



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

“Diseño del Sistema Eléctrico en una Planta Automotriz”

T E S I S

Que para obtener el título de Ingeniero Mecánico Electricista presenta

José Armando Sánchez Alvarado





Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

# INDICE

## INTRODUCCION

### CAPITULO I

GENERALIDADES . . . . .	5
-------------------------	---

### CAPITULO II

#### DISPOSICIONES REGLAMENTARIAS

2.1 Normas Técnicas para Instalaciones eléctricas . . . . .	7
---	---

2.2 Códigos y estándares . . . . .	7
------------------------------------	---

### CAPITULO III

#### CALCULO DE CORRIENTES DE CORTO CIRCUITO

3.1 Naturaleza de las corrientes de corto circuito . . . . .	9
--	---

3.2 Cortos circuitos en sistemas de potencia . . . . .	10
--	----

3.3 Objeto de los estudios de corto circuito . . . . .	11
--	----

3.4 Método de los MVA's . . . . .	11
-----------------------------------	----

3.5 Cálculos . . . . .	13
------------------------	----

### CAPITULO IV

#### SISTEMA DE TIERRAS EN SUBESTACIONES

4.1 Objetivo . . . . .	23
------------------------	----

4.2 Definiciones . . . . .	23
----------------------------	----

4.3 Datos necesarios para calcular un sistema de tierras . . . . .	24
---	----

4.4 Cálculo de la malla de tierras . . . . .	26
--	----

4.5 Memorias de cálculo . . . . .	33
-----------------------------------	----

### CAPITULO V

#### ALUMBRADO

5.1 Principios de iluminación . . . . .	41
---	----

5.2 Terminología de iluminación . . . . .	42
---	----

5.3 Generación de la luz . . . . .	43
------------------------------------	----

5.4 Iluminación de interiores . . . . .	46
---	----

5.5 Método de cavidad zonal . . . . .	47
---------------------------------------	----

5.6 Cálculos . . . . .	51
------------------------	----

5.7 Cálculo de iluminación por el método de punto por punto . . . . .	65
--	----

## CAPITULO VI

### SELECCION DE CONDUCTORES Y DISPOSITIVOS DE PROTECCION DE CIRCUITOS DERIVADOS Y ALIMENTADORES EN SISTEMAS MENORES DE 600 VOLTS.

6.1	Objetivo . . . . .	86
6.2	Descripción . . . . .	86
6.3	Conductores . . . . .	88
6.4	Canalizaciones eléctricas . . . . .	89
6.5	Definiciones . . . . .	92
6.6	Cálculo de conductores . . . . .	92
a)	Cálculo a efectuar . . . . .	92
b)	Cálculo por capacidad de conducción de corriente . . . . .	92
c)	Cálculo por caída de tensión . . . . .	97
d)	Cálculo por capacidad de corto circuito . . . . .	98
e)	Conductor del circuito alimentador para un transformador . . . . .	99
f)	Conductor del circuito derivado para un banco de capacitores . . . . .	100
6.7	Protección contra sobrecarga . . . . .	101
a)	Efecto de una sobrecarga . . . . .	101
b)	Omisión de la protección de sobrecarga . . . . .	101
c)	motores de servicio continuo . . . . .	101
d)	Motores de servicio no continuo . . . . .	103
e)	Fusibles . . . . .	103
f)	Dispositivos que no sean fusibles . . . . .	103
g)	Relevadores de sobrecarga . . . . .	104
h)	Protección contra sobrecorriente . . . . .	104
6.8	Cálculos . . . . .	106
	CONCLUSIONES . . . . .	140
	BIBLIOGRAFIA . . . . .	142

## FIGURAS.

III.1	Diagrama unifilar general . . . . .	14
III.2	Diagrama general de bloques para el cálculo de corto circuito . . . . .	15
III.3	Diagrama de bloques para análisis de corto circuito en 13.8 KV ( interruptor de enlace cerrado ) punto de falla "F1" . . . . .	16
III.4	Diagrama de bloques para análisis de corrientes de corto circuito en 13.8 KV ( interruptor de enlace abierto ) punto de falla "F1" . . . . .	17
III.5	Diagrama de bloques para análisis de corrientes de corto circuito en 4.16 KV ( interruptor de enlace cerrado ) punto de falla "F2" . . . . .	18
III.6	Diagrama de bloques para análisis de corrientes de corto circuito en 4.16 KV ( interruptor de enlace abierto ) punto de falla "F2" . . . . .	19
III.7	Diagrama de bloques para análisis de corrientes de corto circuito en 480 V ( interruptor de enlace cerrado ) punto de falla "F3" . . . . .	20
III.8	Diagrama de bloques para análisis de corrientes de corto circuito en 480 V ( interruptor de enlace abierto ) punto de falla "F3" . . . . .	21
III.9	Diagrama unifilar general.- Capacidad de los buses principales para corrientes de corto circuito . . . . .	22
V.1	Espacios básicos ó cavidades . . . . .	48
V.2	Configuración del edificio . . . . .	53
V.3	Distribución de luminarios . . . . .	64

V.4	Aplicación doble del teorema de pitágoras . . . . .	65
V.5	Contribución para luminarios 14 y 15 . . . . .	67
V.6	Contribución para luminarios 11 y 19 . . . . .	68
V.7	Contribución para luminarios 6,7,22 y 23 . . . . .	68
V.8	Contribución para luminarios 10,12,18 y 20 . . . . .	69
V.9	Curva fotométrica . . . . .	71
VI.1	Sistema de distribución en baja tensión de una subestación unitaria. . . . .	87

## GRAFICAS.

VI.1	Curvas tipo para el factor de potencia de motores de inducción . . . . .	125
VI.2	Límites de calentamiento de corto circuito . . . . .	126
VI.3	Curvas tipo para la eficiencia de los motores de inducción . . . . .	127
VI.4	Curvas tipo para el factor de potencia de motores de inducción . . . . .	128
VI.5	Curvas tipo para la eficiencia de motores de inducción . . . . .	129

## TABLAS.

IV.1 Factores de duración de una falla . . . . .	24
V.1 Porcentaje de reflectancias . . . . .	73
V.2 Coeficientes de utilización . . . . .	74
V.3 Factores para el 10% ó 30% de la reflectancia efectiva de cavidad de piso . . . . .	75
V.4 Niveles de iluminación en México . . . . .	76
VI.1 Capacidad de corriente de conductores de cobre aislados . . . . .	130
VI.2 Factores de corrección por agrupamiento . . . . .	132
VI.3 Factores de corrección por temperatura . . . . .	132
VI.4 Factores para seleccionar los conductores para motores que no sean de servicio continuo . . . . .	133
VI.5A Resistencia, reactancia e impedancia para conductores de cobre 600 Volts . . . . .	134
VI.5B Factores de corrección para resistencia e impedancia en tubo conduit no magnético . . . . .	135
VI.5C Calibre de los conductores para puesta a tierra de equipos y canalizaciones interiores . . . . .	135
VI.6 Selección de alimentador y dispositivos de protección para motores trifásicos. . . . .	136
VI.7 Unidades de protección de motores contra sobrecargas . . . . .	137
VI.8 Separación entre soportes . . . . .	138
VI.9 Lista de cargas por CCM . . . . .	139



## INTRODUCCION

Los criterios tratados en el presente trabajo se aplican a cualquier diseño eléctrico industrial para la adecuada selección y por lo tanto correcta operación de todo el equipo eléctrico instalado.

Para la planeación de instalaciones eléctricas industriales, deben tomarse consideraciones básicas para el diseño con el fin de lograr una instalación eficiente y confiable.

Ningún tipo estandar de distribución eléctrica es aplicable a todas las industrias en general, porque cada una tiene -- sus propias necesidades.

Es por eso necesario analizar las necesidades específicas -- de cada planta, tanto en calidad como en cantidad y así diseñar el sistema que mejor se adapte a las necesidades eléctricas específicas de una planta en especial considerando -- no solo presente sino también el futuro de ésta.

Algunos factores que deberá contemplar el diseño inicial -- son:

- 1.- Seguridad.- La seguridad en dos formas: seguridad del personal y seguridad de los materiales, edificios, instalaciones y de los equipos eléctricos.
- 2.- Confiabilidad.- El nivel de confiabilidad del sistema depende del proceso de fabricación de la planta y de su operación, así, algunas industrias pueden soportar-

cortes instantáneos de energía sin que tengan graves - problemas, mientras que otras requieren de una gran se guridad de continuidad en el servicio para no tener - graves problemas en su producción. considerando esto, el sistema deberá ser diseñado para aislar la falla - con el mínimo de interferencia con el resto del siste- ma de forma tal, que dé las mayores facilidades de -- operación al sistema.

- 3.- Sencillez de operación.- La sencillez de operación es un factor importante en la seguridad y confiabilidad - de operación de una planta, es conveniente eliminar -- procedimientos complicados para el cierre o apertura - de circuitos bajo condiciones de emergencia, a menos - cde que se especifique otra cosa para un proyecto deter- minado.
- 4.- Regulación de tensión.- En algunas plantas la regula-- ción de tensión puede ser el factor más importante de diseño. Además la mala regulación disminuye la vida y confiabilidad de los equipos.
- 5.- Mantenimiento.- Un sistema bien diseñado con una selec- ción adecuada de cada equipo, disminuirá el manteni- miento. Además en el diseño deberá considerarse muy - cuidadosamente la facilidad de acceso e inspección de los equipos para su mantenimiento.
- 6.- Crecimientos futuros.- En general las cargas de una - planta siempre aumentan, se deberán estudiar detenida- mente los voltajes de operación, las capacidades de - los equipos, espacios para equipos adicionales etc.

Considerando los factores antes mencionados se da el siguiente procedimiento para el diseño de un sistema de distribución de una Planta Industrial:

- 1.- Obtener un plano de distribución de equipos marcando en él la localización de los diferentes puntos de todas las cargas posibles, determinando aproximadamente la carga total en: H.Ps., Kilowatts, y KVA.
- 2.- Estimar las cargas de alumbrado, aire acondicionado y otros tipos de cargas existentes.
- 3.- Determinar la carga total conectada y calcular la demanda correspondiente.
- 4.- Investigar cargas eventuales, tales como arranque de grandes motores, la operación de hornos eléctricos, soldadoras y condiciones especiales como la operación de calderas con sus motores auxiliares, cargas que deban permanecer en operación bajo todas las condiciones y cargas que tengan un ciclo especial de operación.
- 5.- Estudiar los diferentes sistemas de distribución y seleccionar el sistema o sistemas que mejor se adapten a los requerimientos de la planta. Dibujar un diagrama unifilar preliminar general de la planta.
- 6.- Investigar con las compañías suministradoras puntos tales como: Tensiones a las que puede ser alimentada la planta, equipos especiales que pueda exigir la compañía suministradora como protecciones, cuchillas de prueba, espacio de equipo de medición y el valor de corto circuito actual y futuro del sistema en el punto indicado.

- 7.- Realizar cálculos de corto circuito para verificar que la selección de los interruptores es de la capacidad - interruptiva adecuada. Verificar la selección de los diferentes equipos de protección para asegurar un funcionamiento adecuado durante la operación normal y en caso de falla.
- 8.- Considerar las caídas de tensión en varios puntos que se consideren críticos.
- 9.- Revisar las normas o códigos vigentes para instalaciones eléctricas para cumplir con la ley.
- 10.- Verificar la seguridad de todo el sistema.
- 11.- Escribir la especificación de todos los equipos y listas de materiales e incluir un diagrama unifilar como parte de estas especificaciones.
- 12.- Obtener dimensiones de los equipos y hacer dibujos de detalles y rutas del sistema.
- 13.- Determinar en caso de ser ampliación si algún equipo - existente sirve para ser adaptado al nuevo sistema, -- checar capacidades interruptivas y características generales de los equipos existentes.
- 14.- Idear el mejor método para poner en marcha el nuevo - sistema teniendo el mínimo de problemas y el mínimo de costo por éstos.

## CAPITULO I

### GENERALIDADES

Nuestro estudio está basado en el diseño eléctrico de una planta automotriz localizada en las inmediaciones del "Corredor Industrial" Saltillo - Ramos A., en el estado de Coahuila a 5 Km. de Saltillo y a 6 Km de Ramos A.

Una planta automotriz consiste esencialmente de; una planta de ensamble y una planta de motores. Aunque el funcionamiento, la organización, el equipo y lo que en cada una de estas plantas se hace es totalmente diferente, ambas son esenciales para lograr un fin común.: Un Automóvil.

Nuestra Planta Industrial cuenta para su operación con una subestación principal alimentada desde la subestación Saltillo en 110 KV por la C. F. E. con dos transformadores de potencia de 24/32/40 MVA de capacidad.

Cada transformador alimenta a un tablero principal de distribución en 13.8 KV: que se unen entre si mediante un interruptor de enlace el cual opera normalmente abierto. Cuando alguno de los dos transformadores falla, el segundo transformador que tiene capacidad para alimentar toda la carga en operación, alimenta la carga del transformador que falló a través del interruptor de enlace que cierra en ese momento obteniendo así un arreglo con "secundario selectivo" (Ver Fig. III-1)

Aparte del interruptor de enlace que es común para los dos tableros principales, cada uno de estos cuenta con un inte-

ruptor principal y cinco interruptores derivados.

Además una subestación en cada planta distribuye energía en 4160 Volts para alimentar motores de 600 y 900 HP.

El sistema primario y secundario se muestra en forma simplificada en el diagrama unifilar general, (Fig. III-1) el cual muestra arreglos y capacidades de las subestaciones unitarias.

## CAPITULO II

### DISPOSICIONES REGLAMENTARIAS.

#### 2.1 Normas técnicas para instalaciones eléctricas.

Su propósito principal de las normas técnicas para instalaciones eléctricas (NTIE) es el de establecer los requisitos técnicos y de seguridad para los proyectos o diseños, así como la ejecución o construcción, el funcionamiento y operación de las obras e instalaciones eléctricas con el objeto de proteger la vida y los intereses de las personas. Estas normas contienen requisitos mínimos de observancia -- obligatoria y recomendaciones de conveniencia práctica.

#### 2.2 Códigos y Estándares.

El diseño, instalación, equipo y materiales se debe hacer de acuerdo a los requisitos aplicables de las últimas ediciones de las siguientes normas y estándares.

N.T.I.E. (Normas Técnicas para Instalaciones -- Eléctricas, Méx.).

N.E.C. (Código Nacional Eléctrico, EEUU).

N.E.M.A. (Asociación Nacional de Manufactureras- Eléctricas, EEUU).

A.N.S.I. (Instituto Nacional Americano de Normas, EEUU).

- I.E.E.E. (Instituto de Ingenieros Electricistas-  
y Electrónicos, EEUU).
- I.P.C.E.A. (Asociación de Ingenieros en Aislamien-  
tos de Cables de Potencia, EEUU).
- U.L. (Laboratorios de Pruebas, EEUU).
- I.E.C. (Comisión Electrotécnica Internacional-  
"Europea").
- S.M.I. (Sociedad Mexicana de Iluminación, MEX.).
- D.G.N. (Dirección General de Normas, MEX.).
- C.C.U.N.I.E. (Comite Consultivo Nacional de la Indus-  
tria Eléctrica, MEX.).



CAPITULO III  
CALCULO DE CORRIENTES DE CORTO CIRCUITO.

3.1.- NATURALEZA DE LAS CORRIENTES DE CORTO CIRCUITO.

Antes de empezar a explicar en que consiste el método de cálculo de corrientes de corto circuito, es conveniente analizar los puntos fundamentales que intervienen en la magnitud y naturaleza de las corrientes de corto circuito.

Dichos puntos son:

- a) Fuentes de corrientes de corto circuito.
- b) Elementos que limitan las corrientes de C.C.

a).- FUENTES DE CORRIENTES DE CORTO CIRCUITO.

Son cuatro básicamente las fuentes de corrientes de corto circuito a saber:

- 1.- Generadores.
- 2.- Motores síncronos
- 3.- Motores de inducción
- 4.- Sistema de la compañía suministradora.

b).- ELEMENTOS QUE LIMITAN LAS CORRIENTES DE CORTO CIRCUITO.

Las corrientes de corto circuito en el sistema está limitada -- por impedancias tanto de elementos pasivos ( cables, barras --- colectoras ó buses, transformadores, etc.) como por la impedancia propia de las máquinas rotatorias ( motores de inducción, - síncronos y generadores).

CAPITULO III  
CALCULO DE CORRIENTES DE CORTO CIRCUITO.

3.1.- NATURALEZA DE LAS CORRIENTES DE CORTO CIRCUITO.

Antes de empezar a explicar en que consiste el método de cálculo de corrientes de corto circuito, es conveniente analizar los puntos fundamentales que intervienen en la magnitud y naturaleza de las corrientes de corto circuito.

Dichos puntos son:

- a) Fuentes de corrientes de corto circuito.
- b) Elementos que limitan las corrientes de C.C.

a).- FUENTES DE CORRIENTES DE CORTO CIRCUITO.

Son cuatro básicamente las fuentes de corrientes de corto circuito a saber:

- 1.- Generadores.
- 2.- Motores síncronos
- 3.- Motores de inducción
- 4.- Sistema de la compañía suministradora.

b).- ELEMENTOS QUE LIMITAN LAS CORRIENTES DE CORTO CIRCUITO.

Las corrientes de corto circuito en el sistema está limitada -- por impedancias tanto de elementos pasivos ( cables, barras -- colectoras ó buses, transformadores, etc.) como por la impedancia propia de las máquinas rotatorias ( motores de inducción, - síncronos y generadores).

### 3.2.- CORTOS CIRCUITOS EN SISTEMAS DE POTENCIA.

Los sistemas de potencia eléctricos en plantas industriales -- están diseñados para alimentar cargas en una forma continua y segura. Una de las consideraciones mayores en el diseño de -- sistemas de potencia, es el control adecuado de las corrientes de corto circuito. Estas corrientes pueden causar fallas -- en el servicio, produciendo un paro en la producción así como en los servicios esenciales, daños al personal y posibles incendios. Algunas causas debidas a este tipo de fallas son:

- a) Presencia de insectos en el equipo.
- b) Conexiones sueltas.
- c) Aislamientos deteriorados.
- d) Acumulación de humedad.
- e) Acumulación de polvo.
- f).La introducción de objetos metálicos conductivos.

Cuando ocurre un corto circuito suceden algunas o todas las -- siguientes situaciones:

- 1.- En el punto de falla puede ocurrir arqueo e incendio.
- 2.- Existen corrientes de corto circuito que fluyen desde las diversas fuentes hasta el punto de falla.
- 3.- Todos los componentes del sistema que transportan -- las corrientes de corto circuito están sujetas a -- esfuerzos térmicos y mecánicos, los cuales varían -- como una función del cuadrado de la corriente y la -- duración de la misma.
- 4.- Las caídas de tensión en el sistema está en propor-- ción a la magnitud de la corriente de corto circuito.

La caída de tensión máxima ocurre en el punto de --  
falla ( a cero para máxima falla ), pero de todas --  
las partes del sistema de potencia estan sujetas a  
algun grado de caída de tensión.

Por lo tanto, la falla puede ser rápidamente aislada del siste  
ma por los dispositivos de protección del circuito, los cuales  
deben tener la habilidad de interrumpir las corrientes de corto  
circuito máximas.

### 3.3.- OBJETO DE LOS ESTUDIOS DE CORTO CIRCUITO.

En general, los cálculos de corto circuito son hechos para pre-  
decir las corrientes de corto circuito disponibles, esto es, la  
corriente de falla fluirá si una falla es aplicada a un punto  
especifico del sistema. Los resultados obtenidos son normalmen  
te utilizados para:

- a) Seleccionar los dispositivos de protección de circui-  
tos con capacidades adecuadas.
- b) Establecer puntos sobre gráficas de coordinación de --  
tal manera que el dispositivo seleccionado pueda ser  
ajustado para proporcionar la protección óptima al --  
sistema.

Todo lo anterior será para seleccionar correctamente en base --  
a las corrientes de corto circuito los dispositivos de protecc-  
ción.

### 3.4.- METODO DE LOS MVA's.

Este método es idóneo para el cálculo de corrientes de corto --

circuito, debido a la flexibilidad de ubicar los puntos de ---  
falta en cualquier parte de nuestro diagrama unifilar y la sencillez de las matemáticas aplicadas en él.

FORMULAS:

$$MVAcc = \frac{MVAB}{Z \text{ p.u.}}$$

$$Iccs = \frac{MVAcc \times 1000}{\sqrt{3} \times KV} \quad ( \text{SIMETRICA} )$$

$$Icca = F.A. \times Iccs \quad ( \text{ASIMETRICA} )$$

De las fórmulas anteriores se tiene que:

MVAcc Potencia de corto circuito.

MVAB Potencia del sistema en su base.

Z p.u Impedancia en por unidad.

KV Tensión entre fases en Kilovolts.

Iccs Corriente de corto circuito simétrica.

Icca Corriente de corto circuito asimétrica.

F.A. Factor de asimetría

1.6 para sistemas mayores de 600 Volts.

1.25 para sistemas hasta 600 Volts

( datos tomados de la pag. 21 del Beeman )

### 3.5.- CALCULOS.

En base al diagrama de la figura III-1, y aplicando las fórmulas antes descritas, calcularemos las potencias de corto circuito de cada uno de los transformadores.

a) TRANSFORMADOR TR-1 ( 40 MVA )

$$MVA_{cc} = \frac{40}{0.107} = 374$$

b) TRANSFORMADORES TR-4 A TR-8

$$MVA_{cc} = \frac{2}{0.0575} = 34.783$$

c) TRANSFORMADOR TR-3

$$MVA_{cc} = \frac{2.5}{0.0575} = 43.5$$

d) GRUPO DE MOTORES CON CAPACIDAD DE 1.316 MVA TOTALES  
CON IMPEDANCIA DE  $Z = 25\%$  Y ALIMENTADOS EN 4.16 KV.

$$MVA_{cc} = \frac{1.316}{0.25} = 5.264$$

Pasando todos éstos resultados a nuestro diagrama de bloques de MVA's de la figura III-2 tendremos las herramientas necesarias para iniciar nuestro cálculo de corrientes de corto circuito.

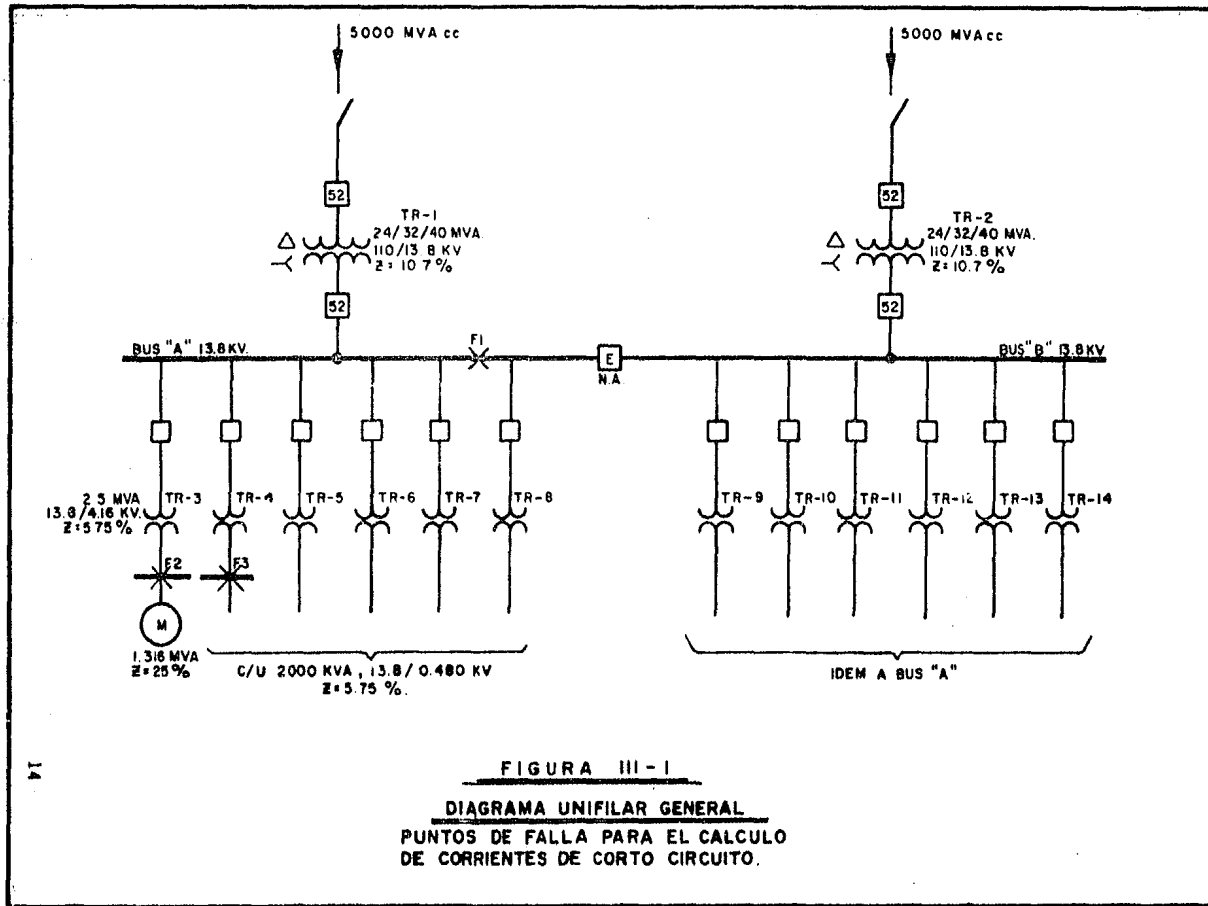


DIAGRAMA GENERAL DE BLOQUES  
PARA EL CALCULO DE CORRIENTES DE  
CORTO CIRCUITO.

FIGURA III-2

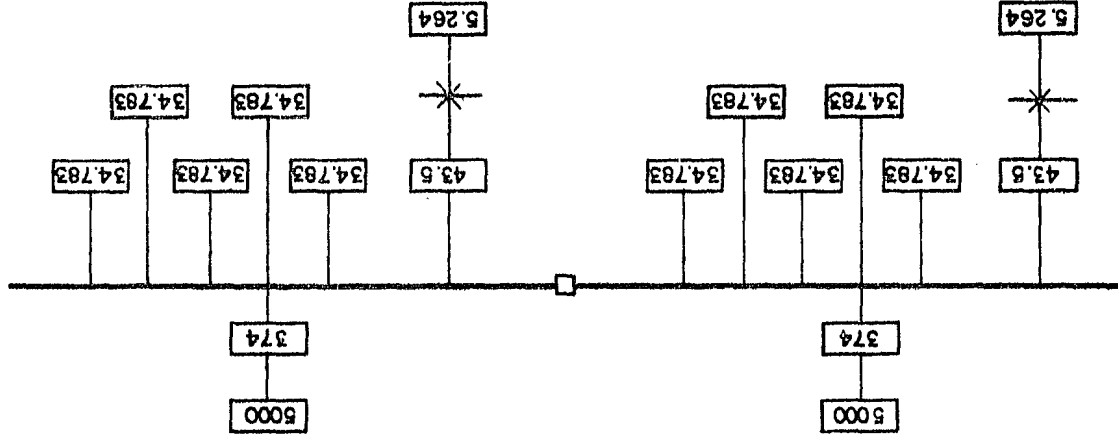


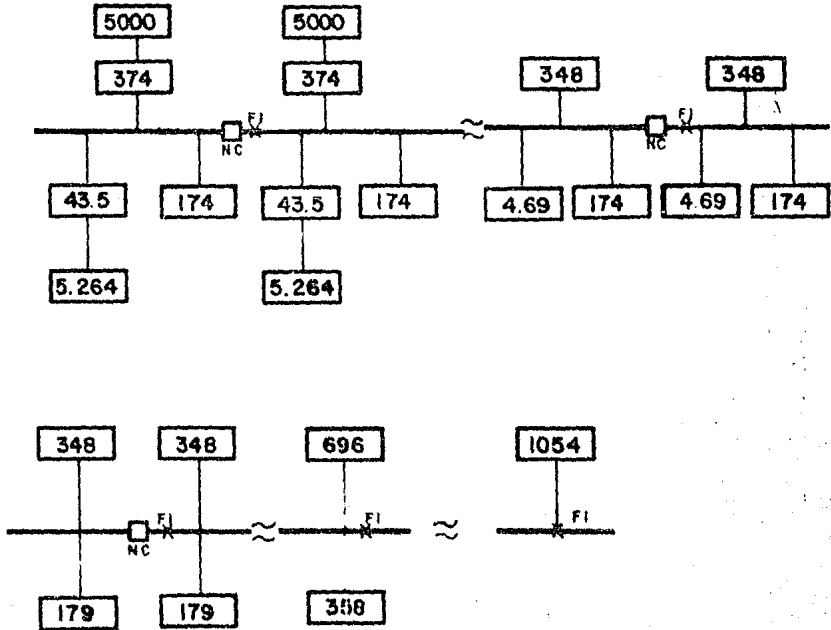


FIGURA III-3

DIAGRAMA DE BLOQUES PARA ANALISIS DE CORRIENTES DE CORTO CIRCUITO EN 13.8 KV.

PUNTO "FI"

a) INTERRUPTOR DE ENLACE CERRADO



$$I_{CC_{sim}} = \frac{1054000}{\sqrt{3} \times 13.8}$$

$$I_{CC_{sim}} = 44,096 \text{ AMP.}$$

$$I_{CC_{ABsim}} = 16 \times I_{CC_{sim}}$$

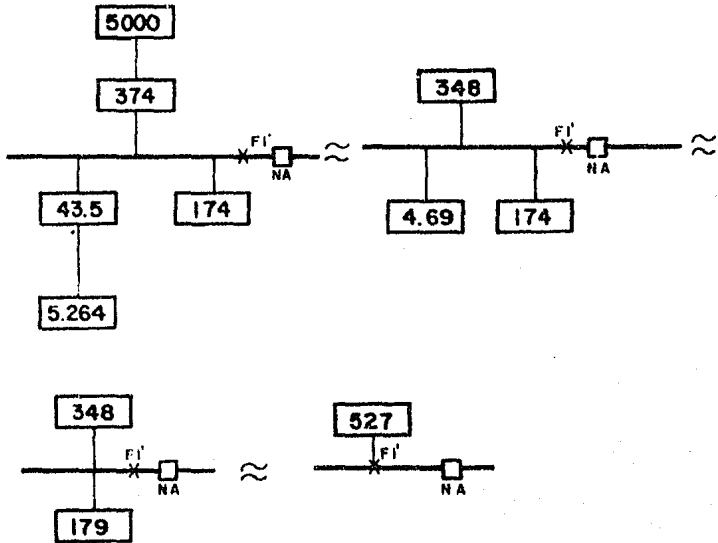
$$I_{CC_{ABsim}} = 70,554 \text{ AMP.}$$

FIGURA III - 4

DIAGRAMA DE BLOQUES PARA ANALISIS DE CORRIENTES DE CORTO CIRCUITO EN 13.8 KV.

