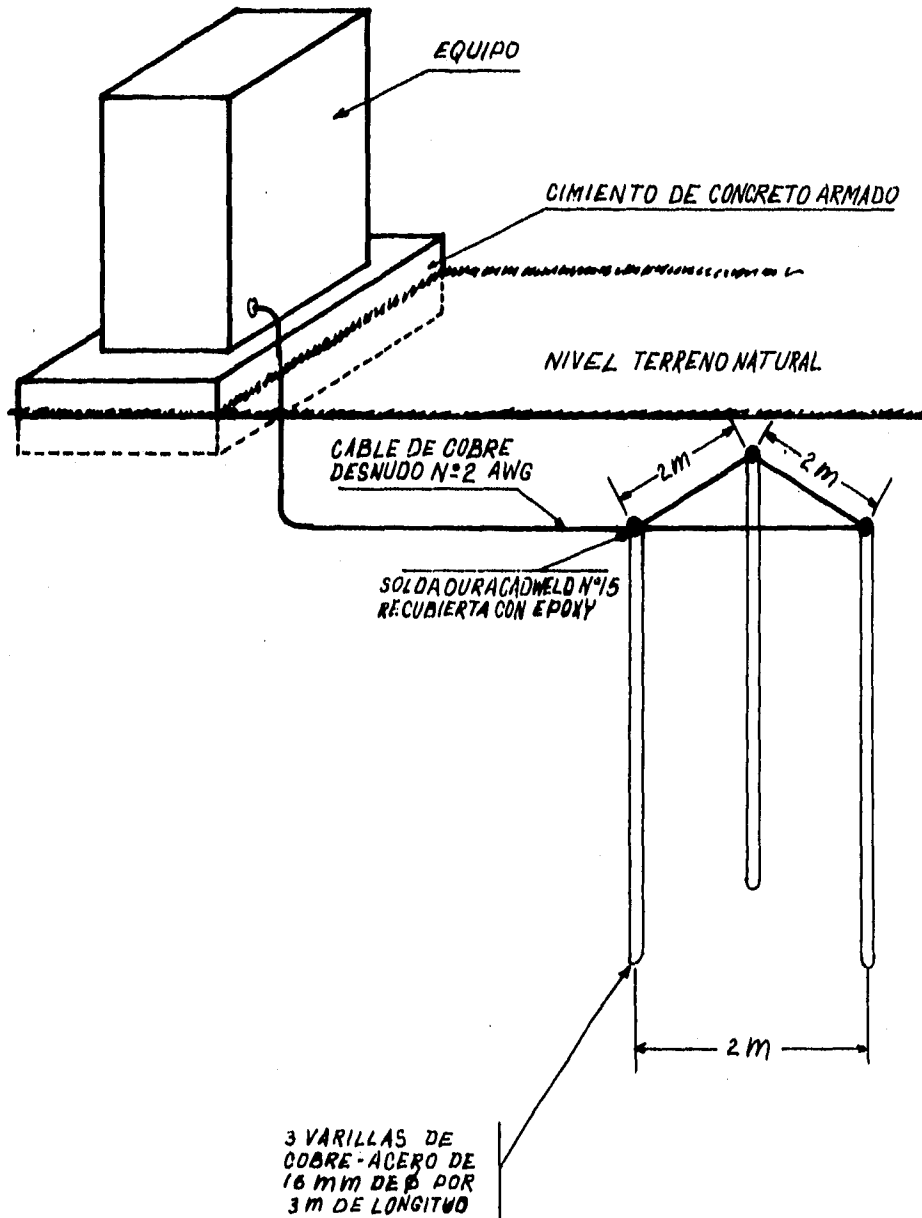


FIG 17. SISTEMAS DE TIERRA CON VARILLAS DE COBRE

c) Sistema de tierra tipo condensador. El sistema consta de 3 láminas galvanizadas calibre No. 16, dos de 60 cm por 50 cm y otra de 10 cm por 15 cm.

Se colocan las láminas enterradas a 40 cm del nivel del terreno con una separación de 20 cm una de la otra para formar un condensador. Por medio de un cable de cobre calibre No. 2 AWG, se unen entre sí las 3 placas que a su vez son unidas con el equipo a proteger.

Se complementa el sistema con un tratamiento conductivo a base de bentonita, carbón mineral y sal que se esparce alrededor de las placas (figura 18).

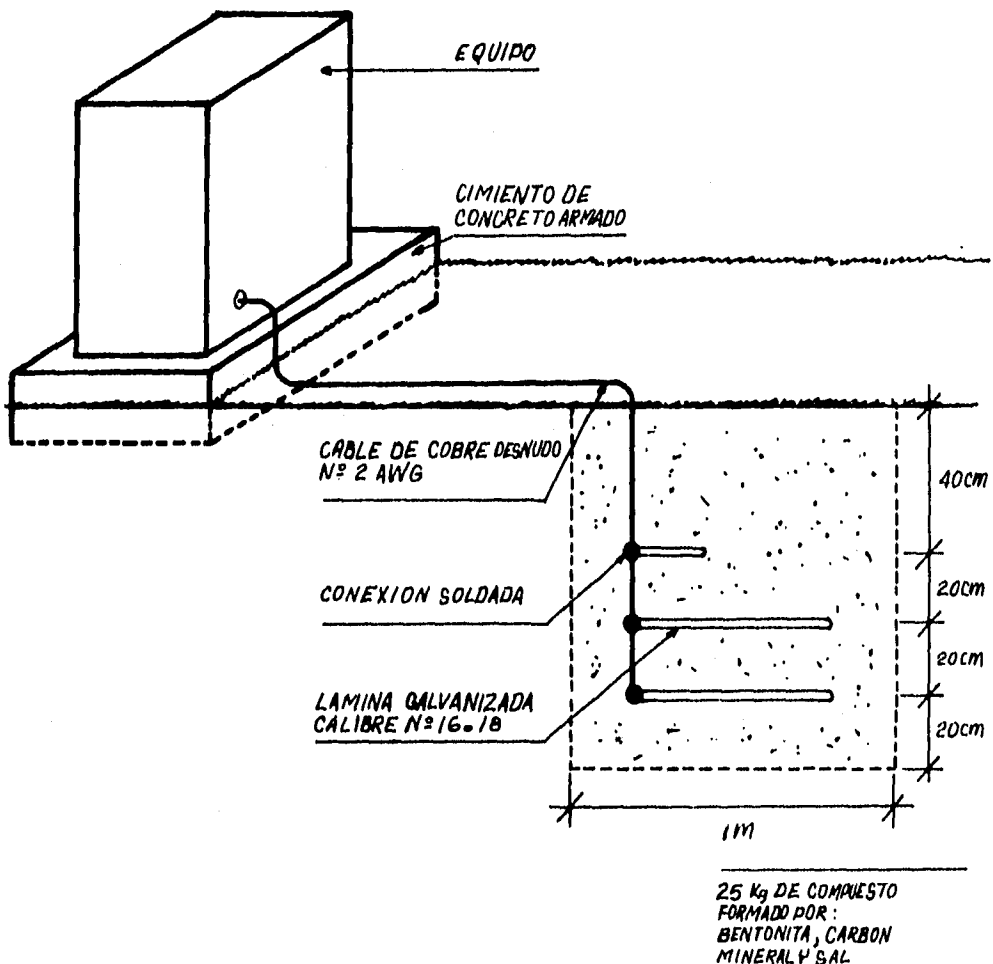


FIG 18. SISTEMA DE TIERRA TIPO CONDENSADOR

d) Sistema de tierra con protección catódica. El sistema consta de 3 varillas de cobre-acero de 16 mm de diámetro por 3 m de longitud, las cuales se alojan verticalmente en un pozo formando un triángulo equilátero, cuyos lados miden 60 cm.

Preparación del pozo. El pozo tiene una profundidad de 3 m, en el que se forman 26 capas de 10 cm cada una en forma alternada de tierra y un compuesto a base de carbón mineral, cloruro de sodio, sulfato de magnesio, sulfato de cobre, polvo de amoníaco y tierras raras (litio, bismuto, potasio y cadmio).

Se unen las varillas entre sí formando una delta por medio de un cable desnudo de calibre No. 2 AWG.

El sistema se complementa cavando un pozo de 1.5 m de profundidad por 60 cm de diámetro a 1.5 m de distancia del pozo que contiene las varillas; en este pozo se aloja un saco de ixtle lleno de 50 Kg de bentonita dentro del cual se aloja un ánodo de 14.515 Kg de magnesio o un ánodo de 22.68 Kg de zinc, este ánodo se une por medio de un cable de cobre de calibre mínimo del No. 8 AWG con las varillas de cobre de acero (ver figura 19).

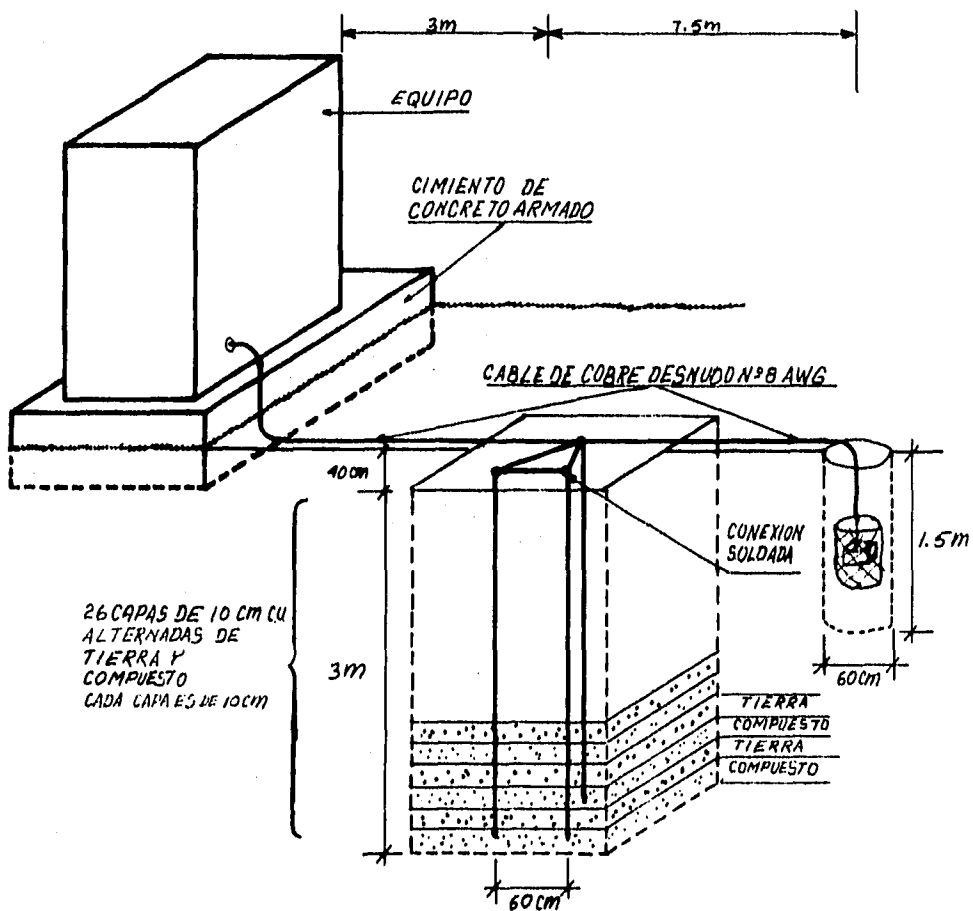


FIG 19. SISTEMA DE TIERRA CON PROTECCIÓN CATÓDICA

## l) Sistema de pararrayos

El rayo es siempre peligroso e impronosticable; el rayo, es la chispa producida cuando las cargas encerradas en una nube se trasladan de pronto desde ésta a otra, o de una de ellas a la Tierra. En cierto modo (el verdadero mecanismo del proceso todavía no se conoce con exactitud), las cargas de un tipo, positivas o negativas, pero por lo general negativas, se acumulan en la parte baja de la nube. Por inducción electrostática, la superficie de la Tierra en esta parte inferior de la nube, está cargada contrariamente. Entre las nubes y la superficie terrestre se interpone el aire que forma el aislante tal como sucede en un capacitor. Conforme aumenta el número de cargas de una clase, la atracción de cargas se va haciendo mayor, hasta que se llega a una tensión de millones de voltios entre la nube y el suelo que es cuando se produce la descarga eléctrica, ya que se rompe el dieléctrico del aire entre tierra y nubes.

Este fenómeno es imposible de evitar, pero lo que si se puede, es proteger las construcciones y por ende todo el equipo que se encuentre dentro de ellas, de los tremendos efectos de los rayos. Esta protección se realiza mediante los pararrayos.

El pararrayos inventado por Benjamín Franklin en 1752 y que todavía se sigue utilizando en la actualidad, consiste en una varilla de metal, terminada en punta, instalada en la parte más elevada de un edificio, o en su centro geométrico, y unida por un grueso cable de cobre a un sistema de tierras efectivo. Aquí pueden suceder dos cosas: una, que evite la producción del rayo, mediante una transferencia de cargas hacia la nube por el aire ionizado formando un viento invisible que aleja la carga de la Tierra; otra, que la descarga que se produzca, ésta se dirige hacia la punta del pararrayos, entonces éste conducirá la corriente a tierra, donde se difunde sin causar perjuicios.

Este tipo de pararrayos, actualmente es poco usado, y su zona de protección es un cono cuya base está en el suelo. La relación altura, ángulo y protección se da en la tabla 16. A este tipo de pararrayos se le han realizado diversas innovaciones, bautizándolos precisamente por el supuesto efecto que producen para proporcionar una mejor protección. Se tienen los llamados **reactivos**, que en torno a la varilla se les ha incluido una bobina, para difundir aún más la carga acumulada en la punta de la varilla. La relación de altura, ángulo y protección se da en la tabla 15.

Se han construido los pararrayos **radioactivos**, a los que precisamente se les ha colocado una cápsula de material radioactivo para que hagan la misma función que el pararrayos reactivo. Este tipo de pararrayos en México ya se prohibió, debido al riesgo que implica a los operarios, desde su instalación, así como su mantenimiento. Aún se pueden ver algunos de ellos en edificios antiguos.

TABLA 15. ÁNGULOS DE PROTECCIÓN DEL SISTEMA DE PARARRAYOS TIPO REACTIVO

h Altura desde el piso hasta la punta de protección en m	$\alpha$ Ángulo en grados	Módulo	r Radio de protección en m
4	65	2,1445	8.50
6	65	2,1445	12.86
8	65	2,1445	17.15
10	65	2,1445	21.44
12	65	2,1445	25.73
14	65	2,1445	30.02
16	65	2,1445	34.31
18	65	2,1445	38.60
20	65	2,1445	42.89
22	63	1,9626	43.17
24	63	1,9626	47.10
26	63	1,9626	51.03
28	63	1,9626	54.95
30	63	1,9626	58.87
32	62	1,8800	60.18
34	61	1,8040	61.33
36	60	1,7320	62.35
38	60	1,7320	65.81
40	60	1,7320	69.28
42	60	1,7320	72.74
44	59	1,6642	73.23
46	58	1,6003	73.61
48	57	1,5398	73.91
50	56	1,4825	74.12
52	54	1,3764	71.57
54	52	1,2799	69.11

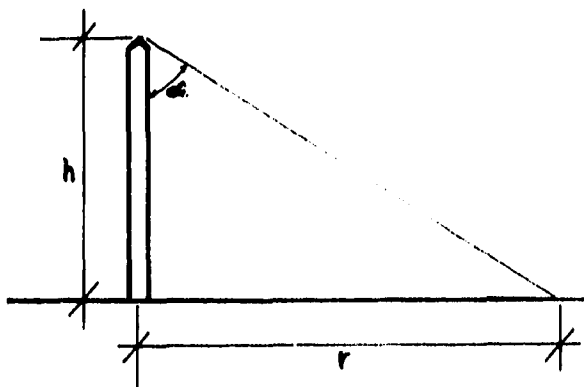


TABLA 16. ÁNGULOS DE PROTECCIÓN DEL SISTEMA DE PARARRAYOS TIPO FRANKLIN O CUALQUIER OTRA PUNTA

h Altura desde el piso hasta la punta de protección en m	$\alpha$ Ángulo en grados	r Radio de protección en m
2	65	2.00
4	45	4.00
6	45	6.00
8	45	8.00
10	45	10.00
12	45	12.00
14	45	14.00
16	45	16.00
18	45	18.00
20	45	18.65
22	41	19.12
24	39	19.43
26	38	20.31
28	37	21.09
30	36	21.79
32	34.67	22.13
34	33.64	22.36
36	32	22.49
38	30.33	22.23
40	28.67	21.87
42	27	21.40
44	25	20.51
46	23	19.52
48	21	18.42
50	18.66	16.88
52	16.33	15.23
54	14	13.46
56	11.33	11.22
58	8.67	8.84
60	6.01	6.31
62	3.00	3.24

Un nuevo pararrayos, es el llamado **ionizante**, bajando electrónicamente, obtiene y almacena su energía del campo eléctrico atmosférico. En condiciones de tormenta, este campo aumenta considerablemente; la energía acumulada es liberada en forma masiva, provocando un fenómeno de ionización artificial que asociado al efecto de punta ya existente, aumenta el poder de atracción a la descarga atmosférica, incrementando sustancialmente el radio de protección desde los 21 m hasta los 62 m, dependiendo de la altura real de la punta del pararrayos (2, 4 ó 6 m), ver figura 20.

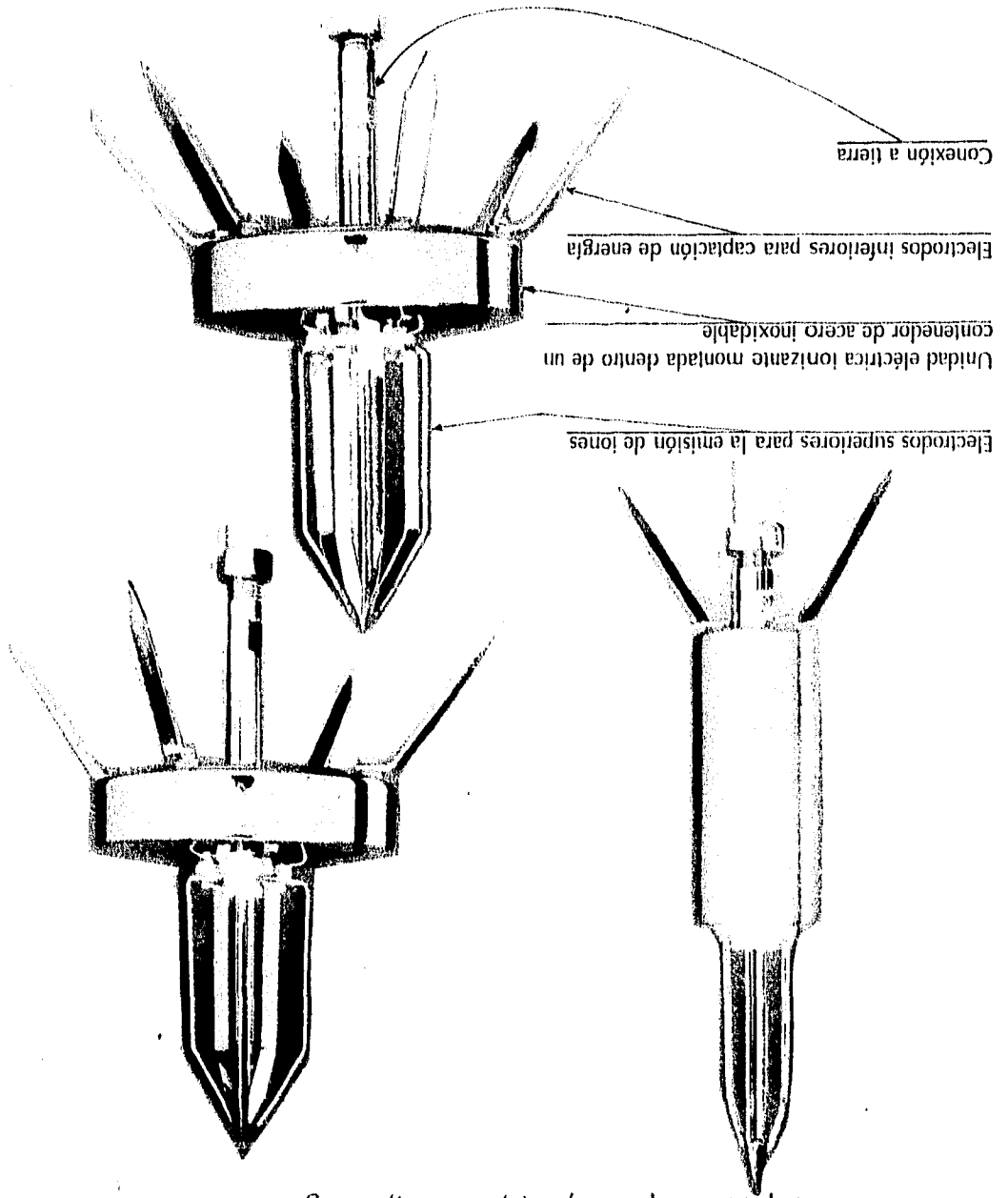


FIG. 20. PARARRAYOS IONIZANTE COMERCIALMENTE CONOCIDO COMO "PREVECCIÓN"



Para poder proyectar con mayor seguridad un sistema de pararrayos, es indispensable ajustarse a las normas de los Underwriters Laboratories (U.L.) y de la National Fire Protection Association (N.F.P.A.) de los Estados Unidos. Las pruebas realizadas por ellos han demostrado que la clase de pararrayos más eficaz, es la que utiliza las propiedades combinadas de las puntas y de las pantallas eléctricas: Una serie de conductores se disponen a lo largo de las aristas del edificio que se va a proteger, formando una red que lo deja resguardado en una especie de "jaula de Faraday". Esta red está unida a tierra, mientras que las partes altas dejan sobresalir pequeñas varillas.

Existen una serie de recomendaciones que la U.L. y la N.F.P.A. nos dicta para estar dentro de los márgenes de seguridad que debe proporcionar un sistema de pararrayos. Estas recomendaciones están agrupadas en:

1. Clasificación de construcciones
2. Materiales empleados en el sistema de pararrayos, y
3. Características en la instalación

1. La clasificación de construcciones se basa tanto en la altura del edificio como por el tipo de pendiente. Existen:

Por la altura, edificios de clase I y por la pendiente, edificios de clase II.

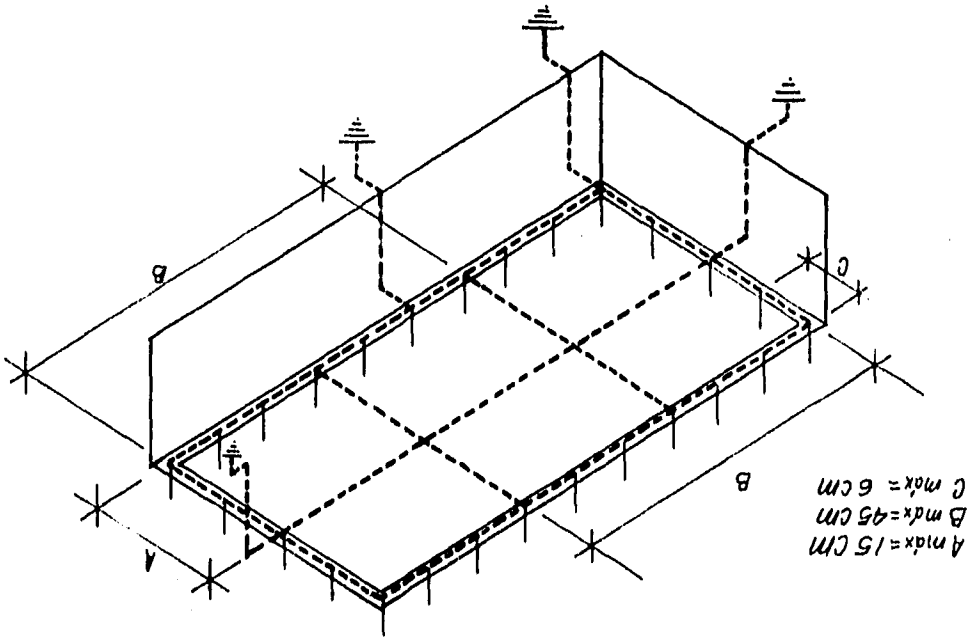
Los de clase I son aquellos en que no rebasan los 23 m de altura, o todo edificio que tiene una estructura de acero de cualquier altura, cuya estructura puede sustituir los conductores de bajada a tierra.

Los de clase II, es decir, por su pendiente, existen edificios con techos o azoteas planas o de pendientes muy ligeras menores a 1/8, y los de techos inclinados con pendientes mayores a 1/8.

El hospital de nuestro proyecto, como está previsto que tenga una planta baja y cuatro niveles, si a cada nivel le asignamos 4.5 m de altura, nos daría un total de 22.5 m de altura del edificio, que caería en la clase I con azotea plana.

2. Sobre los materiales, ya indicamos que se colocarán terminales aéreas o puntas en torno al perímetro de la azotea, las hay de 0.25, 0.30, 0.60, 0.91 y 1.22 m. Son varillas macizas de cobre electrolítico con diámetro de 13 mm. El largo se selecciona de tal forma que su punta quede a no menos de 25 cm de altura del objeto que haya que protegerse, y a 1.00 m máximo de distancia del mismo (figura 21).

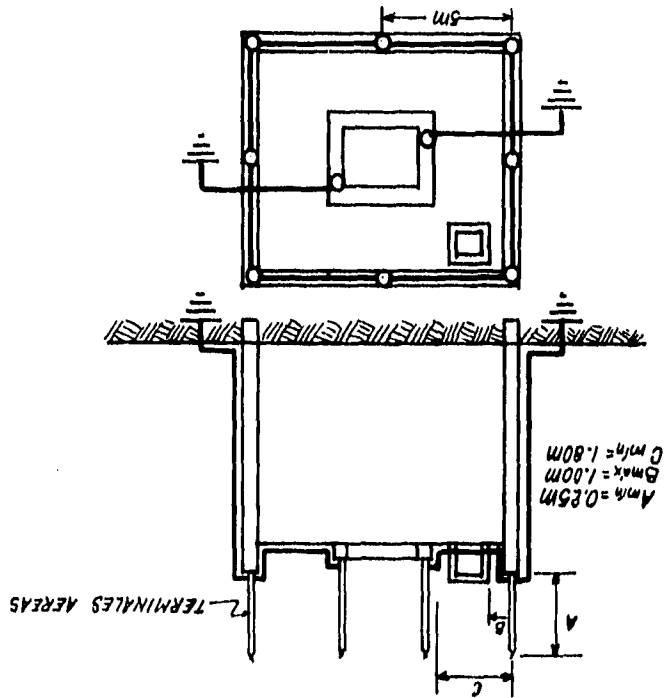
FIG. 22. COLOCACIÓN DE VARILLAS EN EDIFICIOS CON ANCHURA SUPERIOR A LOS 15 M



Las varillas se colocan en bases atornillables planas o para perfil. Las de más de 0.60 m deberán estar ayudadas a su sosten mediante tripies unidos rígida y permanentemente al edificio.

Si el ancho del edificio excede los 15 m, se colocarán terminales aéreas a intervalos no mayores de 15 m en las zonas intermedias y en los perímetros a intervalos no mayores de 6 m (figura 22).

