

36
29.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
"ACATLAN"

Regulación Disciplinaria



"INSTALACIONES ELECTRICAS EN OBRAS DE INGENIERIA CIVIL"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
I N G E N I E R O C I V I L
P R E S E N T A :
HERMELO SEVILLA SANCHEZ

ASESOR: ING. IGNACIO PALOMARES PEÑA.

SANTA CRUZ ACATLAN, EDO. DE MEX., DICIEMBRE DE 1998.



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

269563



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 esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ACATLÁN"
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

SR. HERMELO SEVILLA SÁNCHEZ.
ALUMNO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL.
PRESENTE.

En atención a su solicitud presentada con fecha de 13 de mayo de 1997, me complace notificarle que esta Jefatura de Programa aprobó el tema que propuso, para que lo desarrolle como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

"INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN OBRAS DE INGENIERÍA CIVIL"

INTRODUCCION

- 1 ALIMENTACIÓN Y SUMINISTRO DE ENERGIA
- 2 INSTALACIONES ELECTRICAS RESIDENCIALES
- 3 INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES.
4. INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN SISTEMAS DE TRANSPORTE
5. GENERACION Y TRANSFORMACIÓN DE LA ENERGIA ELECTRICA.
- 6 MANTENIMIENTO DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS.

CONCLUSIONES

Asimismo fue designado como asesor de tesis el ING. IGNACIO PALOMARES PEÑA, pido a usted, tomar nota en cumplimiento de lo especificado en la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses, como requisito básico para sustentar examen profesional, así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Esta comunicación deberá publicarse en el interior del trabajo profesional.

ATENTAMENTE.
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Acatlán Edo. de México a 1 de diciembre de 1998.

Jefe del Programa


Ing. Enrique del Castillo Fragosó



ENEP-ACATLÁN
JEFATURA DEL
PROGRAMA DE INGENIERÍA

***** A mis queridos padres *****

**Sr. Juan Sevilla Hernández
y
Sra. Gudelia Sánchez Guerrero**

**Verdadero símbolo de honradez, dignidad, sencillez y espíritu de
lucha, con respeto y cariño...**

**Cuando estoy lejos siento su ausencia,
y añoro sus consejos, pero sé que están ahí
y que viven dentro de mí.**

**Que mis triunfos también los gozan
y disfrutan mucho, y que mis fracasos
les causan tristeza.**

**Pero dentro de mí, está la semilla
que dejaron y que ha germinado
es la de la lucha, la de la constancia
es la de jamás rendirme ante los embates de la vida.**

**Pido a Dios no defraudarlos
y llevar siempre conmigo sus consejos,
y sus extraordinarios ejemplos y enseñanzas.**

**Aunque cuando no los veo, siento su presencia
y eso me causa gran gozo.**

**Te doy gracias Señor, porque aun los mantienes
muy cerca de mí.**

Dios los guarde por toda la eternidad...

***** A mi querida esposa *****

María del Carmen (Mary)

Como un tributo por su amor y ayuda.

Agradezco infinitamente por el apoyo
y motivación que me haz brindado
además de soportar sacrificios,
limitaciones, desvelos,
en compañía de nuestras hijas.

“no es lo mismo felicidad que placer,
la felicidad tiene más que ver con la lucha,
la resistencia y el logro”

***** Con cariño para mis hijas *****

Yanira Isabel y Maribel

Como un ejemplo a sus esfuerzos y sacrificios

“El mérito de todo éxito es que uno
se vence a sí mismo
quien sabe esto, jamás
conocerá la derrota”

***** A mis hermanos *****

Justina Martha

Pedro

José Salomé Martín

Ángel

Antonio

Margarito

Acaso, piensas, que lo que
tú eres, es el producto de tu
esfuerzo únicamente ignoras
que muchos han contribuido a eso.

Ellos sin saberlo, te heredarían
muchas de las cualidades que tú
ahora posees, gracias al esfuerzo
de ellos tú gozas de todo esto.

No olvides que tu origen es humilde
y que debes mucho, a todos
aquellos que jamás se rindieron ante
dificultades y problemas, vencidos.

Fueron el lenguaje y la escritura,
el producto de una titánica lucha
que trajo grandes avances y que
marcaría un salto gigantesco.

Si tus antecesores no escatimaron
esfuerzo en su largo camino, tú también
contribuye a un avance y desarrollo
de los que vendrán después de ti.

***** A mis cuñadas y cuñado ****

María Dolores Saavedra

María Dolores Hernández

Daríá Juárez

Gisela Cuéllar

Maricela Ortega

Francisco Ramírez

*Con el debido respeto y agradecimiento por
el valioso apoyo recibido en los momentos
más difíciles de mi vida.*

Gracias por formar parte de mi familia.

*“Trata a una persona como es,
y seguirá siendo como es.
Trátala como podría ser, y se
convertirá en lo que debe ser”*

***** A María de Nazaret *****

Madre de Jesús y Guía de nuestro vía crucis.

***** A mi madre cristiana *****

Que de niño me enseñó a besar la cruz, y,
ya de hombre me ayuda a cargar con ella.

***** A tantas mujeres del mundo *****

Anónimas y silenciosas que acompañan y
confortan a los hombres en su vía dolorosa...

INDICE**PAGINA**

	INTRODUCCION	1
	GENERALIDADES	3
CAPITULO I	ALIMENTACION Y SUMINISTRO DE ENERGIA ELECTRICA	5
1.1	OBJETIVO ESPECIFICO	5
1.2	TEORIA Y FUNDAMENTOS	5
1.3	TIPOS DE CORRIENTE Y CIRCUITOS ELECTRICOS	9
1.4	MATERIALES ELECTRICOS Y SIMBOLOGIA	20
1.5	TIPOS DE INSTALACION	32
1.6	TIPOS DE ACOMETIDAS	34
CAPITULO II	GENERACION Y TRANSFORMACION DE LA ELECTRICIDAD	39
2.1	OBJETIVO ESPECIFICO	39
2.2	GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA	40
2.3	SISTEMAS DE TRANSFORMACION	41
2.4	SISTEMAS DE TRANSMISION Y DISTRIBUCION	43
2.5	SUBESTACIONES ELECTRICAS	48
2.6	TRANSFORMADORES ELECTRICOS	54
2.7	DETALLES Y MATERIALES PARA INSTALACION DE ALTA TENSIO	59
CAPITULO III	INSTALACIONES ELECTRICAS RESIDENCIALES	62
3.1	OBJETIVO ESPECIFICO	62
3.2	CARACTERISTICAS DE DISTRIBUCION DE LA ENERGIA ELECTRI	63
3.3	PROYECTO DE DISTRIBUCION Y ALUMBRADO HABITACIONAL	68
3.4	INSTALACION DE COMUNICACION, SEÑALIZACION Y ALARMA EN EDIFICIOS CON DESTINO HABITACIONAL	75
CAPITULO IV	INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES	79
4.1	OBJETIVO ESPECIFICO	79
4.2	DISTRIBUCION DE ENERGIA ELECTRICA	80
4.3	DISTRIBUCION DE ALUMBRADO	81
4.4	DISTRIBUCION DE FUERZA	104
4.5	TIPOS DE ARRANCADORES Y SU APLICACION	121
4.6	TIPOS DE INTERRUPTORES Y SUS CONSIDERACIONES	122
4.7	DISTRIBUCION DEL SISTEMA DE TIERRA Y APARTARRAYOS	128
CAPITULO V	MANTENIMIENTO DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS	141
5.1	OBJETIVO ESPECIFICO	141
5.2	MANTENIMIENTO	141
5.3	PRECAUCIONES PARA CORREGIR FALLAS EN SUBESTACIONES	154
5.4	RECOMENDACIONES PARA AHORRO DE ENERGIA	155
	CONCLUSIONES	159
	BIBLIOGRAFIA	162

INTRODUCCION

En el cálculo de instalaciones eléctricas, ya sean del tipo: Residencial, Industrial, Comercial o de Transporte, se requieren conocimientos básicos de algunos conceptos de electricidad que permitan entender o comprender los problemas que se nos presentan en el campo de la ingeniería.

En esta Tesis se trataran conceptos básicos elementales para proyectos de instalaciones eléctricas en el área de Ingeniería Civil y/o Arquitectura.

La idea es que el material de esta tesis lo puedan utilizar personas que necesiten hacer Instalaciones Eléctricas, sin importar su especialidad en la Ingeniería.

El profesional ante el tema evaluará las alternativas de realización de un proyecto, aplicando sus conocimientos para la optimización de recursos disponibles.

Se trata de mostrar como pueden establecerse procedimientos de diseño a partir de la información fundamental, obtenida por medio de investigación y experiencias en el área eléctrica, utilizando conocimientos de la ingeniería. El estudio del comportamiento eléctrico está sujeto a diversas acciones o solicitudes en el que diversos especialistas de temas en el área eléctrica, consideran que debe servir de base para establecer procedimientos de diseño.

Los temas a desarrollar son de fácil asimilación para profesionales de la ingeniería, que se inician en las obras de construcción. Donde por muy pequeña que sea la obra, requiere de instalaciones eléctricas, provisionales o definitivas.

Las instalaciones eléctricas son fundamentales para llevar a cabo los objetivos del programa de construcción de las obras a realizar; por lo tanto deberá cumplir con las normas de calidad, eficiencia, seguridad y economía que para tal efecto se deberá de tener.

Por lo cual se trata de presentar, por medio de un desarrollo sencillo, racional y didáctico. Los métodos más adecuados para resolver los problemas que con más frecuencia se le presentan al ingeniero civil.

En el capítulo I se identifica un circuito eléctrico como esta constituido en su forma de alimentación, los conductores sus dispositivos de control.

Además identificamos los tipos de corriente e instalaciones, materiales y simbología.

El objetivo del capítulo II es explicar como se genera la energía eléctrica, así como su transformación para así entender la elevación o disminución del voltaje en las subestaciones correspondientes, así como también el funcionamiento de los transformadores con sus respectivos aisladores.

Para explicar el capítulo III determino las características de las instalaciones eléctricas residenciales, analizando un edificio habitacional de cuatro viviendas.

El cálculo se efectúa por métodos relativamente simples, pero siempre respetando las disposiciones reglamentarias de las normas técnicas para las instalaciones eléctricas.

Para el capítulo IV de instalaciones industriales analizo una planta industrial metalmeccánica donde dependiendo del tipo de industria varia la carga y en este caso particular se hace el diseño adecuado, considerando lo siguiente :

- Distribución primaria de los centros de carga.
- Distribución secundaria en tres fases de cuatro hilos.
- Uso de centros de carga y centros de control de motores.
- Procurar una buena regulación de potencia.

Y, para el capítulo V, se describen los principios básicos de un buen mantenimiento.

El buen funcionamiento de los equipos dependen del encargado mantenimiento y del interés que tenga el personal al efectuar las revisiones y estas a su vez se realicen mediante un estricto programa.

GENERALIDADES

1. DESARROLLO HISTORICO.

Para describir el amplio campo de la electricidad, conviene tratar primeramente un breve resumen de su desarrollo histórico.

Algunos de los efectos de la electricidad estática fueron descritos primeramente por Tales de Mileto en el año 600 A.C.

Todo el trabajo de los grandes científicos que investigaron en el campo de la electricidad: Gilbert, Franklin, Cavendish, Watt, Coulomb, Ohm, Galvani, Volta, Ampere y Faraday; fue efectuado entre los años de 1600 y 1855. Alrededor del año 1866 se fabricaron generadores eléctricos en forma comercial y se les utilizó para fines de iluminación eléctrica.

Durante el año 1873, en Viena, se descubrió que un generador eléctrico que podría ser utilizado como un motor si se alimentaba con corriente eléctrica. Luego de este hecho perfeccionaron los motores eléctricos casi al mismo ritmo que los generadores eléctricos.

En el año 1878, en Estados Unidos, C.F. Brush fabricó un generador eléctrico, eficaz y una lámpara de arco mejorada que podía ser conectada en serie con el generador.

Después Edison, en el año 1879, construyó la primera ampolla de lámpara incandescente realmente práctica. En el año 1881, Edison supervisó la construcción de la primera gran planta comercial generadora de energía eléctrica en Pearl Street, en la ciudad de Nueva York.

En unos pocos años se instalaron muchas plantas de energía comercial en todos los principales países del mundo.

En el campo de las comunicaciones telefónicas, la primera demostración exitosa de Alexander Graham Bell, se llevó a cabo en el año 1876, y comenzaron las instalaciones comerciales en las principales ciudades del mundo en el año 1880. Así, luego de la primera instalación de una planta generadora de energía, que fue en 1881, la industria tenía ya elementos básicos para el uso práctico de la electricidad.

Existían lámparas incandescentes para iluminar las plantas, motores eléctricos para impulsar la maquinaria, así como, comunicaciones telegráficas y telefónicas para ayudar a llevar a cabo transacciones comerciales rápidas. En la actualidad, la electricidad es utilizada ampliamente en una gran diversidad de campos en todos los países del mundo.

La generación y el consumo de energía eléctrica, está entre los rubros más importantes de todas las estadísticas nacionales. Observemos nuestro alrededor y rápidamente nos daremos cuenta que casi todo objeto que

vemos fue manipulado, tratado, producido o puesto en su lugar con ayuda de la electricidad.

En la producción de la mayor parte de las cosas que nos rodean, la electricidad no solo ha proporcionado la fuerza necesaria para impulsar la maquinaria, si no que también ha provisto gran parte del control preciso que se ha requerido para asegurar que el objeto o el material tuviera la forma, las dimensiones y otras características deseadas. En muchos otros casos, también han utilizado la electricidad para la inspección, la elección y el recuento del producto.

Los usos de la electricidad no están limitados; a la producción y a las industrias de tratamiento. También es utilizada en muchas actividades vitales de sostén, tales como propulsión y control de barcos, trenes, automóviles, aviones y en la perforación de pozos de petróleo, así como su bombeo y refinación. Es usado también en la minería, agricultura, ingeniería forestal, comunicaciones, imprenta, extinción del fuego y actividades recreativas.

CAPITULO I

ALIMENTACION Y SUMINISTRO DE ENERGIA ELECTRICA.

1.1 OBJETIVO ESPECIFICO.

En toda instalación eléctrica, cualquier persona que se detenga a observar podrá notar que existen varios elementos, algunos visibles o accesibles y otros no. El conjunto de elementos que intervienen desde el punto de alimentación de la empresa suministradora hasta el último punto de una casa - habitación, en donde se requiere el servicio eléctrico, constituye lo que se conoce como los componentes de la instalación eléctrica.

En este capítulo se define un *circuito eléctrico*, como esta constituido en su forma elemental por una fuente de voltaje o de alimentación, los conductores que alimentan la carga y los dispositivos de control o apagadores. De estos elementos se puede desglosar el resto de los componentes de una instalación eléctrica, ya que por ejemplo los conductores eléctricos normalmente van dentro de tubos metálicos o de "PVC" que conocemos genéricamente como tubos conduit; los apagadores se encuentran montados sobre cajas, las lámparas están alimentadas de cajas metálicas similares a las usadas en los apagadores, y también, en los contactos. Asociados a estos elementos se tienen otros componentes menores, así como toda una técnica de selección y montaje.

Por otra parte, todos los elementos usados en las instalaciones eléctricas deben cumplir con ciertos requisitos, no solo técnicos sino también de uso y presentación, para lo cual se deben acatar las disposiciones que establecen "Las normas técnicas para instalaciones eléctricas".

1.2 TEORIA Y FUNDAMENTOS.

El conjunto de elementos que intervienen desde el punto de alimentación de la empresa suministradora hasta el punto de consumo, en donde se requiere el servicio eléctrico, constituye lo que se conoce como las componentes de la instalación eléctrica.

El circuito eléctrico está constituido en su forma más elemental por una fuente de voltaje o alimentación (en este caso el suministro) los conductores que alimentan la carga y los dispositivos de control o apagadores.

Un sistema de energía eléctrica: consiste en una gran diversidad de cargas eléctricas repartidas en una región, en las plantas generadoras para producir la energía eléctrica consumida por las cargas, una red de transmisión para transportar esa energía de las plantas generadoras a los puntos de consumo

y todo el equipo adicional necesario para lograr que el suministro de energía se realice con las características de continuidad de servicio; de regularización de la tensión y de control de frecuencia requeridas.

En el siguiente esquema se representan los principales elementos de un sistema de energía eléctrica.

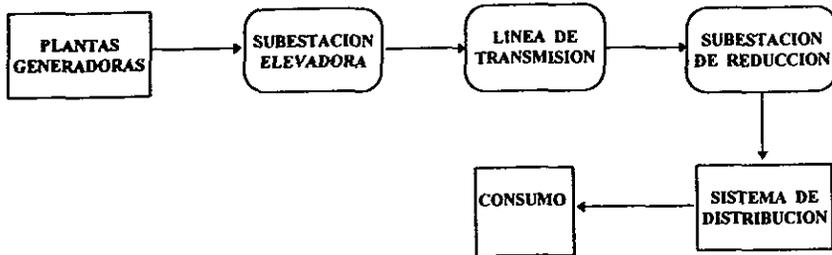


Fig. Nº. 1.1

Los sistemas de distribución tienen como función suministrar a los consumidores la energía eléctrica producida en las plantas generadoras y transmitida por el sistema de transmisión hasta las sub - estaciones de distribución.

Un sistema de distribución comprende los alimentadores primarios que parten de las sub - estaciones de distribución, los transformadores de distribución para reducir la tensión al valor de utilización por los clientes y los circuitos secundarios hasta la entrada de la instalación del consumidor.

1.2.1.- MAGNITUDES ELECTRICAS.

Para comprender el comportamiento de la corriente eléctrica y sus magnitudes conviene hacer una comparación con el agua que corre por una tubería.

1.- El movimiento del agua es producido por una diferencia de altura entre los extremos de la tubería que la conduce o por medio de una bomba que la impulsa.

- La corriente de electrones es producida por la diferencia de potencial, fuerza electromotriz o voltaje entre dos puntos de un conductor y se mide en volts.

2.- La intensidad de corriente de agua que fluye por la tubería es la cantidad de litros que pasa por segundo en un determinado punto.

- La intensidad de corriente eléctrica es la cantidad de electrones que pasa por segundo en un conductor y se mide en amperes.

3.- El mayor o menor diámetro de la tubería controla la cantidad de agua que puede circular.

- En forma análoga, la naturaleza o diámetro del conductor produce una resistencia que afecta el paso de la corriente eléctrica y se mide en ohms.

SIMBOLO	MAGNITUD	UNIDAD	APARATO
E	Diferencia de potencial Fuerza Electromotriz Voltaje	Volt	Voltmetro
I	Intensidad	Ampere	Amperímetro
R	Resistencia	Ohm	Ohmetro

TABLA N° 1.1

Volt.- Es la fuerza que causa la corriente eléctrica con una intensidad de un Ampere a través de la resistencia de un ohm.

$$\text{Voltaje} = \text{Corriente} \times \text{Resistencia} \quad E = I \times R$$

Ampere.- Es la intensidad de una corriente eléctrica que, con la fuerza electromotriz de un volt, fluye por un conductor que tiene la resistencia de un ohm.

$$\text{Corriente} = \frac{\text{Voltaje}}{\text{Resistencia}} \quad I = \frac{E}{R}$$

Ohm.- Es la resistencia de un conductor que con la fuerza electromotriz de un volt deja pasar la corriente eléctrica de un Ampere.

$$\text{Resistencia} = \frac{\text{Voltaje}}{\text{Corriente}} \quad R = \frac{E}{I}$$

La relación que existe entre intensidad de la corriente eléctrica, el voltaje y la resistencia fue descubierta por el científico alemán George Simon Ohm.

1.2.2. POTENCIA ELECTRICA.

En los circuitos eléctricos la capacidad de realizar un trabajo se conoce como la **potencia**. Por lo general se asigna con la letra "P".

En honor a la memoria de James Watt, inventor de la máquina de vapor, la unidad de potencia eléctrica es el Watt.

La potencia eléctrica de un circuito es igual a la intensidad de corriente multiplicada por el voltaje.

$$P = I \times E$$

$$P = \text{Watt}$$

Watts = Volts por Ampere

$$\text{Ampere} = \frac{\text{Watt}}{\text{Volt}}$$

$$I = \frac{P}{E}$$

$$\text{Volt} = \frac{\text{Watt}}{\text{Ampere}}$$

$$E = \frac{P}{I}$$

Watt.- Es la unidad de potencia eléctrica y representa la cantidad de trabajo que se hace para producir la corriente de un Ampere por la fuerza electromotriz de un volt.

1.2.3. TERMINOLOGIA DE CIRCUITOS.

Elemento de circuito.

Los elementos de un circuito son los tres individuales de dos terminales que forma el *circuito*.

Red.

Es un grupo de elementos de circuito interconectados, el termino red es usado como sinónimo de circuito.

Terminal.

Es un punto en el cual un elemento puede ser conectado a otros elementos.

Rama.

Es un grupo de elementos y fuentes que pueden combinarse para formar un dispositivo con dos terminales.

Elemento pasivo.

Un elemento que no es una fuente es llamado elemento pasivo, una rama con elementos pasivos se llama rama pasiva.

Elemento activo.

Un elemento activo es una fuente de corriente o de potencial. Una rama activa es una rama que tiene uno o más elementos activos.

Nodo o unión.

La conexión de dos o más ramas en un punto común, forma un nodo o unión.

Malla.

Cualquier circuito cerrado de ramas es una malla, con la condición de que no pase dos veces por el mismo nodo.

1.3 TIPOS DE CORRIENTE Y CIRCUITOS ELECTRICOS.

La energía eléctrica desarrollada se genera, distribuye y utiliza en "corriente alterna". La razón principal de este uso tan extendido de la corriente alterna es quizás el hecho de que la tensión alterna puede ser elevada o reducida fácilmente. Como consecuencia, la energía alterna puede generarse y distribirse eficientemente a un voltaje relativamente alto y después reducirse a una tensión menor de utilización en la carga.

Además del hecho de que los voltajes alternos pueden elevarse o reducirse fácilmente, hay otras razones para usar corriente alterna: los generadores de corriente alterna no tienen colectores evitando así las averías y mantenimiento correspondiente.

Esto significa que el tamaño y la velocidad de los generadores de corriente alterna no están limitados por la conmutación; Además de que los motores son más simples, más ligeros, el desarrollo comercial es más amplio y más seguros que los de C.C., siendo de características similares.

1.3.1 CORRIENTE CONTINUA "C.C."

Aunque la corriente alterna se usa predominantemente, hay algunos tipos de trabajo que exigen c.c., o en los que esta presente, existen ventajas definitivas. La C.C. se usa también para: alimentar lámparas de gran intensidad,

como son los proyectores, para cargar baterías de acumuladores de c.c., en motores síncronos, en numerosos procesos electroquímicos, laminadoras, tracción eléctrica y en factorías, donde es importante un control eficiente de la velocidad. La c.c. no es recibida de las líneas externas, esta se convierte de la C.A., dentro de la misma planta, por medio de rectificadores o generadores de motores.

a) Corriente Continua (C.C.).

Se denomina C.C. cuando en un conductor los electrones circulan siempre en un mismo sentido, manteniendo por tanto continuidad de sentido (de negativo a positivo).

b) Intensidad de la C.C.

Se define como la cantidad de electricidad que circula por una sección recta de un conductor en una unidad de tiempo. La intensidad de corriente continua es constante.

Para la medición de la intensidad, se utiliza el aparato denominado "Amperímetro", que se intercala en serie el circuito eléctrico, cuya intensidad se desea conocer:

I = Intensidad
unidad = A (Amperio)
submúltiplo = ma = 1/1000A (Miliamperio)
múltiplo = kA = 1000A (Kiloamperio)

c) Tensión o diferencia de Potencial y Fuerza Electromotriz (F.E.M.)

Para que la corriente eléctrica circule por un circuito, es necesario que entre dos puntos o bordes de conexión del mismo exista una diferencia de potencial; llamada tensión eléctrica. Sin embargo, esta tensión necesita una fuerza que la mantenga constante, con el fin de que el paso de corriente por el circuito también lo sea. Esta fuerza es llamada "Fuerza Electromotriz" (F.E.M.), y la producen los generadores eléctricos (alternadores, dinamos, baterías, etc.

La tensión continua no se puede variar fácilmente por tanto, la energía continua se genera normalmente a la tensión que se va a utilizar. En los generadores de c.c., existe conmutación, para medir la tensión eléctrica se utiliza el voltímetro.

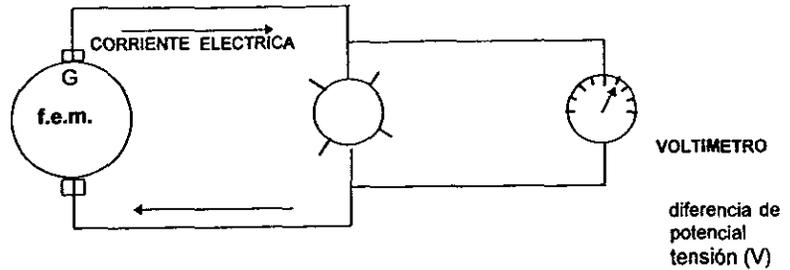


FIG. N° 1.2

V = Tensión Eléctrica

unidad (V) voltio

submúltiplo mV = 10^{-3} (Milivoltios)

múltiplo KV = 10^3 (Kilovoltios)

d) Resistencia eléctrica en C.C.

La corriente eléctrica al circular por un conductor, encuentra cierta resistencia que aumenta con la longitud de este y disminuye cuando mayor es su sección; es decir, que el valor de la resistencia ofrecida por un conductor al paso de la corriente eléctrica: es directamente proporcional a la longitud e inversamente proporcional a la sección del mismo.

Se define la Resistividad o coeficiente de resistividad: a la resistencia que ofrece al paso de la corriente un conductor de 1 m. de longitud por un mm. cuadrado de sección. (la inversa de la resistividad es la Conductividad)

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

R = Resistencia (Ohmios)
L = Longitud (m)
S = Sección (mm²)
 ρ = Resistividad (Ohmios/mm²)

Como el rozamiento produce calor, de ahí que un conductor se calienta más o menos según su magnitud de la corriente que por él circula, sus dimensiones y su propia naturaleza.

R = Resistencia

Unidad	(Ω) (Ohmio)
submúltiplo	($m \Omega = 10^{-3}$) (Mili Ohmio)
Múltiplo	($M \Omega = 10^6$) (Mega Ohmio)

e) POTENCIA EN C.C.

Se define como la cantidad de trabajo realizado en la unidad de tiempo:

$$\text{Trabajo : } W = I^2 R t$$

$$\text{Potencia : } P = \frac{W}{t} = \frac{I^2 R t}{t} = I^2 R$$

$$P = I^2 R \quad W = I^2 R t$$

$$P = IE$$

f) ENERGIA ELECTRICA EN C.C.

Se denomina Energía Eléctrica, consumida por un aparato al producto de la potencia consumida por el mismo, por el tiempo de servicio:

W = ENERGIA ELECTRICA

$$\text{Unidad} = (Wh) \text{ (Vatio por hora)}$$

$$\text{Submúltiplo} = (mW = 10^{-3} W) \text{ (Milivatio)}$$

$$\text{Múltiplo} = (KWh = 10^3 Wh) \text{ (Kilowatio/hora)}$$

$$W = Pt \quad W = \text{Energía}$$

$$P = \text{Potencia}$$

$$t = \text{Tiempo}$$

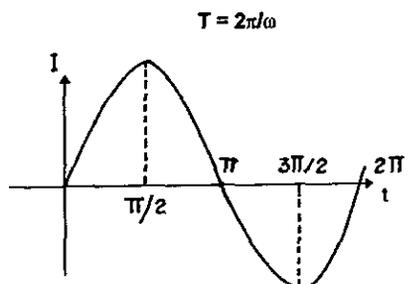
1.3.2 CORRIENTE ALTERNA.

a) Se denomina corriente alterna a aquella en que los electrones cambian periódicamente su sentido de circulación, dirigiéndose alternativamente a un sentido y al opuesto.

b) Intensidad de la C.A.

Como en la corriente alterna, los electrones cambian periódicamente de sentido de circulación, la intensidad alterna cambia también continuamente de magnitud y sentido a intervalos periódicos. La *intensidad alterna*, está definida mediante su magnitud, frecuencia y forma.

El período y frecuencia es el tiempo en que se realiza un ciclo completo:



Frecuencia es el número de períodos por segundo:

Unidad	Hertzio (Hz)
Múltiplos	Kilohertzio (KHZ = 10^3 Hz)

Magnitud de la Intensidad C.A. La unidad de medida es el amperio (A), que sirve para medir y comparar intensidades alternas, no se hace mediante el uso de sus valores instantáneos por ser variables. Por ello se recurre a otros valores que tienen la particularidad de no depender del tiempo transcurrido, es decir, son constantes.

c) Tensión o diferencia de Potencial y F.E.M. en C.A.

Al contrario que la tensión en C.C., la tensión alterna cambia continuamente de magnitud y sentido a intervalos periódicos. Así pues, una tensión alterna queda definida por su magnitud, frecuencia y forma.

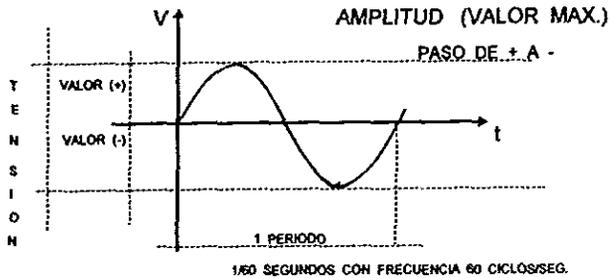


Fig. N° 1.4

MAGNITUD DE LA TENSION EN C.A.

La unidad de medida es el voltio; para medir y comparar las tensiones alternas no se hace uso de sus valores instantáneos, pues estos son variables. Por ello se recurre a otros valores que tienen la particularidad de no depender del tiempo transcurrido, es decir, son constantes.

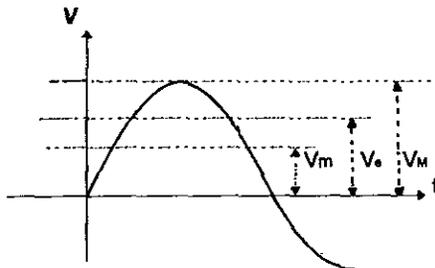
Estos son los valores "medios y eficaces"; el valor medio de una tensión alterna es el doble del valor máximo dividido entre π

$$V_M = \frac{2 V_{MAX}}{\pi} = \frac{2 V_{MAX}}{3.1416} \quad V_M = 0.636 V_{MAX}$$

El valor eficaz, representa aproximadamente el 71% del valor máximo:

$$V_e = \frac{V_{max}}{\sqrt{2}}$$

$$\underline{\underline{V_e = 0.7071 V_{max}}}$$



V_e = Tensión Eficaz
 V_m = Tensión Media
 V_u = Tensión Máxima

Fig. N° 1.5

d) Resistencia Eléctrica en C.A.

En corriente alterna se distinguen tres clases de resistencia debidas a los receptores, y conectada a los circuitos:

- Resistencia Ohmica (R)
- Resistencia Inductiva (XL)
- Resistencia Capacitiva (XC)

- **Resistencia Ohmica.**- Se entiende por resistencia Ohmica de un receptor, la que produce el mismo efecto calorifico en un circuito de C.C. que en uno de C.A., en igualdad de condiciones. La energía suministrada a estos receptores generalmente se transforma en calor.

Si en un circuito de C.A. solo se encuentran conectados los receptores con resistencia Ohmica; no se produce ningún desfase entre la tensión y la intensidad.

$$R = \frac{E}{I}$$

CONDUCTORES	RESISTIVIDAD A 20°C $\Omega \cdot m$	CONDUCTIVIDAD
ALUMINIO	0.0266	39.0
COBRE	1.0156	64.1
COBRE INDUSTRIAL	0.0170	58.8
HIERRO	0.0906	11.0
MERCURIO	0.9580	1.0
NIQUEL	0.1232	8.1
PLATA	0.0146	68.4
WOLFRANIO	0.080	12.5

Tabla N° 1.2

e) POTENCIA EN C.A.

1). Potencia Aparente (Pap)

En C.A. se denomina potencia aparente al producto de los valores eficaces de la tensión y de la intensidad de corriente:

$$Pap = Ve Ie$$

Unidad \rightarrow Voltamperio (VA)
Kilovoltamperio (KVA = 10^3 VA)

Megavoltamperio (MVA = 10^6 VA)

2). Potencia Activa (Pa).

Se denomina potencia activa de un circuito de corriente alterna, a la que realmente consume un receptor para realizar un trabajo:

$$Pa = Ve Ie \cos \phi$$

$$\cos \phi = \frac{Pa}{Ve Ie} \quad \cos \phi = \frac{Pa}{Pap}$$

Unidad



Vatio (W)

3). Potencia Reactiva.

Solo una parte de la potencia aparente se traduce en potencia realmente útil. Queda otra parte de Pap que no es aprovechada por el receptor y a esto se le llama potencia reactiva. Esta es necesaria para balastros y transformadores, para realizar su función, como elementos auxiliares de las lamparas de descarga.

f). Energía Eléctrica en C.A.

En C.A. se designa mediante la letra "E" y tiene las siguientes expresiones:

$$E = Pa$$

$$E = Ve Ie \cos \phi t$$

$$E = Pap \cos \phi t$$

$$E = \text{Energía (Wh)}$$

$$Pat = \text{Potencia activa (W)}$$

$$t = \text{Tiempo (h)}$$

$$Ve = \text{Tensión eficaz (V)}$$

$$Ie = \text{Intensidad eficaz (A)}$$

$$Pap = \text{Potencia aparente (VA)}$$

$$\cos \phi = \text{Factor de potencia}$$

1.3.3 CIRCUITOS ELECTRICOS.

CIRCUITO EN SERIE

Los circuitos eléctricos en las aplicaciones prácticas, pueden aparecer con sus elementos conectados en distinta forma, una de estas es la llamada

Los circuitos eléctricos en las aplicaciones prácticas, pueden aparecer con sus elementos conectados en distinta forma, una de estas es la llamada conexión en serie. Se considera un circuito con fuente de voltaje constante y varias impedancias.

Un ejemplo de conexión en serie de un circuito eléctrico, son las llamadas "Series de Navidad". La corriente circula por un foco después de otro, antes de regresar a la fuente de suministro, es decir, que la corriente circula por todos los elementos.

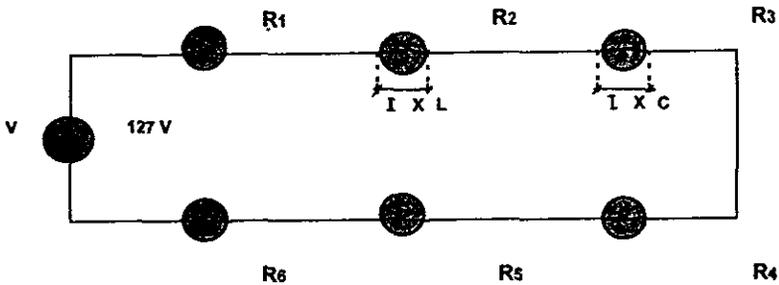
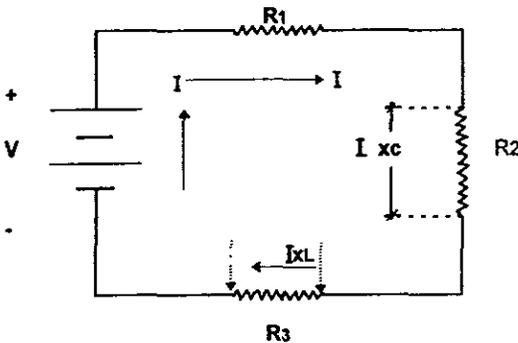


Fig. N° 1.7

Cuando se conectan resistencia en serie, la resistencia total del circuito es igual a la suma de las resistencias de todas las partes del circuito.



$$R_T = R_1 + R_2 + R_3$$

$$R_T = \text{en } \Omega \text{ (Ohms).}$$

R1 R2 R3 = Resistencias en serie
Ω

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3$$

$$I_T = I_1 = I_2 = I_3$$

Fig. N° 1.7

CIRCUITO EN PARALELO

En el circuito en paralelo, dos o más componentes están conectados entre las terminales de la misma fuente de voltaje. Cada lámpara o resistencia está conectada en un subcircuito del total, que conecta la total de las resistencia con la fuente de alimentación.