PUNTO "FI"

b) INTERRUPTOR DE ENLACE ABIERTO



$$I_{cc_{sim}} = \frac{527000}{\sqrt{3} \times 13.8}$$

$$I_{cc_{sim}} = 22,048 \text{ A.}$$

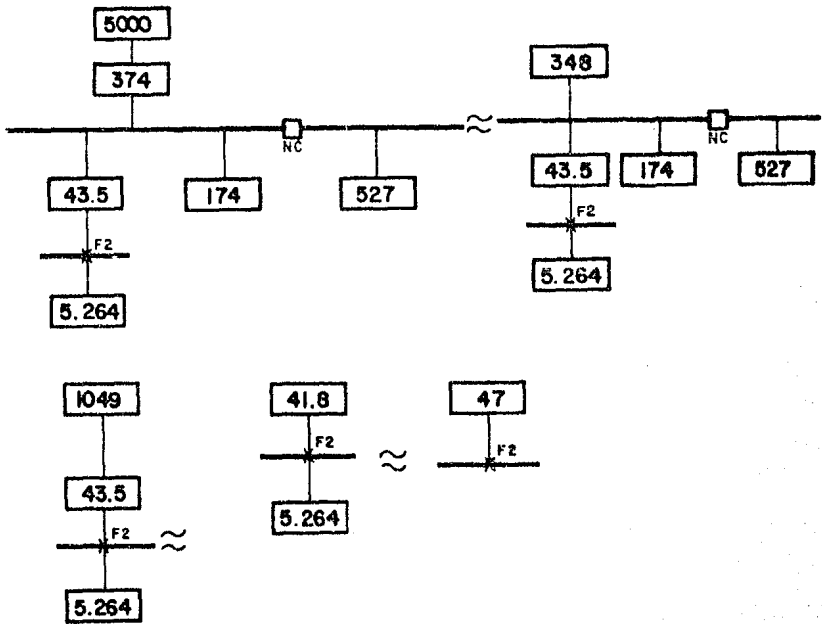
$$I_{cc_{sim}} = 35,277 \text{ A.}$$

FIGURA III-5

DIAGRAMA DE BLOQUES PARA ANALISIS DE CORRIENTES  
DE CORTO CIRCUITO EN 4.16 KV.

PUNTO "F2"

o) INTERRUPTOR DE ENLACE CERRADO



$$I_{ccsim} = \frac{47000}{\sqrt{3} \times 4.16}$$

$$I_{ccsim} = 6,523 \text{ A.}$$

$$I_{ccAsim} = 1.6 \times I_{ccsim}.$$

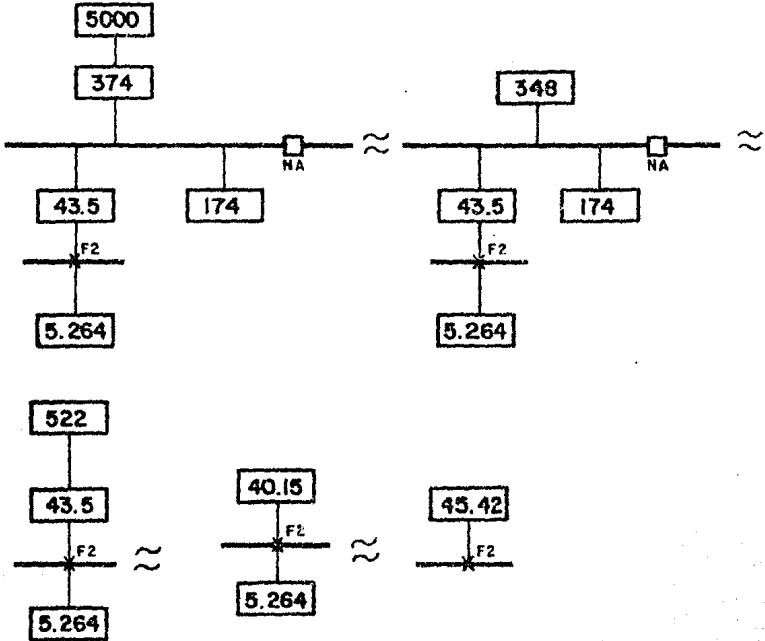
$$I_{ccAsim} = 10,437 \text{ A.}$$

FIGURA III-6

DIAGRAMA DE BLOQUES PARA ANALISIS DE CORRIENTES DE CORTO CIRCUITO EN 4.16 KV.

PUNTO "F2"

b) INTERRUPTOR DE ENLACE ABIERTO



$$\therefore I_{CC_{sim}} = \frac{45420}{\sqrt{3} \times 4.16}$$

$$I_{CC_{sim}} = 6,304 \text{ A.}$$

$$I_{CC_{Asim}} = 1.6 \times I_{CC_{sim}}$$

$$I_{CC_{Asim}} = 10,086 \text{ A.}$$

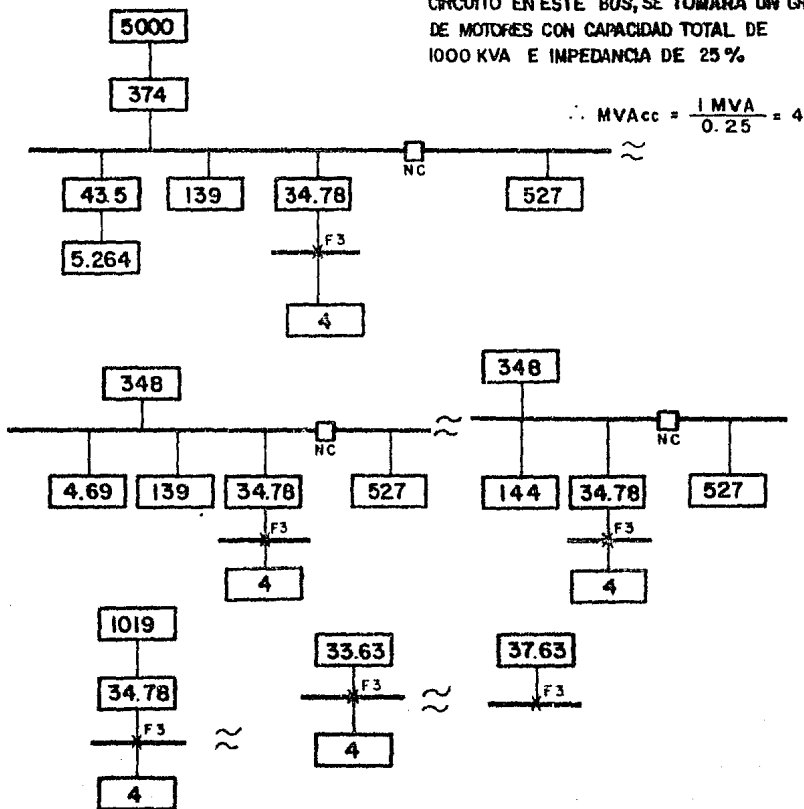
FIGURA III-7

DIAGRAMA DE BLOQUES PARA ANALISIS DE CORRIENTES DE CORTO CIRCUITO EN 480 V.

PUNTO "F3"

a) INTERRUPTOR DE ENLACE CERRADO

NOTA: PARA EL ANALISIS DE CORRIENTES DE CORTO CIRCUITO EN ESTE BUS, SE TOMARA UN GRUPO DE MOTORES CON CAPACIDAD TOTAL DE 1000 KVA E IMPEDANCIA DE 25 %



$$I_{CC_{sim}} = \frac{37630}{\sqrt{3} \times 0.48}$$

$$I_{CC_{sim}} = 45,262 \text{ A.}$$

$$I_{CC_{sim}} = 1.25 I_{CC_{sim}}$$

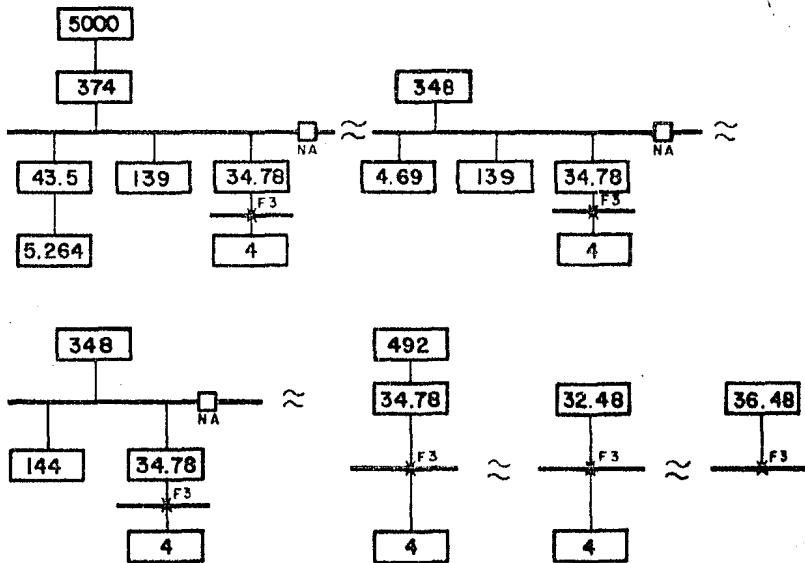
$$I_{CC_{sim}} = 56,578 \text{ A.}$$

FIGURA III-8

DIAGRAMA DE BLOQUES PARA ANALISIS DE CORRIENTES DE CORTO CIRCUITO EN 480 V.

PUNTO "F3"

b) INTERRUPTOR DE ENLACE ABIERTO

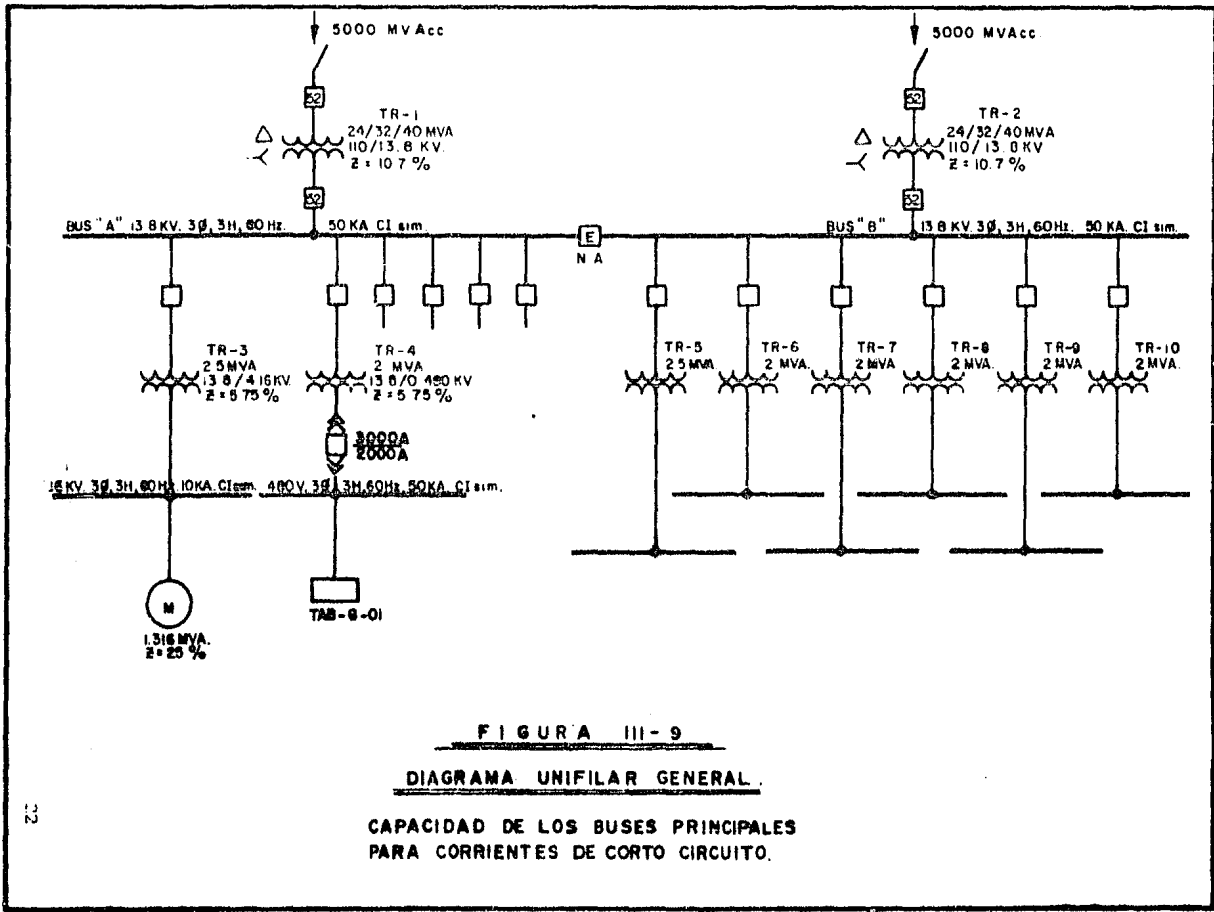


$$I_{CCsim} = \frac{36480}{\sqrt{3} \times 0.48}$$

$$I_{CCsim} = 43,879 \text{ A.}$$

$$I_{CCasim} = 1.25 \times I_{sim}$$

$$I_{CCasim} = 54,894 \text{ A.}$$



**FIGURA III-9**

**DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL.**

**CAPACIDAD DE LOS BUSES PRINCIPALES  
PARA CORRIENTES DE CORTO CIRCUITO.**

## CAPITULO IV

### SISTEMA DE TIERRAS EN SUBESTACIONES.

#### 4.1. Objetivo.

Este trabajo fija los criterios básicos para el diseño de -  
Sistemas de Tierra en Subestaciones exteriores.

#### 4.2. Definiciones.

Tensión de paso es la diferencia de potencial entre dos pun-  
tos del piso separados una distancia de un metro, (equiva--  
lente al paso de una persona normal).

Tensión de toque es la diferencia de potencial que aparece-  
entre una estructura aterrizada en su base y un punto del -  
piso separado un metro de la estructura (equivalente a que-  
una persona de pie toque la estructura a una distancia de -  
un metro).

Tensión de transferencia es la diferencia de potencial que-  
aparece entre una estructura aterrizada remotamente y un --  
punto del piso separado un metro de la estructura.

Tensión de malla es la diferencia de potencial que aparece-  
entre una estructura aterrizada en su base y un punto del -  
piso situado al centro de un rectángulo de la malla.

La resistividad del terreno está expresada en ohms-metro. -  
Un ohm-metro significa una resistencia de un ohm por metro-  
de recorrido de la corriente en una sección de área de un -  
metro cuadrado. También equivale físicamente a la resisten-  
cia de un ohm que presente dos caras opuestas de un cubo de



material de un metro por lado.  
 un ohm-metro es igual a 100 ohms-cm.

#### 4.3.- DATOS NECESARIOS PARA CALCULAR UN SISTEMA DE TIERRAS.

Resistividad del terreno en ohm-metro ( $\rho$ )  
 Capacidad de corriente de corto circuito en Amperes.  
 Tiempo máximo de apertura de la falla en segundos.  
 Dimensiones aproximadas de la subestación.  
 Resistividad del terreno ( $\rho$ ) expresado en ohms-metro.  
 Este dato deberá ser proporcionado por el cliente; Cuan  
 do no se tenga éste dato, se tomará de 100  $\Omega$ -m.  
 La corriente de corto circuito deberá de ser afectada -  
 por los siguientes factores incrementales como son:

##### - FACTOR POR DURACION DE LA FALLA.

Este factor se aplica dependiendo del tiempo de duracion de la falla, estimado segun la precoordinación y el número de elementos de protección segun la tabla.

TABLA IV-1

DURACION DE LA FALLA		
Segundos	Ciclos de 60 Hz.	Factor (fd1)
0.008	1/2	1.65
0.100	6	1.25
0.250	15	1.20
0.500 ó más	30 ó más	1.00

- Factor recomendado.

Para fines del presente trabajo se tomará el tiempo de duración de falla como 0.5 segundos o más.

- Factor por crecimiento futuro del Sistema ( $fd_2$ ).

Este factor toma en consideración el aumento del valor de la corriente de corto-circuito debido al crecimiento del sistema de alimentación (Sistema de C.F.E.). Este valor - se tomará de 1.2 si no se cuenta con el dato de C.F.E.

- Tiempo máximo de apertura de la falla.

Para el tiempo máximo de apertura de la falla se tomarán - en este trabajo las siguientes consideraciones:

Se tomará un tiempo de 2 segundos para el cálculo de calibre del conductor; este tiempo considera un porcentaje de seguridad para evitar la fusión del conductor.

Se tomará un tiempo de 0.5 segundos para el cálculo de la longitud del conductor, en este tiempo se considera que - la protección principal no operó y que la de respaldo es la que operará.

#### Datos Complementarios:

Material del conductor.

Tipo de conectores.

Profundidad a la que se instalará la malla de tierras.

- Material del Conductor.

El material del Conductor será cobre electrolítico; el --

conductor será cable de cobre desnudo de un calibre mínimo de 4/o AWG (7 hilos); este calibre mínimo se debe a la consideración de resistencia mecánica del conductor.

- Tipo de conectores.

Los conectores deberán de ser del tipo Exotérmico (Cadweld o Similar) (soldable).

- Profundidad a que se instalará la malla.

La red de tierras deberá de instalarse a una profundidad no menor de 0.6 m., a menos que el terreno no lo permita.

#### 4.4. Cálculo de la Malla de Tierras.

- Cálculo de la corriente de falla a tierra.

$$I = I_{cc} \times fd_1 \times fd_2$$

I. Corriente de falla en Amperes a utilizar en el Cálculo.

I<sub>cc</sub>. Corriente de Corto Circuito real.

fd<sub>1</sub>. Factor de duración de la falla.

fd<sub>2</sub>. Factor por crecimiento futuro del Sistema.

- Cálculo del calibre del conductor.

$$A = \frac{I}{\sqrt{\frac{\log_{10} \left( \frac{T_m - T_a}{234 + T_a} \right) + 1}{33.5}}} \quad \text{xxxxx (1)}$$

A - Area del conductor en circular - mills.

- I - Corriente de falla en Amperes.
- Tm Temperatura máxima permisible en el conductor y en los conectores en °C (1083 °C cuando se utilice cable de cobre y conexiones exotérmicas).
- Ta Temperatura ambiente en °C (40 °C en la República Mexicana).
- S Tiempo en segundos durante el cual se considera I. -- (2 segundos, según se indicó anteriormente).

Cuando se tome  $T_m = 1083$ ,  $T_a = 40$ ,  $S = 2$

Se tendrá:

$$A = I \times 9.8385 = CM \quad \text{*** ( 2 )}$$

$$( 1mr.^2 = 2000 CM )$$

- Se procede a considerar una red de tierras tentativa con el fin de SUPONER lo siguiente:

- a) Espaciamiento entre conductores paralelos.
- b) Número de conductores paralelos.

Para trazar la red tentativa hay que tomar las siguientes consideraciones:

- a) Arreglo de equipo y de estructuras.
- b) El perímetro de la malla deberá de abarcar la máxima área práctica sin que quede más allá del cuarto de control.
- c) Los conductores de la malla deberán ser paralelos y -- con espaciamientos uniformes en ambos sentidos.
- d) Los conductores deberán estar localizados de ser posible paralelos a los equipos o estructuras.
- e) El espaciamiento podrá ser entre 8 y 3 metros.

Una vez trazada la malla tentativa se conoce el número de conductores paralelos y el espaciamiento tentativo, así como la longitud preliminar del conductor a la cual hay que agregar la longitud de las varillas de tierra que se consideren preliminarmente, estos datos se compararán de lo que se obtenga de la fórmula siguiente:

- Longitud necesaria del conductor.

$$L = \frac{K_m \cdot K_i \cdot \rho \cdot I \cdot \sqrt{t}}{116 + 0.17 \rho_s} \quad \text{*** ( 3 )}$$

L - Longitud total del conductor en metros.

K<sub>m</sub> - Coeficiente que toma en consideración el número de conductores paralelos, espaciamiento entre conductores, diámetro del conductor y profundidad a la cual está instalado.

K<sub>i</sub> - Factor de corrección por irregularidad del terreno, toma en consideración la no uniformidad de la densidad de corriente que fluye al terreno en las diferentes partes de la malla.

$\rho$  - Resistividad del terreno en  $\Omega$ -m.

I - Corriente de falla en amperes.

t - Tiempo máximo de la falla en segundos.

$\rho_s$  - Resistividad del piso inmediatamente abajo del pie, en el caso de tener una capa de grava sobre el piso natural, este valor es de 3000  $\Omega$ -m.

- FACTOR K<sub>m</sub>:

\*\*\* ( 4 )

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \cdot \ln \frac{D^2}{16hd} + \frac{1}{\pi} \ln \left[ \frac{3}{4} \cdot \frac{5}{6} \cdot \frac{7}{8} \cdot \frac{9}{10} \cdot \frac{11}{12} \dots \right]$$

D - Distancia entre conductores paralelos (Espaciamiento)

en metros.

h - Profundidad en que se instala el conductor en metros.

d - Diámetro del conductor en metros.

El número de términos en el segundo miembro dentro de los paréntesis será igual al número de conductores paralelos en la malla menos dos (2), tomados en un sólo sentido. Se tomará el sentido que tenga mayor número de conductores paralelos.

- FACTOR  $K_i$ :

Para tomar el factor  $K_i$  dentro de los límites indicados a continuación de deberán de reforzar las esquinas de la malla con un conductor en paralelo más, de acuerdo al ejemplo.

El valor de  $K_i$  será:

$$K_i = 0.77 + 0.115 n. \quad \text{*** ( 5 )}$$

Donde:

n Es el número de conductores paralelos en el sentido de mayor número de conductores en la malla básica.

Una vez encontrada la longitud, se traza la malla y se calcula nuevamente la longitud con el nuevo espaciamiento entre conductores paralelos, hasta tener la aproximación entre la longitud supuesta y la encontrada por la fórmula.

En estos cálculos no se han tomado en consideración las varillas de tierra, éstas son tipo copperweld de 5/8" de diámetro y 3 metros de longitud las cuales se instalarán de la

siguiente forma: una en cada esquina perimetral de la malla y en Nodos alternados en el perímetro de la malla y en el área de la malla repartidos uniformemente dejando uno o dos Nodos intermedios entre varillas.

La longitud de las varillas deberá agregarse a la longitud de la malla trazada para tener la longitud total de conductor.

- Rectificación de la Seguridad de la Malla.

Tensión de paso.

Este valor nos indica la tensión máxima de paso en la sub-estación.

$$E_{\text{paso}} = K_s K_i \rho \frac{I}{L} \quad \text{*** ( 6 )}$$

$K_s$  Es el coeficiente que toma en consideración el efecto de:

(n) número de conductores paralelos, (D) es el espaciamiento entre conductores paralelos, (h) profundidad en la que esta instalado el conductor.

$K_i$  ya se indico anteriormente.

$\rho$  Resistividad del Terreno.

\*\*\* ( 7 )

$$K_s = \frac{1}{\pi} \left[ \frac{1}{2h} + \frac{1}{D+h} + \frac{1}{2D} + \frac{1}{3D} + \frac{1}{4D} + \frac{1}{5D} \dots \right]$$

El número de términos dentro del paréntesis se toma igual - al número de conductores paralelos en una sola dirección.

Este valor se comparará con el valor de tensión de paso que puede soportar un ser humano en ésta subestación. Se deberá de calcular la tensión de paso en la parte de la subestación con grava y con terreno natural:

$$E_{pg} = \frac{116 + 0.7 \rho_s}{\sqrt{t}} \quad *** (8)$$

En donde  $\rho_s$  es la resistividad del terreno con grava,  $t$  es igual a 0.5 segundos.

$$E_p = \frac{116 + 0.7 \rho}{\sqrt{t}} \quad *** (9)$$

En donde  $\rho$  es la resistividad del terreno natural,  $t$  es igual a 0.5 segundos.

Se comparan los valores de las ecuaciones (8) y (9) con la tensión máxima de paso en la subestación, ecuación (6), la cual deberá de ser menor; En caso de que los resultados de las ecuaciones (8) y (9) sean mayores, se deberá de aumentar la longitud de la malla y recalcularse hasta que los valores de éstas ecuaciones sean menores que el de la ecuación (6).

En caso de que los valores de  $E_p$  paso, ecuación (9), en terreno natural sea menor que (6), esto indicará que hay que tener grava sobre toda el área que ocupa la malla y aún 1.5 m. mas del perímetro.

La cerca perimetral de la subestación deberá estar fuera del perímetro de la malla un mínimo de 2 m.



La cerca perimetral de la subestación debe de cumplir con lo indicado en el capítulo 603.3 del NTIE.

Complemento al cálculo.

Resistencia del Sistema de Tierra.

$$R = \frac{\rho}{4r} + \frac{\rho}{L} = \text{ohms} \quad \text{***}(10)$$

- R Resistencia del Sistema de Tierra.
- $\rho$  Resistividad del terreno natural.
- L Longitud del conductor, incluyendo varillas de tierra.
- r Radio en metros de un círculo equivalente, que tenga la misma área que la que cubre la malla.

$$T_m = IR \text{ Volts.} \quad \text{***}(11)$$

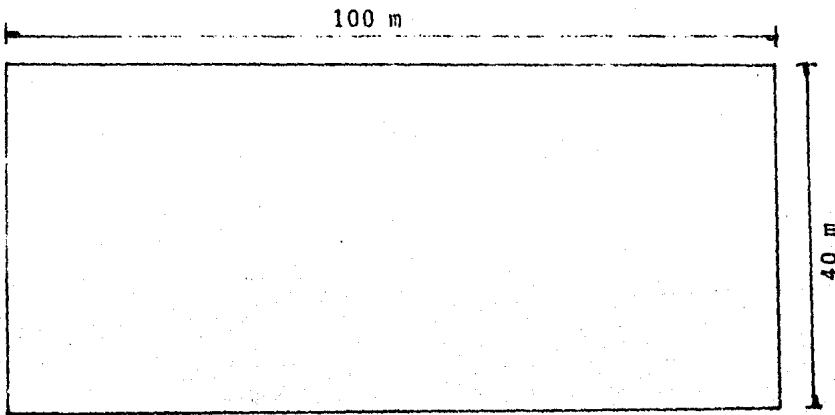
$T_m$  Potencial máximo de la malla.

Este valor nos indica la tensión máxima de transferencia posible o el aumento máximo de potencial que se tendrá en la malla durante la falla.

#### 4.5. Memoria de Cálculo

Resistividad del terreno.	40 $\Omega$ -m
Capacidad de Corriente de Corto-circuito.	22048 * A
Tensión del Circuito.	13.8 KV
Tiempo máximo de Apertura de la Falla.	0.5 Seg.
Material del Conductor.	Cobre
Tipo de Conectores.	Exotérmicos.
Profundidad a la que se instalará el Conductor en metros.	0.6 m.
Dimensiones del Terreno de la Subestación.	100 x 40 m.

\* Dato tomado del capítulo III, para BUS de enlace abierto.



CROQUIS DE LA SUBESTACION

Corrección de la Corriente De Falla a Tierra.

$$I = I_{cc} \times f_{d1} \times f_{d2}$$

$$I = 22,048 \times 1.0 \times 1.2$$

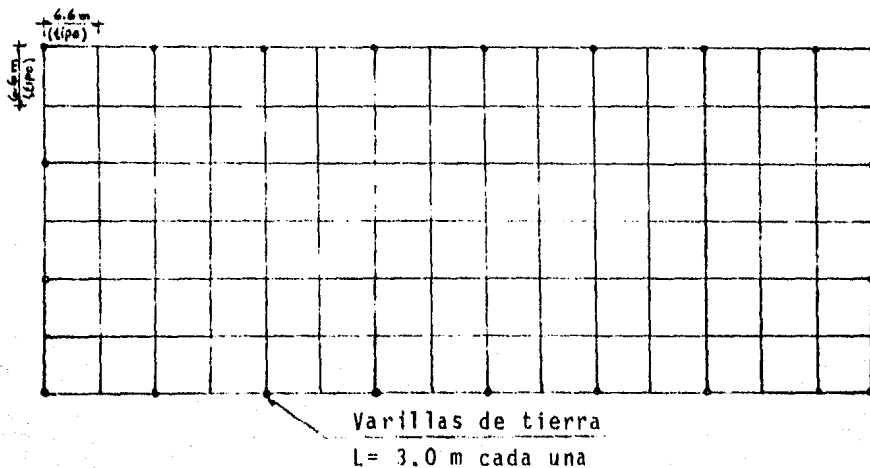
$$I = 26,773 \text{ Amp.}$$

Cálculo del Calibre del Conductor.

$$\text{Area} = I \times 9.8395 = 263,455 \text{ CM.}$$

Conductor Calibre 250 MCM.

Cálculo de la Longitud del Conductor: (PRIMERA TENTATIVA).



CROQUIS DE LA MALLA (PRIMERA TENTATIVA)

D	Distancia entre conductores paralelos	6.6	m.
h	Profundidad en que se instalará el conductor.	0.60	m.
d	Diámetro del conductor ( 250 MCM )	0.0146	m.
n	Número de conductores paralelos	16	

$$K_m = 1/2 \pi \times \ln (D^2/16 h d) + 1/\pi \times \ln (3/4)(5/6)..(29/30)$$

$$K_m = 1/6.2832 \times \ln (43.56/16 \times 0.6 \times 0.0146) + 1/\pi \times \ln (3/4) (5/6)...(29/30)$$

$$K_m = 0.5182$$

$$K_i = 0.77 + 0.115 \times 16 = 2.6$$

LONGITUD TENTATIVA DEL CONDUCTOR.

$$L = \frac{K_m K_i \rho I \sqrt{t}}{116 + 0.17 \rho s} = \frac{0.5182 \times 2.6 \times 40 \times 26778 \times \sqrt{0.5}}{116 + 0.17 (3000)}$$

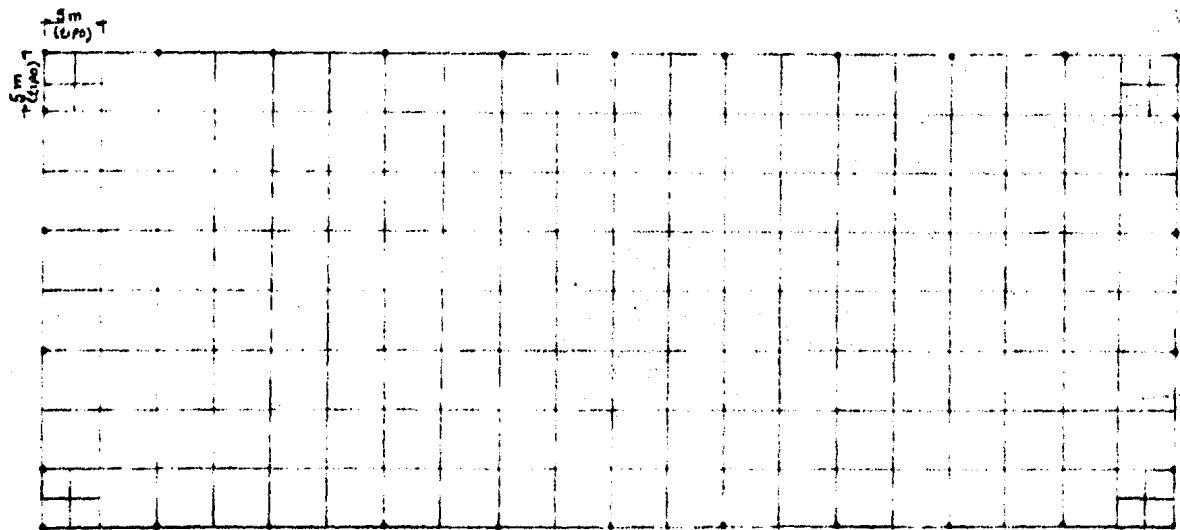
$$L = 1630 \text{ m}$$

Longitud calculada total del conductor	1630	m
Longitud de las varillas	66	m
16 paralelas de 40 m c/u	640	m
7 paralelas de 100 m c/u	700	m

LONGITUD ESTIMADA PRIMERA TENTATIVA: 14.00 m

CONCLUSION: Como la longitud calculada es mayor que la estimada, se procede a otro:

CALCULO DE LA LONGITUD DEL CONDUCTOR (SEGUNDA TENTATIVA)



CROQUIS DE LA MALLA  
( SEGUNDA TENTATIVA )

D	Distancia entre conductores paralelos	5.0 m.
h	Profundidad en que se instalará el conductor.	0.60 m.
d	Diámetro del conductor.	0.0146 m.
n	Número de conductores paralelos	21

$$K_m = 0.4731$$

$$K_i = 0.77 + 0.115 \times 21 = 3.18$$

Longitud tentativa del conductor:

$$L = 1823 \text{ m.}$$

Longitud calculada total del conductor	1823 m.
Longitud de las varillas ( 30 x 3 )	90 m.
9 Paralelas de 100 m c/u.	900 m.
21 Paralelas de 40 m c/u.	840 m.
LONGITUD TOTAL :	1830 m'

Adicionando 8 refuerzos de 5 m c/u en las esquinas para - que la malla en las esquinas sea mas confiable, se tendrá una longitud total de la malla de 1870 m. por lo que la malla final será como se indica en el croquis de la segunda tentativa.