FIG. 21. COLOCACIÓN DE LAS TERMINALES AÉREAS O PUNTAS



Los conductores para formar la malla, la bajada a tierra y la interconexión de sistemas metálicos que son de la misma medida, deberán estar diseñados y fabricados especialmente para pararrayos. Son cables trenzados con alambres de cobre suave con el calibre, peso y conductividad mínimos como se señalan en seguida:

Calibre mínimo de cada hilo		17 AWG	15 AWG
Peso mínimo del cable por metro		270 gr	550 gr
Conductividad		57 400 CM	115 000 CM
Sección del conductor		29 mm <sup>2</sup>	58 mm <sup>2</sup>
Para edificios	Clase I		
Para edificios	Clase II		

En catálogo aparecen cables para:

Clase I: Cable de cobre 32 hilos calibre 17 AWG, 65.6 MCM con diámetro de 11.9 mm

Clase II: Cable de cobre, 28 hilos de 1.7 mm de diámetro cada uno, 122 MCM, diámetro de 13 mm

Además de las puntas y del cable, existen una serie de accesorios tales como: las bases donde se atornillan las puntas; los conectores de distintas configuraciones, rectos, en "T", en cruz, pasa muro, pasa losa, etc; abrazaderas para el cable y para tierra y desconectores de tierra (ver figura 23). Todos estos accesorios son fundidos en aleación de cobre y bronce; pero también pueden ser de aluminio junto con las puntas aéreas de aluminio anodizado, y el cable de bajada también de aluminio hasta el desconector de tierra que cambiará el cable a cobre, ya que estará expuesto a la humedad del terreno; los hilos del cable de aluminio serán para clase I del No. 17 AWG, y para clase II del 14 AWG. Lo único que no se permite es combinar los materiales para que no formen un par galvánico.

3.

Características en la instalación. Como regla general, las bajadas a tierra deberán ser de doble dirección como mínimo, horizontales y descendentes, nunca poner un cable en forma ascendente, y su recorrido a tierra el más directo posible; sus abrazaderas del cable se pondrán con separación una de otra de 0.90 m como mínimo. Los conductores de bajada deberán estar separados por una distancia promedio de 30 m como máximo. Estos conductores de bajada deberán estar protegidos mediante una tubería de PVC rígida hasta una distancia mínima por arriba del suelo de 1.8 m y aquí tendrá un desconector de tierra que permita realizar lecturas de resistencia a tierra, desconectando el sistema de pararrayos.

Para conectar el sistema de pararrayos al sistema de tierras, la terminal deberá localizarse a partir de 0.60 m de la pared de los cimientos. El diseño, el tamaño, la profundidad, la forma y el número de terminales a tierra ya se trató en el inciso correspondiente a sistemas de tierras.

FIG. 23. PUNTAS Y ACCESORIOS PARA PARARAYOS

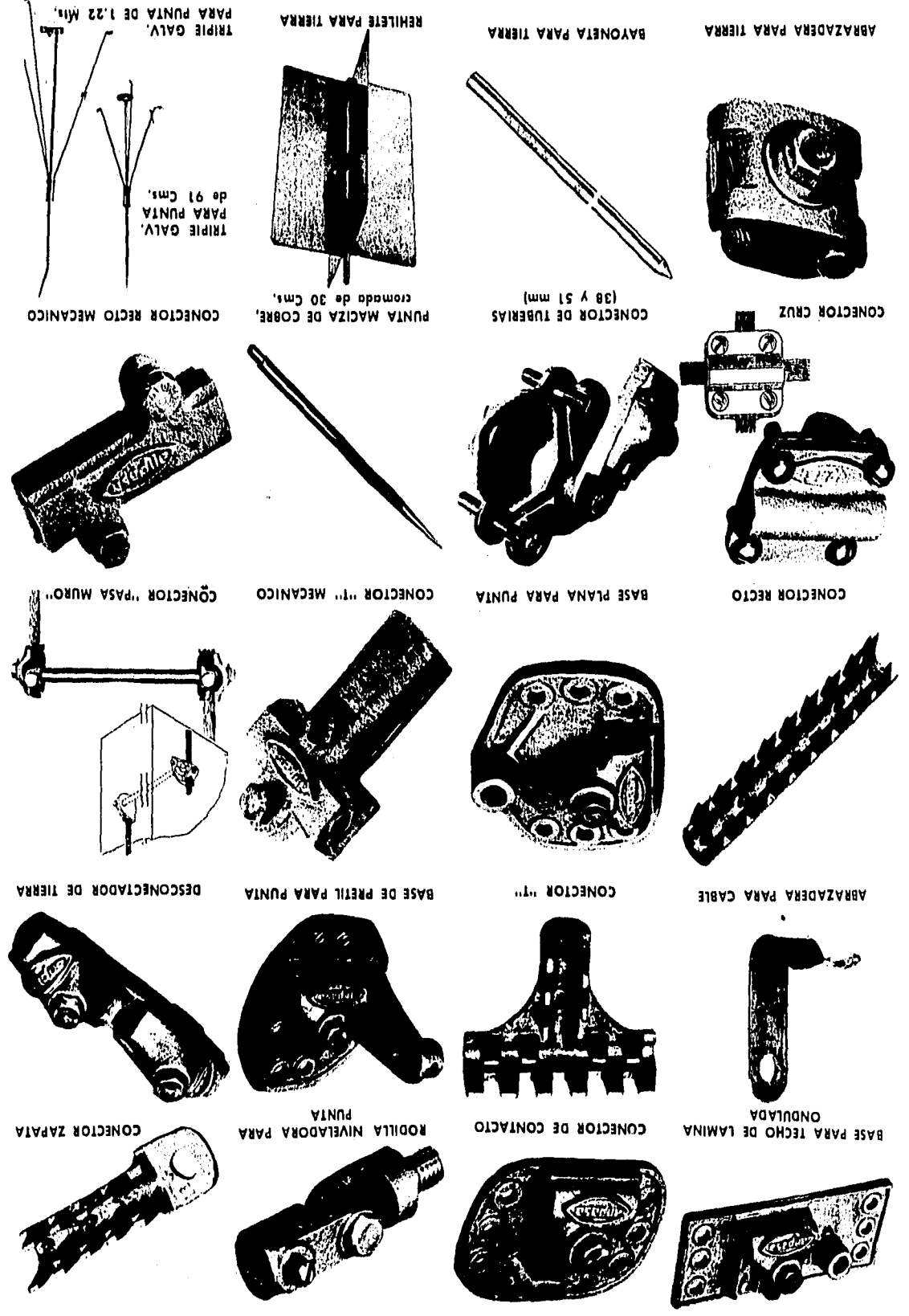
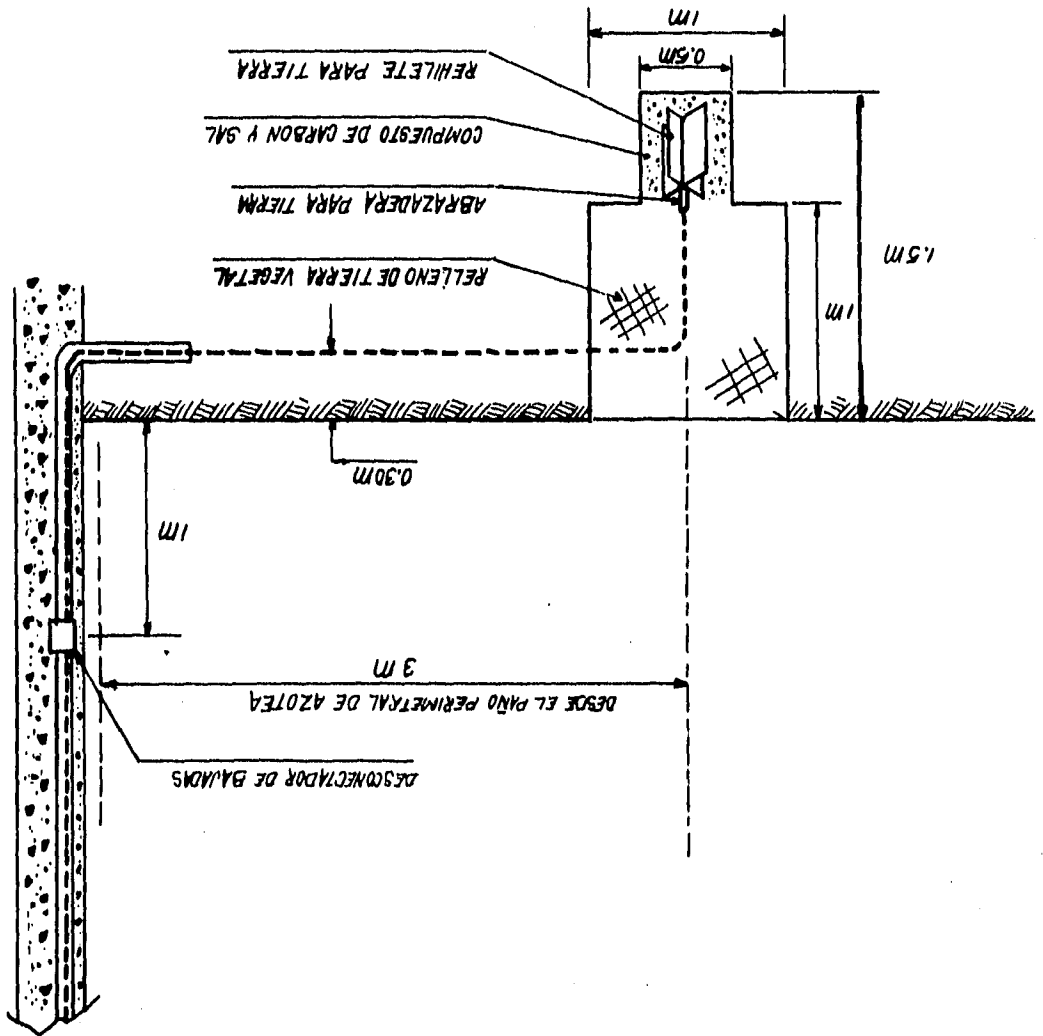


FIG 24. FORMA DE ENTERRAR EL REHILETE



Quando se opta por el tipo de pararrayos activo ionizante, el fabricante prescribe instalar una tierra propia especial en forma de rehilete; este rehilete que ofrecerá una resistencia de 10 ohms, se introducirá en un pozo de 1 x 1 m y 1.5 m de profundidad a una distancia mínima de 3 m del paño perimetral del edificio y estará enterrado en el pozo con una mezcla de carbón y sal en proporción de una parte de sal por tres de carbón, rellenando la parte superior con tierra vegetal (ver figura 24).

## 5. NORMAS Y REGLAMENTOS

### 5.1 Reglamentos, Normas y Lineamientos Institucionales de Instalaciones Eléctricas

El servicio público de energía eléctrica, ha puesto a la disposición de todas aquellas personas relacionadas con proyectos, ejecución de obras y para los usuarios mismos, un Reglamento de Instalaciones Eléctricas que fue editado el 21 de febrero de 1950. Debido a la evolución tecnológica en la industria eléctrica del país, se ha hecho necesario actualizar las disposiciones legales existentes, por lo que se ha expedido un nuevo ordenamiento regulador acorde con la realidad y avances en la materia.

Para salvaguardar la seguridad de los usuarios y sus pertenencias se han elaborado y están en continuo estudio las Normas Técnicas de Instalaciones Eléctricas, que son un complemento al Reglamento de Instalaciones Eléctricas, y confiere su correcta observación a SECOFI (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial).

Competerá a SECOFI sancionar administrativamente a los usuarios que violen los requisitos fijados por el ordenamiento y sus Normas Técnicas, tomando en cuenta la gravedad del caso y en los términos previstos por la Ley y su Reglamento.

A continuación, presentamos algunos de los artículos de los cuales hemos hecho referencia en el capítulo de Desarrollo del Proyecto de Instalación Eléctrica.

**Artículo 601.6. Dispositivo general de protección contra sobrecorriente.** Además de lo que establece el artículo 601.5, toda subestación de usuario debe contar, en el lado primario, después del equipo de servicio, con un dispositivo general de protección contra sobrecorriente que sea adecuado a la tensión y corriente del servicio y cumpla con lo establecido en los artículos 601.7 y 605.7, referentes a la capacidad nominal o ajuste de disparo, respectivamente.

**Artículo 605.5. Medio de desconexión general.** Toda subestación de usuario debe contar en el lado primario, después del equipo de servicio, con un medio de desconexión general que sea adecuado a la tensión y corriente nominales del servicio. Este medio de desconexión general debe ser de operación simultánea y capaz de abrir el circuito bajo condiciones de carga máxima.

**Artículo 201.10. Localización de la subestación.** El interruptor empleado como medio de desconexión principal del usuario y el dispositivo de protección principal, deben quedar situados en un lugar en el cual sean fácilmente accesibles, próximos al lugar de entrada de la acometida y a una distancia no mayor de 5 m del equipo de medición.

**Artículo 514.2. Autorización de plantas generadoras de usuarios.** La instalación de las plantas de usuarios requiere autorización previa de la Secretaría, para lo cual debe seguirse el procedimiento que ésta fije en los instructivos correspondientes.

**Artículo 514.3. Local para plantas generadoras.** Las plantas generadoras de usuarios deben instalarse en un local especialmente destinado a ellas o en un local que aloje a otro equipo electromecánico, siempre que se delimite el área de la planta con una cerca, con el fin de que tengan acceso sólo personas autorizadas. Dichos locales deben proveer espacio suficiente para la operación y mantenimiento de la planta y contar con ventilación adecuada.

**Artículo 405.3. Arreglo de las barras colectoras y otros conductores.**

a) Las barras colectoras y otros conductores de los tableros de piso y de pared deben estar localizados de manera que no estén expuestos a daño mecánico y fijados firmemente en su lugar.

Un nuevo pararrayos, es el llamado **ionizante**, trabajando electrónicamente, obtiene y almacena su energía del campo eléctrico atmosférico. En condiciones de tormenta, este campo aumenta considerablemente; la energía acumulada es liberada en forma masiva, provocando un fenómeno de ionización artificial que asociado al efecto de punta ya existente, aumenta el poder de atracción a la descarga atmosférica, incrementando sustancialmente el radio de protección desde los 21 m hasta los 62 m, dependiendo de la altura real de la punta del pararrayos (2, 4 ó 6 m), ver figura 20.

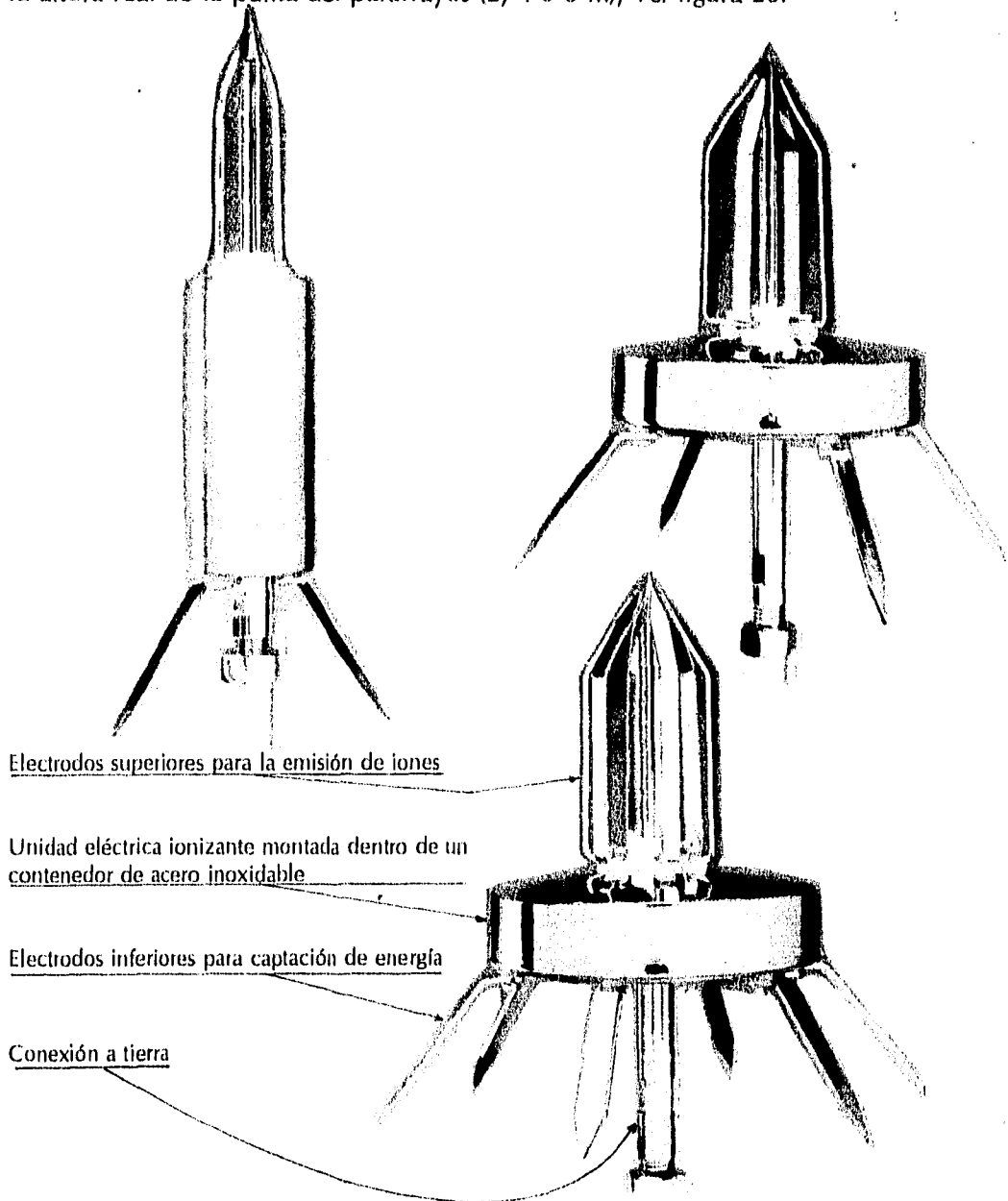


FIG 20. PARARRAYOS IONIZANTE COMERCIALMENTE CONOCIDO COMO "PREVECTRÓN"

Para poder proyectar con mayor seguridad un sistema de pararrayos, es indispensable ajustarse a las normas de los Underwriters Laboratories (U.L.) y de la National Fire Protection Association (N.F.P.A.) de los Estados Unidos. Las pruebas realizadas por ellos han demostrado que la clase de pararrayos más eficaz, es la que utiliza las propiedades combinadas de las puntas y de las pantallas eléctricas: Una serie de conductores se disponen a lo largo de las aristas del edificio que se va a proteger, formando una red que lo deja resguardado en una especie de "jaula de Faraday". Esta red está unida a tierra, mientras que las partes altas dejan sobresalir pequeñas varillas.

Existen una serie de recomendaciones que la U.L. y la N.F.P.A. nos dicta para estar dentro de los márgenes de seguridad que debe proporcionar un sistema de pararrayos. Estas recomendaciones están agrupadas en:

1. Clasificación de construcciones
2. Materiales empleados en el sistema de pararrayos, y
3. Características en la instalación

1. La clasificación de construcciones se basa tanto en la altura del edificio como por el tipo de pendiente. Existen:

Por la altura, edificios de clase I y por la pendiente, edificios de clase II.

Los de clase I son aquellos en que no rebasan los 23 m de altura, o todo edificio que tiene una estructura de acero de cualquier altura, cuya estructura puede sustituir los conductores de bajada a tierra.

Los de clase II, es decir, por su pendiente, existen edificios con techos o azoteas planas o de pendientes muy ligeras menores a 1/8, y los de techos inclinados con pendientes mayores a 1/8.

El hospital de nuestro proyecto, como está previsto que tenga una planta baja y cuatro niveles, si a cada nivel le asignamos 4.5 m de altura, nos daría un total de 22.5 m de altura del edificio, que caería en la clase I con azotea plana.

2. Sobre los materiales, ya indicamos que se colocarán terminales aéreas o puntas en torno al perímetro de la azotea, las hay de 0.25, 0.30, 0.60, 0.91 y 1.22 m. Son varillas macizas de cobre electrolítico con diámetro de 13 mm. El largo se selecciona de tal forma que su punta quede a no menos de 25 cm de altura del objeto que haya que protegerse, y a 1.00 m máximo de distancia del mismo (figura 21).



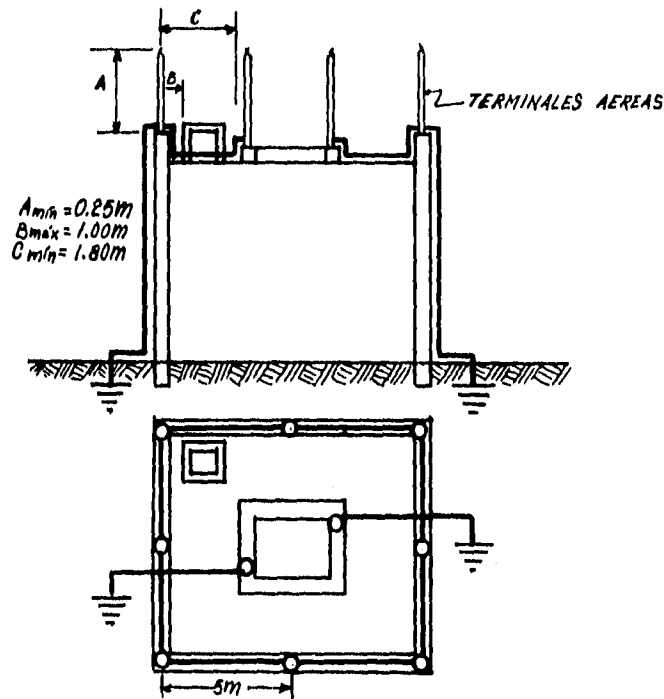


FIG 21. COLOCACIÓN DE LAS TERMINALES AEREAS O PUNTAS

Las varillas se colocan en bases atornillables planas o para pretil. Las de más de 0.60 m deberán estar ayudadas a su sosten mediante tripies unidos rígidamente y permanentemente al edificio.

Si el ancho del edificio excede los 15 m, se colocarán terminales aéreas a intervalos no mayores de 15 m en las zonas intermedias y en los perímetros a intervalos no mayores de 6 m (figura 22).

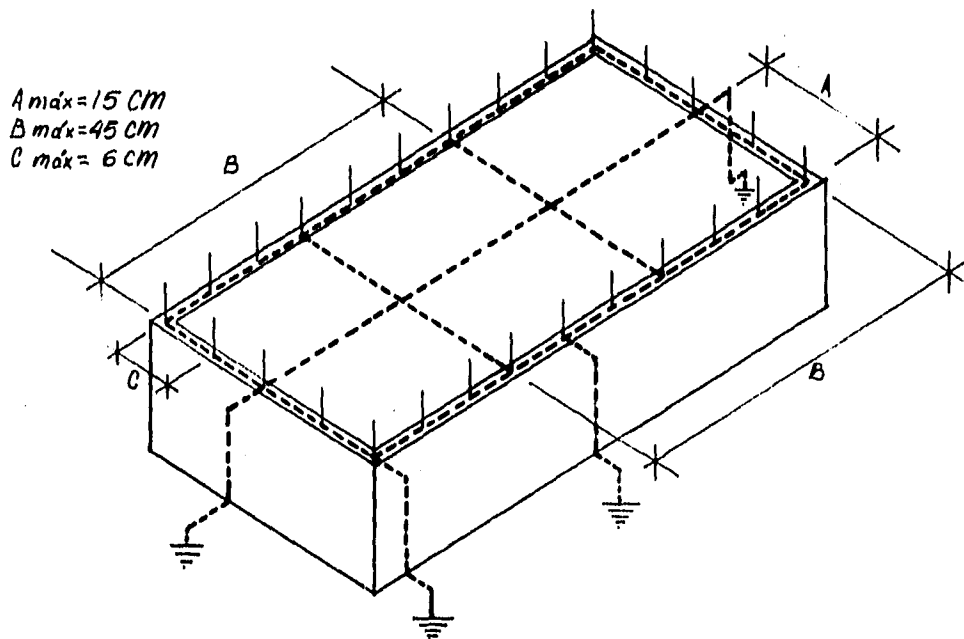


FIG 22. COLOCACIÓN DE VARILLAS EN EDIFICIOS CON ANCHURA SUPERIOR A LOS 15 M

Los conductores para formar la malla, la bajada a tierra y la interconexión de sistemas metálicos que son de la misma medida, deberán estar diseñados y fabricados especialmente para pararrayos. Son cables trenzados con alambres de cobre suave con el calibre, peso y conductividad mínimos como se señalan en seguida:

	Para edificios Clase I	Para edificios Clase II
Calibre mínimo de cada hilo	17 AWG	15 AWG
Peso mínimo del cable por metro	270 gr	550 gr
Conductividad	57 400 CM	115 000 CM
Sección del conductor	29 mm <sup>2</sup>	58 mm <sup>2</sup>

En catálogo aparecen cables para:

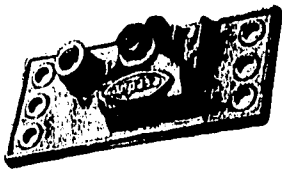
**Clase I:** Cable de cobre 32 hilos calibre 17 AWG, 65.6 MCM con diámetro de 11.9 mm

**Clase II:** Cable de cobre, 28 hilos de 1.7 mm de diámetro cada uno, 122 MCM, diámetro de 13 mm

Además de las puntas y del cable, existen una serie de accesorios tales como: las bases donde se atornillan las puntas; los conectores de distintas configuraciones, rectos, en "T", en cruz, pasa muro, pasa losa, etc; abrazaderas para el cable y para tierra y desconectores de tierra (ver figura 23). Todos estos accesorios son fundidos en aleación de cobre y bronce; pero también pueden ser de aluminio junto con las puntas aéreas de aluminio anodizado, y el cable de bajada también de aluminio hasta el desconector de tierra que cambiará el cable a cobre, ya que estará expuesto a la humedad del terreno; los hilos del cable de aluminio serán para clase I del No. 17 AWG, y para clase II del 14 AWG. Lo único que no se permite es combinar los materiales para que no formen un par galvánico.

3. **Características en la instalación.** Como regla general, las bajadas a tierra deberán ser de doble dirección como mínimo, horizontales y descendentes, nunca poner un cable en forma ascendente, y su recorrido a tierra el más directo posible; sus abrazaderas del cable se pondrán con separación una de otra de 0.90 m como mínimo. Los conductores de bajada deberán estar separados por una distancia promedio de 30 m como máximo. Estos conductores de bajada deberán estar protegidos mediante una tubería de PVC rígida hasta una distancia mínima por arriba del suelo de 1.8 m y aquí tendrá un desconector de tierra que permita realizar lecturas de resistencia a tierra, desconectando el sistema de pararrayos.

Para conectar el sistema de pararrayos al sistema de tierras, la terminal deberá localizarse a partir de 0.60 m de la pared de los cimientos. El diseño, el tamaño, la profundidad, la forma y el número de terminales a tierra ya se trató en el inciso correspondiente a sistemas de tierras.