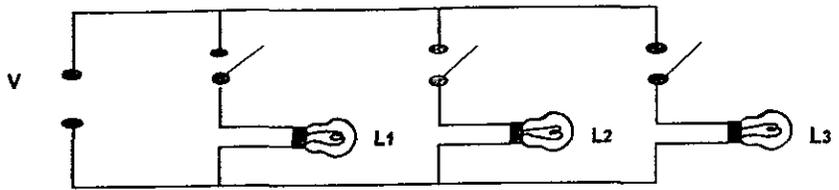


FIG. No. 1.8

$$\frac{1}{R} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right)$$

$$V_t = V_1 = V_2 = V_3$$

$$I_t = I_1 + I_2 + I_3$$

La corriente que circula por los elementos principales o trayectoria del circuito, es igual a la suma de las corrientes de los elementos en derivación; también se llaman ramas en paralelo.

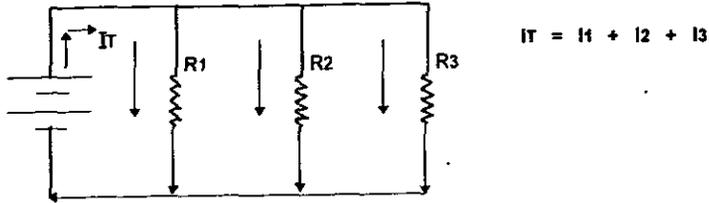


Fig. N° 1.9

CIRCUITOS EN CONEXION "SERIE - PARALELO"

Son fundamentalmente la combinación de los arreglos Serie y paralelo de hecho combinan las características de ambos tipos de circuitos.

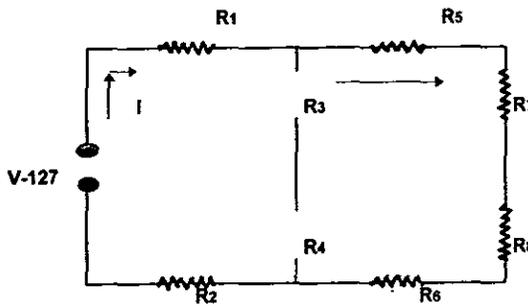


Fig. N° 1.10

CIRCUITOS DE POTENCIA

a). CIRCUITOS MONOFASICOS.

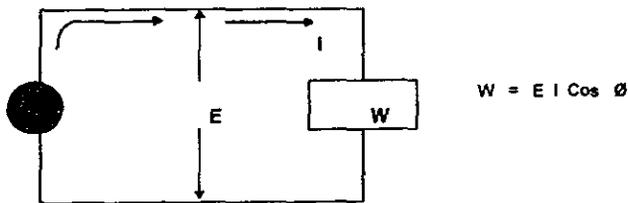


Fig. N° 1.11

b) CIRCUITOS TRIFÁSICOS.

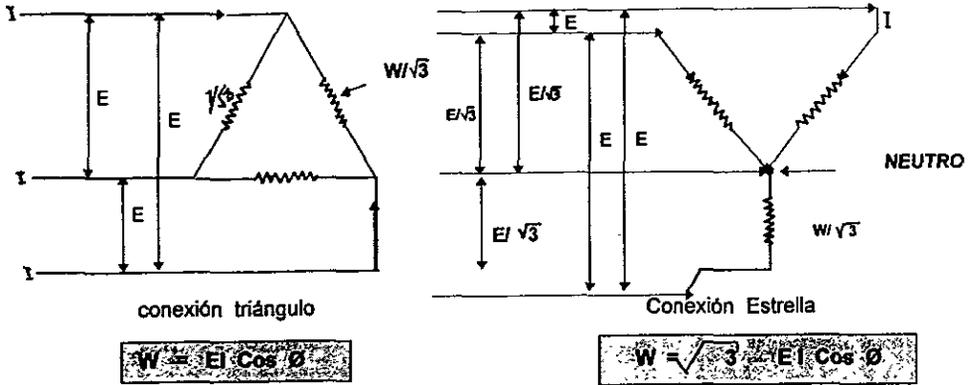


Fig. N° 1.12

c) CIRCUITOS MAGNETICOS.

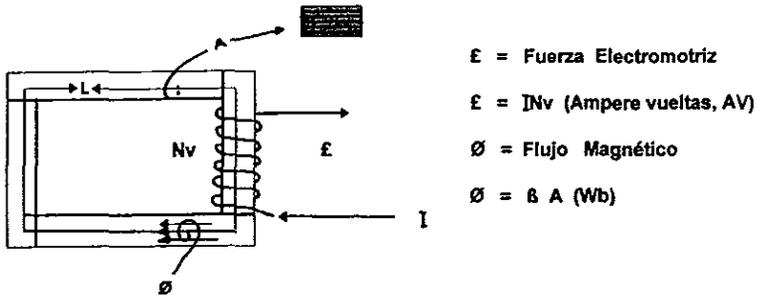


Fig. N° 1.13

1.4 MATERIALES ELECTRICOS Y SIMBOLOGIA.

Para la ejecución de las instalaciones eléctricas de pequeña y mediana potencia en obras, se dispone de materiales que el mercado comercial ofrece. Se descarta, la fabricación especial, salvo en instalaciones muy particulares o de alto costo, o en aquellas que por razones arquitectónicas o la búsqueda de efectos particulares, como así lo requieran.

Todo proyecto de instalación, para que sea realizable, debe ajustarse a esta limitación. La instalación de la red de conductores eléctricos de los edificios requiere de un surtido variado de materiales para que su funcionamiento sea regular, seguro y eficaz.

En general estos materiales pueden clasificarse; de acuerdo con las funciones que se les encomienda, como sigue: interruptor general, para el servicio principal de mando, protección y medidores; el cuadro general de distribución, para el mando; protección y medición de la corriente en los cables principales de alimentación; los cuadros del circuito (al final de los cable de alimentación) para mando y protección de los circuitos derivados, las tomas de corriente para conectar lamparas, motores y otros aparatos; los interruptores de arranque y aparatos para control del consumo y las líneas, o sea las instalaciones de los cables, alambres y tubos de protección que conectan unos con otros elementos precedentes.

Cada uno de estos elementos debe ser cuidadosamente estudiado para conseguir un funcionamiento seguro y económico, en condiciones de servicio normal.

La labor del ingeniero consiste en prever el tipo de los servicios eléctricos que se desean o se necesitan y establecer los planos y especificaciones que definan la instalación adecuada.

Las calidades de los materiales empleados en la instalación eléctrica y la eficiencia, economía o rendimiento de los distintos sistemas deben ser detallados muy ampliamente. La experiencia en las aplicaciones eléctricas y en la redacción de proyectos es esencial para que el estudio sea correcto.

En México el reglamento de instalaciones eléctricas, define las medidas de seguridad fundamentales que deben seguirse en la elección, construcción e instalación de todo el material eléctrico. Este es usado por todos los proyectistas, ingenieros, contratistas y operadores, encargados de la responsabilidad de la seguridad del funcionamiento de las instalaciones.

Recomendamos al lector consultar el reglamento para cualquier tipo de proyecto a realizar, que será un buen auxiliar al proyectar, elegir e instalar el material eléctrico.

1.4.1 CONDUCTORES ELECTRICOS.

En las instalaciones eléctricas todas las trayectorias de circulación de la corriente eléctrica son conductores o alambres forrados con un material aislante. El material que normalmente se usa en interiores o en baja tensión son de cobre, cuyo voltaje de operación no exceda de 1000 voltios, entre conductores o hasta 600 voltios a tierra.

Todos los aparatos que consumen electricidad, como lámparas o motores, requieren por lo menos dos conductores (a veces mas) para llevar hasta ellos la corriente y devolverla al generador que la hará circular nuevamente. Para ello se emplean hilos, cables y barras; cada conductor debe estar aislado, de modo que no entre en contacto con otros conductores del mismo o de diferente circuito.

Los aislamientos se hacen enrollando varias cintas, alrededor de los conductores, barnizándolos o recubriéndolo de plástico. Cuando los conductores

están formados por barras pueden ser sometidos y aislados por medio de aislantes rígidos de porcelana o de materiales aislantes para alta tensión (textolita, micarta, etc.) con o sin aislamiento colocado alrededor de los conductores.

Existen varios tipos de materiales empleados para la protección exterior de los alambres y cables: el plomo protege de la humedad; el neopreno, de la humedad, la corrosión y la abrasión.

Los recubrimientos protegen a los conductores de alambre, cinta de bronce o de acero contra los ataques de los roedores o de los daños físicos. Estos materiales y otros muchos se usan, solos o combinados entre sí, para conseguir en cada caso específico la mejor protección posible.

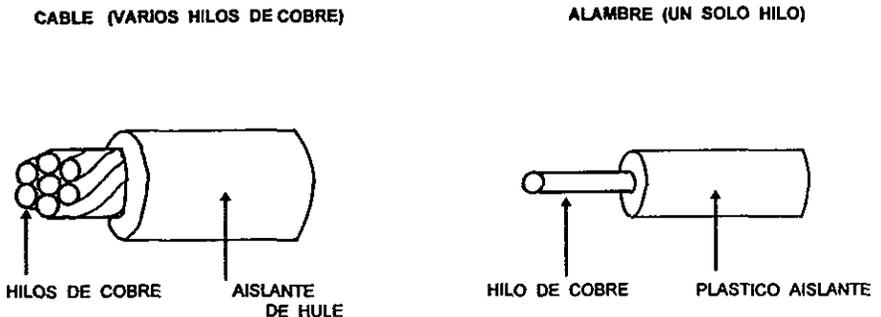


Fig. N°. 1.14

1.4.2 CALIBRE DE CONDUCTORES.

La sección de un conductor debe elegirse como cable de alimentación principal o secundaria, o como ramal; depende de la intensidad de la corriente que deba conducir. Los calibres de los conductores dan una idea de la sección o diámetro de los mismos y se designa el calibre o diámetro del conductor usando el Sistema Americano de calibres "AWG" (American Wire Gage); por un número al cual hace referencia, las otras características como son diámetro y área, resistencia, etc.

Es conveniente hacer notar que en el sistema de designación de los calibres, de los conductores usados por (AWG) a medida que el número de designación es más grande la sección es menor.

Para conductores con un área mayor del designado como 4/0, se hace con una designación que está en función de su área en pulgadas, para lo cual, se emplea una unidad, denominada el "El Circular Mil". Siendo así como un conductor de 250, corresponderá a aquel cuya sección sea de 250,000 C.M. y así sucesivamente, entendiéndose como:

Circular Mil.- Es una sección de un círculo que tiene un diámetro de un milésimo de pulgada (0.001 pulg.)



Fig. N°. 1.15

La relación entre el circular Mil y el área en mm^2 de un conductor se obtiene así:

$$1 \text{ pulg.} = 25.4 \text{ mm.}$$

$$1/1000 \text{ pulg.} = 0.0254 \text{ mm.}$$

Siendo el circular Mil un área:

$$1 \text{ C.M.} = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3.1416 \times (0.0254)^2}{4} = 5.064506 \times 10^{-4} \text{ mm}^2$$

De donde:

$$1 \text{ mm}^2 = \frac{10^4}{5.064506} = 1974 \sim 2000$$

$$1 \text{ mm}^2 = 2000 \text{ CM}$$

**TABLA DE DIMENSIONES DE LOS CONDUCTORES ELECTRICOS
DESNUDOS SIN FORRO**

CALIBRE		SECCION		DIAMETRO	
AWG	C.M.	MM.	PULGADAS	MM.	
20	1022	0.5176	0.03196	0.812	
18	1624	0.8232	0.04030	1.024	
16	2583	1.3090	0.05082	1.291	
14	4107	2.0810	0.06408	1.628	
12	6530	3.3090	0.08081	2.053	
10	10380	5.2610	0.1019	2.588	
8	16510	8.3670	0.1285	3.264	
6	26250	13.3030	0.1620	4.115	
4	41740	21.1480	0.2043	5.189	
3	52630	26.6700	0.2294	5.827	
2	66370	33.6320	0.2576	6.543	
1	83690	42.4060	0.2893	7.348	
0	105500	53.4770	0.3249	8.252	
00	133100	67.4190	0.3648	9.266	
000	167800	85.0320	0.4096	10.4703	
0000	211600	107.2250	0.4600	11.684	
250		126.644	0.575	14.605	
300		151.999	0.630	16.002	
350		177.354	0.681	17.297	
400		202.709	0.728	18.491	
500		253.354	0.814	20.675	
600		303.999	0.893	22.682	
700		354.708	0.964	24.685	
800		405.160	1.031	26.187	
900		455.805	1.093	27.762	
1000		506.450	1.152	29.260	
1250		633.063	1.289	32.741	
1500		759.677	1.412	35.865	
1750		886.286	1.526	38.760	
2000		1012.901	1.631	41.427	

Tabla N°. 1.3

1.4.3 CONDUCTOR SUBTERRANEO

El conductor o cable tienen aislante individual de varias capas de papel impregnado en composición de alta aleación. El conjunto va cubierto por una vaina de plomo, sobre el plomo asfaltado va una capa de papel impregnado aplicado en forma de cinta, otra de asfalto y una envuelta de yute alquitronado.

Para mayor resistencia mecánica, este conjunto puede estar armado con una o dos cintas de acero helicoidales alquitronadas, recubiertas por una trenza de yute alquitronado.

1.4.4 CONDUCTOR CABLE INTEMPERIE

Es de cobre rojo duro sin recocer, cubierto por dos cintas de papel impregnado en aceite, arrollamiento helicoidal y una trenza de algodón impregnada en barniz intemperie, provisto de una parafina. También se fabrica conductor de cobre aislado con una capa de PVC especial para intemperie de color negro. Se emplean en zonas urbanas para líneas aéreas a la intemperie sustentadas con aislantes (en zonas rurales se usan solamente conductores desnudos).

1.4.5 CONDUCTOR CABLE PARA PARARRAYOS.

Cable de cobre rojo cubierto con barniz intemperie, las medidas normales son 25 , 35 y 50 mm²; se emplean para la conexión fija del pararrayos a tierra.

En la industria se fabrican diferentes tipos de conductores como son:

- cable telefónico
- cable conductor par telefónico
- cable coaxial
- cable para antena
- cable de uso rudo
- alambre para bobinas

1.4.6 TUBO CONDUIT

Este es un tipo de tubo (de metal o plástico) que se usa para contener, conducir y proteger los conductores eléctricos usados en las instalaciones. Los tubos conduit metálicos pueden ser de aluminio, acero o aleaciones especiales, a su vez, los tubos de acero se fabrican en los tipos pesados, semipesado y ligero; distinguiéndose uno de otro por el espesor de la pared.

A) Tubo conduit de acero pared gruesa.

Estos tubos son galvanizados de 3.5 m. de longitud con rosca y se usan conectores o coples. Se fabrican en secciones circulares de 13 mm($\frac{1}{2}$ " hasta 152.4 mm. (6").

B) Tubo conduit metálico de pared delgada.

Se conoce como tubo metálico rígido ligero, se usa en instalaciones ocultas o visibles, ya sea en concreto o en muros; en lugares secos no expuesto a la humedad o ambiente corrosivo.

El diámetro máximo recomendado para estos tubos es de 51 mm. (2" debido) a que son de pared delgada, los tramos se unen con accesorios de unión especial ya que no se puede hacer rosca por ser su pared muy delgada.

C) Tubo conduit metálico flexible.

Este tubo se fabrica con cinta metálica engargolada (en forma helicoidal). También se le conoce como "Greenfield"; se usa en diámetros de 13 mm. hasta 102 mm. (4").

D) Tubo conduit de plástico rígido.

Este se clasifica dentro de los tubos conduit no metálicos; el tubo PVC es la designación comercial que se da al tubo rígido de policloruro de vinilo. También dentro de la clasificación de tubos no metálicos se encuentran los tubos de polietileno, estos tipos de tubos (PVC) no se deben usar en:

** locales o áreas consideradas como peligrosas

** para separar luminarias u otros equipos

** en lugares en donde la temperatura del medio, no exceda a 70°C.

1.4.7 CAJAS Y ACCESORIOS PARA CANALIZACION.

En instalaciones eléctricas de casas - habitación, todas las conexiones de conductores o uniones entre los conductores se deben realizar en cajas de conexión aprobadas para tal fin y se deben instalar en donde puedan ser accesibles para poder hacer cambios en el alambrado.

Por otra parte, todos los apagadores y salidas para lámparas, se deben encontrar alojados en cajas, igual que los contactos. Las cajas metálicas se fabrican en acero galvanizado de cuatro formas principalmente: cuadradas, octagonales, rectangulares y circulares; se fabrican en varios anchos, profundidad y perforaciones para acceso a conexión de tuberías.

◆ **Tipo rectangular.**

Son de 6x10 cm. de base x 3.8 cm de profundidad con perforaciones para tubo de 13 mm.

◆ **Tipo redondas.**

El diámetro de 7.5 cm. y 3.8 cm. de profundidad con perforaciones para tubo de 13 mm.

◆ Tipo cuadradas.

Estas cajas tienen distintas medidas y se designan o clasifican de acuerdo con el diámetro de sus perforaciones, en donde se conectan los tubos, por lo que se designan como cajas cuadradas de 13, 19, 25, 32 mm., etc.

◆ Tapas y cubiertas.

Todas las cajas de salida deben estar provistas de una tapa, ya sea del mismo material, y en algunos casos se pueden usar tapas de porcelana o de cualquier otro material aislante, siempre y cuando ofrezca la protección y solidez requeridas.

◆ Conectores.

Los tubos conduit, deben fijarse en las cajas de conexión; para esto se usan normalmente conectores de la medida apropiada a cada caso, es común el uso de contras y monitores en las cajas de conexión metálicas.

1.4.8 APAGADORES.

El apagador se define como un interruptor pequeño de acción rápida, de operación manual y de baja capacidad, por lo general, para controlar aparatos pequeños, así como para unidades de alumbrado.

Debido a que la operación de los apagadores es manual, los voltajes no deben exceder de 600 volts. Existen en el mercado: apagadores de una vía, de dos vías, de tres vías, cuatro vías, de contacto, de cadena y de botón.

1.4.9 CONTACTOS

Los contactos se usan para enchufar (conectar) por medio de clavijas. Estos deben ser para una capacidad nominal no menor de 15 amperes para 125 volts y no menor de 10 amperes para 250 volts.

Los contactos pueden ser sencillos o dobles, del tipo polarizados (para conexión a tierra) y a prueba de agua.

1.4.10 PORTALAMPARAS.

El tipo más usado de portalámparas en las instalaciones eléctricas de casas-habitación es el "socket", construido de baquelita o porcelana. Existen diferentes tipos dependiendo de las aplicaciones que se tenga.

1.4.11 DISPOSITIVOS PARA PROTECCION CONTRA SOBRECORRIENTE.

El elemento principal de una instalación eléctrica, la constituyen los conductores; por lo tanto, deben existir dispositivos de seguridad que garanticen que la capacidad de conducción de corriente de los conductores no se exceda.

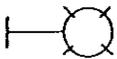
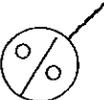
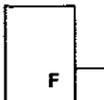
- tapones y fusibles
- interruptores termomagnéticos (breaker).

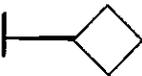
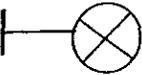
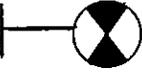
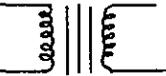
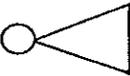
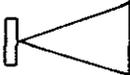
INTERRUPTORES GENERALES.

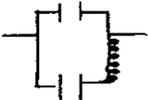
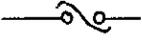
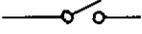
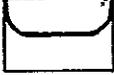
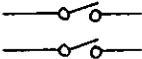
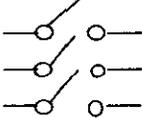
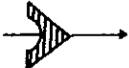
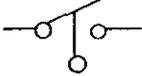
En cualquier edificio pequeño, o grupo de ellos, servido por una acometida eléctrica, debe poseer un interruptor principal junto al punto en que la línea penetra en el edificio. Este interruptor, con sus accesorios facilita el medio de conectar y desconectar la instalación entera, de medir la energía y de proteger la instalación contra las sobrecargas y cortos circuitos.

SIMBOLOS ELECTRICOS

Para fácil interpretación de circuitos, así como de proyectos, se emplean símbolos eléctricos de los cuales existen una gran diversidad de ellos; lo que en ocasiones es necesario se indique en forma clara lo que significan.

	SALIDA DE CENTRO INCANDESCENTES		APAGADOR SENCILLO EN PUERTA
	ARBOTANTE INCANDESCENTE INTERIOR		APAGADOR SENCILLO DE CADENA
	ARBOTANTE INCANDESCENTE INTEMPERIE		APAGADOR DE TRES VIAS O DE ESCALERA
	ARBOTANTE FLUORESCENTE INTERIOR		APAGADOR DE CUATRO VIAS O DE ESCALERA
	LAMPARA FLUORESCENTE		APAGADOR COLGANTE
	CONTACTO SENCILLO EN MURO		ESTACION DE BOTONES
	CONTACTO SENCILLO EN PISO		CAMPANA
	CONTACTO SENCILLO CONTROLADO POR APAGADOR		ZUMBADOR
	CONTACTO MULTIPLE EN MURO		INTERRUPTOR FLOTADOR

	CONTACTO SENCILLO INTEMPERIE		CONTACTO TRIFASICO EN MURO
	SALIDA ESPECIAL		BOTON TIMBRE
	APAGADOR SENCILLO		CONTACTO TRIFASICO EN PISO
	VENTILADOR		CUADRO INDICADO
	SALIDA ESPECIAL PARA ANTENA DE RADIO		LLAMADOR DE ENFERMOS
	SALIDA ESPECIAL PARA TELEVISION		LLAMADOR DE ENFERMOS CON PILOTO
	TABLERO DE PORTERO ELECTRICO		TRANSFORMADOR DE TIMBRE
	TELEFONO DIRECTO DE PORTERO ELECTRICO		BATERIA
	TELEFONO DIRECTO		GENERADOR
	TELEFONO DE CONMUTADOR		GENERADOR DE C.C.
	TELEFONO DE EXTENSION		MOTOR DE C.A.

	REGISTRO EN MURO DE LOSA		MOTOR DE C.C.
	REGISTRO DE TELEFONIA		AMPERIMETRO
	ALARMA		VOLTIMETRO
	INCENDIO		WATTMETRO
	ARRANCADOR		CONTROL DE MOTORES
	TABLERO GENERAL		INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO
	TABLERO DE DISTRIBUIDOR FUERZA		FUSIBLE
	TABLERO DE DISTRIBUCION DE ALUMBRADO		INTERRUPTOR DE NAVAJAS DE 1 POLOS
	MEDIDOR DE LA COMPAÑIA SUMINISTRADORA		INTERRUPTOR DE NAVAJAS O CUCHILLAS DE 2 POLOS
	INTERRUPTOR		INTERRUPTOR DE NAVAJAS O CUCHILLAS DE 3 POLOS
	ACOMETIDA DE LA CIA. DE LUZ		INTERRUPTOR DE PRESION PARA FLOTADOR (POSICION ABIERTA-TANQUE ELEVADO

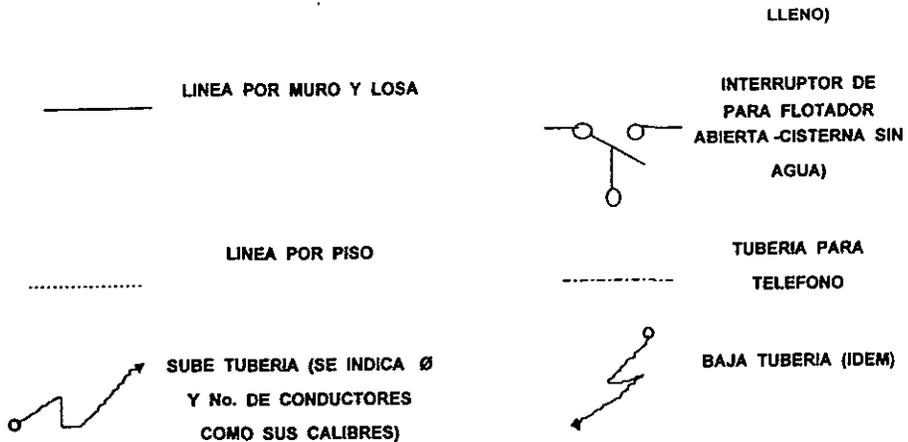


Fig. N° 1.16

1.5 TIPOS DE INSTALACION.

Para los propósitos de este tema, se entenderá como instalación eléctrica, al conjunto de elementos necesarios para conducir y transformar la energía eléctrica, para que sea utilizada en las máquinas y aparatos receptores, para su utilización final.

Cumpliendo con los siguientes requisitos:

- a) Ser segura contra accidentes e incendios.
- b) Eficiente y económica.
- c) Accesible y fácil de mantenimiento.
- d) Cumplir con los requisitos técnicos que fija el Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas.

En principio en una instalación eléctrica, intervienen como elementos principales para conducir, proteger y controlar la energía eléctrica, los dispositivos y receptores siguientes:

- a) Conductores eléctricos.
- b) Canalizaciones eléctricas.
- c) Conectores para las canalizaciones eléctricas.
- d) Accesorios adicionales.

e) Dispositivos de protección.

Considerando que las instalaciones eléctricas pueden ser: visibles, ocultas, parcialmente ocultas y a prueba de explosión, según sean las necesidades que se requieran en el servicio que se vaya a prestar.

En la siguiente tabla, resumiré los principales métodos para hacer instalaciones eléctricas.

1.-	INSTALACIONES SUPERFICIALES O A LA VISTA. * CONDUCTORES SUSTENTADOS POR AISLANTES * CONDUCTORES APOYADOS EN CHAROLAS * CONDUCTORES SUBTERRANEOS SUSTENTADOS POR MENSULAS * CONDUCTORES BAJO PLOMO O P.V.C. * CONDUCTORES ALOJADOS EN TUBERIAS A LA VISTA
2.-	INSTALACIONES EMBUTIDAS O EMPLOTRADAS EN OBRA DE HORMIGON Y ALBAÑILERIA. * CONDUCTORES ALOJADOS EN TUBERIA EMBUTIDA * CONDUCTORES ALOJADOS EN CANALES EMBUTIDOS
3.-	INSTALACIONES SUBTERRANEAS. * CONDUCTORES SUBTERRANEOS O DIRECTAMENTE ENTERRADOS * CONDUCTORES SUBTERRANEOS ALOJADOS EN TUBOS ENTERRADOS
	SEGUN EL MEDIO EN QUE SE ENCUENTREN LAS INSTALACIONES, SE CLASIFICAN EN: A). A LA INTEMPERIE B). EN INTERIORES C) SUBTERRANEO D) SUMERGIDO

Tabla No.1.4

TIPO DE INSTALACION	FORMA DE COLOCACION DE LOS CONDUCTORES	FORMA DE PROTECCION DE LOS CONDUCTORES	OBSERVACIONES
A LA VISTA	SUPERFICIAL	AISLACION DEL CONDUCTOR	CONDUCTOR SIMPLE O AISLADO UNIPOLAR SOBRE AISLADORES
		PLOMO O TUBO PVC	CONDUCTOR AISLADO MULTIPOLAR EN PLOMO O P.V.C
		TUBO METALICO O DE PLASTICO	CONDUCTOR DE TIPO SUBTERRANEO
	ALOJADO EN TUBOS	TUBO METALICO O DE PLASTICO	CONDUCTOR SIMPLE AISLADO UNIPOLAR
EMBUTIDA EN OBRA DE CONCRETO Y	ALOJADO EN TUBOS	CONCRETO ARMADO Y TUBO	CONDUCTOR SIMPLE AISLADO UNIPOLAR
ALBAÑILERIA	ALOJADO EN DUCTOS ESPECIALES	PAREDES DE CANALIZACION	CONDUCTOR DE TIPO SUBTERRANEO
SUBTERRANEA	DIRECTAMENTE ENTERRADO	PROTECCION SUPERIOR CON LOSETAS O LADRILLOS	CONDUCTOR DE TIPO SUBTERRANEO
	ALOJADO EN CANALES O CONDUCTOS	PAREDES DE TUBO	CONDUCTOR DE TIPO SUBTERRANEO

Tabla N° 1.5

1.6 TIPOS DE ACOMETIDAS.

Entendemos por acometida eléctrica a la parte de la instalación comprendida entre la red general de distribución pública (empresa suministradora) y el inicio de la instalación del edificio, o sea, la caja general, o cajas generales de protección del mismo. En la realidad, el concepto de acometida en la reglamentación actual, hace referencia únicamente a las instalaciones de baja tensión, que se considera caso Diferenciado de aquel en el que el edificio tiene un centro de transformación alimentado en media tensión.

Sin embargo, a nuestros efectos, consideramos también como "acometida", a el tramo de línea que une la red de distribución de media tensión con el edificio.

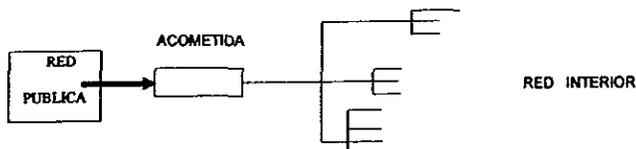


Fig. N° 1.17

En general, la acometida a un edificio es construida o realizada por la empresa suministradora de energía eléctrica, o por alguna empresa instaladora expresamente delegada por aquella, pero siempre bajo su inspección y comprobación directa.

1.6.1 TIPOS DE ACOMETIDAS.

A partir de lo anterior, podemos clasificar las acometidas según dos variables: la tensión de la línea y el trazo de la misma.

Según la Tensión

a) Acometidas de Alta Tensión.

Son aquellas derivadas de línea o de redes alimentadas con tensiones superiores a 1000 Volts. en corriente alterna (valor eficaz) y 1500 Volts. en C.C.

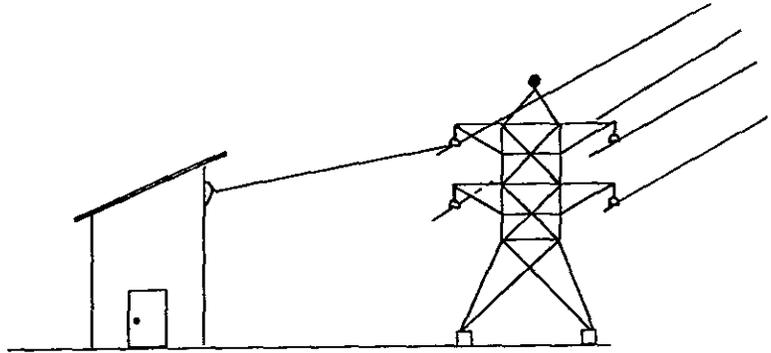


Fig. N°. 1.18

b) Acometidas en Baja Tensión.

Son derivadas de líneas o redes alimentadas con valores menores o iguales a los anteriormente expuestos.

Según el Trazo

- 1) Acometidas aéreas.
- 2) Acometidas subterráneas.

1.6.2 CRITERIOS DE USO.

En general, las acometidas de alta tensión se utilizan para casos de edificios con cargas importantes, o donde se ubique un centro de transformación y en casos, donde se deban salvar grandes distancias e interese reducir las pérdidas y las secciones de los conductores, reduciendo la intensidad, mediante la elevación de la tensión para el transporte de una potencia dada.

Las acometidas en baja tensión se utilizan comúnmente en pequeños edificios, donde no exista posibilidad de construir centros de transformación o cuando las cargas y distancias son pequeñas, etc. En general, en baja tensión las cargas son precisas y de menores precauciones, así como las repercusiones sobre el diseño del edificio son también menores.

Entre las acometidas aéreas su utilización, depende esencialmente de las características de la red de distribución, aunque siempre es posible una conversión aérea en subterránea antes de acometer al edificio. En general se realizan acometidas aéreas en alta tensión en zonas rurales o en desarrollo, donde no existen redes subterráneas de este tipo y prácticamente no se realiza nunca en zonas urbanas, donde dichas redes son casi siempre subterráneas.

En baja tensión se encuentran numerosas acometidas aéreas en zonas urbanas y casi siempre en las rurales; aunque la tendencia al menos en las ciudades, es eliminar este tipo de acometidas. El factor costo y la existencia de redes pre-existentes aéreas hacen que en este caso sea todavía muy común. En cuanto a las acometidas subterráneas de alta tensión, es el caso más común en zonas urbanas, así como, en las no urbanas, pero de malas condiciones climatológicas, y lo mismo podría decirse respecto a las de baja tensión, aunque su empleo esta limitado a niveles altos de infraestructura urbanística, centros urbanos, polígonos de nueva creación.

1.6.3 ACOMETIDAS EN ALTA TENSION.

En dichas acometidas, se deberá tener en cuenta lo dispuesto en la reglamentación existente para alta tensión. En distribuciones en redes urbanas, la tensión más usual es de 25 Kv. y la menor escala es de 11 Kv., aunque en muchas zonas existen distribuciones de 20 Kv, 15 Kv y 6 Kv, e incluso de otras tensiones.

La necesidad de tener una acometida en alta tensión, estará determinada por:

A). La necesidad de un centro de transformación en el edificio, según la carga del mismo.

A1). Acometida aérea en Alta Tensión.

Aunque no es la solución más aconsejable, la acometida aérea a un edificio, en casos en que la red de distribución es aérea resulta en principio más económica. La entrada de los conductores se realizará en forma directa, perpendicularmente a la fachada de la caseta del centro de transformación y a una altura mínima de transformación de 6.0 m. respecto al suelo. No podrá edificarse ninguna construcción a 5.0 m. de la traza que forma la proyección vertical de los conductores de entrada.

En las acometidas aéreas, se colocan en las llegadas y salidas de las líneas de alta tensión, dispositivos llamados pararrayos (puesta a tierra de posibles sobre tensiones del tendido aéreo), colocados antes de la entrada al local del transformador, introduciéndose a la línea en la edificación mediante aisladores para muros, preparados para la tensión de la red.

Actualmente, una solución muy difundida en el caso de líneas aéreas es la de la conversión "aéreo - subterránea", que se realiza en el último poste. Esta solución, aunque más costosa, permite tener ventajas de la acometida subterránea y entre ellas la de un centro de transformación de menor tamaño.

A2). Acometidas Subterráneas en alta Tensión.

En el caso más usual, en los edificios dotados de un centro de transformación, ya que las redes de distribución suelen ser subterráneas o se realiza la conversión aéreo - subterránea. Debe realizarse con cable enterrado a 80 cm. de profundidad, que se introduce en el edificio mediante asbesto - cemento.

Esta solución, aunque más costosa que la aérea, resulta menos molesta por interferencias con el diseño del edificio y de ejecución mucho más limpia. También permite, según la tensión, la utilización de un centro de transformación de menor tamaño.

B). La elección posible de contratación en alta tensión por el usuario.

1.6.4 ACOMETIDAS EN BAJA TENSION.

La reglamentación referente a estas acometidas, viene especificada en el reglamento de baja tensión y se complementa con las Normas de la Compañía Suministradora de energía eléctrica. Dichas acometidas, son limitadas normalmente a potencias pequeñas y distancias poco importantes, que se realizan usualmente en tres fases y un neutro a tensión normalizadas, de las más usuales las siguientes:

- 1). Red trifásica a 220 V (220/127 V).
Tensión entre fase 220 V.
Tensión entre fase y neutro 127 V.
Derivación monofásica a 127 V.
Derivación trifásica a 220 V.

- 2). Red trifásica a 380 V (380/220V).
Tensión entres fases 380 V.
Tensión entres fases y neutro 220 V.
Derivación monofásicas a 220 V.
Derivación trifásicas a 380 V.