Rectificación de la seguridad de la malla (Aplicando la --  
Formula (6):

$$E \text{ paso} = K_s K_i \rho \frac{I}{L} \quad *** (6)$$

$$K_s = \frac{1}{\pi} \left[ \frac{1}{2 \times 0.6} + \frac{1}{5 + 0.6} + \frac{1}{2 \times 5} + \frac{1}{3 \times 5} + \frac{1}{4 \times 5} + \frac{1}{5 \times 5} + \frac{1}{6 \times 5} + \frac{1}{7 \times 5} \right. \\ \left. + \frac{1}{8 \times 5} + \frac{1}{9 \times 5} + \frac{1}{10 \times 5} + \frac{1}{11 \times 5} + \frac{1}{12 \times 5} + \frac{1}{13 \times 5} + \frac{1}{14 \times 5} \right. \\ \left. + \frac{1}{15 \times 5} + \frac{1}{16 \times 5} + \frac{1}{17 \times 5} + \frac{1}{18 \times 5} + \frac{1}{19 \times 5} + \frac{1}{20 \times 5} \right]$$

$$\begin{aligned} K_s &= 0.4865 & \rho &= 40 \\ K_i &= 3.18 & I &= 26778 \\ & & L &= 1870 \text{ m.} \end{aligned}$$

$$E \text{ paso} = 886 \text{ Volts.}$$

A continuación determinemos la tensión de paso con grava -  
"E<sub>pg</sub>" y sin grava "E<sub>p</sub>" aplicando las formulas (8) y (9) res-  
pectivamente:

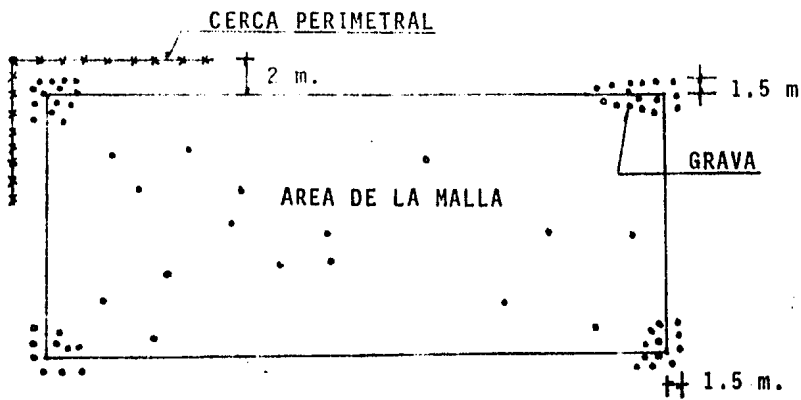
$$E \text{ paso}_g = \frac{116 + 0.7 (3000)}{\sqrt{0.5}} = 3134 \text{ Volts.}$$

E paso sin grava ó terreno natural.

$$E \text{ paso} = \frac{116 + 0.7 (40)}{\sqrt{0.5}} = 203.6 \text{ Volts}$$

#### CONCLUSIONES:

La grava deberá de tenderse 1.5 fuera del perimetro de la -  
Malla.



Croquis de la malla indicando dimensiones del tendido de -- Grava y ubicación de la malla perimetral.

Calculos complementarios

Resistencia del sistema de tierra.

$$R = \frac{\rho}{4r} + \frac{\rho}{L} \quad *** (10)$$

$$A = \pi r^2$$

$$\sqrt{\frac{A}{\pi}} = r$$

$$r = \sqrt{\frac{4000}{\pi}}$$

$$r = 35.68 \text{ m.}$$

$$L = 1870 \text{ m.}$$

$$\rho = 40$$

$$R = 0.301 \Omega$$



Potencial máximo en la malla

$$T_m = IR \quad \text{***(11)}$$

$$T_m = 26778 \times 0.301$$

$$T_m = 8,060 \text{ Volts.}$$

## CAPITULO V A L U M B R A D O .

### 5.1 PRINCIPIOS DE ILUMINACION

La iluminación artificial.- Durante miles de años los hombres gobernaron, juzgaron, comerciaron, veneraron, ejer--cieron sus poderes, estudiaron y observaron acontecimien--tos dramáticos en edificios proyectados solo para desempe--ñar actividades durante el día.

En épocas mas recientes, la iluminación artificial exten--dió su uso a las construcciones industriales y comercia--les hasta en las horas de oscuridad. Pero en sus princi--pios, la técnica de iluminación se aplicaron con una vir--tual ignorancia de los requisitos visuales humanos.

Todas las fuentes de luz artificial anteriores al foco -eléctrico, eran en realidad llamas poco luminosas. Era -necesario colocarlas, no donde podían dar los mejores re--sultados de iluminación, sino donde su humo, calor y go--teó podían causar el mínimo de molestias a los habitantes. Desgraciadamente los proyectistas de las primeras instala--ciones eléctricas tomaron por sentado que los soportes en paredes y los candiles colgantes tenían reales méritos de iluminación y ésto atrazó por muchos años la madurez del alumbrado artificial.

El resultado fué que los luminarios para iluminación arti--ficial, eran instalados como simples agregados a las cons--trucciones proyectadas según conceptos arquitectónicos --clásicos. Estos métodos eran típicos en la práctica de -iluminación, hasta que los arquitectos se dieron cuenta -de que la iluminación podía ser un factor positivo en la

función y la forma de un edificio, mas bien que un elemento secundario.

5.2. Terminología de iluminación.- Debido a que las primeras fuentes de iluminación artificial eran relativamente reducidas (velas, lámparas de aceite, capuchones de gas), los primeros términos empleados para medir la intensidad de la luz se escogieron de acuerdo al concepto de "FUENTE-PUNTO" de luz.

Así que una candela ó bujía (unidad de intensidad luminosa) era verdaderamente una vela de un tamaño y encendidos determinados. La cantidad de luz proyectada por una "CANDELA" patrón sobre una área de un metro cuadrado de una esfera con un metro de radio, era, naturalmente, "una candela-metro" ó "LUX".

En el sistema ingles esta unidad es la "candela-pie" --- (foot-candle) por lo que una candela-pie equivale a 10.7 Luxes.

A medida que el tamaño de la esfera aumente, forzosamente los mismos rayos divergentes cubren una área mas amplia, pero con un nivel de iluminación menor. Este nivel puede expresarse matemáticamente por la siguiente fórmula:

$$E = \frac{I}{D^2} \text{ -----} \quad \text{***(1)}$$

En donde E, es la iluminación en "luxes", I es la intensidad luminosa en "candelas" y D, es la distancia en metros de la fuente luminosa a la superficie.

En la fórmula básica la superficie receptora es normal al

rayo de luz, si esta superficie está inclinada en  $\theta$  grados de la normal, entonces la ecuación ( 1 ) es modificada a :

$$E = \frac{I \times \cos \theta}{D^2} \quad \text{***** (2)}$$

Existe otra unidad denominada "LUMEN".

El Lúmen es la cantidad total de la luz emitida por una vela, un foco, un luminario, etc. Así que un foco incandescente de 100 watts emite aproximadamente 1600 Lúmenes y una lámpara fluorescente de 40 watts aproximadamente -- 3100 Lúmenes bajo condiciones normales de operación.

El concepto de Lúmen permite calcular la iluminación promedio proveniente de múltiples fuentes luminosas, aumentada por la reflexión de los alrededores como son los -- muros, pisos y techos, esto en virtud de que :

$$E_{\text{luxes}} = \frac{\text{Lúmenes generados} \times \text{C.U.}}{\text{área en metros cuadrados}} \quad \text{***** (3)}$$

En ésta fórmula "C.U." es un coeficiente combinado relacionado con el tamaño del cuarto, su configuración, reflectancias y eficiencia del luminario. Los fabricantes de -- luminarios publican tablas con los valores correspondientes al C.U.

- 5.3. Generación de la luz.- Predominan dos métodos de generación de la luz eléctrica: Incandescente y descarga eléctrica.

El primer método es simplemente una fuente incandescente- que produce luz por incandescencia de un alambre de tungsteno dentro de un bulbo de vidrio.

Aproximadamente el 7% de su rendimiento es en forma de -- energía visible (luz), el resto son radiaciones infrarrojas (calor).

Una lámpara incandescente de 300 watts produce aproximadamente 20 lúmenes por watt consumido. Los principales inconvenientes de la lámpara incandescente son: una vida -- corta y baja eficiencia. Sin embargo, hay ventajas que -- las compensan y mantienen su uso como son:

- 1.- Tamaño compacto
- 2.- Bajo costo inicial
- 3.- Inafectable por la temperatura circundante
- 4.- No necesita accesorios de arranque o reactores
- 5.- Color cálido que da a los objetos un aspecto familiar
- 6.- Flujo luminoso fácilmente controlable en una gran variedad de distribuciones luminosas.
- 7.- Opera indistintamente en corriente alterna ó continua

De los dos tipos de descarga eléctrica más usuales se tiene la fluorescente y vapor de mercurio, el primero ha llegado a ser el normal en la iluminación comercial e institucional, y el último en la iluminación industrial y exterior.

Cuando se aplica el voltaje apropiado a las terminales de una lámpara fluorescente, los vapores gaseosos dentro del tubo emiten radiaciones ultravioleta. Estos, invisibles- y nocivos rayos son convertidos en luz visible e inofensi-

va al pasar a través de los polvos fluorescentes en la superficie interna de los tubos.

Los principales inconvenientes de éstas lámparas es su gran tamaño físico en relación con su voltaje ( una lámpara de 1.22 m. consume 40 watts) y la necesidad de un reactor que le proporcione una corriente y un voltaje adecuado de operación y una gran reducción de su flujo luminoso a bajas temperaturas. Estos factores adversos están compensados por las siguientes ventajas:

- 1.- Alta eficiencia luminosa, mas de 67 lúmenes por watt.
- 2.- Emisión de buenos colores.
- 3.- Vida mas larga, aproximadamente 13000 Hrs. en comparación con las 750 ó 1000 Hrs. de las lámparas incandescentes.

El otro tipo de lámpara de descarga gaseosa es la de vapor de mercurio de alta intensidad. Esta genera la luz directamente de la luminosidad producida por el arco eléctrico. Esta lámpara tiene una emisión de luz característica azul-verde. Su calidad en el color ha sido mejorada para igualar la de las lámparas fluorescentes, por una acción de fluorescencia parcial por medio de polvos fluorescentes en la superficie interna del bulbo de vidrio.

Sus características la hacen una fuente ideal para gimnasios, grandes campos deportivos, instalaciones industriales y en general en todas la áreas al aire libre.

Además de necesitar un reactor, el inconveniente de las lámparas de vapor de mercurio es que necesitan de varios minutos para obtener su máxima emisión luminosa y si se ha apagado, es necesario un enfriamiento de tres a cinco

minutos antes de tener su total emisión nuevamente.

Resumiendo sus ventajas son las siguientes :

- 1.- Larga vida económica, mas de 16000 Hrs con muy baja - depreciación.
- 2.- Fuente luminosa concentrada que facilita un control - preciso de los rayos luminosos.
- 3.- Alta eficiencia luminosa, mas de 80 lúmenes por watt
- 4.- Flujo luminoso inalterable por los cambios de tempe- ratura.
- 5.- Mas robusta que las lámparas incandescentes y fluo- rescentes y no se ve afectada por las vibraciones o el trabajo rudo.

Ademas de éstas fuentes convencionales de luz hay nume--- rosos tipos especializados. En general se puede decir que siempre habrá uno de los tipos de lámparas convencionales descritos que cubra mejor las necesidades.

#### 5.4 ILUMINACION DE INTERIORES.

##### METODO PARA EL CALCULO DE ILUMINACION DE INTERIORES.

Cuando en la arquitectura se empezó a tomar en cuenta --- que la iluminación era un factor positivo en la función y la forma de un edificio y hasta muchos años después, para el cálculo de niveles de iluminación se empleó el método de flujo ó lúmenes, usando coeficientes de utilización -- que en cierta forma representaban la eficiencia del lumina- rio y eran determinados por fórmulas empíricas. Mas -- tarde se utilizaron métodos de análisis matemáticos para determinar dichos coeficientes.

Todos éstos métodos básicos se apoyan en la teoría de que la iluminación promedio es igual a los lúmenes divididos -- por el área de trabajo sobre las cuales son distribuidos.

En el año de 1965, la Illuminating Engineering Society , --- (IES) adoptó un nuevo método para calcular y usar los coeficientes de utilización:

5.5 METODO DE CAVIDAD ZONAL.- Es un método para calcular y usar los coeficientes de utilización y se encarga de determinar las reflectancias efectivas de piso y techo.

Este método mejora el antiguo sistema dando mayor flexibilidad en los cálculos de iluminación, así como una mayor -- exactitud, pero no cambia el concepto básico de que luxes -- es igual al flujo sobre área.

Las bases del método de cavidad zonal descansan en el concepto de la teoría de transferencia de flujo, considerando que un cuarto está formado por una serie de cavidades que -- tienen reflectancias entre ellos y el plano de trabajo.

Con lo anteriormente expuesto, cualquier cuarto puede generalmente ser dividido en tres espacios básicos ó cavidades según se muestra en la figura V-1 :

a).- Cavidad de techo ( hct ).- Espacio entre luminario y techo.

b).- Cavidad de cuarto ( hcc ).- Espacio entre luminario y plano de trabajo.



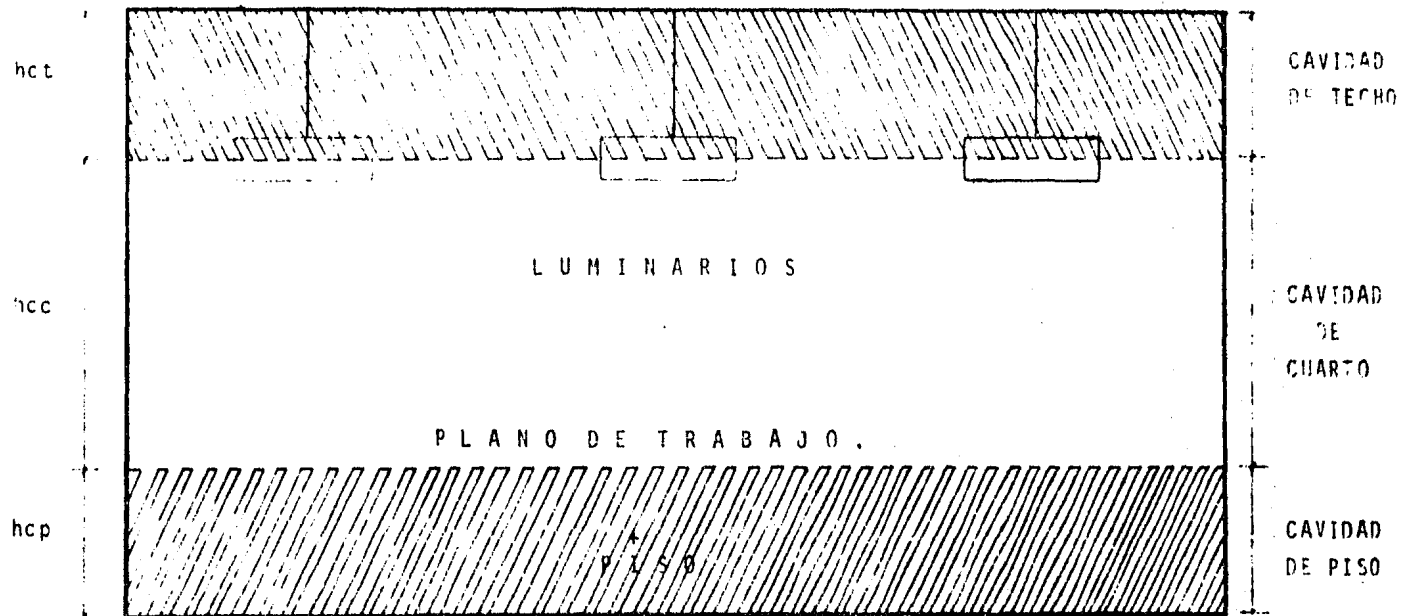


FIG. V-I ESPACIOS BASICOS O CAVIDADES.

c).- Cavidad de piso (hcp).- espacio entre el plano de tra  
bajo y piso.

Las relaciones numéricas o "Relaciones de Cavidad" se usan para determinar la reflectancia efectiva del piso y techo y después encontrar el coeficiente de utilización.

Se tienen cuatro pasos básicos para calcular cualquier nivel de iluminación.

- 1º Determinar las "relaciones de cavidad"
- 2º Determinar las reflectancias de las cavidades.
- 3º Seleccionar el coeficiente de utilización.
- 4º Calcular el nivel de iluminación promedio.

1er. paso.- Las relaciones de cavidad pueden ser encontradas de dos formas; La mas exacta es calculada usando las siguientes fórmulas:

Relación de cavidad de techo

\*\*\* (4)

$$RCT = \frac{5 \times hct (L + A)}{L \times A}$$

Relación de cavidad de cuarto

\*\*\* (5)

$$RCC = \frac{5 \times hcc (L + A)}{L \times A}$$

Relación de cavidad de piso

\*\*\* (6)

$$RCP = \frac{5 \times hcp (L + A)}{L \times A}$$

O también pueden ser encontrados de tablas publicadas por -

el IES, y que dependen de las dimensiones del local (largo, ancho y alto).

2º paso.- Se deben determinar las reflectancias efectivas para las cavidades de piso y techo. Estas las podemos localizar en la tabla V-1, bajo la combinación de la relación de cavidad y las reflectancias actuales de piso, paredes y techo. Nótese que si el luminario es empotrado o sobrepuesto o si el plano de trabajo es el piso, RCT y RCP serán cero y entonces la reflectancia actual del techo o piso será también la reflectancia efectiva.

Las reflectancias efectivas así encontradas serán:

$\rho_{ct}$  Reflectancia efectiva de la cavidad del techo

$\rho_{cp}$  Reflectancia efectiva de la cavidad del piso

3er. paso.- Con los valores antes encontrados y con  $\rho_w$  (reflectancia de pared) y conociendo la relación de cavidad del cuarto (RCC) previamente calculado podemos encontrar el C.U. (coeficiente de utilización) en la tabla V-2

Normalmente el coeficiente de utilización que se encuentra es para un 20% de reflectancia efectiva del piso, pero se dan casos en los cuales la reflectancia efectiva del piso es para un 10%, - que utilizando la tabla V-3, dará el factor que será utilizado en conjunto con el coeficiente de

Utilización ( C.U. ) dando como resultado el ---  
C.U. final.

4°Paso.- Por último, el cálculo del nivel de iluminación se logra mediante la fórmula estandar del método del lumen :

$$E = \frac{N^{\circ} \text{ luminarios} \times \text{lúmenes/luminario} \times \text{C.U.} \times \text{P.M.}}{\text{área}} \quad *** (7)$$

O bien, el número de luminarios necesarios para un determinado nivel de iluminación ya establecido, la ecuación \*\*\* (7) se modifica a :

$$N^{\circ} \text{ luminarios} = \frac{E \times \text{área}}{\text{lúmenes/luminario} \times \text{C.U.} \times \text{F.M.}} \quad *** (8)$$

## 5.6 CALCULOS

Para poder iniciar cualquier cálculo de iluminación, antes que nada debemos de conocer las dimensiones ó características del local, el nivel de iluminación requerido y finalmente el tipo de luminario a utilizarse.

### a).- CARACTERISTICAS DEL LOCAL:

En toda planta industrial, generalmente, el lugar en donde se lleva el proceso fundamental de la misma, es en una área totalmente cubierta y de grandes extensiones, esto con el fin de protegerse del sol , ----

aire, polvo y lluvia de acuerdo a los requisitos ---  
específicos de cada planta. Un lugar en tales condi -  
ciones, obviamente requiere iluminación aún para tra -  
bajar de día sin tomar en cuenta que en la mayoría de  
las plantas se trabajan turnos vespertinos y en algu -  
nas hasta nocturnos.

En nuestra planta, el edificio de proceso ( área fun -  
damentalmente de trabajo ) cuenta con una área de ---  
160 x 176 m. totalmente cubierta. Esta nave se divide  
en módulos de 16 x 16 m. para fines de estructuración.  
La altura desde el nivel de piso terminado hasta el -  
techo tiene un promedio de 9.2 m.

Debido a la estructuración del edificio, la altura --  
mas conveniente para el montaje de los luminarios es  
de 6.10 m. desde el piso a la parte inferior del lu -  
minario. Cabe mencionar que nuestros cálculos de ilu -  
minación se harán para uno (1) y dieciseis (16) módu -  
los para fines de comprobación, todo ésto por el mé --  
todo de cavidad zonal. Además, se comprobará por el -  
método punto por punto. La configuración del edificio  
es mostrada en la figura V-2.

b).- NIVEL DE ILUMINACION:

El nivel de iluminación se determina por medio de ---  
tablas publicadas por la I.E.S. y la S.M.I.I. ( tabla  
V-4 ).

En esta tabla, para edificios industriales de manufac -  
tura de automóviles se recomienda un nivel de ilumi --  
nación de 500 luxes.

Obviamente en cualquier planta existen lugares en ---  
los que debe haber un nivel luminoso mayor según sea

Módulo de  
16 x 16 m

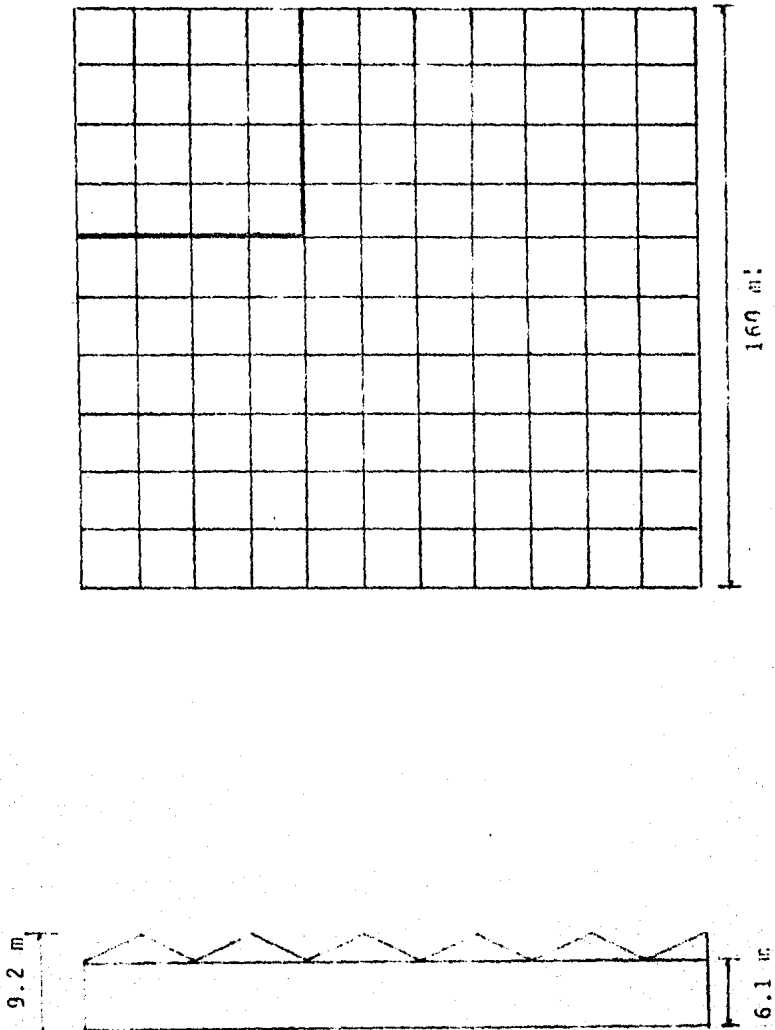


FIG. V-2 .- CONFIGURACION DEL EDIFICIO

el trabajo que se realice. En nuestro caso sólomente calcularemos la iluminación general, ya que todo lo demás se procede en forma similar.

c).- TIPO DE LUMINARIO A UTILIZAR.

Para la selección del luminario debe considerarse el tipo de curva que debe utilizarse, tipo de fuente luminosa ( incandescente o de descarga ) y el costo del luminario.

Para que la iluminación sea uniforme en toda la planta, la curva apropiada del luminario debe ser del -- tipo abierta. Para la altura de montaje del luminario ( 6.10 m ) la fuente luminosa apropiada es del tipo de descarga por tener mayor emisión que las incandescentes y así tener mayor espaciamiento entre luminarios. De entre los luminarios elegidos se seleccionará aquel que tenga mayor eficiencia ( mas lúmenes -- por watt ), mayor tiempo de vida y como la apariencia física no es importante para plantas industriales, se escogerá un luminario tipo industrial para servicio pesado que requiera el menor mantenimiento posible y que sea fácil de obtenerse en el mercado.

Consultando con los diferentes fabricantes de luminarios, se seleccionó uno que reúne las siguientes -- características:

TIPO DE LUMINARIO	: VAPOR DE MERCURIO, TWIN PRISMPACK
MARCA	: HOLOPHANE
SERVICIO	: PESADO TIPO INDUSTRIAL
WATTS DE LAMPARA	: 2 X 400
LUMENES TOTALES	: 42,000 ( iniciales )
TENSION	: 480 Volts.
REACTOR	: ALTO FACTOR DE POTENCIA

Una vez establecidos los incisos anteriores, podemos resumirlos en la siguiente forma :

d).- DATOS GENERALES DEL LOCAL " POR MODULO "

Altura de montaje ( Hm ) = 6.10 m

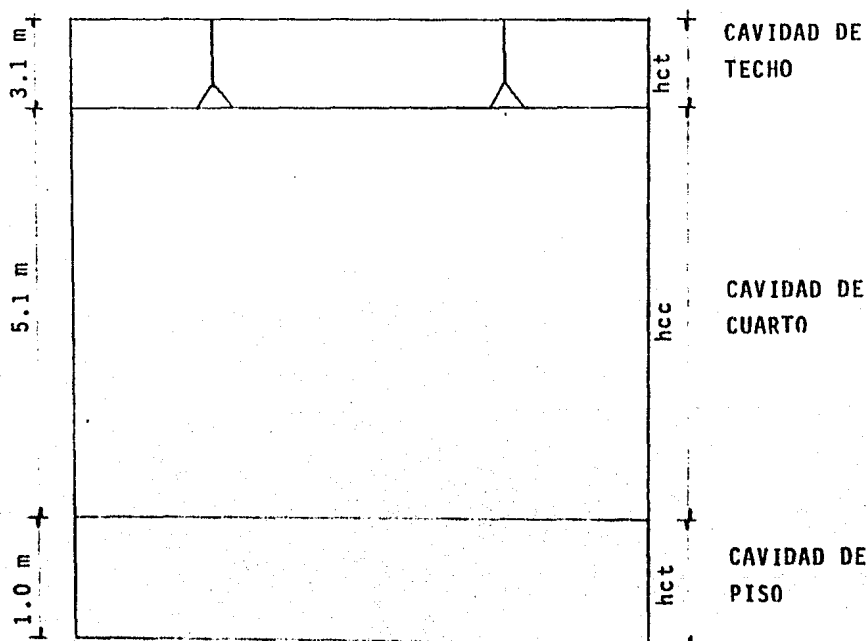
Altura de piso a techo = 9.20 m

Largo ( L ) = 16 m

Ancho ( A ) = 16 m

Area ( Ar ) = 256 m<sup>2</sup>

e).- CAVIDADES DEL LOCAL.





f).- CALCULO DE CAVIDADES

En base a las fórmulas (4), (5) y (6) anteriormente establecidas se tendrá :

$$RCT = \frac{5 \times 3.1 \times (16 + 16)}{16 \times 16} = 1.94$$

$$RCC = \frac{5 \times 5.1 \times (16 + 16)}{16 \times 16} = 3.20$$

$$RCP = \frac{5 \times 1.0 \times (16 + 16)}{16 \times 16} = 0.625$$

g).- REFLECTANCIAS

Piso : 10 %

Techo : 70 %

Pared : 30 %

NOTA: Valores supuestos para fines de cálculo.

h).- DETERMINACION DE LAS REFLECTANCIAS EFECTIVAS DE :

h.1.- Techo (  $P_{ct}$  ) :

$$RCT = 1.94$$

% Reflectancia pared = 30 %

% Reflectancia techo = 70 %

h.2.- Piso (  $P_{cp}$  ) :

$$RCP = 0.625$$

% Reflectancia pared = 30 %

% Reflectancia piso = 10 %

Con los valores antes obtenidos, entramos a la tabla V-I y encontramos que las reflectancias efectivas -- para el techo y piso son respectivamente:

$$f_{ct} = 42 \%$$

$$f_{cp} = 10 \%$$

i).- DETERMINACION DEL COEFICIENTE DE UTILIZACION

Datos necesarios :

$$RCC = 3.2$$

$$f_{ct} = 42 \%$$

$$f_{cp} = 10 \%$$

$$f_w = 30 \%$$

Con estos datos y con la Tabla V-2 obtendremos el -- valor del coeficiente de utilización buscado. Como la reflectancia efectiva del techo es del 42 % y este -- valor se encuentra entre el 50 % y el 30 % , por interpolación obtendremos su valor, el cual será :

$$RCC = 3.2$$

$$f_{cp} = 20 \%$$

$f_{ct}$	50 %	42 %	30 %
$f_w$	30 %		30 %

C.U.	0.464		0.448
------	-------	--	-------

Prox. mayor	50 %		0.464
Prox. menor	30 %	42 %	0.448
	20	8	0.016

$$\frac{20}{0.016} = \frac{8}{X} \quad X = 0.0064$$

Por lo que el coeficiente de utilización será:

$$C.U. = 0.464 - 0.0064$$

$$C.U. \hat{=} 0.46$$

Debe notarse que éste valor es para una reflectancia efectiva de piso ( $\rho_{cp}$ ) del 20 % y que la actual es del 10 %, por lo que tenemos que recurrir a la tabla V-3 para encontrar el factor por el cual se deba afectar el Coeficiente de utilización (C.U.) obtenido anteriormente y así obtener el coeficiente de utilización definitivo :

DATOS PARA ENTRAR A LA TABLA V-3:

$$RCC = 3.2$$

$$\rho_{ct} = 42 \%$$

$$\rho_w = 30 \% \quad \text{el cual interpolando se tendrá:}$$

$\rho_{ct}$	50 %	42 %	30 %
$\rho_w$	30 %		30 %
	0.976		0.983

Prox. mayor	50 %		0.976
Prox. menor	30 %	42 %	0.983
	20	8	- 0.007

$$\frac{20}{-0.007} = \frac{8}{X} \quad x = - 0.0028$$

Por lo tanto el C.U. definitivo será:

$$0.983 - 0.0028 = 0.98$$

$$\text{y por lo tanto } C.U. = 0.46 \times 0.98 \hat{=} 0.45$$

j).- CALCULO DEL NUMERO DE LUMINARIOS.

Utilizando la ecuación 8 anteriormente descrita, ---  
y suponiendo un factor de mantenimiento F.M. = 0.8 ,  
tenemos:

$$\# \text{ LUMINARIOS} = \frac{500 \times (16 \times 16)}{42000 \times 0.45 \times 0.8}$$

$$\# \text{ LUMINARIOS} = 8.5$$

Por lo que se instalarán 8 luminarios en una bahía.  
Como los cálculos anteriores fueron hechos para un -  
módulo o bahía, a continuación procederemos al ----  
mismo cálculo pero ahora tomando un total de 16 mó-  
dulos.

k).- DATOS GENERALES DEL LOCAL.