BASE PARA TECHO DE LAMINA ONDULADA



CONECTOR DE CONTACTO



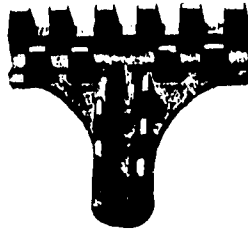
RODILLA NIVELADORA PARA PUNTA



CONECTOR ZAPATA



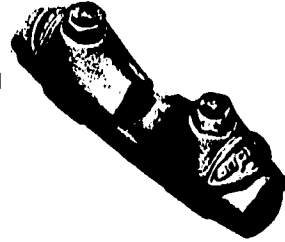
ABRAZADERA PARA CABLE



CONECTOR "T"



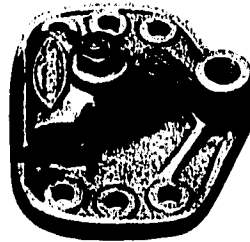
BASE DE PRETIL PARA PUNTA



DESCONECTOR DE TIERRA



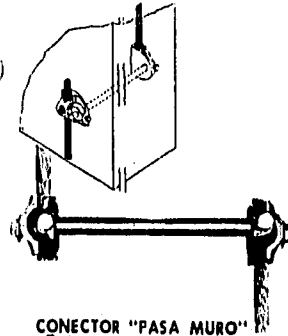
CONECTOR RECTO



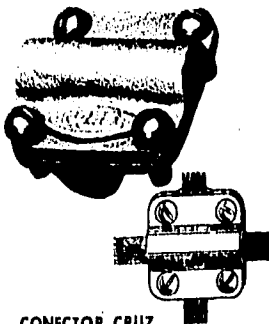
BASE PLANA PARA PUNTA



CONECTOR "T" MECANICO



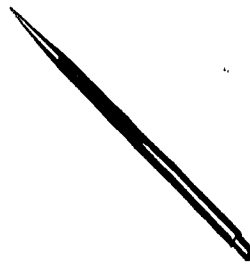
CONECTOR "PASA MURO"



CONECTOR CRUZ



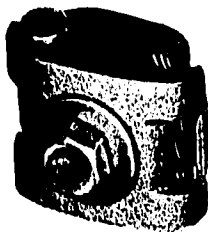
CONECTOR DE TUBERIAS (38 y 31 mm)



PUNTA MACIZA DE COBRE, cromada de 30 Cms.



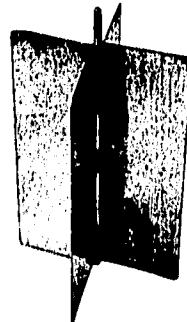
CONECTOR RECTO MECANICO



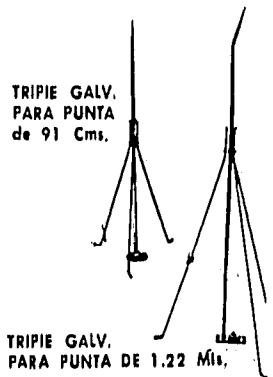
ABRAZADERA PARA TIERRA



BAYONETA PARA TIERRA



REHILETE PARA TIERRA



TRIPIE GALV. PARA PUNTA de 91 Cms.

TRIPIE GALV. PARA PUNTA DE 1.22 Mts.

FIG 23. PUNTAS Y ACCESORIOS PARA PARARRAYOS

Cuando se opta por el tipo de pararrayos activo ionizante, el fabricante prescribe instalar una tierra propia especial en forma de rehilete; este rehilete que ofrecerá una resistencia de 10 ohms, se introducirá en un pozo de 1 x 1 m y 1.5 m de profundidad a una distancia mínima de 3 m del paño perimetral del edificio y estará enterrado en el pozo con una mezcla de carbón y sal en proporción de una parte de sal por tres de carbón, rellenando la parte superior con tierra vegetal (ver figura 24).

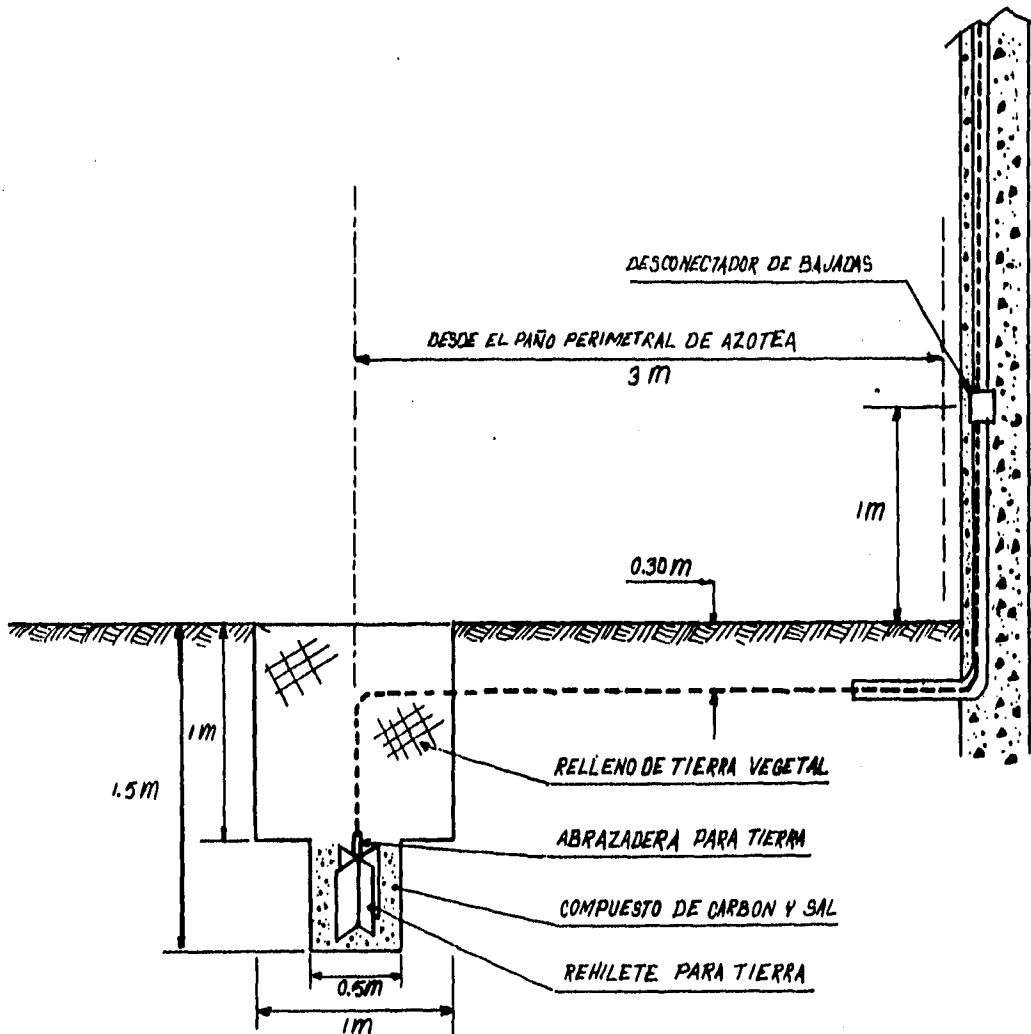


FIG 24. FORMA DE ENTERRAR EL REHILETE

## 5. NORMAS Y REGLAMENTOS

### 5.1 Reglamentos, Normas y Lineamientos Institucionales de Instalaciones Eléctricas

El servicio público de energía eléctrica, ha puesto a la disposición de todas aquellas personas relacionadas con proyectos, ejecución de obras y para los usuarios mismos, un Reglamento de Instalaciones Eléctricas que fue editado el 21 de febrero de 1950. Debido a la evolución tecnológica en la industria eléctrica del país, se ha hecho necesario actualizar las disposiciones legales existentes, por lo que se ha expedido un nuevo ordenamiento regulador acorde con la realidad y avances en la materia.

Para salvaguardar la seguridad de los usuarios y sus pertenencias se han elaborado y están en continuo estudio las Normas Técnicas de Instalaciones Eléctricas, que son un complemento al Reglamento de Instalaciones Eléctricas, y confiere su correcta observación a SECOFI (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial).

Competerá a SECOFI sancionar administrativamente a los usuarios que violen los requisitos fijados por el ordenamiento y sus Normas Técnicas, tomando en cuenta la gravedad del caso y en los términos previstos por la Ley y su Reglamento.

A continuación, presentamos algunos de los artículos de los cuales hemos hecho referencia en el capítulo de Desarrollo del Proyecto de Instalación Eléctrica.

**Artículo 601.6. Dispositivo general de protección contra sobrecorriente.** Además de lo que establece el artículo 601.5, toda subestación de usuario debe contar, en el lado primario, después del equipo de servicio, con un dispositivo general de protección contra sobrecorriente que sea adecuado a la tensión y corriente del servicio y cumpla con lo establecido en los artículos 601.7 y 605.7, referentes a la capacidad nominal o ajuste de disparo, respectivamente.

**Artículo 605.5. Medio de desconexión general.** Toda subestación de usuario debe contar en el lado primario, después del equipo de servicio, con un medio de desconexión general que sea adecuado a la tensión y corriente nominales del servicio. Este medio de desconexión general debe ser de operación simultánea y capaz de abrir el circuito bajo condiciones de carga máxima.

**Artículo 201.10. Localización de la subestación.** El interruptor empleado como medio de desconexión principal del usuario y el dispositivo de protección principal, deben quedar situados en un lugar en el cual sean fácilmente accesibles, próximos al lugar de entrada de la acometida y a una distancia no mayor de 5 m del equipo de medición.

**Artículo 514.2. Autorización de plantas generadoras de usuarios.** La instalación de las plantas de usuarios requiere autorización previa de la Secretaría, para lo cual debe seguirse el procedimiento que ésta fije en los instructivos correspondientes.

**Artículo 514.3. Local para plantas generadoras.** Las plantas generadoras de usuarios deben instalarse en un local especialmente destinado a ellas o en un local que aloje a otro equipo electromecánico, siempre que se delimite el área de la planta con una cerca, con el fin de que tengan acceso sólo personas autorizadas. Dichos locales deben proveer espacio suficiente para la operación y mantenimiento de la planta y contar con ventilación adecuada.

**Artículo 405.3. Arreglo de las barras colectoras y otros conductores.**

- a) Las barras colectoras y otros conductores de los tableros de piso y de pared deben estar localizados de manera que no estén expuestos a daño mecánico y fijados firmemente en su lugar.

- b) La disposición de las barras y otros conductores debe ser tal que se evite el sobrecalentamiento debido a efectos inductivos.
- c) Las terminales para la conexión de los conductores de la carga deben colocarse preferentemente de manera que no sea necesario pasar con dichos conductores a través o por detrás de las barras colectoras.
- d) Se recomienda que la secuencia de fases en las barras colectoras sea A, B, C, desde el frente hacia atrás del tablero o de izquierda a derecha viendo el tablero de frente, según sea la colocación de las mismas barras...

**Artículo 405.19. Número de dispositivos de sobrecorriente en un tablero de pared.** Un tablero de pared para circuitos derivados de alumbrado y contactos debe proveerse de medios físicos para impedir la instalación de un número mayor de dispositivos de sobrecorriente que el número para el cual fue diseñado y aprobado el propio tablero.

Estos tableros no deben contener más de 42 dispositivos de sobrecorriente para circuitos derivados de alumbrado y aparatos, además del dispositivo de protección general.

Para efectos de este artículo, un interruptor automático de dos polos se considerará como dos dispositivos de sobrecorriente y uno de tres polos como tres dispositivos de sobrecorriente.

**Artículo 301.5. Continuidad eléctrica y mecánica de canalizaciones y cubiertas de cables.**

- a) Continuidad eléctrica. Las canalizaciones metálicas y armaduras de cables, así como sus conexiones a cajas, accesorios, gabinetes y similares, deben tener una continuidad eléctrica efectiva a lo largo de todo el sistema de canalización, con una adecuada conexión a tierra como se especifica en la sección 206, subsección D.
- b) Continuidad mecánica. Las canalizaciones y cubiertas de cables deben ser continuas de caja a caja o de accesorio a accesorio.

**Artículo 307.2. Cajas y accesorios para canalizaciones con tubo.** Las cajas redondas no deben usarse donde la tubería o los conectores requieran el empleo de contratuercas y monitores para conectarse al costado de las cajas.

**Artículo 307.3. Cajas no metálicas.** Las cajas no metálicas pueden usarse únicamente en los siguientes métodos de instalación:

- a) Instalación visible sobre aisladores
- b) Instalación con cable con cubierta no metálica
- c) Instalación con tubo no metálico

**Artículo 307.4. Cajas metálicas.** Cuando se utilicen cajas metálicas en instalaciones de los tipos indicados en los incisos a, b y c del artículo anterior, se recomienda que dichas cajas se conecten rígidamente a tierra. Este requisito debe considerarse obligatorio en los baños y cocinas y en los locales húmedos o mojados, tal como lo menciona el artículo 306.10 para las instalaciones con tubo no metálico.

**Artículo 308.2. Uso permitido para ductos metálicos con tapa.** Los ductos metálicos con tapa pueden instalarse en locales secos, en forma de canalización visible o detrás de plafones o similares que permitan el acceso a la canalización. Cuando se instalen expuestos a la intemperie su construcción debe ser a prueba de lluvia.

**Artículo 308.3. Uso no permitido del ducto metálico.** Los ductos metálicos con tapa no deben instalarse:

- a) Cuando estén sujetos a daño mecánico severo
- b) Cuando estén sometidos a vapores o gases corrosivos
- c) En lugares clasificados como peligrosos

**Artículo 513.2. Pruebas y mantenimiento.** Los sistemas de emergencia, a que se refiere esta sección deben probarse periódicamente para asegurar su buen funcionamiento en el momento en que se requieran. Cuando se usen acumuladores, estos deben ser cargados continuamente.

**Artículo 403.3. Identificación de motores.**

- a) Motores de uso normal. Los motores deben estar provistos de placa de datos con la siguiente información, como mínimo:
- a.1) Marca o nombre del fabricante
  - a.2) Tensión nominal en volts y corriente a plena carga en amperes
  - a.3) Frecuencia y número de fases, en motores de corriente alterna, así como el tipo de conexión
  - a.4) Velocidad a plena carga
  - a.5) Elevación nominal de temperatura (en °C) o clase del aislamiento y temperatura ambiente de referencia
  - a.6) Régimen de trabajo (referido al tiempo, en el que el motor puede funcionar a plena carga, sin alcanzar su límite de temperatura). Este régimen puede ser de 5, 15, 30 ó 60 minutos o continuo
  - a.7) Potencia nominal (en C.P. o en KW) para motores de 1/8 de C.P. o mayores
  - a.8) Tensión y corriente a plena carga, secundaria si se trata de un motor de inducción con rotor devanado
  - a.9) Tensión y corriente del campo en el caso de motores síncronos
  - a.10) Tipo de devanado (paralelo, compuesto o serie) en motores de corriente directa

**Artículo 401.21. Alumbrado de luminarios.** El alumbrado de los luminarios, dentro o fuera de ellos, debe estar ordenadamente dispuesto y protegido contra daño mecánico, los conductores deben disponerse de manera que no estén sometidos a temperaturas mayores que las aprobadas para su operación.

**Artículo 401.22. Calibre de los conductores.** Los conductores para luminarios deben ser adecuados a la corriente de operación de los mismos, pero en ningún caso deben ser menores al calibre No. 18 AWG (0.82 mm<sup>2</sup>).

**Artículo 401.23. Aislamiento de los conductores.** Los conductores de luminarios deben tener un aislamiento adecuado para la corriente, tensión y temperatura a la que estén sometidos.

Cuando los luminarios se instalen en lugares húmedos o mojados o de ambiente corrosivo, los conductores deben ser de un tipo aprobado para tales lugares.

**Artículo 205.1. Protección contra sobrecorriente.** En esta sección se establecen requisitos generales para la protección contra sobrecorriente con tensiones nominales de operación hasta de 1 000 volts. Los dispositivos usados comunmente para esta protección son los fusibles, los interruptores automáticos y otros dispositivos diseñados para tal fin.

**Artículo 205.2. Propósito de la protección de sobrecorriente.** La protección contra sobrecorriente para conductores y equipos tiene por objeto interrumpir el circuito cuando la corriente alcance un valor que pueda producir temperaturas excesivas o peligrosas en los conductores o en el aislamiento de los mismos.

**Artículo 205.3. Protección de equipos contra sobrecorriente.** Los equipos deben protegerse contra sobrecorriente de acuerdo con las características propias del equipo de que se trate y de acuerdo con los requisitos que, en su caso, se establecen en otras secciones de estas Normas Técnicas.

**Artículo 205.4. Protección de conductores contra sobrecorriente.** La capacidad o ajuste de los dispositivos que protejan a los conductores contra sobrecorriente, debe estar de acuerdo con el valor de la corriente permisible de los mismos conductores.

Si la corriente permisible en los conductores no corresponde a un fusible u otro dispositivo no ajustable, de capacidad normal, puede usarse el fusible o dispositivo de capacidad inmediata superior, siempre que ésta no exceda del 125% de dicha corriente permisible.

## 5.2 Trámites y autorizaciones para la obtención de la energía eléctrica

### 5.2.1 SECOFI

Como anteriormente lo mencionamos, todo el proyecto de instalación eléctrica y los planos que lo contienen deberán estar basados en las Normas de Instalaciones Eléctricas de SECOFI y de las Normas del Sector Salud. Hasta hace poco, el proyecto debía estar avalado por un perito responsable del proyecto, quien estamparía su firma en cada uno de los planos y presentaría una solicitud a SECOFI para la revisión del proyecto.

Actualmente, es distinto el procedimiento para la aprobación de proyectos y obra eléctrica. Este tiene que ser a través de las "Unidades Verificadoras", que están formadas por un ingeniero que tiene una empresa y que llenó los requisitos para conformarse como Unidad Verificadora. La aprobación para conformarse como Unidad Verificadora ya no la da SECOFI, sino la Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal, a través del Colegio de Ingenieros, quien regula los procedimientos para que una empresa pueda formarse como Unidad Verificadora.

Ahora, cada proyectista, cliente o propietario del proyecto, deben llevar el proyecto una vez terminado a una Unidad Verificadora para ser aprobado.

En el mismo espacio que se reservaba para la aprobación por parte de SECOFI, también se seguirá utilizando para que esta Unidad Verificadora estampe sus sellos y firmas de aprobación.

Un perito responsable del proyecto presenta los planos y corrige lo necesario para su aprobación.

### 5.2.2 CFE (Comisión Federal de Electricidad)

Una vez que ha sido aprobado el proyecto, se presenta el dictamen a la Compañía suministradora de energía, acompañado de una solicitud de presupuesto (SP). En esta solicitud se manifiestan todos los datos del propietario como:

- Dirección de la obra
- Croquis de localización
- Una relación, describiendo las cargas correspondientes para alumbrado, contactos, fuerza y salidas especiales
- Datos del responsable del proyecto.

Con esta información, la Compañía suministradora define:

- El punto de acometida
- El tipo de distribución
- Localización de los transformadores necesarios, o bien, define desde qué subestación eléctrica suministrará la energía solicitada.



En el caso del hospital, motivo de este proyecto, por ubicarse en Uruapan, al solicitarse la solicitud de presupuesto, la CFE, analizará las subestaciones cercanas y definirá si va a llevar líneas en tensión media (13.2 KV) o bien, llevará líneas en alta tensión (115 KV). Y, dependiendo, por ejemplo, si es de 13.2 KV, llevará la línea directamente hasta la subestación del hospital. En el caso de 115 KV, localizarán una subestación, propiedad de CFE para reducir de 115 KV a 13.2 KV.

En el transcurso de la ejecución de la obra, se necesitará hacer una solicitud a CFE para líneas provisionales en baja tensión, con el fin de proporcionar temporalmente energía para los equipos de construcción, como motobombas, rotomartillos, cortadoras, iluminación y cualquier otro equipo eléctrico que se requiera para la construcción.

Cuando ya ha sido construida la subestación eléctrica y se encuentran los equipos en la obra ya instalados, se da aviso a CFE para que coloque la acometida definitiva, los equipos de medición y retire la instalación provisional.

La CFE, definirá el número de visitas que harán sus supervisores con el fin de verificar la calidad de los materiales y de la mano de obra; además de que la ejecución de la instalación sea de acuerdo con los planos del proyecto aprobados por la Unidad Verificadora.

## 6. RELACIÓN DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA CON OTRAS INSTALACIONES

### 6.1 Instalación hidrosanitaria y de gases medicinales

Es importante que haya una coordinación por lo siguiente:

La localización de tableros y nichos para manguera contra incendio y extinguidores, deberá estar en lugares donde no se obstaculice su accionamiento; para los tableros que puedan desconectarse en caso de emergencia y para las mangueras, que tengan fácil acceso y circulación despejada para conducir las hasta el lugar del incendio.

Para el caso de gases medicinales, esto sólo se presenta en terapias intermedias o intensivas y se soluciona diseñando un ducto de encamados con diferentes comunicaciones con el enfermo, esto quiere decir que, las instalaciones eléctricas, de gases medicinales y de comunicación o electrónica, correrán por el ducto de encamados desde el punto de acometida hasta las tomas cercanas del enfermo, pero irán en forma independiente (ver figura 25).

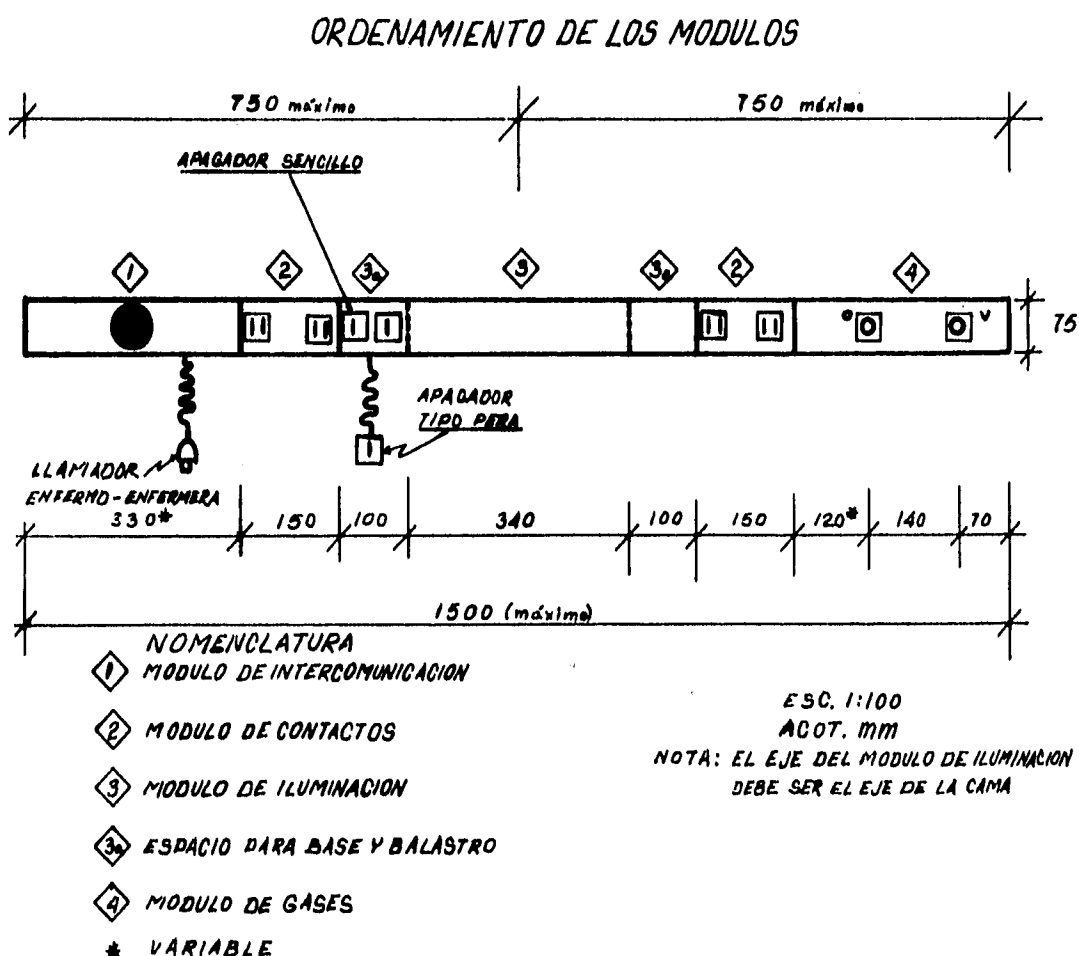


FIG 25. ESPECIFICACIONES GENERALES PARA CONSOLA DE ENCAMADOS

## 6.2 Instalación eléctrica, instalación de telecomunicaciones y redes de tierra

Deberá haber una coordinación entre la instalación eléctrica y las de:

**Sonido.** Las salidas de bocinas deben estar localizadas de acuerdo con la distribución de luminarias y describir la localización de las fuentes de poder que se requieran con el fin de proporcionarles salidas eléctricas de las capacidades necesarias.

**Telefonía.** Definir primero la localización del conmutador telefónico, el área de la operadora y la caja de distribución principal. A cada uno de estos equipos se les proporcionará las salidas eléctricas necesarias de acuerdo con las características requeridas. También es importante ubicar y coordinar ductos verticales en los cuales se podrán localizar cajas de distribución telefónica y los tableros de distribución eléctrica; en algunas ocasiones, se localizan ambas salidas dentro del ducto formando un compartimento con puertas registrables; lo óptimo es que estas dos instalaciones ocupen este ducto, dejando en otro, las instalaciones hidrosanitarias y de aire acondicionado, ya que estas últimas pueden tener fugas de agua y vapor, y quedar expuestas las tuberías eléctricas y de telefonía. En otras ocasiones se localizan los tubos verticales comunes para eléctrica y telefonía, y sólo se localizan en éstas, tuberías de alimentación.

En el caso crítico de tener un sólo ducto vertical para todas las instalaciones, es conveniente colocar en uno de los muros, hidrosanitaria y aire, y en el muro de enfrente, telefonía y eléctrica. En las alimentaciones horizontales que corren a través del falso plafón, pueden seguir la misma trayectoria, telefonía y eléctrica.

**Sistematización.** Cada salida de cómputo requiere un contacto, por eso es indispensable que sea proporcionado el plano de salidas de sistematización para el complemento del proyecto eléctrico.

**Redes de tierra.** Se necesita instalación especial de tierra por los nuevos aparatos que necesitan protección especial contra sobrecargas y para que no vayan a tener regresos de corrientes imprevistas.

## 6.3 Instalación de acondicionamiento de aire, relacionada con la instalación eléctrica

Después de haber coordinado las salidas de extractores con respecto a las salidas de luminarias, se procede a la localización de todos los equipos de aire acondicionado.

Cada equipo llevará un arrancador y un desconectador según se requiera, de acuerdo con las Normas de SECOFI y de acuerdo con las características de los equipos. El proyectista de instalación eléctrica le hará notar al proyectista de aire acondicionado, el voltaje con el cual van a funcionar sus equipos y definirá la localización del tablero de fuerza de acuerdo con el número de cuartos de equipo.

## 6.4 Sistema contra incendio general

El proyectista de hidrosanitaria proporcionará la localización y características de la bomba contra incendio, la cual estará alimentada de la planta de emergencia.

## **7. CONCEPTOS BÁSICOS PARA EL INICIO DE LA EJECUCIÓN EN OBRA**

### **7.1 Especificaciones generales del equipo, materiales y mano de obra**

El proyectista de la instalación eléctrica, deberá proporcionar las especificaciones de los equipos, tales como: subestación eléctrica receptora y transformadora, transformadores, tableros generales, planta de emergencia, tableros de aislamiento para quirófanos, unidades de iluminación, etc. Estas especificaciones deberán contener:

- Dimensiones de cada uno de los equipos (altura, ancho y fondo)
- Características de voltaje
- Capacidades
- Altura de operación sobre el nivel del mar
- Potencias
- Calibre de la lámina para el caso de los gabinetes

Todos estos datos irán acompañados de un croquis esquemático de cada uno, y un diagrama unifilar. Ver el ejemplo tomado de las especificaciones del IMSS que se presenta en el Anexo 2.