Salvo en acometidas a pequeños edificios (viviendas unifamiliares pequeñas), acometerán siempre al edificio 4 conductores (3 fases y un neutro). En la práctica, en zonas urbanas, las acometidas se realizarán en muchos casos en baja tensión, aunque la potencia sea relativamente elevada, si la compañía suministradora posee un centro de transformación próximo y con capacidad para suministrar energía a los edificios colindantes.

1.6.5 ACOMETIDAS AREAS EN BAJA TENSION.

Suele ser el sistema más económico y su utilización está todavía muy difundida, puede provenir de una red aérea convencional de baja tensión (4 hilos separados), o de una red trenzada (conductores aislados formando un haz).

Tanto en uno como en otro caso se deberá construir un amarre para la acometida, que puede ser un poste o un gancho empotrado en la obra. La sustentación y la derivación de la línea estará a una altura entre 6 y 8 m. sobre la acera; esta normalmente sobre la cruceta, la cual provista de aisladores, ocupa una altura de 1.0 a 1.20 m.

1.6.6 ACOMETIDAS SUBTERRANEAS EN BAJA TENSION.

Este sistema es más recomendable que las acometidas aéreas; porque es más limpio y seguro. Los conductores penetran en el edificio, a través de tubos o canalizaciones, que se deberán prever al realizar la acometida.

Es posible realizar la conversión de una red aérea, convencional o trenzada, mediante un simple poste con un conducto acoplado.

CAPITULO II

GENERACION Y TRANSFORMACION DE LA ELECTRICIDAD.

2.1 OBJETIVO ESPECIFICO.

El objetivo de este capítulo, es tratar las generalidades de la parte eléctrica, las centrales e instalaciones eléctricas del sistema; como son las subestaciones y las líneas de transmisión.

El caso más general de las centrales eléctricas, es aquel en que la energía que se produce, se debe utilizar en una zona situada a una distancia considerable; por lo que la central debe interconectarse por medio de líneas de transmisión.

Por razones de economía, el transporte de potencia generada, requiere del empleo de tensiones elevadas a valores convenientes de acuerdo a la potencia por transmitir y la distancia a la cual se debe hacer, esto requiere del uso de los transformadores, que como se sabe son dispositivos o máquinas eléctricas estáticas, que transforman la tensión, sin cambiar las características de la potencia, que transfiere de un circuito a otro.

En México, las tensiones de generación se encuentran comprendidas entre 6 y 30 Kv., teniéndose valores de 13.8, 15, 20 y 30 Kv. en algunas centrales generadoras. Las tensiones de transmisión usadas en México son: de 23, 69, 115, 230 y 400 Kv.

Las centrales eléctricas usan corriente alterna y corriente directa para alimentar diferentes tipos de servicios. La C.A. se alimenta en baja tensión de la forma siguiente:

Trifásica a 220, 480 V. o 440 V. y Monofásica a 125 V; la corriente directa, se usa para los circuitos de señalización y de comando que se debe alimentar, se hace con tensiones de 750 V, 250 V, 110 V y 24 V, en algunos casos en la generación o producción eléctrica.

Existen varias clasificaciones de subestaciones eléctricas, sin embargo, es común clasificarlas de acuerdo a la función que va a desempeñar dentro del sistema de producción o transformación eléctrica.

2.2 GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA.

La energía eléctrica suministrada por un sistema eléctrico, procede principalmente de la gran cantidad de recursos naturales que ha utilizado el hombre en su incansable afán por mejorar su medio de vida, en las que destacan las fuentes de energía que existen son corrientes de agua, carbón, petróleo, reacciones química, viento, vapor, calor solar y *reacción nuclear*: porque dichas fuentes constituyen en la actualidad, la base para la producción que necesita la humanidad para su desarrollo ; a tal riqueza se le conoce con el nombre de energía eléctrica.

Las fuentes más utilizadas en nuestro país, para la generación de la energía eléctrica son las siguientes :

- * Aprovechamiento de caídas de agua.
- * Combustibles fósiles (petróleo, gas natural, carbón).
- * Fisión nuclear.

Otras fuentes que han tenido una utilización limitada hasta la fecha, son la energía geotérmica y la energía producida por las mareas. También se han empleado para generación de pequeñas cantidades de energía eléctrica en forma intermitente, la fuerza del viento y la energía solar.

Es común denominar al conjunto de los equipos que se usan para generar energía eléctrica, con los nombres de centrales, plantas o estaciones.

La corriente eléctrica que estas generan es alterna y trifásica.

2.2.1 PLANTA HIDROELECTRICA.

La localización de las plantas generadoras, en el caso de las plantas hidroeléctricas y maremotrices, o de las plantas geotérmicas, está determinada por las condiciones naturales para realizar una conversión económica de la energía eléctrica (incluyendo en la evaluación de la economía del proyecto el costo de la transmisión de la energía eléctrica, hasta los lugares de consumo).

En general, este tipo de desarrollos, queda localizado lejos de los centros de consumo y requiere de un sistema de transmisión de alta tensión para el transporte de la energía eléctrica..

2.2.2 PLANTAS TERMoelectricas.

Estas plantas, utilizan combustibles fósiles (petróleo, gas natural, carbón), resulta en general más económico transportar el

combustible que la energía eléctrica, de manera que la tendencia en el pasado ha sido instalarlas cerca de los centros de consumo.

Esto seguiría siendo aplicable para las plantas generadoras de turbinas con gas, que se usan para operar durante las horas de demanda máxima y durante emergencias. En cambio para las plantas con turbinas de vapor, la utilización de grandes unidades generadoras, que permite reducir el costo por Kw. instalado, conduce a instalarlas en lugares donde puede disponerse de agua suficiente para la refrigeración (si esto no es posible, se utilizan torres de enfriamiento, pero esta solución encarece la instalación), donde pueden obtenerse terrenos a un costo razonable y pueda disponerse de combustible barato.

Todos estos factores y los problemas de contaminación atmosférica contribuyen a alejar este tipo de plantas de los centros urbanos, y por lo tanto, hacen necesaria la instalación de un sistema de transmisión de alta tensión.

2.2.3 PLANTAS NUCLEARES.

En este tipo de plantas, el costo de transporte de los materiales de fisión, es despreciable, y no existe emisión de gases de combustión a la atmósfera, pero como en el caso anterior, el gran tamaño de las unidades y la necesidad de agua de refrigeración hacen que tampoco se instalen en la proximidad de los centros de consumo.

2.3 SISTEMAS DE TRANSFORMACION.

Las ventajas que se obtienen con la utilización del transformador eléctrico, en un sistema de corriente alterna, al poder elevar o reducir con ella la tensión eléctrica, permiten que la corriente generada por las centrales pueda ser transmitida a largas distancias con grandes beneficios económicos; notablemente de los que se obtienen utilizando el sistema de corriente continua.

En la siguiente fig., se representa esquemáticamente los elementos de un sistema de energía eléctrica.

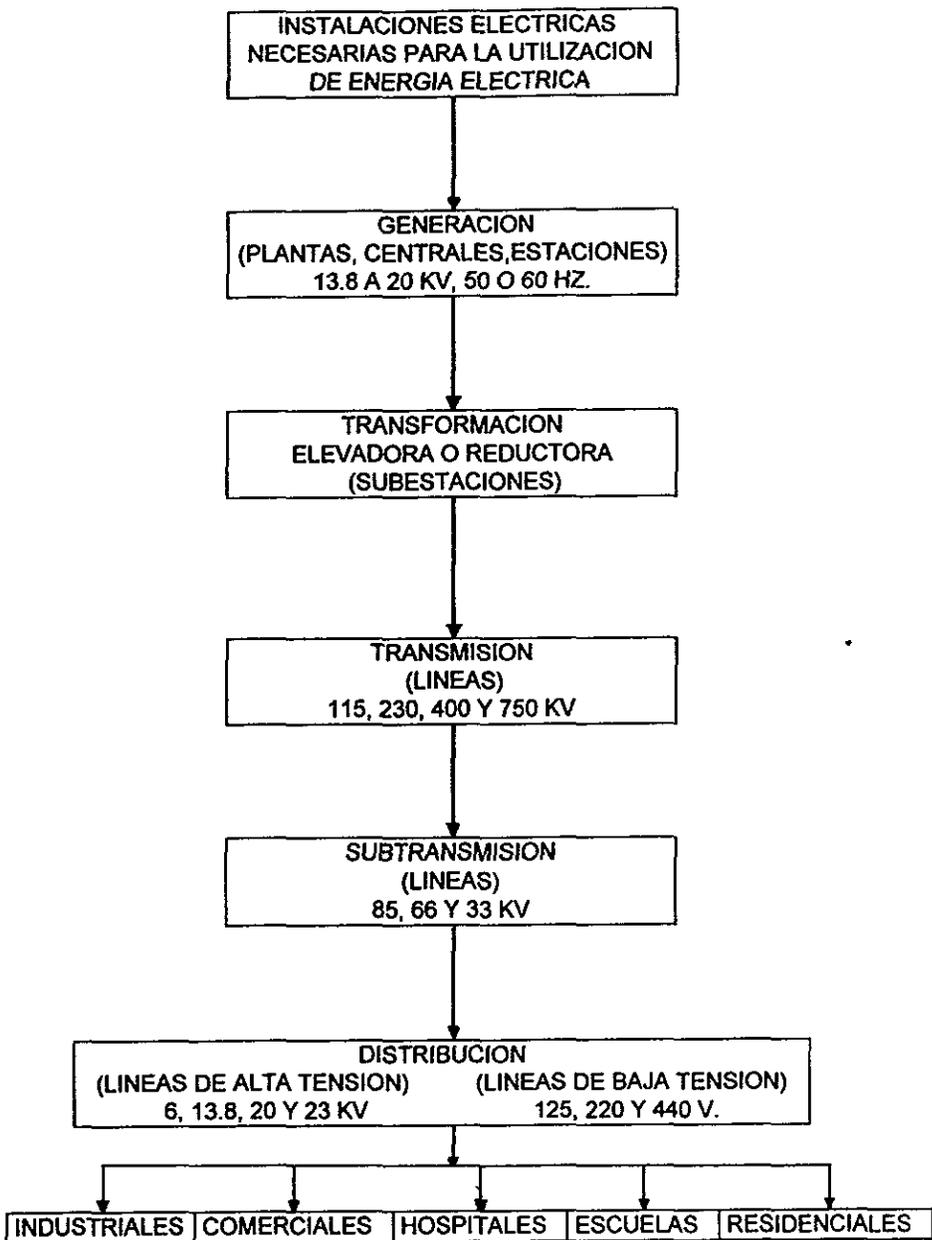


Fig. No. 2.1

En general, como ya se dijo, las plantas generadoras, están alejados de los centros de consumo y conectadas a estos a través de una red de alta tensión, aunque algunas plantas generadoras pueden estar conectada directamente al sistema de distribución.

La tensión se eleva a la salida de los generadores, para realizar la transmisión de la energía eléctrica en forma económica y se reduce en la proximidad de los centros de consumo, para alimentar el sistema de distribución una tensión adecuada.

Esta alimentación puede hacerse directamente desde la red de transmisión, reduciendo la tensión en un solo paso al nivel de distribución, o a través de un sistema de subtransmisión o repartición, utilizando un nivel de tensión intermedio.

Las instalaciones de transformación se conocen también con el nombre de subestaciones.

2.4 SISTEMA DE TRANSMISION Y DISTRIBUCION.

La energía eléctrica, es siempre transmitida a tensiones muy altas desde la planta generadora hasta el área consumidora. Debido a que la energía eléctrica, es igual al producto de la tensión por la corriente, se pueden transmitir cantidades iguales de energía, mediante alta tensión y poca corriente, como por medio de baja tensión y mucha corriente.

No obstante, la pérdida de energía debida al calentamiento de la resistencia de los conductores, es igual al cuadrado de la corriente multiplicada por la resistencia. En consecuencia, las pérdidas debidas al calentamiento de la resistencia pueden ser considerablemente reducidas, incrementando la tensión y reduciendo de esa manera la cantidad de flujo de corriente, necesario para suministrar una energía igual.

En general, la energía eléctrica Trifásica, proveniente de la estación generadora que es elevada a 22 Kv y es enviada mediante una "línea de transmisión" a una subestación local. Los sistemas de distribución, pueden adoptar diversas disposiciones, ya sea que la distribución se haga con líneas aéreas ó subterráneas y diversos arreglos de la topología del sistema: radial, en anillo o en red. Esto depende en gran parte de la densidad de carga, en una área determinada y del tipo de carga.

2.4.1 TRANSMISION.

El propósito fundamental de estas instalaciones consiste en transportar la energía que generan las centrales eléctricas hasta los centros de consumo, así como interconectar en algunos casos, dichas centrales entre si, tanto la gran longitud que tienen como su alta tensión de transmisión, las distinguen de instalaciones similares, su gran longitud se debe a que por condiciones propias de la naturaleza, esta ha fijado las fuentes

de energía como por ejemplo las corrientes de agua, bastante lejos de los centros de consumo, sin embargo a pesar de que este tipo de instalaciones corresponden al grupo general de las instalaciones eléctricas, las características que poseen, han motivado que se les denomine para su estudio como líneas de transmisión de energía eléctrica en alta tensión.

Las tensiones eléctricas de estas líneas que tienen mayor aplicación son : 115, 230, 400 y 750 kv.

2.4.2 SUBTRANSMISION.

Se caracterizan por tener longitudes y tensiones eléctricas menores que las instalaciones de transmisión, su nombre práctico es el mismo que el de estas últimas y la aplicación que tienen, consisten en interconectar entre si, las instalaciones que se utilizan para transformar la tensión o sean, las subestaciones.

Las tensiones eléctricas mas usuales de estas instalaciones de subtransmisión son : 33, 66 y 85 kv.

2.4.3 DISTRIBUCION.

Este tipo de instalaciones eléctricas se conocen también con el nombre de líneas de distribución de energía eléctrica y constituyen la primera de las etapas en donde es posible hacer uso de la energía eléctrica.

De acuerdo a las aplicaciones prácticas que tienen, se encuentran divididas dos tipos.

- A) Alta tensión.
- B) Baja tensión.

A) Líneas de distribución en alta tensión.

Se utilizan para abastecer los centros de consumo que demandan grandes cantidades de energía eléctrica, donde quedan ubicados en la mayoría de los centros industriales.

La característica principal que distingue a este tipo de instalaciones, es la economía que se logra por el pago de la energía eléctrica que se consume, debido precisamente a la gran demanda que se hace de energía.

Las tensiones eléctricas mas comunes de suministro son de 6, 13.8, 20 y 23 kv.

Los diseños modernos con la distribución de la energía en alta tensión, incluyen métodos que utilizan subestaciones unitarias localizadas en los puntos donde se considera concentrada la carga del sistema por alimentar, es decir ubicadas lo mas cerca posible del centro geométrico del área que ocupen los equipos que se alimenten por medio de la subestación.

Naturalmente, tal localización depende tanto del número y tamaño de las cargas que demanden tales equipos, como de las condiciones físicas que presente el local.

La ubicación de subestaciones unitarias para circuitos de distribución. Con el objeto fundamental de obtener diversos grados de continuidad en el servicio, por ejemplo en los sistemas que requieren suministro ininterrumpido de energía, se han experimentado diversos arreglos de la ubicación de las subestaciones unitarias usadas en los circuitos de distribución de energía eléctrica en alta tensión, de los cuales los más usuales son los siguientes :

A.1 Sistema radial.

Consiste en un alimentador primario de alta tensión, conectada a un transformador por cuyo devanado secundario se energizan los alimentadores secundarios.

Su funcionamiento se caracteriza por que al presentarse una falla en la fuente de energía se presenta simultáneamente una falla en toda la subestación .

No obstante, que este arreglo es el que proporciona el menor grado de continuidad en el servicio, puede usarse en la mayoría de los servicios de fuerza.

Los sistemas de distribución radiales aéreos se usan generalmente en las zonas suburbanas y en las zonas rurales. Los alimentadores primarios, que parten de la subestación de distribución, están constituidos por las líneas aéreas sobre postes y alimentan los transformadores de distribución, estos están también montados sobre postes.

En regiones rurales, en que la densidad de carga es baja, se usa el sistema radial puro. Para la alimentación primaria radial, se usan dos sistemas: trifásico de tres hilos (dos fases y un neutro) y trifásico de cuatro hilos (tres fases y un neutro)

SISTEMA DE DISTRIBUCION Y TRANSMISION.

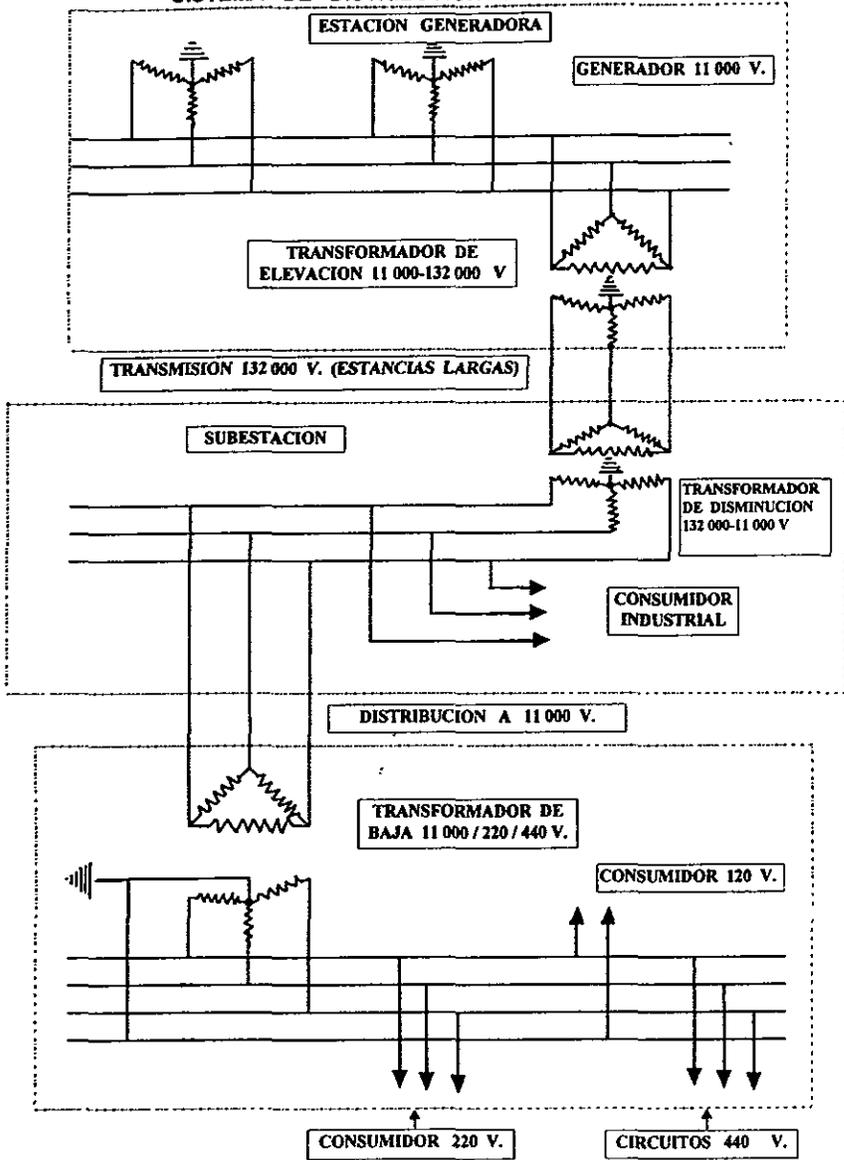


Fig. No. 2.2

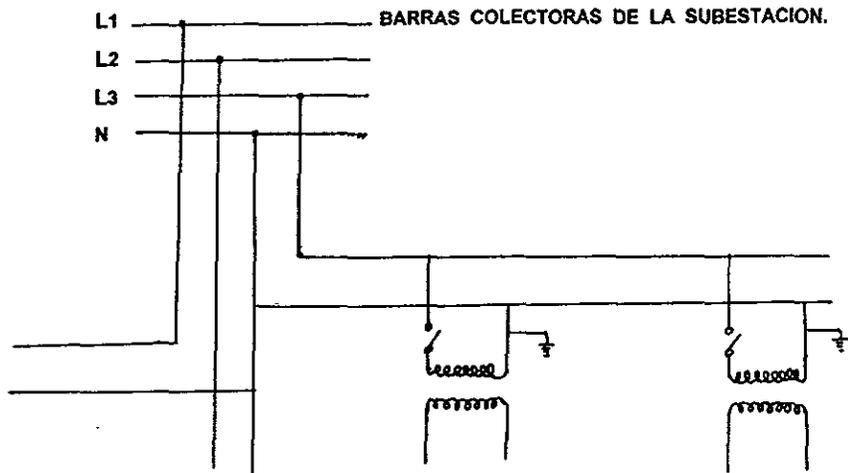


Fig. No. 2.3

SISTEMA DE DISTRIBUCION RADIAL, CON ALIMENTADORES PRIMARIOS TRIFASICOS DE CUATRO HILOS (DIAGRAMA TRIFILAR).

A.2 Sistema de conexión en anillo.

En zonas de densidad de carga elevada, se puede recurrir, para mejorar la continuidad del servicio a interconectar los extremos de dos alimentadores primarios, que salen de una misma subestación mediante un interruptor, este arreglo puede operar normalmente abierto o normalmente cerrado en cuyo caso opera como anillo.

A.3) Normalmente abierto.

En cuyo caso los dos alimentadores funcionan como alimentadores radiales, en caso de una falla en un alimentador, abre el interruptor correspondiente de la subestación y después de desconectar la zona afectada por la falla, puede cerrarse el interruptor de amarre para tomar parte de la carga del alimentador afectado por la falla.

A.4) Normalmente cerrado.

En este caso funciona como anillo, la carga total se divide entre los alimentadores y se obtiene una mejor regulación del voltaje y se reducen las pérdidas. Una falla en el punto del anillo provoca la apertura del interruptor de amarre, el cual abre instantáneamente, separando los dos alimentadores y después abre el interruptor de la subestación correspondiente al alimentador afectado por la falla.

Por lo que hace a los circuitos secundarios de los sistemas radiales, existen dos tipos principales; trifásicos de cuatro hilos y monofásicos de tres hilos.

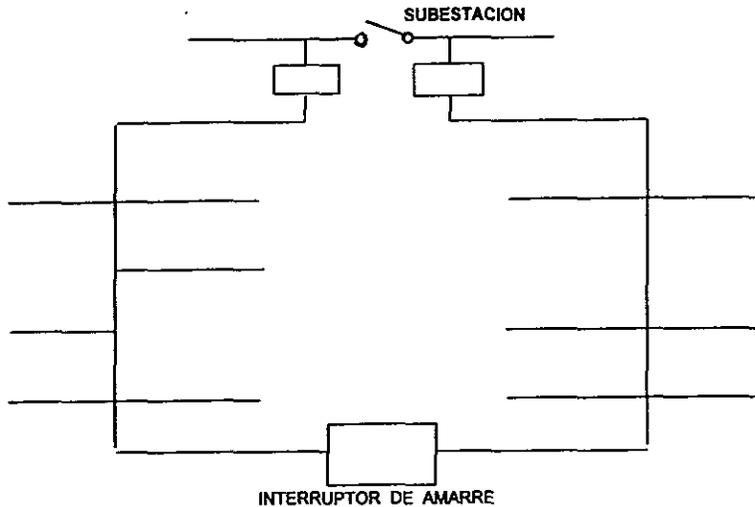


Fig. No. 2.4

CONEXION DE DOS ALIMENTADORES PRIMARIOS PARA FORMAR UN ANILLO.

A.5). Sistema de red automática secundaria.

Este sistema de distribución, se utiliza en zonas urbanas de gran densidad de carga y proporciona un grado de continuidad de servicio muy elevado. las instalaciones son subterráneas; esta red se constituye por alimentadores secundarios, trifásicos de cuatro hilos interconectados, formando una malla, siguiendo el trazo de las calles de la zona urbana a la que se le suministra la energía eléctrica y de la que se derivan los servicios a los consumidores.

B) Líneas de distribución en baja tensión.

Son las instalaciones usadas para suministrar energía eléctrica a los consumidores menores, como son por ejemplo: pequeñas industrias, comercios, hospitales, escuelas, etc.

La mayoría de los servicios domésticos, las tensiones más comunes de suministro son : 127 y 220 volts.

2.5 SUBESTACIONES ELECTRICAS

Una subestación eléctrica, no es más que una de las partes que intervienen en el proceso de generación - consumo de energía eléctrica; por lo cual, una subestación eléctrica es un conjunto de elementos o dispositivos que nos permite cambiar las características de energía eléctrica (voltaje, corriente, etc.), tipo C.A. a C.C. o bien conservarle dentro de ciertas características.

Por razones técnicas (aislamiento, enfriamiento, etc.), los voltajes de generación en las centrales generadoras son relativamente bajos en relación con los voltajes de transmisión, por lo que, si la energía eléctrica se va a transportar a grandes distancias, estos voltajes de generación resultarían antieconómicos, debido a que se tendría gran caída de voltaje; de aquí se presenta la necesidad de transmitir energía eléctrica de una central generadora a un centro de consumo que está situado a 1000 Km. de distancia, será necesario elevar el voltaje de generación que suponemos de 13.8 Kv. a otro de transmisión más conveniente que suponemos sea de 110 Kv.

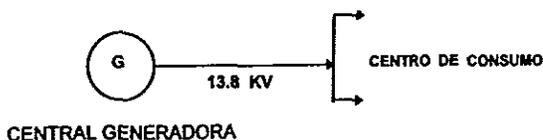


Fig. No. 2.5

Para poder elevar el voltaje de generación de 13.8 Kv. al de transmisión de 110 Kv, es necesario emplear una subestación "A".

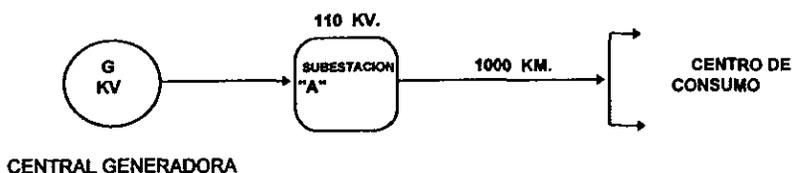


Fig. No. 2.6

Suponiendo que la caída de voltaje en la línea de transmisión, fuera cero volts, tendríamos en el centro de consumo 110 Kv. es claro que el voltaje no es posible emplearlo en instalaciones industriales, comerciales y residenciales, de donde se desprende la necesidad de reducir el voltaje de transmisión de 110 Kv. a otros más convenientes de distribución en centros de consumo. Por tal razón, es necesario emplear otra subestación de reducción "B".



Fig. No. 2.7

De lo anterior se deduce que existe una estrecha relación entre las subestaciones eléctricas, líneas de transmisión y centrales generadoras.

Se da el nombre de subestación eléctrica, al conjunto de elementos que sirven para alimentar el servicio eléctrico de alta tensión, a un sistema con demanda grande de energía para obtener luz, fuerza y otros servicios.

En la subestación, se utilizan transformadores para reducir la tensión a 2,200 voltios, y se envía la energía mediante una "línea de distribución" a un transformador ubicado en las cercanías del consumidor. Este transformador reduce la tensión a 440, 220 ó 110 voltios, la cual es enviada o utilizada, sólo a una corta distancia al interior del edificio del usuario.

En plantas industriales muy grandes, la tensión proveniente de la subestación puede ser tan alta como 22 Kv. En instalaciones de este tipo, la energía es transmitida a las secciones principales de la planta a una tensión comprendida entre 2,200v, y más de 13 Kv.

Luego, a una subestación de la planta reduce la tensión a 440, 220 o 110 voltios, para su distribución a sus necesidades de consumo dentro de la planta. Se usan otras combinaciones de transmisión y de distribución de la tensión entre el generador de energía y el usuario, pero las instalaciones que han sido mencionadas son usadas comúnmente.

Las subestaciones eléctricas, no obstante su elevado costo, son convenientes al usuario, debido a que las cuotas de consumo, medidas en alta tensión, son mucho más económicas que cuando los servicios son suministrados por la empresa en baja tensión; por lo cual, el gasto inicial se compensa en poco tiempo, quedando un ahorro al propietario.

CLASIFICACION DE LAS SUBESTACIONES ELECTRICAS.

- A).** Por su operación.
 - a.1 Subestación de corriente alterna.
 - a.2 Subestación de corriente continua.
- B):** Por su servicio.

La elevación y la reducción de la tensión y la interconexión de los distintos elementos del sistema se llevan a cabo en las subestaciones, que constituyen los nudos de la red, cuyas ramas están constituidas por las líneas de acuerdo con la función que desarrollan.

Por su servicio se clasifican en:

PRIMARIAS

- b.1.1** Subestaciones elevadoras de las plantas generadoras.

b.1.2 Subestaciones receptoras o reductoras para alimentar los sistemas de distribución.

b.1.3 Subestaciones de enlace, interconexión y distribución de la red de alta tensión.

b.1.4 De switcheo o de maniobra.

b.1.5 Subestaciones convertidoras.

b.1.6 Subestaciones rectificadoras.

SECUNDARIAS

b.2.1 Subestaciones receptoras: reductoras y elevadoras.

b.2.2 Subestaciones distribuidoras.

b.2.3 Subestaciones de enlace.

b.2.4 Subestaciones convertidoras o rectificadoras.

C). _ Por su construcción.

c.1 Tipo intemperie.

c.2 Tipo interior.

c.3 Tipo blindado.

ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE UNA SUBESTACION.

Los elementos que constituyen una subestación, se clasifican en:

A). _ Elementos principales.

a.1 Transformador.

a.2 Interruptor de potencia.

a.3 Restaurador.

a.4 Cuchillas fusibles.

a.5 Cuchillas desconectoras y de prueba

a.6 Pararrayos.

a.7 Tablero dúplex de control.

a.8 Condensadores.

a.9 Transformadores de instrumento.

B). _ Elementos secundarios.

b.1 Cables de potencia.

- b.2 Cables de control.
- b.3 Alumbrado.
- b.4 Estructura.
- b.5 Herrajes.
- b.6 Equipo contra incendio.
- b.7 Equipo de filtrado de aceite.
- b.8 Sistema de tierras.
- b.9 Carrier.
- b.10 Intercomunicación.
- b.11 Trincheras, ductos, conducto y drenaje.
- b.12 Cercas.

2.5.1 ELEMENTOS PRINCIPALES DE UNA SUBESTACION.

En la siguiente figura se muestran las cinco secciones, cuyas características se indican a continuación.

1.- Sección para alojar el equipo de medición de la energía eléctrica y para contener un juego de apartarrayos usados para la protección de los equipos de la subestación contra las sobre tensiones que se originen en la línea de alta tensión. El equipo de medición que normalmente proporciona la compañía que suministra la energía, consiste por lo general, en medidores de energía eléctrica, estos son conectados a la línea que suministra la energía por medir.

2.- Sección que contiene comúnmente dos juegos de cuchillas de prueba, usadas para conectar y desconectar el circuito de los medidores de energía que utiliza periódicamente la compañía para verificar la exactitud de la energía suministrada.

3.- Sección para colocar un interruptor de alta tensión que sirve para proteger contra los efectos de una sobrecorriente al transformador usado para reducir la tensión de alimentación.

4.-Sección para alojar un transformador eléctrico para operación en aire o sumergido en un líquido aislante natural como el aceite.

Este transformador es considerado el equipo principal de la subestación, ya que realiza la función básica .

Es decir, reduce la magnitud de la alta tensión de la energía eléctrica de alimentación y suministra baja tensión a los alimentadores secundarios.

5.- Sección utilizada para alojar el tablero de baja tensión que conectado a las terminales del devanado, secundario del transformador y constituido básicamente por un interruptor general y varios interruptores secundarios, sirve para energizar y desenergizar los conductores alimentadores secundarios que llevan la energía eléctrica demandada por las cargas conectadas a dicho tablero.

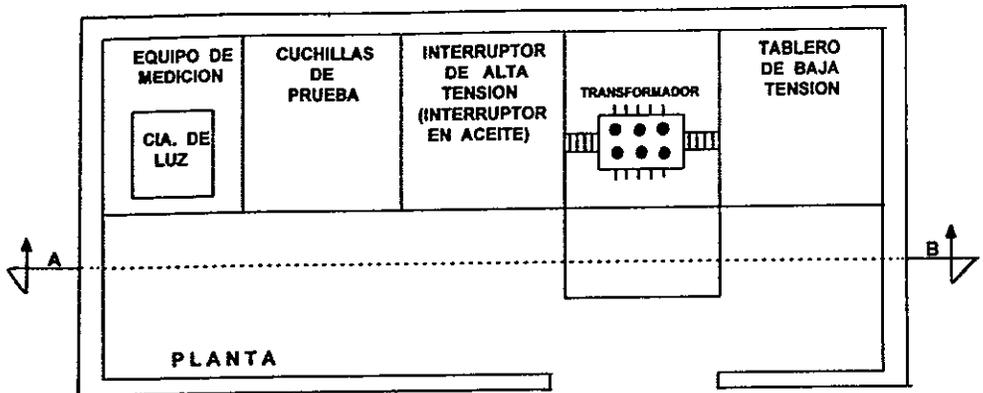
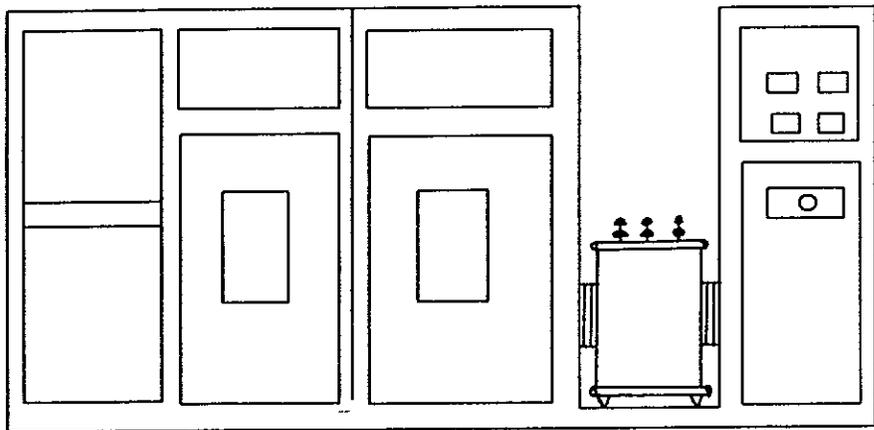


Fig. No. 2.8



CORTE A - B

Fig. No. 2.9

SUBSTACIÓN ELÉCTRICA TIPO COMPACTA, SERVICIO INTERIOR PARA ALUMBRADO Y FUERZA, 25 KV Y 60 KV.

DIAGRAMA UNIFILAR DE UNA SUBESTACION.

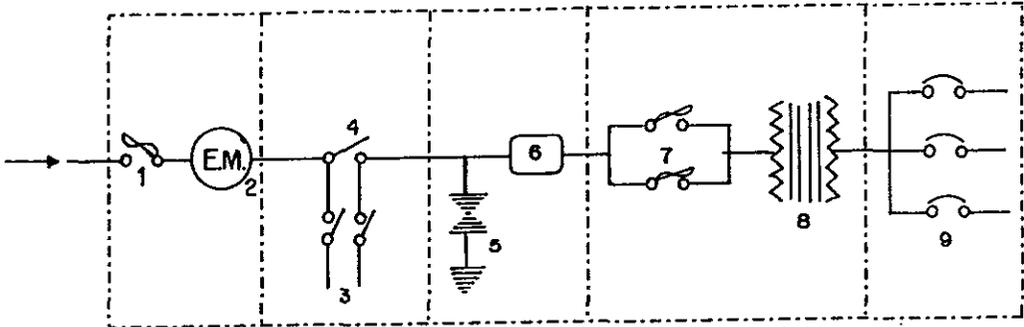


Fig. No. 2.10

- 1.- Cuchillas seccionadoras de fusibles
- 2.- Equipo de medición de compañía
- 3.- Cuchillas seccionadoras de prueba
- 4.- Cuchillas seccionadoras generales
- 5.- Apartarrayos
- 6.- Interruptor general en aceite (alta tensión)
- 7.- Igual que (1) (cuchillas seccionadoras de fusibles)
- 8.- Transformador de potencia
- 9.- Tablero de baja tensión (interruptores termomagnéticos)

2.6 TRANSFORMADORES ELECTRICOS.

Los transformadores son un medio sencillo para cambiar el valor de un voltaje alterno. Si un transformador recibe energía a baja tensión y la suministra a alta tensión, se le llama transformador elevador.