Altura de montaje ( Hm )	=	6.10 m
Altura de piso a techo	=	9.20 m
Largo ( L )	=	64 m
Ancho ( A )	=	64 m
Area ( Ar )	=	4096 m <sup>2</sup>

l).- CAVIDADES DEL LOCAL.

Mismos datos del inciso e) anterior.

m).- CALCULO DE CAVIDADES

En base a las fórmulas (4), (5) y (6) anteriormente  
establecidas se tendrá:

$$\text{RCT} = \frac{5 \times 3.1 \times (64 + 64)}{64 \times 64} = 0.484$$

$$\text{RCC} = \frac{5 \times 5.1 \times (64 + 64)}{64 \times 64} = 0.797$$

$$RCP = \frac{5 \times 1.0 \times (64 + 64)}{64 \times 64} = 0.16$$

n).- CALCULO DE REFLECTANCIAS.

Piso :10 %

Techo :70 %

Pared :30 %

NOTA: Valores supuestos para fines de cálculo.

ñ).- DETERMINACION DE LAS REFLECTANCIAS EFECTIVAS DE :

ñ.1.- Techo ( $\rho_{ct}$ ) :

$$RCT = 0.484$$

% Reflectancia pared = 30 %

% Reflectancia techo = 70 %

ñ.2.- Piso ( $\rho_{cp}$ ) :

$$RCP = 0.16$$

% Reflectancia pared = 30 %

% Reflectancia piso = 10 %

Con los valores antes obtenidos, entramos a la tabla V-1 y encontramos que las reflectancias efectivas -- para el techo y piso son respectivamente :

$$\rho_{ct} = 62 \%$$

$$\rho_{cp} = 10 \%$$

o).- DETERMINACION DEL COEFICIENTE DE UTILIZACION.

Datos necesarios :

$$RCC = 0.797$$

$$\rho_{ct} = 62 \%$$

$$\rho_{cp} = 10 \%$$

$$\rho_w = 30 \%$$

Con estos datos y con la tabla V-2 obtendremos el -- valor del coeficiente de utilización buscado. Como la reflectancia efectiva del techo es del 62 % ,y este valor se encuentra entre el 70 % y el 50 %, por interpolación obtendremos su valor, el cual será :

$$RCC = 0.797$$

cp = 20 %		
Pct	70 %	50 %
$\rho_w$	30 %	30 %
C.U.	0.700	0.660

Prox. mayor	70 %	0.700
Prox. menor	50 %	0.660
	20	0.040

$$\frac{20}{0.040} = \frac{8}{X}$$

$$X = 0.016$$

Por lo tanto el coeficiente de utilización será :

$$C.U. = 0.700 - 0.016$$

$$C.U. = 0.684$$

Debe notarse que este valor es para una reflectancia efectiva de piso ( $\rho_{cp}$ ) del 20 % y que la actual es del 10 % , por lo que tenemos que recurrir a la tabla V-3 para encontrar el factor por el cual se deba afectar el coeficiente de utilización ( C.U. ) obtenido anteriormente y así obtener el coeficiente de utilización definitivo :

DATOS PARA ENTRAR A LA TABLA V-3

$$RCC = 0.797$$

$$Pct = 62 \%$$

$$Pw = 30 \%$$

el cual interpolando se tendrá :

Pct	70 %	62 %	50 %
Pw	30 %		30 %
	0.940		0.959

Prox. mayor	70 %		0.940
Prox. menor	50 %	62 %	0.959
	20	8	- 0.019

$$- \frac{20}{0.019} = \frac{8}{X}$$

$$X = - 0.0076$$

Por lo tanto el coeficiente de utilización definitivo será :

$$0.940 - ( - 0.0076 ) = 0.9476$$

$$\text{y por lo tanto C.U.} = 0.684 \times 0.9476 = 0.648$$

p).- CALCULO DEL NUMERO DE LUMINARIOS.

Utilizando la ecuación ( 8 ) anteriormente descrita, y suponiendo un factor de mantenimiento F.M. = 0.8 , tenemos :

$$\# \text{ LUMINARIOS} = \frac{500 \times ( 64 \times 64 )}{42000 \times 0.648 \times 0.8}$$

$$\# \text{ LUMINARIOS} = 94$$

Que corresponden aproximadamente a 6 luminarios por módulo.

Como ya se habrá notado, haciendo el cálculo para un solo módulo obtuvimos 8 luminarios, en cambio calculándolos para un total de 16 módulos se obtuvieron 6 luminarios por módulo. Esto se debe a que para áreas pequeñas se tiene menor aprovechamiento del luminario que para áreas grandes, lo cual se refleja en los va-

lores de los coeficientes de utilización obtenidos , ( 0.45 para un módulo y 0.648 para 16 módulos ) y -- como el número de luminarios es inversamente proporcional al coeficiente de utilización, de ahí la diferencia. Lo mas recomendable es hacer el cálculo para toda el area con que se cuenta si esta es uniforme, así se podrá aprovechar al máximo el luminario. En nuestro caso tomaremos el resultado obtenido para 16 módulos generalizándolo para toda el area en cuestión ya que se ha hecho esto con fines ilustrativos. Una vez conociendo el número de luminarios a instalar nos encontramos con el problema de distribuir las convenientemente en toda el area. La distribución -- mas conveniente para nuestro caso es la mostrada en la fig. V-3 , la cual muestra solo 4 módulos siendo repetitiva para toda la planta.



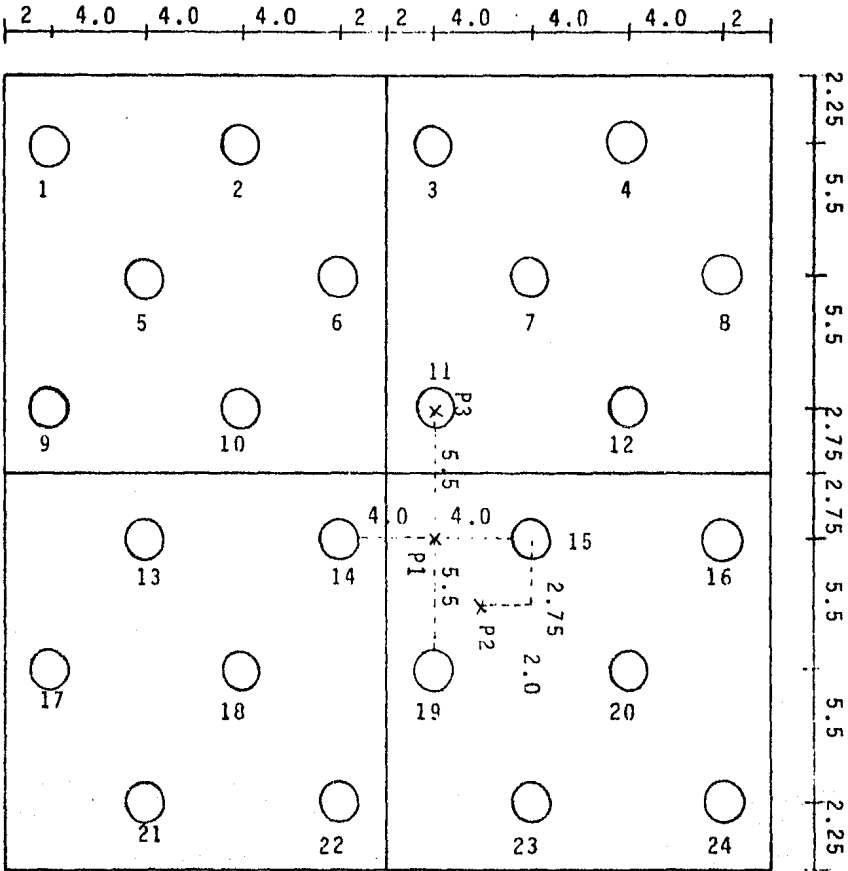


FIG. V-3 DISTRIBUCION DE LUMINARIOS (TIPO)

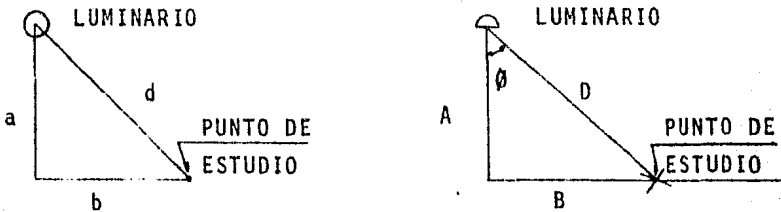
## 5.7 CALCULO DE ILUMINACION POR EL METODO DE PUNTO POR PUNTO

La utilización de este método solamente trata de comprobar el nivel de iluminación promedio que se obtiene con el número de luminarios que se calcularon por medio del método de cavidad-zonal.

Para este método se toman varios puntos al azar ó seleccionan-- do los puntos que son desfavorables a la iluminación según -- sean la posición o la localización de los luminarios. Los -- puntos seleccionados son mostrados en la fig. V-3.

El problema fundamental de este método es determinar la dis-- tancia de cada luminario que contribuya, a cada punto selec-- cionado para su estudio. Pero utilizando el teorema de Pitá-- goras, tal problema deja de existir.

En la fig. V-4, se muestra una doble aplicación del teorema - de Pitágoras, en (a) para determinar la distancia horizontal-- en un mismo plano y en (b) para determinar la distancia real del luminario al punto bajo estudio.



a) en plano horizontal

b) en elevación.

FIG. V-4 Aplicación doble del teorema de Pitágoras

En donde:

a y b son distancias conocidas según la localización del punto " X "

$$d = \sqrt{a^2 + b^2}$$

A es la altura del luminario con respecto a su plano de trabajo que es de 5.1 m. en todos los casos.

$$B = d$$

$$D = \sqrt{A^2 + B^2}$$

y ( $\theta$ ) es el ángulo con respecto al cateto A en cuya dirección se emite la energía luminosa del luminario hacia el punto "X" y:

$$\theta = \text{ang tan } \frac{B}{A}$$

Una vez resuelto este problema y contando con las curvas fotométricas del luminario seleccionado con anterioridad podemos entonces hacer uso de la ecuación 2, la cual volvemos a mencionar:

$$E = \frac{I \times \cos \theta}{D^2} \quad *** (2)$$

Con todo lo anterior podemos ahora iniciar nuestros cálculos. Primero para el punto "P1" como se muestra en la figura V-3. Los luminarios con igual contribución son: 14 y 15; 11 y 19; - 6, 7, 22, 23; 10, 12, 18, 20; por lo que haremos el cálculo para un luminario en cada grupo de luminarios contribuyentes. Consideramos que el resto de luminarios no alcanzarán a contribuir en "P1" por estar bastante alejadas y formar un ángulo bastante grande.

Para los luminarios 8 y 14:

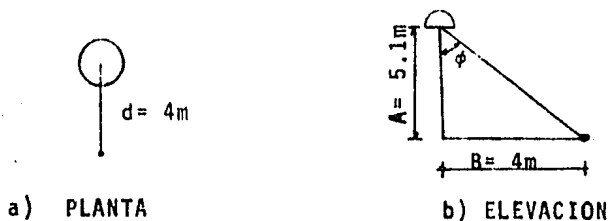


FIG. V-5 Contribución para luminarios 14 y 15

$$d = B = 4\text{m}$$

$$D = \sqrt{16 + 26.01} = 6.48 \text{ m.}$$

$$D^2 = 42.01$$

$$\theta = \text{ang tan } 4/5.1 = 38^\circ$$

De la curva fotométrica del luminaire mostrada en la fig. V-9, la intensidad luminosa en dirección del ángulo es:

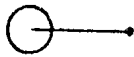
$$I_{38^\circ} = 11256 \text{ candle-power}$$

Por lo tanto su contribución en P1 es:

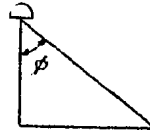
$$L_{38^\circ} = \frac{11256 \times \cos 38^\circ}{42.01}$$

$$L_{38^\circ} = 210 \text{ LUXES.}$$

Para los luminarios 11 y 19 tenemos:



a) PLANTA



b) ELEVACION

FIG. V-6 Contribución para luminarios 11 y 19.

$$d = B = 5.5 \text{ m}$$

$$D = \sqrt{30.25 + 26.01} = 7.5 \text{ m}$$

$$D^2 = 56.26 \text{ m}^2$$

$$\phi = \text{ang. tang } 5.5/5.1 = 47.16^\circ$$

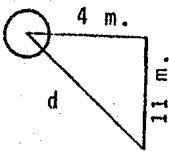
De la figura V-9 :

$$I_{47.16^\circ} = 5744 \text{ candle-power}$$

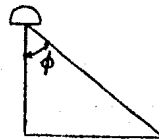
$$L_{47.16^\circ} = \frac{5744 \times \text{COS } 47.16^\circ}{56.26}$$

$$L_{47.16^\circ} = 70 \text{ LUXES}$$

Para los luminarios 6,7,22 y 23 tenemos:



a) PLANTA



b) ELEVACION

FIG. V-7 Contribución para luminarios 6,7,22 y 23.

$$d = \sqrt{16 + 121}$$

$$d = 11.7 \text{ m.}$$

$$D = \sqrt{26.01 + 137}$$

$$D = 12.76 \text{ m.}$$

$$D^2 = 163 \text{ m}^2$$

$$\phi = \text{ang. tang } 11.7/5.1 = 66^\circ$$

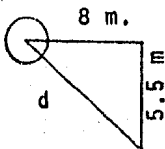
De la figura V-9 tenemos:

$$I_{66^\circ} = 1100 \text{ candle-power}$$

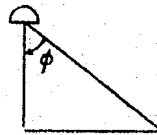
$$L_{66^\circ} = \frac{1100 \times \cos 66^\circ}{163}$$

$$L_{66^\circ} = 2.7 \text{ LUXES.}$$

Para los luminarios 10,12,18 y 20 tenemos:



a) PLANTA



b) ELEVACION

FIG. V-8 Contribución para luminarios 10,12,18 y 20

$$d = 64 + 30.25$$

$$d = 9.7 \text{ m.}$$

$$D = 26.01 + 94.09$$

$$D = 10.95 \text{ m.}$$

$$D^2 = 120.10 \text{ m}^2$$

$$\emptyset = \text{ang. tang } 9.7/5.1 = 62^\circ$$

De la figura V-9 tenemos:

$$I_{62^\circ} = 2000 \text{ candle-power}$$

$$L_{62^\circ} = \frac{2000 \times \cos 62^\circ}{120.10}$$

$$L_{62^\circ} = 7.8 \text{ LUXES}$$

Como podemos ver, mientras el ángulo es mayor, la iluminación -- en el punto de interés es menor, por lo que podemos considerar -- que los luminarios mas alejados no tienen contribución sobre -- este punto.

Debe notarse que los cálculos en cada contribución han sido realizados para un solo luminario por lo que la iluminación total -- en el punto "P1" será:

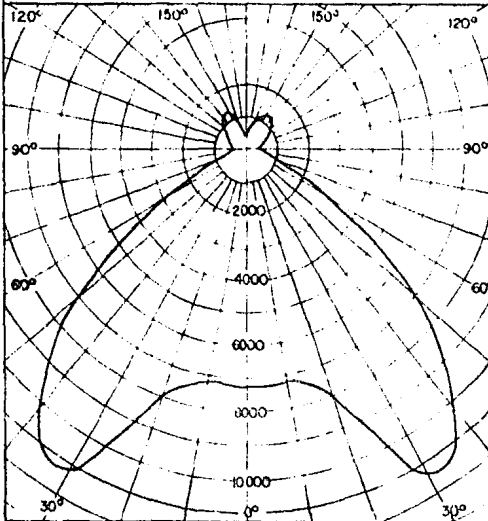
$$L_{\text{total}} \text{ "P1"} = 2xL_{38^\circ} + 2xL_{47.16^\circ} + 4xL_{66^\circ} + 4xL_{62^\circ}$$

$$L_{\text{total}} \text{ "P1"} = 2x210 + 2x70 + 4x2.7 + 4x7.8$$

$$L_{\text{total}} \text{ "P1"} = 602 \text{ LUXES.}$$

# PHOTOMETRIC TEST REPORT

HOLOPHANE COMPANY INC. ENGINEERING CENTER NEWARK, OHIO



Test of HOLOPHANE No 2916

Position of Lamp Light Centers 5-3/4" below top of glass reflectors

Remarks

Lamp H33-1-GL/C Mercury      Test Distance 25 Feet  
 Lumens 2 x 21000                  Test Cell No. G-9  
 Watts Two-400                      Bulb BT-37

FIGURA 7-9 CURVA FOTOMETRICA.

Distribution Data

Angle Degrees	Cand. power	Lumens
0	7220	
5	7180	700
10	7920	
15	8410	2400
20	9150	
25	10220	4710
30	11140	
35	11360	6940
40	10400	
45	8850	6750
50	6780	
55	4660	4200
60	2620	
65	1130	1340
70	410	
75	150	240
80	120	
85	60	70
90	30	
95	30	30
105	90	100
115	320	320
125	530	480
135	810	620
145	1030	650
155	1490	690
165	1440	410
175	730	70
180	510	
Output Data		
Zone Degrees	Lumens	% Total Lamp Lumens
0-45	18310	43.6
0-60	25700	61.2
0-90	16200	39
50-180	3370	8.0
0-180	39720	73.1



Procediendo en igual forma que para "P1", "P2" y "P3" tenemos:

En "P2" contribuyen : 15 y 19, 14 y 20, 11 y 23, 12 y 22  
16 y 18, 14 y 15.

En "P3" contribuyen : 11, 10 y 12, 6 y 7, 14 y 15.

$$L_{\text{total}} \text{ "P2"} = 730 \text{ LUXES}$$

$$L_{\text{total}} \text{ "P3"} = 458 \text{ LUXES}$$

Promediando la iluminación en éstos tres puntos tenemos:

$$L_{\text{promedio}} = \frac{602 + 730 + 458}{3}$$

$$L_{\text{promedio}} = 600 \text{ LUXES.}$$

Como puede verse, esta iluminación es mayor que con la que ----  
obtuvimos el número de luminarios por el método de cavidad zonal  
por lo que el nivel de iluminación es adecuado.

Como se mencionó anteriormente, éste método ( punto por punto )  
sirve como medio de comprobación del nivel de iluminación requere-  
rido.

TABLE V-1

Percentage of Reflections Effective from Curves of the Type y del P., para Varios Combinaciones de Reflectores

PLANTAS DE REFLEXION DEL TIPO O DEL P.		9C				9D				7D			5D			3D			1D			
PORCENTAJE DE REFLEXION DE LAS PLANTAS		70	70	5C	3D	80	70	50	3D	70	50	3D	70	50	3D	65	50	3D	50	3D	10	
0	70	70	70	70	80	80	80	80	80	70	70	70	50	50	50	30	30	30	30	10	10	10
0.1	70	89	88	87	79	79	78	78	69	69	68	59	49	48	30	30	29	29	10	10	10	
0.2	89	88	86	85	79	78	77	76	68	67	66	49	48	47	30	29	29	28	10	10	9	
0.3	87	87	85	83	78	77	75	74	68	66	64	49	47	46	30	29	25	27	10	10	9	
0.4	86	86	83	81	76	76	74	72	67	65	63	48	46	45	30	29	27	26	11	10	9	
0.5	88	85	81	78	77	75	73	70	66	64	61	48	46	44	29	28	27	25	11	10	9	
0.6	88	84	80	76	77	75	71	68	65	62	59	47	45	43	29	28	26	25	11	10	9	
0.7	88	83	79	74	76	74	70	66	65	61	58	47	44	42	29	28	26	24	11	10	8	
0.8	87	82	77	73	75	73	69	65	64	60	56	47	43	41	29	27	25	23	11	10	8	
0.9	87	81	76	71	75	72	68	63	63	59	55	46	43	40	29	27	25	22	11	9	8	
1.0	86	80	74	69	74	71	66	61	63	58	53	46	42	39	29	27	24	22	11	9	8	
1.1	86	79	73	67	74	71	65	60	62	57	52	46	41	38	29	26	24	21	11	9	8	
1.2	86	78	72	66	73	70	64	59	61	56	50	45	41	37	29	26	23	20	12	9	7	
1.3	85	78	70	64	73	69	63	57	61	55	49	45	40	36	29	26	23	20	12	9	7	
1.4	85	77	69	62	72	68	62	55	60	54	48	45	40	35	28	26	22	19	12	9	7	
1.5	85	76	68	61	72	68	61	54	59	53	47	44	39	34	28	25	22	18	12	9	7	
1.6	85	75	66	59	71	67	60	53	59	52	45	44	39	33	28	25	21	18	12	9	7	
1.7	84	74	65	58	71	66	59	52	58	51	44	44	38	32	28	25	21	17	12	9	7	
1.8	84	73	64	56	70	65	58	50	57	50	43	43	37	31	28	25	21	17	12	9	6	
1.9	81	73	63	55	70	65	57	49	57	49	43	43	37	31	28	25	20	16	12	9	6	
2.0	83	72	62	53	69	64	56	48	56	48	41	43	37	30	28	24	20	16	12	9	6	
2.1	81	71	61	52	69	63	55	47	56	47	40	43	36	29	28	24	20	16	13	9	6	
2.2	83	70	60	51	68	62	54	45	55	46	39	42	36	29	28	24	19	15	13	9	6	
2.3	83	69	59	50	68	62	53	44	54	46	38	42	35	28	28	24	19	15	12	9	6	
2.4	82	68	58	49	67	61	52	43	54	45	37	42	35	27	28	24	19	14	13	9	6	
2.5	82	68	57	47	67	61	51	42	53	44	36	41	34	27	27	23	18	14	13	9	6	
2.6	82	67	56	46	66	60	50	41	63	43	35	41	34	26	27	23	18	13	13	9	5	
2.7	82	66	55	45	66	60	49	40	62	43	34	41	33	26	27	23	18	13	13	9	5	
2.8	81	66	54	44	66	59	48	39	62	42	33	41	32	25	27	23	18	13	13	9	5	
2.9	81	65	53	43	65	58	46	38	61	41	32	40	32	25	27	23	17	12	13	9	5	
3.0	81	64	52	42	65	58	47	38	61	40	32	40	32	24	27	22	17	12	13	8	5	
3.1	80	64	51	41	64	57	46	37	60	40	31	40	32	24	27	22	17	12	13	8	5	
3.2	80	63	50	40	64	57	45	36	60	39	30	40	31	23	27	22	16	11	13	8	5	
3.3	80	62	49	39	64	56	44	35	49	39	30	39	31	23	27	22	16	11	13	8	5	
3.4	80	62	48	38	63	56	44	34	49	38	29	39	31	22	27	22	16	11	13	8	5	
3.5	79	61	48	37	63	55	43	32	48	38	29	39	30	22	26	22	16	11	13	8	5	
3.6	79	60	47	36	62	54	42	31	48	37	28	39	30	21	26	21	15	10	13	8	5	
3.7	79	60	46	35	62	54	42	30	48	37	27	38	30	21	26	21	15	10	13	8	4	
3.8	79	59	45	35	62	53	41	31	47	36	27	38	29	21	26	21	15	10	12	8	4	
3.9	78	59	45	34	61	52	40	30	47	36	26	38	29	20	26	21	15	10	12	8	4	
4.0	78	58	44	33	61	52	40	30	46	35	26	38	29	20	26	21	15	9	13	8	4	
4.1	78	57	43	32	60	52	39	29	46	35	25	37	28	20	26	21	14	9	13	8	4	
4.2	78	57	43	32	60	51	39	29	46	34	25	37	28	19	26	20	14	9	13	8	4	
4.3	78	56	42	31	60	51	38	28	45	34	25	37	28	19	26	20	14	9	13	8	4	
4.4	77	56	41	30	59	51	38	28	45	34	24	37	27	19	26	20	14	8	13	8	4	
4.5	77	55	41	29	59	50	37	27	45	33	24	37	27	19	25	20	14	8	14	8	4	
4.6	77	55	40	29	59	50	37	26	44	33	24	36	27	18	25	20	14	8	14	8	4	
4.7	77	54	40	29	58	49	36	26	44	33	23	36	26	18	25	20	13	8	14	8	4	
4.8	76	54	39	28	58	49	36	25	43	32	23	35	25	18	25	19	13	8	14	8	4	
4.9	76	53	38	27	57	49	35	25	43	32	23	35	25	18	25	19	13	7	14	8	4	
5.0	76	53	38	27	57	48	35	25	43	31	22	35	24	17	25	19	13	7	14	8	4	

RELACION DE CANTIDAD DEL TIPO O DEL P.

TABLA V-2 COEFICIENTE DE UTILIZACION METODO DE CAVIDAD ZONAL

		REFLECTANCIA DE CAVIDAD DE TECHO EFECTIVA EN %														
		80			70			50			30			10		
REFLECTANCIA DE PARED		70	30	10	70	30	10	70	30	10	70	30	10	70	30	10
RELACION DE CAVIDAD DE CURRO ( R C C )	0															
	0.797*	0.700														
	1	0.739	0.705	0.682	0.718	0.692	0.666	0.680	0.657	0.639	0.647	0.629	0.613	0.617	0.601	0.530
	2	0.641	0.597	0.567	0.624	0.584	0.547	0.593	0.560	0.520	0.564	0.538	0.514	0.539	0.520	0.496
	3	0.539	0.506	0.461	0.547	0.496	0.457	0.520	0.478	0.447	0.497	0.461	0.432	0.475	0.445	0.417
	3.2*	0.464														
	4	0.413	0.479	0.421	0.470	0.421	0.394	0.452	0.409	0.374	0.433	0.396	0.366	0.415	0.384	0.359
	5	0.423	0.369	0.328	0.414	0.362	0.325	0.398	0.352	0.319	0.382	0.341	0.311	0.366	0.331	0.303
	6	0.350	0.304	0.279	0.344	0.301	0.268	0.329	0.292	0.265	0.319	0.285	0.257	0.307	0.276	0.251
	7	0.368	0.262	0.228	0.299	0.254	0.224	0.288	0.249	0.225	0.272	0.272	0.215	0.267	0.234	0.215
8	0.274	0.228	0.169	0.263	0.224	0.191	0.258	0.222	0.190	0.248	0.242	0.164	0.237	0.206	0.181	
9	0.245	0.184	0.134	0.207	0.181	0.160	0.203	0.175	0.156	0.197	0.173	0.144	0.191	0.170	0.162	
10	0.192	0.110	0.109	0.185	0.159	0.138	0.180	0.154	0.135	0.176	0.152	0.113	0.169	0.148	0.131	

\* VALORES INTERPOLADOS.

FACTORES PARA EL 10% O 30% DE LA REFLECTANCIA EFECTIVA DE CAVIDAD DE PISO (20% = 1.00)  
 PARA UN 10% DE LA REFLECTANCIA EFECTIVA DE CAVIDAD DE PISO SE MULTIPLICA POR UN FACTOR --  
 PARA UN 30% DE LA REFLECTANCIA EFECTIVA DE CAVIDAD DE PISO SE DIVIDE POR UN FACTOR --

REFLECTANCIA EFECTIVA DE CAVIDAD DE TERCERO.	80				70				50			30			10		
REFLECTANCIA DE PARED	70	50	30	10	70	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10
RELACION DE CAVIDAD DE CUARTO 0.797*								.940			.959						
1	.923	.929	.935	.940	.933	.939	.943	.948	.956	.960	.963	.973	.976	.979	.989	.991	.994
2	.931	.942	.950	.958	.940	.949	.957	.963	.962	.968	.974	.976	.980	.985	.988	.991	.994
3	.939	.951	.961	.969	.945	.957	.966	.973	.967	.975	.981	.978	.983	.988	.988	.992	.996
3.2*										.976			.983				
4	.944	.958	.969	.978	.950	.963	.973	.980	.972	.980	.986	.980	.986	.991	.987	.992	.996
5	.949	.964	.976	.983	.954	.968	.978	.985	.975	.983	.989	.981	.988	.993	.987	.992	.997
6	.953	.969	.980	.986	.958	.972	.982	.989	.977	.985	.992	.982	.989	.995	.987	.993	.997
7	.957	.973	.983	.991	.961	.975	.985	.991	.979	.987	.994	.983	.990	.996	.987	.993	.998
8	.960	.976	.986	.993	.963	.977	.987	.993	.981	.988	.995	.984	.981	.997	.987	.994	.998
9	.963	.978	.987	.994	.965	.979	.989	.994	.983	.990	.996	.985	.992	.998	.988	.994	.999
10	.965	.980	.989	.995	.967	.981	.990	.995	.984	.991	.997	.986	.993	.998	.988	.994	.999

\* VALORES INTERPOLADOS

TABLA V-3

## NIVELES DE ILUMINACION EN MEXICO

NIVELES de Iluminación, para locales interiores que recomienda la Sociedad Mexicana de Ingeniería e Iluminación, A. C. — Illuminating Engineering Society. — Mexico Chapter, como resultado de las reuniones que para tal objeto se llevaron a cabo en el Auditorio del edificio número 2 de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, en la Unidad Profesional del Instituto Politécnico Nacional en Zacatenco, D. F., en las cuales estuvieron presentes los representantes de diversas Instituciones, Dependencias Oficiales y Compañías interesadas en la buena iluminación.

### COMITE:

ING. RODRIGO GUERRERO ESCOLANO.  
ING. ENRIQUE VENEGAS SANDOVAL  
ING. EDMUNDO MORALES SILVA  
ING. ABEL GARCIA OROPEZA  
DIRECTOR DE DEBATES DE LA MESA REDONDA  
ING. OCTAVIO SANCHEZ HIDALGO B.

La primera columna lleva por enrabado I.E.S. 99% y está formada por los niveles de iluminación determinados por la teoría del Dr. H.R. Blackwell, publicados por el I.E.S. Lighting Handbook edición 1959, con las dos consiguientes características: un 99% de rendimiento visual y 5 asimilaciones por segundo. Entendiéndose por 5 asimilaciones por segundo, el promedio de percepciones visuales de un objeto, que puede hacer una persona por un segundo.

La segunda columna S.M.I. 95%, está formada por los niveles de iluminación con un rendimiento visual de 95% y las otra 5 asimilaciones por segundo. Esta columna se determinó por medio de un divisor de conversión, que fue encontrado después de hacer interpolaciones entre curvas dadas por el Dr. Blackwell, para 3 asimilaciones por segundo y para 10 asimilaciones por segundo; usando como parámetro valores de brillantez (B) expresados en footlamberts y rendimientos visuales en por ciento.

De estos factores se sacaron los valores apropiados de brillantez (B) para cada tarea visual, teniendo ya estos valores se tomó como dividendo común el valor de (B) para 99% de rendimiento visual y como divisores los valores de (B) para cada rendimiento visual requerido. En este caso se acordó un 95% de rendimiento visual, para recomendar como valor mínimo en actividades que ocasionalmente se desarrollan bajo iluminación artificial, con lo que se baja la iluminación a valores aplicables en forma económica en México, sin que se provoque con ello niveles de iluminación que causarían cansancio visual a las personas que trabajan en estos locales y que desarrollan una determinada tarea visual y al mismo tiempo no bajen mucho esos valores, ya que de hacerse así, la eficacia del personal bajaría en igual proporción que los rendimientos visuales.

El divisor de conversión es 1.75.

En los casos en que el valor de la S.M.I. 95% y el del I.E.S. 99% son iguales, significa que es el valor mínimo que se debe recomendar.