Por separado, se deberá presentar una especificación general de recomendaciones y características de los materiales y su forma de localización.

### **7.2 Relación de conceptos y cantidades de obra**

Para la presentación de este listado, se clasificarán todos los materiales por plano y se hará un resumen con las cantidades resultantes indicando el tipo de unidad (pieza, tramo, etc., en unidades del Sistema Métrico Decimal).

A continuación se presenta una relación de conceptos y cantidades para la instalación eléctrica de alumbrado, contactos, fuerza, alimentaciones generales y contactos regulados para la Clínica Hospital en Uruapan, Michoacán.

CONCEPTO	Unidad	Cantidad	Precio Unitario en 1994	Importe
1. Tubo Conduit P.D.G. de 13 mm	Tramo	67		
Tubo Conduit P.D.G. de 19 mm	Tramo	44		
Tubo Conduit P.D.G. de 25 mm	Tramo	2		
Tubo Conduit P.D.G. de 38 mm	Tramo	20		
Tubo Conduit P.D.G. de 51 mm	Tramo	7		
2. Conector P.D.G. de 13 mm	Pieza	174		
Conector P.D.G. de 19 mm	Pieza	76		
Conector P.D.G. de 25 mm	Pieza	10		
Conector P.D.G. de 38 mm	Pieza	12		
Conector P.D.G. de 51 mm	Pieza	4		
3. Codo Conduit P.D.G. de 25 mm	Pieza	2		
Codo Conduit P.D.G. de 38 mm	Pieza	4		
Codo Conduit P.D.G. de 51 mm	Pieza	4		
4. Cople Conduit P.D.G. de 13 mm	Pieza	7		
Cople Conduit P.D.G. de 19 mm	Pieza	5		
Cople Conduit P.D.G. de 25 mm	Pieza	4		
Cople Conduit P.D.G. de 38 mm	Pieza	10		
Cople Conduit P.D.G. de 51 mm	Pieza	9		
5. Caja redonda galvanizada	Pieza	35		
Caja cuadrada galvanizada de 19 mm	Pieza	71		
Caja cuadrada galvanizada de 25 mm	Pieza	2		
Caja chalupa galvanizada	Pieza	25		
Caja cuadrada galv. 30 x 30 x 15 cm	Pieza	3		
Caja telefónica galv. 56 x 28 x 13 cm	Pieza	1		
Tapa ciega galvanizada redonda	Pieza	35		
Tapa ciega galvanizada de 19 mm	Pieza	35		
Sobretapa sencilla galv. de 19 mm	Pieza	36		
Sobretapa sencilla galv. de 25 mm	Pieza	12		
6. Apagador sencillo, marca Quinzifio	Pieza	16		
Contacto Duplex polarizado, marca Arrow-Hart, Cat. 5250M	Pieza	49		

CONCEPTO	Unidad	Cantidad	Precio Unitario en 1994	Importe
7. Placa de 1 ventana, marca Quinzifio	Pieza	1		
Placa de 2 ventanas, marca Quinzifio	Pieza	6		
Placa de 3 ventanas, marca Quinzifio	Pieza	1		
Placa Duplex para contacto, marca Arrow-Hart	Pieza	39		
Placa telefónica, marca Quinzifio	Pieza	14		
Placa ciega	Pieza	10		
8. Cable Vinanel 900 antillama No. 12 AWG	Metros	470		
Cable Vinanel 900 antillama No. 10 AWG	Metros	600		
Cable Vinanel 900 antillama No. 4 AWG	Metros	250		
Cable de cobre desnudo No. 12	Metros	100		
Cable de cobre desnudo No. 8	Metros	75		
Cable de cobre desnudo No. 4	Metros	75		
9. Soldadura	Kg	1.5		
Soldarina	Tubo	3		
Cinta de hule	Rollo	12		
Cinta de aislar	Rollo	15		
Compuesto lubricante	Litros	1.5		
Alambre galvanizado No. 14	Kg	2		
10. Ducto Legrand de 2 x 7 cm	Metros	33		
Codo Legrand	Pieza	4		
Placa cierre Legrand	Pieza	1		
11. Luminaria Dicrolca 12 V, 50 W	Pieza	46		
Lámpara fluorescente de 13 W	Pieza	3		
12. Tablero "B" tipo NAIB-18-4AB 3F, 4 H, 220/127 V, tipo de empotrar, formado por:				
1 Int. Term. principal de 3 P x 70 A				
3 Int. Term. derivados de 1 P x 15 A				
5 Int. Term. derivados de 1 P x 30 A				
1 Int. Term. derivado de 3 P x 30 A				
3 Int. Term. derivados de 1 P x 30 A (reserva)	Pieza	1		
13. Tablero "TD" tipo NAIB-12-4L 3F, 4H, 220/127 V, tipo de empotrar formado por:				
Zapatas principales de 100 A	Pieza	1		
8 Int. Term. derivados de 1 P x 30 A				

CONCEPTO	Unidad	Cantidad	Precio Unitario en 1994	Importe
14. Regulador de voltaje automático Solatrón trifásico, conexión Estrella 60 Hz de 7.5 KVA, voltaje de línea 127 V + 20%, fase a neutro, voltaje de salida 127 V +-1%, fase neutro No. de Cat. 32-06-275	Pieza	1		
15. Interruptor de seguridad, tipo navaja, marca Square'D, Nema 1, de 3 P x 200 A	Pieza	1		
Interruptor de seguridad, tipo navaja, marca Square'D, Nema 1, de 3 P x 60 A	Pieza	1		
Fusibles renovables 220 V, 175 A	Pieza	3		
Fusibles renovables 220 V, 50 A	Pieza	3		
16. Receptáculo de baquelita, marca Arrow Hart, Cat. 3430, 30 A, 250 V	Pieza	2		
17. Clavija de baquelita blindada, marca Arrow Hart, Cat. 3431-N	Pieza	2		
18. Varios y materiales menores no especificados	Lote	1		

### 7.3 Análisis de precios unitarios

El siguiente, es un ejemplo de un análisis de precios unitarios, el cual consta de un listado de materiales, con unidad, cantidad, precios unitarios y el importe total:

Los precios unitarios, se obtienen multiplicando los precios cotizados por un factor deducido después de haber sumado el importe del total de materiales, con la partida de varios, y el importe de la mano de obra; además de sumarle un porcentaje de los gastos generales y utilidad que en término medio es de un 30%.

#### OBRA: CLÍNICA HOSPITAL URUAPAN

	CONCEPTO	Unidad	Cantidad	Precio Unitario a 1994	Importe
1.1	Tubo conduit P.G.G. de 25 mm	tramo	35	45.31	1 585.85
	Tubo conduit P.G.G. de 32 mm	tramo	195	58.36	11 380.20
	Tubo conduit P.G.G. de 38 mm	tramo	68	75.92	5 162.56
	Tubo conduit P.G.G. de 51 mm	tramo	72	104.30	7 509.69
	Tubo conduit P.G.G. de 101 mm	tramo	46	405.19	18 638.74
1.2	Codo conduit P.G.G. de 25 mm	pieza	8	9.13	73.04
	Codo conduit P.G.G. de 32 mm	pieza	28	15.06	421.68
	Codo conduit P.G.G. de 38 mm	pieza	16	19.12	305.92
	Codo conduit P.G.G. de 51 mm	pieza	14	28.64	400.96
	Codo conduit P.G.G. de 101 mm	pieza	4	237.18	948.72
1.3	Cople conduit P.G.G. de 25 mm	pieza	20	256	51.20
	Cople conduit P.G.G. de 32 mm	pieza	66	4.00	264.00
	Cople conduit P.G.G. de 38 mm	pieza	38	4.79	182.02
	Cople conduit P.G.G. de 51 mm	pieza	35	7.54	263.90
	Cople conduit P.G.G. de 101 mm	pieza	12	69.28	831.36
1.4	Monitor fundido de 25 mm	pieza	14	1.26	17.64
	Monitor fundido de 32 mm	pieza	58	1.87	108.46
	Monitor fundido de 38 mm	pieza	28	2.79	78.12
	Monitor fundido de 51 mm	pieza	16	3.37	53.92
	Monitor fundido de 101 mm	pieza	6	21.35	128.10
1.5	Contratuera troquelada de 25 mm	pieza	28	0.66	18.48
	Contratuera troquelada de 32 mm	pieza	116	1.33	154.28
	Contratuera troquelada de 38 mm	pieza	56	1.61	90.16
	Contratuera troquelada de 51 mm	pieza	32	2.54	81.28
	Contratuera troquelada de 101 mm	pieza	12	16.01	192.12
1.6	Cable THW N° 8 AWG	metro	300	4.51	1 353.00
	Cable THW N° 6 AWG	metro	800	6.24	4 992.00
	Cable THW N° 4 AWG	metro	800	9.73	7 784.00
	Cable THW N° 2 AWG	metro	1600	15.35	24 560.00
	Cable THW N° 1/0 AWG	metro	850	24.67	20 969.50
	Cable THW N° 500 MCM	metro	540	118.16	63 806.40
	Cable desnudo N° 12 AWG	metro	200	1.42	284.00
	Cable desnudo N° 10 AWG	metro	100	2.32	232.00
	Cable desnudo N° 8 AWG	metro	600	3.65	2 190.00
	Cable desnudo N° 4 AWG	metro	140	8.90	1 246.00



CONCEPTO		Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Importe
1.7	Ducto cuadrado embisagrado 15x15 cm, LD-65, marca Square'D	tramo	2	135.70	271.40
	Tapa cierre LD-6 CP	pieza	2	19.38	38.76
	Caja especial de 25x25x10 cm	pieza	3	59.32	177.96
	Caja especial de 60x60x20 cm	pieza	6	296.59	1 779.54
	Caja especial de 30x30x15 cm	pieza	1	177.96	177.96
	Caja condulet C.H.D, Cat. L-47, con tapa y empaque de neopreno	pieza	18	72.13	1 298.34
1.8	Soporte I, formado como sigue: 60 cm de canal Unistrut de 4 x 4 cm 2 varillas roscadas de 1 m por 3/8" 8 tuercas hexagonales de 3/8" 8 roldanas de 3/8" 2 trapecios ajustables para varilla de 3/8" 10 abrazaderas p/canal Unistrut de 25 mm 20 abrazaderas p/canal Unistrut de 32 mm 20 abrazaderas p/canal Unistrut de 38 mm 30 abrazaderas p/canal Unistrut de 51 mm 4 taquetes expansor de 3/8 x 1 1/2" con tornillo	pieza	10	424.48	4 244.80
1.9	Soporte II, formado como sigue: 60 cm de canal Unistrut de 4x4 cm 2 varillas roscadas de 1 m x 3/8" 8 tuercas hexagonales de 3/8" 8 roldanas de 3/8" 2 trapecios ajustables p/varilla de 3/8" 24 abrazaderas p/canal Unistrut de 51 mm 24 abrazaderas p/canal Unistrut de 38 mm 24 abrazaderas p/canal Unistrut de 32 mm 24 abrazaderas p/canal Unistrut de 25 mm 4 taquetes expansor de 3/8 x 1 1/2" con tornillo	pieza	8	497.61	3 980.88
1.10	Soporte III, formado como sigue: 30 cm de canal Unistrut de 4x4 cm 2 varillas roscadas de 1 m x 3/8" 8 tuercas hexagonales de 3/8" 8 roldanas de 3/8" 2 trapecios ajustables p/varilla de 3/8" 34 abrazaderas p/canal Unistrut de 101 mm 34 abrazaderas p/canal Unistrut de 51 mm 34 abrazaderas p/canal Unistrut de 32 mm 4 taquetes expansor de 3/8" x 1 1/2" con tornillo	pieza	34	778.02	26 452.68

CONCEPTO	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Importe
1.11 Soporte IV, formado como sigue: 30 cm de canal Unistrut de 4x4 cm 2 varillas roscadas de 1 m x 3/8" 8 tuercas exagonales de 3/8" 8 roldanas de 3/8" 2 trapecios ajustables p/varilla de 3/8" 9 abrazaderas p/canal Unistrut de 101 mm 9 abrazaderas p/canal Unistrut de 51 mm 18 abrazaderas p/canal Unistrut de 32 mm 4 taquetes expansor de 3/8" x 1 1/2" con tornillo	pieza	12	289.24	3 470.88
1.12 Soporte V, formado como sigue: 20 cm de canal Unistrut de 4x4 cm 2 varillas roscadas de 1 m x 3/8" 8 tuercas exagonales de 3/8" 8 roldanas de 3/8" 2 trapecios ajustables p/varilla de 3/8" 9 abrazaderas p/canal Unistrut de 51 mm 18 abrazaderas p/canal Unistrut de 32 mm 4 taquetes expansor de 3/8 x 1 1/2" con tornillo	pieza	9	180.21	1 621.89
1.13 Soporte VI, formado como sigue: 15 cm de canal Unistrut de 4x4 cm 2 varillas roscadas de 1 m x 3/8" 6 tuercas exagonales de 3/8" 8 roldanas de 3/8" 2 trapecios ajustables p/varilla de 3/8" 22 abrazaderas p/canal Unistrut de 32 mm 4 taquetes expansor de 3/8" x 1 1/2" con tornillo	pieza	11	143.03	1 573.33
1.14 Soporte VII, formado como sigue: 15 cm de canal Unistrut de 4x4 cm 2 varillas roscadas de 1 m x 3/8" 8 tuercas exagonales de 3/8" 8 roldanas de 3/8" 2 trapecios ajustables p/varilla de 3/8" 22 abrazaderas p/canal Unistrut de 32 mm 4 taquetes expansor de 3/8" x 1 1/2" con tornillo	pieza	8	143.03	1 144.24
1.15 Soporte individual, formado como sigue: 1 varilla roscada de 1 m x 3/8" 1 taquete expansor de 3/8" x 1 1/2" 1 anillo forjado ajustable de 51 mm 1 tuerca exagonal de 3/8" 1 roldana de 3/8"	pieza	5	19.93	99.65

CONCEPTO	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Importe
1.16 Soporte individual, formado como sigue: 1 varilla roscada de 1 m x 3/8" 1 taquete expansor de 3/8 x 1 1/2" 1 anillo forjado ajustable de 38 mm 1 tuerca exagonal de 3/8" 1 roldana de 3/8"	pieza	3	19.05	57.15
1.17 Soporte individual, formado como sigue: 1 varilla roscada de 1 m x 3/8" 1 taquete expansor de 3/8 x 1 1/2" 1 anillo forjado ajustable de 25 mm 1 tuerca exagonal de 3/8" 1 roldana de 3/8"	pieza	2	18.74	37.48
1.18 Soporte para caja de registro: 4 varillas roscadas de 1 m x 3/8" 4 taquetes expansor de 3/8 x 1 1/2" 4 tuercas exagonales de 3/8"	pieza	10	35.30	353.00
1.19 Varios y materiales menores no especificados	lote	1	5 000.00	5 000.00
<b>TOTAL DE MATERIALES + VARIOS + MANO DE OBRA</b> 94 049.78 + 3 846.15 + 77 595.72 = 175 491.65 + GASTOS GENERALES Y UTILIDAD (30%) + 52 647.50 = \$ 228 139.15				
<b>TOTAL DE LA PARTIDA 1:</b>				<b>\$228 139.15</b>

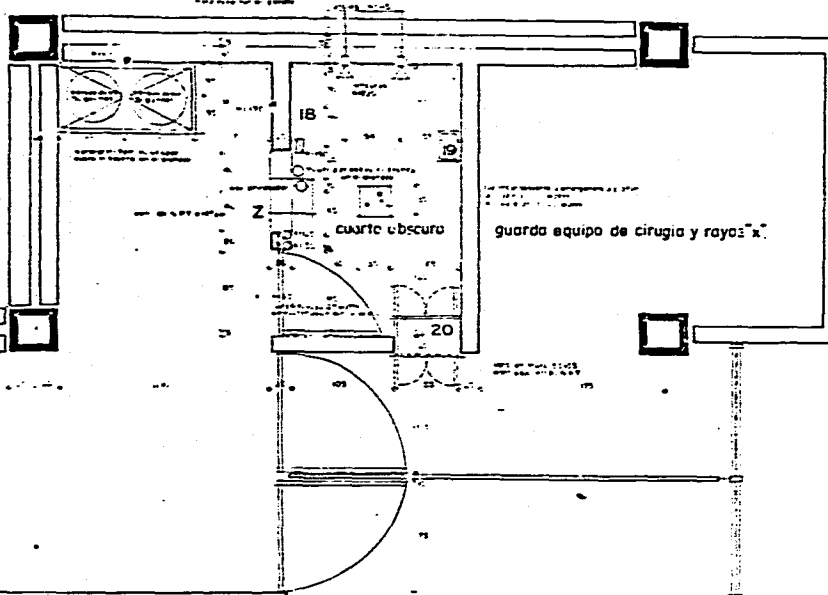
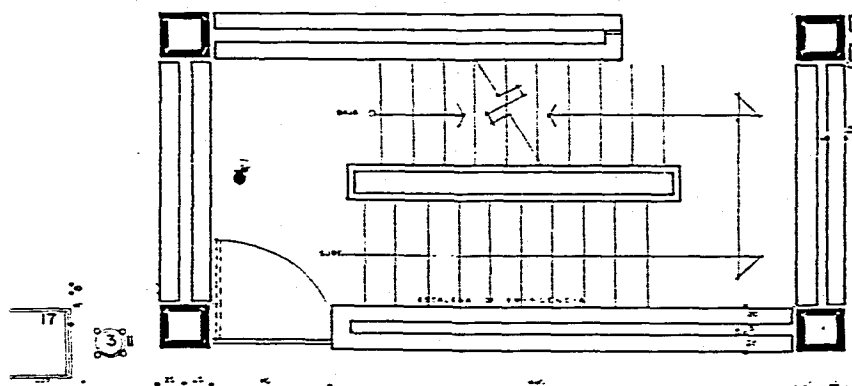
**8. MEMORIA DE CÁLCULO**

**8.1 Guías mecánicas**

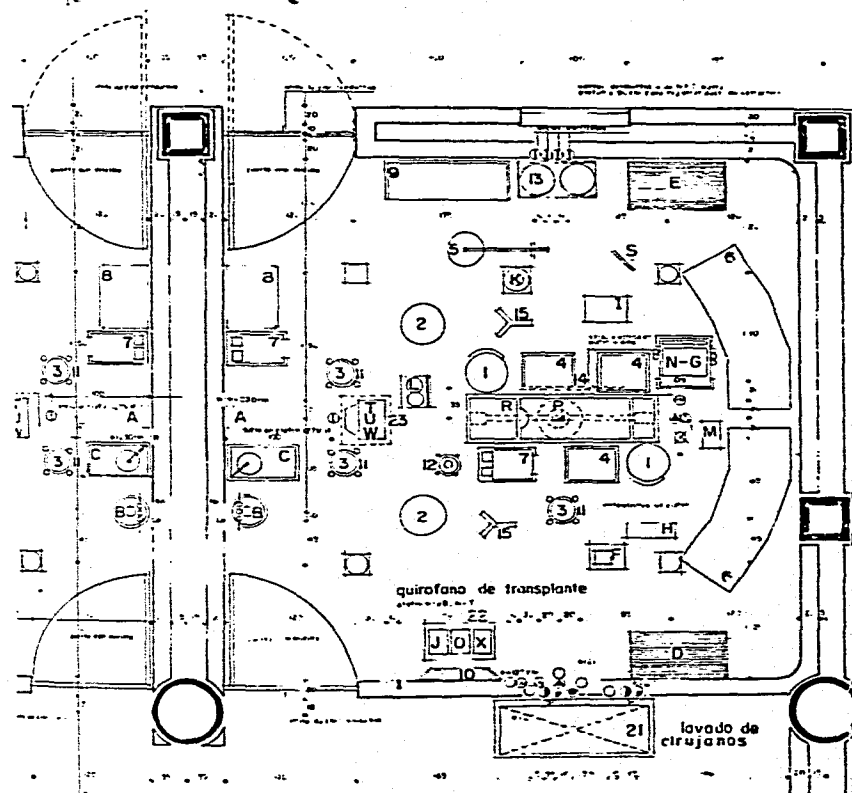
**8.1.1 Plano: Guía Mecánica de Quirófanos**

**8.1.2 Plano: Guía Mecánica de Encamados**





área gris



área blanca

Nº	ARTICULO	CODIFICACION	QTY
1	silla alta giratoria.	511-914-0069	4
2	banco giratorio.	513-108-0102	4
3	cubeta de 12 litros de acero inoxidable.	513-254-7754	8
4	escritorio de 63 x 120 cm.	513-352-3125	6
5	lavadora de emergencia con botona para cargar de sobrepasar en pared.	513-567-0151	4
6	mesa (silla).	513-621-1407	4
7	mesa (silla).	513-621-1603	4
8	mesa (silla).	513-621-1576	4
9	mesa para instrumental de cirugía.	513-034-0004	2
10	reguladora de pared (lavado de espaldas).	513-731-0208	2
11	portacubierta rodante.	513-777-7315	2
12	porta gases rodante.	513-777-7315	2
13	porta letras dobles.	513-777-7315	2
14	portalaparatos (alternativa A).	513-777-7315	2
15	portanochetas rodante.	513-997-0055	2
16	mesa alta 180cm con resaca y freidora derecha.	513-021-1967	1
17	mesa alta 180cm con resaca y freidora izquierda.	513-021-1991	1
18	mesa de carga y descarga.	513-621-1106	1
19	cesto para papales.	511-111-7221	1
20	pesajuntas tipo transfer.	513-021-1967	1
21	lavabo doble para cirujano.	513-021-1967	1
22	carro para estufas electricas.	513-567-0179	1
23	rejilla sujeta a platin (para TV y video).	S/C	NUN
<b>EQUIPO</b>			
A	mesa electrica para quirófano de acero inoxidable.	521-774-cb 01	NUN
B	aspirador ultrasonico para uso quirurgico.	531-081-0022	NUN
C	aspirador electrico gastrico succion suave ultrasonico.	531-091-0766	NUN
D	unidad de quirófano (3 modulos).	S/C	NUN
E	unidad de quirófano (4 modulos).	S/C	NUN
F	regulador continuo en linea de circulación extra-corporea.	S/C	NUN
G	regulador de tiempo de coagulación activado para anticoagulación durante cirugía de corazón.	S/C	NUN
H	biocompatibilidad modelo 540 para equipo de circulación extracorporea.	S/C	NUN
I	carro con cables para perfusión (esterril).	S/C	NUN
J	computadora de gasto cardiaco.	S/C	NUN
K	de la respiración portátil "sonnet" modelo 2201.	S/C	NUN
L	escografía bidimensional en tiempo real.	S/C	NUN
M	receptor de radiografía portatil de 12 superficies.	S/C	NUN
N	carro de anestesia diseñado para la inducción y mantenimiento de la anestesia.	S/C	NUN
O	carro de succion (esterril).	S/C	NUN
P	estufa de cirugía mayor, control de gases.	S/C	NUN
Q	telescopios de 36" de longitud.	S/C	NUN
R	lampara de cirugía mayor con un brazo.	S/C	NUN
S	relección de 24" de longitud.	S/C	NUN
T	mesa de cirugía mayor (alternativa electrica).	S/C	NUN
U	placaron banco para platin.	S/C	NUN
V	sistema circuito cerrado de tv cámara de video.	S/C	NUN
W	sistema circuito cerrado de tv cámara de video.	S/C	NUN
X	sistema circuito cerrado de tv cámara de video.	S/C	NUN
Y	sistema de contraindicación por bombas electricas.	S/C	NUN
Z	transmisor de voz.	S/C	NUN
AA	regulador automatico x-omas tipo M-6.	S/C	NUN

SIMBOLOGIA		QTY	QTY
1	alimentación de agua fria.	13	51
2	alimentación de agua caliente.	13	51
3	desagüe hembra en muro.	26	51
4	placa de carga.	11	51
5	placa de carga.	10	51
6	placa de carga.	10	51
7	placa de carga.	10	51
8	placa de carga.	10	51
9	placa de carga.	10	51
10	placa de carga.	10	51
11	placa de carga.	10	51
12	placa de carga.	10	51
13	placa de carga.	10	51
14	placa de carga.	10	51
15	placa de carga.	10	51
16	placa de carga.	10	51
17	placa de carga.	10	51
18	placa de carga.	10	51
19	placa de carga.	10	51
20	placa de carga.	10	51

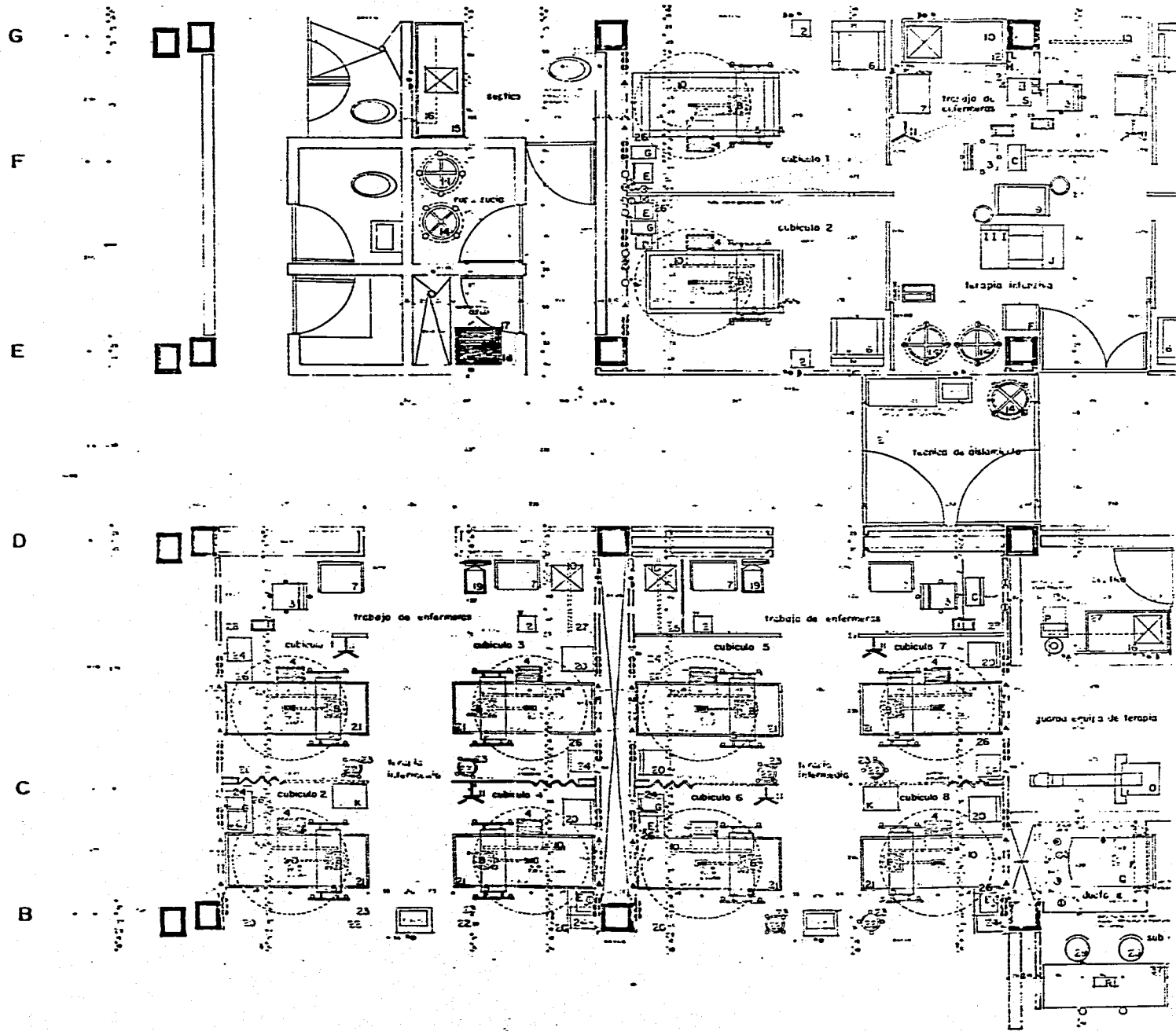
NOTAS	
<p>Las notas de este plano son:</p> <p>1. Las notas de este plano son:</p> <p>2. Las notas de este plano son:</p> <p>3. Las notas de este plano son:</p> <p>4. Las notas de este plano son:</p> <p>5. Las notas de este plano son:</p> <p>6. Las notas de este plano son:</p> <p>7. Las notas de este plano son:</p> <p>8. Las notas de este plano son:</p> <p>9. Las notas de este plano son:</p> <p>10. Las notas de este plano son:</p> <p>11. Las notas de este plano son:</p> <p>12. Las notas de este plano son:</p> <p>13. Las notas de este plano son:</p> <p>14. Las notas de este plano son:</p> <p>15. Las notas de este plano son:</p> <p>16. Las notas de este plano son:</p> <p>17. Las notas de este plano son:</p> <p>18. Las notas de este plano son:</p> <p>19. Las notas de este plano son:</p> <p>20. Las notas de este plano son:</p>	