Y si el transformador recibe energía en alta tensión y la suministra en baja tensión (bajo voltaje), será transformador reductor; sin embargo, se debe aplicar siempre al transformador la tensión para la que está proyectado.

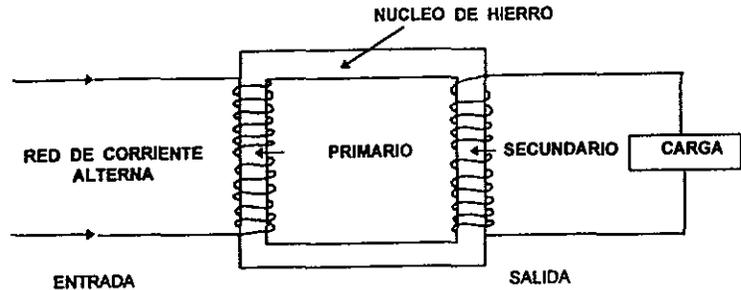


Fig. No. 2.11

DIAGRAMA ELEMENTAL DE UN TRANSFORMADOR.

Un transformador es un dispositivo que:

- ◆ Transfiere energía eléctrica de un circuito a otro conservando la frecuencia constante.
- ◆ Lo hace bajo el principio de inducción electromagnética.
- ◆ Tiene circuitos eléctricos que están eslabonados magnéticamente y aislados eléctricamente.
- ◆ Usualmente lo hace con un cambio de voltaje, aunque no es necesario.

LOS ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN UN TRANSFORMADOR.

- 1.- Tanque
- 2.- Tubos radiadores
- 3.- Núcleo (circuito magnético)
- 4.- Devanados
- 5.- Relé de protección tanque conservador
- 6.- Tanque conservador
- 7.- Indicador de aceite
- 8.- Tubo de escape en caso de explosión
- 9 Y 10.- Boquillas o aisladores de potencia
- 11.- Termómetro
- 12.- Conexión de los tubos radiadores al tanque
- 13.- Tornillos opresores para dar rigidez al núcleo
- 14.- Base de rodar
- 15.- Refrigerante

CLASIFICACION DE LOS TRANSFORMADORES.

- A. Forma de su núcleo.
 - 1.- Tipo de columna.
 - 2.- Tipo acorazado.
 - 3.- Tipo envolvente.
 - 4.- Tipo radial.

- B. Por su número de fases
 - 1.- Monofásicos.
 - 2.- Trifásico.

- C. Por número de devanados.
 - 1.- Dos devanados.
 - 2.- Tres devanados.

- D. Por el medio refrigerante.
 - 1.- Aceite
 - 2.- Aire.
 - 3.- Líquido inerte.

- E. Por el tipo de enfriamiento.
 - 1.- Enfriamiento OA
 - 2.- Enfriamiento OW
 - 3.- Enfriamiento OWA
 - 4.- Enfriamiento OA/AF
 - 5.- Enfriamiento OA/FA/FA
 - 6.- Enfriamiento FOA
 - 7.- Enfriamiento OA/FA/FOA
 - 8.- *Enfriamiento* FOW
 - 9.- Enfriamiento A/A
 - 10.- Enfriamiento AA/FA

- F. Por la regulación.
 - 1.- Regulación fija.
 - 2.- Regulación variable con carga.
 - 3.- Regulación variable sin carga.

- G. Por la operación.
 - 1.- De potencia.
 - 2.- Distribución.
 - 3.- De instrumento.
 - 4.- De horno eléctrico.
 - 5.- De ferrocarril.

LOS TIPOS DE ENFRIAMIENTO MAS EMPLEADOS EN TRANSFORMADORES SON LOS SIGUIENTES:

Tipo OA.

Sumergido en aceite con enfriamiento propio.

Por lo general en transformadores de más de 50 Kva., se usan tubos radiadores o tubos corrugados para disminuir la pérdida, en capacidades mayores de 3,000 Kva., se usan radiadores de tipo desmontable. Este tipo de transformador con voltajes de 46 Kv. o menores, puede tener como medio de enfriamiento liquido inerte aislante en vez de aceite. Este transformador, es el típico básico y sirve como norma para capacidad y precio de otros.

Tipo OA/FA.

Sumergido en aceite con enfriamiento propio, por medio de aire forzado.

Este es básicamente un transformador OA con adición de ventiladores para aumentar la capacidad de disipación de calor.

Tipo OA/FA/FOA.

Sumergido en aceite con enfriamiento propio a base de aire forzado y aceite forzado.

Este transformador es básicamente un "Tipo OA" con adición de ventiladores y bombas para circulación de aceite.

Tipo FOA.

Sumergido en aceite, enfriado con aceite forzado y con enfriador de aire forzado.

Este tipo de transformadores, se usa únicamente donde se desea que operen al mismo tiempo las bombas de aceite y los ventiladores; tales condiciones absorben cualquier carga a pico a plena carga.

Tipo OW.

Sumergido en aceite y enfriado con agua.

Este tipo de transformadores el agua de enfriamiento es conducida por serpentines, los cuales estan en contacto con el aceite aislante del transformador. El aceite circula alrededor de los serpentines por convección natural.

Tipo AA.

Tipo seco, con enfriamiento propio. No contiene aceite ni otros líquidos para enfriar, son usados en voltajes nominales menores de 15 Kv. en pequeñas capacidades.

Tipo AFA.

Tipo seco, enfriado por aire forzado. Estos transformadores tienen una capacidad simple basada en la circulación de aire forzado por ventiladores o sopladores.

Conexión de transformadores.

A) Conexión Delta-Delta.

Esta conexión en transformadores trifásicos, se emplea en lugares donde existen tensiones relativamente bajas en sistemas de distribución, se utiliza para alimentar cargas trifásicas a 3 hilos.

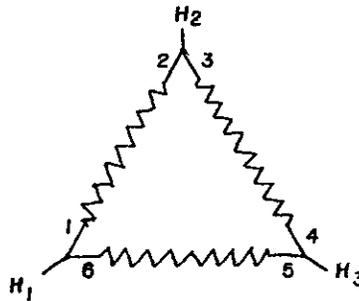


Fig. No. 2.12

Esta conexión presenta la desventaja de no tener hilo de retorno; en cambio tiene la ventaja de poder conectar los devanados primarios y secundarios sin desfasamiento.

B). Conexión delta - estrella (Δ , Y).

Esta conexión, se emplea en aquellos sistemas de transmisión en que es necesario elevar voltajes de generación. En sistemas de distribución es conveniente su uso debido a que se pueden tener 2 voltajes diferentes (entre fase y neutro).

Conectando la delta en el lado de la tensión y la estrella en el lado de la carga, con esto tendremos dos tensiones en el lado de carga. Una tensión entre líneas para alimentar cargas de fuerza (motores), y otra línea a neutro para alimentar alumbrado.

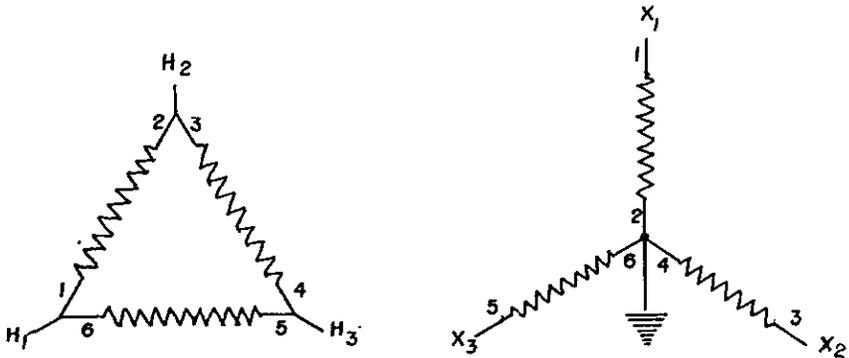


Fig. No. 2.13

CONEXION DE TRANSFORMADORES MONOFASICOS EN BANCOS TRIFASICOS.

Los transformadores monofásicos, se conectan en bancos trifásicos principalmente en dos tipos de circuitos.

- a). En circuitos de muy alto voltaje.
- b). En circuitos en que se requiere continuidad en el servicio.

Normalmente se dispone de cuatro transformadores monofásicos, tres en operación y uno en reserva.

- c). Conexión Estrella - Estrella (Y - Y).

La conexión Y - Y poco usada, solo se emplea en las subestaciones donde se trabaja en muy alta tensión en el primario y en el secundario (mayores de 100 Kv), en subestaciones industriales prácticamente no tiene uso.

- d). Conexión Estrella - Delta (Y - Δ).

Esta conexión tiene características contrarias a la "Δ - Y" y es empleada para reducir tensiones y alimentar cargas trifásicas exclusivamente.

2.7 DETALLES Y MATERIALES PARA INSTALACION DE ALTA TENSION.

Actualmente, la porcelana eléctrica esta siendo desplazada por las resinas sintéticas para las instalaciones de alta tensión interiores; las cualidades de este material son muy superiores a los antiguos aisladores de porcelana, tanto por su resistencia mecánica como de su rigidez dieléctrica.

Antiguamente, no pocas veces las líneas de la subestación, sufrían por la rotura o defecto de algún aislador, con su consiguiente paro del servicio y el elevado costo del tiempo perdido en la reparación, en cambio con los nuevos aisladores de apoyo, estos contratiempos han desaparecido en las instalaciones modernas, aunque de momento, el costo de los mismos, comparado con los aisladores de porcelana sea más alto, a la larga el aumento es capitalizado por el buen servicio y la duración que prestan.

2.7.1 AISLADORES DE APOYO PARA SERVICIO INTERIOR DE RESINA SINTETICA.

Los aisladores de apoyo están fabricados de resina sintética y en ambos lados frontales están fundidos nipples de rosca. Principalmente se usan en instalaciones de alta tensión y también para la instalación aislada de aparatos de alta tensión.

Por la alta resistencia de la resina sintética contra influencias climáticas y la forma acanalada, se pueden usar como aisladores de apoyo; también en ambientes de aires húmedos y en climas tropicales, hasta temperaturas ambientales de 90°C.

En seguida tenemos un desconector de cuchillas por grupo, provisto de fusibles de alta tensión. Grupo desconector, para accionarlo se utiliza un aditamento especial, que proporciona el fabricante. Para el montaje de los aisladores de apoyo, se usan en la parte superior en que van montados los conductores, se adquieren en el mercado, los sujetadores son piezas de forma redonda y cuya base tiene un tornillo que se rosca en el aislador; esta base, consta de dos piezas que a la vez, van sujetas por tornillos.

Ambas piezas son de bronce pulido y llevan un pequeña canal para acomodar el alambre, el cual queda sujeto mediante los tornillos. En la parte inferior del aislador, o sea la base, lleva también un agujero de metal roscado, que sirve para sentarse en la estructura de fierro y sujeta mediante un tornillo que atraviesa la estructura y penetra en el aislador.

Una recomendación especial para la colocación de estos aisladores a la estructura de fierro, es la de que cada tornillo sujete el aislador, deberá tener una rondana de presión, para evitar que las trepidaciones naturales, vayan con el tiempo aflojándolo y termine por zafarse totalmente.

Los conductores que se emplean en la instalación de subestaciones, deben ser de cobre rígido desnudo, pintadas de acuerdo con el código de colores, su colocación debe ser perfecta, de manera que las barras o conductores que se empleen, deberán estar perfectamente bien rectos y sin ondulaciones o curvaturas, guardando una distancia de acuerdo con el voltaje a que vaya a trabajar, dejando la explicación en el tema de subestaciones.

Para la protección de las subestaciones, se emplean apartarrayos. Los apartarrayos empleados para la protección de las instalaciones y subestaciones de abastecimiento, su cometido consiste en limitar las frecuentes apariciones de sobretensiones que pueden ser:

- Sobretensiones atmosféricas originadas por tormentas (ver capítulo IV) o por fenómenos transitorios de campos eléctricos.
- Sobretensiones provocadas por influencia de otras redes.
- Sobretensiones debidas a cortos circuitos, retirar cargas o líneas de servicio en vacío y al restablecer contactos a tierra.

Para los casos anteriores, como se comprende, las sobretensiones superan un valor que es desde luego perjudicial a los transformadores y aparatos conectados, por lo que es necesario en todo lo posible reducir estos perjuicios que resultan costosos; por lo tanto, se hace una instalación en subestaciones, de todo un sistema de apartarrayos autovalvulares.

CAPITULO III

INSTALACIONES ELECTRICAS RESIDENCIALES.

3.1 OBJETIVO ESPECIFICO.

Entendemos por electrificación, a todas aquellas partes de la instalación que conducen la energía, desde la red de distribución general del edificio, hasta los aparatos o elementos de consumo. la determinación de las características de cada uno de los materiales de las instalaciones eléctricas residenciales, forman parte del proyecto de las mismas.

A partir de estos cálculos, se obtienen ciertas características, como también se tiene información para evaluar la cantidad de material necesario para emplear, la elaboración de presupuestos y las disposiciones reglamentarias más importantes.

El cálculo de las instalaciones eléctricas se efectúa por métodos relativamente simples, respetando siempre las disposiciones reglamentarias de las normas técnicas para instalaciones eléctricas. Los métodos de cálculo de conductores para circuitos, derivados y alimentadores, son generales y en esencia, aplicables a cualquier problema de instalaciones eléctricas con las variantes de cálculo para cada caso en particular.

Ahora se trata el problema de las instalaciones eléctricas en un edificio con más de un departamento; donde se hará un estudio más detallado de las técnicas usadas para la instalación eléctrica de alimentación a los departamentos y algunos otros servicios que tengan los edificios con varios departamentos. Los sistemas de alambrado en edificios de departamentos, es la inclusión de los mismos conceptos para el cálculo de circuitos derivados por departamentos en forma individual y los alimentadores por departamento o grupo de estos, que se incluyen en una casa habitación y con las disposiciones reglamentarias apropiadas.

Es recomendable, que de acuerdo a la sencillez o complejidad del diseño arquitectónico y de los requerimientos especiales que se tengan, se respeten los aspectos recomendados por las normas y reglamentos de instalaciones eléctricas, sobre funcionalidad y servicio, deben cuidarse, las salidas en los lugares y alturas recomendadas, etc. a este aspecto se deben respetar las disposiciones reglamentarias vigentes en la República Mexicana, el Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas.

CARGAS MINIMAS DE ALUMBRADO

DESTINO DEL LOCAL	WATT/M ²
DEPARTAMENTOS Y CASAS - HABITACION PARA FAMILIAS	20
AUDITORIOS	10
BANCOS	20
IGLESIAS	10
CLUBES	20
HOSPITALES	20
EDIFICIOS DE OFICINAS	20
RESTAURANTES	20
ESCUELAS	35
TIENDAS Y ALMACENES	35
SALAS DE REUNION	10
PASADIZOS, CORREDORES Y LOCALES SANITARIOS	5
LOCALES PARA ALMACENAR	2

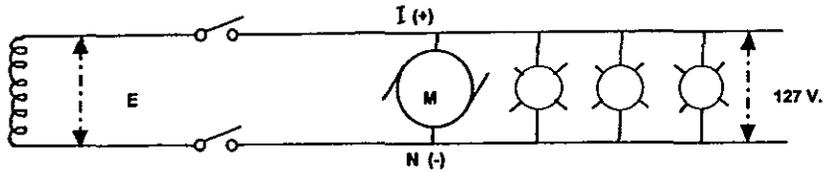
Tabla N°. 3.1

3.2 CARACTERISTICAS DE DISTRIBUCION DE LA ENERGIA ELECTRICA.

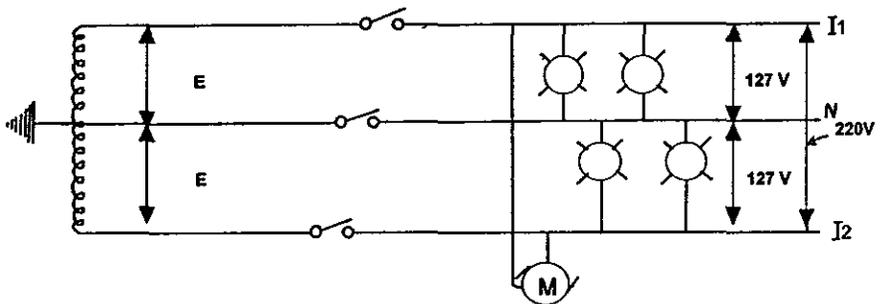
La energía eléctrica, se transmite y se distribuye en la actualidad por el sistema de corriente alterna; las razones son que la energía eléctrica en corriente alterna, puede ser transmitida económicamente a altas tensiones y puede ser elevada y reducida de voltaje por medio de transformadores en uno o en ambos extremos de la línea; que la maquinaria para corriente alterna, es más barata que la de corriente continua, y que las redes de conductores que se utilizan son más flexibles para la buena repartición de las cargas entre las fases del sistema.

Existen varios sistemas de redes de distribución en el campo de las aplicaciones de corriente continua y corriente alterna en el interior de los edificios. La viviendas, residencias, casas, tiendas y construcciones pequeñas domésticas o comerciales utilizan por lo general los sistemas de transporte.

SISTEMA BIFILAR (MONOFASICO DOS CONDUCTORES)



SISTEMA MONOFASICO (TRES CONDUCTORES).



SISTEMA TRIFASICO (CUATRO CONDUCTORES)

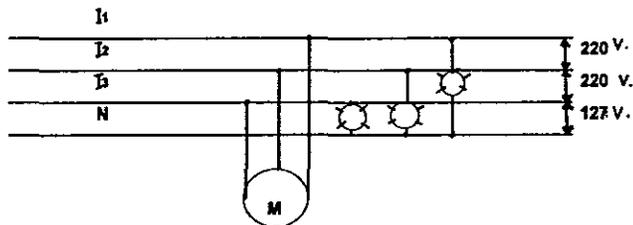


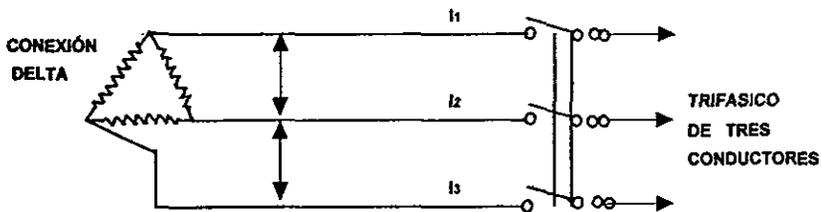
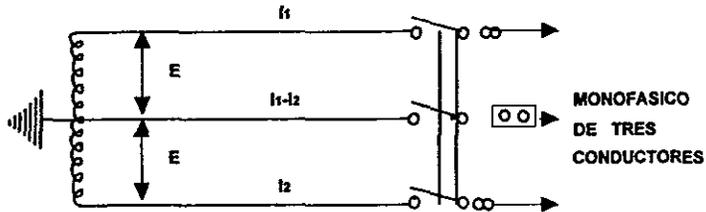
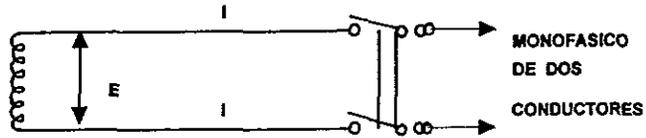
Fig. No. 3.1

SISTEMAS DE DISTRIBUCION DE C.A.

El voltaje declarado en las terminales del consumidor, en un sistema de distribución eléctrica, es el voltaje nominal establecido por la autoridad de suministros, y su variación no debe exceder al 6% permitido legalmente.

- VOLTAJE EXTRA BAJO —————> NO EXCEDE A 30 VOLTS. C.A.
O 50 VOLTS C.C.
- VOLTAJE BAJO —————> EXCEDE AL EXTRA BAJO, PERO NO A 250 VOLTS.
- VOLTAJE MEDIO —————> SUPERIOR A 250 VOLTS, PERO NO EXCEDE 650 VOLTS.
- ALTO VOLTAJE —————> MAYOR DE 650 VOLTS. PERO NO DE 3 000 VOLTS.
- VOLTAJE EXTRA ALTO —————> NORMALMENTE EXCEDE A 3 000 VOLTS.

Existen varios sistemas de C.A. monofásicos, de dos y tres conductores, bifásicos, de tres y cuatro conductores; trifásicos, de tres y cuatro conductores. Los sistemas de dos y tres fases, se conocen como sistemas polifásicos.



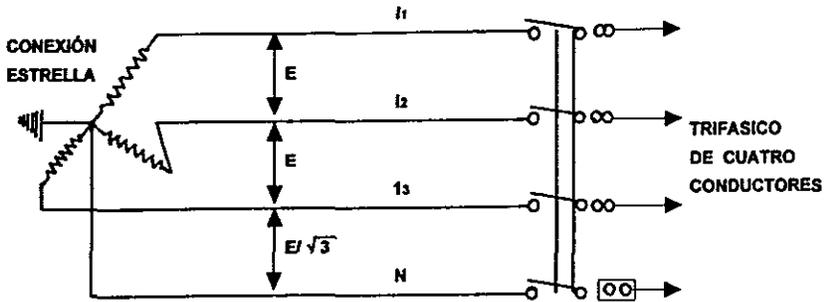


Fig. N° 3.2

En la conexión estrella, las corrientes por línea y por fase son las mismas que el voltaje de línea, es $\sqrt{3}$ veces el voltaje por fase. Si las cargas en las tres fases de un sistema de tres fases, cuatro conductores son iguales, no hay corriente en el conductor neutro, y se dice que la carga está balanceada. Bajo condiciones de carga balanceada es habitual omitir el neutro.

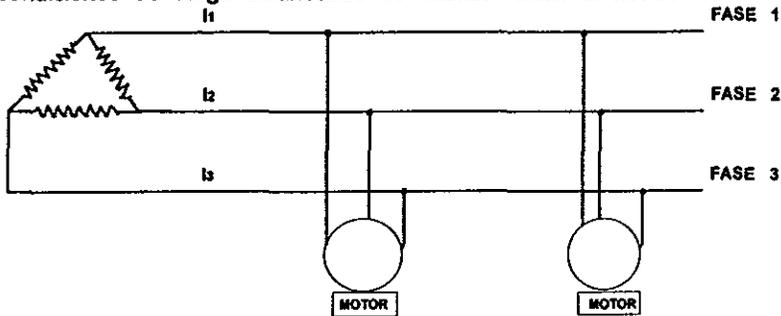


Fig. N° 3.3

En los casos en que se conectan cargas mixtas, se emplea el sistema de tres fases cuatro conductores, de manera que las cargas monofásicas, por ejemplo de alumbrado, puedan conectarse en una fase cualquiera y el neutro, cualquier corriente de desbalanceo fluirá por el neutro.

Las cargas balanceadas, por ejemplo, motores, se pueden conectar entre las tres líneas de fase.

SISTEMA TRIFASICO DE C.A. (CARGAS DESBALANCEADAS)

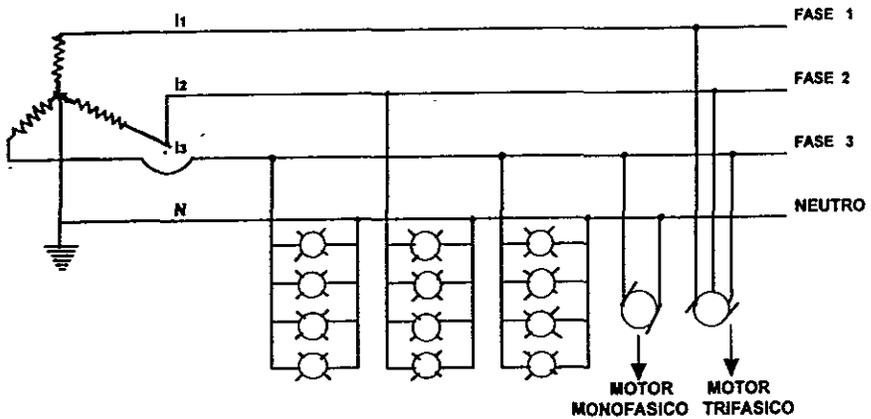


Fig. N°. 3.4

Para sistemas de transmisión y distribución de alto voltaje, la carga se encuentra generalmente bastante balanceada y se emplean, por lo común sistemas trifásicos (tres conductores con fase y un conductor con neutro).

EL SISTEMA DE DISTRIBUCION PARA UNA INSTALACION INTERNA.

La siguiente figura nos detalla el equipo que debe instalarse en la toma de energía y la secuencia de su conexión.

Los tableros de interruptores deben colocarse en locales secos de cuartos bien ventilados. En todos los circuitos principales y secundarios, todo cable no protegido por un fusible en un adaptador o enchufe, deberá tener una capacidad de corriente no menor que la del elemento del fusible ni menor que la mitad de la corriente de operación del interruptor de circuito que protege al circuito principal o secundario, respectivamente.

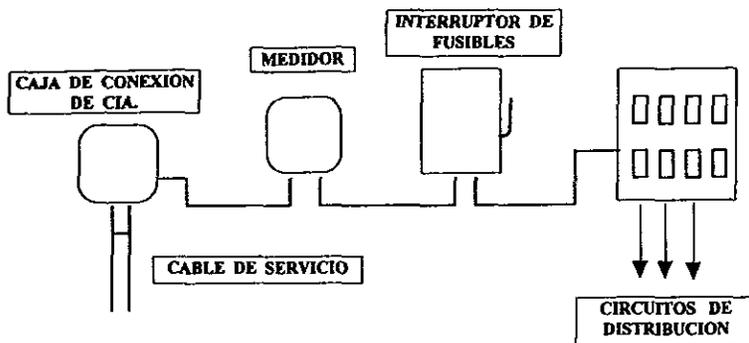


Fig. N°. 3.5

3.3. PROYECTO DE DISTRIBUCION Y ALUMBRADO PARA UN EDIFICIO DE 4 DEPARTAMENTOS (CASA - HABITACION)

** Para el inicio de cálculo eléctrico se necesita el plano arquitectónico de planta, en donde se muestra todas las áreas de que consta y las necesidades que se tendrá en las distintas áreas y las necesidades que se tendrá.

- Alumbrado.
- Contactos.
- Arbotantes de pasillo, etc.

En el plano se indica el lugar de cada uno de los elementos que forman la instalación eléctrica y a partir de esto se hace el llamado proyecto o cálculo de instalación. (ver plano anexo "alumbrado edificio en condominio")

Se estiman contactos mayores en cocina y cuarto de servicio.

a).- Cálculo de la carga por departamento.

Por tablas la carga por alumbrado es de 20 watts/m² (el valor de 20 watts/m², con un factor de protección de 100%), tratándose de un edificio de varios pisos de departamentos. Para los planos tenemos un área cubierta total por departamento de 142.80 m².

$$W = (142.80 \text{ m}^2) \times (20 \text{ watts/m}^2) = 2856 \text{ watts.}$$

$$\text{En circuitos de } 15 \text{ amp.} \times 127 \text{ V.} = 1905 \text{ watts.}$$

$$\text{En circuitos de } 20 \text{ amp.} \times 127 \text{ V.} = 2540 \text{ watts.}$$

**** Carga conectada**

$$\begin{aligned} \text{Area cubierta} &= 142.80 \text{ m}^2 \\ \text{Area} &= (142.80 \text{ m}^2) (20 \text{ watts/m}^2) = 2,856.00 \text{ watts.} \\ \text{Circuitos especiales } 2 \times 2540 \text{ watts} &= 5,080.00 \text{ watts.} \\ &===== \\ \text{carga total conectada} &= 7,936.00 \text{ watts} \end{aligned}$$

$$\text{N}^\circ. \text{ circuitos} = \frac{7\,936.00}{20 \times 127} = \boxed{3.124} \sim 4.00 \text{ circuitos}$$

Aplicamos los factores de demanda:

primeros 3 000 watts se considera el 100% y al exceso el 35%.

$$7\,936.00 - 3\,000 = 4\,936.00 \text{ watts.}$$

$$\begin{aligned} \text{primeros } 3\,000 \text{ al } 100\% &= 3\,000.00 \text{ watts} \\ 4\,936 \times 0.35 &= 1\,727.60 \text{ watts} \\ &===== \\ \text{demanda de la carga} &= 4\,727.60 \text{ watts} \end{aligned}$$

La carga en amperes:

$$I = \frac{4\,727.60}{127} = 37.23 \text{ amp.} \sim \boxed{I = 38 \text{ amp.}}$$

**CAPACIDAD DE CORRIENTE DE CONDUCTORES DE COBRE
BASADA EN UNA TEMPERATURA AMBIENTE DE 30°C**

CALIBRE | TIPO VF, TW, T, TWH, 60°C | VINANEL 900 RH, RVH, V, 75°C

AWG KCM	1-3 CONDUCTOR TUBO	4-6 CONDUCTOR TUBO	6-9 CONDUCTOR TUBO	1 CONDUCTOR AIRE	1-3 CONDUCTOR TUBO	4-6 CONDUCTOR TUBO	6-9 CONDUCTOR TUBO	1 CONDUCTOR AIRE
14	15	12	10	20	15	12	10	20
12	20	16	14	25	20	16	14	25
10	30	24	21	40	30	24	21	40
8	40	32	28	55	45	36	31	65
6	55	44	38	80	65	52	45	95
4	70	56	49	105	85	68	59	125
2	95	76	66	140	115	92	80	170
0	125	100	87	195	150	120	105	230
00	145	116	110	225	175	140	122	265
000	165	132	115	260	200	160	140	310
40	195	156	132	300	230	184	161	360
250	215	172	150	340	255	204	178	405
300	240	192	168	375	285	228	199	445
350	260	208	182	420	310	248	217	505
400	280	224	196	455	335	268	234	545
500	320	258	224	515	380	304	266	680
600	355	284	248	575				
750	400	320	280	655				
1000	455	364	318	780				
1250	495	396	346	890				
1500	520	418	364	980				
1750	545	436	382	1070				
2000	560	448	392	1155				

Tabla N°. 3.2

Por lo tanto, de la tabla anterior tenemos que se requiere un conductor T.H.W. calibre N° 8.

Como tenemos que la alimentación es a dos fases, tendremos que la alimentación es de 3 cables del N°. 8 (con interruptor de navajas 3 x 30 amp.).

CUADRO DE CARGA DE LA INSTALACION POR DEPARTAMENTO.

CIRCUITO	75W 	 75W	 125W	CARGA TOTAL
1			11	1375
2			10	1250
3	12		2	1150
4	12			900
TOTAL	24		23	4675

Fig. N°. 3.6

AREA DE SERVICIOS.

Area $132.98 \text{ m}^2 \times 20 \text{ w/m}^2$ 2 659.60 watts
 1 circuito para bomba 746.00 watts

=====

Carga conectada \longrightarrow 3 405.60 watts

CUADRO DE CARGA DE INSTALACION DE SERVICIO

CIRCUITO	75W 	75W 	125W 	CARGA TOTAL
1	10			750
2	3			225
3		10		750
4			1	746
TOTAL	13		1	2 471

Fig N°. 3.7

b).- La carga total conectada para el edificio de 4 departamentos será:

Departamentos $7\,936 \times 4$ = 31 744.00 watts
 Servicio (alumbrado y bomba) = 3 405.60 watts

=====

Carga total conectada \longrightarrow = 35 149.60 watts

** Factor de demanda:

primeros 3 000 w = 100%
 el resto 35%

$(35\,149.60 - 3\,000) = 32\,149.60 \times 0.35 = \underline{11\,252.36 \text{ watts.}}$

** La carga para el cálculo será:

$3\,000 + 11\,252.36 = \underline{14\,252.36 \text{ watts.}}$

** La alimentación general será a tres fases 220 V, se debe balancear entre fase y neutro, el alimentador general es para la carga aplicando los factores de demanda. La corriente que demanda el alimentador general:

$$I = \frac{14\,252.36}{1.732 \times 220} = \frac{14\,252.36}{381.04} = 37.403 \sim I = \underline{38 \text{ amp.}}$$

Por lo tanto, la alimentación es a tres fases con un neutro, por lo que se requiere (según tablas) 3F, 4H, 220V, 60Hz.

4 Conductores del N°. 6 THW

TABLERO "A" QO-4 2Ø

CIRCUITO No.	 75 W	 75 W	 125 W	CARGA TOTAL (WATTS)	FAS ES		INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO.
					A	B	
1 - A			11	1375	X		1 X 20A
2 - A			10	1250		X	1 X 20A
3 - A	12		2	1150		X	1 X 20A
4 - A	12			900	X		1 X 20A
TOTAL	24		23	4675	2275	2400	

TABLERO "B" QO-4 2Ø

CIRCUITO No.	 75 W	 75 W	 125 W	CARGA TOTAL (WATTS)	FAS ES		INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO
					B	C	
1 - B			11	1375	X		1 X 20A
2 - B			10	1250		X	1 X 20A
3 - B	12		2	1150		X	1 X 20A
4 - B	12			900	X		1 X 20A
TOTAL	24		23	4675	2275	2400	

TABLERO "C" QO-4 2Ø

CIRCUITO No.	 75 W	 75 W	 125 W	CARGA TOTAL (WATTS)	FAS ES		INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO
					B	C	
1 - C			11	1375	X		1 X 20A
2 - C			10	1250		X	1 X 20A
3 - C	12		2	1150		X	1 X 20A
4 - C	12			900	X		1 X 20A
TOTAL	24		23	4675	2275	2400	

TABLERO "D" QO-4 2Ø

CIRCUITO No.				CARGA TOTAL (WATTS)	FAS ES		INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO
	75 W	75 W	125 W		B	C	
1 - D			11	1375	X		1 X 20A
2 - D			10	1250		X	1 X 20A
3 - C	12		2	1150		X	1 X 20A
4 - D	12			900	X		1 X 20A
TOTAL	24		23	4675	2275	2400	

TABLERO "S" QO-4 2Ø

CIRCUITO No.				CARGA TOTAL (WATTS)	FAS ES		INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO
	75 W	75 W	125 W		B	C	
1 - S	13			750	X		1 X 20A
2 - S	3			225	X		1 X 20A
3 - S		10	1	750	X		1 X 20A
4 - S		BOMBA		746	X		1 X 20A
TOTAL	13	10	1	2471	2471		

CUADRO DE CARGAS

TABLERO	TOTAL WATTS	FA SES		
		A	B	C
A	4675	2275	2400	
B	4675		2275	240
C	4675	2275		2400
D	4675		2400	2275
S	2471	2471		
TOTAL	21 171	7021	7075	7075

$$\text{DESBALANCE} = \frac{7,075-7,021}{7,075} \times 100 = 0.76\%$$

**Fig. No. 3.7
TABLEROS DE CARGA**

DIAGRAMA UNIFILAR

ACOMETIDA CIA. SUMINISTRADORA 3F, 4H, 220 / 127 V, 60 HZ.