### INDICE

- |   |                               |
|---|-------------------------------|
| 1. EDIFICIOS INDUSTRIALES                       | 5. AREAS COMUNES              |
| 2. OFICINAS, ESCUELAS Y EDIFICIOS PUBLICOS      | 6. ALUMBRADO EXTERIOR         |
| 3. HOSPITALES                                   | 7. ALUMBRADO AREAS DEPORTIVAS |
| 4. HOTELES, RESTAURANTES, TIENDAS Y RESIDENCIAS | 8. ALUMBRADO DE TRASPORTES.   |

# 1. EDIFICIOS INDUSTRIALES

	LUXES LES 99%	LUAJES SMI 95%		LES 99%	SMI 95%
<b>ACERO (Véase Hojas 1 y 2)</b>					
<b>ACUMULADORES MANUFACTURA DE</b>					
Moldeo de celdas	500	300			
<b>ARCILLA Y CEMENTOS PRODUCTOS DE</b>					
Molandeo, prensa, filtro, hornos de secado, vaciado y otros usos	300	200			
Embateo, pintura y acabado (trabajo duro)	1000	600			
Pintura y vidrios (trabajo duro)	3000	1700			
<b>AUTOMOVILES MANUFACTURA DE</b>					
Ensamblado de motor	500	300			
Ensamblado de carro	1000	600			
Ensamblado final e inspección	2000	1100			
<b>MANUFACTURA CARROCERIA</b>					
Ensamblado	1000	600			
Partes	700	450			
Acabado e inspección	2000	1100			
<b>AVIONES, MANUFACTURA DE</b>					
Partes					
Producción	1000	600			
Inspección	2000	1100			
Acabado de piezas					
Acabado, remachado y apretado de tornillos	700	400			
<b>CUARTO PINTURA</b>					
Trabajo sobre aluminio, formado partes pequeñas del fuselaje y alas	1000	600			
<b>SOLDADURA</b>					
Iluminación general	500	300			
<b>ILUMINACION LOCALIZADA</b>					
Subensamblado	1000	600			
Tren de montaje, fuselaje, secciones alas y otras partes grandes	1000	600			
<b>ENSAMBLADO FINA</b>					
Colocación de motores, hélices, secciones alas y tren de aterrizaje	1000	600			
Inspección de la nave ensamblada y su equipo	1000	600			
Reparación con máquinas herramientas	1000	600			
<b>ABERRADEROS</b>					
Cualificación de la madera	2000	1200			
<b>AZUCAR, REFINERIAS DE</b>					
Cualificación	500	300			
Inspección color	2000	1100			
<b>CAJAS DE CARTON, MANUFACTURA DE</b>					
Area general de manufactura	500	300			
<b>CARBON, VERTEDEROS DE</b>					
Quemadores, hornos y plantas	100	60			
Selección	3000	1700			
<b>CARPINTERIAS</b>					
Trabajo duro de banco y sierra	300	200			
Acabado, repellido, lijado, trabajo de mediana calidad en máquinas y banco	500	300			
Trabajo fino de máquinas y banco, lijado y acabado fino	1000	600			
<b>CERVECERIAS, INDUSTRIAS</b>					
Elaboración y lavado de barriles	500	300			
Lijado (de botellas, tallas, barriles)	500	300			
<b>CUARTOS DE CONTROL (Véase Plantas Generadoras)</b>					
<b>DULCES INDUSTRIAS</b>					
Departamento de Chocolate:					
Desmascado, selección, extracción de azúcar, quemado y refinación, almacenamiento	500	300			
Limpieza del grano selección, iluminación, empaque y envoltura	500	300			
Molandeo	1000	600			
Elaboración de crema:					
Moldeo, cocción y moldeo	500	300			
Partidas de goma y jellas	500	300			
Decoración a mano	1000	600			
Caramelos:					
Moldeo, cocción y moldeo	500	300			
Corta y selección	1000	600			
Elaboración de pesos y envoltura	1000	600			
<b>EMPAQUETADORA DE CARNE</b>					
Moldeado (carne)	300	200			
Limpieza, desatado, lavado, moldeo, enlatado y empaque	1000	600			
<b>ENCUADERNACION</b>					
Doblado, ensamblado, empaque, corado, punzonado y cocción	700	400			
Grabado en relieve e inspección	2000	1100			
<b>ENLATADOS DE CONSERVAS</b>					
Clasificación de frutas					
Alfombras	1000	600			
Otros, muestras	500	300			
Clasificación por color (cuartos de cortado)	2000	1100			
<b>PREPARACION</b>					
Selección preliminar:					
Chayotinos y duraznos	500	300			
Jitomates	1000	600			
Apocimas	1500	900			
Corteado y lavado	1000	600			
Servicio final	1000	600			
<b>ENLATADO</b>					
Enlatado en bandas, sin fin	1000	600			
Enlatado estacionario	1000	600			
Empaque a mano	500	300			
Accionas	1000	600			
Inspección de muestras enlatadas	2000	1100			
Etiquetado y empaque	300	200			
<b>ENSAMBLADO</b>					
Tanco, fácil de ver	300	200			
Tanco, difícil de ver	500	300			
Mecha	1000	600			
Trabajo	5000	3000			
Extrafino	10000	6000			
<b>ENSAYOS O PRUEBAS</b>					
General	500	300			
Instrumentos, estándares, cables, etc.	2000	1100			
<b>EQUIPO ELECTRICO, MANUFACTURA DE</b>					
Impregnado	500	300			
Aislado, embobinado	1000	600			
Pruebas	1000	600			
<b>ENTRUCIURAS DE ACERO, MANUFACTURA</b>					
General	500	300			
<b>EXPLOSIVOS, MANUFACTURA DE</b>					
FORJADO, TALLERES DE	300	200			
<b>FUNDICIONES</b>					
Templado (hornos)	500	300			
Limpieza	300	200			
Hechura de coronas:					
finas	1000	600			
Medianas	500	300			
Inspección:					
finas	5000	3000			
Medianas	1000	600			
Moldeo:					
Mediano	1000	600			
Grande	800	500			
Colado	500	300			
Selección	800	500			
Cubierta	300	200			
Desmolda	300	200			
<b>GALVANOPLASTIA</b>					
300	200				
<b>GARAJES AUTOMOVILES Y CAMIONES</b>					
Taller de Servicio:					
Reparaciones	1000	600			
Areas activas de tráfico	200	100			
Garajes para estacionamiento:					
Estable	500	300			
Espacio para circulación	100	100			
Espacio para estacionamiento	50	50			
<b>GRANJAS</b>					
Estable y Gallinero	100	100			
GRABADO (CERA)	2000	1100			

	U.S. 93%	S.M.I. 93%
<b>QUINTAS, MANUFACTURA DE</b>		
Planchado y cortado	2000	2000
Tijero y clasificado	1000	600
Corte e inspección	5000	2000
<b>MANGANES</b>		
Servicio de reparación (cablemanto)	1000	600
<b>NIÑO, FABRICAS DE</b>		
Cuerpo de compresores y máquinas	200	100
<b>NIÑO Y ACERO, MANUFACTURA DE</b>		
Hornos de hogar abierta		
Patio de alambrado	100	40
Piso de carpas	200	100
Revolutores de ruedas		
Pisos de escarbo	200	100
Plataformas de control	200	200
Patio de moídas	50	30
Calado	200	250
Almacenamiento de cilindros	100	60
Bodega de pasado	100	60
Reparaciones	200	200
Patio de desmenu	200	100
Patio de Chatarra	100	60
Edificio de mezcla	200	200
Edificio de Calcinación	100	60
Belt transporters	100	60
Máquina de laminación de:		
Línea, planchas, cables y Hojas en	200	200
Laminación en frío de planas	200	100
Tubo, varilla alambrada	500	200
Hierro estructural y planchas	200	200
Máquina de laminación de hojalata		
Estañada y galvanizada	500	200
Laminada en frío	500	200
Cuerpo de motores y máquinas	200	200
Inspección		
Babebos de línea negra, Ingotes y lá-	1000	600
Hojas y otros productos laminados	1000	600
<b>MALE, PRODUCTO DE</b>		
Preparación de la materia prima:		
Pulverización, molida y Benbury	200	200
Proceso en caliente	500	200
Preparación de la tela:		
Cortado y tubos flexibles	200	200
Productos por extrusión	500	200
Productos moldeados y vulcanizados	200	200
Inspección	2000	1100
<b>JAPONES, MANUFACTURA DE</b>		
Pala, cara, sucesos de jabón y detergentes		
en polvo	200	200
Tronqueras, envoltura y empaques, flama y		
detergentes en polvo	200	200
<b>LACTEOS, PRODUCTOS</b>		
Industria líquida		
Cuerpo marmitas y estada lavado	200	200
Botella	200	200
Lavadora bombas	6	6
Lavadora lotes	200	200
Máquina refrigeración	200	200
Limpieza inspección	1000	600
Máquinas y tablas de machucar (pasta		
cárabala)	500	200
Laboratorio	2000	600
Pasteurizadores	200	200
Españoleros y cuerpos refrigerados	200	200
Tanques, tubos	200	200
Terminación (sobre carbón)	200	200
Cuerpo para pastas (laminación gral)	200	200
Módulos	200	400
<b>LAMINA DE FIERRO Y ACERO, TRABAJOS EN:</b>		
Planos, perforadas, inspección trabajo me-		
diado de bancas	200	200
Fundidores y soldadura	200	200
Inspección estada y galvanizada	2000	1100
Pasado	2000	1100

	U.S. 93%	S.M.I. 93%
<b>LAVADO Y PLANCHADO, INDUSTRIAS DE:</b>		
Cortado y selección	200	200
Lavado en seco, lavado y vaporizado	200	200
Impresión y desmenuado	2000	2000
Componentes y modificaciones	2000	1100
Planchado	1500	900
<b>LAVADERIAS</b>		
Lavado	200	200
Planchado de blusas, paños, Snow Kites,		
mercado	200	200
Planchado y máquina y selección	200	400
Planchado fino a mano	1000	600
<b>LIANTAS DE MUE Y CAJERAS,</b>		
<b>MANUFACTURA DE</b>		
Preparación materia prima:		
Pulverización, molida y Benbury	200	200
Proceso en caliente	200	200
Preparación de la tela:		
Cortado y mecanizado de cable	200	200
Máquinas para los cilindros y revolutores	200	200
Construcción de hornos		
Línea estada	200	200
Línea normalitas	200	200
Departamento de vulcanización		
Cámaras y hornos	200	400
Inspección final	2000	1100
Escarbo	200	200
<b>MOJADOS DE MADERA</b>		
Escarbo, cortadora, pultruderos	200	200
Empacado	200	200
Control de producción	1000	600
Limpieza, carpinteros, estada, línea	200	200
<b>PAPA, INDUSTRIAS DE</b>		
Cuerpo de molida	200	200
Cuerpo de fermentado	200	200
Formado:		
Pala blanca	200	200
Paredes y pan dulce	200	200
Cuerpo de hornos	200	200
Belters y otros ingredientes	200	200
Escarbo		
Módulos	200	200
Manual	1000	600
Escarbo y terminación	200	200
Inventario	200	200
<b>PAPEL, MANUFACTURA DE</b>		
Borradores, molinos, subidos	200	200
Acabado, cortado, recorte y máquinas para		
hacer el papel	200	200
Cortado a mano, lado lavado de el cable de		
de papel	200	400
Cortado máquina de papel, inspección y sub-		
estada	1000	600
Inventario	1000	500
<b>PILA, MANUFACTURA DE (BENBURY)</b>		
Limpieza, curado y acabado, patas	200	200
Cortado, desmenuado y secado	200	200
Acabado	1000	600
<b>PIEL, TRABAJO BOMBE</b>		
Planchado, lavado y lavado	2000	1100
Cortadora, planchada, curado y acabado	2000	1700
<b>PIEDRA, DENTURADO Y CERAMICO DE</b>		
Temperatura de hornos, espacio de ser		
carga del tipo cuerpo de horno, interior de		
los depósitos	100	60
Cuerpo de molideros primarios, secundarios,		
auxiliares debajo de los depósitos	100	60
Cámaras	200	100
<b>PISTOLAS, MANUFACTURA DE</b>		
Laminación general	200	200
Comparación de las muestras con las muestras		
o patrones	2000	1100
<b>PISTOLAS, TALLERES DE</b>		
Pintura por inyección de tinta con plancha de		
tinta, estada o fango	200	400

	I.E.S. 99%	S.M.I.I. 95%		I.E.S. 99%	S.M.I.I. 95%
Pulido, pintura ordinaria a mano y decorado, acabado especial y con plantillas	500	300	TABACO. PRODUCTOS DE		
Acabado de pinturas a mano:			Secado, desmondamiento (iluminación general)	300	200
abajo fino	1000	600	Clasificación y selección	2000a	1100a
trabajo extra-fino (carrocerías, planos)	3000a	1700a	TALLERES MECANICOS		
PLANTAS REFRIGERANTES			Trabajo burdo de maquinaria y banco	500	300
Equipo de acondicionamiento de aire, precalentadores, piso de ventiladores, exclusión de cenizas	100	60	Trabajo mediano de maquinaria y banco, máquinas automáticas ordinarias, esmerilado burdo, pulido mediano	100	600
Auxiliares, pías de acumuladores, bombas alimentadoras de calderas, tanques, compresores y áreas de manómetros	200	100	Trabajo fino de maquinaria y banco, máquinas automáticas finas, esmerilado mediano, pulido fino	6000a	3000a
Plataformas calderas	100	60	Trabajo extra-fino de maquinaria y esmerilado fino	10000a	6000a
Plataformas quemador	200	100	TALLERES TEXTILES, ALGODON		
Cuarto de cables, nave de bombas o circuladores	100	60	Abridoras, mezcladoras, batientes	300	200
Transportador carbón, quebradores, alimentadores, básculas, pulverizador, área de ventiladores, torre de transbordo	100	60	Cardas y estridores	500	300
Condensadores, torre de aireadores, piso evaporador y piso calentadores	100	60	Pabiladoras, volacas, tróculos y cañaneros	500	300
Cuadro de control			Enrolladoras y Engomadoras:		
Superficie vertical de los tableros "Simplex" o sección del "Duplex" viendo hacia el operador:			Telas crudas	300	300
Tipo A.—Cuarto de control largo, 170 cms., sobre el piso	500	300	Mazullas	1250	900
Tipo B.—Control de cuarto ordinario, 170 cms., sobre el piso	300	200	Inspección:		
Sección de "Duplex" viéndose desde cualquier ángulo	300	200	Telas crudas (volteadas a mano)	1000	600
Pupitre de distribución (nivel horizontal)	500	300	Teñido automático	1000	600
Áreas dentro de los tableros "Duplex"	100	60	Telares	2000a	1100a
Parte posterior de cualquiera de los tableros (vertical)	100	60	Repaso y estado a mano		
Alumbrado de emergencia en cualquier área	50	20	TALLERES TEXTILES LANA Y ESTAMBRE		
Tableros despachadores:			Abridoras, mezcladoras y batientes	300	200
Plano horizontal (nivel de la mesa)	500	300	Clasificación	1000a	400a
Superficie vertical del tablero (1.25 M. sobre el piso viendo hacia el operador)			Cardada, peinado y repinado	800	300
Cuarto despachador sistema de carga	500	300	Estirado:		
Cuarto despachador secundario	300	200	Hilo blanco	300	300
Área para tanques de hidrógeno y bixido de carbono	200	100	Hilo de color	1000	600
Laboratorio químico	300	200	Tróculos:		
Precipitadores	100	60	Hilo blanco	300	300
Casa de rejillas	200	100	Hilo de color	1000	600
Plataforma, aspiradores de hollín o ascoria	100	60	Torales:		
Cabinetas para vapor y válvulas	100	60	Hilo blanco	300	300
Cuarto de interruptores de potencia	200	100	Hilo de color	300	300
Cuarto para equipo telefónico	200	100	Urdireras:		
Túneles o galerías para tuberías	100	60	Hilo blanco (en el peine)	500	300
Subestación (parte inferior turbina)	200	100	Hilo de color	1000	600
Cuarto de turbinas	300	200	Hilo de color (en el peine)	3000a	1700a
Área para tratamiento de agua	200	100	Tejido:		
Plataforma para visitantes	200	100	Telas blancas	1000	600
PULIDORAS Y BRUNIDORAS QUIMICA, INDUSTRIA			Telas de color	3000	1100
Hornos manuales, tanques de hervido, secadoras estacionarias, cristalizadores por gravedad y estacionarios	300	200	Cuarto de telas crudas:		
Hornos mecánicos, generadores y destiladores, secadoras mecánicas, evaporadores, filtrado, cristalizadores mecánicos, decolorado	300	200	Quitar nudos de la tela	1300a	900a
Tanques para coacción, extractores, coladores, nitridoras, celdas electrolíticas	300	200	Coida	3000a	1700a
SOMBREROS, MANUFACTURA DE			Doblado	700	400
Teñido, sensed, galoneado, limpiado y refinado	1000	600	Acabado húmedo	300	300
Fermado, calibrado, realizado, terminado y pliechado	2000a	1100a	Teñido	1000a	600a
Coñido	3000a	3000a	Acabado en seco:		
SOLDADURA			Despeluzado, acondicionamiento y pliechado	700	400
Iluminación general	500	300	Cardado	1000	600
Soldadura Manual de presión con arco	10000a	6000a	Inspección	2000a	1100a
			Doblado	700	400
			TALLERES TEXTILES		
			SEDA Y SINTETICOS.		
			Manufactura:		
			Remojado, teñido fugaz y preparación de torcidos	300	300
			Deformado, torsión, redovenado y caneras, torcido de fantasía, engomado:		
			Hilo claro	300	300
			Hilo obscuro	8000	1100
			Urdireras (seda)		
			En estrizola, frates de carrera, devanadoras, tensazara y páspadora	1000	600
			Repaso en liso y en el peine	3000a	1100a
			Teñido	1000	600
			TAPICERIA DE AUTOMOVILES, MUEBLES, ETC.	1000	600



	1959 99%	1961 98%
<b>TELA. PRODUCTOS DE</b>		
Inspección tela	20000a	10000a
Cortado	3000a	2000a
Costura	500a	3000a
Planchado	3000a	2000a
<b>TIPOGRAFICAS, INDUSTRIAS</b>		
Fundición de tipo:		
Manufactura matrices, acabado de tipos	1000	600
Preparación de tipos, selección	500	300
Fundición	500	300
Impresión:		
Inspección de colores	2000a	1100a
Litofijos y cajetas	1000	800
Plenas	700	400
Mesa de formación	1500	900
Corrección de pruebas	1500	900
Electrotipia:		
Moldeado, rausado, acabado, nivelado, moldes y recorrido	1000	600
Galvanoplastia	500	300
Forograbado:		
Grabado al ácido y montado	500	300
Reusado, acabado, pruebas, entintado	1000	600
<b>VIDRIO, FABRICAS DE</b>		
Cuarto de Hornos y mezcladores, prensado, máquinas sopladoras y templado	300	200
Emvitado cortado, plateado	500	300
Emvitado fino, biselado, pulido	1000	600
Inspección, grabado y decoración	2000a	1100a
<b>ZAPATOS DE HULE, MANUFACTURA DE</b>		
Levado, recubrimiento, molinos de ingredientes	300	200
Bermizado vulcanizado latencias, corteado parte superior y suelas	500	300
Rodillos de suelas, procesos de hachura y acabado	1000	600
<b>ZAPATOS DE PIEL, MANUFACTURA DE</b>		
Cortado y costura		
Tablas de corteado	3000a	1700a
Markado, ojaleo, adelgazado, selección remendado y contadores	3000a	1700a
Cosido:		
Materiales claros	500	300
Materiales oscuros	3000a	2000a
Mechura y acabado	2000	1100

**2. OFICINAS, ESCUELAS Y EDIFICIOS PUBLICOS**

<b>AUDITORIOS</b>		
Para exhibiciones	300	200
Para asambleas	150	100
Para actividades sociales	50	50
<b>BANCOS</b>		
Vestibulo (iluminación general)	500	200
Pagadoras, contadores y recibidores	1500	600
Gerencia y Correspondencia	1500	900
<b>BIBLIOTECAS</b>		
Sala de lectura	700	400
Anequitas	300	200
Reservación de libros	800	500
Archiveros y catalogos	700	400
Mesa chacedora de solidos y entricas de libros	700	400
<b>CENTRAL DE BOMBEROS</b>		
Véase Edificios Municipales		
<b>CLUBES</b>		
Sala de descanso y de lectura	300	200
<b>CORREOS</b>		
Vestibulos sobre mesas	300	200
Correspondencia selección etc.	1000	600
<b>CORTES DE JUSTICIA</b>		
(O TRIBUNALES)		
Areas de asientos (publico)	300	200
Areas de actividades propias de la corte	700	400

**EDIFICIOS MUNICIPALES,**

<b>BOMBEROS y POLICIA</b>		
Policia:		
Archivos de identificación		1800
Caldes y cuartos para interrogatorios		300
Bomberos:		
Dormitorios		200
Sala recreativa		300
Garaje carros bombe		200
<b>ESCUELAS</b>		
Salones de clase		700
Salones de dibujo (sobre retratador)		1000a
Lectura de movimientos de labios (leer-mudos), pizarrones, costura		1500a
<b>GALERIAS DE ARTE</b>		
Iluminación general		300
Sobre pinturas (localizado)		3000a
Sobre estatuas y otras exhibiciones		1000c
<b>IGLESIAS</b>		
Altar, retablos		1000a
Coro (O) y presbiterio		300a
Púlpito (iluminación adicional)		500a
Nave principal de la iglesia (iluminación general)		150a
<b>Ventanales emplomados</b>		
Color blanco		500
Color mediano		1000
Color obscuro		3000
Ventanal muy denso		10000
<b>MERCADOS</b>		
Bodegas y Cuartos de Almacenamiento		
Activos		200
Inactivos		80
Carnicerías, Barbaños, Pescaderías		600
Cocinas (Areas de trabajo)		500
Comedores		300
Cuartos de máquinas		300
Ferreterias y Accesorios electricos		300
Lavadoras para verduras y verduras		500
Marcarias vestibles y zapaterias		500
Mueblerias y articulos para el hogar		300
Papeleterias, libros y juguetes		300
Plataformas de desmargo		200
Sanitarias y baños		100
Verduras, frutas, flores y plantas		500
<b>MUSEOS (Véase Galerías de Arte)</b>		
<b>OFICINAS</b>		
Proyectos y diseños		2000
Comodidad auditoria, máquinas de contabilidad		1500
Trabajos ordinarios de oficina, selección de correspondencia, archivo activo e continuo		
Archivo intermedio e discontinuado		1000
Sala de conferencias, entrevistas, salas de descanso, archivos de poco uso o sean las áreas en las cuales no se exige la fijación de la vista en forma prolongada		700
		300
		200
<b>PELUQUERIAS Y SALONES DE BELLEZA</b>		
<b>TEATROS Y CINES</b>		
Sala de espectáculos:		
Durante intermedio		80
Durante exhibición		1
Vestibulo		200
Sala de descanso (fayer)		80
<b>TERMINALES Y ESTACIONES</b>		
Sala de espera		300
Oficina de boletos		1000
Oficina de chequeo equipaje		500
Vestibulo		100
Andenes y Plataformas		200

**3. HOSPITALES**

Sala de preparación y anestesia		300
Autopsia y Anfiteatro		200
Mesa de autopsia		2500
Sala de autopsia (iluminación general)		1000

T.A.B. A V-4

	I.E.S. 99%	\$ M.I.I. 95%
Antifaz (iluminación gral.)	200	100
Central de instrumentos esterilizados:		
Iluminación general	300	200
Añilado especial	1500	900
Sala de Citos: teca		
Iluminación general	1000	600
Mesa Citoscópica	25000	14000
Sala dental:		
Cuarto de espera	300	200
Cirugía dental (iluminación gral.)	700	400
Silla dental	10000	6000
Laboratorio (barco de trabajo)	1000	600
Sala de recuperación	50	30
Sala de electroencefalogramas:		
Oficina	1000	600
Cuarto de trabajo	300	200
Sala de espera	300	200
Sala de emergencia:		
Iluminación general	1000	600
Iluminación localizada	20000	9000
Sala de electrocardiogramas, de metabolismo y de muestras:		
Iluminación general	200	100
Mesa de muestras	500	300
Salas de reconocimiento y tratamiento:		
Iluminación general	500	300
Mesas de reconocimiento	1000	600
Sala para ojos, oídos, nariz y garganta:		
Cuarto obscuro	100	60
Cuarto de reconocimiento y tratamiento	300	200
Sala de fracturas:		
Iluminación general	350	200
Mesa de fracturas	2000	1100
Laboratorio:		
Cuartos de ensayo	300	200
Mesas de trabajo	500	300
Trabajos más precisos	1200	600
Vestíbulo	300	200
Salas de reposo	200	200
Cuartos para archivar historias clínicas	1000	600
Sala de Rayos X		
Radiografía y fluoroscopia	100	60
Terapia superficial y profunda	100	60
Cuarto obscuro	100	60
Sala para ver placas	300	200
Archivos, revelado	300	200
Chest de blancos	100	60
Guardería infantil:		
Iluminación general	100	60
Mesa de reconocimiento	700	400
Cuarto de juego, pediátrico	300	200
Obstetricia:		
Cuarto de limpieza (instrumentos)	300	200
Sala de preparación	200	100
Sala de partos (iluminación gral.)	1000	600
Mesa para partos	25000	14000
Farmacia:		
Iluminación general	300	200
Mesa de trabajo	1000	600
Almacén activo	300	200
Cuartos privados y salas comunes:		
Iluminación general	100	60
Iluminación localizada (fractur)	300	200
Area para desequilibrados mentales	100	60
Tratamiento con lidospos radioactivos:		
Laboratorio radiquimico	300	200
Mesa de reconocimiento	500	300
Cirugía:		
Cuarto de limpieza (instrumentos)	1000	600
Sala de operaciones, iluminación general	1000	600
Trabajo de cirugía	300	200
Mesa de operaciones	25000	14000
Sala de restablecimiento	300	200
Terapia:		
Física	200	100
Ocupacional	300	200

	I.E.S. 99%	\$ M.I.I. 95%
Sala de espera	300	200
Cuarto uilarias	200	100
Puesto de enfermeras:		
Iluminación general	200	100
Escritorio	500	300
Mostrador para medicinas	1000	600

#### 4. HOTELES, RESTAURANTES, TIENDAS Y RESIDENCIAS

	I.E.S. 99%	\$ M.I.I. 95%
AUTOMOVILES, SALAS DE EXHIBICION (Véase tiendas)		
CASAS (Véase residencias)		
Alumbrado nocturno:		
Zonas comerciales principales:		
General	2000	1100
Atracciones principales	10000	6000
Zonas comerciales secundarias:		
General	2000	1100
Atracciones principales	10000	6000
COCHINAS (Véase restaurantes o residencias)		
ESCAPARATES (o)		
Alumbrado diurno:		
General	1000	600
Atracciones principales	3000	3000
GASOLINERAS		
Area de servicio	300	200
Cuarto de ventas	500	300
Estaciones	1000	600
HOTELES		
Recepciones:		
Iluminación general	100	60
Para lectura y escritura	2000	2000
Administración	500	300
Vestibulo		
Areas de trabajo y lectura	300	200
Iluminación general	100	200
Marquero	500	300
JOYERIA y RELIQUIAS, MANUFACTURA DE RESIDENCIAS	5000	3000
Tareas visuales especificas (1):		
Juegos de mesa	300	200
Cocina (sobre fregadero u otra superficie de trabajo)	500	300
Lavadero, mesa de planchado	500	300
Cuarto de estudio (solo escritura)	700	400
Coserias	1000	600
Iluminación general:		
Entradas, hall, escaleras y descanso de escaleras	1000	600
Salas, comedores, recámaras, cuartos de estudio, biblioteca y cuartos de recreo o juego	1000	600
Cocina, lavandería, cuarto de baño	300	200
RESTAURANTES Y CAFETERIAS		
Area de comedor:		
Cajera	500	300
Del tipo íntimo:		
Con ambiente ligero	100	60
Con ambiente acogedor	30	30
Del tipo ordinario:		
Con ambiente íntimo	300	200
Con ambiente acogedor	150	100
Del tipo servicio rápido		
Cocinas:		
Inspección, etiquetado y precio	700	400
Otras áreas	300	200
50	30	30
SALONES DE BAILES		
TIENDAS (o)		
Areas de circulación:		
Areas de mercancías:		
Con servicio de vendedoras	1000	600
Autoservicio	2000	1100
Mostradores y vitrinas en muro:		
Con servicio de vendedoras	2000	1100
Autoservicio	5000	3000

	I.E.S. 90%	S.M.I.I. 95%
Atracciones principales Con servicio de vendedoras Mantenimiento	5000 10000	3000 6000

### 5. AREAS COMUNES

<b>BODEGAS O CUARTOS DE ALMACENAMIENTO</b>	50	50
Inactivas	50	30
Activas:		
Piezas toscas	100	60
Piezas medianas	200	100
Piezas finas	500	300
<b>ELEVADORES DE CARGA Y PASAJEROS</b>	200	100
<b>ESCALERAS</b>	200	100
<b>PASILLOS Y CORRIDORES</b>	200	100
<b>BAÑOS Y TOCADORES</b>	200	100
Iluminación general	100	60
España	300g	200g

Dado que en el curso de 10 años, los niveles de iluminación recomendados por el I.E.S., para Aluminado Exterior, Areas Deportivas y transportes, prácticamente no han variado habiendo demostrado durante ese lapso buenos resultados en su aplicación, la Sociedad Mexicana de Ingeniería de Iluminación, A. C. - Illuminating Engineering Society - México Chapter, aprobó recomendar los mismos niveles de iluminación, teniéndose presente que los lugares en que se aplican, son servicios públicos y en caso de los espectáculos deportivos, son de paga y susceptibles de elevarse.