.1 Plano: Guía mecánica de quirófanos

17 18

19

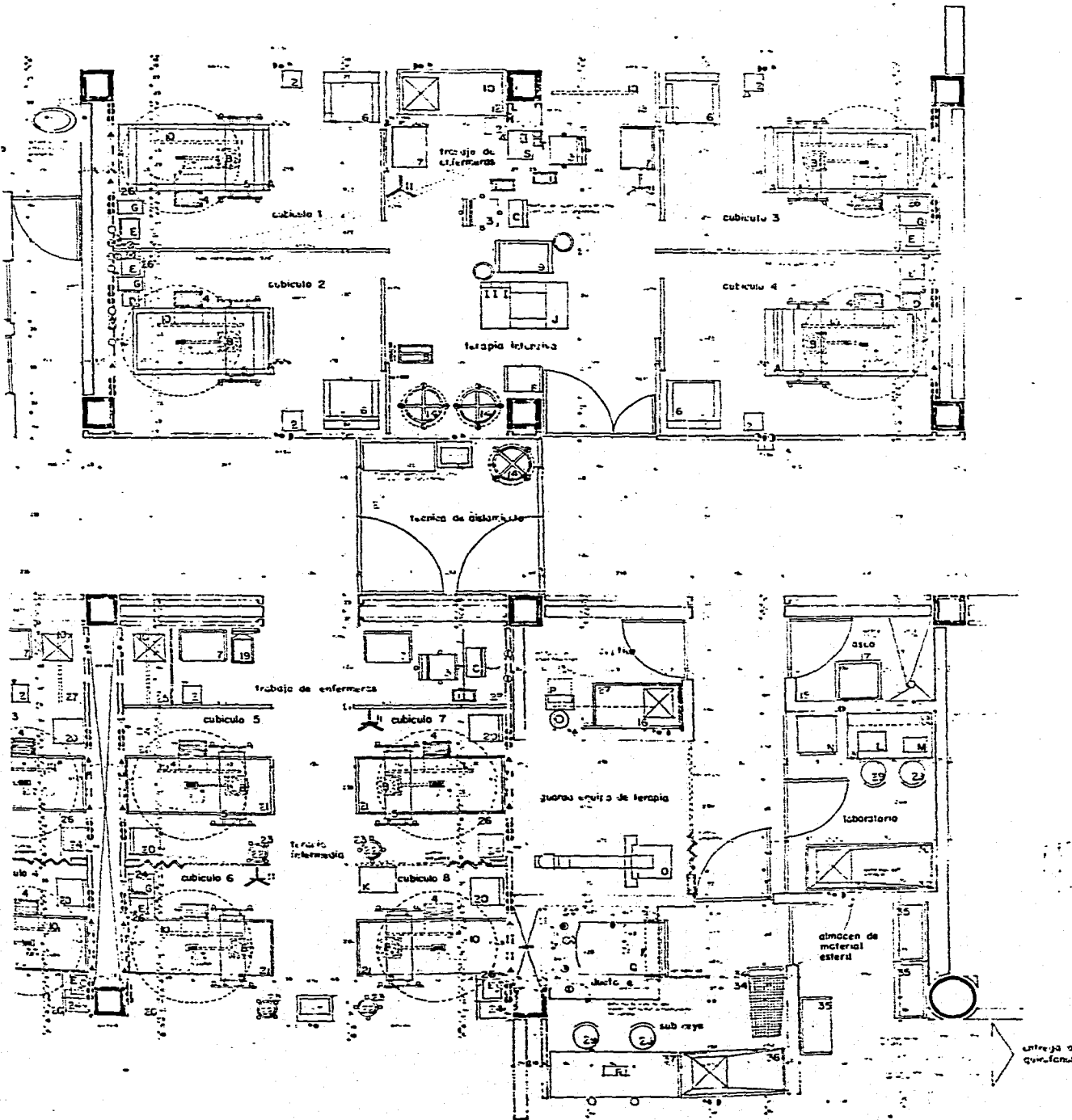
20



19

20

21



76	ARTICULO	COLOCACION	CANT
1	carro para cuberos	513 232 0022	4
2	base para cuberos con pesas	513 138 0056	8
3	carro para cuberos	513 214 0200	4
4	encimera de 2 pedales	513 252 0105	12
5	mesa puente	513 221 1632	12
6	soporte para cuberos (movible)	513 234 0052	4
7	mesa puente	513 221 1603	6
8	mesa puente	513 221 1405	1
9	carro para cuberos	513 214 0308	1
10	carro para cuberos	513 214 0308	1
11	portabedidas rodante	513 207 0053	1
12	mesa alta de 150 cm con respaldo y frep de	513 221 1933	1
13	mesa alta de 150 cm con cubo de laminado plastico	513 221 1930	1
14	carro para rod. ruedas	513 181 0456	1
15	mesa alta de 150 cm c. frepadero central y c. apoya	513 221 0555	1
16	soporte para cuberos	513 261 0053	1
17	carro de cubo en forma de tiera	513 180 0104	1
18	encimera alta de 90 cm	513 213 0057	1
19	botique con estacionamiento	513 180 0054	1
20	carro fijo con estante integral	513 414 0101	1
21	carro para cuberos	513 214 0103	1
22	carro de 12 tra. de ca.	513 254 0054	1
23	carro para cuberos	513 231 0305	1
24	carro de 12 tra. de ca.	513 254 0054	1
25	mesa alta de 120 cm c. frep y frep der	513 221 0803	1
26	mesa alta de 120 cm c. frep y frep der	513 221 0811	1
27	base estacionaria y guarda superior de 120x54x73 cm	089 010	2
28	carro para cuberos con respaldo	513 258 0052	1
29	mesa alta de 150 cm c. frep der	513 221 1933	1
30	mesa alta de 150 cm con cubo de ca.	513 221 1933	1
31	carro de 12 tra. de ca. con cubo de ca.	513 254 0054	1
32	carro de 12 tra. de ca. con cubo de ca.	513 254 0054	1
33	carro de 12 tra. de ca. con cubo de ca.	513 254 0054	1
34	carro de 12 tra. de ca. con cubo de ca.	513 254 0054	1
35	carro de 12 tra. de ca. con cubo de ca.	513 254 0054	1
36	carro de 12 tra. de ca. con cubo de ca.	513 254 0054	1
37	carro de 12 tra. de ca. con cubo de ca.	513 254 0054	1
38	carro de 12 tra. de ca. con cubo de ca.	513 254 0054	1
39	carro de 12 tra. de ca. con cubo de ca.	513 254 0054	1
40	carro de 12 tra. de ca. con cubo de ca.	513 254 0054	1
41	carro de 12 tra. de ca. con cubo de ca.	513 254 0054	1
42	carro de 12 tra. de ca. con cubo de ca.	513 254 0054	1
43	carro de 12 tra. de ca. con cubo de ca.	513 254 0054	1
44	carro de 12 tra. de ca. con cubo de ca.	513 254 0054	1
45	carro de 12 tra. de ca. con cubo de ca.	513 254 0054	1
46	carro de 12 tra. de ca. con cubo de ca.	513 254 0054	1
47	carro de 12 tra. de ca. con cubo de ca.	513 254 0054	1
48	carro de 12 tra. de ca. con cubo de ca.	513 254 0054	1
49	carro de 12 tra. de ca. con cubo de ca.	513 254 0054	1
50	carro de 12 tra. de ca. con cubo de ca.	513 254 0054	1

L	EQUIPO	COLOCACION	CANT
A	carro electrico	513	4
B	carro de estacionamiento	513	12
C	carro de 12 tra. de ca.	513	4
D	carro de 12 tra. de ca.	513	1
E	carro de 12 tra. de ca.	513	1
F	carro de 12 tra. de ca.	513	1
G	carro de 12 tra. de ca.	513	1
H	carro de 12 tra. de ca.	513	1
I	carro de 12 tra. de ca.	513	1
J	carro de 12 tra. de ca.	513	1
K	carro de 12 tra. de ca.	513	1
L	carro de 12 tra. de ca.	513	1
M	carro de 12 tra. de ca.	513	1
N	carro de 12 tra. de ca.	513	1
O	carro de 12 tra. de ca.	513	1
P	carro de 12 tra. de ca.	513	1
Q	carro de 12 tra. de ca.	513	1
R	carro de 12 tra. de ca.	513	1
S	carro de 12 tra. de ca.	513	1
T	carro de 12 tra. de ca.	513	1
U	carro de 12 tra. de ca.	513	1
V	carro de 12 tra. de ca.	513	1
W	carro de 12 tra. de ca.	513	1
X	carro de 12 tra. de ca.	513	1
Y	carro de 12 tra. de ca.	513	1
Z	carro de 12 tra. de ca.	513	1

ESPECIFICACIONES ESTERILIZADOR 24x36x36		cm	cm
1	carro fijo	15	124
2	carro fijo	19	124
3	carro fijo con cubo de ca.	19	124
4	carro fijo con cubo de ca.	19	124
5	carro fijo con cubo de ca.	19	124
6	carro fijo con cubo de ca.	19	124
7	carro fijo con cubo de ca.	19	124
8	carro fijo con cubo de ca.	19	124
9	carro fijo con cubo de ca.	19	124
10	carro fijo con cubo de ca.	19	124

ESPECIFICACIONES ESTERILIZADOR LAMINADOS		cm	cm
1	carro fijo de 12 tra. de ca.	20	116
2	carro fijo de 12 tra. de ca.	20	116
3	carro fijo de 12 tra. de ca.	20	116
4	carro fijo de 12 tra. de ca.	20	116
5	carro fijo de 12 tra. de ca.	20	116

NOTAS TECNICAS	
1	carro fijo de 12 tra. de ca.
2	carro fijo de 12 tra. de ca.
3	carro fijo de 12 tra. de ca.
4	carro fijo de 12 tra. de ca.
5	carro fijo de 12 tra. de ca.

SIMBOLOGIA		Ø mm	h cm
1	carro fijo de 12 tra. de ca.	12	20
2	carro fijo de 12 tra. de ca.	12	20
3	carro fijo de 12 tra. de ca.	12	20
4	carro fijo de 12 tra. de ca.	12	20
5	carro fijo de 12 tra. de ca.	12	20
6	carro fijo de 12 tra. de ca.	12	20
7	carro fijo de 12 tra. de ca.	12	20
8	carro fijo de 12 tra. de ca.	12	20
9	carro fijo de 12 tra. de ca.	12	20
10	carro fijo de 12 tra. de ca.	12	20
11	carro fijo de 12 tra. de ca.	12	20
12	carro fijo de 12 tra. de ca.	12	20
13	carro fijo de 12 tra. de ca.	12	20
14	carro fijo de 12 tra. de ca.	12	20
15	carro fijo de 12 tra. de ca.	12	20
16	carro fijo de 12 tra. de ca.	12	20
17	carro fijo de 12 tra. de ca.	12	20
18	carro fijo de 12 tra. de ca.	12	20
19	carro fijo de 12 tra. de ca.	12	20
20	carro fijo de 12 tra. de ca.	12	20
21	carro fijo de 12 tra. de ca.	12	20
22	carro fijo de 12 tra. de ca.	12	20
23	carro fijo de 12 tra. de ca.	12	20
24	carro fijo de 12 tra. de ca.	12	20
25	carro fijo de 12 tra. de ca.	12	20
26	carro fijo de 12 tra. de ca.	12	20
27	carro fijo de 12 tra. de ca.	12	20
28	carro fijo de 12 tra. de ca.	12	20
29	carro fijo de 12 tra. de ca.	12	20
30	carro fijo de 12 tra. de ca.	12	20
31	carro fijo de 12 tra. de ca.	12	20
32	carro fijo de 12 tra. de ca.	12	20
33	carro fijo de 12 tra. de ca.	12	20
34	carro fijo de 12 tra. de ca.	12	20
35	carro fijo de 12 tra. de ca.	12	20
36	carro fijo de 12 tra. de ca.	12	20
37	carro fijo de 12 tra. de ca.	12	20
38	carro fijo de 12 tra. de ca.	12	20
39	carro fijo de 12 tra. de ca.	12	20
40	carro fijo de 12 tra. de ca.	12	20
41	carro fijo de 12 tra. de ca.	12	20
42	carro fijo de 12 tra. de ca.	12	20
43	carro fijo de 12 tra. de ca.	12	20
44	carro fijo de 12 tra. de ca.	12	20
45	carro fijo de 12 tra. de ca.	12	20
46	carro fijo de 12 tra. de ca.	12	20
47	carro fijo de 12 tra. de ca.	12	20
48	carro fijo de 12 tra. de ca.	12	20
49	carro fijo de 12 tra. de ca.	12	20
50	carro fijo de 12 tra. de ca.	12	20

NOTAS	
1	carro fijo de 12 tra. de ca.
2	carro fijo de 12 tra. de ca.
3	carro fijo de 12 tra. de ca.
4	carro fijo de 12 tra. de ca.
5	carro fijo de 12 tra. de ca.
6	carro fijo de 12 tra. de ca.
7	carro fijo de 12 tra. de ca.
8	carro fijo de 12 tra. de ca.
9	carro fijo de 12 tra. de ca.
10	carro fijo de 12 tra. de ca.
11	carro fijo de 12 tra. de ca.
12	carro fijo de 12 tra. de ca.
13	carro fijo de 12 tra. de ca.
14	carro fijo de 12 tra. de ca.
15	carro fijo de 12 tra. de ca.
16	carro fijo de 12 tra. de ca.
17	carro fijo de 12 tra. de ca.
18	carro fijo de 12 tra. de ca.
19	carro fijo de 12 tra. de ca.
20	carro fijo de 12 tra. de ca.
21	carro fijo de 12 tra. de ca.
22	carro fijo de 12 tra. de ca.
23	carro fijo de 12 tra. de ca.
24	carro fijo de 12 tra. de ca.
25	carro fijo de 12 tra. de ca.
26	carro fijo de 12 tra. de ca.
27	carro fijo de 12 tra. de ca.
28	carro fijo de 12 tra. de ca.
29	carro fijo de 12 tra. de ca.
30	carro fijo de 12 tra. de ca.
31	carro fijo de 12 tra. de ca.
32	carro fijo de 12 tra. de ca.
33	carro fijo de 12 tra. de ca.
34	carro fijo de 12 tra. de ca.
35	carro fijo de 12 tra. de ca.
36	carro fijo de 12 tra. de ca.
37	carro fijo de 12 tra. de ca.
38	carro fijo de 12 tra. de ca.
39	carro fijo de 12 tra. de ca.
40	carro fijo de 12 tra. de ca.
41	carro fijo de 12 tra. de ca.
42	carro fijo de 12 tra. de ca.
43	carro fijo de 12 tra. de ca.
44	carro fijo de 12 tra. de ca.
45	carro fijo de 12 tra. de ca.
46	carro fijo de 12 tra. de ca.
47	carro fijo de 12 tra. de ca.
48	carro fijo de 12 tra. de ca.
49	carro fijo de 12 tra. de ca.
50	carro fijo de 12 tra. de ca.

ESCALA GRAFICA	
1	carro fijo de 12 tra. de ca.
2	carro fijo de 12 tra. de ca.
3	carro fijo de 12 tra. de ca.
4	carro fijo de 12 tra. de ca.
5	carro fijo de 12 tra. de ca.
6	carro fijo de 12 tra. de ca.
7	carro fijo de 12 tra. de ca.
8	carro fijo de 12 tra. de ca.
9	carro fijo de 12 tra. de ca.
10	carro fijo de 12 tra. de ca.
11	carro fijo de 12 tra. de ca.
12	carro fijo de 12 tra. de ca.
13	carro fijo de 12 tra. de ca.
14	carro fijo de 12 tra. de ca.
15	carro fijo de 12 tra. de ca.
16	carro fijo de 12 tra. de ca.
17	carro fijo de 12 tra. de ca.
18	carro fijo de 12 tra. de ca.
19	carro fijo de 12 tra. de ca.
20	carro fijo de 12 tra. de ca.
21	carro fijo de 12 tra. de ca.
22	carro fijo de 12 tra. de ca.
23	carro fijo de 12 tra. de ca.
24	carro fijo de 12 tra. de ca.
25	carro fijo de 12 tra. de ca.
26	carro fijo de 12 tra. de ca.
27	carro fijo de 12 tra. de ca.
28	carro fijo de 12 tra. de ca.
29	carro fijo de 12 tra. de ca.
30	carro fijo de 12 tra. de ca.
31	carro fijo de 12 tra. de ca.
32	carro fijo de 12 tra. de ca.
33	carro fijo de 12 tra. de ca.
34	carro fijo de 12 tra. de ca.
35	carro fijo de 12 tra. de ca.
36	carro fijo de 12 tra. de ca.
37	carro fijo de 12 tra. de ca.
38	carro fijo de 12 tra. de ca.
39	carro fijo de 12 tra. de ca.
40	carro fijo de 12 tra. de ca.
41	carro fijo de 12 tra. de ca.
42	carro fijo de 12 tra. de ca.
43	carro fijo de 12 tra. de ca.
44	carro fijo de 12 tra. de ca.
45	carro fijo de 12 tra. de ca.
46	carro fijo de 12 tra. de ca.
47	carro fijo de 12 tra. de ca.
48	carro fijo de 12 tra. de ca.
49	carro fijo de 12 tra. de ca.
50	carro fijo de 12 tra. de ca.

2 Plano: Guía mecánica de encamados



**8.2 Memoria técnico descriptiva y cálculos de niveles de iluminación y de alimentadores****8.2.1 Memoria técnico descriptiva de la Clínica-Hospital Uruapan, Michoacán, de 94 camas**

Los planos que realizamos, son de áreas de exteriores, como alimentaciones generales en alta y baja tensión, alumbrado exterior y subestaciones.

Se solicitó acometida eléctrica de una subestación de CFE, con el fin de cubrir las necesidades de energía.

El suministro de energía en alta tensión para Michoacán es de 13.2 KV.

La baja tensión es de 220 V, con este voltaje se calcularon las alimentaciones desde cada subestación derivada hasta los tableros de distribución localizados en los edificios.

Se instalará en la subestación derivada una planta de emergencia.

La subestación derivada se propone con el siguiente equipo:

- a) Cuchilla de paso
- b) Seccionador
- c) Transformadores en aceite
- d) Planta de emergencia y su tanque de día
- e) Tableros de baja tensión, tipo autosoportado
- f) Tarimas de madera
- g) Sistemas de Tierras
- h) Equipo de seguridad y maniobras tales como extinguidores, guantes de alta tensión y bastón para maniobras

El alumbrado exterior está resuelto con postes de 7 m de altura y lámparas de vapor de sodio en alta presión de 400 W.

Minuta de la junta celebrada con los arquitectos proyectistas para la coordinación de espacios eléctricos, localización de subestación eléctrica y criterios generales de iluminación, además de fechas de inicio de obra eléctrica y programa calendarizado de trabajos a ejecutar.

1. La subestación receptora se localizará por el estacionamiento a no más de 5 m de la banqueta.
2. La subestación derivada será localizada junto a la casa de máquinas.
3. Los criterios de iluminación serán a base de lámparas ahorradoras de 13 W y lámparas fluorescentes de 34 W para áreas médicas.

8.2.2 Cálculos de niveles de iluminación para el proyecto eléctrico de la Clínica-Hospital en Uruapan, Mich.

OBRA: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

CÁLCULOS DE ILUMINACIÓN										
LOCAL	DIMENSIONES DEL CUARTO				FACTORES REF. FACTORES				NIVEL REQ. EN LUXES	NUM. DE LUMINARIOS
	Local	Área	I.C.	C.U.	F.M.	Lúmenes	Fac. ref.			
Citotecnólogos (4 - 1 x 60W)	6.00 x 3.50	21 m <sup>2</sup>	H	0.42	0.65	24 000			312 x m <sup>2</sup>	1
Histología (2 - 1 x 34W)	5.00 x 2.00	10 m <sup>2</sup>	I	0.37	0.65	6 000			144 x m <sup>2</sup>	1
Citología (4 - 1 x 34W)	5.00 x 3.00	15 m <sup>2</sup>	H	0.42	0.65	12 000			218 x m <sup>2</sup>	1
Identificación y 1/2 Ref. (2 - 1 x 34W)	2.20 x 3.20	7.04 m <sup>2</sup>	I	0.37	0.65	6 000	1.7		348.45 x m <sup>2</sup>	2
Taller plomería (2 - 1 x 34W)	3.50 x 3.10	10.85 m <sup>2</sup>	I	0.37	0.65	6 000	1.7		226.09 x m <sup>2</sup>	2
Taller general (6 - 1 x 34W)	7.20 x 3.40	24.48 m <sup>2</sup>	G	0.47	0.65	18 000	1.7		381.87 x m <sup>2</sup>	2
Anatomía patológica (6 - 1 x 34W)	4.80 x 4.80	23.04 m <sup>2</sup>	G	0.47	0.65	18 000	1.7		405.74 x m <sup>2</sup>	2
Area secretarial (4 - 1 x 34W)	4.00 x 4.40	17.6 m <sup>2</sup>	H	0.42	0.65	6 000	1.7		158.21 x m <sup>2</sup>	2
Jefe de sección (2 - 1 x 34W)	2.20 x 4.40	9.68 m <sup>2</sup>	I	0.37	0.65	6 000	1.7		253.41 x m <sup>2</sup>	2
Apoyo técnico (4 - 1 x 34W)	6.30 x 3.50	22.05 m <sup>2</sup>	H	0.42	0.65	12 000	1.7		252.57 x m <sup>2</sup>	2
Apoyo (2 - 1 x 34W)	3.60 x 2.10	7.56 m <sup>2</sup>	I	0.37	0.65	6 000	1.7		327.48 x m <sup>2</sup>	2
Taller aire acondicionado (4 - 1 x 34W)	4.00 x 3.50	14.00 m <sup>2</sup>	H	0.42	0.65	12 000	1.7		397.8 x m <sup>2</sup>	2
Guarda equipo electromédico (2 - 13W)	3.00 x 2.50	8.70 m <sup>2</sup>	J	0.84	0.65	1 800			112.96 x m <sup>2</sup>	1
Circulación (2 - 13W)	2.20 x 3.60	7.92 m <sup>2</sup>	I	0.77	0.65	1 800			113.75 x m <sup>2</sup>	1
Circulación (4 - 13W)	7.30 x 2.20	16.06 m <sup>2</sup>	H	0.70	0.65	3 600			101.99 x m <sup>2</sup>	1
Ingeniería biomédica (6 - 1 x 34W)	4.80 x 6.40	30.72 m <sup>2</sup>	G	0.47	0.65	18 000	1.7		304.30 x m <sup>2</sup>	2
Archivo laminillas (4 - 1 x 34W)	1.40 x 8.40	11.76 m <sup>2</sup>	H	0.42	0.65	12 000	1.7		473.57 x m <sup>2</sup>	2
Servicios generales (3 - 1 x 34W)	7.20 x 2.40	17.28 m <sup>2</sup>	H	0.42	0.65	9 000			142.18 x m <sup>2</sup>	1

8.2.3 Cálculo de alimentadores

## MEMORIA TÉCNICA

OBRA: Clínica-Hospital de Especialidades Uruapan, MichoacánFECHA: Febrero/94TABLERO "A" TIPO NA1B-24-4AB      3 F, 4 H,      220/127 VLocalizado en: Valoración

Alimentado de:

P -            17 700 W  
 I<sub>r</sub> -          54,7 A  
 Int -         1,25 x 54,7 = 68,4 A      3 P.70 A  
 Longitud -   26 m  
 Caída -      1% = 2.2 V

CÁLCULO DEL ALIMENTADOR

a) Por corriente            55 A            No. 6  
 b) Por caída              (22,5 mm<sup>2</sup>)      No. 2  
 c) Por capacidad y agrupamiento      No. 2

ALIMENTADOR - 4-2    1-8 Cud    51 mmTABLERO "AE" TIPO NA1B-18-4AB      3 F, 4 H,      220/127 VLocalizado en: Valoración

Alimentado de:

P -            10 400 W  
 I<sub>r</sub> -          32,2 A  
 Int -         1,25 x 32,2 = 40,2 A      3 P.40 A  
 Longitud -   26 m  
 Caída -      1% = 2.2 V

CÁLCULO DEL ALIMENTADOR

a) Por corriente            33 A            No. 8  
 b) Por caída              (13,5 mm<sup>2</sup>)      No. 6  
 c) Por capacidad y agrupamiento      No. 6

ALIMENTADOR - 4-6    1-10 Cud    32 mm

## MEMORIA TÉCNICA

OBRA: Clínica Hospital Uruapan, MichoacánFECHA: Febrero/94TABLERO "B" TIPO NA1B-24-4AB    3 F, 4 H,    220/127 VLocalizado en: Hidroterapia

Alimentado de:

P -            15 203 W  
 I, -           47 A  
 Int -         1,25 x 47 = 58,8 A         3 P, 70 A  
 Longitud -   28 m  
 Caída -       1% = 2.2 V

CÁLCULO DEL ALIMENTADOR

- a) Por corriente            47 A            No. 6  
 b) Por caída                (20,6 mm<sup>2</sup>)       No. 4  
 c) Por capacidad y agrupamiento       No. 4

ALIMENTADOR - 4-4    1-8 Cud    38 mmTABLERO "BE" TIPO NA1B-24-4AB    3 F, 4 H,    220/127 VLocalizado en: Hidroterapia

Alimentado de:

P -            12 929 W  
 I, -           40 A  
 Int -         1,25 x 40,50 A         3 P, 50 A  
 Longitud -   28 m  
 Caída -       1% = 2.2 V

CÁLCULO DEL ALIMENTADOR

- a) Por corriente            40 A            No. 8  
 b) Por caída                (17,6 mm<sup>2</sup>)       No. 4  
 c) Por capacidad y agrupamiento       No. 4

ALIMENTADOR - 4-4    1-8 Cud    38 mm<sup>2</sup>

## MEMORIA TÉCNICA

OBRA: Clinica Hospital de Especialidades Uruapan, Michoacán      FECHA: Febrero/94