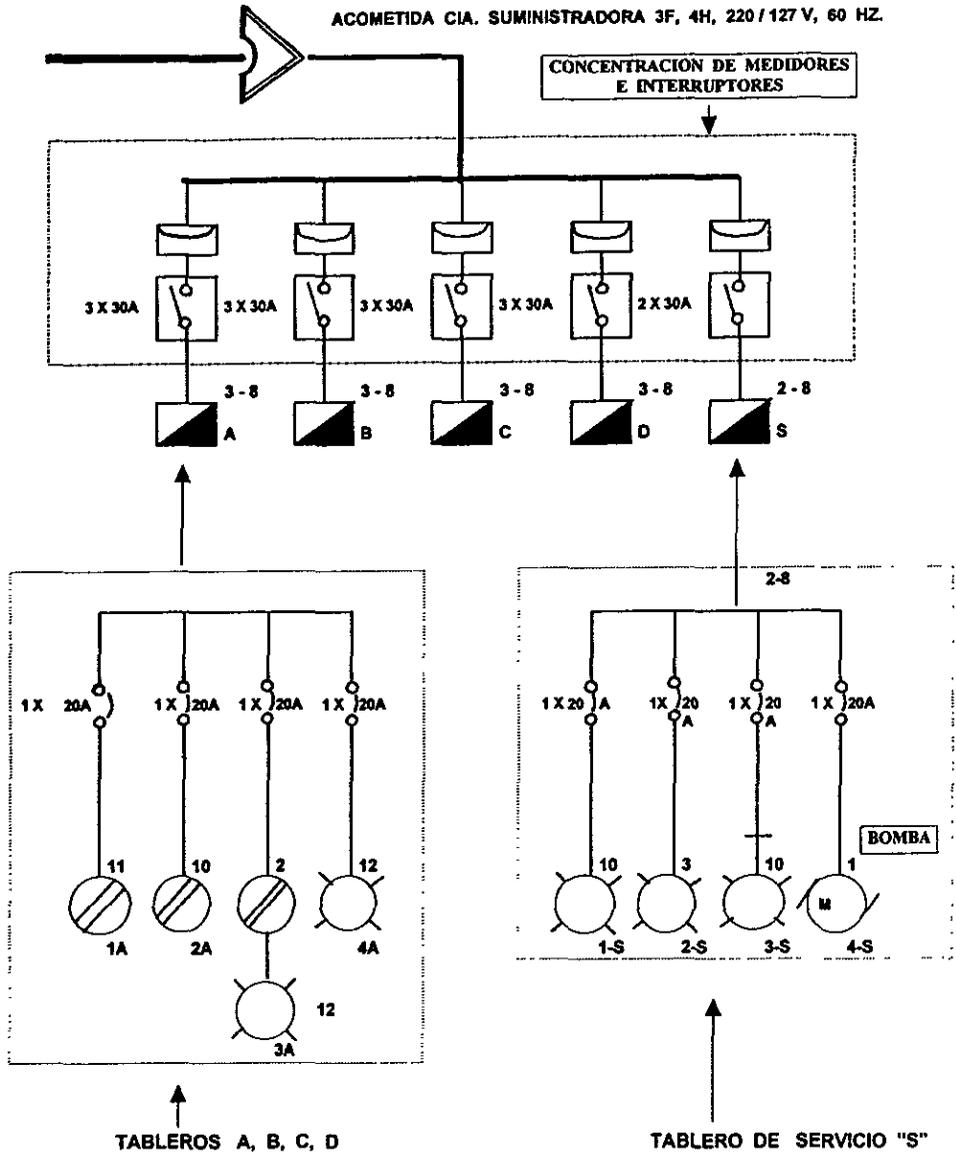


Fig. N°. 3.8

3.4 INSTALACION DE COMUNICACION, SEÑALIZACION Y ALARMA EN EDIFICIOS CON DESTINO HABITACIONAL

En general todas las instalaciones de comunicación y señalización, requieren de un punto de captación de la información a transmitir, un sistema de elaboración y transmisión y finalmente un procedimiento de manifestación auditiva o visual, o bien un aparato registrador.

3.4.1 INSTALACION DE ALARMA CONTRA FUEGO.

Este tipo de instalaciones son muy poco usadas en edificios de viviendas, son más usados en hoteles o auditorios donde se concentra un mayor número de personas. Si están adecuadamente bien proyectadas y funcionan normalmente deben dar tiempo suficiente para la evacuación, para poder iniciar el sofocamiento del fuego.

Los elementos de la instalación son varios detectores que inician la alarma, conductores eléctricos y el cuadro de control y aparatos de alarma sonoros.

**** Aparatos de alarma.**

Estos son detectores de temperatura, estos disparan una serie de contacto, cuando alcanza una temperatura determinada. También existen detectores de humo, estos se colocan en edificios de viviendas, el más usado es el de tipo rayo de luz, pues los demás son muy caros.

**** Cuadro de control.**

La misión de este es hacer funcionar los aparatos sonoros (timbres, campanas, etc.) después de recibir la señal de los detectores. Otra función de este es cerrar los conductos de combustible o gas, para evitar el esparcimiento del fuego y el encendido de luces.

Para asegurar el funcionamiento, en caso de interrupción de la corriente, la mayoría de las instalaciones disponen de una batería de acumuladores de reserva.

**** Aparatos de alarma sonoros.**

Estos pueden ser timbres, campanas o sirenas, zumbadores y bocinas, el más usado es el timbre de corriente alterna.

3.4.2 INSTALACION DE TIMBRES.

Los elementos básicos de ciertas instalaciones son un transformador, pulsadores en las distintas puerta y un aparato sonoro. El pulsador o botón de la puerta muchas veces va combinado con una instalación de intercomunicación con el exterior.

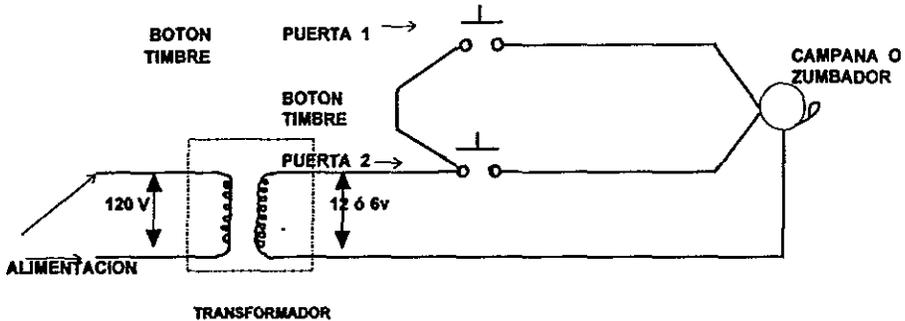


Fig. N° 3.9

3.4.3 INSTALACION DE ANTENA DE TELEVISION.

En un edificio de viviendas lo aconsejable es la instalación de una antena única en lo más alto del edificio, colocándose arriba del mástil la de F.M. y la de "UHF" en la parte media y la de "VHF" en la parte más baja, dado que la recepción de los canales es más perfecta en la banda "UHF".

La bajada de la antena hace al amplificador que es alimentado con corriente alterna. De aquí a un derivador desde el cual salen los cables concéntricos hacia las tomas de las viviendas. El conductor de televisión debe ser cable concéntrico especial de 75 Ohms. de baja atenuación para evitar que el funcionamiento en "UHF" pueda verse afectado.

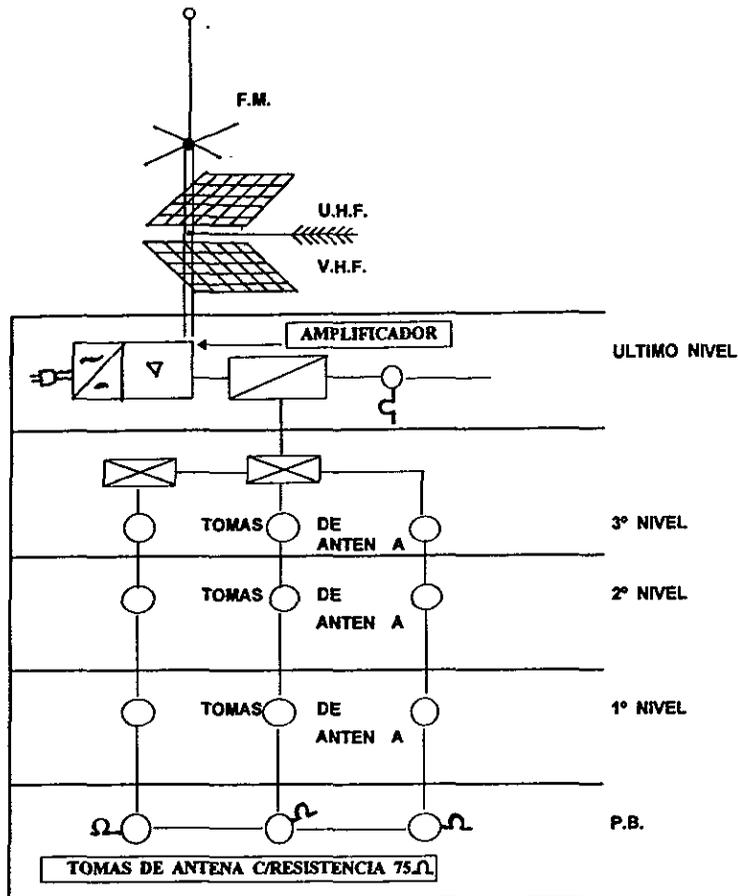


Fig. Nº. 3.10

3.4.4 SISTEMA DE PARARRAYOS.

Este tema se detalla en siguiente capítulo, así como el de subtema de subestaciones eléctricas.

3.4.5 INTERCOMUNICACION Y DIFUSION MUSICAL.

El ahorro de caminar hace cada vez más que se instalen equipos de intercomunicación. Aunque los hay de diferentes tipos, el sistema básico comprende uno o varios puestos centrales y varios secundarios.

La utilidad de estas instalaciones en viviendas con construcciones secundarias exteriores es evidente, como los conductores eléctricos de estas

instalaciones son de poco voltaje y poca potencia se usan generalmente cables multicolores, los colores son de identificación.

El uso de las instalaciones de alta fidelidad para la transmisión de música; muchos fabricantes han incorporado un sintonizador (A.M., F.M. o ambas) a las instalaciones de intercomunicación y así la música puede ser canalizada a los puntos deseados de la vivienda en donde llega el sistema de intercomunicación.

La instalación de difusión musical puede también ser independiente de la intercomunicación, por ser este problema muy especializado conviene acudir a expertos en estos trabajos.

3.4.6 INSTALACION DE TELEFONO.

El servicio telefónico normalmente sigue el mismo camino y sistema de entrada que la corriente eléctrica, en las acometidas subterráneas resulta económico aprovechar para ambas instalaciones la excavación, aunque los conductos son distintos, se dispone de registros diferentes según especificaciones dadas por las empresas suministradoras.

La compañía telefónica suministra cables y accesorios, mientras que el instalador electricista suministra cajas, placas de salidas y hace la canalización y conducción de todas las tuberías dejándolas guiadas con alambre galvanizado, para que los trabajadores de la compañía hagan las instalaciones necesarias.

* * * * *

CAPITULO IV

INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES.

4.1 OBJETIVO ESPECIFICO.

Determinar que el suministro de energía eléctrica de las fuentes de alimentación a las cargas o centros de consumo, se requiere de la intervención de un conjunto de elementos para cumplir con tal fin, que deben ser calculados de acuerdo a los requisitos que tienen que satisfacer.

La determinación de las características de este conjunto de elementos, *el arreglo o disposiciones* que lleven dentro de una instalación, y los aspectos funcionales y de estética es lo que se conoce como el diseño de la instalación eléctrica, que dependiendo de que sea residencial, comercial o industrial, podrá tener distintos criterios que deben ser considerados desde la planeación y que desde luego estará de acuerdo con las normas y reglamentos para instalaciones eléctricas.

En el proyecto de cualquier instalación eléctrica de alumbrado, o fuerza es conveniente tomar en consideración que debe cumplir con los siguientes requisitos:

◆ Capacidad.

Cada sistema eléctrico debe estar diseñado para satisfacer la demanda de *servicio que se presente y considerar el pronostico de carga* para instalaciones futuras.

◆ Flexibilidad.

Dependiendo del tipo de instalación eléctrica, de que se trate, *como puede ser industrial o residencial, se debe proyectar para que tenga una flexibilidad adecuada para la distribución de circuitos y para el entubado y alambrado, donde se represente problemas técnicos o gastos excesivos por las modificaciones.*

◆ Accesibilidad.

Cualquier instalación en forma independiente de la localización de las máquinas y aparatos por alimentar, se debe proyectar en tal forma que sea accesible en su instalación, mantenimiento y *servicio en general.*

◆ Confiabilidad.

Dependiendo de la naturaleza de la instalación, ya sea un edificio, una industria, un almacén o centro comercial, un hospital o habitación, varía el grado de seguridad en el suministro de la energía eléctrica.

DEBE SER REVISADO POR EL COMITÉ DE CALIDAD

Entendiéndose esto desde el punto de vista de planeación como la probabilidad de que este un determinado tiempo dentro de servicio, esto en forma independiente de la garantía o confiabilidad que se tenga en el suministro de la energía eléctrica por parte de las compañías suministradoras.

Esto va a plantear la necesidad de estudiar en algunos casos varias alternativas de soluciones posibles, considerando la confiabilidad de cada una de ellas y desde luego la influencia que cada solución tiene en el aspecto económico.

4.2 DISTRIBUCION DE ENERGIA ELECTRICA.

PARA ESTE TEMA SE ANALIZO UNA INDUSTRIA METALMECANICA.

En la distribución de energía eléctrica se analizó la trayectoria que seguirán las instalaciones. Se dibujo un plano a escala con la ubicación de la maquinaria, oficinas, vestuario y aseos de una planta industrial, indicándose símbolos y su significado que utilizaré en la electrificación que a continuación desarrollaré.

Se irá exponiendo la instalación, en la misma forma que se realiza hacia el interior, la entrada de la energía, describiendo en orden sucesivo las diferentes partes de que se componen.

4.2.1 ACOMETIDA GENERAL Y MEDIDORES.

La acometida se hará desde la red de la Compañía de Luz y Fuerza, hasta un registro, según sea aquella: subterráneo o aérea, situada en la vertical de la caja general de protección. Desde esta caja irá el pequeño tramo de línea distribuidora hasta el módulo de medidores; ambos elementos: caja general de protección y módulo de medidores, pueden estar en el interior o en el exterior de la industria, según lo indiquen las normas de la Cía. de Luz y Fuerza o C.F.E.

Actualmente hay una tendencia generalizada de exigir que la caja general de protección y los medidores se sitúen fuera de los límites de la propiedad, para que no se les pueda impedir la manipulación en las cajas ni la lectura de medidores. El módulo de medidores, contendrá el equipo de medida, con medidores de activa y reactiva, directos o con transformadores de intensidad para los casos de mayor potencia, estos transformadores de intensidad, deberán ir alojados en un módulo independiente junto con la caja de verificación y un interruptor de corte, con mando interior y capacidad suficiente para cortar la potencia de la instalación.

En estas instalaciones, pueden ser muy cortos algunos de los tres tramos de línea; acometida, repartidora y derivación individual, que componen la unión de la red de la compañía, con el cuadro de protección privado y sólo a

efectos de justificación de secciones por caída de tensión, puede eliminarse del cálculo, la obligación de que en cada una de ellas se produzca la caída de tensión.

La única condición será por lo tanto, que la caída de tensión en el receptor más desfavorable sea del 3% o 4%, según sea el circuito de alumbrado o fuerza, contados desde la caja general de protección y que admitan la carga eléctrica por densidad de corriente.

♦ Sistemas monofásicos a dos hilos.

El sistema monofásico a dos hilos, se emplea para alimentar cargas de alumbrado que no excedan a 3750 watts por circuito.

También se emplea para alimentar circuitos derivados que no excedan de 20, 30 y 40 amperes.

♦ Sistema trifásico a tres hilos.

Este se emplea generalmente para alimentar cargas trifásicas que operan con tensiones de 440 ó 220 volts, como en el caso de los motores trifásicos de 440 volts, que en operación resultan más económicos que los motores a 220 volts, ya que demandan menos corriente y el ahorro es muy importante.

4.3 DISTRIBUCION DE ALUMBRADO.

La distribución de alumbrado, se realiza con criterio de que en la zona que ocupan las máquinas, el nivel de iluminación sea el recomendado para el tipo de trabajo a realizar y en la zona de tránsito un nivel de iluminación más bajo, como corresponde a la zona, observándose por tanto niveles distintos de iluminación dentro de la misma industria.

4.3.1 SELECCION DEL NIVEL DE ILUMINACION.

El nivel de iluminación, es una característica en la instalación de alumbrado, que se toma en consideración ya que es la cantidad requerida de iluminación para la instalación a realizarse. Esta cantidad varía considerablemente con la naturaleza de la actividad y es función primordial del trabajo visual.

La unidad de iluminación está dada por el "Lux" o "bujía metro", que esta basada en la cantidad de luz proyectada por la unidad de intensidad luminosa de una "candela" o "bujía", sobre un área de un metro cuadrado de una esfera con un metro de radio.

Dada la formula:
$$E = \frac{I}{D^2}$$

Donde se ve que a medida que el tamaño de la esfera aumenta, forzosamente los mismos rayos divergentes cubren un área más amplia, pero con un nivel de iluminación menor. En la forma básica, la superficie receptora es normal al rayo de la luz, si la superficie esta inclinada en "x" grados de la normal, entonces:

$$E_h = \frac{I \cos \theta}{D^2}$$

$$E_v = \frac{I}{D^2} \text{ Sen } \theta$$

Donde:

E = Iluminación en luxes.

I = Intensidad luminosa en candelas o bujias.

D = Distancia en metros de la fuente luminosa a la superficie.

E_h = Componente horizontal (vector).

E_v = Componente vertical (vector)

Sen θ = R/D.

Cos θ = h/D.

R = Superficie de iluminación (vector).

h = Altura (vector).

El lúmen es la cantidad total de la luz emitida por una vela, foco eléctrico, un luminario, un panel luminoso, etc. El concepto de "lúmen" permite calcular la iluminación promedio, proveniente de múltiples fuentes luminosas, aumentada por la reflexión de los alrededores, muros, pisos y techos.

$$E \text{ (luxes)} = \frac{\text{lúmenes generado} \times C_u}{\text{área considerada en m}^2}$$

Donde:

C_u = Coeficiente combinado relacionado con el tamaño del cuarto, su configuración, reflectancias y la eficiencia del luminario. Los fabricantes de luminarios publican tabla con valores de C_u.

4.3.2 CALCULO DE ILUMINACION COMPLETA.

A). Iluminación de exteriores.

Estas pueden incluir el alumbrado de edificios públicos, iglesias, castillos, jardines, especialmente durante períodos de celebraciones o festividades, ó también puede necesitarse la iluminación de arenas deportivas, canchas deportivas, muelles y andenes de ferrocarril.

B). Iluminación de carreteras o avenidas.

Con el aumento de tráfico de alta velocidad en carreteras o avenidas, el hecho esencial para reducir accidentes, es tener la iluminación adecuada de todas las calles que se tiene un flujo vehicular.

1.- Iluminación directa.

Donde un reflector opaco dirige alrededor del 90% de la lámpara hacia el plano de trabajo.

2.- Iluminación semi - directa.

Donde el 60 - 90% de la luz esta dirigida hacia abajo, generalmente a través de paneles de la unidad, dirigen una cierta cantidad de luz hacia arriba.

3.- Iluminación indirecta.

Donde alrededor del 90% de la salida luminosa, se va hacia arriba por medio de un reflector opaco abajo de la lámpara.

4.- Iluminación semi - indirecta.

En donde alrededor del 70 - 90% de la luz es dirigida hacia arriba pasando el resto hacia abajo a través de paneles inferiores de difusión.

5.- Alumbrado general.

Donde la unidad luminaria, permite la transmisión de la luz en todas las direcciones, la luz del plano de trabajo es principalmente directa. Además de la consideración principal de la distribución correcta de luz debe considerarse a la unidad desde el punto de vista de:

- a) Apariencia agradable
- b) Buenas propiedades de disipación de calor
- c) Que este libre de acumulación de polvo en exceso
- d) Que sea fácil de sustituir y limpiar.

4.3.3 CALCULOS DE ALUMBRADO.

Cuando se hacen cálculos de alumbrado, se tienen tres factores generales de intereses:

A). Intensidad luminosa.

La intensidad de una fuente se mide en candelas y cualquier fuente se mide como un múltiplo de la candela normal. Las lámparas se calibran por comparación con patrones secundarios, pero el patrón primario es una bujía de dimensiones típicas, al señalar la potencia luminosa de una lámpara, debe darse la dirección de observación.

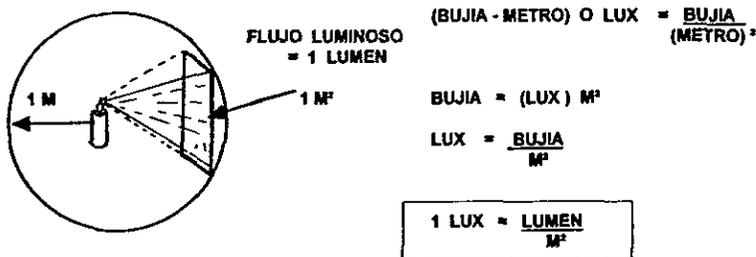


Fig. No. 4.1

B) Cantidad de luz.

La cantidad que da una fuente de luz se mide en lúmenes. Así pues, una fuente que tiene una intensidad luminosa de una candela en todas las direcciones.

C) Iluminación.

Es la medida de la cantidad de luz incidente en una área dada y por lo tanto se puede dar como lúmenes por metro cuadrado.

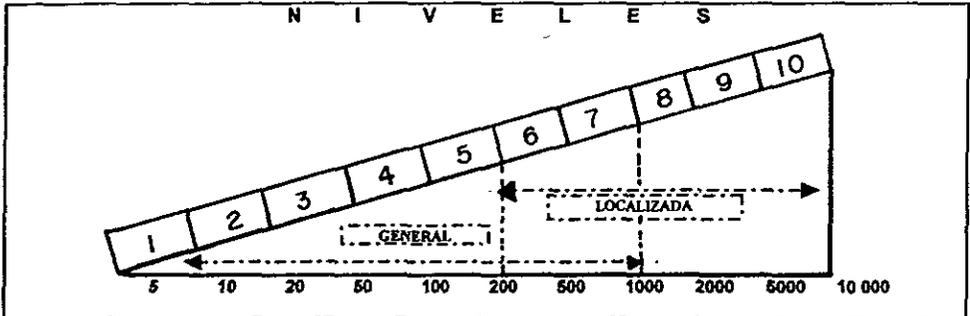
Al diseñar una instalación de alumbrado, es necesario en primer lugar, decidir el valor de la iluminación requerida en el plano de trabajo. Esto dependerá del objeto a que se va a aplicar la iluminación. Así pues, se tienen valores de iluminación recomendados.

ALUMBRADO
ILUMINACION RECOMENDADA EN AREAS INDUSTRIALES

LUGAR O ACTIVIDAD	NIVEL	LUX
BODEGAS		
EMPAQUE	8	500
CLASIFICACION	6	300
EMBARQUE	5	200
AREA INACTIVA	3	50
ENSAMBLE		
TOSCO	6	300
MEDIANO	7	1 000
FINO	9	5 000
EXTRAFINO	10	10 000
ESPARCIMIENTO		
COMEDORES	6	500
CONVERSACION, JUEGO	6	300
CORREDORES	4	100
INSPECCION		
ORDINARIO	6	500
DIFICIL	7	1 000
MUY DIFICIL	8	2 000
OFICINAS		
DIBUJO, CONTABILIDAD	8	2 000
MAQUINAS, COMPUTADORAS	8	1 500
OFICINAS GENERALES	6	500
TALLERES		
TRABAJO TOSCO DE BANCO	6	500
TRABAJO MEDIANO DE BANCO Y	7	1 000
MAQUINAS		
TRABAJO FINO IDEM	8	2 000
TRABAJO EXTRAFINO IDEM	10	10 000

Tabla Nº. 4.1

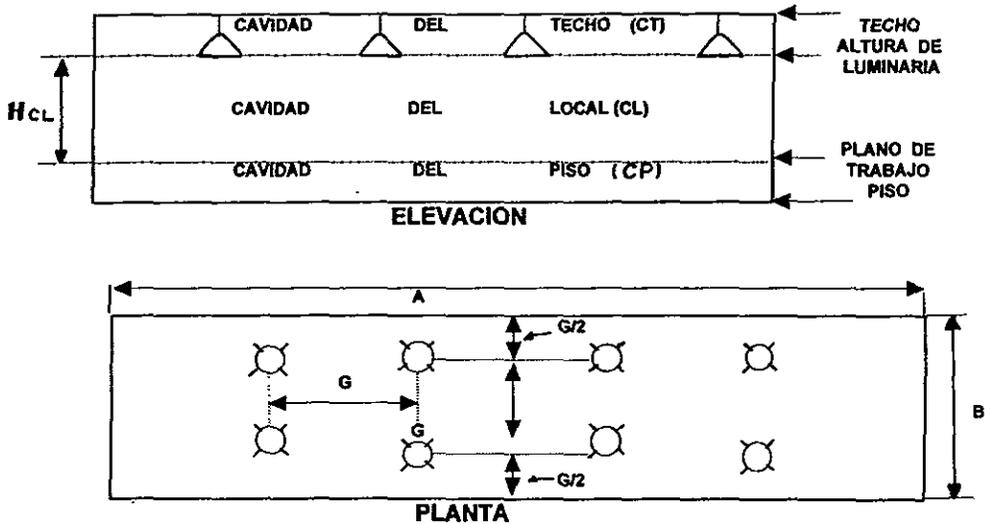
NIVELES DE ILUMINACION



NIVEL	APLICACION	EJEMPLOS
1	2 A 5	NO SE REQUIEREN TRABAJOS VISUALES AREAS INACTIVAS EN RANCHOS, JARDINES, PASILLOS, MUELLES, ETC.
2	5 A 50	NO SE REQUIEREN TRABAJOS VISUALES ESTACIONAMIENTOS, AREAS ACTIVAS EN RANCHOS
3	50 A 100	DONDE NO SE REQUIEREN TRABAJOS VISUALES GARAGES, AREAS PARA CONSTRUCCION, CORREDORES.
4	100 A 150	DONDE NO SE REQUIEREN TRABAJOS VISUALES BODEGAS Y DORMITORIOS
5	150 A 300	ATRACTIVO COMERCIAL TRABAJO VISUAL MODERADO CLUBES, GALERIAS DE ARTE
6	300 A 500	ATRACTIVO COMERCIAL TRABAJO VISUAL MODERADO RESTAURANTES DE AUTOSERVICIO, MOLDEO Y VACIADO EN FUNDICIONES, OFICINAS GENERALES
7	500 A 1000	TRABAJO VISUAL PROLONGADO Y FINO SALAS DE LECTURA, TRABAJOS MANUALES Y DE MAQUINAS DELICADAS
8	1000 A 2000	TRABAJO VISUAL MUY FINO Y PROLONGADO INSPECCION DIFICIL, CONTABILIDAD, DIBUJO, ETC.
9	2000 A 5000	DISCRIMINACIÓN DE COLORES, ATRACTIVO COMERCIAL MARCADO TIENDAS DE AUTOSERVICIO, TRABAJOS MANUALES Y DE MAQUINAS MUY FINOS
10	5000 A 10 000	NIVEL DE LA LUZ DEL DIA, FOTOGRAFIA CIRUGIA MAYOR, TRABAJOS MANUALES Y DE MAQUINAS EXTRAFINOS

Tabla N°. 4.2

CAVIDAD DEL LOCAL (CL)



EJEMPLOS		(CL) EN METROS					
LARGO (A)	ANCHO (B)	ALTURAS (H _{cl})					
		2	3	4	5	6	7
10	6	2.7	4.0	5.3	6.7	8.0	9.4
	8	2.3	3.4	4.5	5.6	6.8	7.875
	10	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0
	12	1.8	2.8	3.7	4.6	5.0	6.42
20	14	1.2	1.8	2.4	3.0	3.6	
	16	1.1	1.8	2.2	2.8	3.4	
	18	1.1	1.6	2.1	2.7	3.2	
	20	1.0	1.5	2.0	2.5	3.2	

Fig. Nº. 4.2

CAVIDAD DEL LOCAL (CL)

$$CL = \frac{A + B}{A \times B} \times 5 \times H_{cl}$$

$$CL = \frac{(10 + 6)}{(10 \times 6)} (5 \times 6) = 8.0$$

FACTORES DE DEPRECIACION POR SUCIEDAD ACUMULADA EN LAS SUPERFICIES DEL CUARTO

TIPOS DE DISTRIBUCION DE LUMINARIAS

% DE DEPRECIACION POR SUCIEDAD ESPERADA	DIRECTO				SEMI-DIRECTO				DIRECTO-INDIRECTO				SEMI-DIRECTO				INDIRECTO			
	10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40
1	.98	.96	.94	.92	.99	.99	.98	.98	.99	.98	.98	.97	.99	.98	.98	.97	.99	.98	.97	.96
2	.99	.99	.99	.99	.99	.99	.98	.98	.99	.98	.98	.97	.99	.98	.97	.97	.99	.98	.96	.95
3	.99	.99	.99	.99	.99	.99	.98	.98	.99	.98	.97	.97	.99	.98	.97	.97	.99	.97	.96	.96
4	.99	.99	.99	.99	.99	.99	.98	.98	.99	.98	.97	.97	.99	.98	.97	.97	.98	.97	.96	.95
5	.99	.99	.99	.98	.99	.99	.98	.97	.99	.98	.97	.97	.99	.98	.97	.96	.98	.97	.96	.96
6	.99	.99	.99	.98	.99	.98	.98	.97	.99	.98	.97	.97	.99	.98	.97	.96	.98	.97	.96	.95
7	.99	.99	.99	.98	.99	.98	.98	.97	.99	.98	.97	.97	.99	.98	.97	.96	.98	.97	.96	.96
8	.99	.99	.98	.98	.99	.98	.98	.97	.99	.98	.97	.96	.99	.98	.97	.96	.98	.97	.96	.95
9	.99	.99	.98	.98	.99	.98	.98	.97	.99	.98	.97	.96	.99	.98	.97	.96	.98	.97	.96	.95
10	.99	.99	.98	.98	.99	.98	.97	.97	.99	.98	.97	.96	.99	.98	.97	.96	.98	.97	.96	.95

CAMBIO DEL RENDIMIENTO LUMINOSO DEBIDO A CAMBIOS DE TENSION

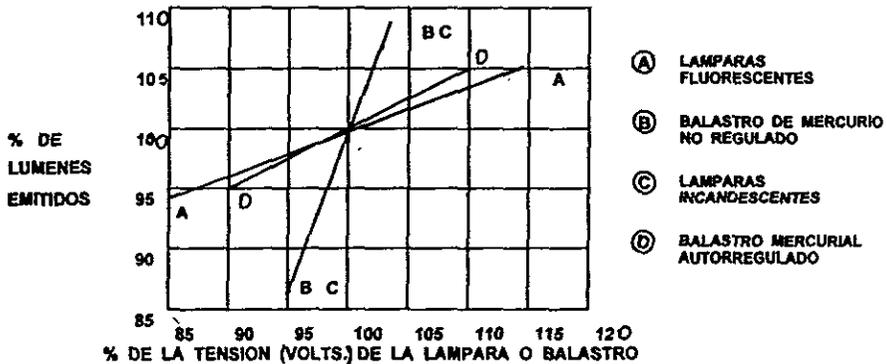


Tabla N°. 4.3

METODO LÚMEN.

Utilizando el método lumen, tenemos :

$$\text{No.} = \frac{E \times \text{Area}}{\text{Lúmenes por luminario} \times \text{C.U.} \times \text{F.M.}}$$

De donde :

No. = Número de luminarios .

E = Nivel de iluminación en luxes.

C.U. = Coeficiente de utilización.

F.M. = Factor de mantenimiento o factor de pérdida de luz.

Lúmenes por luminario = Lúmenes iniciales de la lámpara que se encuentra dentro del luminario.

Observando la fórmula anterior vemos que todos los factores que intervienen en ella son conocidos, excepto el valor de C.U. y el F.M. para obtener el valor de C.U. tenemos que recurrir a la información técnica del fabricante de luminarios y en especial al catálogo seleccionado.

Los siguientes pasos a seguir son:

I). Determinación del nivel de iluminación requerida. Se obtienen de catálogos publicados por el fabricante o bien, la recomendada por la Sociedad Mexicana de Ingeniería e Iluminación, A.C., Illuminating Engineering Society y por el manual de iluminación de la Westing House.

II). Selección del sistema de alumbrado.
Existen varios tipos de sistemas, ya que estos varían según la distribución de la luz vertical que es dirigida hacia el techo o al piso en un cierto ángulo.

Sistemas: *Indirecto.*
Semi - Indirecto.
Directo - Indirecto.
Semi - Directo.
Directo.

Generalmente se recomienda para oficinas el semi-indirecto, indirecto o directo - indirecto y para áreas de manufactura el directo o semi-directo.

III. Determinación del coeficiente de utilización (C.U).

Es un factor en que se considera la eficiencia y distribución de la luminaria, la altura de montaje, las dimensiones del cuarto y la reflexión de las paredes, techo y piso.

$$Cu = \frac{\text{Lúmenes aprovechados}}{\text{lúmenes generados por las lámparas}}$$

IV. Determinación del índice de cuarto (I.C.).

Para determinar el coeficiente de utilización es necesario conocer el índice de cuarto, ya que según la altura de montaje y la dimensión del cuarto varía el coeficiente de utilización, para esto se tiene una clasificación del índice de cuarto que se basa en la relación de cavidad de cuarto (R.C.R.).

Para obtener el valor de C.U. existen dos métodos :

1. - Método de índice de cuarto (Ic)
2. - Método de cavidad zonal (R.C.R.)
(Relación de Cavidad)

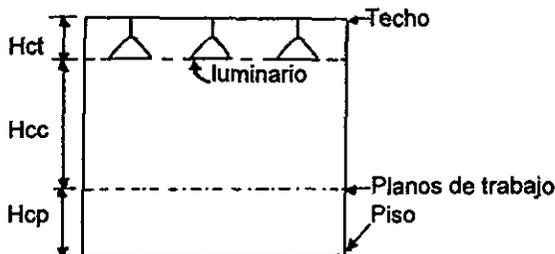


Fig. No. 4.3

Donde :

Hct = Altura de cavidad de techo.
Hcc = Altura de cavidad de cuarto.
Hcp = Altura de cavidad de piso.

1.- Método de índice de cuarto (Ic).

$$Ic = \frac{AREA}{Hcc (Largo + ancho)}$$

2.- Método de cavidad zonal (R.C.R.)

$$R.C.R. = \frac{5 \times Hcc (Largo + ancho)}{AREA}$$

Si analizamos las dos ecuaciones anteriores observamos que la relación que existe entre ellas es la siguiente :

$$R.C.R. = \frac{5}{Ic} \qquad Ic = \frac{5}{R.C.R.}$$

Nota : El método de índice de cuarto es un método antiguo, pero sin embargo es necesario conocerlo ya que todavía existe información de tablas de C.U. dadas por este método.

Determinación de factor de mantenimiento (F.M.)

Donde se toma en cuenta:

- 1.- Las condiciones atmosféricas.
- 2.- Limpieza de los luminarios.
- 3.- Cambio de las lámparas.

VI. Cálculo del número de lámparas y localización:

Para poder localizar nuestros luminarios es necesario conocer si cumple con no rebasar el espaciamiento máximo recomendado por el fabricante.

$S_{max.} =$ (factor proporcionado por el fabricante) por Hcc.

Donde :

S_{max} = Espaciamiento máxima entre centro de luminarios.

Hcc = Altura de cavidad de cuarto.

$$S_{max.} = (1.0)(6.60) = 6.60 \text{ metros.}$$

Para determinar el espaciamiento real en una distribución uniforme de luminarios, utilizamos la siguiente fórmula :

$$S = \sqrt{\frac{\text{área}}{\text{No. de luminarios}}}$$

Donde :

S = Espaciamiento real
(zona de producción)

$$S = \sqrt{(36.35 \times 16.50)/142} = 2.05 \text{ metros}$$

Como podemos observar el espaciamiento real es igual al máximo, por lo cual cumple.

El nivel de iluminación definitivo por acomodo.

$$E = \frac{(\text{No. de luminarios}) \times (\text{Lúmenes por luminario}) \times \text{C.U.} \times \text{F.M.}}{\text{AREA}}$$

$$E = \frac{(142) \times (3,500 \times 0.56) \times 0.65}{36.35 \times 16.50} = 301.63 \text{ luxes}$$

$$E = 301.63 \text{ luxes mantenidos}$$

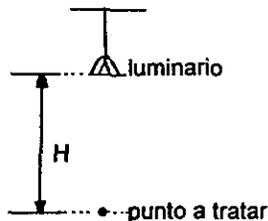
$$\text{Número de lámparas} = \frac{E \times \text{AREA}}{(\text{Lúmenes por luminario}) \times \text{C.U.} \times \text{F.M.}}$$

E = Nivel de iluminación

METODO DE PUNTO POR PUNTO.