### 6. ALUMBRADO EXTERIOR

	I.E.S.	S.M.I.I. LUXES
<b>ALUMBRADO DE PROTECCIÓN</b>		
Alrededores de áreas activas de embarque	50	
Alrededores de edificios	10	
Áreas de almacenamiento activas	200	
Áreas de almacenamiento inactivas	10	
Entradas:		
Activas (peatones y/o transportes)	50	
Inactivas (normalmente cerradas, no usadas con frecuencia)	10	
Límites de propiedad:		
Destumbramiento por medio de la técnica de protección (Reflectores de dentro hacia afuera)	1.5	
Técnica de iluminación general	2	
Iluminación general áreas inactivas	2	
Plataformas de carga y descarga	100	
Ubicaciones y estructuras de importancia	50	
<b>ASTILLEROS</b>		
Iluminación general	50	
Caminos, senderos	100	
Área de construcción	300	
<b>BANDERAS, ILUMINACIÓN CON PROYECTORES</b>		
(Véase Tableros para boletines y Carteles)		
<b>CAILES</b>	9	
<b>CAMINOS</b>	9	
<b>CANTERAS</b>	30	
<b>CARBÓN, PATIOS PARA (de protección)</b>	2	
<b>CARRERERAS</b>	9	
<b>DRAGADO</b>	20	
<b>EDIFICIOS</b>		
Construcción general	100	
Trabaja de excavación	20	
<b>ESTACIONAMIENTOS</b>	50	
<b>FACHADAS DE EDIFICIOS Y MONUMENTOS</b>		
Iluminación con proyectores:		
Alrededores brillantes:		
Superficies claras	150	
Superficies medio claras	200	
Superficies medio oscuras	300	
Superficies oscuras:	500	
Alrededores oscuros:		
Superficies claras	50	
Superficies medio claras	100	
Superficies medio oscuras	150	
Superficies oscuras	300	

### FERROCARRIL, PATIOS DE

De recepción:	2
Clasificación	3
<b>GASOLINERAS:</b>	
Alrededores brillantes:	
Acceso	30
Calzada para cochas	100
Áreas bombas de gasolina	300g
Fachadas edificios (de vidrio)	70
Áreas de servicio	
Alrededores oscuros:	
Acceso	15
Calzadas para cochas	15
Área bombas de gasolina	200
Fachadas edificio (de vidrio)	100g
Área de Servicio	30
<b>JARDINES (n)</b>	
Iluminación general	3
Senderos, escalones, lejanos de la casa	10
Parte posterior de la casa, bardas, paredes, árboles, arbustos	20
Flores, jardines entre rocas	50
Arboles y arbustos, cuando se quieren hacer destacar	
<b>MADERAS PARA CONSTRUCCIÓN, PATIOS DE MUEBLES</b>	50
<b>PATIOS DE ALMACENAMIENTO (Activos)</b>	200
<b>PLANTAS GENERADORAS</b>	200
Pasarelas	20
Tiradero de cenizas	1
Descarga de carbón	
Rampa (zona de carga y descarga)	50
Área almacenamiento chuleno	5
Volcador de raras	5g
Volcador	50
Área de almacenamiento de carbón	1
Transportadores	20
Entradas:	
Edificio de servicio o generación:	
Principal	100
Secundaria	20
Cajeta de compuertas:	
Entrada de peatones	100
Entrada transportadores	50
Carga o almbrada	2
Colectores de entrega del aceite combustible	10
Tanque de almacenamiento aceite	10
Patio descubierta	2
Plataformas-Caldera, cubierta de turbina	50
Caminos:	
Entre o a lo largo de los edificios	10
Que no están bordeados por edificios	5
Subestación:	
Iluminación general horizontal	20
Iluminación vertical específica (sobre desconectores)	20
<b>PLATAFORMA DE CARGA Y DESCARGA</b>	200
Interior de los furgones	100
<b>PRESIDIO, PATIOS DE</b>	50
<b>TABLEROS PARA BOLETINES, CARTELES O LETREROS</b>	
Alrededores brillantes:	
Superficies claras	300
Superficies oscuras:	1000
Alrededores oscuros:	
Superficies claras	200
Superficies oscuras	800

### 7. ALUMBRADO AREAS DEPORTIVAS

<b>ALBERCA</b>	
Iluminación general desde la planta alta	100
Bajo el agua:	
Exterior	5
Interior	1

	IES \$ Mil. LUXES			IES \$ Mil. LUXES	
<b>ARQUERIA</b>					
<b>Bienca</b>					
Torneo		100r			
Recreativo		30r			
<b>Línea de tiro:</b>					
Torneo		100			
Recreativo		30			
<b>BADMINTON</b>					
Torneo		300			
Club		200			
Recreativo		100			
<b>BASEBALL</b>					
Jardines	Cuadro				
Ligas mayores	1000	1500			
Ligas AA y AAA	500	750			
Ligas C y D	300	500			
Ligas semi-profesionales y regionales	200	300			
Liga menor (Clase I y Clase II)	150	200			
Sobre asientos, durante juego	300	400			
Sobre asientos antes y después jga		20			
		30			
<b>BASKETBALL</b>					
Jardines	Cuadro				
Universitario y profesional		500			
Dentro de Colegios y Secundarias, con espectadores		300			
Sin espectadores		200			
Recreativo (exterior)		100			
<b>BILIARES (sobre mesa)</b>					
Torneo		500			
Recreativo		300			
Area general		100			
<b>BOLICHES</b>					
Mesa:					
Torneo		200			
Recreativo		100			
<b>Boxeo</b>					
Torneo		500r			
Recreativo		300r			
<b>BOX O LUCHA (ring)</b>					
Campeonato		5000			
Profesional		2000			
Amateur		1000			
En asientos durante el encuentro		20			
En asientos antes y después del encuentro		50			
<b>CARRERAS</b>					
De motor (autos, enanos o motocicletas)		200			
Bicicletas		200			
Caballos		200			
Perros		300			
<b>CROQUET</b>					
Torneo		100			
Recreativo		50			
<b>FRONTENIS</b>					
Profesional		1000			
Aficiados		750			
Sobre asientos		50			
<b>FRONTON O CESTA</b>					
Profesional		1500			
Aficiados		1000			
Sobre asientos		100			
<b>FRONTON A MANO</b>					
Torneo		300			
Club		200			
Recreativo		100			
<b>FOOTBALL SOCCER Y AMERICANO</b>					
(Índice: Distancia de la línea de banda a línea más alejada de espectadores)					
Clase I más de 30 Mts		1000			
Clase II entre 15 y 30 Mts		500			
Clase III entre 9 y 15 Mts		300			
Clase IV menos de 9 Mts		200			
La distancia que hay entre los espectadores y el campo de juego, es la primera consideración para determinar la clase y cantidad de alumbrado requerido, sin embargo en espectáculos de pago y televisados, la capacidad potencial de asientos de los gradas, es el					
factor determinante que debe tenerse en cuenta para, lo cual se da la siguiente clasificación: Clase I para más de 10,000 espectadores, Clase II de 10,000 a 30,000 espectadores, Clase III de 5,000 a 10,000 espectadores y Clase IV para menos de 5,000 espectadores.					
<b>GIÑASIOS</b> Referido a deportes específicos enumerados en forma separada					
Exhibiciones / encuentros				300	
Para recreación y ejercicio general				200	
Asambleas				100	
Bailes				50	
Regaderas y vestidores				100	
<b>GOLF, CAMPOS DE PRACTICA</b>					
Iluminación general sobre los "Tees"				100	
A 185 Mts				30r	
Práctica en los "Greens"				100	
<b>HOCKEY SOBRE HIELO</b>					
Universitario o profesional				500	
Liga amateur				200	
Recreativo				100	
<b>PATINAJE</b>					
Pista para patines de ruedas				50	
Pistas para patinar sobre hielo (interior-exterior)				50	
lagunas, estanque o área inundada				10	
<b>PING PONG</b>					
Torneo				500	
Club				300	
Recreativo				200	
<b>PLAYAS</b>					
En tierra				10	
A 50 Mts. de línea costera en mar				20r	
<b>PLAZA DE TOROS</b>					
En el suelo				1000	
Pasillos, túneles, patios, gradas				50	
<b>SHUTTLE BOARD</b>					
Torneo				100	
Recreativo				50	
<b>SKIES, RAMPA DE PRACTICA</b>				5	
<b>SOFTBALL</b>					
Profesional y de campeonato	Jardines	Cuadro			
Semi profesional	300	500			
Ligas Industriales	200	300			
Recreativo	150	200			
TELEVIS				75	100
Torneo				300	
Club				200	
Recreativo				100	
<b>B. ALUMBRADO DE TRASPORTES.</b>					
<b>AEROPUESTO</b>					
Plataforma frente hangares				10	
Plataforma frente edificio de la Terminal				5	
Area de estacionamiento				5	
Area de carga				20	
<b>AUTOLISES</b>					
Urbanos				300	
Ferrovios				150	
<b>AUTOMOVILES</b>					
Sobre piletas				5	
<b>AVIONES</b>					
Compartimientos pasajeros					
Iluminación general				50	
Lectura (en aviones)				200	
<b>BARCOS</b>					
Camarotes				500	
Literos, sobre plano de lectura				150	
Especjo, sobre cara				500	
Baños				50	
Pasillos y corredores				50	
Estrafetas					

	I.E.S. LUXES S.M.I.I.		I.E.S. S.M.I.I. LUXES
Pasajeros	100	Imprenta	300u
Tripulación	50	Sestería	500u
Entrada pasajeros	100x	Oficinas postales	300u
Salas de descanso, pasajeros y oficiales	100x	Vestidores	30
Cuartos de esparcimiento tripulación	200	Central telefónica	100u
Sobre mesas	300	Cuarto para almácen	50
Comedor pasajeros	100w	Áreas de operación	
Salón comedor, oficiales y tripulación	100	Cuarto máquinas (áreas de trabajo)	100u
Sobre mesas	150	Cuarto calderas (áreas de trabajo)	100u
Bibliotecas	100	Cuarto ventiladores	50
Para lectura	500	Cuartos grupos Motor Generador	50
Salones fumadores	5x	Cuartos de generación y tablero de control	100
Cubiertas cerradas	100	Cuarto de montacargas	50
Peluquería y salón de belleza	500	Tableros de control, iluminación vertical:	
Sobre la pasarela	50w	Para alto	300
Salones de Cocktail y Cantina	50w	A 90 cms desde el piso	100
Salón de baile	100y	Cuarto del mecanismo del timón	50
Piscinas, playas interiores	500y	Cuarto de bombas	10
Tiendas	200u	Tablero de medición y control (iluminación vertical)	
Teatros:		Sobre medidores	300
Durante el espectáculo	1	Tonel del eje	30
Intermedio	50	Bodega seca para cargamento (Unidad de iluminación permanente)	10u
Gimnasios	200	Carga y descarga de cargamento refrigerado	50u
Hospital:		Interes	500
Sala de operaciones	300u	Sobre trabajo	500
Sala dental	200u	Estrucillas de la bodega	
Dispensario	300u	Área sobre escotilla	50
Sala de encamados	50u	Área adyacente a la cubierta	50
Oficina doctor	200u	CARROS DE F.F.C.C. PARA COQUE	
Sala de espera	100u	Bultos de coque) y cajas para coque	300
TIRO AL BLANCO		Almacenaje coque	150
Sobre el blanco	500r	CARROS DE F.F.C.C. PARA PASAJEROS	
Línea de tiro	100	Estructura y lectura:	
Área sistema	50	General	200
Cabina de radio, vestibulo pasajeros	100u	Sobre escritorio	500
Mostrador para pasajeros oficina sobrecarga	200	Sección de baños	
Áreas de navegación		General	150
Timonería (sobre puente de mando)	50	Español	200
Cuarto de mapas	100	Sanitario	50
Sobre mesa de mapas y cartas de navegación	500	Cario comedor	150
Cuarto del radar	50	Cantina	100
Cuarto de generación	50	Áreas sociales	200
Cabina de radio	100u	Escalones y puertas	100
Oficina del barco	200	TRANVIAS Y TROLEBUSES	500
Sobre sistemas y mesas de trabajo	500	TIRO AL PICHÓN	
Para teneduría de libros y auditoría	500	Blanco, a 50 Mts	300u
Cuarto de registro (cuaderno bitácora)	100	Línea de tiro, general	100
Sobre escritorio	500	VOLLEYBALL	
Áreas de servicio		Torneo	200
Galera	200u	Recreativo	100
Lavandería	150u	WATER POLO	
Desayunos	150u	Torneo	200
Fregaderos	150u	Club	200
Preparación comida	200u	Recreativo	100
Almacén comida (sin y con refrigerador)	50		
Carnicería	150u		

## NOTAS

- a. Se puede obtener con la combinación de alumbrado general y alumbrado suplementario especializado, manteniendo las relaciones de brillantes recomendadas. Estas tareas visuales generalmente hacen intervenir la discriminación de los detalles delicados por largos períodos de tiempo y bajo condiciones de contraste reducido. Para dar la iluminación requerida, es necesario usar una combinación del alumbrado general antes indicado más el alumbrado suplementario especializado. El diseño e instalación de estos sistemas combinados no deberá únicamente proveer una cantidad suficiente de luz, sino que también deberá dar la dirección apropiada a la luz, difusión y además protección al ojo humano. Deberá también, tanto como sea posible, eliminar el deslumbramiento directo o reflejado como sombras desagradables.
- b. Las pinturas o cuadros con colores oscuros y con detalles delicados o finos, deberán tener una iluminación de 2 a 3 veces mayor.
- c. En algunos casos, una iluminación mayor de los 1000 Luxes, es necesario para hacer resaltar la belleza de los estretes.
- d. La iluminación se puede reducir o aminorar durante el sermón, la introducción o la meditación.
- e. Si los acabados interiores son oscuros (menos de 10% de reflexión), la iluminación será de 2/3 partes del nivel recomendado para evitar altos contrastes en brillantes, como en el caso de las páginas de los libros de selmos o cantos y el medio sombreado que la rodea. Es esencial un diseño cuidadoso para evitar brillantes desagradable.

- f. Alumbrado especial, tal que (1) el área luminosa sea lo suficientemente grande para cubrir completamente la superficie que está siendo inspeccionada y (2) la brillantez deberá estar dentro de los límites necesarios para obtener condiciones de contrastes confortables. Esto implica el uso de fuentes luminosas de gran área y relativa baja brillantez en los casos en que la brillantez de la fuente luminosa se considere como un factor principal en vez de las luces producidas en un punto considerado.
- g. Para inspección minuciosa, 500 luxes.
- h. Los manuscritos o lápiz y la lectura de reproducción y copias pobres requieren 700 luxes.
- i. Para inspección minuciosa, 500 luxes. Esto se puede hacer en el cuarto de baño, pero si se tiene un torador, es necesario un alumbrado localizado para obtener un nivel recomendado.
- j. La superficie especular del material puede hacer necesaria una recomendación necesaria una recomendación especial en la selección y localización del equipo de alumbrado, o alguna determinada orientación del trabajo.
- k. O no menos de 1/3 del nivel de las áreas adyacentes.
- l. La brillantez de la tarea visual debe relacionarse con la brillantez que la rodea.
- m. La iluminación general de éstas áreas no necesariamente tiene que ser muy uniforme.
- n. Incluyendo calles y establecimientos cercanos.
- o. (A) Los valores recomendados: "no iluminación sobre la mercancía o aparatos. El plano en el cual la luz sea más importante pueda variar desde el horizontal al vertical; (B) Áreas específicas en las cuales se involucre una difícil visión, se puede iluminar con niveles de iluminación considerablemente más altos. (C) La selección del color de las lámparas fluorescentes es importante. Para una mejor apariencia de la mercancía se puede combinar los sistemas fluorescentes e incandescentes. (D) La iluminación puede hacerse muchas veces no uniforme para hacer resaltar la distribución de la mercancía.
- p. Estos valores están basados en un 25% de reflexión, ya que éste es el promedio de reflexión de la vegetación y superficies exteriores típicas. Estos valores se deben ajustar para las reflexiones de materiales específicos iluminados, para obtener una brillantez equivalente. Estos niveles dan una brillantez satisfactoria cuando son vistos desde interiores o terrazas en penumbra. Cuando son vistos desde áreas oscuras se pueden reducir cuando menos a la mitad o se puedan doblar cuando se desea un efecto más dramático.

q. Iluminación promedio recomendada (Luxes).

#### TRANSITO DE PEATONES

#### CLASIFICACION DE TRANSITO DE VEHICULOS POR HORA

	Muy escaso (Menos de 150)	Escaso (150 a 500)	Mediano (500 a 1200)	Intenso (más de 1200)
transit	6	8	10	12
Mediano	4	6	8	10
escaso	2	4	6	8

Estos valores están basados en condiciones de reflexión del pavimento muy favorables, del orden de 10%.

Cuando la reflexión sea pobre (del orden de 3%, como en el asfalto) la iluminación recomendada deberá aumentarse 50%. Cuando la reflexión sea raramente alta (20% o más, como en el concreto claro) los valores recomendados pueden reducirse un 25%.

Los valores recomendados se supone que deberán mantenerse en servicio.

Si el mantenimiento es bajo, estos valores deberán aumentarse.

El valor más bajo en cualquier punto de la carretera no deberá ser menos de 1/10 de los valores indicados en la tabla para carreteras con tránsito de vehículos muy escaso y con tránsito de peatones excesivo, y no menor de 1/4 de los valores anteriores indicados para todos los demás casos de carreteras.

#### c. Vertical.

1. 400 lúmenes por metro cuadrado de superficie.
2. 1000 lúmenes por metro cuadrado de superficie.
3. En este espacio se deberá usar alumbrado suplementario con objeto de poder obtener los niveles de iluminación recomendados que requiere cada tarea visual involucrada.
4. La instalación deberá ser tal que el nivel de la iluminación pueda ser aumentado por lo menos 400 luxes para embarques diurnos.
5. En las áreas públicas, tales como salas de descanso, salones de baño, fumadores, céntricas y comedores, los valores de luxes pueden variar ampliamente, dependiendo de la atmósfera, deseada, los decorados interiores y el uso que se va a dar a cada uno de estos lugares.

Reimpresión de la Revista "INGENIERIA DE ILUMINACION"

TABLA 1

85

## CAPITULO VI

### SELECCION DE CONDUCTORES Y DISPOSITIVOS DE PROTECCION DE CIRCUITOS DERIVADOS Y ALIMENTADORES EN SISTEMAS MENORES DE 600 VOLTS .

#### 6.1. OBJETIVO

El principal objetivo de éste capítulo es orientar al --- Ingeniero proyectista en la utilización de las diferentes herramientas con las que puede contar para el diseño de -- cualquier tipo de instalación eléctrica cumpliendo con los requisitos básicos que éstas necesitan con el fin de tener una instalación confiable y segura, cumpliendo además con las disposiciones reglamentarias que rigen en ésta especialidad.

#### 6.2. DESCRIPCION.

Como se ha mencionado anteriormente, un sistema de distribución de energía eléctrica, es la combinación coordinada de diferentes dispositivos eléctricos, los cuales transmiten la energía aprovechable desde el punto de suministro hasta el equipo de utilización.

Hablando en términos físicos, un sistema de distribución de energía en baja tensión consiste básicamente de subestaciones unitarias, tableros de distribución, centros de control de motores, tableros de alumbrado y control, así como dispositivos individuales de protección de circuitos, cable, tubo conduit, transformadores para alumbrado y control, capacitores, reguladores de tensión, rectificadores, inversores, bancos de baterías, generadores, etc.

Para nuestro estudio nos basaremos en el sistema de distribución de una de las subestaciones unitarias mostrada en la FIGURA VI-1, la cual cuenta con un transformador de 2000 - KVA, con relación de tensión 13,800-480/277 Volts.

Esta subestación como se podrá observar, alimenta a un mo-

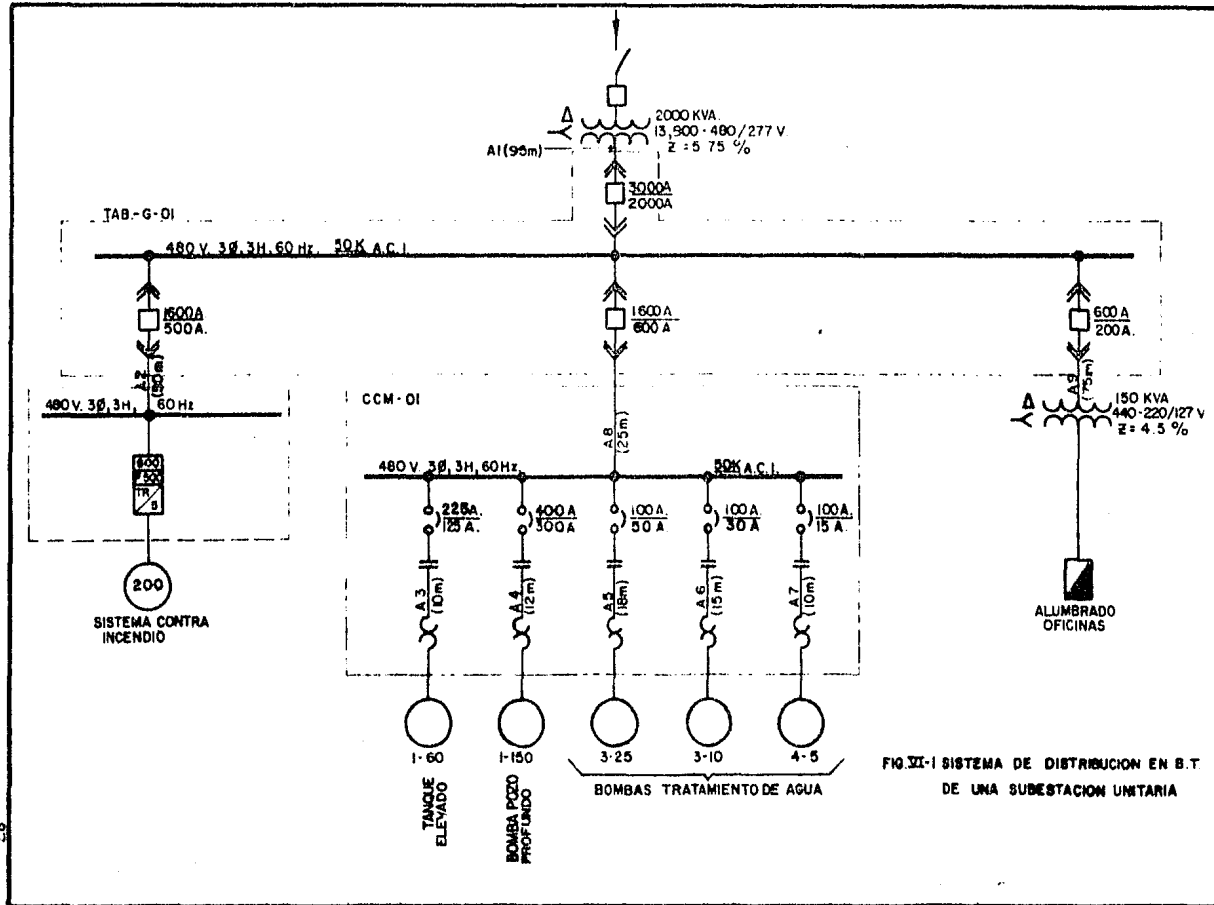


FIG. XI-1 SISTEMA DE DISTRIBUCION EN B.T DE UNA SUBESTACION UNITARIA



tor de 200 HP del sistema contra incendio, un centro de -- control de motores para el sistema de tratamiento de agua que cuenta con una bomba de pozo profundo de 150 HP, una bomba de 60 HP que alimenta a un tanque elevado, tres bombas de 25 HP, tres de 10 HP y cuatro bombas de 5 HP que -- son parte integral del sistema de tratamiento de agua junto con varias bombas fraccionarias que no consideraremos - en este estudio. Además, la misma subestación alimenta a - diferentes tableros de alumbrado de edificios administra- tivos algunos de los cuales no se representan por conside- rar que lo mostrado en el diagrama unifilar es suficiente para orientar al Ingeniero proyectista en su diseño y cál- culo.

Antes de iniciar con nuestro diseño, citaremos y describi- remos algunos de los elementos que comunmente intervienen en la elaboración de un diseño, tales como conductores, ca- nalizaciones eléctricas, etc. para así poder tener los me- dios para poder afrontar cualquier problema que se presen- te para la realización del diseño de una distribución eléc- trica industrial, comercial ó doméstica, así como también definiciones tomadas de las Normas Técnicas para Instala- ciones Eléctricas ( NTIE-81 ) y por último los procedi - mientos a seguir para el cálculo de los alimentadores con sus respectivas protecciones.

### 6.3. CONDUCTORES.

La energía eléctrica se trasmite a través de conductores - de cobre ó aluminio. Estos conductores deben de estar ais- lados unos de otros y con respecto a tierra; Además, los conductores deben de estar protegidos contra daños mecáni- cos y el medio ambiente, como también para proteger al per- sonal contra posibles descargas eléctricas del equipo. por lo general, los conductores mas usuales son los de cobre y aluminio ahunque existen otros con muy buena conductividad como puede ser el platino, plata y oro, pero debido a sus altos costos los hace antieconómicos.

De acuerdo con el área transversal de los conductores, se clasifican de acuerdo a la compañía " American Wire Gauge " ( A.W.G. ) en el tipo de calibre número AWG ó MCM.

Se dice que un CM ( circular mill ) es el área transversal de un conductor cuyo diámetro es de una milésima de pulgada por lo que :

$$1 \text{ CM} = 785 \times 10^{-9} \text{ plg}^2$$

6

$$1 \text{ mm}^2 = 1974 \text{ C.M.}$$

#### 6.4. CANALIZACIONES ELECTRICAS.

Se entiende por canalizaciones eléctricas a los medios que se emplean en las instalaciones eléctricas para alojar a los conductores de manera que éstos queden protegidos en lo que sea posible contra deterioro mecánico y contaminación y para que a se vez protejan a la instalación contra agentes extraños a la propia instalación.

Los medios de canalización comunmente usados en las instalaciones eléctricas son los siguientes:

##### a.- TUBO CONDUIT.

Actualmente existe en el mercado una gran variedad de tubería conduit para emplearlos en cada caso especial de que se trate en tramos de 3.05 m. de longitud con cuerda en los extremos a excepción del de plástico.

El tubo conduit de acero se fabrica en los tipos pesado, semipesado y ligero, distinguiéndose éstos tipos por el espesor de la pared. Para una mayor información sobre éste tubo, consúltense las normas NOM-B-208, --- B-209 y B-210 respectivamente.

El tubo conduit de aluminio se fabrica en los tipos -- pesado y semipesado; Tiene la ventaja de ser mas ligero que los tubos de acero a igual sección; Se recomienda su aplicación para instalaciones con ambientes corrosivos.

El numero máximo de conductores en un tubo debe de ---- estar de acuerdo con los factores de relleno que se -- indican a continuación:

Todos los conductores sean portadores de corriente ó no incluyendo su aislamiento y otros forros, no deben de - ocupar mas del 40% de la sección transversal del tubo - en el caso de tres conductores ó más; no más del 30 % - cuando sean dos conductores, y no más del 55 % cuando - se trate de un solo conductor ( art. 304.4 NTIE-81 ).

El doblado del tubo conduit metálico rígido, debe de ha - cerse con las herramientas adecuadas, de manera que no se produzcan grietas y que su diámetro interior no se - reduzca apreciablemente. El radio interior de las cur - vas no debe ser menor a 6 veces el diámetro exterior -- del tubo, excepto cuando los conductores tengan cubier - ta metálica, en cuyo caso, el radio de las curvaturas - debe aumentarse a 10 veces el diámetro del tubo. ----- (art. 304.7 NTIE-81).

El tubo metálico rígido debe fijarse firmemente cuando menos a cada tres metros y no a menos de noventa centi - metros de caja gabinete, caja accesorio u otro medio. (art. 304.8 NTIE-81).

Tubo metálico flexible.- Dentro de ésta designación --- está el tubo flexible común hecho de cinta metálica --- engargolada ( en forma helicoidal ) sin ningun recubri - miento y un tipo de tubo metálico flexible con una cu - bierta exterior de un material no metálico, que lo hace hermético a los líquidos y es resistente a los efectos de los rayos solares. (art. 305.1 NTIE-81)

Tubo de plástico flexible.- Este tubo se fabrica en --- distintas denominaciones comerciales como son : poly--- ducto, duraducto, etc. Tiene la propiedad de ser ligero y resistente a la acción del agua; Su empleo se ha in--

crementado mucho en instalaciones eléctricas de edificios, comercios y casas habitación. Tiene el inconveniente de que no es recomendable usarlo en lugares con temperaturas que excedan los 70°C. Para su conexión se requieren accesorios especiales de plástico.

**b.- DUCTOS.**

Los ductos consisten de lámina de acero de sección --- cuadrada ó rectangular, se utilizan en instalaciones - visibles ya que no se pueden instalar ahogados en pared o en concreto, razón por lo que su aplicación se - encuentra en industrias y laboratorios. ( art. 308.1 NTIE-81 ).

**c.- CHAROLAS.**

En el uso de charolas se tienen aplicaciones parecidas a la de los ductos con algunas limitaciones propias de los lugares en que se realiza la instalación. En cuanto a la utilización de charolas se dan las siguientes recomendaciones:

- c.1.- Procurar alinear los conductores de manera que guarden siempre la misma posición relativa en -- toda la trayectoria de las charolas, en especial la de los calibres gruesos.
- c.2.- En el caso de muchos conductores delgados es conveniente hacer amarres a intervalos de 1.5 a 2.0 metros aproximadamente, procurando colocar etiquetas de identificación cuando se trate de conductores de varios circuitos, en el caso de conductores de calibre grueso se pueden hacer a cada 2.0 ó 3.0 metros.
- c.3.- En la fijación de conductores, que vayan a través de charolas por trayectorias verticales largas, es recomendable que los amarres se realicen con

abrazaderas especiales en lugar de hilo.

De acuerdo con las NTIE, en ductos verticales ( también aplicables a charolas ), los conductores deberán estar sujetos a intervalos no mayores que los indicados en la tabla VI-8 .

**6.5.- DEFINICIONES ( tomadas del NTIE cap. 4 sección 403 )**

- a.- Motor en servicio continuo. El motor operará con carga constante durante un período de tiempo largo indefinido.
- b.- Motor en servicio de corto tiempo. El motor operará con carga constante durante un período de tiempo corto indefinido.
- c.- Motor en servicio intermitente. El motor operará por períodos alternados como pueden ser : con carga y sin carga y desconectado; ó con carga, sin carga y desconectado.

**6.6.- CALCULO DE CONDUCTORES.**

**a.- CALCULO A EFECTUAR.**

- a.1.- Capacidad de conducción de corriente.
- a.2.- Caída de tensión.
- a.3.- Capacidad de corto circuito.
- a.4.- En el caso de que el calibre calculado con los pasos anteriores fuera diferente en alguno de ellos, deberá seleccionarse el conductor que resulte con calibre mayor.

**b.- CALCULO POR CAPACIDAD DE CONDUCCION DE CORRIENTE.**

**b.1.- Circuito derivado para un solo motor.**

**b.1.1.-** La capacidad de conducción de los conductores que alimentan un solo motor deben ser de 125 % de la corriente de plena carga del motor. ( art. 403.14 NTIE-81 ).

**b.1.2.-** Si el motor es de varias velocidades, los alimentadores del arrancador se selecciona--

rán en base a la corriente mayor de plena -- carga indicada en la placa de datos del motor; los conductores del arrancador al motor se seleccionarán en base a la corriente nominal que corresponda a la velocidad de que se trate en cada caso.

b.1.3.- Los conductores para motores que operen en servicio de tipo de corto tiempo, intermitente, periódico ó variable, se calcularán en base a los porcentajes mínimos de corriente de plena carga indicados en la tabla VI-4 -- ( 403.14 de las NTIE-81 ).

b.1.4.- Para un motor de C.A., rotor devanado y servicio continuo los conductores del secundario del motor al arrancador deben tener una capacidad de conducción de corriente no menor del 125 % de la corriente a plena carga del secundario del motor.

b.1.5.- En el caso de que motor no sea de servicio continuo, los conductores deben tener una capacidad de conducción de corriente no menor que la indicada en la tabla VI-4, en base a la corriente de plena carga del secundario del motor.

b.2.- Selección del conductor que alimente a un grupo de motores.

b.2.1.- Los conductores a dos ó mas motores deben tener una capacidad de conducción de corriente no menor a la suma de la corriente nominal a plena carga de todos los motores, más el 25 % de la corriente del motor mas grande del grupo.

En el caso que se tengan dos ó más motores -

mayores en el grupo, de la misma capacidad -- solo se considerará el 25% de uno solo de -- ellos.

b.2.2.- Si alguno de los motores del grupo se utiliza en servicio de corto tiempo, intermitente, - periódico ó variable, la capacidad de los -- conductores puede calcularse de la siguiente manera :

- Se determina la capacidad de conducción de corriente requerida para cada motor usado -- en un tipo de servicio no continuo de ---- acuerdo a la tabla VI-4.
- Se determina la capacidad de conducción de corriente requerida para cada motor de servicio continuo, basándose en el 100% del -- valor nominal de la corriente a plena carga del motor.
- Se multiplica por 1.25 el valor de la mayor capacidad de corriente determinado según -- el punto b.1 ó b.2. Al valor que resulte se le suma el resto de los valores de capacidad de corriente obtenidos según los mismos --- puntos b.1 ó b.2 y se selecciona el conductor adecuado para esta capacidad de co ---- rriente total.

b.2.3.- Si se tienen derivaciones desde un alimentador para alimentar motores, los conductores de -- éstas derivaciones deben tener una capacidad de conducción de corriente no menor que la -- requerida por la carga por alimentar, termin-- nar en un solo dispositivo de sobrecorriente y cumplir con alguno de los siguientes requisitos:

- El conductor de la derivación no debe ser -

mayor de 3 metros de longitud.