TABLERO "C" TIPO NA1B-18-4AB      3 F, 4 H,      220/127 V

Localizado en: Tratamiento

Alimentado de:

P -            9 800 W  
 I<sub>r</sub> -          30.3 A  
 Int -         1.25 x 30.3 = 37.9 A      3 P.40 A  
 Longitud -   8 m  
 Caída -      1% = 2.2 V

### CÁLCULO DEL ALIMENTADOR

- a) Por corriente            31 A            No. 8  
 b) Por caída              (3.9 mm<sup>2</sup>)      No. 8  
 c) Por capacidad y agrupamiento      No. 8

ALIMENTADOR - 4-8    1-10 Cud    25 mm

TABLERO "CE" TIPO NA1B-08-3AB      2 F, 3 H,      220/127 V

Localizado en: Tratamiento

Alimentado de:

P -            3 300 W  
 I<sub>r</sub> -          18 A  
 Int -         1.25 x 18 = 22 A    2 P.30 A  
 Longitud -   8 m  
 Caída -      1% = 2.2 V

### CÁLCULO DEL ALIMENTADOR

- a) Por corriente            18 A            No. 10  
 b) Por caída              (2.6 mm<sup>2</sup>)      No. 10  
 c) Por capacidad y agrupamiento      No. 10  
 d) Conductor mínimo a utilizarse      No. 8

ALIMENTADOR - 3-8    1-10 Cud    25 mm

## MEMORIA TÉCNICA

OBRA: Clínica Hospital de especialidades Uruapan, MichoacánFECHA: Febrero/94TABLERO "D" TIPO NA1B-18-4AB    3 F, 4 H,    220/127 VLocalizado en: Evaluación y desarrollo

Alimentado de:

P:            12 700 W  
 I<sub>r</sub>:         39.3 A  
 Int:        1.25 x 39.3 = 49.1 A    3 P, 50 A  
 Longitud:    55 m  
 Caída:       1% = 2.2 V

CÁLCULO DEL ALIMENTADOR

- a) Por corriente            40 A            No. 8  
 b) Por caída              (34.6 mm<sup>2</sup>)    No. 1/0  
 c) Por capacidad y agrupamiento    No. 1/0

ALIMENTADOR - 4-1/0 1-8 Cud    51 mmTABLERO "DE" TIPO NA1B-12-4AB    3 F, 4 H,    220/127 VLocalizado en: Evaluación y desarrollo

Alimentado de:

P -            6 000 W  
 I<sub>r</sub> -         18.5 A  
 Int -        1.25 x 18.5 = 23.2 A    3 P.30 A  
 Longitud -    55 m  
 Caída -       1% = 2.2 V

CÁLCULO DEL ALIMENTADOR

- a) Por corriente            19 A            No. 10  
 b) Por caída              (16.4 mm<sup>2</sup>)    No. 4  
 c) Por capacidad y agrupamiento    No. 4

ALIMENTADOR - 4-4    1-10Cud    38 mm

## MEMORIA TÉCNICA

OBRA: Clínica Hospital de Especialidades Uruapan, Michoacán      FECHA: Febrero/94

TABLERO "F" TIPO NA1B-30-4 AB      3 F, 4 H,      220/127 V

Localizado en: Servicios generales

Alimentado de:

P -            24 000 W  
 I<sub>r</sub> -          74.3 A  
 Int -         1.25 x 74.3 = 92.8 A      3 P.100 A  
 Longitud -   19 m  
 Caída -       2% = 4.4 V

### CÁLCULO DEL ALIMENTADOR

a) Por corriente            75 A            No. 4  
 b) Por caída                (11.2 mm<sup>2</sup>)      No. 6  
 c) Por capacidad y agrupamiento      No. 4

ALIMENTADOR - 4-4    1-8 Cud      38 mm

TABLERO "FE" TIPO NA1B-30-4 AB      3 F, 4 H,      220/127 V

Localizado en: Servicios generales

Alimentado de:

P -            15 900 W  
 I<sub>r</sub> -          49.2 A  
 Int -         1.25 x 49.2 = 61.5 A      3 P.70 A  
 Longitud -   19 m  
 Caída -       2% = 4.4 V

### CÁLCULO DEL ALIMENTADOR

a) Por corriente            50 A            No. 6  
 b) Por caída                (7.5 mm<sup>2</sup>)      No. 8  
 c) Por capacidad y agrupamiento      No. 6

ALIMENTADOR - 4-6    1-8 Cud      32 mm

## MEMORIA TÉCNICA

OBRA: Clínica-Hospital de Especialidades Uruapan, MichoacánFECHA: Febrero/94TABLERO "G" TIPO NA1B-12-4 AB    3 F, 4 H,    220/127 VLocalizado en: Gobierno

Alimentado de:

P =        9 000 WI<sub>r</sub> =        27.8 AInt =        1.25 x 27.8 = 34.8 A        3 P.40 ALongitud = 61 mCaída =     1% = 2.2 VCÁLCULO DEL ALIMENTADORa) Por corriente        28 A        No. 10b) Por caída        (26.8 mm<sup>2</sup>)    No. 2c) Por capacidad y agrupamiento        No. 2ALIMENTADOR = 4-2    1-8 Cud    51 mmTABLERO "GE" TIPO NA1B-12-4 AB    3 F, 4 H,    220/127 VLocalizado en: Gobierno

Alimentado de:

P =        5 200 WI<sub>r</sub> =        16 AInt =        1.25 x 16 = 20.1 A        3 P.20 ALongitud = 61 mCaída =     1% = 2.2 VCÁLCULO DEL ALIMENTADORa) Por corriente        16 A        No. 10b) Por caída        (15.3 mm<sup>2</sup>)    No. 4c) Por capacidad y agrupamiento        No. 4ALIMENTADOR = 4-4    1-10 Cud    38 mm



## MEMORIA TÉCNICA

## ALUMBRADO EXTERIOR

$$16 \times 300 \text{ W} = 4\ 800 \text{ W}$$

$$4 \times 300 \text{ W} = 1\ 200$$

$$\text{TOTAL} = 6\ 000 \text{ W}$$

$$P = \underline{6\ 000 \text{ W}}$$

$$I_r = \underline{18.5 \text{ A}}$$

$$\text{Int} = \underline{1.25 \times 18.5 = 23.2 \text{ A}} \quad \underline{3P.30 \text{ A}}$$

$$\text{Longitud} = \underline{135 \text{ m}}$$

$$\text{Caída} = \underline{3\% = 6.6 \text{ V}}$$

CÁLCULO DEL ALIMENTADOR

- a) Por corriente  $\underline{19 \text{ A}}$   $\underline{\text{No. 10}}$   
 b) Por caída  $\underline{13.4 \text{ mm}^2}$   $\underline{\text{No. 6}}$   
 c) Por capacidad y agrupamiento  $\underline{\text{No. 6}}$

ALIMENTADOR =  $\underline{3-6}$   $\underline{1-10 \text{ Cud}}$   $\underline{32 \text{ mm}}$   $\underline{\text{PVC}}$

## EQUIPO DE RAYOS X FIJO

$$P = \underline{45 \text{ KVA}}$$

$$\text{Factor de demanda} = \underline{0.6}$$

$$P = \underline{27 \text{ KVA}}$$

$$I_r = \underline{70.8 \text{ A}}$$

$$\text{Int} = \underline{1.25 \times 70.8 = 89 \text{ A}} \quad \underline{3 \text{ P.100 A}}$$

$$\text{Longitud} = \underline{108 \text{ m}}$$

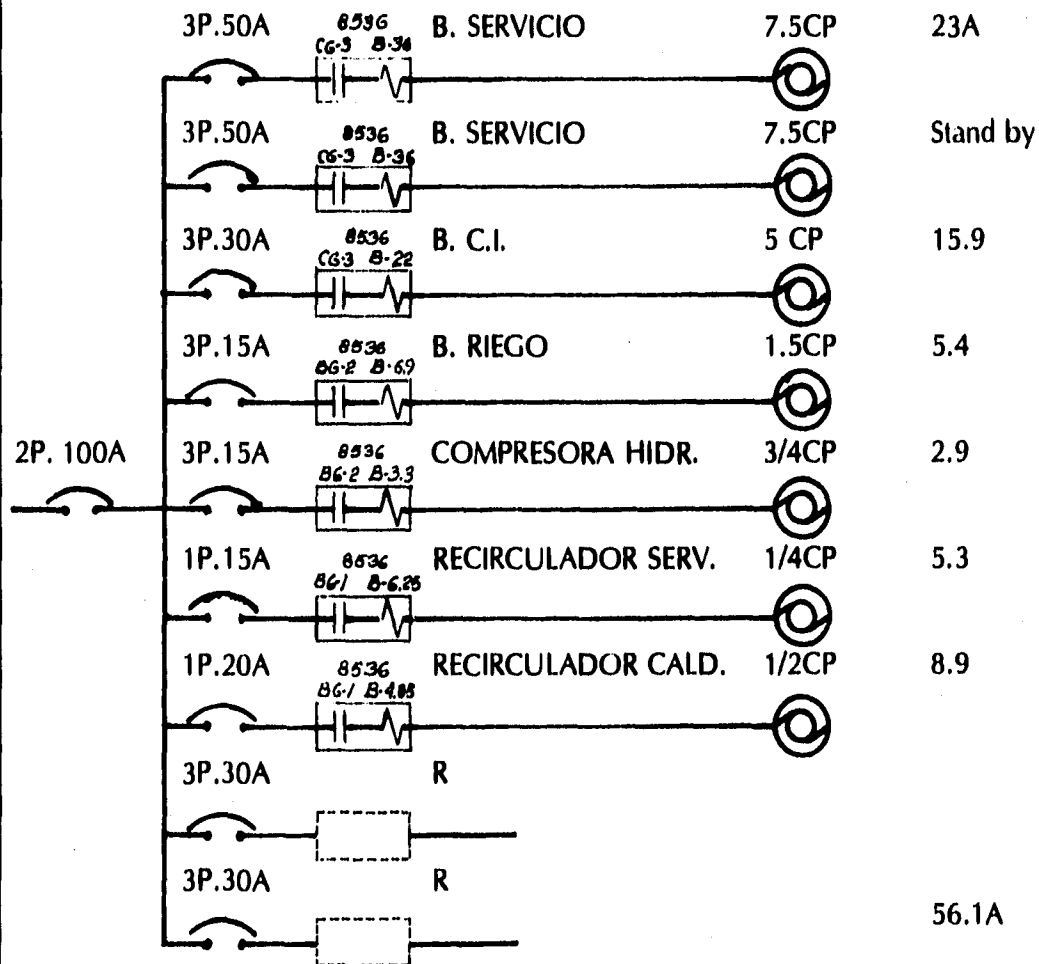
$$\text{Caída} = \underline{2.5\% = 5.5 \text{ V}}$$

CÁLCULO DEL ALIMENTADOR

- a) Por corriente  $\underline{71 \text{ A}}$   $\underline{\text{No. 4}}$   
 b) Por caída  $\underline{(48.2 \text{ mm}^2)}$   $\underline{\text{No. 1/0}}$   
 c) Por recomendaciones del fabricante  $\underline{\text{No. 3/0;}}$   
 $\underline{3-3/0}$   $\underline{1-6}$   $\underline{1-6 \text{ Cud}}$   $\underline{64 \text{ mm}}$

MEMORIA TÉCNICA

CASA DE MÁQUINAS HIDRÁULICA TAB. FZA - 1



$P = 16\,775\text{ W}$   
 $I_r = 1.25(23) + 1(56.1 - 23)$   
 $I_r = 28.75 + 33.1 = 61.85$   
 $I_A = 50 + 33.1 = 83.1\text{ A}$      3 P.100 A  
 Longitud = 17 m  
 Caída = 3% = 6.6 V

CÁLCULO DEL ALIMENTADOR

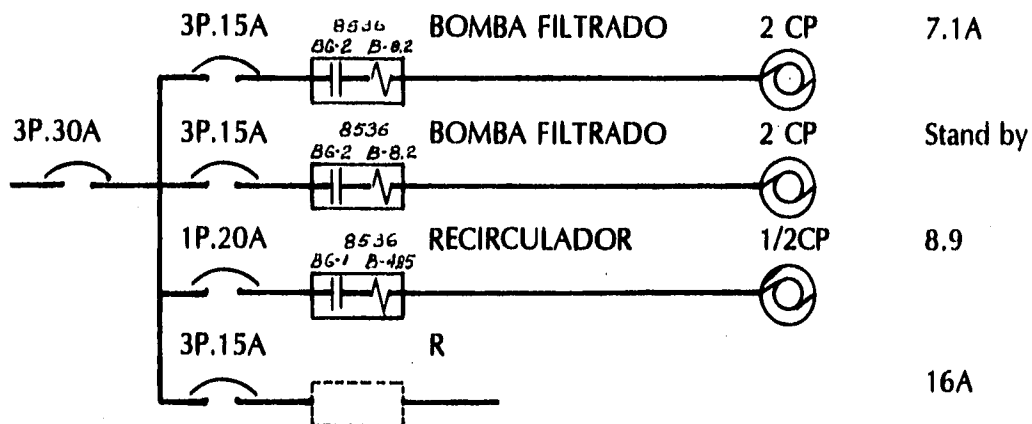
- a) Por corriente     62 A     No. 6
- b) Por caída        (5.5 mm<sup>2</sup>)     No. 8
- c) Por capacidad y agrupamiento     No. 6

ALIMENTADOR = 3-6    1-8    1-8 Cud    32 mm

## MEMORIA TÉCNICA

## FUERZA HIDRÁULICA TANQUE TERAPÉUTICO FZA - 2

SERVICIO EMERGENCIA: Localizado junto al Tanque Terapéutico



$$\begin{aligned}
 P &= 325.2 \text{ W} \\
 I_r &= \frac{1.25 (8.9) + 1 (16 - 8.9)}{1} \\
 I_r &= 11.12 + 7.1 = 18.22 \text{ A} \\
 I_{\lambda} &= \frac{20 + 7.1}{1} = 27.1 \text{ A} \quad \underline{3 \text{ P.30 A}} \\
 \text{Longitud} &= 35 \text{ m} \\
 \text{Caída} &= 3\% = 6.6 \text{ V}
 \end{aligned}$$

CÁLCULO DEL ALIMENTADOR

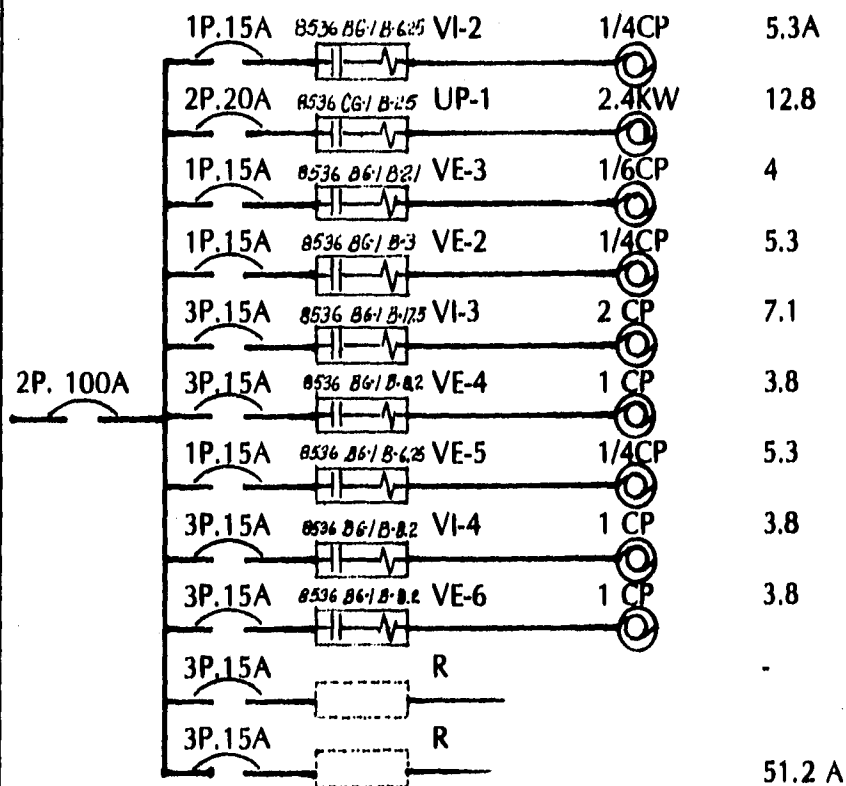
- a) Por corriente  $\frac{19 \text{ A}}{\text{No. 12}}$   
 b) Por caída  $\frac{3.5 \text{ mm}^2}{\text{No. 10}}$   
 c) Conductor mínimo a utilizarse  $\underline{\text{No. 8}}$

ALIMENTADOR - 3-8 1-10 1-10 Cud 25 mm

## MEMORIA TÉCNICA

## TABLERO FZA. A.A. TRATAMIENTO FZA -3

SERVICIO NORMAL: Localizado en Tratamiento



$$\begin{aligned}
 P &= 10\,521\text{ W} \\
 I_r &= 1.25 (12.8) + 1 (51.2 - 12.8) \\
 I_r &= 16 + 38.4 = 54.4\text{ A} \\
 I_A &= 20 + 38.4 = 58.4\text{ A} \quad \underline{3\text{ P.70 A}} \\
 \text{Longitud} &= 1\text{ m} \\
 \text{Caída} &= 0.5\% = 1.1\text{ V}
 \end{aligned}$$

CÁLCULO DEL ALIMENTADOR

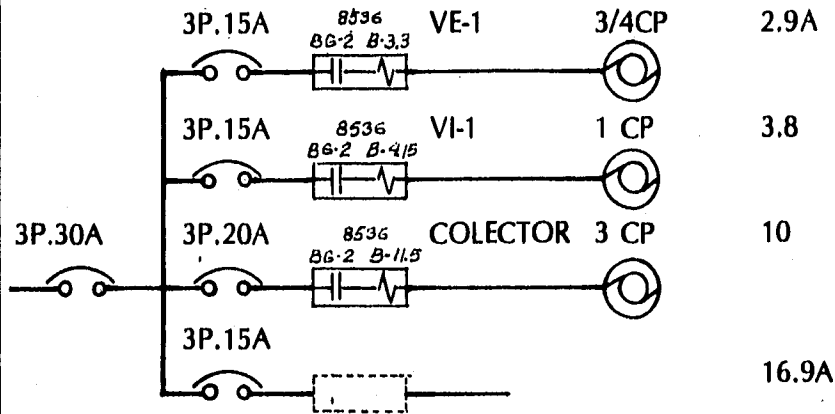
- a) Por corriente 55 A No. 6  
 b) Por caída (1.7 mm<sup>2</sup>) No. 12  
 c) Por capacidad y agrupamiento No. 6

ALIMENTADOR = 3-6 1-8 1-8 Cud 32 mm

## MEMORIA TÉCNICA

## TAB. FZA. A.A. SERVICIOS GENERALES FZA-4

SERVICIO NORMAL: Localizado en Talleres



$$\begin{aligned}
 P &= 5\,394\text{ W} \\
 I_r &= \frac{1.25(10) + 1(16.7 - 10)}{1} \\
 I_r &= \frac{12.5 + 6.7}{1} = 19.2\text{ A} \\
 I_A &= \frac{20 + 6.7}{1} = 26.7\text{ A} \quad \underline{3\text{ P.30 A}}
 \end{aligned}$$

Longitud = 33 mCaída = 3% = 6.6 V

## CÁLCULO DEL ALIMENTADOR

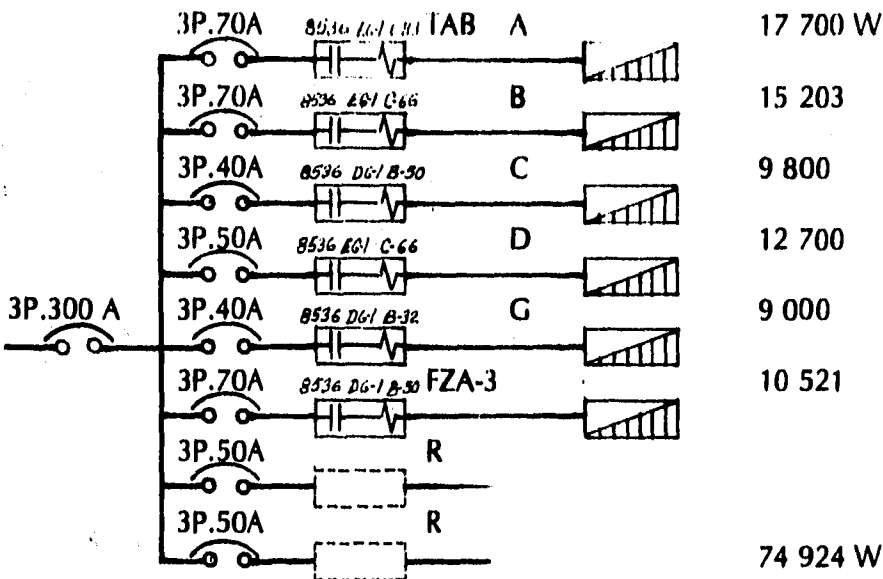
- a) Por corriente 20 A No. 10  
 b) Por caída (3.5 mm<sup>2</sup>) No. 10  
 c) Conductor mínimo a utilizarse No. 8

ALIMENTADOR = 3-8 1-10 1-10 Cud 25 mm

## MEMORIA TÉCNICA

## TABLERO SUBGENERAL TS-1

SERVICIO NORMAL: Localizado en Tratamiento



P =	<u>74 924 W</u>	
Carga total de alumbrado y contactos	<u>64 403</u>	
F.d. =	<u>0.8</u>	51 523 W
Carga total de fuerza	<u>10 521</u>	
F.d. =	<u>1</u>	10 521
		62 044 W

Factor de reserva = 1.2

$$P = 1.2 \times 62\,044 = \underline{74\,452\text{ W}}$$

$$I_r = \underline{230.5\text{ A}}$$

$$Int = 1.25 \times 230.5 = \underline{288\text{ A}} \quad \underline{3\text{ P. } 300\text{ A}}$$

$$\text{Longitud} = \underline{70\text{ m}}$$

$$\text{Caída} = \underline{1\% = 2.2\text{ V}}$$

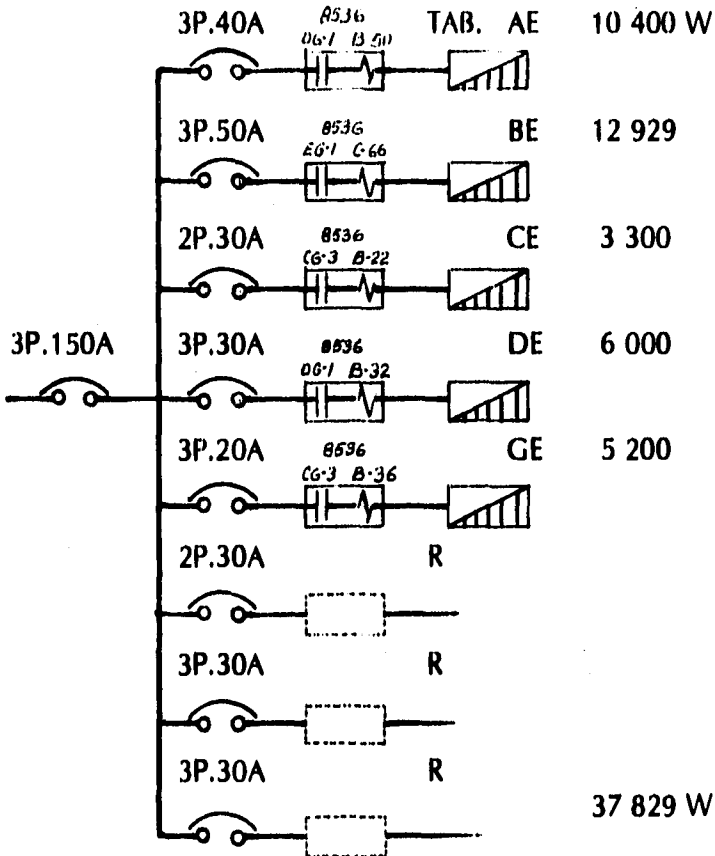
## CÁLCULO DEL ALIMENTADOR

- a) Por corriente 231 A No. 4/0  
 b) Por caída (254.3 mm<sup>2</sup>) No. 2-250 MCM p/fase  
 c) Por capacidad y agrupamiento No. 2-250 MCM p/fase

ALIMENTADOR = 8-250 MCM 1-2 Cud 2T = 76 mm

## TABLERO SUBGENERAL TSE-1

SERVICIO EMERGENCIA: Localizado en Tratamiento



$P = 37\,829\text{ W}$      $F.d. = 0,8$      $P = 30\,263\text{ W}$   
 Factor de reserva =  $1,2$      $P = 36\,316\text{ W}$

$P = 36\,316\text{ W}$   
 $I_r = 112,5\text{ A}$   
 $Int = 1,25 \times 112,5 = 140,5\text{ A}$      $3\text{ P. } 150\text{ A}$   
 Longitud =  $70\text{ m}$   
 Caída =  $1\% = 2,2\text{ V}$

## CÁLCULO DEL ALIMENTADOR

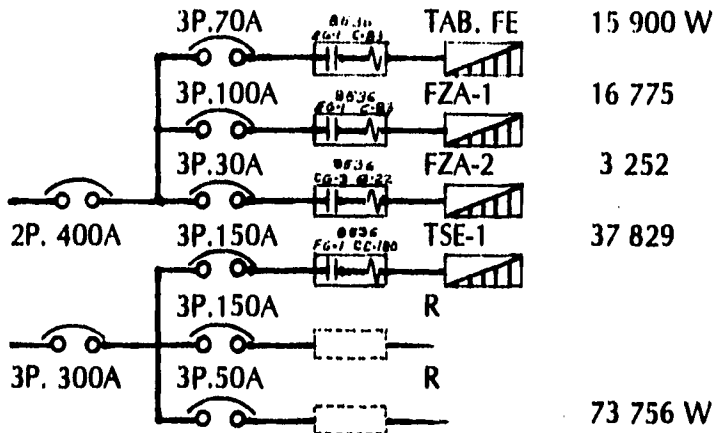
- a) Por corriente     $113\text{ A}$     No. 2  
 b) Por caída     $(124,4\text{ mm}^2)$     No. 250 MCM  
 c) Por capacidad y agrupamiento    No. 250 MCM

ALIMENTADOR = 4-250 MCM    1-4 Cud    T-76 mm

## MEMORIA TÉCNICA

## TABLERO GENERAL B.T. 220/127 V

SERVICIO EMERGENCIA: Localizado en S.E.