Este método es complementario del método lúmen y lo usamos para comprobar si se esta cumpliendo con el nivel de iluminación recomendado.

Este método llamado también de la inversa del cuadrado de la distancia, se cumple cuando se trata de una fuente puntual (lámpara) y la superficie es perpendicular a la dirección del flujo luminoso.



$$E = I/H^2$$

Donde :

- H = Altura de luminaria al punto a tratar en metros.
- I = Potencia en candelas.
- E = Nivel de iluminación en luxes.

El valor que desconocemos es la potencia (I) en candelas para dar el nivel de iluminación.

Por lo tanto (el nivel de iluminación se obtiene de tablas). Por ejemplo :
E = 600 luxes.

Tenemos que $I = EH^2$

$$I = 600 \times (6.60)^2$$

$$I = 26,136 \text{ candelas}$$

Con este valor en candelas podemos buscar en la información técnica (curvas de distribución vertical), de cualquier fabricante y cualquier tipo de lámpara.

4.3.3 SELECCION DE UNIDADES LUMINICAS.

Se tienen lámparas incandescentes marca General Electric tipo "A" y "PS", lámparas a prueba de vapor y a prueba de explosión para el área de manufactura.

Para la zona de oficinas y laboratorios, lámparas fluorescentes tipo T-12 Slim Line de arranque rápido que serán seleccionadas de acuerdo al número de lúmenes iniciales que proporcione cada lámpara y el área a iluminar.

4.3.4 DISTRIBUCION DE LAS LAMPARAS.

Los factores que determinan la localización de las unidades lumínicas, son las dimensiones del local, la altura de la iluminación deseada y la apariencia de la instalación. La distribución de las lámparas es obtenida en una forma simétrica.

El número de unidades lumínicas se ajusta para que sea divisible por el número de columnas; la distancia entre las unidades es determinada si dividimos la longitud del local por el número de unidades lumínicas en una columna, dejando la distancia entre la pared y la primera unidad, la mitad de la distancia entre las unidades.

En igual forma, la distancia entre columna, si dividimos el ancho del local entre el número de columnas con la mitad de la distancia entre la pared y la primera columna según el esquema.

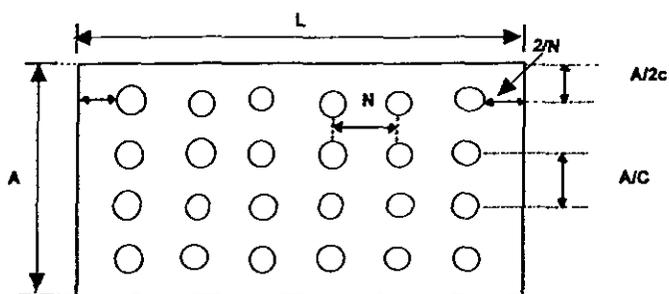


Fig. No. 4.4

Donde.

N = Número de unidades luminicas por columna.

C = Número de columnas.

Según la altura de montaje, la distancia máxima entre lamparas no debe ser mayor a 1.3 veces la altura de montaje.

4.3.5 LOCALIZACION DE LOS CENTROS DE CARGA.

Para la localización de los centros de carga se consideró en igual forma que para el sistema de fuerza, éstos se encuentran conjuntamente con los tableros secundarios de fuerza.

4.3.6 DISTRIBUCION POR CIRCUITOS.

La distribución de los circuitos son alimentados desde el tablero secundario de alumbrado, teniéndose en cuenta que; la potencia de cada circuito no debe rebasar de 2500 watts, según reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas para las condiciones normales de operaciones.

4.3.7 CALCULO DE CONDUCTORES Y DUCTOS.

Para el cálculo de conductores y ductos, se calcularon en igual forma que en el sistema de fuerza.

4.3.8 INSTALACION DE ALUMBRADO DE OFICINAS.

Dimensiones:

Longitud 9.66 m.
Ancho 6.35 m.
Altura 3.20 m.

pintura. Blanca en paredes y techo.
Altura de montaje: 3.0 m.

Reflexión (según Manual Westinghouse):
Techo 70%
Paredes 50%
Piso 10%

TIPO DE ILUMINACION.

Se eligió una unidad del tipo semi - directa, de 2 lámparas fluorescentes, cuyas características son: longitud de 2.44 m. de 74 watts, por tubo, diseñada sobre el principio de arranque rápido; el flujo luminoso medio, nos da una cantidad de 5320 lúmenes por lámpara; se escogen 800 luxes porque es un nivel luminoso de trabajo visual ordinario y según las tablas:

NIVEL DE ILUMINACION	800 LUXES
INDICE DE CUARTO (I.C.)	"F"
COEFICIENTE DE UTILIZACION	0.58
FACTOR DE MANTENIMIENTO	0.70
DISTANCIA ENTRE LAMPARA INFERIOR A 1.3 (3.0)	3.9 M.

Una vez que tenemos ya todos los elementos que intervienen en la relación de lúmen, podemos determinar el número de unidades que corresponde a la oficina.

$$\text{LÚMENES} = \frac{\text{LUXES} \times \text{AREA}}{\text{Cu} \times \text{F.M.}} = \frac{800 \times 9.66 \times 6.35}{0.58 \times 0.70} = 120,869$$

$$\text{No. DE LAMPARAS} = \frac{120,869 \text{ LUMENES}}{5320 \text{ LUMENES/LAMPARA}} = 22 \text{ LAMPARAS}$$

$$\text{No. DE UNID. LUMINICAS} = 11(2 \times 74 \text{ W}) \frac{\text{No. LAMPARAS}}{\text{LAMP. x UNIDAD}} = 22 = 11(2 \times 74 \text{ w})$$

4.3.9 INSTALACION DE ALUMBRADO DE LABORATORIO.

DIMENSIONES	LONGITUD	3.00 M
	ANCHO	2.50 M
	ALTURA	3.20 M
PINTURA	BLANCA EN PAREDES Y TECHO	
ALTURA DE MONTAJE		3.00 M
REFLEXION	TECHO	70%
	PAREDES	50%
	PISO	10%

Tipo de iluminación.

Igual que en el caso anterior, lámparas fluorescentes de dos tubos por unidad de 74 watts. cada tubo.

NIVEL DE ILUMINACION	600 LUXES
INDICE DE CUARTO	"J"
COEF. DE UTILIZACION	0.30
FACT. DE MANTENIMIENTO	0.70

$$\text{Lúmenes} = \frac{\text{Luxes} \times \text{área}}{\text{Cu} \times \text{F.M.}} = \frac{600 \times 3 \times 2.50}{0.3 \times 0.7} = 21\,500$$

$$\text{No. de lámparas} = \frac{21\,500}{5\,320} = 4.1$$

$$\text{No. de unidades} = 2 (2 \times 74 \text{ watts})$$

4.3.10 ZONA DE LITOGRAFIA.

DIMENSIONES	LONGITUD	29.66 M
	ANCHO	13.50 M
	ALTURA	3.20 M
ALTURA DE MONTAJE		3.00 M
REFLEXION	TECHO	70%
	PAREDES	30%

Tipo de iluminación.

Semi - directa de 2 lámparas fluorescentes por unidad de 2.44 m. de longitud, tipo slimline de 74 watts por tubo con un flujo luminoso promedio de 5320 lúmenes por tubo.

NIVEL DE ILUMINACION	350 LUXES
INDICE DE CUARTO	"F"
COEFICIENTE DE UTILIZACION	0.58
FACTOR DE MANTENIMIENTO	0.70

$$\text{Lúmenes} = \frac{\text{luxes} \times \text{área}}{\text{Cu} \times \text{F.M.}} = \frac{350 \times 29.66 \times 13.50}{0.58 \times 0.70} = 345\ 181$$

$$\text{No. de lámparas} = \frac{345\ 181}{5320} = 64.80 = 68$$

$$\text{No. de unidades} = 34 \text{ de } 2 \times 74 \text{ watts.}$$

4.3.11 ZONA DE PRODUCCION.

ZONA A PRUEBA DE EXPLOSION.

DIMENSIONES	LONGITUD	36.35 M
	ANCHO	16.50 M
	ALTURA	3.20 M
ALTURA DE MONTAJE		3.20 M

Tipo de Iluminación.

Lámpara incandescente a prueba de explosión de 200 watts con un flujo luminoso de 3500 lúmenes.

REFLEXION	TECHO PAREDES	70% 30%
NIVEL DE ILUMINACION		300 LUXES
INDICE DE CUARTO		"G"
COEFICIENTE DE UTILIZACION		0.56
FACTOR DE MANTENIMIENTO		0.65

$$\text{Lúmenes} = \frac{\text{luxes} \times \text{área}}{\text{Cu} \times \text{F.M.}} = \frac{300 \times 36.35 \times 16.5}{0.56 \times 0.65} = 494\,320.05$$

$$\text{No. de lámpara} = \frac{494\,320.05}{3\,500} = 141.23$$

$$\text{No. de unidades} = 142$$

4.3.12 ZONA DE REVISADO.

Tiene las mismas dimensiones que la zona de secadores, sólo que los motores no son a prueba de explosión. Si utilizaran lámparas fluorescentes de 2 x 74 watts, y se tiene un flujo luminoso promedio de 5320 lúmenes por tubo.

DIMENSIONES	LONGITUD ANCHO ALTURA	9.66 M 6.35 M 3.20 M
REFLEXION	TECHO PARED	75% 30%
NIVEL DE ILUMINACION		350 LUXES
INDICE DE CUARTO		"F"
COEFICIENTE DE UTILIZACION		0.58
FACTOR DE MANTENIMIENTO		0.70

$$\text{Lúmenes} = \frac{350 \times 6.35 \times 9.66}{0.58 \times 0.65} = 57\,300$$

$$\text{Número de lámparas} = \frac{57\,300}{5320} = 10.70$$

Número de unidades = 5 de 2 x 74 watts.

4.3.13 ZONA DE SANITARIOS.

Altura de montaje = 6.00 m.

$$\text{Lúmenes} = \frac{\text{lúmenes} \times \text{área}}{\text{Cu} \times \text{F.M.}} = \frac{250 \times 11 \times 10}{0.71 \times 0.70} = 56\,500$$

$$\text{Número de lámparas} = \frac{56\,500}{3500} = 16.20$$

Número de unidades = 8 de 2 x 74 watts.

4.3.14 ZONA DE VIGILANCIA Y PATIO.

Altura de Montaje = 6.50 m.

$$\text{Lúmenes} = \frac{\text{lúmenes} \times \text{área}}{\text{Cu} \times \text{F.M.}} = \frac{100 \times 25 \times 13}{0.70 \times 0.70} = 67\,000$$

$$\text{Número de lámparas} = \frac{67\,000}{3500} = 19.40$$

Número de unidades = 20

4.3.15 ZONA DE ALMACEN.

Altura de Montaje = 6.50 m.

A). Lámparas incandescentes.

$$\text{Lúmenes} = \frac{\text{lúmenes} \times \text{área}}{\text{Cu} \times \text{F.M.}} = \frac{70 \times 20 \times 2}{0.47 \times 0.65} = 8\,300$$

$$\text{Número de lámparas} = \frac{8\,300}{3500} = 2.35$$

Número de unidades = 2

B). Lámparas fluorescentes de 7.4 watts con un flujo luminoso de 5320 lúmenes

$$\text{Lúmenes} = \frac{\text{lúmenes} \times \text{área}}{\text{Cu} \times \text{F.M.}} = \frac{70 \times 13 \times 6.50}{0.3 \times 0.65} = 30\,300$$

$$\text{Número de lámparas} = \frac{30\,300}{5320} = 5.75 = 6$$

$$\text{Número de unidades} = 3 \text{ de } 2 \times 74 \text{ watts}$$

4.3.16 CALCULO DEL CALIBRE DE LOS CONDUCTORES QUE SE VAN A EMPLEAR.

El circuito de mayor potencia es de 2 200 watts.

$$i = \frac{P}{V} = \frac{2200}{127.5} = 17.2 \text{ amperes}$$

Considerando un factor de potencia unitaria; para obtener el calibre tomamos un 15% más:

$$i = 1.15 \times 17.2 = i = 19.8 \text{ amps.}$$

La sección del conductor será:

$$A = \frac{I \times L}{2\% V \times 57}$$

y tomando la longitud de mayor consideración:

$$L = 23.00 \text{ metros.}$$

$$A = \frac{19.8 \times 23}{0.02 \times 127 \times 57} = \frac{455.4}{144.78} = 3.15 \text{ mm}^2.$$

que corresponde a un conductor cuyo calibre es del No. 12 AWG, cuya sección es de 3.309 mm².

Para todos los circuitos se tomarán conductores del número 12 AWG.

4.3.17 CAPACIDAD INSTALADA DE ALUMBRADO Y CONTACTOS.

Aumentando la capacidad de los contactos monofásicos de 200 watts.

LAMPARAS	11.10	KW.
CONTACTOS	6.60	KW.
ALUMBRADO EXTERIOR	2.70	KW.
TOTAL	20.40	KW.

Tomando en cuenta el factor de demanda aproximado a un 75%.

$$P = 20.40 \times 0.75 = 15.30 \text{ Kw.}$$

$$I = \frac{P}{3V} = \frac{15.30 \times 1000}{3 \times 127} = 40.15 \text{ amperes}$$

TABLERO DE ALUMBRADO I (TA - 1)

Consta de 15 circuitos con un potencia total de 20.4 kw. en las 3 fases distribuidas como sigue:

FASE	A	6800	WATTS
FASE	B	6800	WATTS
FASE	C	6800	WATTS

Cuarto de centro de control: se tiene 2 lámparas incandescentes de 200 watts.

8	CONTACTO MONOFASICOS DE		300	WATTS C/U
	POTENCIA INSTALADA TOTAL (WATTS)			
57	LAMPARAS INCANDESCENTES DE	200 WATTS	11 400	WATTS
6	LAMPARAS FLUORESCENTES DE	74 WATTS	450	WATTS
8	CONTACTOS DE	300 WATTS	2 400	WATTS
	TOTAL		14 250	WATTS

Tomando en cuenta el factor de demanda de 75%:

$$P = 14.250 \times 0.75 = 10.7 \text{ KW}$$

$$I = \frac{P}{3V} = \frac{10.7 \times 1000}{3 \times 127} = 28.1 \text{ AMP.}$$

TABLERO DE ALUMBRADO 2 (TA -2)

Consta de 12 circuitos con una potencia total de 14.250 Kw. en las 3 fases., distribuidas como sigue:

FASE	A	4,700	WATTS
FASE	B	4,850	WATTS
FASE	C	4,700	WATTS

Se selecciona un tablero de alumbrado marca Square'D tipo NQO-14-14I con zapatas principales con 12 interruptores derivados tipo QO de 1 x 20 amps.

La alimentación será del tablero principal de alumbrado con un calibre No. 2 AWG y un tubo conduit de 51 mm. Tomando en cuenta el factor de demanda de 75%:

$$P = 29 \times 0.75 = 21.80 \text{ KW}$$

$$I = \frac{P}{3V} = \frac{21.8 \times 1000}{3 \times 127.5} = 51 \text{ AMP.}$$

TABLERO DE ALUMBRADO 3 (TA -3)

Consta de 20 circuitos con una potencia total de 29 Kw. en las tres fases, distribuidas como sigue:

FASE	A	9 600	WATTS
FASE	B	9 600	WATTS
FASE	C	9 800	WATTS

Se seleccionará un tablero de alumbrado marca Square'D tipo NQO - 20-4L con zapatas principales de 20 interruptores derivados tipo QO de 1 x 20 amps.

La alimentación será del tablero principal de alumbrado con un calibre 2/0 AWG y un tubo conduit de 63 mm.

ALUMBRADO EXTERIOR A UNA TENSION DE 440/220 VOLTS.

Luminaria de vapor mercurial de 400 watts tipo OV-25, con reactor con arbotante tipo Látigo 7.00 de longitud con balastra para 245 volts.

Cada circuito tiene una potencia de $3(400) = 1200$ watts.

$$I = \frac{P}{V} = \frac{1200}{220} = 5.45 \text{ AMP.}$$

Para el cálculo del calibre tomamos un 15% mas:

$$I = 5.45 \times 1.15 = 6.27 \text{ AMP.}$$

$$A = \frac{I \times L}{57 \times V \times \%e} = \frac{6.27 \times 250}{57 \times 220 \times 0.02} = 6.25 \text{ mm}^2$$

Que corresponde a un conductor del calibre No. 10 AWG, que tienen una sección de 5.261 mm². Lo cual se conecta al tablero de fuerza 3(TF -3), solo tienen 3 circuitos balanceados.

TABLERO DE FUERZA 3 (TF -3)

CIRCUITO				
1	1200	WATTS	FASE	A
2	1200	WATTS	FASE	B
3	1200	WATTS	FASE	C

ALUMBRADO EXTERIOR A UNA TENSION DE 220/127 VOLTS.

A). Tres reflectores marca Westinghouse, catálogo CHP-DM con bulbo par 38 de 300 watts cada uno.

$$I = \frac{P}{V} = \frac{900}{127} = 7.1 \text{ AMPERES}$$

$$\text{EL 15\% DE 7.1} = 1.07$$

$$I = 7.1 \times 1.07 = 7.60$$

$$A = \frac{I \times L}{57 \times V \times \% e} = \frac{7.60 \times 200}{57 \times 127 \times 0.02} = 10.5 \text{ mm}^2$$

El conductor que corresponde a un calibre del No. 6 AWG, cuya sección es de 13.3 mm².

B). Caseta.

Se tiene una área de 5 x 5 m², una lámpara incandescente de 100 watts y un contacto monofásico de 200 watts.

C). Entrada.

Dos lámparas arbotante marca G/E de 150 watts cada una.

D). Subestación.

Nueve lámparas incandescentes de 100 watts y 2 unidades fluorescentes de 2 x 74 watts, lo cuál va conectado al tablero de alumbrado 1(TA-1) situado en el edificio de laboratorios y oficinas.

4.4 DISTRIBUCION DE FUERZA.

La instalación de fuerza, va por las paredes del local próxima a la maquinaria, está formada por circuitos trifásicos y un neutro para los sectores de máquinas y uno monofásico para las tomas de corriente de la oficina.

Estos circuitos son de sección uniforme y estan calculados para que no se produzcan ni sobrecargas, ni una caída de tensión superior a la reglamentaria que es del 5% para los motores y del 3% para el alumbrado y usos varios, desde la caja general de protección.

La instalación se ha previsto, toda ella superficial; la línea de tierra que parte del tablero principal, pasa por el mismo conductor de los circuitos, siendo su conductor de las mismas características eléctricas que los de fase. la varilla de toma de tierra se coloca en el exterior de la nave.

4.4.1 LOCALIZACION DEL EQUIPO.

Para la localización del equipo, se prosigue con la ubicación de los motores en los planos arquitectónicos del sistema de fuerza que es hecha por los ingenieros de la compañía, la empresa que tenga a su cargo

los cálculos del proyecto de instalación, según los análisis realizados de los productos a fabricar y los estudios económicos de los mismos.

Por lo tanto, se tendrá la información de la ubicación de los motores, así como la capacidad de cada uno de ellos.

4.4.2 LOCALIZACION DE LOS CENTROS DE CARGA.

La localización de los centros de carga, en este caso, según los procesos que se realizan para obtener los productos, se tienen dos áreas principales en las cuales se determinó construir un centro de control en el área de cada producto, para un mejor control de los mismos y también para obtener mayor espacio en el área de fabricación.

4.4.3 DISTRIBUCION DE CIRCUITOS.

Para la distribución de los circuitos de fuerza, se recomienda un circuito para cada motor; pero en el caso que se tengan motores fraccionarios, se puede agrupar en un circuito donde el calibre de los conductores se calcula según la corriente que pase por cada circuito.

4.4.4 DETERMINACION DE LA CARGA POR SATISFACER Y LOCALIZACION DE LOS CENTROS DE CARGA.

Con los motores que se instalaran en la planta, se propone llegar a una capacidad aproximada de 400 Kva., con una futura ampliación de otros 500 Kva. para obtener una capacidad total de 900 Kva.

Considerando las diferentes áreas como son:

- Area de laboratorio y oficinas.
- Area de litografía.
- Area de producción.

Esta carga debe ser:

A 220 V tendremos una carga de 100 Kva.

A 440 V tendremos capacidad de 800 Kva.

y se tendrá distribuida de la siguiente manera :

I. AREA DE LABORATORIO Y OFICINAS.

MOTOR	H.P.	KVA	VOLTS	FASE	I (AMPS)	CICLOS
M-1	2.0	1.94	220	3	6.20	60
M-2	3.0	2.90	220	3	9.30	60
M-3	3.0	2.90	220	3	9.30	60
M-4	5.0	4.86	220	3	15.50	60
M-5	5.0	4.86	220	3	15.50	60
M-6	1.5	1.45	220	3	4.70	60
M-7	1.5	1.45	220	3	4.70	60
M-8	1.5	1.45	220	3	4.70	60
M-9	2.0	1.94	220	3	6.20	60
M-10	5.5	5.33	220	3	17.00	60
M-11	5.5	5.33	220	3	17.00	60
M-12	5.5	5.33	220	3	17.00	60

Tabla No. 4.4

TOTAL DE MOTORES	=	12
TOTAL DE H.P.	=	41
TOTAL DE KVA	=	43
VOLTS	=	220
FASES	=	3 Ø
TOTAL DE AMPERES	=	127.10
CICLOS/SEGS.	=	60 HZ.

II. AREA DE LITOGRAFIA.

MOTOR	H.P.	KVA	VOLTS	FASE	I (AMPS)	CICLOS
M-1	3.0	2.90	440	3	4.53	60
M-2	3.0	2.90	440	3	4.53	60
M-3	3.0	2.90	440	3	4.53	60
M-4	3.0	2.90	440	3	4.53	60
M-5	3.0	2.90	440	3	4.53	60
M-6	5.0	4.86	440	3	7.55	60
M-7	5.0	4.86	440	3	7.55	60
M-8	7.5	7.30	440	3	11.30	60
M-9	7.5	7.30	440	3	11.30	60
M-10	5.0	4.86	440	3	7.55	60
M-11	5.0	4.86	440	3	7.55	60
M-12	5.0	4.86	440	3	7.55	60
M-13	3.0	2.90	440	3	4.53	60
M-14	3.0	2.90	440	3	4.53	60
M-15	2.0	1.94	440	3	3.02	60
M-16	2.0	1.94	440	3	3.02	60

Tabla No. 4.5

TOTAL DE MOTORES = 16
 TOTAL DE H.P. = 65
 TOTAL DE KVA = 63
 VOLTS = 440
 FASES = 3 Ø
 TOTAL DE AMPERES = 99.66
 CICLOS/SEGS. = 60 HZ.

$$\text{H.P.} = \frac{I \times W \times 1.73 \times \text{FEP} \times \text{FP}}{746} = \frac{99.66 \times 440 \times 1.73 \times 0.80 \times 0.80}{746} = 65 \text{ H.P.}$$

III. AREA DE PRODUCCION.

MOTOR	H.P.	KVA	VOLTS	FASE	I (AMPS)	CICLOS
M - 1	15.00	14.60	440	3	22.70	60
M - 2	7.50	7.30	440	3	11.30	60
M - 3	15.00	14.60	440	3	22.70	60
M - 4	15.00	14.60	40	32	22.70	60
M - 5	7.50	7.30	440	3	11.30	60
M - 6	15.00	14.60	440	3	22.70	60
M - 7	3.00	2.90	440	3	4.53	60
M - 8	3.00	2.90	440	3	4.53	60
M - 9	5.00	4.86	440	3	7.55	60
M - 10	5.00	4.86	440	3	7.55	60
M - 11	5.00	4.86	440	3	7.55	60
M - 11-A	2.00	2.00	440	3	3.13	60
M - 12	5.00	4.86	440	3	7.55	60
M - 13	5.00	4.86	440	3	7.55	60
M - 14	5.00	4.86	440	3	7.55	60
M - 14-A	3.00	2.90	440	3	3.12	60
M - 15	20.00	19.40	440	3	30.20	60
M - 16	7.50	7.30	440	3	11.30	60
M - 17	20.00	19.40	440	3	30.20	60
M - 18	20.00	19.40	440	3	30.20	60
M - 19	7.50	7.30	440	3	11.30	60
M - 20	20.00	19.40	440	3	30.20	60
M - 21	5.00	4.86	440	3	7.55	60
M - 22	5.00	4.86	440	3	7.55	60
M - 23	7.50	7.30	440	3	11.30	60
M - 24	7.50	7.30	440	3	11.30	60
M - 25	5.00	4.86	440	3	7.55	60
M - 26	7.50	7.30	440	3	11.30	60
M - 27	10.00	9.68	440	3	15.10	60
M - 28	10.00	9.68	440	3	15.10	60
M - 29	7.50	7.30	440	3	11.30	60
M - 30	5.00	4.86	440	3	7.55	60
M - 31	5.00	4.86	440	3	7.55	60
M - 32	50.00	4.86	440	3	7.55	60

Tabla No. 4.6

TOTAL DE MOTORES	=	32
TOTAL DE H.P.	=	291.00
TOTAL DE KVA	=	282.00
VOLTS	=	440
FASES	=	3 Ø
TOTAL DE AMPERES	=	442.63
CICLOS/SEGS.	=	60 HZ.

TOTAL DE LAS TRES AREAS.

I. LABORATORIOS Y OFICINAS A 220 V, 3 Ø Y 60 HZ.

TOTAL DE MOTORES	=	12
TOTAL DE H.P.	=	41
TOTAL DE KVA	=	43
TOTAL DE AMPERES	=	127.10

II. AREA DE LITOGRAFIA Y PRODUCCION A 440 V, 3 Ø Y 60 HZ.

TOTAL DE MOTORES	=	16 + 32	=	48
TOTAL DE H.P.	=	65 + 291	=	356
TOTAL DE KVA	=	63 + 282	=	345
KVA TOTALES	=	43 + 345	=	388 ~ <u>400 KVA</u>

DATOS PARA LA PROTECCION DE MOTORES EN SISTEMAS DE BAJA TENSION.

CORRIENTES APROXIMADAS A PLENA CARGA PARA MOTORES

MOTORES MONOFASICOS.

HP	VELOCIDAD	I p.c.		HP	VELOCIDAD	I p.c.	
		115 V	230 V			115 V	230 V
1/8	3600	2.4	1.2	1 1/2	3600	17.6	8.8
	1800	2.8	1.4		1800	18.2	9.1
	1200	3.4	1.7		1200	20.6	10.3
900	4.6	2.3	900		24.6	12.3	
1/6	3600	2.8	1.4	2	3600	22.4	11.2
	1800	3.0	1.5		1800	23.4	11.7
	1200	3.8	1.9		1200	26.0	13.0
	900	4.6	2.3		900	30.0	15.0
1/4	3600	4.4	2.2	3	3600	32.0	16.0
	1800	5.0	2.5		1800	33.6	16.8
	1200	6.0	3.0		1200	36.0	18.0
	900	7.2	3.6		900	40.0	20.0
1/3	3600	4.4	1.8	5	3600	50.0	25.0
	1800	5.0	2.0		1800	52.0	26.0
	1200	6.0	3.0		1200	56.0	28.0
	900	7.2	3.8		900	66.0	33.0
1/2	3600	6.4	3.6	7 1/2	3600	74.0	37.0
	1800	7.2	3.6		1800	76.0	38.0
	1200	8.4	4.2		1200	80.0	40.0
	900	10.4	5.2		900	92.0	46.0
3/4	3600	8.8	4.4	10	3600	88.0	44.0
	1800	10.0	5.0		1800	88.0	44.0
	1200	12.0	6.0		1200	94.0	47.0
	900	13.6	6.8		900	100.0	50.0
1	3600	11.6	5.8				
	1800	12.4	6.2				
	1200	14.0	7.0				
	900	14.8	7.4				

Tabla No. 4.7

MOTORES TRIFASICOS

H.P.	VELOCIDAD	I p.c.				H.P.	VELOCIDAD	I p.c.			
		110 V	220 V	440 V	550 V			110 V	220 V	440 V	550 V
1/8	1800	1.2	0.62	0.31	0.24	15	3600	74.0	37.0	18.50	14.80
	1200	1.6	0.80	0.40	0.32		1800	77.0	38.0	19.30	15.40
1/4	1800	1.6	0.78	0.39	0.31	1200	82.00	41.0	20.60	16.40	
	1200	2.8	1.40	0.60	0.45	600	82.00	46.0	23.00	18.40	
1/3	1800	2.3	1.10	0.57	0.46	20	3600	--	49.0	24.50	19.60
	1200	3.0	1.50	0.75	0.58		1800	--	50.0	25.00	20.00
1/2	3600	3.2	1.60	0.80	0.64	1200	--	53.0	26.50	21.20	
	1800	3.6	1.80	0.90	0.72	600	--	59.0	29.50	23.50	
	1200	4.0	2.00	1.00	0.80	25	3600	--	60.0	30.00	24.00
	900	4.4	2.20	1.10	0.88		1800	--	62.5	31.70	25.00
3/4	3600	4.6	2.30	1.10	0.90	1200	--	62.5	33.00	26.20	
	1800	4.8	2.40	1.20	1.00	600	--	73.5	37.00	29.00	
	1200	4.8	2.40	1.20	1.00	30	3600	--	71.0	38.5	28.4
	900	4.4	2.50	1.20	1.00		1800	--	75.0	38.9	30.0
1	3600	6.0	2.3	1.20	1.00	1200	--	75.0	38.9	30.0	
	1800	6.0	2.4	1.40	1.20	600	--	89.0	45.0	36.0	
	1200	6.8	3.3	1.50	1.30	40	3600	--	96.0	48.0	38.0
	900	6.8	3.4	1.70	1.36		1800	--	97.5	49.0	39.0
1 1/2	3600	8.4	4.2	2.10	1.70	1200	--	103.0	52.0	41.0	
	1800	9.0	4.5	2.25	1.90	600	--	115.0	56.0	44.0	
	1200	9.8	4.8	2.40	1.90	50	3600	--	116.0	58.0	46.0
	900	11.2	5.6	2.80	2.30		1800	--	120.0	60.0	48.0
2	3600	11.6	5.8	2.90	2.40	1200	--	125.0	63.0	50.0	
	1800	11.1	5.7	2.85	2.30	60	3600	--	141.0	71.0	56.0
	1200	11.4	5.7	2.85	2.30		1800	--	144.0	72.0	58.0
	900	13.6	6.8	3.40	2.70	1200	--	149.0	75.0	60.0	
3	3600	16.8	8.4	4.20	3.40	75	3600	--	175.0	88.0	70.0
	1800	16.4	8.2	4.10	3.30		1800	--	180.0	90.0	72.0
	1200	16.4	8.2	4.10	3.30	1200	--	183.0	92.0	73.0	
	900	19.0	9.5	4.75	3.80	100	3600	--	232.0	116.0	94.0
3600	26.0	13.0	6.50	5.20	1800		--	236.0	118.0	95.0	
1800	26.0	13.0	6.50	5.20	1200		--	241.0	120.0	96.0	
1200	28.0	14.0	7.00	5.60	125		3600	--	--	145.0	116.0
900	30.4	15.2	7.60	6.10		1800	--	--	144.0	116.0	
7 1/2	3600	38.0	19.0	9.50	7.60	1200	--	--	147.0	118.0	
	1800	38.0	19.0	9.50	7.60	150	3600	--	--	170.0	136.0
	1200	40.4	20.2	10.10	8.10		1800	--	--	170.0	136.0
	900	44.0	22.0	11.00	8.80	1200	--	--	177.0	142.0	
10	3600	50.0	25.0	12.50	10.00	200	3600	--	--	229.0	174.0
	1800	53.0	26.5	13.30	10.60		1800	--	--	229.0	184.0
	1200	56.0	28.0	14.00	11.20	1200	--	--	230.0	184.0	
	900	64.0	32.0	16.00	12.80						

Tabla No. 4.8

CARGAS PARA MOTORES DE INDUCCION

H.P.	KWA	KW
1	1.33	0.99
1 ½	1.90	1.45
2	2.47	2.00
3	3.42	2.80
5	5.70	4.80
7 ½	8.35	7.10
10	10.30	8.70
15	15.20	13.20
20	19.80	17.10
25	24.40	21.00
30	29.40	26.00
40	39.60	35.00
50	47.50	41.50
60	57.00	51.00
75	70.00	62.00
100	93.50	82.50
125	118.00	105.50
150	137.00	123.00
200	182.50	164.00

Tabla No. 4.9

LETRAS DEL CODIGO NEMA PARA MOTORES

LETRA	KVA/HP	LETRA	KVA/HP
A	0 - 3.15	L	9.00 - 10.00
B	3.15 - 3.55	M	10.00 - 11.10
C	3.55 - 4.00	N	11.12 - 12.50
D	4.00 - 4.50	P	12.50 - 14.00
E	4.50 - 5.00	R	14.00 - 16.00
F	5.00 - 5.60	S	16.00 - 18.00
G	5.60 - 6.30	T	18.00 - 20.00
H	6.30 - 7.10	U	20.00 - 22.40
J	7.10 - 8.00	V	22.40 O MAS
K	8.00 - 9.00		

Tabla No. 4.10

$I = 1.25 I_{pc}$

I_{pc} = CORRIENTE A PLENA CARGA

$I = 1.15 I_{pc}$

4.4.5 CONEXION A SUS DIFERENTES CIRCUITOS.

La conexión del tablero secundario a los diferentes motores o equipos, es importante ya que según esto, la instalación puede ser más o menos económica, según el ahorro de tubería y cable, donde para una adecuada instalación se debe tener en cuenta ciertos factores como:

- a). Seguridad y confiabilidad.
- b). Prever excesiva caída de voltaje y pérdida de cobre.
- c). Flexibilidad en el cambio de lugar del equipo.
- d). Provisión para suplir incremento de cargas y mantenimiento económico.

4.4.6 CALCULO DE CONDUCTORES.

Para el cálculo de calibre de los conductores debe tomarse la corriente por transportar y caída de tensión máxima y permisible según el caso.

Según el catálogo de condumex, Vinanel 900, tabla de regulación de tensión, para el cual, conociendo la longitud del circuito en metros para una caída de tensión permisible en la instalación es de 3% estipulada por el Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas, para las condiciones normales de operación y la corriente nominal del motor, donde para usar la tabla, la distancia real es afectada por un factor correspondiente según la tensión de alimentación, para 220 volts. y 3% de caída permisible por 0.446 y para 440 volts y 3% de caída permisible por 0.223.

Por lo antes expuesto, es necesario tener conocimiento de las fórmulas correspondientes y la explicación de cada literal:

W = Potencia en watts.
En = Tensión entre fase y neutro (127 V).
Ef = Tensión entre fase y fase (220 V).
I = Corriente de amperes por conductor.
COS Ø = Factor de potencia o coseno del ángulo formado entre el vector tensión y vector corriente.

COS Ø = F.P. = 1 ó 100% solo carga 100% =
resistividad del cobre en Ohms/m/mm²

R = $\frac{\rho L}{S}$

ρ = 1/50 A 68°C

- L** = Distancia en metros de toma de corriente hasta centro de carga.
S = Sección transversal o área de los conductores en mm^2
e = Tensión entre fase y neutro.
Ef = Caída de tensión entre fases.

$$E\% = e \frac{100}{E_n} = e f = \frac{100}{E_f}$$

Tenemos lo siguiente si:

$$e = 2 R I \text{ (por ser ida y retorno)}$$

$$\text{Donde: } R = \rho \frac{L}{S}$$

$$e = 2 (\rho \frac{L}{S}) I$$

$$\rho = 1/50 \text{ a } 68^\circ\text{C}$$

Tenemos que:

$$e = 2(1/50)(L/S) I$$

$$e = \frac{2 L I}{50 S} \quad e = \frac{L I}{25 S}$$

$$e\% = \frac{100}{E_n} \quad e\% = \frac{L I}{25 S E_n}$$

$$e\% = \frac{L I}{25 S} \frac{100}{E_n} \quad e\% = \frac{100 L I}{25 S E_n} = e\% = \frac{4 L I}{S E_n}$$

$$S = \frac{4 L I}{E_n e\%}$$

Esto es a 2 hilos, o sea bifásica a dos hilos, 1 fase y neutro.