- El conductor de la derivación debe tener -- una capacidad de corriente de por lo menos un tercio de la capacidad de corriente del alimentador cuando sea mayor de tres metros pero menor de 10 metros.
- El conductor de la derivación deberá tener la misma capacidad de conducción de corriente que el alimentador cuando sea mayor de 10 metros de longitud.

b.3.- Factores que intervienen en el cálculo de la capacidad de conducción de corriente de un conductor.

b.3.1.- Los factores que afectan el cálculo de la capacidad de conducción de corriente de un conductor son función de la temperatura, así como también del tipo de canalización empleado, en este trabajo se considerará solo el caso de tubería conduit aerea.

b.3.2.- Para el cálculo de la capacidad de conducción del conductor a un motor, se aplican las siguientes fórmulas o bien se puede obtener de la tabla VI-6 para motores trifásicos.

Para un sistema monofásico:

$$I = \frac{H.P. \times 746}{E \times f.p. \times \text{efic.}}$$

Para un sistema trifasico :

$$I = \frac{H.P. \times 746}{\sqrt{3} \times E \times f.p. \times \text{efic.}}$$



en donde :

I = Corriente nominal del motor que circulará en el conductor.

H.P. = Potencia del motor.

E = Voltaje entre líneas.

f.p. = Factor de potencia ( ver gráficas --- VI-1 y VI-4.

efic. = Eficiencia ( ver gráficas VI-3 y --- VI-5 ).

La corriente obtenida anteriormente deberá -  
afectarse por alguno de los factores ya in-  
dicados.

- b.3.3.- Una vez que se ha obtenido la corriente se -  
procederá a seleccionar el tamaño del conduc-  
tor, consultando la tabla VI-1 ( 302.4 NTIE )  
"capacidad de corriente de conductores de --  
cobre aislados".

La corriente de conducción indicada en ésta  
tabla se deberá afectar por los factores de-  
crementales de acuerdo a las características  
de las canalizaciones que se empleen; en ---  
nuestro caso tubo conduit aéreo:

El factor de corrección por agrupamiento ver  
tabla VI-2 ( 302.4a NTIE ).

El factor de corrección por temperatura ver  
tabla VI-3 ( 302.4b NTIE ).

- b.3.4.- Una vez que se ha corregido la capacidad de  
conducción del conductor se comparará con la  
corriente demandada por el motor o grupo de  
motores para comprobar que este es el adecua-  
do o si se requiere cambiar el calibre del  
alimentador.

- b.3.5.- Posteriormente deberá verificarse que la ca-  
ida de tensión del circuito alimentador al -  
motor esté dentro de los límites permisibles.

c.- CALCULO POR CAIDA DE TENSION.

c.1.- Deberá revisarse la caída de tensión del conductor seleccionado por corriente, para asegurarse que la tensión suministrada a los equipos a través de ese conductor está dentro de los siguientes límites:

c.1.1.- Caída de tensión para un circuito alimentador.

El calibre de los conductores de un circuito que abastezca circuitos derivados para alimentación a motores, debe ser tal que la caída de tensión desde la entrada del servicio hasta los dispositivos de protección contra sobrecorriente de los circuitos derivados, no exceda del 3%.

Se debe tener en cuenta que la caída de tensión total en alimentadores y circuitos derivados no debe exceder del 5% ( art. 203.3 -- NTIE-81 ).

c.1.2.- Caída de tensión para un circuito derivado.

En un circuito derivado que alimente a un motor, la caída de tensión hasta la salida mas lejana del circuito no debe exceder del 3%. Hay que tener en cuenta que la caída de tensión total en el conjunto del circuito -- alimentador y derivado no debe exceder del 5%. ( art. 202.6 ).

c.1.3.- Relación fasorial de la caída de tensión.

Dada la relación fasorial entre tensión, corriente, resistencia y reactancia el cálculo exacto de la caída de tensión es demasiado laborioso debido a que está basado en un desarrollo trigonométrico; pero para fines prácticos es suficiente aplicar el método matemático, el cual nos dará la caída de

tensión en nuestro conductor, con bastante -  
aproximación al valor obtenido por el método  
trigonométrico; la fórmula que se emplea es:

$$V = I ( R \cos \phi + X \sen \phi )$$

donde : V = Caída de tensión de línea a neu-  
tro.

I = Corriente nominal del circuito  
( sin considerar el 25% )

R = Resistencia de línea para un ---  
conductor en ohms.

X = Reactancia de la línea para un -  
conductor en ohms.

$\phi$  = Angulo cuyo coseno es el factor  
de potencia

c.1.4.- La razón para calcular la caída de tensión -  
de línea a neutro es poder obtener la tensión  
de línea a línea, multiplicando la tensión de  
línea a neutro por :

2 ( dos ) para sistemas monofásicos.

$\sqrt{3}$  ( raíz de tres ) para sistemas trif.

c.1.5.- Los valores de resistencia y reactancia se -  
deben obtener de la hoja de datos del fabri-  
cante del conductor seleccionado o bien de -  
la tabla VI-5 ( publicación GET-3550B ).

#### d.- CALCULO POR CAPACIDAD DE CORTO CIRCUITO.

d.1.- Dado que la interrupción de un circuito derivado  
en un sistema de baja tensión no crea demasiados  
problemas, y su restitución no produce grandes -  
trastornos ni gastos mayores, como podría ser en

tensión en nuestro conductor, con bastante aproximación al valor obtenido por el método trigonométrico; la fórmula que se emplea es:

$$V = I ( R \cos \phi + X \sen \phi )$$

donde :  $V$  = Caída de tensión de línea a neutro.

$I$  = Corriente nominal del circuito  
( sin considerar el 25% )

$R$  = Resistencia de línea para un conductor en ohms.

$X$  = Reactancia de la línea para un conductor en ohms.

$\phi$  = Angulo cuyo coseno es el factor de potencia

c.1.4.- La razón para calcular la caída de tensión de línea a neutro es poder obtener la tensión de línea a línea, multiplicando la tensión de línea a neutro por :

2 ( dos ) para sistemas monofásicos.

$\sqrt{3}$  ( raíz de tres ) para sistemas trif.

c.1.5.- Los valores de resistencia y reactancia se deben obtener de la hoja de datos del fabricante del conductor seleccionado o bien de la tabla VI-5 ( publicación GET-3550B ).

#### d.- CALCULO POR CAPACIDAD DE CORTO CIRCUITO.

d.1.- Dado que la interrupción de un circuito derivado en un sistema de baja tensión no crea demasiados problemas, y su restitución no produce grandes trastornos ni gastos mayores, como podría ser en

otros casos, no es práctica necesaria calcular los conductores menores del calibre 1/0 AWG de estos sistemas por corto circuito.

Para alimentadores en baja tensión, los tiempos de interrupción que deben considerarse son :

Para un interruptor electromagnético con unidad instantánea 3 ciclos (0.05 Seg.)

Para un interruptor electromagnético con unidad de tiempo corto y sin instantáneo 30 ciclos --- (0.5 Seg.)

Para fusibles de alta capacidad interruptiva -- un ciclo (0.0166 Seg.)

La selección del conductor por corto circuito -- básicamente depende de la temperatura de operación del aislamiento, la cual se incrementa a -- valores que pueden dañarlo, bajo condiciones de corto circuito.

Las curvas de la gráfica VI-2 ( short circuit heating limits GES-9503 de General Electric ) -- nos servirán para seleccionar el conductor adecuado para condiciones de corto circuito, a estas curvas se entrará con la temperatura de operación del conductor que depende del tipo de conductor, la corriente de corto circuito y el tiempo en segundos de duración de la falla.

#### e.- CONDUCTOR DEL CIRCUITO ALIMENTADOR PARA UN TRANSFORMADOR.

e.1.- El conductor del circuito alimentador de un transformador ( de potencia o alumbrado ) deberá seleccionarse para soportar la capacidad máxima del transformador. Esto es si se trata de un trans--

formador de potencia de 1000 KVA con temperatura de operación de 55/65°C y enfriamiento OA/FA, el alimentador debe seleccionarse para la capacidad máxima en FA que correspondería al 15% de la capacidad nominal de acuerdo a las normas para --- transformadores o sea para 1150 KVA; más el 12% por incremento debido al uso de aislamiento para 65°C o sea 1288 KVA.

e.2.-Para el cálculo de caída de tensión deberá aplicarse lo indicado en la sección "c".

e.3.-Para la selección por corto circuito deberá ---- aplicarse lo indicado en la sección "d".

f.- CONDUCTOR DEL CIRCUITO DERIVADO PARA UN BANCO DE -----  
CAPACITORES..

f.1.- La corriente nominal del conductor debe ser como mínimo del 135% de la corriente nominal del banco ( art. 406.7 NTIE ) en caso de que existan -- corrientes armónicas relativamente altas en el - punto de instalación y la corriente que tome el banco llegue a ser mayor del 135% de su corriente nominal el conductor deberá seleccionarse con una capacidad superior a este límite, de tal --- forma que sea el adecuado a la corriente que toma el banco bajo estas circunstancias.

Corriente nominal de un capacitor.

Está dada por la potencia reactiva (Q) que toma el banco y se calcula por medio de la siguiente expresión :

$$I_N = \frac{Q}{\sqrt{3} \times V}$$

donde:

Q = Potencia reactiva del banco de capacitores en volts-amperreactivos.

V = Voltage nominal del banco de capacitores, que es del orden de 5 a 10% mayor que el voltage nominal de la línea a la que va a ser conectado.

#### 6.7.- PROTECCION CONTRA SOBRECARGA.

##### a.- Efectos de una sobrecarga.

Una sobrecarga es una sobrecorriente de operación que cuando se presenta durante bastante tiempo, puede dañar o sobrecalentar peligrosamente el equipo.

##### b.- OMISION DE LA PROTECCION DE SOBRECARGA.

La protección contra sobrecargas puede omitirse en --- aquellos casos en que la instalación de la misma implique peligros mayores que el riesgo de daño al propio -- aparato, como es el caso de bombas contra incendio ( art. 403.22).

##### c.- MOTORES DE SERVICIO CONTINUO ( art. 403.23 )

1.- Los motores de servicio continuo con capacidad de - más de un caballo de potencia deben protegerse contra sobrecarga por alguno de los medios siguientes:

a.- Un dispositivo de sobrecorriente separado que - actúe por efecto de la corriente del motor ---- (elemento térmico). La capacidad o ajuste de --

este dispositivo no debe ser mayor del 125% de la corriente a plena carga del motor.

- b.- Si el elemento térmico seleccionado en el procedimiento anterior resultara insuficiente para el arranque del motor o no correspondiera a un tamaño estandar, se puede usar el tamaño inmediato superior siempre y cuando no exceda el 140% de la corriente a plena carga del motor.
  - c.- Si se trata de un motor de varias velocidades, deberá cada una de ellas tratarse por separado.
  - d.- Un protector térmico integrado al motor, aprobado para usarse con éste, que lo proteja contra sobrecalentamientos peligrosos ocasionados por sobrecargas.
- 2.- Para motores de servicio continuo cuya potencia sea de un caballo o menor, que se arranquen manualmente y que estén a la vista desde el punto donde se efectúa el arranque, puede considerarse protegido contra sobrecarga por el dispositivo de protección contra cortocircuitos ó fallas a tierra del circuito derivado.
- 3.- Si el motor no se encuentra a la vista desde el punto donde se efectúa su arranque debe protegerse en la forma indicada en el inciso 1 anterior. En el caso de que la impedancia sea suficiente para prevenir un sobrecalentamiento debido a fallas en el arranque, el motor puede considerarse protegido como se indica en el párrafo anterior.
- 4.- Si el motor es de un caballo de potencia ó menor pero su arranque es automático deberá protegerse contra sobrecarga en la misma forma que los motores de mas de un caballo de potencia como se indicó en el inciso 1 anterior. En caso de que la impedancia de los devanados del motor sea suficiente para pre-



venir un sobrecalentamiento debido a fallas en el arranque el motor puede considerarse protegido por el dispositivo de protección contra corto circuito ó fallas a tierra del circuito derivado, de acuerdo al inciso "b" anterior. El fabricante del motor deberá definir éste punto.

5.- Los secundarios de los motores de rotor devanado pueden considerarse protegidos por el dispositivo de sobrecarga del circuito primario del motor.

d.- MOTORES DE SERVICIO NO CONTINUO ( art. 403.24 )

1.- Un motor que opera en servicio del tipo de corto tiempo, intermitente, periódico ó variable, puede considerarse -- protegido contra sobrecarga por el dispositivo de protección contra cortos circuitos ó fallas a tierra del circuto derivado, siempre que éste dispositivo tenga una capacidad ó ajuste no mayor del especificado en el artículo - 403.35 de las N.T.I.E.

e.- FUSIBLES ( art. 403.26 )

1.- Cuando se usen fusibles para la protección contra sobrecarga de un motor, debe indicarse un fusible en cada una de las fases.

f.- DISPOSITIVOS QUE NO SEAN FUSIBLES ( art. 403.27 )

1.- Cuando se usen dispositivos que no sean fusibles para la protección de sobrecarga de un motor, tales como bobinas de disparo, relevadores ó dispositivos del tipo térmico, el número mínimo de unidades y su localización deben de estar de acuerdo con la tabla VI-7 ( 403.27 del N.T.I.E )

2.- Los dispositivos de sobrecarga de un motor, que no ----- sean fusibles ó protectores térmicos deben permitir desco

néctar simultáneamente un número suficiente de conductores activos para interrumpir el flujo de corriente al motor.

g.- RELEVADORES DE SOBRECARGA.

Cuando un motor está protegido contra sobrecarga por medio de relevadores de sobrecarga u otros dispositivos de tipo térmico que no son capaces de operar con corrientes de cortocircuito, deberán protegerse por medio de fusibles ó interruptores automáticos cuya capacidad ó ajuste esté de acuerdo con el art. 403.35 del NTIE, ó bien con la capacidad que corresponda si dichos dispositivos de sobrecarga están aprobados para operación en grupo y tienen indicada la capacidad máxima del fusible ó interruptor automático del tipo de tiempo inverso que debe protegerlos.

h.- PROTECCION CONTRA SOBRECORRIENTE (CIRCUITO FALLAS A TIERRA) DE UN CIRCUITO ALIMENTADOR A UN GRUPO DE CIRCUITOS DERIVADOS (art. 403.44).

- 1.- Para la protección de sobrecorriente de un circuito alimentador para un grupo de circuitos derivados, el ajuste del dispositivo de protección no debe exceder del valor del ajuste del dispositivo de protección del motor mayor del grupo, mas la suma de las corrientes de plena carga de los motores y/o circuitos derivados restantes.
- 2.- Cuando un grupo de motores haya dos ó más de la misma potencia que sean los mas grandes en el grupo debe considerarse a uno solo de ellos como el mayor para los cálculos anteriores.
- 3.- Si la capacidad obtenida de acuerdo con los cálculos anteriores no corresponde a un dispositivo de sobrecorriente de capacidad normalizada, puede usarse el dispositivo de capacidad inmediata superior.

4.- Cuando se instalen alimentadores que abastezcan ---  
motores, previendo futuras adiciones de carga ó ---  
cambios, su protección contra sobrecorriente, puede  
estar basada en la capacidad de corriente de los --  
conductores de dichos alimentadores, ajustándose al  
art. 205.4

## 6.8 CALCULOS :

SELECCIÓN DEL CONDUCTOR DEL DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN DEL CIRCUITO ALIMENTADOR A UN GRUPO DE MOTORES Y OTROS CIRCUITOS DERIVADOS.

Nombre del equipo que se alimenta	Cerco Control de Motores
Número del equipo	CCM-01
Número de circuito de fuerza	A-8
Alimentado del	TAB-G-11
Tensión del sistema/frecuencia	480/60
<b>I. SELECCIÓN DEL CONDUCTOR</b>	
<b>A. Datos</b>	
1. Tipo de servicio	CONTINUO
2. Número de fases	3
3. Tensión nominal del circuito	480
4. Tensión nominal de los motores y equipos	440
5. Tipo de canalización	Tubo conduit Fe. Galvanizado
6. Tipo de aislamiento del conductor	THN
7. Temperatura de operación	75 °C
8. Temperatura ambiente	40 °C
9. Longitud del circuito	25 m
<b>B. Cálculo del conductor por capacidad de conducción</b>	
1. La corriente nominal del circuito alimentador ( $I_n$ ) se toma de la Tabla VI-9 que se anexa y que corresponde a la carga total conectada al centro de carga denominado CCM-01	

2. De acuerdo al art. 403.16, se toma el 25% adicional de la corriente nominal del motor mayor, por lo que la corriente base de cálculo del alimentador será:

$$I = \sum I_n + 0.25 I_M = 452 + 0.25 \times 188 = \underline{500} \text{ A}$$

donde  $\sum I_n$  es la suma de las corrientes nominales de todos los circuitos derivados.

$I_M$  es la corriente nominal del motor mayor, conectado al centro de carga.

3. Valor corregido de la corriente nominal del alimentador

a. Factor de corrección por temperatura, tomado de la Tabla VI-3 (302.4a del NITE) 0.88

b. Factor de corrección por agrupamiento, tomado de la Tabla VI-2 (302.4a del NITE) 1.00

c.  $I_c = \frac{I}{(a)(b)}$  568 A / 2 = 284 Am.  
(dms conduct. por fase)

4. Calibre obtenido de acuerdo a 3.c y la Tabla VI-1 2-300 MCM/fase

C. Cálculo del conductor por caída de tensión

1. La caída de tensión se calculará de acuerdo a la siguiente fórmula

$$V_c = \sqrt{3} I_M (R \cos \theta + X \sin \theta)$$

donde:

$I_M$ : Corriente nominal de todos los circuitos derivados + 25% x  $I_M$  como carga futura. 566 A

$\cos \theta$ : factor de potencia del motor al 100% de la carga (promedio) 0.87

R: Resistencia unitaria del circuito tomada de la publicación -- GIT-3550B de General Electric en ohm/Km tabla VI-5-A

0.1522

X: Reactancia unitaria del circuito tomada de la publicación -- GIT-3550B de General Electric en ohm/Km tabla VI-5-A

0.1617

2. Cálculos

a. Factor de corrección para R por conduit no magnético

0.97

b. Factor de corrección para X por conduit no magnético

0.80

c.  $R_c = R_x$  (Factor de corrección) en ohm/Km

0.1476

d.  $X_c = X_x$  (Factor de corrección) en ohm/km

0.12936

e.  $V_c = \sqrt{3} I_N^* (R_c \cos \theta + X_c \sin \theta)$  en Volts/Km

94.0

f. Para una longitud de se aplica la fórmula

25.0 m.

$$V_c = \frac{(V_c \text{ en Volts/Km}) \times \text{Longitud}}{1000}$$

$V_c$  en Volts =

2.35

g. Caída de tensión en %

$$V\% = \frac{V_c \text{ en Volts} \times 100}{\text{tensión nominal del circuito}}$$

$V\% =$

0.489

\* La corriente  $I_N$  se tomará a la mitad de su valor por ser dos conductores en paralelo por fase ( $I_N = 200$  Amp)

(3% máximo)	ACEPTABLE	SI
	NO ACEPTABLE	
h. Caida de tensión acumulada		
	Alimentador	
	Alimentador	0.489
	total en %	
(5% máximo)	ACEPTABLE	SI
	NO ACEPTABLE	
D. Verificación por cortocircuito		
Se toma en consideración que un cable de calibre pequeño es fácil de reponer y que no alimenta por lo general una carga crítica; por otro lado, debido a corto circuito se deberían tener siempre calibres grandes, lo que no es adecuado desde el punto de vista económico. Por lo anterior, únicamente se tomará en cuenta el concepto de corto circuito para cables de 1/0 AWG en adelante.		
1. Datos		
a.	Calibre del conductor	300 MCM
b.	Conductores por fase	DOS
c.	Tipo de aislamiento	THW
d.	Material del conductor	COBRE
e.	Temperatura máx. continua del conductor en °C	75°C
f.	Temperatura máx. transitoria del conductor en °C	150°C
g.	Corriente total de cortocircuito en KA, rms en el alimentador	50
h.	Corriente de cortocircuito por conductor en KA, rms	22.5
i.	Tipo de protección del circuito	Int. autom. electromag.
j.	Tiempo de operación del dispositivo de protección	3 ciclos ( 0.05 Seg.)



k. Calibre seleccionado de las curvas Tiempo-Corriente de General Electric, No. GES-950j

1/0 AWG

E. Calibre Final Seleccionado

1. Por capacidad de conducción de acuerdo a la sección B.
2. Por caída de tensión de acuerdo a la sección C.
3. Por corto circuito de acuerdo a la sección D.
4. Calibre finalmente seleccionado

2 X 300 MCM

2 X 300 MCM

2 X 1/0 AWG

2 X 300 MCM

II. SELECCION DE LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCION POR CORTO CIRCUITO

A. Por corto circuito

1. Tipo de protección utilizado
  - a. Interruptor automático de tiempo inverso
  - b. Interruptor automático instantáneo
  - c. Fusible de doble elemento
2. Capacidad o ajuste del dispositivo de protección contra corto-circuito o fallas a tierra del circuito derivado correspondiente al motor de mayor potencia, tomado del Diagrama Unifilar de CCH Num. 01

300

3. Suma de las corrientes nominales de los motores y otras cargas correspondientes a los demás circuitos derivados, tomados de tabla NY VI-9 (sin incluir la corriente nominal del motor de mayor potencia y motores de reserva)

$$\sum I_N = 30 + 2 \times 36 + 2 \times 15 + 2 \times 7.9$$

265

4. Capacidad o ajuste del dispositivo de protección contra corto circuito y fallas a tierra del circuito alimentador:

$$(2) \times (3) = 300 \times 185 = \underline{\quad 565 \quad} \text{ A}$$

5. Capacidad comercial del dispositivo seleccionado

$$\underline{\quad 600 \quad} \text{ A}$$

6. Capacidad del conductor seleccionado en amperes

$$\underline{2 \times 285 = 570 \text{ Amp.}}$$

7. Porcentaje de la capacidad de conducción de los cables con respecto al dato proporcionado en el punto No. 4 anterior. Este porcentaje debe ser menor o igual al 125% del valor obtenido en el punto No. 6

$$\underline{\quad 1.05\% \quad}$$

SELECCION DEL CONDUCTOR DEL ALIMENTADOR  
PARA TRANSFORMADOR.

Nombre del equipo	Transformador para alumbrado
Area	01
Número de circuito	A-9

I. CALCULO DEL CONDUCTOR

A. Datos del transformador

1. Capacidad	150 KVA
2. Tipo de enfriamiento	OA
3. Relación de tensión	440-220/127 V.
4. Conexión	DELTA-ESTRELLA
5. Impedancia	4.5                    ?
6. Elevación de temperatura	-
7. Aislamiento para 65 °C	no ( si o no )
8. Factor de incremento de la capacidad por aislamiento (55/65 °C) (a)	-                    ?
9. Factor de incremento de capacidad por primer paso de enfriamiento (a)	-                    ?
10. Factor de incremento de capacidad por segundo paso de enfriamiento	-
11. Factor de incremento de capacidad total	-
12. Corriente nominal primaria	197                    A
13. Corriente nominal secundaria	394                    A

\* Dato tomado de la publicación STD-141-1976 del IEEE (Libro Rojo) pag. 294 y Tabla No. 70

Circuito No. A-9

14. Corriente máxima primaria FA/55/65 - X - - - A  
15. Corriente máxima secundaria - X - - - A

B. Datos del conductor

1. Tipo de canalización Tubo conduit magnético  
2. Tipo de aislamiento del conductor THW  
3. Temperatura de operación 75 °C  
4. Temperatura ambiente 28 °C  
5. Longitud del circuito 75 m

C. Cálculo del conductor por capacidad de conducción

1. Corriente del circuito de acuerdo a sección A 197 A  
2. Factor de corrección por temperatura, tomado de la Tabla VI-3 1.0  
3. Factor de corrección por agrupamiento, tomado de la Tabla VI-2 1.0  
4. Valor corregido de la corriente 197 A  
$$I_c = \frac{I}{(2)(3)} =$$
  
5. Calibre obtenido de acuerdo a (4) y la Tabla VI-1 3/0 AWG o MCM

D. Cálculo del conductor por caída de tensión

1. La caída de tensión se calculará de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$V_c = \sqrt{3} I (R \cos \theta + X \sin \theta)$$

Círculo No. A-9

donde:

- I : Corriente del circuito de acuerdo a sección A 197 A
- R : Resistencia unitaria del circuito, tomada de la publicación GET-3550B de General Electric tabla VI-5-A 0.2641 ohm/Km
- X : Reactancia unitaria del circuito, tomada de la publicación GET-3550B de General Electric tabla VI-5-A 0.1703 ohm/Km
- cos  $\theta$ : Factor de potencia del transformador (supuesto) 0.90
2. Factor de corrección para R - por conducto no magnético tabla VI-5-B 1.00
- R corregida = 0.2641 ohm/Km
3. Factor de corrección para X - por conducto no magnético 1.00
- X corregida = 0.1703 ohm/Km
4. Substituyendo valores

$$V_c = \sqrt{3} \times 197 ( 0.2641 \times 0.9 + 0.1703 \times 0.435 )$$

106.38 Volts/Km

5. Para una longitud de 75.0 m

se aplica la fórmula

$$V_c = \frac{(V_c \text{ en Volts/Km}) \times \text{Longitud}}{1000}$$
$$V_c = \frac{106.38 \times 75}{1000} = \underline{7.97} \text{ Volts}$$

6. Caída de tensión en %

$$V_c \% = \frac{V_c \text{ en Volts} \times 100}{\text{Tensión nominal del circuito}}$$

Circuito No. A-9

$V_c = \frac{7.97}{x 100}$

1.66

(máximo 3%) Aceptable

SI

No aceptable

7. Caída de tensión acumulado

Alimentador

\_\_\_\_\_

Alimentador

1.66

total en %

\_\_\_\_\_

(máximo 5%) Aceptable

SI

No aceptable

E. Verificación por corto circuito

1. Datos

a. Calibre del conductor

3/0      AVG o HCM

b. Conductores por fase

UNO

c. Tipo de aislamiento

THW

d. Material del conductor

COBRE

e. Temperatura máxima continua del conductor

75      °C

f. Temperatura máxima transitoria del conductor

150      °C

g. Corriente de corto circuito total en KA rms

50      KA

h. Corriente de corto circuito por conductor en KA rms

50      KA

i. Tipo de protección del circuito

Int. autom. electromag.

j. Tiempo de operación del dispositivo de protección

3 CICLOS (0.05 Seg.)

k. Calibre seleccionado de las curvas Tiempo-Corriente de General Electric, No. GES-9503 (gráfica VI-2)

4/0 ANG

Círculo No. 49

F. Calibre final seleccionado

1. Por capacidad de conducción de acuerdo a sección C	<u>3/0</u>	AWG o MCM
2. Por caída de tensión de acuerdo a sección D	<u>3/0</u>	AWG o MCM
3. Por corto circuito de acuerdo a la sección E	<u>4/0</u>	AWG o MCM
4. Calibre finalmente seleccionado	<u>4/0</u>	AWG o MCM

**SELECCION DEL CONDUCTOR Y DEL DISPOSITIVO  
DE PROTECCION DEL CIRCUITO DERIVADO PARA  
UN MOTOR.**

Nombre del equipo	1. <u>Motor de la bomba del sistema contra incendio</u> 2. _____ 3. _____
Número de motor	1. <u>TAG-012A</u> 2. _____ 3. _____
Número de circuito de fuerza	1. <u>A-2</u> 2. _____ 3. _____
Alimentado del Tensión del sistema/frecuencia	<u>TAB-G-01</u> <u>480 / 60</u>

**I. SELECCION DEL CONDUCTOR**

**A. Datos**

	1.	2.	3.
1. Tipo de servicio	<u>CONTINUO</u>	_____	_____
2. Potencia HP	<u>200</u>	_____	_____
3. Número de fases	<u>3</u>	_____	_____
4. Tensión nominal del circuito	<u>480</u>	_____	_____
5. Tensión nominal del motor	<u>440</u>	_____	_____



Circuito No.	A-2		
6. Tipo de canalización	TUBO CONDUIT NO MAGNETICO		
7. Tipo de aislamiento del conductor	THW		
8. Temperatura de operación	75 °c	°c	°c
9. Temperatura ambiente	40 °c	°c	°c
10. Longitud del circuito	50 m	m	m

B. Cálculo del conductor por capacidad de conducción

1. Cálculo de la corriente nominal de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$I_n = \frac{746 \text{ HP}}{\sqrt{3} \times V \times \eta \times \text{F.P.}}$$

donde:

HP: Potencia nominal del motor

V: Tensión nominal del motor

\* $\eta$ : Eficiencia al 100% de la carga, tomada de la Gráfica No. VI-3 y VI-5 0.920

\*F.P.: Factor de potencia del motor al 100% de la carga, tomada de la Gráfica No. VI-1 y VI-4 0.91

$$I_n = \frac{234}{\dots}$$

2. Art. 403.14:  $1.25 I_n = 292$   
del NIE

3. Por falta de información de  $\eta$  y F.P., el valor nominal de la corriente se ha tomado del NIE, tabla 403.95

\* Motor Application and Maintenance Handbook Smeaton

Circuito No. A-2

4. Valor corregido de la corriente nominal

a. Factor de corrección  
por temperatura, tomado de la Tabla VI-3  
(302.4b del NIEE)

0.88

b. Factor de corrección  
por agrupamiento, tomado de la tabla VI-2  
302.4a del NIEE

1.00

c.  $I_{nc} = \frac{1.25 I_n}{(a)(b)}$

332 Amp

5. Calibre obtenido de - -  
acuerdo a la tabla  
VI-1

400 MCM

C. Cálculo del conductor por caída de tensión

1. La caída de tensión se  
calculará de acuerdo a  
la siguiente fórmula

$$V_c = \sqrt{3} I_n (R \cos \theta + X \sin \theta)$$

donde:

$I_n$ : corriente nominal  
del motor (B.1)

234 Amp

$\cos \theta$ : factor de potencia del motor  
al 100% de la carga

0.91

R: Resistencia unitaria  
del circuito tomada de la publicación --  
GET-3550B de General  
Electric en ohm/Km  
(tabla VI-5-A)

0.1163

Circuito No. A-2

X: Reactancia unitaria del circuito tomada de la publicación GEI-3550B de General Electric en ohm/Km (tabla VI-5-A)

0.1603

2. Cálculos

a. Factor de corrección para R por conduit no magnético (tabla VI-5-B)

0.97

b. Factor de corrección para X por conduit no magnético (tabla VI-5-B)

0.80

c.  $R_c = R \times$  (factor de corrección) en ohm/Km

0.1133

d.  $X_c = X \times$  (factor de corrección) en ohm/Km

0.1286

e.  $V_c = \sqrt{3} I_n (R_c \cos \theta + X_c \sin \theta)$  en Volts/Km

63.4

f. Para una longitud de

50 m

se aplica la fórmula

$$V_c = \frac{(V_c \text{ en Volts/Km}) \times \text{Longitud}}{1000}$$

$V_c$  en Volts =

3.17

g. Caída de tensión en %

$$V_c \% = \frac{V_c \text{ en Volts} \times 100}{\text{tensión nominal del circuito}}$$

$V_c \% =$

0.660

Circuito No. A-2

Aceptable

SI

No aceptable

h. Caída de tensión acumulada

Alimentador

Alimentador

0.643

C. Derivado

total en 2

Aceptable

SI

No aceptable

D. Verificación por corto circuito

Se toma en consideración que un cable de calibre pequeño es fácil de reponer y que no alimenta por lo general una carga crítica; por otro lado, en estos casos se deberían tener siempre calibres grandes, lo que no es adecuado desde el punto de vista económico. Por lo anterior, únicamente se tomará en cuenta el concepto de corto circuito para cables de 1/0 AWG en adelante.

1. Datos

a. Calibre del conductor

400 MCM

b. Conductores por fase

UNO

c. Tipo de aislamiento

THW

d. Material del conductor

COBRE

e. Temperatura max. continua del conductor en °C

75

f. Temperatura max. transitoria del conductor °C

200

g. Corriente total en KA, rms (de corto circuito)

50

h. Corriente por conductor en KA, rms (de corto circuito)

50

i. Tipo de protección del circuito de acuerdo al inciso A.1 del cap. II.