PE

P = 73 756 W

## PLANTA DE EMERGENCIA

SERVICIO CONTÍNUO 125 KVA/100 KW  
 SERVICIO EMERGENCIA 140 KVA/112.5 KW

$$I_r = \frac{140 \text{ KVA}}{\sqrt{3} \times 220} = 367.5 \text{ A}$$

Int = 3P. 400 A  
 Longitud = 8 m  
 Caída = 0.25% = 0.65 V

## CÁLCULO DEL ALIMENTADOR

- a) Por corriente 368 A 2-3/0 por fase  
 b) Por caída (156.7 mm<sup>2</sup>) 2-3/0 por fase  
 c) Por capacidad y agrupamiento 2-3/0 por fase

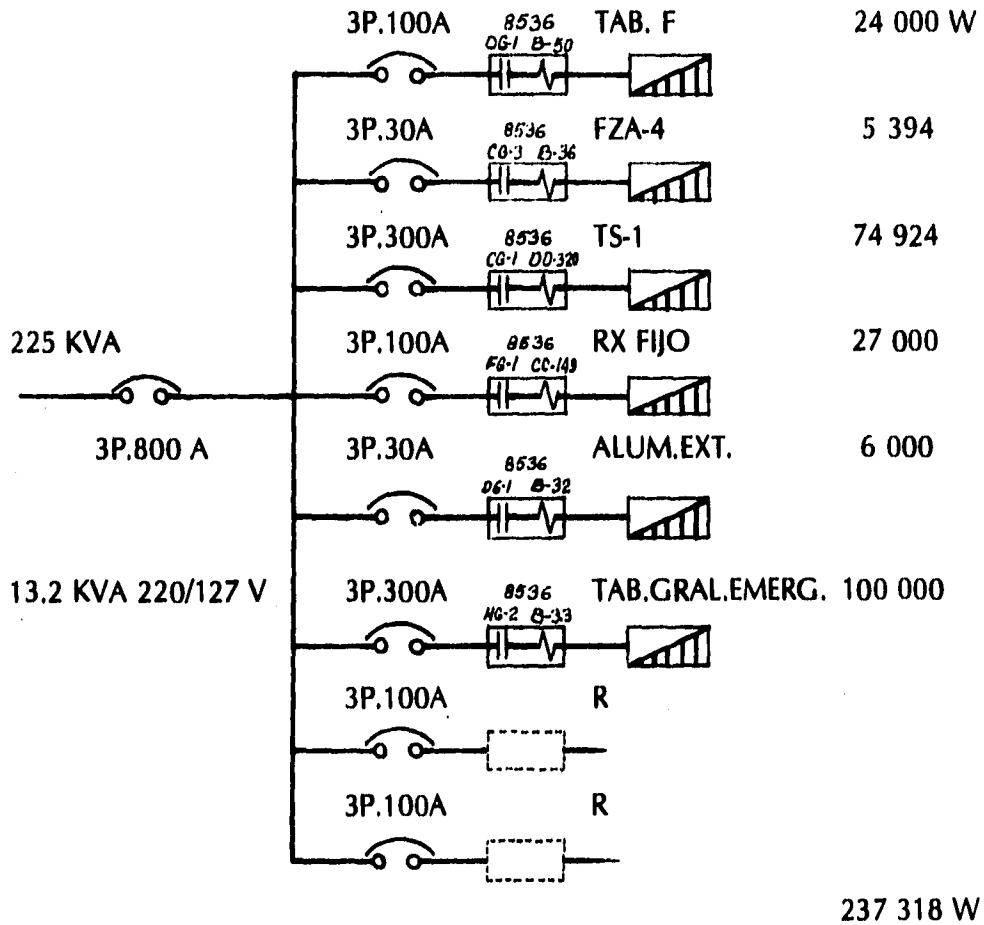
ALIMENTADOR = 8-3/0 1-2 Cud 2 ductos 10 x 10 cm



MEMORIA TÉCNICA

TABLERO GENERAL B.T. 220/127 V

SERVICIO NORMAL: Localizado en S.E.



P = 237 318 W F.P. = 0.85 P = 279 198 VA  
 Factor de diversidad = 1.25

P = 223 358 VA  
 Transformador 225 KVA

I<sub>l</sub> = 590.5 A  
 Int = 1.25 x 590.5 = 738.1 A 3 P.800 A

8.3 Especificaciones generales para la instalación eléctrica de alumbrado, contactos, fuerza, líneas de alimentación y tableros, para la clínica hospital en Uruapan, Michoacán

1. **GENERALIDADES**

- 1.1 Estas especificaciones se consideran como complementarias a las contenidas en los planos respectivos y están basadas en las normas del Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas en vigor
- 1.2 Todos los materiales con que se ejecuten estas instalaciones serán de primera calidad y cuando exista alguna duda o discrepancia respecto a dicha calidad, ésta será resuelta por los directores de la obra
- 1.3 La mano de obra será de primera calidad, es decir, hecha por personal competente y con amplia experiencia en estos trabajos
- 1.4 El sistema de trabajo y su desarrollo durante la obra será el aprobado por los directores de la obra de acuerdo con el contratista
- 1.5 La posición exacta de las salidas deberá fijarse en la obra de acuerdo con los planos respectivos (apagadores, contactos de muro y registros)
- 1.6 El contratista deberá incluir en su presupuesto la tramitación ante la Unidad Verificadora de Proyectos Eléctricos hasta obtener el visto bueno para ser presentado el proyecto ante la CFE
- 1.7 El contratista deberá incluir en su presupuesto de tramitación ante la compañía suministradora de energía hasta obtener la conexión del servicio, si exigiere cooperación ésta será por cuenta del propietario
- 1.8 El contratista deberá tener en cuenta para la integración de su presupuesto, gastos de supervisión, transporte de materiales, fletes, etc.
- 1.9 Planos. Los planos que se adjuntan y que en seguida se detallan forman parte de estas especificaciones y en los mismos están los detalles de los trabajos por ejecutar y se complementan entre sí los planos y las especificaciones.

2. **TUBERÍAS Y DUCTOS**

- 2.1 Las tuberías que se utilizarán serán conduit, pared gruesa galvanizada, de la marca Catusa o similar
- 2.2 Las tuberías tendrán una sección adecuada para alojar conductores en el 40% máximo de su sección, y el 60% restante quedará vacío tal como lo estipula el Reglamento de Obras de Instalaciones Eléctricas
- 2.3 Las tuberías deberán ir separadas de otras instalaciones como las de agua, etc, para evitar posibles daños que pudieran sufrir en caso de falla
- 2.4 Las curvas de los tubos se ejecutarán con herramientas apropiadas para evitar la disminución en las secciones y los radios interiores de dichas curvas deberán estar de acuerdo con el diámetro de la tubería en la forma siguiente:

DIAMETRO DE TUBO	RADIO INTERIOR DE LA CURVA
13 mm (1/2")	85 mm
19 mm (3/4")	125 mm
25 mm (1")	160 mm
32 mm (1 1/2")	210 mm
38 mm (1 1/2")	245 mm
51 mm (2")	315 mm
64 mm (2 1/2")	375 mm

2.5 Las tuberías con más de 20 m de longitud, deberán llevar una caja de registro y en ningún caso se aceptarán más de dos curvas en ángulo recto o varios dobleces equivalentes.

2.6 Todas las tuberías colocadas deberán taponarse en sus extremos y salidas para evitar la introducción de cuerpos extraños que posteriormente dificulten e impidan el alambrado.

### 3. CAJAS Y CONEXIONES

3.1 Las cajas especiales deberán construirse en lámina galvanizada del No. 14, de las dimensiones adecuadas y las tuberías y conexiones que tendrán que contener

3.2 Las cajas normales y sus tapas serán galvanizadas con sobretapa, las cajas mayores de 25 mm serán de lámina reforzada, troquelada y galvanizada de las marcas Mabrás, Martínez o Gleason

3.3 Las cajas para salidas en las zonas de instalación aparente serán condulets de la marca Crous-Hinds Domex, tipo rectangular

3.4 Todas las cajas condulets deberán incluir empaque de neopreno

3.5 Todas las cajas de lámina galvanizada y condulets, deberán considerarse con las tapas correspondientes

### 4. ALAMBRADO

4.1 El contratista deberá empezar a alambra aquellas secciones que previamente haya recibido de conformidad con los directores de la obra

4.2 Todos los conductores deberán ser continuos de caja a caja y sin empalmes o conexiones dentro de las tuberías

4.3 Todas las conexiones irán soldadas y encintadas con una capa de cinta de hule y otro de cinta negra

4.4 Antes de proceder a soldar conexiones, se harán las pruebas necesarias para comprobar que se han seleccionado correctamente todos los circuitos de acuerdo con los planos respectivos, siendo necesario para ello instalar y conectar todos los interruptores del tablero respectivo antes de hacer las citadas pruebas

4.5 Los conductores serán de la marca Condumex, Conductores Monterrey o Conelec, llevará claramente impreso sobre el aislamiento la marca del fabricante y su calibre, su forro será de diversos colores según convenga para facilitar su identificación

4.6 Además de los diversos colores para su identificación, se usarán marcadores de la marca Polial o igual, los cuales se colocarán en todas las terminales de los conductores antes de hacer las conexiones

- 4.7 Para que los alambres y cables deslicen fácilmente dentro de los tubos se recomienda el uso de talco, prohibiéndose el uso de grasas y similares para el mismo objeto
- 4.8 Para que el director de la obra reciba de conformidad el alambrado se deberán hacer las pruebas de resistencia del aislamiento, de acuerdo con los valores mínimos dados a continuación

CALIBRE DEL CONDUCTOR	RESISTENCIA DEL AISLAMIENTO EN MEGAOHMS (PARA CONDUCTORES CON AISLAMIENTO DE 600 V)
No. 12 AWG a menores	1.000
No. 10 AWG a No. 8 AWG	0.250
No. 6 AWG a No. 2 AWG	0.100
No. 1/0 AWG a No. 4/0 AWG	0.050
No. 250 MAC a No. 750 MCM	0.025

- 4.9 El contratista principiará a colocar apagadores, contactos, etc, únicamente en las zonas que previamente ordene el director de la obra

## 5. TABLEROS

- 5.1 En todos los tableros deberá dejarse una lista de los interruptores con una leyenda claramente escrita y protegida con mica, indicando los circuitos controlados
- 5.2 El tablero general y los tableros derivados serán marca SQUARE'D o similar, los cuales se ubicarán en los lugares marcados en los planos.

## 6. EQUIPOS DE CONTROL Y PROTECCIÓN

- 6.1 Todos los equipos de control y/o protección para motores indicados en planos serán proporcionados e instalados por el contratista de instalaciones eléctricas
- 6.2 Todos los interruptores de seguridad indicados en planos serán marca SQUARE'D en caja Nema 1, los cuales serán suministrados, instalados y conectados por el contratista de instalaciones eléctricas.

## 7. OTROS MATERIALES

- 7.1 Los monitores y contratueras serán de manufactura nacional
- 7.2 Los accesorios (apagadores, contactos, etc), serán marca Quinzifio y Arrow-Hart, respectivamente, de la línea intercambiable, las placas serán marca Quinzifio o Arrow-Hart
- 7.3 La cinta de hule será marca 3M, SCOTCH # 33 y la fricción marca ARTLIK.

## 8. VARIOS

- 8.1 El contratista eléctrico suministrará las estructuras, herrajes, etc, necesarios para el montaje de tableros, tuberías, interruptores y equipos de iluminación
- 8.2 El contratista garantizará los trabajos por un año a partir de la fecha de entrega de los mismos (no incluyendo focos incandescentes, tubos fluorescentes y en general fuentes luminosas de cualquier tipo).

9. PLANTA DE EMERGENCIA

- 9.1 La planta de emergencia será Diesel eléctrica manual, marca Ottomotores o similar, 1800 rpm, 60 cps; servicio continuo y servicio emergencia de la capacidad adecuada; factor de potencia 0.8, voltaje de generación 220/127 V; capacidad efectiva a 1 634 m.s.n.m., 3 F, 4 H.

#### 8.4 Planos y cuadros de carga

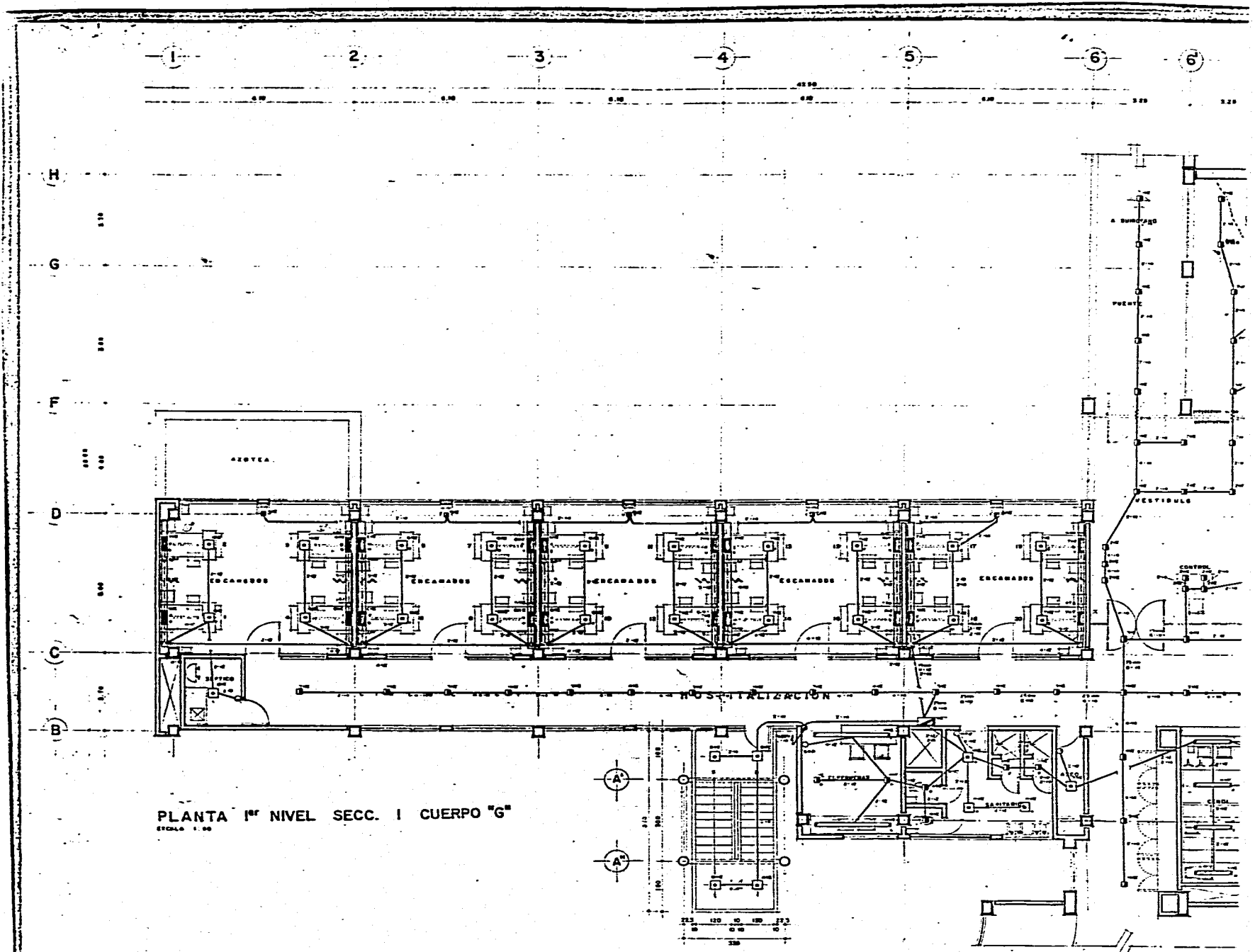
8.4.1 PLANO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALUMBRADO, PRIMER NIVEL, CUERPO G

8.4.2 PLANO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALUMBRADO, PRIMER NIVEL, CUERPO H

8.4.3 PLANO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE ALUMBRADO, TERCER NIVEL, CUERPO H

8.4.4 PLANO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE CONTACTOS Y FUERZA

8.4.5 CUADROS DE CARGA



PLANTA 1<sup>er</sup> NIVEL SECC. I CUERPO "G"

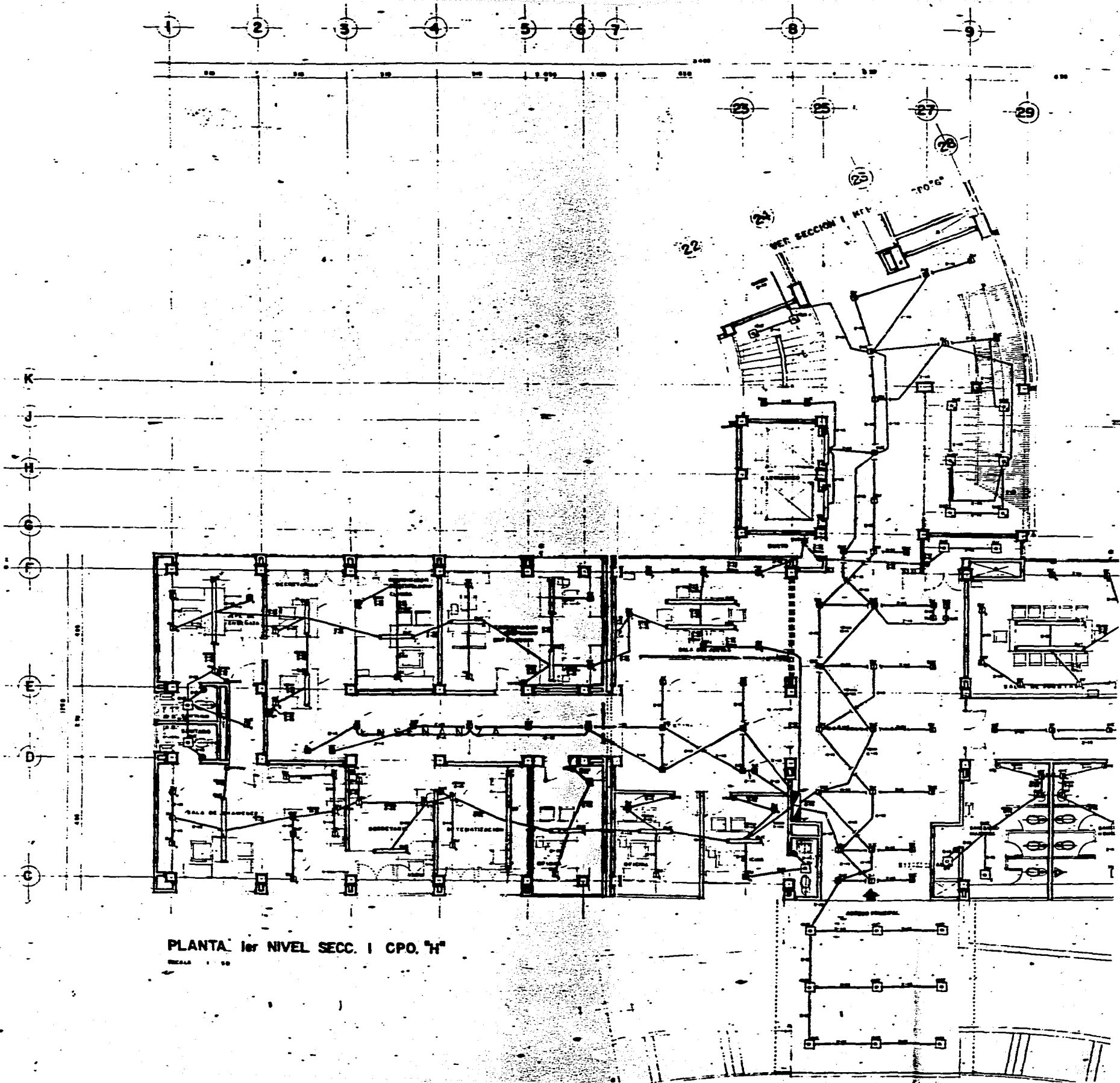
ESCALA 1:50

NOTA: VER DESARROLLO DE ESCALERA  
EN PLANO CORRESPONDIENTE

VER SECC. I PLANTA 1<sup>er</sup> NIVEL CPO. H

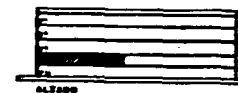
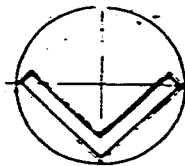
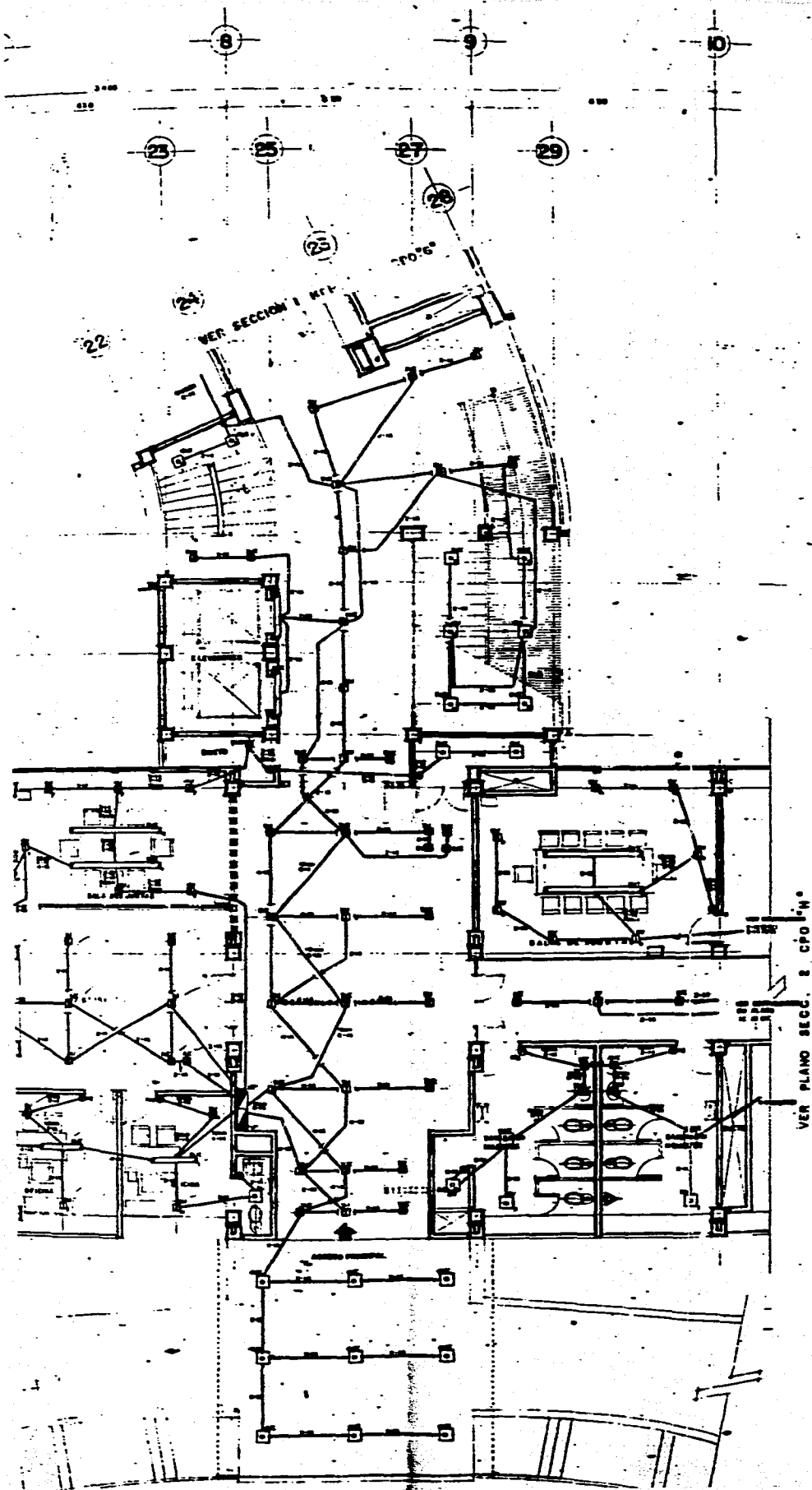