Para sistema trifásico.

$$W = \sqrt{3} e f I \cos \phi$$

$$I = \frac{W}{\sqrt{3} e f \cos \phi}$$

$$S = \frac{2\sqrt{3} LI}{E\phi\%}$$

Ahora para 3 hilos, o sea, 3 fases sin neutro.

$$\phi = \frac{1}{25} \frac{LI}{S} \qquad \phi = \frac{LI}{25S}$$

$$\phi\% = \frac{\phi 100}{En} = \frac{LI 100}{25S En} = \frac{4LI}{SEn}$$

$$S = \frac{4 LI}{E\phi\%}$$

4.4.7 CALCULO DE DUCTOS.

También existen tablas para dicho cálculo, como la de instalación de cables vinanel 900 en tubo conduit, en la cual se indica el número de conductores de distintos calibres que deben instalarse en los ductos según el diámetro.

Por otro lado se puede calcular el área total de los conductores y el área del tubo conduit, ya que debe existir una relación entre el área interior del tubo y el área de relleno de los conductores, en 40% para los conductores y 60% restante libres para tener una mejor transmisión - tensión.

4.4.8 SELECCION DE TABLEROS SECUNDARIOS.

Como se ha explicado anteriormente, los centros de carga se localizaron según el área de producción y los tableros también en igual forma.

Las cargas anteriores están basadas en el siguiente desarrollo:

$$I = \frac{746 \times HP}{1.73 \times N \times F.P. \times Ef}$$

Donde:

- Ef = TENSION ENTRE FASES (VOLTS)
- F.P. = FACTOR DE POTENCIA EN DECIMALES (0.85) 85%
- I = CORRIENTE EN AMPERES

N = EFICIENCIA DE MOTORES (0.90) = 90%
 H.P. = POTENCIA DEL MOTOR

$$I = \frac{746 \times \text{H.P.}}{1.73 \times 0.90 \times 0.85 \times 220} = 2.56 \text{ H.P.}$$

Considerando además un 20% de la corriente de sobrecarga RGA:

$$I = 2.56 \times 1.2 = 3.1 \text{ H.P.}$$

La determinación de algunos factores esta basada en la práctica, por lo que se estimaran valores para el rendimiento del sistema. El rendimiento de los motores será de 90% ya que la mayoría de los motores son de tipo "Inducción" "jaula de ardilla", y los fabricantes dan como bueno este valor en igual forma del factor potencia de 85% = 0.85.

CALCULO DE LOS CONDUCTORES PARA LA INSTALACION DE FUERZA EN EL AREA DE LABORATORIOS Y OFICINA.

Tomando como base el circuito H.P. = 5, de mayor carga y distancia de tablero de fuerza 1, la corriente obtenida por la fórmula anterior será:

$$I = \frac{746 \times \text{H.P.}}{1.73 \times N \times \text{FP} \times \text{Ef}}$$

$$I = \frac{746 \times \text{H.P.}}{1.73 \times 220 \times 0.85 \times 0.90} = 2.56 \text{ H.P.}$$

$$I = 2.52 \times 1.20 = 3.10 \text{ H.P.} \quad I=3.1 \text{ HP}$$

$$I = 3.10 (5) = 15.50 \text{ AMP.}$$

DE DONDE:

$$A = \frac{I L}{57 \times V \times \%}$$

$$A = \frac{15.50 \times 32}{57 \times 220 \times 0.02} = 250.8 = 1.42 \text{ mm}^2$$

Para ello se utilizará un cable del No. 14 AWG., cuya área es de 1.509 mm². En igual forma se procede con los otros circuitos.

TABLERO DE FUERZA 1 (TF-1)

CIRCUITO	H.P.	KVA.	I (AMPS)	CALIBRE CONDUCTOR	CABLE TIERRA
1	8.0	7.74	8.8	3 - 10 AWG	1 - 10 AWG
2	10.0	9.68	25.0	3 - 8 AWG	1 - 8 AWG
3	4.5	4.30	13.0	3 - 12 AWG	1 - 12 AWG
4	7.5	7.25	19.8	3 - 10 AWG	1 - 10 AWG
5	11.0	10.6	25.0	3 - 8 AWG	1 - 8 AWG
6		20.4	49.0	3 - 4 AWG	1 - 4 AWG

Tabla No. 4.11

Selección del tablero de fuerza 1 (TF-1).

Para su selección se considera también la carga del tablero de alumbrado 1, de donde la potencia total será:

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Motores} & 42.6 \text{ Kva.} & = & 43 \text{ Kva.} \\
 \text{Contactos y alumbrado} & 15.3 \text{ kva.} & = & 15 \text{ Kva.} \\
 & & & \underline{58 \text{ Kva.}}
 \end{array}$$

Tomando en cuenta el factor de demanda de 85%:

$$58 \text{ Kva.} \times 0.85 = 49.3 \text{ Kva.} = 49 \text{ Kva}$$

$$I = \frac{\text{Kva.} \times 1000}{1.73 \times V} = \frac{49 \times 1000}{1.73 \times 220} = \frac{49\,000}{381} = 129 \text{ Amps.}$$

Localizándose en el área de laboratorio y oficinas, marca "Square'D" Tipo NA1B-20-41, con interruptores termomagnéticos del tipo AIB de montaje enchufable, conexión atornillado, en gabinete para montaje superficial, con puerta y chapa, servicio interior y Nema - 1.

Aplicaciones :

Para uso de C.A., 7500 Amps. de capacidad máxima de zapatas.

Servicio:

3 fases - 4 hilos, 220/127 Volts C.A. con zapatas principales.

El tablero consta de:

5 interruptores derivados de 3 x 50 amps.

1 interruptor derivado de 3 x 70 amps.

Para la instalación del tablero, tiene una corriente total de 129 amperes, afectada del factor de demanda de 85% que está definido por:

$$\text{Factor de demanda} = \frac{\text{demanda máxima}}{\text{carga total conectada}}$$

Donde:

$$I = 129 (0.85) = 109.65 \text{ amps.}$$

Que corresponde a un calibre de 2 AWG. y un tubo conduit de 32 mm. de diámetro.

**SELECCION DEL TABLERO DE FUERZA 2 (TF-2)
AREA DE LITOGRAFIA.**

Cálculo de corrientes:

$$I = \frac{746 \times \text{H.P.}}{1.73 \times 440 \times 0.85 \times 0.90} = \frac{746 \text{ H.P.}}{582.32} = 1.28 \text{ H.P.}$$

Consideramos la corriente de sobre carga un 20%:

$$I = 1.28 \text{ H.P.} (1.2) = 1.54 \text{ H.P.}$$

Cálculo de los Kva.

$$\text{Kva.} = \frac{746 \times \text{H.P.}}{1000 \times \text{F.P.} \times E} = \frac{746 \times 1.54}{1000 \times 0.85 \times 0.9} = 0.968 \text{ H.P.}$$

Cálculo de conductores :

Según las tablas para el cálculo de conductores o bien, por la fórmula mencionada anteriormente del cálculo de la sección del conductor.

$$A = \frac{1}{57} \times \frac{IL}{V \times e \%} \text{ mm}^2$$

Se utilizarán cables del No. 12 AWG, para el neutro del número 14 AWG, igualmente para la estación de botones.

Potencia instalada.

La potencia de los 3 contactos será:

$$\text{Kva.} = 3 (22.8) = 68.1$$

Kva. de motores	63.08
Kva. de contactos	68.40
TOTAL	131.48 kVA.

Tomando como factor de demanda 85%:

$$\text{Kva} = 131.48 (0.85) = 111.76 \text{ Kva.} \sim 112 \text{ Kva.}$$

$$I = \frac{\text{Kva.} \times 1000}{1.73 \times V} = \frac{112 \times 1000}{1.73 \times 440} = \frac{112\,000}{761.2} = 147.14 \text{ amps}$$

Para la alimentación del tablero de fuerza 2, será del tablero principal con 4 conductores del No. 4/0 AWG. y tubo conduit de 51 mm. de diámetro. El tablero de fuerza 2 es del tipo QMB, marca "Square'D", ya que estos tableros pueden formarse con interruptores de seguridad combinados con arrancadores, con capacidad en las zapatas principales de 1200 amperes o interruptor general de 600 amperes, en gabinetes para usos generales Nema 1.

SELECCION DEL TABLERO DE FUERZA 3 DEL AREA DE PRODUCCION.

Potencia total instalada:

Motores	282.00	Kva.
Contactos trifásicos	39.00	Kva
Alumbrado exterior	3.60	Kva
Total	324.60	Kva

Tomando en cuenta el factor de demanda de 85%:

$$\text{Kva} = 324.60 \times 0.85 = 276$$

$$I = \frac{\text{Kva} \times 1000}{1.73 \times V} = \frac{276 \times 1000}{1.73 \times 440} = 362.59 \sim 363 \text{ Amps.}$$

La alimentación será con un conductor de sección que corresponderá a un calibre muy grueso y que tal vez no se consiga fácilmente en el mercado, por lo cual es conveniente colocar 2 hilos en paralelo por fase, es decir, la mitad de la corriente, siendo esta de $363/2 = 131.50$ amperes que corresponde a un calibre de 3/0 AWG.

La selección del tablero es igual que el anterior, tipo QMB marca "Square'D". La alimentación a los diferentes tableros secundarios se hizo según el sistema radial, ya que existen varios sistemas tales como: el radial, anillo, etc.; realmente el problema de la red de distribución presenta un campo muy amplio dentro de los sistemas más conocidos y es decir que se va a aplicar, tal o cual sistema, no sería propio, pero tratándose de un proyecto elaborado para una nueva fábrica, se optó por el sistema radial, ya que la distribución en anillo cerrado con el se podría tener una seguridad contra interrupciones, derivándose de este anillo las alimentaciones radialmente, pero esto sería deseable cuando la carga estuviese repartida a lo largo del anillo, debido a que la mayor carga se encuentra en una zona, quedando por lo tanto eliminada esta proposición.

Por lo anterior, se tomaron 3 alimentaciones a los tableros secundarios, el primero al área de laboratorio y oficinas, el segundo al área de litografía y el tercero al área de producción.

TABLEROS PRINCIPALES.

La intensidad total es de 553.55 amperes que están distribuidas según se indica:

	KVA	I(Amp)
Tablero de fuerza 1	64.20	84.00
Tablero de fuerza 2	98.50	129.00
Tablero de fuerza 3	253.00	333.00
Motor p/bomba de agua 5 H.P.	4.86	7.55
Totales	420.56	553.55 Amps.

Considerando la ampliación futura de 400 kva, se tendrá una potencia total de 820.56 Kva. y una corriente total de:

$$I = \frac{820.56 \times 1000}{1.73 \times 440} = 1090 \text{ Amperes}$$

El tablero Marca "Square'D" Tipo "ML", tres fases, 4 hilos, 480-600 volts. con zapatas principales de 1300 amperes que consta de interruptores termomagnéticos.

Interruptor para tablero principal de alumbrado.

Interruptor tipo ML-3, Marco J, 150 amperes, 3 polos, 600 volts C.A.
Catalogo 997318, montaje atornillado.

Interruptor para tablero de fuerza 2 (TF-2).

Interruptor tipo ML-3, Marco J, 200 amperes, 3 polos, 600 volts C.A.
Catalogo 997326, montaje atornillado.

Interruptor para tablero de fuerza 3 (TF-3).

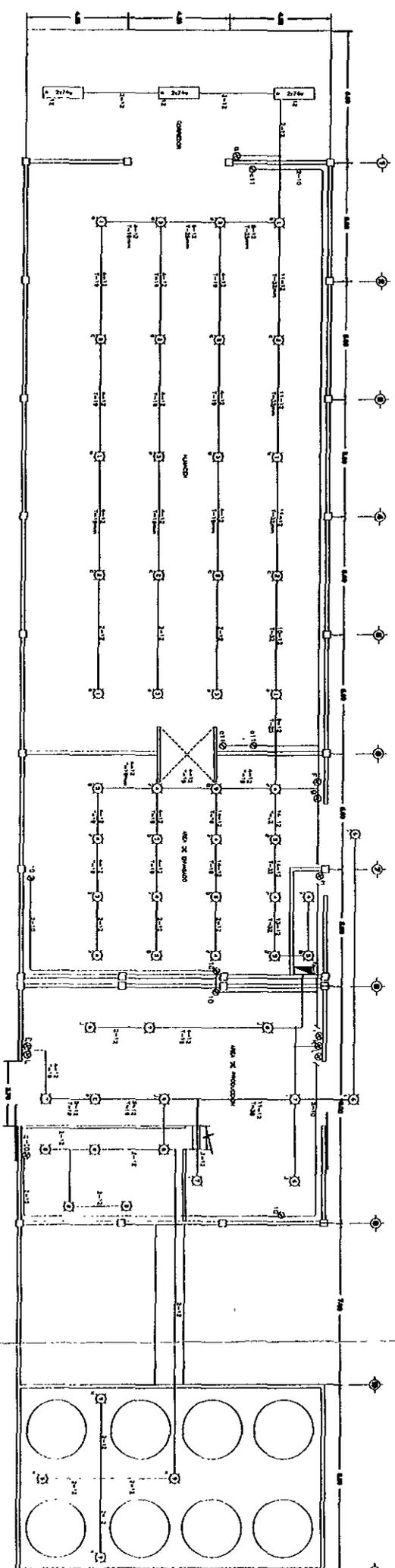
Interruptor tipo "LA", Marco "LA", 400 amperes, 3 polos, 600 volts
C.A. Catalogo LA-36400, montaje atornillado.

Interruptor para bomba de agua.

Interruptor tipo ML-1, Marco F, 15 amperes, 3 polos, 600 volts C.A.
Catalogo 99315, montaje atornillado.

Dos interruptores termomagnéticos,

Tipo "MA", 3 polos, 800 amperes, 600 volts, C.A., Catalogo MA-776
para conectarse al secundario de cada transformador.



simbolos.

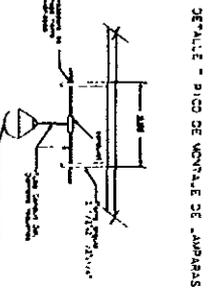
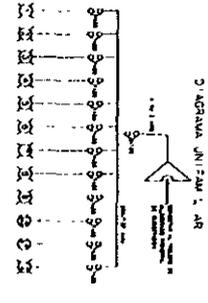
- 1. Interruptor de corriente de 20A.
- 2. Interruptor de corriente de 10A.
- 3. Interruptor de corriente de 5A.
- 4. Interruptor de corriente de 2.5A.
- 5. Interruptor de corriente de 1.5A.
- 6. Interruptor de corriente de 1A.
- 7. Interruptor de corriente de 0.5A.
- 8. Interruptor de corriente de 0.25A.
- 9. Interruptor de corriente de 0.125A.
- 10. Interruptor de corriente de 0.0625A.
- 11. Interruptor de corriente de 0.03125A.
- 12. Interruptor de corriente de 0.015625A.
- 13. Interruptor de corriente de 0.0078125A.
- 14. Interruptor de corriente de 0.00390625A.
- 15. Interruptor de corriente de 0.001953125A.
- 16. Interruptor de corriente de 0.0009765625A.
- 17. Interruptor de corriente de 0.00048828125A.
- 18. Interruptor de corriente de 0.000244140625A.
- 19. Interruptor de corriente de 0.0001220703125A.
- 20. Interruptor de corriente de 0.00006103515625A.
- 21. Interruptor de corriente de 0.000030517578125A.
- 22. Interruptor de corriente de 0.0000152587890625A.
- 23. Interruptor de corriente de 0.00000762939453125A.
- 24. Interruptor de corriente de 0.000003814697265625A.
- 25. Interruptor de corriente de 0.0000019073486328125A.
- 26. Interruptor de corriente de 0.00000095367431640625A.
- 27. Interruptor de corriente de 0.000000476837158203125A.
- 28. Interruptor de corriente de 0.0000002384185791015625A.
- 29. Interruptor de corriente de 0.00000011920928955078125A.
- 30. Interruptor de corriente de 0.000000059604644775390625A.
- 31. Interruptor de corriente de 0.0000000298023223876953125A.
- 32. Interruptor de corriente de 0.00000001490116119384765625A.
- 33. Interruptor de corriente de 0.000000007450580596923828125A.
- 34. Interruptor de corriente de 0.0000000037252902984619140625A.
- 35. Interruptor de corriente de 0.00000000186264514923095703125A.
- 36. Interruptor de corriente de 0.000000000931322574615478515625A.
- 37. Interruptor de corriente de 0.00000000046566128730773928125A.
- 38. Interruptor de corriente de 0.000000000232830643653869640625A.
- 39. Interruptor de corriente de 0.0000000001164153218269348203125A.
- 40. Interruptor de corriente de 0.00000000005820766091346741015625A.
- 41. Interruptor de corriente de 0.000000000029103830456733705078125A.
- 42. Interruptor de corriente de 0.0000000000145519152283668525390625A.
- 43. Interruptor de corriente de 0.00000000000727595761418342626953125A.
- 44. Interruptor de corriente de 0.000000000003637978807091713134765625A.
- 45. Interruptor de corriente de 0.0000000000018189894035458565673828125A.
- 46. Interruptor de corriente de 0.00000000000090949470177292828369140625A.
- 47. Interruptor de corriente de 0.000000000000454747350886464141845703125A.
- 48. Interruptor de corriente de 0.0000000000002273736754432320709228515625A.
- 49. Interruptor de corriente de 0.000000000000113686837721616035461428125A.
- 50. Interruptor de corriente de 0.0000000000000568434188608080177307140625A.
- 51. Interruptor de corriente de 0.00000000000002842170943040400886535703125A.
- 52. Interruptor de corriente de 0.000000000000014210854715202004432678515625A.
- 53. Interruptor de corriente de 0.00000000000000710542735760100221633928125A.
- 54. Interruptor de corriente de 0.000000000000003552713678800501106081640625A.
- 55. Interruptor de corriente de 0.0000000000000017763568394002505530403203125A.
- 56. Interruptor de corriente de 0.00000000000000088817841970012527652016015625A.
- 57. Interruptor de corriente de 0.000000000000000444089209850062638260080078125A.
- 58. Interruptor de corriente de 0.0000000000000002220446049250313191300400390625A.
- 59. Interruptor de corriente de 0.00000000000000011102230246251565956502001953125A.
- 60. Interruptor de corriente de 0.000000000000000055511151231257777775010009765625A.
- 61. Interruptor de corriente de 0.000000000000000027755575615628888750050048828125A.
- 62. Interruptor de corriente de 0.0000000000000000138777878078144443750250244140625A.
- 63. Interruptor de corriente de 0.00000000000000000693889390390722218751251220703125A.
- 64. Interruptor de corriente de 0.000000000000000003469446951953611093756256103515625A.
- 65. Interruptor de corriente de 0.00000000000000000173472347597680554687531280678125A.
- 66. Interruptor de corriente de 0.0000000000000000008673617379884027734375156403390625A.
- 67. Interruptor de corriente de 0.000000000000000000433680868994201386875782016953125A.
- 68. Interruptor de corriente de 0.000000000000000000216840434497100693437539103390625A.
- 69. Interruptor de corriente de 0.00000000000000000010842021724855034671875195516953125A.
- 70. Interruptor de corriente de 0.00000000000000000005421010862427517335937597784765625A.
- 71. Interruptor de corriente de 0.000000000000000000027105054312137586679687889378125A.
- 72. Interruptor de corriente de 0.00000000000000000001355252715606879333984394468953125A.
- 73. Interruptor de corriente de 0.000000000000000000006776263578034396669921972344765625A.
- 74. Interruptor de corriente de 0.000000000000000000003388131789017198333496093617238125A.
- 75. Interruptor de corriente de 0.00000000000000000000169406589450859916667454680861953125A.
- 76. Interruptor de corriente de 0.000000000000000000000847032947254299583337273404328125A.
- 77. Interruptor de corriente de 0.0000000000000000000004235164736271497916687367021640625A.
- 78. Interruptor de corriente de 0.00000000000000000000021175823681357489583436835108203125A.
- 79. Interruptor de corriente de 0.0000000000000000000001058791184067894947917184176015625A.
- 80. Interruptor de corriente de 0.00000000000000000000005293955920339474895885870880078125A.
- 81. Interruptor de corriente de 0.000000000000000000000026469779601697374479429354400390625A.
- 82. Interruptor de corriente de 0.00000000000000000000001323488980084868722397146772001953125A.
- 83. Interruptor de corriente de 0.000000000000000000000006617444900424343611985733860009765625A.
- 84. Interruptor de corriente de 0.0000000000000000000000033087224502121718059928669300048828125A.
- 85. Interruptor de corriente de 0.000000000000000000000001654361225106085927996433465000244140625A.
- 86. Interruptor de corriente de 0.00000000000000000000000082718061255304296399821673250001220703125A.
- 87. Interruptor de corriente de 0.0000000000000000000000004135903062765214819991083662500006103515625A.
- 88. Interruptor de corriente de 0.000000000000000000000000206795153138260740999554183125000030517578125A.
- 89. Interruptor de corriente de 0.00000000000000000000000010339757656913037049977709156250000152587890625A.
- 90. Interruptor de corriente de 0.0000000000000000000000000516987882845651852498885457812500000762939453125A.
- 91. Interruptor de corriente de 0.000000000000000000000000025849394142282592624944272890625000003814697265625A.
- 92. Interruptor de corriente de 0.00000000000000000000000001292469707114129631247221344516406250000019073486328125A.
- 93. Interruptor de corriente de 0.00000000000000000000000000646234853557064815623610717227272820312500000095367431640625A.
- 94. Interruptor de corriente de 0.000000000000000000000000003231174267785324078118035353636361031640625000000476837158203125A.
- 95. Interruptor de corriente de 0.0000000000000000000000000016155871338939220390590176681818181516406250000002384185791015625A.
- 96. Interruptor de corriente de 0.00000000000000000000000000080779356949696101952950883409090907582031250000011920928955078125A.
- 97. Interruptor de corriente de 0.0000000000000000000000000004038967847484805097647540440454545376103164062500000059604644775390625A.
- 98. Interruptor de corriente de 0.00000000000000000000000000020194839237424025488237222222222221880678125000000298023223876953125A.
- 99. Interruptor de corriente de 0.000000000000000000000000000100974196187120127441111111111111109403906250000001490116119384765625A.
- 100. Interruptor de corriente de 0.00000000000000000000000000005048709809356006372055555555555555470195312500000007450580596923828125A.

NOTAS:

1. Toda la obra se ejecutará de acuerdo a las especificaciones de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SENER-1993.
2. Toda la obra se ejecutará de acuerdo a las especificaciones de la Norma Oficial Mexicana NOM-002-SENER-1993.
3. Toda la obra se ejecutará de acuerdo a las especificaciones de la Norma Oficial Mexicana NOM-003-SENER-1993.
4. Toda la obra se ejecutará de acuerdo a las especificaciones de la Norma Oficial Mexicana NOM-004-SENER-1993.
5. Toda la obra se ejecutará de acuerdo a las especificaciones de la Norma Oficial Mexicana NOM-005-SENER-1993.
6. Toda la obra se ejecutará de acuerdo a las especificaciones de la Norma Oficial Mexicana NOM-006-SENER-1993.
7. Toda la obra se ejecutará de acuerdo a las especificaciones de la Norma Oficial Mexicana NOM-007-SENER-1993.
8. Toda la obra se ejecutará de acuerdo a las especificaciones de la Norma Oficial Mexicana NOM-008-SENER-1993.
9. Toda la obra se ejecutará de acuerdo a las especificaciones de la Norma Oficial Mexicana NOM-009-SENER-1993.
10. Toda la obra se ejecutará de acuerdo a las especificaciones de la Norma Oficial Mexicana NOM-010-SENER-1993.

LISTA DE ALAMBRES (mm²)

NO.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
1	Alambre de cobre #10	100	m
2	Alambre de cobre #12	200	m
3	Alambre de cobre #14	300	m
4	Alambre de cobre #16	400	m
5	Alambre de cobre #18	500	m
6	Alambre de cobre #20	600	m
7	Alambre de cobre #22	700	m
8	Alambre de cobre #24	800	m
9	Alambre de cobre #26	900	m
10	Alambre de cobre #28	1000	m



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
 ESCUELA NACIONAL DE SERVICIOS PROFESIONALES
 CAMPUS ADOLFO LOPEZ DE HARO
TESIS PROFESIONAL
 ALUMNO: ALVARO
 TITULO: PLANTAS INDUSTRIALES DE VERDE
 LUGAR DE EJECUCION: Toluca, Estado de Mexico
 AÑO DE EJECUCION: 2000



4.5 TIPOS DE ARRANCADORES Y SU APLICACION.

Los motores para su protección y arranque utilizan aparatos que aparte de facilitarlos, tengan una adecuada protección a sobrecorrientes de acuerdo con la clase de arrancador que se utilice, en seguida vamos a mostrar las diferentes clases que hay en el mercado, lo que podemos resumir como sigue:

- 1.- Arrancadores manuales, directos a la línea.
- 2.- Arrancadores combinados de navajas con fusibles que vienen a ser simplemente los interruptores en caja.
- 3.- Arrancadores magnéticos combinados con navajas de fusibles.
- 4.- Arrancadores magnéticos combinados con interruptor magnético, de tipos no reversibles.
- 5.- Arrancadores a voltaje reducido.
- 6.- Arrancadores magnéticos reversibles a tensión completa.
- 7.- Arrancadores para motores de alta tensión.
- 8.- Arrancadores magnéticos para motores síncronos.

1- Refiriéndonos a los arrancadores manuales directos a la línea, son utilizados para pequeños motores más o menos hasta 1 H.P. y puede pedirse de palanca o de botones y focos pilotos.

Los interruptores no se emplean para arranque de motores sino simplemente para los circuitos de corriente.

2.- Los interruptores magnéticos combinados de navajas y fusibles se utilizan para arranque a tensión completa de motores hasta 25 H.P., 3 fases, 50 y 60 ciclos y hasta 600 volts.

3.- Los interruptores magnéticos combinados están dotados de un interruptor termomagnético, arranca también a tensión completa y lleva un relevador de sobrecarga.

4.- Los arrancadores de voltaje reducido, los cables aparte de tener protección para sobrecarga y no voltaje, en su interior hay un autotransformador que reduce a la mitad el voltaje en el momento de arranque y después pasa a tensión completa.

5.- Los arrancadores magnéticos reversibles, como su nombre lo indica, sirven para hacer marchar el motor en las dos direcciones. Pidiéndose para corriente alterna, pues como se comprende, hay gran variedad de aparatos de esta naturaleza para corriente continua.

Las características para los motores de alta tensión, son las siguientes:

1.- El interruptor se halla en un gabinete dentro del cual se encuentran también los interruptores desconectores de arranque y carga.

2.- Los arrancadores para motores síncronos proporcionan el mejor medio de arrancar automáticamente los motores síncronos, con sólo apretar un botón.

4.6 TIPOS DE INTERRUPTORES Y SUS CONSIDERACIONES.

La "National Electric Manufacturers Association" de los Estados Unidos cuyas siglas NEMA (Asociación Nacional de Manufacturas Eléctricas), ha fijado normas a las que se deben apegar los fabricantes de equipo eléctrico de ese país, en la manufactura de interruptores de seguridad (Safety Switches).

En México, los fabricantes de interruptores de seguridad se apegan a dichas normas y al Código Nacional Eléctrico ("NEMA Y CNE) una vez conociendo los tipos de fusibles y sus respectivas capacidades además, teniendo presente que las condiciones de trabajo y los locales difieren de una instalación eléctrica a otra, es de suma importancia saber escoger el interruptor que conviene en cada caso.

1.- Tapones fusibles.

Para el empleo de estos, existen dos tipos de interruptores:

a). Es el más sencillo con base de porcelana con frente sin protección y sujeto a una tabla.

b). Este se encuentra cubierto por una caja metálica cerrada, que lo protege contra esfuerzos mecánicos y ambientales y evita accidentes al quedar al exterior solamente la palanca de operación.

2.- Cartuchos fusibles.

Para utilizarlos, se dispone de los siguiente interruptores de seguridad.

Tipo "LD"	Servicio ligero (Light Duty)
Tipo "ND"	Servicio normal (Normal Duty)
Tipo "HD"	Servicio pesado (Heavy Duty)

Servicio Ligero.

Este interruptor se recomienda en instalaciones residenciales, edificios, comercios, es decir, en lugares donde el número de operaciones (abrir o cerrar) no sean muy frecuentes.

Servicio Normal.

Este se usa en el interior y en instalaciones industriales para protección individual de motores siempre y cuando el ambiente y el local no represente un peligro constante.

Servicio pesado.

Se recomienda su uso donde el número de operaciones es muy frecuente y el requisito de seguridad, funcionamiento y continuidad de servicio es importante, por ejemplo, fábricas, hospitales, servicios públicos, etc.

Para cubrir cualquier necesidad, todos los interruptores antes indicados se fabrican con distintos tipos de gabinetes y características "NEMA".

DESCRIPCION DE LOS DIFERENTES TIPOS DE CAJA SEGUN DESIGNACION "NEMA".

NEMA 1.

Para uso general.

Adecuada en aplicaciones para servicio en interior, condiciones normales de medio ambiente, evita el contacto accidental con el aparato que encierra.

NEMA 2.

A prueba de goteo.

Evita el contacto accidental con el aparato que encierra y la entrada al mismo de polvo y gotas de agua.

NEMA 3.

A prueba de agentes exteriores.

Protege contra eventualidades del tiempo, especificados. Caja indicada para uso a la intemperie.

NEMA 3R.

A prueba de lluvia.

Evita la entrada a su interior de lluvia intensa. Indicada para uso general a la intemperie donde no se requiera protección contra ventiscas.

NEMA 4.

A prueba de agua.

No permite la entrada de agua a su interior aun cuando esta sea aplicada en forma de "chorro" con manguera.

NEMA 5.

A prueba de polvo.

Impide la entrada de polvo a su interior, en algunos equipos, las especificaciones a prueba de polvo es cubierta por Square'D.

NEMA 6.

Sumergible.

Permite usar satisfactoriamente aparatos sumergidos en el agua bajo condiciones especificadas en posición y tiempo.

NEMA 7.

A prueba de gases explosivos.

Lugares peligrosos, clase 1, grupo A, B, C ó D.
(ver código).

Diseñada para satisfacer los requerimiento del código nacional eléctrico "CNE" en lugares con atmósferas explosivas, clase 1. La interrupción de los circuitos se hace en aire.

NEMA 8.

Igual que la designación NEMA 7, diseñada para el mismo fin de NEMA 7, excepto que la interrupción del circuito se hace en aceite.

NEMA 9.

A prueba de polvos explosivos Clase II. grupos E, F ó G (ver código).

Diseñada para satisfacer los requerimientos del código nacional eléctrico, en lugares con presencia de polvos combustibles que originen mezclas explosivas.

NEMA 10.

Para uso en minas.

Permitida por reglamento para usarse en minas de carbón.

NEMA 11.

En baño de aceite, resistente a ácidos y vapores.

Para usarse en lugares donde el equipo está sujeto a la acción de ácidos y vapores corrosivos.

NEMA 12.

Para uso industrial.

Diseñada específicamente para uso industrial, a prueba de polvo, suciedad, aceite y lubricantes enfriadores.

DESCRIPCION	LD - SERVICIO LIGERO	ND - SERVICIO NORMAL	SERVICIO PESADO
TIPO AMPERES VOLTIOS POLOS NAVAJAS	TIPO D 30 - 200 AMP. 250 VOLTS. 2 Y 3 POLOS VISIBLES	TIPO A 30 - 200 AMP. 250 O 600 V. - C.A.-C.C. 3 POLOS VISIBLES	TIPO H 30 - 600 AMP. 250 O 600 V C.A. C.C. 3 POLOS VISIBLES
GABINETES	NEMA 1 NEMA 3R	NEMA 1 NEMA 3R	NEMA 12, 4 Y 5 NEMA 7, NEMA 9
CUBIERTA CON	SEGURO Y PORTACANDADO	RAPIDO EN APERTURA Y CIERRE	RAPIDO EN APERTURA Y CIERRE
ACABADO NAVAJAS	ABRILLANTADO	PLATEADO	PLATEADO ABRILLANTADO
GENERALIDADES	TIRO SENCILLO CON PORTAFUSIBLES	TIRO SENCILLO CON PORTAFUSIBLES	TIRO SENCILLO CON PORTAFUSIBLES

Tabla No. 4.12

4.7 DISTRIBUCION DEL SISTEMA DE TIERRA Y PARARRAYOS.

Se entiende por "puesta a tierra", a toda ligazón metálica, directa sin fusibles ni otro sistema de protección, de sección suficiente, entre determinados elementos o partes de instalación y un electrodo o grupo de electrodos enterrados en el suelo, con objeto de conseguir que, en el conjunto de las instalaciones, edificios y superficie próxima al terreno, no existan peligrosas diferencias de potencial y que, al mismo tiempo permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o las descargas de origen atmosférico.

De acuerdo con esto, las puestas a tierra se establece, principalmente, para limitar la tensión que con respecto a tierra puedan presentar, en un momento dado, las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o, por lo menos, disminuir el peligro que supone una avería en el material empleado para una instalación dada.

Existen dos tipos principales de puestas a tierra:

a). Puesta a tierra de protección.

Se instala para prevenir accidentes personales en caso de contactos directos o indirectos.

b). Puesta a tierra de servicio.

Es la que pertenece al circuito de la corriente de trabajo, es decir, el centro de estrella de generadores y transformadores.

CONSTITUCION DE UNA PUESTA A TIERRA.

Todo sistema de puesta a tierra esta constituido por las siguientes partes:

- 1.-Tomas de tierra.**
- 2.-Líneas principales.**
- 3.-Derivaciones de las líneas principales de tierra.**
- 4.-Conductores de protección.**
- 5.-Masas.**

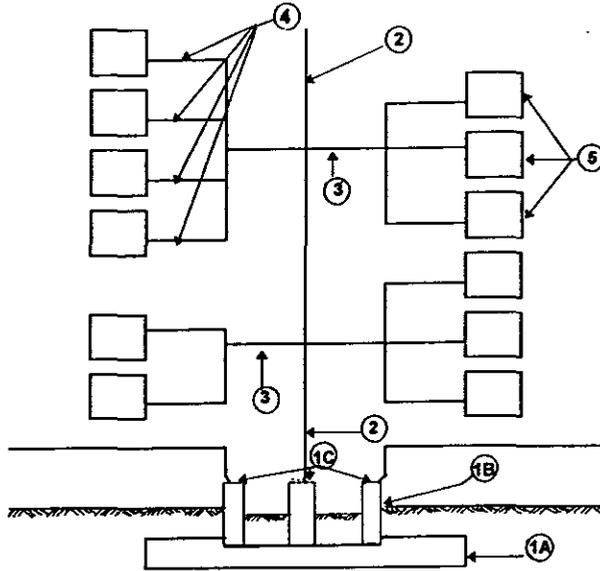


Fig. No. 4.5

Constitución de una puesta a tierra.

A su vez las tomas de tierra están constituidos por los siguientes elementos:

1a. Electrodo.

Es una masa metálica, permanente en buen contacto con el terreno, para facilitar el paso a este de las corrientes de defecto que puedan presentarse, o la carga eléctrica que tenga o pueda tener.

1b. Línea de enlace con la tierra.

Esta formada por conductores que unen el electrodo o conjunto de electrodos, con el punto de puesta a tierra.

1c. Punto de puesta a tierra.

Es un punto situado fuera del suelo, que sirve de unión entre la línea de enlace con tierra y la línea principal de la tierra.