C

Circuito No. A-2

J. Tiempo de operación del dispositivo de protección (fusible)

1 CICLO (0.0166 Seg.)

K. Calibre seleccionado de las curvas Tiempo-Corriente de General Electric, No. GES-9503 (gráfica VI-2)

1/0 AWG

E. Calibre Final Seleccionado

1. Por capacidad de conducción de acuerdo a la sección D.

400 MCM

2. Por caída de tensión de acuerdo a la sección C.

400 MCM

3. Por corto circuito de acuerdo a la sección D.

1/0 AWG

4. Calibre finalmente seleccionado

400 MCM

II. SELECCION DE LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCION POR CORTO CIRCUITO

A. por corto circuito

1. Tipo de protección

C

a. Interruptor automático de tiempo inverso

b. Interruptor automático instantáneo

c. Fusible de doble elemento

2. Ajuste máximo del dispositivo en % de la corriente nominal del motor de acuerdo al Art. 403.35 del NTE

225

3. Corriente nominal del motor en amperes

234 Amp

4. Capacidad comercial del dispositivo seleccionado

500 Amp

5. Porcentaje de la corriente nominal con respecto al dispositivo seleccionado. Este valor debe ser menor que el obtenido en el punto No. 2 anterior

213

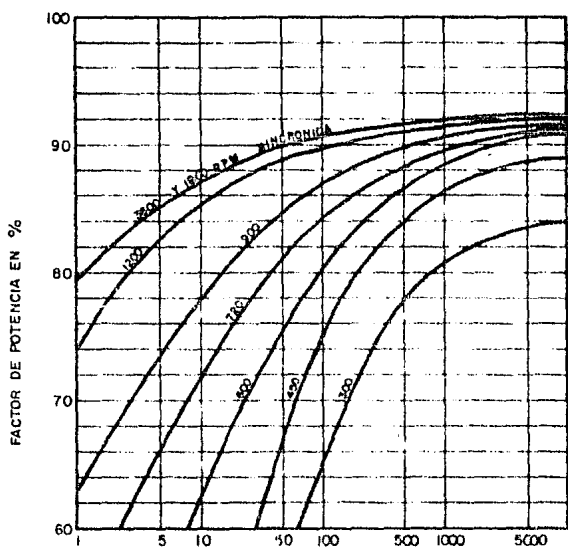
Circuito No. A-2

6. Capacidad del conductor  
seleccionado en amperes

335 Amp.

7. Porcentaje de la capaci-  
dad de conducción de -  
los cables con respecto  
al dato proporcionado -  
en el punto No. 4 ante-  
rior. Este porcentaje  
debe ser menor o igual  
al 125% del valor obte-  
nido en el punto No. 6

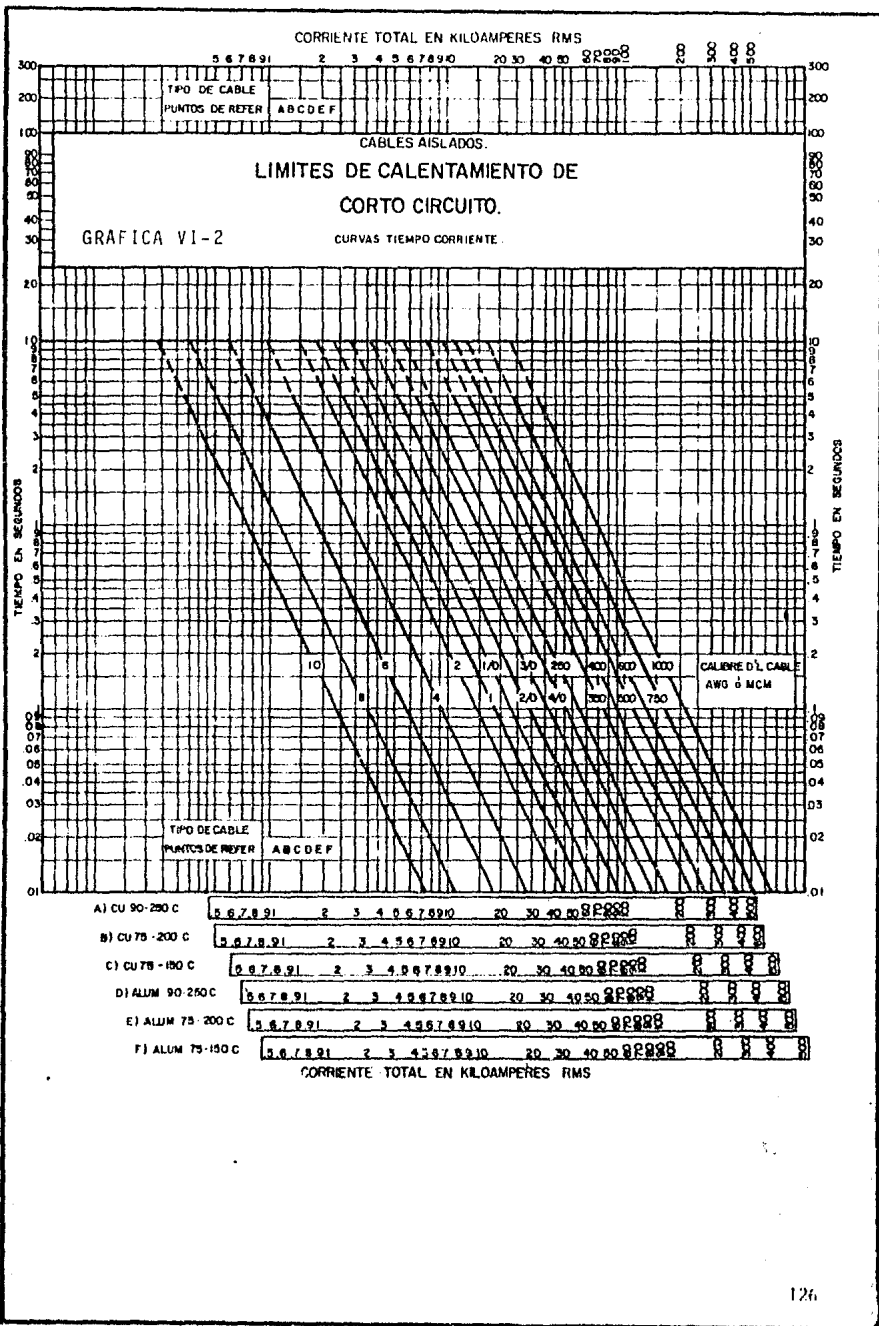
67%



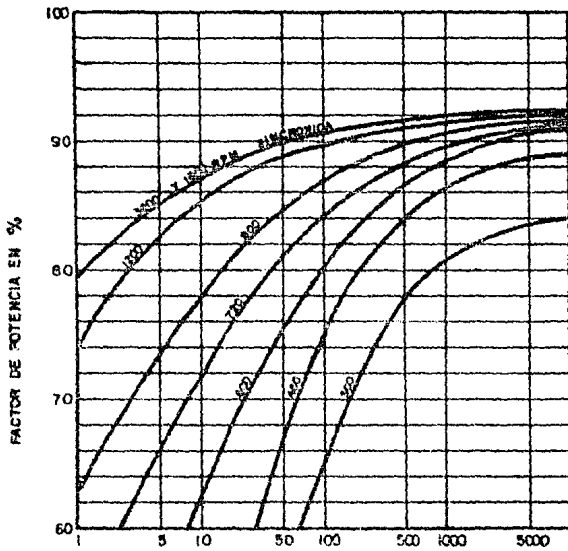
CABALLOS DE POTENCIA

GRAFICA VI-1

CURVAS TIPO PARA EL FACTOR DE POTENCIA DE MOTORES DE INDUCCION POLIFASICOS, PAR NORMAL Y BAJA CORRIENTE DE ARRANQUE.



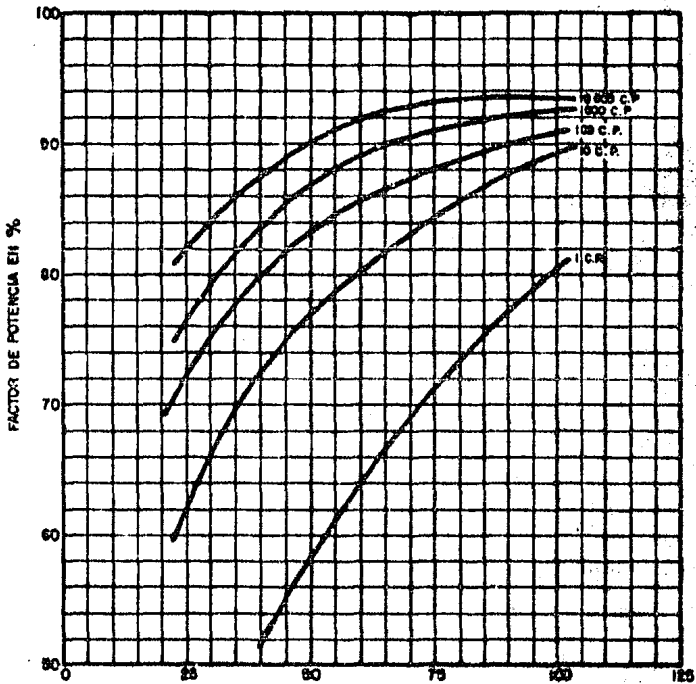




CABALLOS DE POTENCIA

GRAFICA VI-1

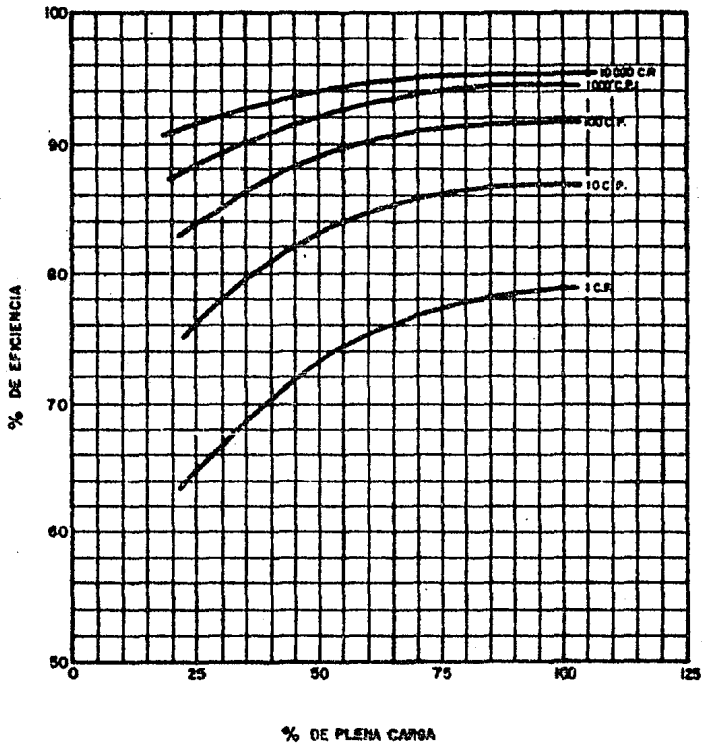
CURVAS TIPO PARA EL FACTOR DE POTENCIA DE MOTORES DE INDUCCION POLIFASICOS, PAR NORMAL Y BAJA CORRIENTE DE ARRANQUE.



% DE PLENA CARGA

GRAFICA VI-4

CURVAS TIPO PARA EL FACTOR DE POTENCIA DE MOTORES DE INDUCCION POLIFASICOS DE 4 POLOS, PAR NORMAL Y BAJA CORRIENTE DE ARRANQUE



GRAFICA VI-5

CURVAS TIPO PARA LA EFICIENCIA DE MOTORES DE INDUCCION, POLIFASICOS DE 4 POLOS, PAR NORMAL Y BAJA CORRIENTE DE ARRANQUE

TABLA VI-1 (392.4.MTIE)

Capacidad de corriente de conductores de cobre aislados (ampères)

Temperatura máxima del aislamiento	60 °C		75 °C		85 °C		90 °C	
Tipo	THWN, RW, T, TW, THD, MIW		RH, RW, RH, THW, THWN, TH, MIHW		FPLC, V.501		F, TH, SA, ASDS, FLP, THH, THH, THN, MTH, FP, MIHW *	
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
6	55	80	65	95	70	100	70	100
4	70	105	85	125	90	115	90	135
3	80	120	100	145	105	155	105	155
2	95	140	115	170	120	180	120	180
1	110	165	130	195	140	210	140	210
0	125	195	150	240	155	245	155	245
00	145	225	175	275	185	285	185	285
000	165	260	200	310	210	330	210	330
0000	195	300	230	360	235	385	235	385
250	215	340	255	405	270	425	270	425
300	240	375	285	445	300	460	300	460
350	260	420	310	505	325	520	325	520
400	280	455	335	545	360	575	360	575
500	320	515	380	620	405	640	405	640
600	375	575	420	690	455	740	455	740
700	405	630	440	755	490	815	490	815
750	440	685	475	815	500	845	500	845
800	480	740	510	885	545	900	545	900
900	485	740	520	870	555	940	555	940
1000	485	740	545	945	585	1000	585	1000

\* Los tipos F y MIHW pueden ser directamente enterrados, véase inciso c) de esta tabla al final de la columna.

Continúa TABLA VI-1 (392.4 NTIE)  
 Capacidad de corriente de conductores de cables aislados (en amperes)

Temperatura máxima del aislamiento	110 °C		125 °C		200 °C	
	A.V.A. A.V.I.		A.I. A.V.A.		A.A.A. I.P.P.	
	Cable A.W.G. M.C.M.	En tubería o cable	En tubería o cable	Ai aire	En tubería o cable	Ai aire
14	30	40	30	40	30	45
12	35	50	40	50	40	55
10	45	65	50	70	55	75
8	60	85	65	90	70	100
6	80	120	85	125	95	135
4	105	160	115	170	120	180
3	120	180	130	195	135	210
2	135	210	135	225	165	250
1	160	245	170	265	190	285
0	190	285	200	305	225	325
00	215	330	230	355	250	375
000	245	385	265	410	285	430
0000	275	445	310	475	340	510
250	315	495	335	530	-	-
300	345	555	380	590	-	-
350	390	610	430	655	-	-
400	430	665	480	710	-	-
500	470	765	500	815	-	-
600	525	875	535	910	-	-
700	585	990	600	1045	-	-
750	590	980	620	1075	-	-
800	600	1020	650	1095	-	-
900	-	-	-	-	-	-
1000	680	1165	730	1240	-	-

(Véase las notas de esta tabla en la siguiente página)

## TABLA VI-2

Notas de la Tabla 302.4

**Nota 1.** Los valores de la Tabla 302.4 son aplicables cuando se tienen 3 conductores como máximo alojados en una canalización o en un cable multicable. Para un número mayor de conductores, deben aplicarse los siguientes factores de corrección (excepto en casos específicos en que se indique lo contrario):

Tabla 302.4a) Factores de corrección por agrupamiento

Número de conductores	Por ciento del valor indicado En la tabla 302.4
4 a 6	80
7 a 24	70
25 a 42	60
Más	50

Cuando se mezclan conductores de sistemas diferentes dentro de una canalización, los factores de corrección por agrupamiento anteriores deben aplicarse solamente al número de conductores para fuerza y alumbrado.

En el caso de un conductor neutro que transporte solamente la corriente de desequilibrio de otros conductores, como en el caso de los circuitos normalmente equilibrados de tres o más conductores, no se debe ajustar en capacidad de corriente con los factores indicados en esta tabla.

**Nota 2.** Los valores de la Tabla 302.4 deben corregirse para temperaturas ambiente (local o del lugar en que se encuentran los conductores) mayores de 30°C, de acuerdo con la siguiente tabla.

## TABLA VI-3

Tabla 302.4b) Factores de corrección por temperatura ambiente

Temperatura ambiente °C	Temperatura máxima permisible en el aislamiento, °C						
	60	75	85	90	110	125	200
31-40	0.82	0.83	0.76	0.91	0.94	0.94	-
41-45	0.71	0.82	0.69	0.87	0.90	0.92	-
46-50	0.58	0.75	0.69	0.82	0.87	0.89	-
51-55	0.41	0.67	0.74	0.76	0.83	0.86	-
56-60	-	0.58	0.67	0.71	0.79	0.83	0.91
61-70	-	0.35	0.52	0.50	0.71	0.76	0.87
71-80	-	-	0.30	0.41	0.61	0.68	0.81
81-90	-	-	-	-	0.50	0.67	0.80
91-100	-	-	-	-	-	0.51	0.75
101-120	-	-	-	-	-	-	0.69
121-140	-	-	-	-	-	-	0.59

**TABLA VI-4**  
**Factores para seleccionar los conductores para motores**  
**que no sean de servicio continuo**

Tipo de Servicio que requiere la carga	Por ciento de la corriente nominal indicada en la placa de datos			
	Régimen de trabajo para el cual fue diseñado el motor			
	5 Minutos	15 Minutos	30 y 60 Minutos	Continuo
<b>De corto tiempo:</b> Accionamiento de válvulas, elevación o descenso de ro- dillos, etc.	110	120	150	—
<b>Intermitente:</b> Ascensores y montacargas, máquinas-herramientas, bombas, puentes levadizos o giratorios, plataformas gira- torias, etc. (para soldadoras de arco véase el artículo 518. 12).	85	85	90	140
<b>Periódico:</b> Rodillos, máquinas para ma- nipulación de minerales, etc.	85	90	95	140
<b>Variable:</b>	110	120	150	200

Cualquier aplicación de un motor se considera como de servicio continuo, a menos que la naturaleza de la máquina o aparato accionado sea tal que el motor no opere continuamente con carga bajo cualquiera de los regímenes de uso.

**TABLA VI-5A RESISTENCIA, REACTANCIA E IMPEDANCIA  
 PARA CONDUCTORES DE COBRE, 600 VOLTS  
 EN TUBO CONDUIT MAGNETICO A 75°C EN  
 OHMS/Km.**

(Adaptado de la tabla 19 Publicación GET-3550B  
 G.E. en OHM/1000 pies)

CALIBRE AWG O MCM	TRES CONDUCTORES MONOPOLARES POR TUBO CONDUIT			UN CABLE TRIPOLAR POR TUBO CONDUIT		
	R	X	Z	R	X	Z
A 14	10.2854	-	10.2854	10.2854	-	10.2854
A 12	6.4698	-	6.4698	6.4698	-	6.4698
A 10	4.0682	-	4.0682	4.0682	-	4.0682
8	2.6600	0.2474	2.6715	2.6600	0.1893	2.6600
(SOLIDO) 8	2.5787	0.2474	2.5905	2.5787	0.1893	2.5905
6	1.6732	0.2247	1.7383	1.6732	0.1722	1.6600
(SOLIDO) 6	1.6273	0.2247	1.6427	1.6273	0.1722	1.6300
4	1.0532	0.2073	1.0734	1.0532	0.1590	1.0600
(SOLIDO) 4	1.0236	0.2073	1.0444	1.0236	0.1590	1.0350
2	0.6627	0.1919	0.6899	0.6627	0.1470	0.6700
1	0.5250	0.1870	0.5573	0.5250	0.1430	0.5440
1/0	0.4200	0.1772	0.4559	0.4200	0.1358	0.4414
2/0	0.3346	0.1749	0.3776	0.3346	0.1335	0.3603
3/0	0.2641	0.1703	0.3142	0.2641	0.1303	0.2945
4/0	0.2100	0.1631	0.2659	0.2100	0.1250	0.2444
250	0.1811	0.1624	0.2433	0.1811	0.1243	0.2150
300	0.1522	0.1617	0.2221	0.1522	0.1237	0.1960
350	0.1240	0.1611	0.2033	0.1240	0.1224	0.1740
400	0.1168	0.1608	0.1987	0.1168	0.1217	0.1660
450	0.1056	0.1575	0.1896	0.1056	0.1196	0.1550
500	0.0965	0.1529	0.1808	0.0965	0.1145	0.1450
600	0.0843	0.1519	0.1737	0.0843	0.1125	0.1400
750	0.0709	0.1460	0.1623	0.0709	0.1070	0.1250

• VALORES ADAPTADOS DE LA TABLA 1.4 DE NTEE-R1



**TABLA VI-5B FACTORES DE CORRECCION PARA R y X  
EN TUBO CONDUIT NO MAGNETICO**

REACTANCIA	RESISTENCIA					
	14 AWG A 1 AWG	1/0 AWG A 4/0 AWG	250 MCM A 400 MCM	450 MCM Y 500 MCM	600 MCM	750 MCM
TODOS LOS CALIBRE						
0.8 3 CONDUCTORES	1.000	0.990	0.970	0.940	0.922	0.910
0.87 CABLE TRIPOLAR						

NOTA: ESTOS FACTORES SE OBTUVIERON DE RELACIONAR LOS VALORES INDICADOS EN LA TABLA NO. 19 DE LA PUBLICACION GET-3550 U DE C.E.

**TABLA VI-5C CALIBRE DE LOS CONDUCTORES PARA PUESTA A  
TIERRA DE EQUIPOS Y CANALIZACIONES INTE-  
RIORES EN FUNCION DE LA CAPACIDAD NOMINAL  
O AJUSTE DEL DISPOSITIVO DE PROTECCION SC.**

CAPACIDAD DEL DISPOSITIVO (AMPERES)	CALIBRE (AWG)	
	COBRE	ALUMINIO
20	12	12
30	12	10
40	10	8
60	10	8
100	8	6
200	6	4
400	4	2
600	2	2/0

OBTENIDA DEL NFIF-81 (ART. 206.58)

TABLA VI-6

SELECCION DE ALIMENTADORES Y DISPOSITIVOS DE PROTECCION  
PARA MOTORES TRIFASICOS

220 VOLTS

C.P.	CORRIENTE A PLENA CARGA I <sub>p</sub> (A)	CALIBRE (AWG & MCM) PARA UNA CAIDA DE TENSION MAXIMA DE 3% CON F.P.D.B EN TUBO CONDUIT MAGNETICO										INTERRUPTOR (TRIP) (VALOR NOMINAL)		INTERRUPTOR DE FUSIBLES (VALOR MAXIMO)		ARRANCADOR MAGNETICO TAMAÑO
		50 m		100 m		150 m		200 m		250 m		MARCO	AMP	MARCO	AMP	
		CAL	CONDUIT	CAL	CONDUIT	CAL	CONDUIT	CAL	CONDUIT	CAL	CONDUIT					
1/4	2.1	12	19	12	19	12	19	12	19	12	19	100	15	30	15	1
3/4	2.9	12	19	12	19	12	19	10	19	10	19	100	15	30	15	1
1	3.8	12	19	12	19	12	19	10	19	8	19	100	15	30	15	1
1 1/2	5.4	12	19	12	19	10	19	8	19	8	19	100	70	30	20	1
2	7.1	12	19	10	19	8	19	8	19	6	25	100	30	30	25	1
3	10.0	12	25	8	25	6	25	6	25	4	25	100	40	60	40	1
5	15.9	10	25	6	25	4	25	4	25	2	32	100	50	60	60	1
7 1/2	23.0	8	25	4	25	4	25	2	32	2	32	100	100	100	90	1
10	29.0	8	19	4	25	2	32	2	32	1/0	38	100	100	100	100	2
15	44.0	6	25	2	32	1/0	38	1/0	38	3/0	51	225	175	200	175	2
20	58.0	4	25	2	32	1/0	38	3/0	51	4/0	51	275	275	400	225	3
25	71.0	4	25	1/0	38	3/0	51	4/0	51	300	63	400	230	400	230	3
30	84.0	2	32	1/0	38	4/0	51	300	63	500	76	400	300	400	300	3
40	109.0	1/0	38	3/0	51	300	63	500	76	750	101	400	400	400	400	4
50	136.0	3/0	51	4/0	51	400	76	750	101	2-500	2-63	1000	500	600	500	4

440 VOLTS

1/4	10	12	19	12	19	12	19	12	19	12	19	100	15	30	15	1
3/4	15	12	19	12	19	12	19	12	19	12	19	100	15	30	15	1
1	19	12	19	12	19	12	19	12	19	12	19	100	15	30	15	1
1 1/2	27	12	19	12	19	12	19	12	19	12	19	100	15	30	15	1
2	3.6	12	19	12	19	12	19	12	19	12	19	100	15	30	15	1
3	5.0	12	19	12	19	12	19	12	19	12	19	100	20	30	20	1
5	7.9	12	19	12	19	12	19	10	19	10	19	100	30	30	30	1
7 1/2	10.9	12	19	12	19	10	19	10	19	8	19	100	40	60	40	1
10	15.0	12	19	10	19	8	19	8	19	6	25	100	50	60	50	1
15	22.0	10	19	10	19	8	19	6	25	4	25	100	70	100	60	2
20	28.0	8	19	8	19	6	25	4	25	4	25	100	100	100	100	2
25	34.0	6	19	6	25	4	25	4	25	2	32	225	125	200	125	2
30	42.0	6	25	6	25	4	25	2	32	2	32	225	150	200	150	3
40	54.0	4	25	4	25	2	32	2	32	1/0	38	225	200	200	200	3
50	68.0	4	25	4	25	2	32	1/0	38	1/0	38	400	250	400	250	3
60	80.0	2	32	2	32	1/0	38	1/0	38	2/0	38	400	300	400	300	4
75	100.0	1/0	38	1/0	38	1/0	38	2/0	38	4/0	51	400	400	400	400	4
100	130.0	2/0	38	2/0	38	3/0	51	4/0	51	300	63	1000	500	600	500	4
125	163.0	4/0	51	4/0	51	4/0	51	4/0	51	4/0	51	1000	600	600	600	5
150	188.0	250	63	250	63	250	63	350	63	600	76	1000	700	—	—	5
200	251.0	400	76	400	76	400	76	750	101	2-300	2-63	1000	1000	—	—	5

NOTAS

1. LOS VALORES DE CORRIENTE A PLENA CARGA FANON TOMADOS DE LAS NTE
2. SE CONSIDERAN CONDUCTORES TIPO THW 75°C A UNA TEMPERATURA AMBIENTE DE 30°C
3. EL AJUSTE CONSIDERADO PARA LOS INTERRUPTORES ES EL MAXIMO PERMITIDO DE ALIEMHO AL ARTICULO 405.35 DE LAS NTE
4. PARA LA SELECCION DEL DIAMETRO DEL TUBO CONDUIT SE CONSIDERAN UNICAMENTE LOS CABLES DE ALIMENTACION AL MOTOR

**TABLA VI-7 (403.27 NTIE)**  
**Unidades de protección de motores contra sobrecarga**

Clase de motor	Sistema de Alimentación	Número y ubicación de unidades de protección que sean fusibles
C.A. monofásico o de C.D.	2 hilos no puestos a tierra, C.A. monofásica o C.D.	Una en cualquiera de los conductores.
C.A. monofásico o de C.D.	2 hilos, C.A. monofásica o C.D., uno de los hilos puesto a tierra.	Una en el conductor no puesto a tierra.
C.A. monofásico o de C.D.	3 hilos, C.A. monofásica o C.D., neutro a tierra.	Una en cada conductor no puesto a tierra.
C.A. trifásico	Cualquier trifásico.	2, en dos conductores cualesquiera, excepto el neutro.*

\*Nota. Dos es el número mínimo de unidades necesarias para la protección contra sobrecarga de un motor trifásico, pero el uso de tres unidades, una en cada fase, es recomendable para una protección más completa del mismo motor.

TABLA VI-8 (301.12 NTIE)

CALIBRE DE LOS CONDUCTORES (ANG ó MCM)			SEPARACION ENTRE SOPORTES (metros)	
			CONDUCTOR DE COBRE	CONDUCTOR DE ALUMINIO
18	a	3	30	30
6	a	1/0	30	30
2/0	a	4/0	24	27
250	a	350	18	20
400	a	500	15	18
600	a	750	12	15
Mayores	a	750	10	13



## CONCLUSIONES.

Al finalizar el estudio de los diferentes temas tratados, se podrá observar que para el Ingeniero que termina sus estudios y para obtener su primer trabajo como profesionalista es recomendable el obtener la mayor cantidad de información referente a productos eléctricos con fabricantes de equipos y tableros con el objeto de que tenga un mejor entendimiento de lo aquí expuesto.

Como se mencionó originalmente este trabajo es solamente -- una guía para el estudiante de la carrera en Electricidad, ya que cada tema aquí tratado es muy extenso y analizar a -- fondo cada capítulo sería interminable.

Cabe mencionar la importancia que tiene el realizar los -- cálculos de corrientes de corto circuito porque de su estudio se pueden determinar las diferentes condiciones de falla y de acuerdo al tipo de falla en los puntos seleccionados, podemos determinar el dispositivo de protección adecuado -- para la correcta operación del sistema de distribución. El método empleado para el cálculo de corrientes de falla es -- el de los MVA's que no es un método exacto, pero aunque --- aproximado, es confiable.

Existen otras formas de obtener las corrientes de corto -- circuito que son :

- 1.- En valores por unidad ( P.U.)
- 2.- Componentes simétricas.

De estos dos métodos, el mas exacto es el de componentes -- simétricas ya que convierte sistemas desequilibrados de secuencias positiva, negativa y cero que se presentan en cualquier tipo de falla. Hacer un análisis de corto circuito -- por éste método en forma manual de sistemas de distribución tan grandes como los que alimentan a la ciudad de México, -- nos llevaría demasiado tiempo, que aparte de ser tedioso y

cansado, estaría sujeto a infinidad de errores. Actualmente las grandes compañías suministradoras en México como son la Compañía de Luz y Fuerza del Centro y Comisión Federal de Electricidad, cuentan con programas elaborados y complejos de computadora para estudios de corto circuito, lo cual los simplifica grandemente; Las grandes compañías de diseño --- cuentan también con programas de computadora para el análisis de fallas, los cuales son menos complejos y elaborados debido a que sólo se analizan los sistemas desde el -- punto de alimentación a la fábrica o industria hasta su --- último punto de utilización.

En el capítulo IV referente al sistema de tierras para una subestación se hace una breve descripción de los datos necesarios para calcular el sistema de tierras. Este sistema es fundamental en el funcionamiento en general de todo el equipo incluido en la planta así como una protección contra sobretensiones peligrosas de los propios equipos para el -- personal de mantenimiento, por lo cual es requisito indispensable el aterrizar todos los equipos tanto rotatorios -- como los estáticos incluyendo en éstos tanques de almacenamiento, columnas metálicas de edificios, tableros de alumbrado, transformadores, etc.

Para el capítulo V, se da también una descripción de la manera de realizar cálculos para determinar el nivel de iluminación de una determinada área de trabajo, diseñando el alumbrado por el método de cavidad zonal y comprobando dicho nivel en base a los cálculos de punto por punto.

Y por último, en el capítulo VI se da en forma detallada la manera de calcular cualquier alimentador en baja tensión y cuales son los factores que deben ser aplicados en cada caso tomando como referencia las tablas publicadas por las Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas (NTIE), así como definiciones y cálculo de protecciones contra sobrecargas.

## BIBLIOGRAFIA.

- 1.- NTIE-81 Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas ( MEXICO )
- 2.- IEEE.-Std. 80-1976 Guide for Safety in Substation Grounding (USA)
- 3.- C.F.E. Manual para cálculo de sistemas de tierras (MEXICO).
- 4.- Instalaciones eléctricas de mediana y alta tensión  
G. Enriquez Harper  
Editorial Limusa-1979.
- 5.- Industrial Power Systems Handbook  
Donald Beeman  
Mc. Graw-Hill 1955
- 6.- Holophane.- Curvas fotométricas y niveles de iluminación (MEXICO)
- 7.- Condumex, S.A. Conductores eléctricos para la industria (MEXICO)
- 8.- General Electric.- Curva tiempo corriente para conductores en baja tensión "GES-9503" (USA).
- 9.- General Electric.- Resistencias y reactancias para ---- cables aislados en baja tensión "GET-3550B" (USA).