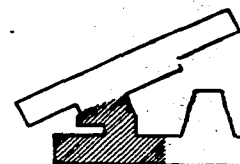


PLANTA 1er NIVEL SECC. I CPO. H°

ESCALA 1:100



ALTO



TIPO DE INSTALACION

— SIMBOLOS —

- — — — — LAMPARA TIPO ARRIANTE CON LAMPARA DE WATT DE SERVICIO DE 100 W SERVICIO INTERIOR
- — — — — LAMPARA FLUORESCENTE SERVICIO INTERIOR DE 200W. TIPO EMPOTRABLE DE 244.7X124.7X12.5CM. REFLECTOR DE ALUMINIO.
- — — — — LAMPARA FLUORESCENTE SERVICIO INTERIOR DE 200W. TIPO EMPOTRABLE DE 124.7X124.7X12.5CM.
- — — — — LAMPARA FLUORESCENTE SERVICIO INTERIOR DE 200W. TIPO EMPOTRABLE DE 124.7X124.7X12.5CM. CON REFLECTOR DE ALUMINIO.
- — — — — CABLEO FLUORESCENTE DE 200W. TIPO EMPOTRABLE DE 244.7X124.7X12.5CM.
- — — — — CABLEO FLUORESCENTE DE 200W. TIPO EMPOTRABLE DE 124.7X124.7X12.5CM.
- — — — — LAMPARA FLUORESCENTE DE 150W. TIPO EMPOTRABLE DE 200X100X100.
- — — — — LAMPARA FLUORESCENTE DE 150W. TIPO SUSPENSIÓN DE 200X100X100.
- — — — — REFLECTOR CUADRADO TIPO EMPOTRABLE CON LAMPARA FLUORESCENTE DE 150W. DE 200X100X100.
- — — — — LAMPARA TIPO ARRIANTE CON LAMPARA FLUORESCENTE DE 150W. PARA INTERIORES.
- — — — — LAMPARA TIPO ARRIANTE CON LAMPARA FLUORESCENTE DE 150W. PARA EXTERIORES.
- — — — — MODELO DE ALUMBRADO DE 200X100X100 CON TRES APAGADORES SECCIONALES.
- — — — — SALIDA ESPECIAL DE CABLEADO DE 200X100.
- — — — — APAGADOR SECCION 10-150W.
- — — — — APAGADOR DE ESCALERA 10-150W.
- — — — — CABA DE REGISTRO.
- — — — — TUBERIA CONDUIT P.E.E. POR PLAFON O MURD.
- — — — — TUBERIA CONDUIT P.E.E. POR PISO.
- — — — — TABLERO DE DISTRIBUCION.
- ~~~~~ TUBERIA FIBRA OPTICA.

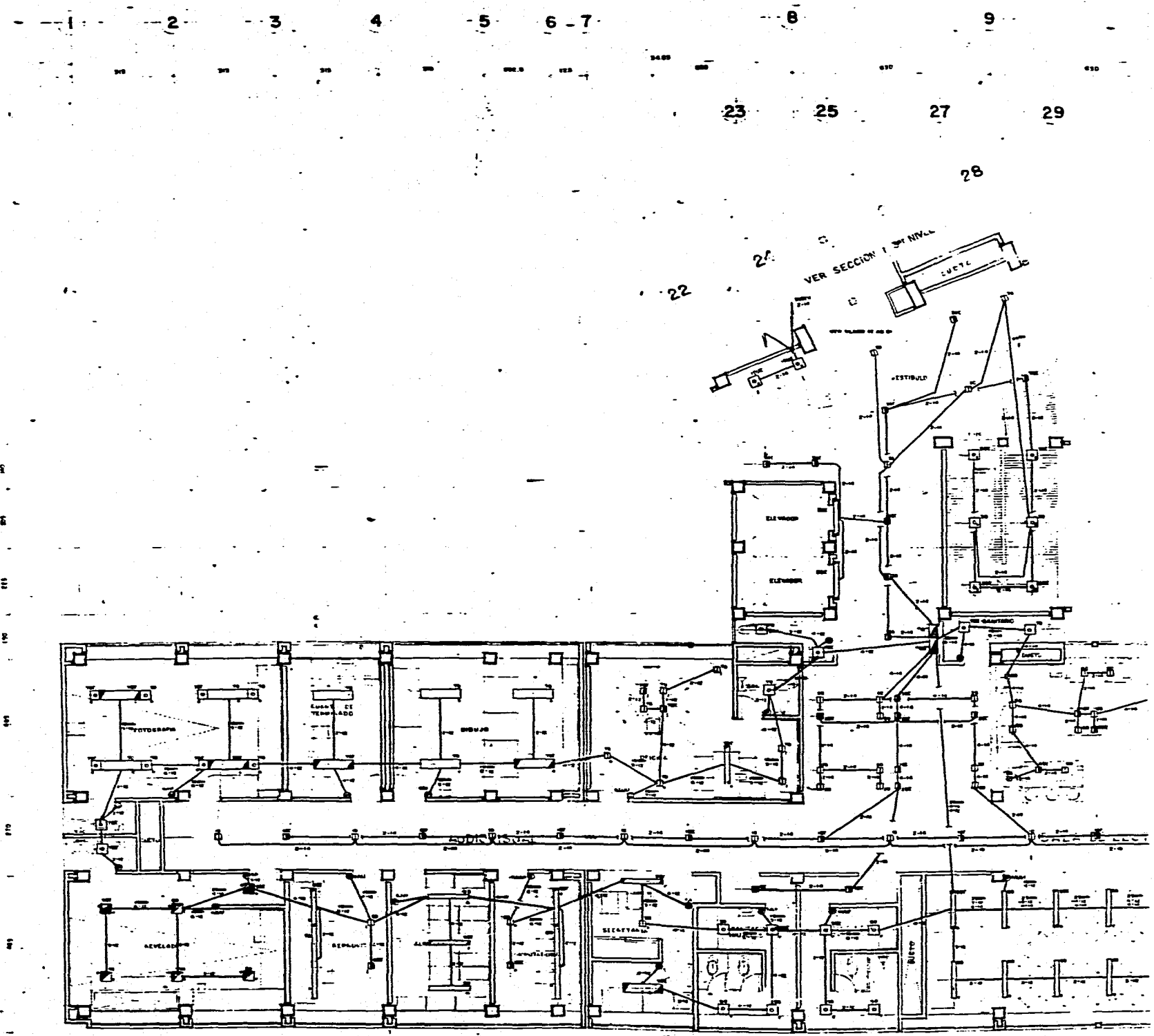
NOTA:  
LA TUBERIA DE DIAMETRO NO INDICADO ES DE 1.25CM.

NOTAS:  
— LOS CIRCUITOS IRE, SUE, SUE SON DE EMERGENCIA.  
— LOS CIRCUITOS SUE, SUE, SUE, SUE SON DE SERVICIO.

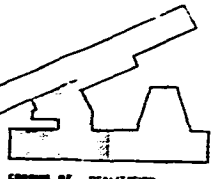
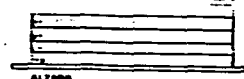
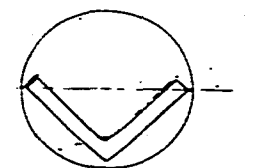
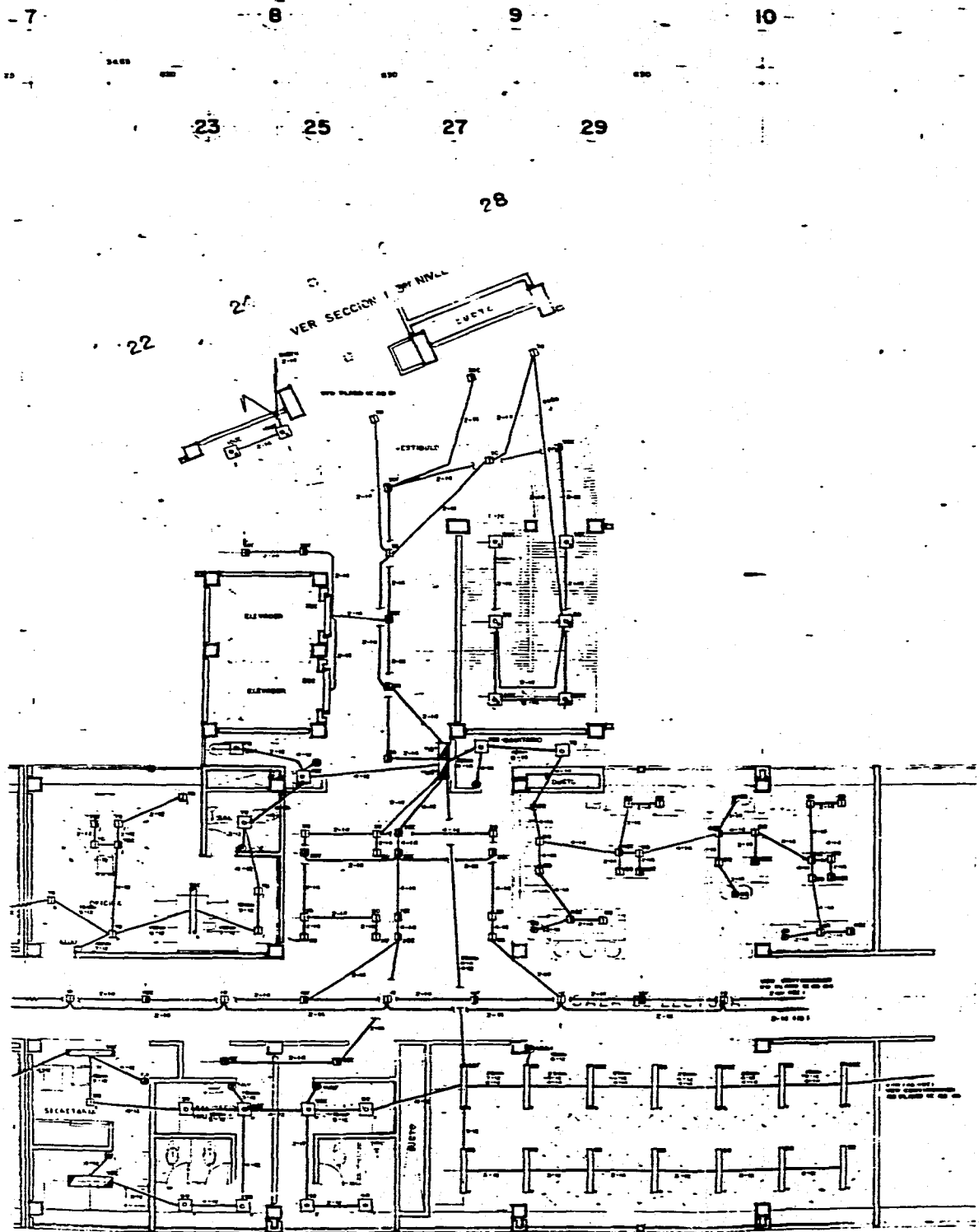
NOTA:  
— LOS CABLEOS DE 200X100X100 CON TRES APAGADORES SECCIONALES SON DE EMERGENCIA.

2. Plano: Instalación eléctrica de alumbrado, primer nivel, cuerpo H

K  
J  
H  
G  
F  
E  
D  
C



PLANTA 3er NIVEL SECC I CPO "H"



CROQUIS DE LOCALIZACION

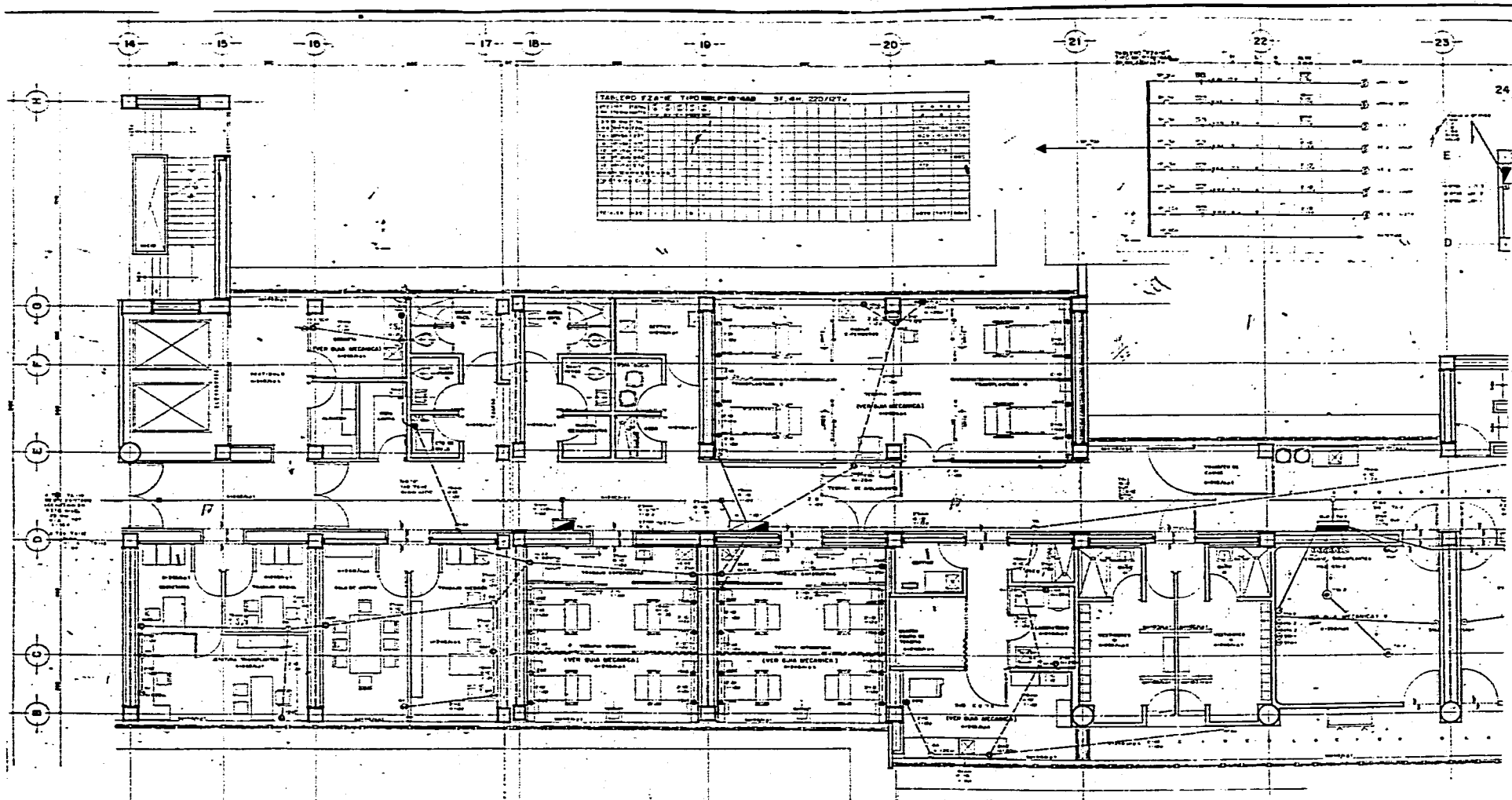
— SIMBOLOS —

- LUMINARIA FLUORESCENTE DE 13x25 W. INCANDESCENTE TIPO EMPOTRABLE DE 30x30x10 CM.
- MINI SPOT CUADRADO TIPO EMPOTRABLE CON LAMPARA FLUORESCENTE DE 13W. DE 13x13x2 CM.
- ▭ LAMPARA FLUORESCENTE SERVIDO INTERIOR DE 2'0x4', TIPO EMPOTRABLE DE 249.4X20X12.5CM. CON REFLECTOR DE ALUMINIO.
- ▭ LAMPARA FLUORESCENTE SERVIDO INTERIOR DE 2'0x4', TIPO EMPOTRABLE DE 124.7X20X12.5CM.
- ▭ LAMPARA FLUORESCENTE SERVIDO INTERIOR DE 2'0x4', TIPO EMPOTRABLE DE 124.7X20X12.5CM. CON REFLECTOR DE ALUMINIO.
- ▭ CANTIL FLUORESCENTE DE 2'0x4', TIPO EMPOTRABLE DE 249.4X13X12.5CM.
- ▭ CANTIL FLUORESCENTE DE 1'0x4', TIPO EMPOTRABLE DE 124.7X13X12.5CM.
- ▭ LAMPARA FLUORESCENTE DE 1'0x1', TIPO EMPOTRABLE DE 30X30X10CM.
- ▭ LAMPARA FLUORESCENTE DE 1'3x1', TIPO SOBREPUNTA DE 30X30X10CM.
- REFLECTOR CUADRADO TIPO EMPOTRABLE CON LAMPARA FLUORESCENTE DE 1'3x1', DE 20X20X10CM.
- LAMPARA TIPO AMBIANTE CON LAMPARA FLUORESCENTE DE 1'3x1', PARA EXTERIORES.
- LAMPARA TIPO AMBIANTE CON LAMPARA FLUORESCENTE DE 1'3x1', PARA EXTERIORES.
- MODULO DE ALUMBRADO DE SECCION EN CUBO PREFABRICADO DE INSTALACIONES PARTICULARES CON TRES ARCADEOS SEPARADOS.
- SALIDA ESPECIAL DE CAPACIDAD TODADA.
- ARREGADOR SEÑALADO 14x12.5CM.
- ARREGADOR DE ESCALERA 14x12.5CM.
- CASA DE REPOSICION.
- TUBERIA CONDUIT P.E.G. POR PLAFON O MURD.
- - - TUBERIA CONDUIT P.E.G. POR PISO.
- TUBERIA DE ENTUBACION.
- ~~~~~ TUBERIA FLEXIBLE DE ALUMINIO.

NOTA:  
LA TUBERIA DE DIAMETRO NO MENCIONADO ES DE 1.25 CM.  
EN CASO DE SER 1.50 CM. DE DIAMETRO.

\*\*\*\*\*  
LOS CORTES HACEN AL DERECHO  
DEBERE MENCIONAR Y UBICAR LA OBRA  
LOS CORTES ESTAN MARCADOS EN CIELO

3. Plano: Instalación eléctrica de alumbrado, tercer nivel, cuerpo H







## 9. CONCLUSIONES

El tema principal "Guía Práctica para el Desarrollo de un Proyecto Eléctrico de una Clínica Hospital", lo presento en base a los conceptos teóricos que intervienen en su desarrollo; sin embargo, existen diversos aspectos prácticos como en cualquier disciplina, que creo deberían de incluirse en un trabajo que se llama Guía Práctica.

Para lo anterior, necesitaría tener una bastísima experiencia en el campo del cual me propuse escribir. Sinceramente, yo no la poseo, y lo que expongo como recomendaciones, son precisamente eso, pero obtenidas de ingenieros especialistas, con muchos años de experiencia en la materia.

El por qué se seleccionó el proyecto eléctrico para un hospital, fue, porque en mi opinión, es de los más completos que existen por su relación tan estrecha con otras instalaciones; además de que, actualmente, están basados en su totalidad, por las Normas del Sector Salud, representado por el Instituto Mexicano del Seguro Social, las cuales resultan ser más estrictas, incluso que las Normas de SECOFI.

En el presente trabajo, abarqué únicamente, hasta la parte del proyecto en sí. El ingeniero proyectista, estará obligado a conocer todos o casi todos los detalles de la construcción de la instalación y deberá indicar los lineamientos a seguir para su ejecución que se complementan con los planos.

El ingeniero proyectista también deberá tomar en cuenta los siguientes elementos, tanto en lo que se refiere al proyecto en sí, como para la ejecución del mismo:

- Estar al día en cuanto a normas, tanto nacionales como internacionales, y más en la actualidad, debido a que México está ya circunscrito en el grupo de países del primer mundo, y por lo mismo, nuestros profesionistas, pueden desarrollar proyectos a nivel internacional, ya sea en otros países o en México mismo, realizando proyectos de alguna empresa internacional. En este aspecto, se tendría que exigir a esas empresas que cumplieran con las normas internacionales.
- Con la experiencia, además de ir simplificando y sistematizando el trabajo, también le da oportunidad de manejar mejor el binomio calidad-precio, para tener dentro del grupo de ingenieros proyectistas, un elemento a su favor.
- La actualización, en cuanto a los nuevos criterios de ahorro de energía y los nuevos adelantos que se presenta en los equipos y material eléctrico.

Siempre hay que tener presente el uso que va a tener la instalación, qué servicios va a prestar, qué necesidades de equipo habrá, el personal que la utilizará o si va a tener tantas sofisticaciones que fuera necesario habilitar personal especializado para el manejo de esta.



De acuerdo a lo anterior, se determinaría el tipo de instalación que se requerirá; por ejemplo, si sería necesario poner redes de tierra independientes para determinado equipo, si el sistema de alumbrado fuera de total ahorro, semiahorro o gasto pleno. En función de esto, se hace un anteproyecto en el que se incluyen cálculos, en los que se contemplan las necesidades, como es el caso particular de este trabajo, el equipo especial de hospital; los análisis técnico-sociales (tipo de personal, escolaridad, tipo de pacientes, medio urbano, semiurbano, rural, etc) y cumplir con las normas ecológicas o de protección al medio ambiente.

Como la finalidad de las instalaciones eléctricas de excelencia es proporcionar un servicio eficiente, económico, seguro, accesible y con fácil mantenimiento; es decir, que tenga una relación estrecha con el personal que la va a operar. Para cumplir con estos conceptos, es necesario que se elabore un proyecto que cumpla con las Normas del Reglamento de Instalaciones Eléctricas.

De lo arriba señalado, se puede derivar que el perfil de un ingeniero de proyectos eléctricos deberá cubrir lo concerniente a la Ingeniería de Operaciones, Administración de Proyectos Eléctricos, conocimiento completo y total del Reglamento de Instalaciones Eléctricas y de la Normas de Ingeniería de Diseño para Instalaciones Eléctricas del Sector Salud. También debe interiorizarse con el servicio que dará el inmueble al que se le hace la instalación.

Al seleccionar el caso del proyecto -Clínica-Hospital-, se escogió un edificio de tamaño mediano, a fin de que el contenido pudiera mostrar los principios básicos en que se fundamentan las instalaciones eléctricas del tipo que fuera (residencial, comercial o industrial).

Las unidades del presente trabajo se presentan en una secuencia lógica, la que facilita o da un seguimiento a cada uno de los pasos que se siguen desde que se nos requiere para realizar el proyecto hasta que se finaliza, es aprobado y entregado. Estos pasos son los siguientes:

1. Planos arquitectónicos. El ingeniero proyectista de instalaciones eléctricas iniciará su proyecto, con el conocimiento de la obra en planos, con ellos, ni siquiera tendrá necesidad de pararse en el lugar donde se realizará la obra.

Por lo anterior, se incluyeron en el capítulo 3, todos los datos requeridos en los planos arquitectónicos, así como sus características en cuanto a dimensiones, escalas, cortes, plantas de conjunto, planos amueblados y guías mecánicas.

2. Cálculos de niveles de iluminación. Para realizar cualquier cálculo, es indispensable conocer los criterios de alumbrado que se establecen desde que se planea (por ejemplo, si va a existir una política de ahorro de energía); el tipo y niveles de iluminación por cada área; para esto, se anexaron tablas específicas para un hospital donde se sugieren los niveles mínimos y el tipo de iluminación para hospitales; así como estas tablas, existen otras similares para cada tipo de edificación, ya sea que se trate de un campo deportivo, un centro comercial, un centro de readaptación, etc.

Para realizar los cálculos de los niveles de iluminación, se resumieron los tres métodos que existen para ello. Estos métodos, se explicaron de la manera más práctica para aplicarlos según sean las necesidades de iluminación de cada local.

3. Selección de luminarias y marcarlas. Este punto va muy ligado con el anterior, ya que después de haber hecho y saber cuántas lámparas y de qué tipo se colocarían en cada una de las áreas a iluminar, se procede a elaborar el plano de iluminación correspondiente.
4. Marcado de contactos. Después de terminar de localizar y marcar las lámparas en el plano, se continúa con los contactos; para ello, es necesario estimar cargas, localización de contactos, tipos de contactos, protecciones, conexiones a tierra, etc. Con estos datos se procederá al cálculo de cargas y lo referente a conductores, tubería y diseño de los circuitos que llevarán estos contactos.
5. Localización de tableros. La localización de los tableros se hará en función de un diseño práctico, económico y lógico, considerando caída de voltaje y el servicio propio del tablero, así como su fácil acceso.
6. Indicar tuberías. Ya localizados lámparas, contactos y los tableros en el plano, se marcará la tubería mediante una línea generalmente continua. Este trazo se realizará uniendo los elementos antes mencionados, partiendo de los tableros y siguiendo una trayectoria que debe ser la más corta, tomando en cuenta que las lámparas van a estar controladas por los apagadores y los contactos alimentados directamente.
7. Cuadros de carga. Los cuadros de carga son básicos para planear el número de circuitos que se tendrán en la instalación; el balanceo entre ellos, la carga, por circuito y total; la sección de conductores o el calibre de ellos. En la pág. 75, se propone un formato para realizar uno de estos cuadros de carga.
8. Indicar circuitos. Sobre el plano, a un lado o lo más próximo a la salida de lámparas y contactos, se indicarán a qué circuito pertenecen, de acuerdo a lo calculado y descrito en el cuadro de cargas.
9. Alimentadores generales. Como ya se indicó en el inciso g, capítulo 4, los alimentadores son las líneas de transmisión de energía que van desde el tablero de la subestación general hasta los derivados. Después de trazar estos alimentadores, se indicarán los datos considerados en el desarrollo de este mismo inciso g, sobre todo el calibre de estos conductores que a su vez da el diámetro de las tuberías o el tamaño de las charolas que alojan a estos conductores. En este mismo inciso g, también se indican los diversos criterios que se siguen para el cableado de estos alimentadores generales.
10. Cálculos para la selección de los conductores alimentadores. Precisamente, para seleccionar el calibre de los conductores alimentadores, se realizan cálculos ya sea por corriente o por caída de voltaje. Se describieron estos métodos mediante un caso resuelto para cada uno de ellos.

11. **Diagrama unifilar.** En el inciso i, capítulo 4, se describen las características que debe presentar el plano del diagrama unifilar, así como los requerimientos de cada uno de los detalles de este diagrama, tales como: subestación receptora y derivada, tablero general, tablero general sección emergencia, planta de emergencia, transformadores, tableros subgenerales y tableros de distribución.

Los elementos de alta tensión desde la acometida hasta los interruptores generales en baja tensión, se describieron en el inciso h del mismo capítulo 4, correspondiente a la subestación eléctrica.

12. **Cálculo de corto-circuito.** Como se indicó en el inciso j del capítulo 4, este cálculo sirve para determinar la capacidad interruptiva de los interruptores y fusibles. Aunque existen diferentes métodos para el cálculo de corto-circuito, se presentan tres casos para calcular los corto-circuitos en las instalaciones eléctricas.
13. **Sistema de tierras y pararrayos.** Hay que seleccionar el sistema de tierras para fuerza, para control, para equipos especiales tales como equipo de cómputo, tomógrafos, pisos de quirófanos, etc.; además del sistema de tierras para el pararrayos y para la estructura del edificio.

Este trabajo ayudaría a aclarar dudas que surjan durante el curso de la asignatura de Instalaciones Eléctricas Industriales.

**BIBLIOGRAFÍA**

- Calculations for Electrical Work**, J.F. Mc Partland, Electrical Construction and Maintenance, 1971
- Curso Básico de Iluminación de la Illuminating Engineering Society of North America**, Sociedad Mexicana de Ingeniería de Iluminación, A.C., 1976
- Fundamentos de Instalaciones Eléctricas de Mediana y Alta Tensión**, Gilberto Enriquez Harper, Limusa-Wiley, 1972
- Fundamentos de Lámparas e Iluminación**, Willard Alphin, FOCOSA
- How to Design Electrical Systems**, Mc Partland, Mc Graw-Hill
- IES Lighting Handbook**, IES, Illuminating Engineering Society of North America, 1981
- Ingeniería de Iluminación (Niveles de Iluminación en México)**, Sociedad Mexicana de Ingeniería de Iluminación, A.C.
- IES Lighting Handbook**, Illuminating Engineering Society of North America, 1981
- Instalaciones Eléctricas-Diagramas**, Joseph F. Mc Partland y William J. Novak, Mc Graw-Hill, 1983
- Instalaciones Eléctricas Técnicas en la Construcción de Viviendas**, Volger, Karl, traducción: Antonio Cardona, ed Labor, 1968
- Instalaciones Eléctricas Prácticas**, Becerril L. Diego Onésimo
- Instalaciones Eléctricas, Teoría y Práctica**, Ibbetson, Cía. Editorial Continental, S.A.
- Instalaciones Eléctricas**, José Ramírez Vázquez, ediciones CEAC, 1980
- Líneas e Instalaciones Eléctricas**, Luca Marín Carlos, ed Modelo, 1970
- Manual Técnico de Cables de Energía**, primera parte, Selección de Cables y Accesorios, CONDUMEX, 1982
- Manual de Alumbrado**, Philips, 1976
- Manual de Alumbrado**, Westinghouse, ed Dossat, 1979
- Manual Standard del Ingeniero Electricista**, Tomos I y II, A.E. Knowlton, ed. Labor, 1967

**Manual de Instalaciones Eléctricas Residenciales**, P. Camarena y O. Schrader Camarena, ed Continental, 1973

**Normas de Distribución, Construcción - Líneas Aéreas**, Comisión Federal de Electricidad, 1988

**Normas de Ingeniería de Diseño para Instalación Eléctrica**, Instituto Mexicano del Seguro Social

**National Electrical Code, NFPA**, National Fire Protection Association, 1975

**Pararrayos Radioactivo Preventor**, Hubhrd y Bourlow

**Reglamento de Instalaciones Eléctricas**, ed Andrade, 1989

## AGRADECIMIENTOS

Finalmente, quiero hacer patente mi agradecimiento a las siguientes personas, quienes de alguna manera me auxiliaron con consejos, tiempo, trabajo y asesoramiento para llegar al buen término del presente trabajo.

Primeramente, agradezco a la Ing. Rebeca Pico Uribe todo su apoyo y el tiempo que me dedicó para asesorarme en el contenido, proporcionarme bibliografía y planos, así como todas las sugerencias y experiencias que me fueron útiles para ubicarme y desarrollar la tesis. De igual forma, a su esposo, el Ing. Horacio Ríos por su asesoramiento en el desarrollo de algunos temas. A la Srita. Ma. Luisa Mejía, quien me auxilió al inicio del trabajo en la dactilografía. A la Srita. Ma. del Carmen Quezada, por su paciencia y tiempo dedicado a la transcripción completa de la tesis en computadora.

A mis maestros de la Facultad de Ingeniería, quienes a lo largo de toda mi carrera me transmitieron los conocimientos necesarios en la formación como ingeniero, además de que me motivaban cada vez que sentía ya no poder seguir adelante. Aquí cabe decir, que la carrera la realicé con muchos esfuerzos, no me fue fácil y en varias ocasiones la tuve que interrumpir para dedicarle más tiempo al trabajo. Sin embargo, he continuado hasta el final, y con esta tesis dirigida por el Ing. Juan Vicente Leduc, veo coronado mi esfuerzo que inicié hace no poco tiempo.

Por último, dedico este esfuerzo al que me refiero, a mi tía Ma. Luisa, quien en vida, siempre estuvo presente en mi formación como individuo y al pendiente de que culminara mi preparación profesional. Gracias también a mi tía Socorro, por su apoyo moral.

A todos mis amigos y compañeros, quienes de alguna forma también me motivaron a continuar, seguir adelante y llegar al final de la meta. Y no puedo dejar de darle gracias a Dios, quien me permitió realizar mi aspiración para llegar a ser ingeniero.