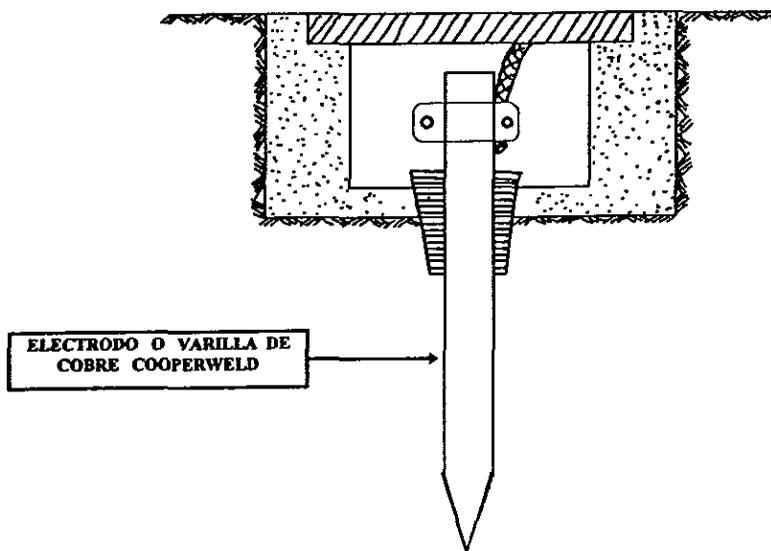


Fig. No. 4.6

CALCULO DE LA RESISTENCIA DE TIERRA.

La resistencia de tierra de un electrodo depende de su forma, dimensiones, colocación y la resistividad del terreno. Por todo ello, resulta aventurado pretender mediante un cálculo conocer el valor exacto de una resistencia de tierra.

Sin embargo, de forma aproximada pueden fijarse valores de la resistencia a tierra en los tipos más usuales.

Electrodo	Resistencia de tierra
- Conductor enterrado horizontal	$\longrightarrow R = \frac{2\rho}{L}$
- Varilla de cobre Cooperwell vertical	$\longrightarrow R = \frac{\rho}{L}$
- Placa enterrada	$\longrightarrow R = 0.8 \frac{\rho}{P}$

ρ = Resistividad del terreno (Ω -m)

P = Perímetro de la placa en (m)

Debe tenerse en cuenta que la proximidad entre dos electrodos aumenta la resistencia de tierra, reduciéndose la efectividad de cada uno. Así, en el caso de varillas, se recomienda una separación mínima de 1.5 veces su longitud y en este caso su efectividad se reduce al 60% para el caso de dos electrodos, al 45% en el caso de 3 electrodos al 33% para el caso de 4 varillas.

RESISTIVIDAD MEDIA PARA DISTINTAS CLASES DE TERRENOS.

NATURALEZA DEL TERRENO	VALOR MEDIO DE LA RESISTIVIDAD ($\Omega \cdot M$).
TERRENOS CULTIVABLES Y FERTILES	60
TERRAPLENES COMPACTOS Y HUMEDOS	50
TERRENOS CULTIVABLES POCO FERTILES	500
TERRAPLENES	500
SUELOS PEDREGOSOS	3000
ARENAS SECAS IMPERMEABLES	3000

Tabla No. 4.13

ELEMENTOS QUE DEBEN PONERSE A TIERRA.

En un edificio normal se conectaran a la puesta a tierra:

- Todas las tuberías metálicas accesibles.
- Toda la masa metálica importante (estructura, maquinaria, etc.)
- Las masas metálicas accesibles de los aparatos receptores de las tensiones usuales.
- Los dispositivos de combustible (gas, petróleo, etc.)
- Las instalaciones de antenas colectivas y dichas antenas.

PARARRAYOS

La electricidad atmosférica comprende las cargas de electricidad estática existentes en las nubes. El origen de la electricidad atmosférica no está bien estudiado todavía aunque parece que la acumulación de cargas eléctricas, esta causada por el razonamiento de las gotas de la lluvia con el aire de la atmósfera y, en menor grado, por la fragmentación de las gotas grandes de agua en gotas más pequeñas. Al caer sobre la tierra en forma de lluvia el agua procedente de las nubes, la tierra se carga de electricidad positiva y las nubes se van cargando, a la vez de electricidad negativa.

El conjunto nube - tierra viene a resultar las dos placas de un condensador, que va cargando cada vez más, hay un momento en que el potencial entre la nube y la tierra es tan elevado que se produce la llamada descarga atmosférica, o rayo.

Es decir, que el condensador, cuyas placas son la nube y la tierra, se descarga casi instantáneamente, restableciéndose, de momento, el equilibrio de cargas entre la nube y la tierra.

CARACTERISTICAS DE LA DESCARGA ATMOSFERICA.

La descarga atmosférica puede producirse entre la nube y la tierra, como hemos visto antes, o también entre dos nubes, cuando una de estas nubes está cargada menos negativamente que la otra. En ambos casos, el rayo se acompaña de fenómenos sonoros (trueno) y luminosos relámpagos.

Las intensidades de corriente en las descargas atmosféricas son elevadas y oscilan entre 10 000 amp. y 200 000 amp. El tiempo de descarga es muy pequeño y comprendido, según los casos, entre 20 y 200 millonésimas de segundo.

PROTECCION A LAS DESCARGAS ATMOSFERICAS.

Son las instalaciones destinadas a proteger a los edificios de las descargas eléctricas que se producen entre las nubes y la tierra.

-- Elementos que intervienen en la descarga.

a). El aire.

En estado seco se considera como elemento aislante, pero en la práctica se ioniza, convirtiéndose en conductor, por la acción de radiaciones de material radioactivo terrestre, radiaciones de los elementos de la misma atmósfera

(caso de aire sobre masas terrestres) o radiación cósmica (aire sobre masas terrestres o marinas).

En la práctica podemos considerar que existe un campo eléctrico terrestre, con la tierra cargada en forma negativa respecto a la atmósfera superior que lo ésta en forma positiva, este campo se comporta de forma distinta según los casos:

**** En el campo de buen tiempo.**

La existencia de iones libres y de un gradiente de potencial en la atmósfera genera una corriente, pudiendo considerar el circuito equivalente de la fig. donde se cumple:

$R = R_c + R_v \sim 1.10^{21}$ (para columna de aire de 1 cm² de sección).

R_c = Resistencia constante debida a ionización cósmica.

R_v = Resistencia variable.

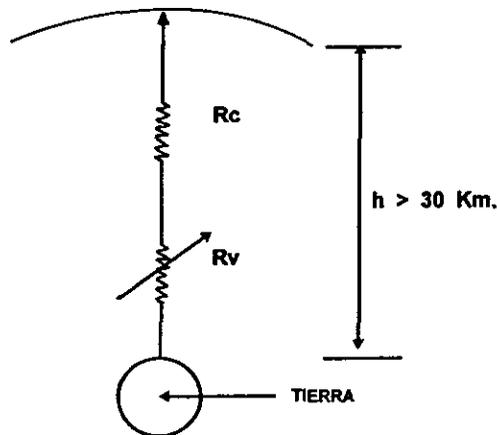


Fig. No. 4.7

**** En el campo de mal tiempo.**

La niebla, nieve, lluvia, etc. modifican la conductividad y la densidad de corriente (i) varía. En caso de existir prominencias en el terreno, se cargan eléctricamente y se produce el fenómeno de descarga por las puntas, incrementándose el gradiente de potencial a su alrededor y generándose un paso

continuo de corriente, este fenómeno fue observado por Franklin, DaliBark, Le Monier y especialmente por Wilson.

En conjunto se establece un intercambio tierra - atmósfera que equivale a un condensador cargado a 4×10^5 voltios.

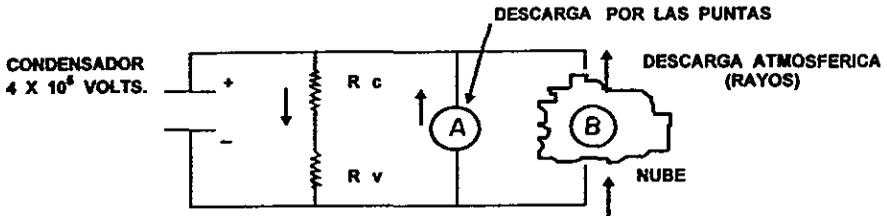


Fig. No. 4.8

b). la nube.

En este caso nos interesa considerar las nubes de tormenta. Son nubes de desarrollo vertical con una masa de agua muy considerable.

La formación de las cargas eléctricas en el interior de estas nubes se sigue un mecanismo complejo sobre el que existen diversas teorías. En general se acepta que hay en la masa de nubes gotas que descienden polarizadas con la carga positiva en la parte inferior, estas gotas capturan iones negativos y ceden los positivos.

Congeladas las gotas de agua, el centro se conserva líquido y los protones positivos quedan en el centro. A partir de la gota se separan los iones positivos y negativos, aunque estos quedan en la parte inferior se forman bolsas positivas en la parte baja de las nubes, que generan la formación del rayo.

c). La tierra.

Cargada negativamente, transfiere continuamente iones a la atmósfera, dependiendo esta transferencia de diversos factores, grados de acidez de los suelos (existencia de iones libres), humedad y conductividad en las puntas.

EL RAYO.

El conjunto de los tres factores. aire, nube y tierra es el origen de la generación de la descarga o rayo. Existen distintos tipos posibles de descarga,

entre dos nubes, en el interior de una nube o entre nube y tierra que es el que nos interesa.

El proceso de un rayo tiene varias fases sucesivas.

1.- Se establece el llamado "Leader" en forma de dardo. El mecanismo inicial se establece entre una bolsa positiva y una prominencia de terreno; el dieléctrico (aire) comienza a romperse y el "Leader" avanza a saltos de 50 m. aproximadamente cada uno y $1/3$ de la velocidad de la luz.

De esta forma se va ionizando un camino irregular en diversas direcciones hasta unos 15 o 20 m. de la punta.

2.- Se dispara la corriente de retorno, mucho más brillante desde la prominencia hacia el camino ionizado y a una velocidad próxima a la luz.

3.- Se efectúan repetidas descargas sucesivas de 3-5 usualmente aunque han llegado a contarse hasta 42. Estas descargas van en dos direcciones (nube - tierra y tierra - nube), el conjunto del fenómeno se efectúa en un lapso brevísimo de tiempo y para el observador normal la sensación es de un fenómeno único. En todo el fenómeno la transferencia de carga eléctrica es reducida, del orden de 20-30 columbios, aunque puede ser de 200 columbios y toda la manifestación energética depende de la elevada tensión, que es del orden de los 100 megavoltios (1×10^9 voltios).

LOS PARARRAYOS O LANZA.

Las primeras experiencias en el terreno de la protección contra las descargas atmosféricas se atribuyen a Franklin, que hacia 1750 ya comprendió el papel de las prominencias sobre las descargas e ideó colocar un dispositivo conductor y unido directamente a tierra, en un punto de máxima elevación, para atraer al posible rayo que caería en otra parte del edificio.

Respecto a la eficiencia de la protección de este dispositivo y el área realmente protegida existen distintas teorías. Normalmente se trabaja suponiendo un cono de radio igual a la altura y con su vértice en la punta del pararrayos, aunque es más seguro partir de un cono de 30° en lugar de 45° y la realidad parece que se ajusta más a superficies generadas por una curva.

Hacia 1865, Meisen aplica el principio de la jaula de Faraday a la protección de edificios, según este principio, no existe perturbación eléctrica posible en un recipiente contenido en una superficie equipotencial de campo.

Aplicando estos a los edificios se rodean con una malla de conductores, con lados menores de 33 m. y con puntas a distancias menores a 23 m. De esta forma, envolviendo todo el edificio y poniendo a tierra la malla en toda la periferia, se obtienen una seguridad absoluta respecto a la descarga.

A principios de nuestro siglo comenzaron las investigaciones sobre el pararrayos radiactivo, partiendo de la colocación de sales radiactivas en una punta, con lo que se ioniza el aire circundante y se favorece una descarga paulativa sin que llegue a caer el rayo. De todas formas, pese a que la emisión radiactiva es muy limitada y no se considera nociva, actualmente, en ciertos países se genera una especial resistencia al empleo de estos dispositivos.

PARARRAYOS DE PUNTA FRANKLIN ESTANDAR.

La instalación de pararrayos tipo Franklin, se realiza como se indica en la fig. sujetando a la obra de fábrica la punta que es de cobre, a través de los herrajes metálicos, cogidos con tornillos y tacos de expansión. La pieza de toma de tierra lleva una prolongación con una brida de apriete el cual se conecta el cable de toma de tierra que unirá todos los puntos de pararrayos de que disponga el edificio.

Las puntas deben ser colocadas a una distancia una de otra de modo que un cono ficticio que se establezca desde la punta hasta la base con un radio en esta, igual a su altura, pueda cubrir todo el edificio que se pretende proteger.

Estas puntas, por lo tanto, han de ser varias, colocadas a lo largo de la terraza, distribuidas estratégicamente de forma que cubran toda su superficie y han de unirse toda ellas, con un anillo de cable de toma de tierra que se prolongara desde el tejado, por la fachada, hasta un patio interior a la calle, en donde se instalará el electrodo para conexión con el terreno natural.

El sistema de toma de tierra ó varilla (electrodo) deberá estar formado por varias varillas de 2 m. de longitud, separadas entre sí al menos 3 m., para obtener una mínima resistencia de disipación. La sección del conductor de cobre ha de ser como mínimo 35 mm² o su equivalente en aluminio o acero.

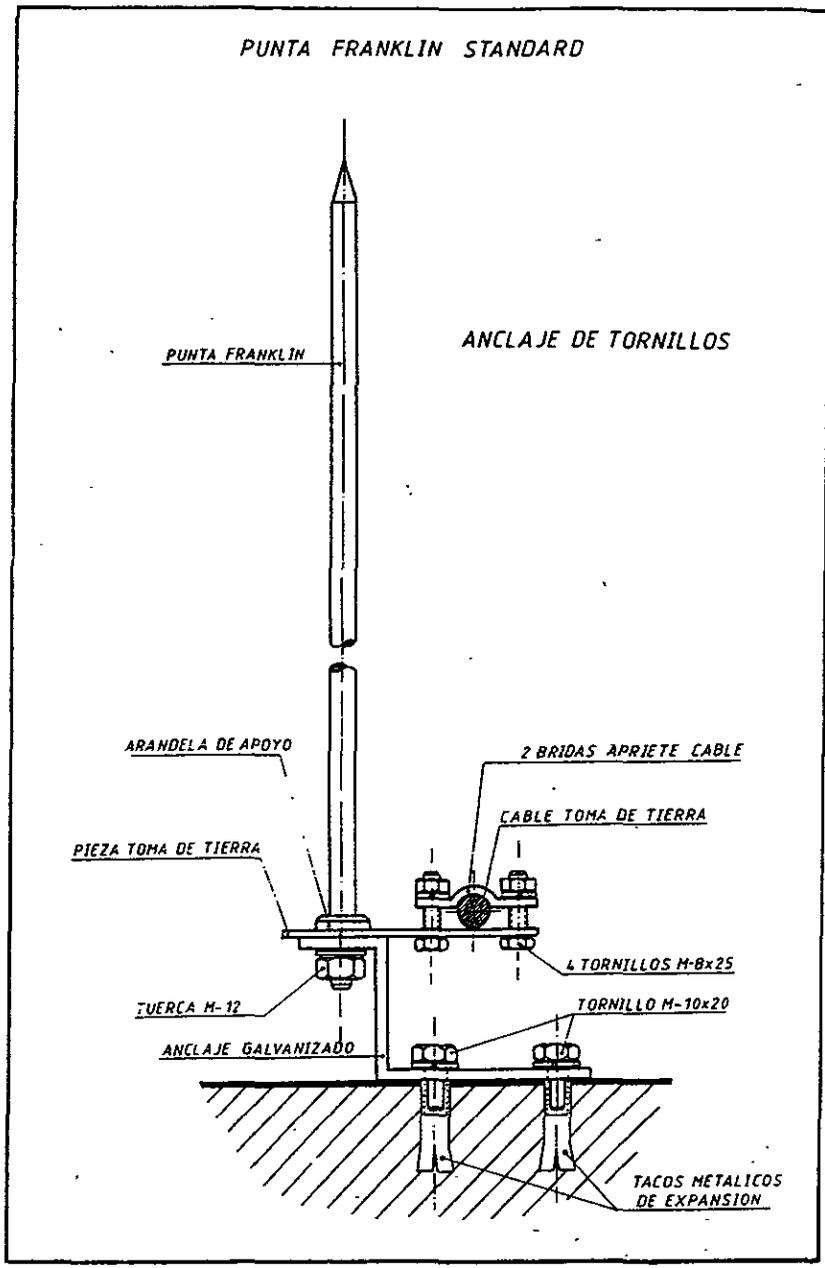


Fig. No. 4.9

PARARRAYOS DE PUNTA FRANKLIN MULTIPLE.

A diferencia del anterior pararrayo, este se compone de una punta principal y cuatro puntas auxiliares, lo que hace que la protección sea más eficaz y mayor en cuanto a la superficie que protege, aunque suele situarse sobre la terraza en la misma forma que la punta simple, salvo que el fabricante indique un radio de protección distinto.

Tienen como los anteriores, una pieza de toma de tierra en la cual ha de conectarse el cable de bajada y un tubo para acoplamiento a un mástil que le servirá de sujeción, de aproximadamente 1" de diámetro que bien con brida soporte o bien anclada al suelo, se sujeta a la obra de fábrica para fijarlo, si la altura de este tubo es grande, se le instalará unos vientos con tensores y en número mínimo de tres, con objeto de evitar su movilidad. El electrodo (varilla cooperweld) o toma de tierra, tendrá las características mencionadas anteriormente en la punta Franklin estándar.

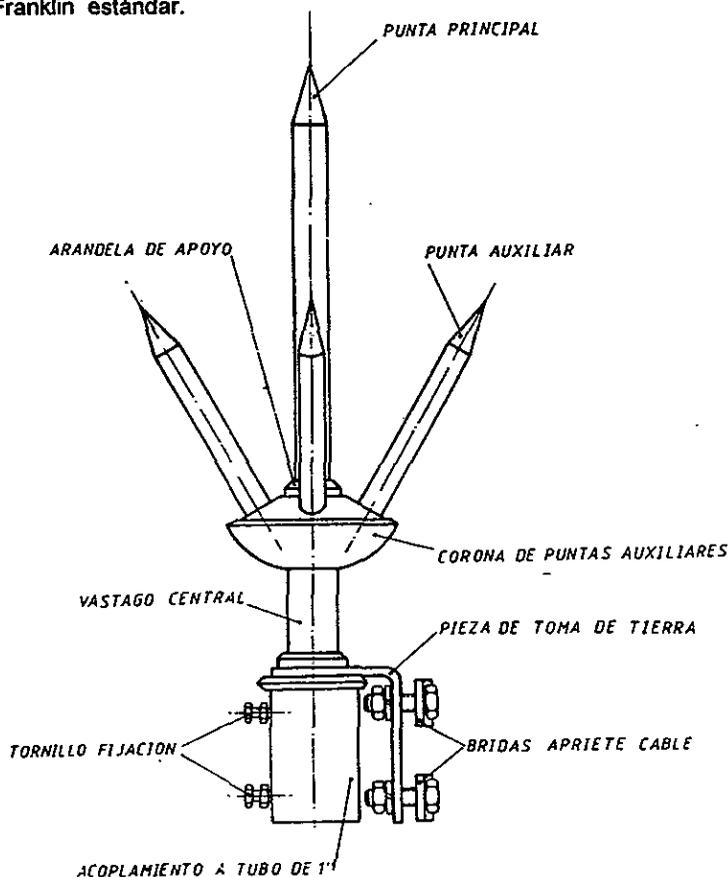


Fig. No. 4.10

PARARRAYOS IONIZANTES.

Estos pararrayos, además de contener varias puntas similares a las de franklin que hacen de absorbedores del rayo o chispa cuando se genera, llevan una placa ionizada, que atrae, por su especial composición con más eficacia la chispa eléctrica que se produce a su alrededor.

Estas puntas se calibran para radios comprendidos entre 5 y 50 m. y su protección se extiende al volumen que forma una cúpula semiesférica de radio definido por su calibre y centro a la punta del pararrayos, colocada sobre una base cilíndrica del mismo diámetro y la altura definido por la punta del pararrayo y el suelo.

La protección es total y como dijimos, no forma un cono como en el pararrayos Franklin, sino que la bóveda y su base forman un espacio de protección y todo lo comprendido dentro de el queda totalmente protegido.

La sujeción se realiza de igual forma que hemos explicado para el caso de punta múltiple tiene el dispositivo de toma de tierra, formado por una brida para la conexión del conductor, que en este caso no ha de ser inferior a 50 mm². de cobre o 100 mm². de fierro.

Actualmente, el sistema de ionizar el medio por una fuente radiactiva ha sido prohibido. Siendo sustituido por otros sistemas, igualmente ionizantes, pero por procedimientos de carga electrónica con un generador de iones que se sitúan junto a la punta y que es alimentado por una fuente con corriente a 220 v.

PARARRAYO IONIZANTE

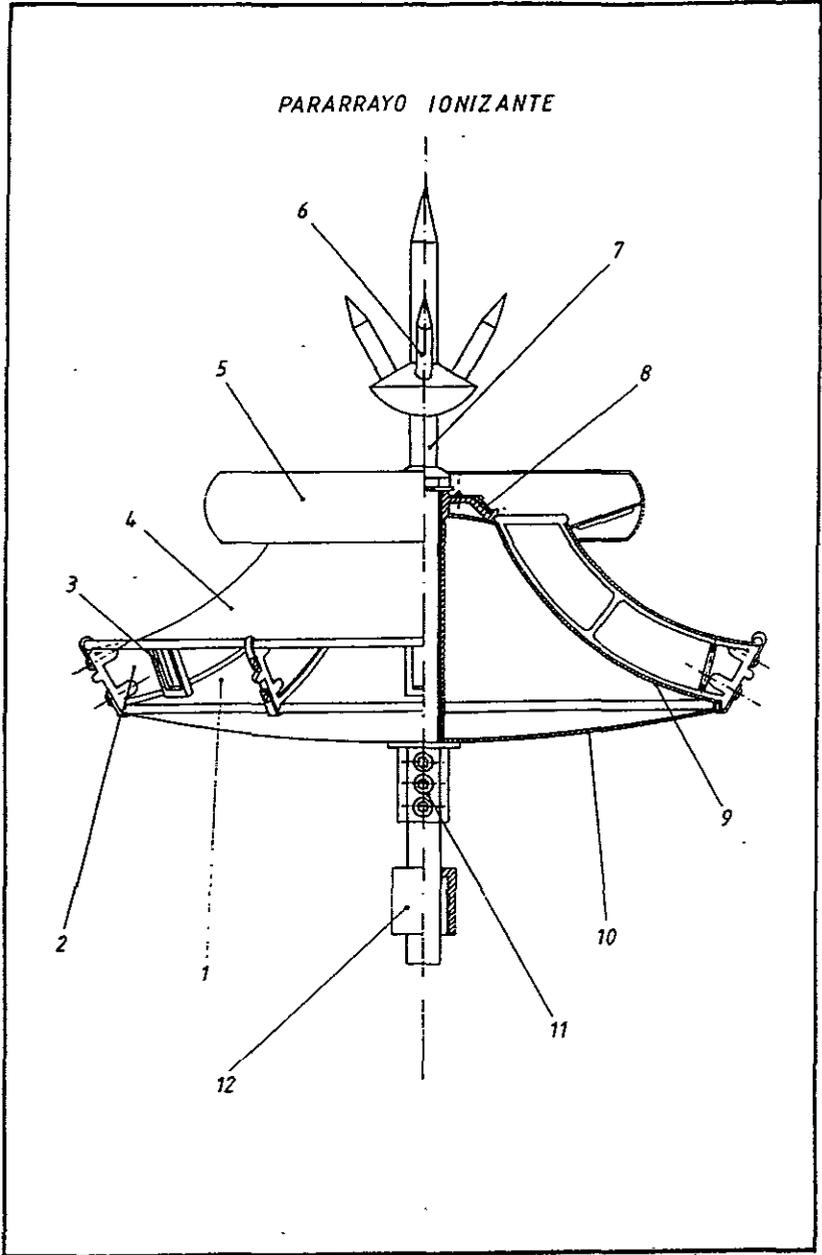


Fig. No. 4.11

CARACTERISTICAS DE LA INSTALACION DE PARARRAYOS.

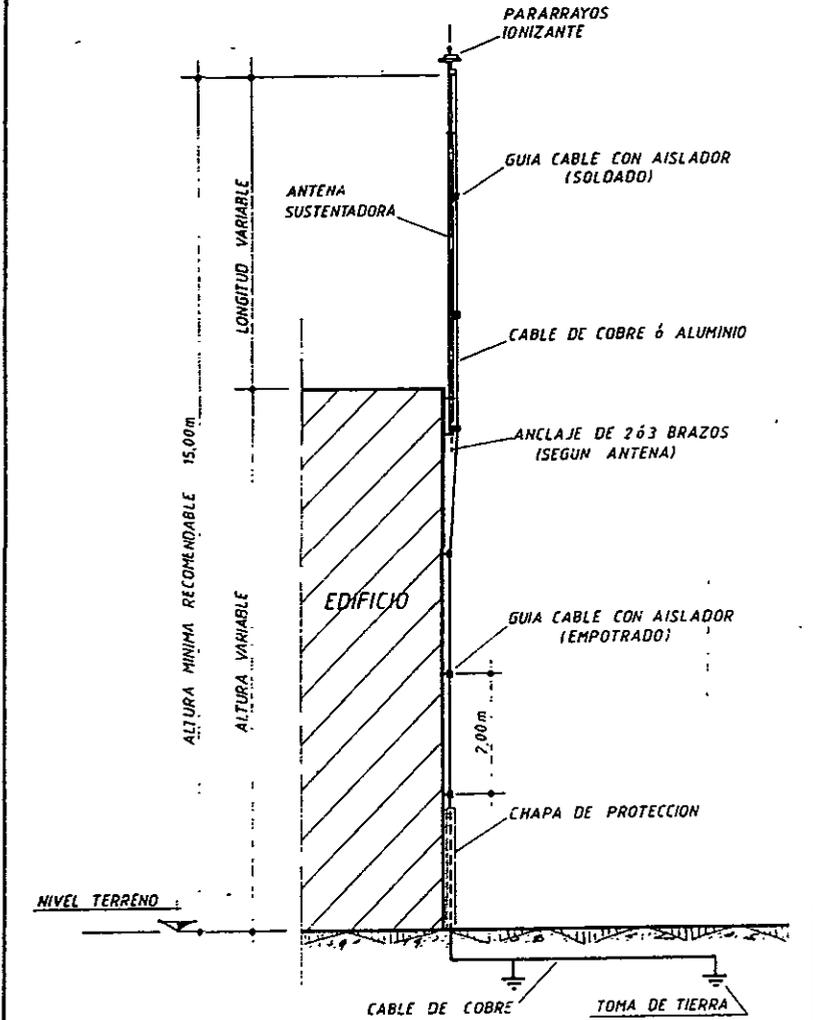
Aunque poco valorado hasta ahora, las características de la puesta a tierra son un factor muy importante para la protección que debe proporcionar el pararrayos, en un caso real deberíamos considerar tres pasos de corriente independiente:

- a). Rayo de los elementos captadores.
- b). Circulación hacia la puesta de tierra.
- c). Paso a tierra en concreto.

Cada uno de estos pasos comporta una caída de tensión distinta, en el primer caso es distinta, (del orden de 10-12 voltios). En el segundo depende de la inducción generada (y puede ser importante) y en el tercero depende de la resistencia (R_e) que ofrezca la puesta a tierra que será baja en el caso de una buena ejecución).

Es aconsejable emplear conductores de cobre a tierra de sección mayor o igual a 25 mm², crear mallas de conductores, para disminuir el peligro de las tensiones de paso y estudiar cuidadosamente el trazo de los conductores para evitar aproximaciones propias o ajenas a otros elementos metálicos que pudieran favorecer el paso de las descargas por puntos no previstos.

ESQUEMA DE INSTALACION DE PARARRAYOS



NOTA: EL PARARRAYOS IONIZANTE DEBERA QUEDAR POR LO MENOS 1m MAS ELEVADO QUE CUALQUER OTRO PUNTO QUE SE DESEE PROTEGER

Fig. No. 4.12

CAPITULO V

MANTENIMIENTO DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS.

5.1 OBJETIVO ESPECIFICO.

En este capítulo se trata de señalar los principios básicos de un buen servicio de mantenimiento; el mantenimiento real de un determinado elemento del equipo estará determinado por su ciclo de funcionamiento, la complejidad de sus partes y el tiempo que se disponga de ello

La principal dificultad con que se tropieza en el servicio de mantenimiento, suele ser la mala interpretación de lo que ello significa, ya que mantener el equipo en funcionamiento no es repararlo después de averiado, sino que consiste en inspeccionarlo, conservarlo limpio y con todas sus piezas y conexiones apretadas, no significando reparar.

Si hay una regla única aplicable a todos los procedimientos de mantenimiento en todas las instalaciones y en todas las condiciones, es ser cuidadoso.

La negligencia de no observar las precauciones de seguridad son dos cosas que el encargado del mantenimiento no se puede permitir. El éxito del sustento, depende en gran parte del interés que tenga el personal al efectuar las revisiones generales, debiendo estar siempre pendiente de cualquier cosa anormal que noten como son: ruidos extraños, falsos contactos, vibraciones, fugas de aceite, etc.; y estas a su vez deben realizarse mediante un programa.

Los procedimientos que se utilizan para efectuar el mantenimiento a los equipos de alta tensión, están basados en las indicaciones que hacen las normas, así como, la experiencia acumulada a lo largo de los años en los sistemas eléctricos.

La diversidad de marcas y equipos utilizados en alta tensión, obliga a tratarlos en forma general, así como las pruebas que se deben efectuar para la puesta en servicio de una subestación de rectificación, después de haber estado fuera de servicio por mantenimiento.

5.2 MANTENIMIENTO.

Es la función que se encarga de conservar en optimas condiciones de operación los equipos eléctricos e instalaciones.

5.2.1 TIPOS DE MANTENIMIENTO.

Existen tres tipos de mantenimientos que son:

- Mantenimiento Preventivo.
- *Mantenimiento Correctivo.*
- Mantenimiento Predictivo.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

Es la conservación planeada a los equipos e instalaciones, producto de inspecciones periódicas que descubren condiciones defectuosas. Este mantenimiento es eficiente por que, reduce las interrupciones de los equipos, conserva los mismos en condiciones de operación y ayuda a que la depreciación sea mínima.

Debidamente efectuado este mantenimiento, reduce los costos de operación, ya que al detectarse una anomalía a tiempo, puede evitarse una falla que provocaría un equipo fuera de servicio o la reposición de partes vitales del mismo.

MANTENIMIENTO CORRECTIVO.

La característica principal es la corrección de fallas conforme se van presentando. Este tipo de conservación es el más costoso, ya que, al efectuar una corrección a los equipos origina, compra de materiales y/o refacciones en un momento determinado. Cuando se corrige una anomalía, impide el diagnóstico exacto de las causas que provocaron la falla, pues se ignora si se debió al mal uso, abandono, desconocimiento en la operación, o por fatiga del mismo.

MANTENIMIENTO PREDICTIVO.

Es un recurso que se basa fundamentalmente en detectar una falla antes de que suceda, para dar tiempo a corregirla sin perjudicar la operación del servicio. Estos reportes se turnan diariamente al jefe de la sección, el cual a su vez se asigna al personal de mantenimiento correspondiente a el trabajo a efectuar, una vez terminada la operación se anota el trabajo y se archiva.

Formas para Pruebas.

En estas formas se anotan los valores obtenidos en las pruebas; y se archivan junto con las formas de inspección; esto es con el objeto de poder llevar un control, lo que da una idea más exacta de las condiciones en las que se encuentran los equipos.

5.2.4 PERIODICIDAD DEL MANTENIMIENTO.

El fabricante indica en sus manuales la frecuencia con la que se debe dar el mantenimiento a cada equipo, conjugado con la experiencia que a lo largo de los años, se ha adquirido en la sección de alta tensión; lo anterior sirve para programar los períodos óptimos del mantenimiento preventivo.

5.2.5 METODO DE RUTA CRITICA.

El método de ruta crítica ayuda a planear, programar y controlar los diversos procesos, en este caso se utilizará para el mantenimiento preventivo a una subestación. La ruta crítica, es el análisis profundo del conjunto de actividades y métodos de trabajo, para determinar la ruta adecuada para minimizar la duración de un proceso, con los mejores resultados.

Actividad crítica, es una parte del proceso, que se determina, considerando que la iniciación de dicha parte, depende de la terminación de otras.

Antes de programar el mantenimiento, conviene hacer una descripción precisa de las actividades a realizar; después de esto deberá determinarse la duración de la acción y anotarias en forma de lista, esto implica conocer los recursos humanos y materiales, así como, las herramientas y equipos de prueba.

La programación, por el método de ruta crítica, ayudará a reunir toda la información necesaria, de esta manera tomaremos decisiones convenientes.

5.2.6 MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS DE CONTROL.

PROCEDIMIENTO GENERAL.

El primer requisito en cualquier servicio de mantenimiento bien organizado, debe ser la inspección periódica para evitar que surjan series averías. Esta inspección incluirá no solo el equipo eléctrico, sino también la máquina, y la observación del desgaste y deterioros, que pueda haber en el equipo, lo que permitirá conocer los puntos peligrosos que deberán cuidarse, así como, el plan de reposiciones y verificaciones necesarias para evitar que puedan presentarse averías importantes.

Una de las principales causas de falla de los sistemas de control, es la presencia de polvo, grasa, aceite y suciedad que deben ser eliminados periódicamente para que el equipo pueda funcionar correctamente. La eliminación del polvo y la suciedad se pueden realizar frotando con trapos, pero esto no siempre resulta eficaz para eliminar el aceite y la grasa.

Estas sustancias se eliminan generalmente empleando un disolvente tal como tetracloruro de carbono; cuando se emplean estos disolventes habrá que

tomar precauciones porque la inhalación de cualquier cantidad apreciable de sus vapores puede ser perjudicial.

Por consiguiente, siempre deberá haber una ventilación adecuada; la inspección periódica, incluye invariablemente una verificación del calentamiento del equipo eléctrico y de las partes mecánicas, ya que el exceso de calor es una indicación de anomalía en el funcionamiento.

La utilidad de la verificación del exceso de calor depende del conocimiento que se tenga de la temperatura de funcionamiento de los cojinetes, bobinas, contactos, transformadores y otras muchas piezas del equipo asociado con maquinaria, motores y control.

Los cojinetes del motor y del equipo eléctrico, deben ser verificados en cuanto a su lubricación correcta, sin embargo, es muy raro que los cojinetes del equipo eléctrico, tales como los arrancadores y conmutadores, requieran engrase, ya que generalmente están proyectados para funcionar en seco, y en este caso el engrase de los cojinetes más bien será causa de un mal funcionamiento.

Otra causa frecuente de la avería del equipo de control, es lo flojo de los pernos, pasadores y conexiones eléctricas, se deberá comprobar periódicamente que todas las conexiones están apretadas y la inspección incluirá la verificación de posibles pernos y tuercas flojas del equipo.

Los cortos circuitos y derivaciones a tierra de las conexiones eléctricas pueden ser evitadas por la inspección del aislamiento y mediante el uso del magnómetro para medir el de los motores y cables del equipo asociado.

Cuando se tenga la misión de mantenimiento de un equipo, la primer ley a seguir, es familiarizarse con dicho equipo; debiéndose conocer mecánica y eléctricamente a fin de detectar toda causa posible de avería antes de que se produzca. La segunda ley, es ser conservador, siempre que se pase junto a un componente del equipo del que sea responsable, escuchar y mirar.

Muy frecuentemente, esto es todo lo necesario para estar advertido de las averías que pueden producirse un buen procedimiento de mantenimiento puede ser resumido en muy pocas palabras: que no halla piezas ni conexiones flojas, conservarlas limpias y lubricadas e inspeccionarlas frecuentemente.

5.2.7 MANTENIMIENTO DE LOS ARRANCADORES DE MOTORES.

La avería que más frecuentemente se encuentra en los arrancadores de motor, es debida a defectos de los contactos, estos deben ser inspeccionados para ver si están deteriorados o picados excesivamente o bien alineados. Si están picados habrá que limarlos o esmerilarlos con papel de lija, pero teniendo cuidado de no arrancar demasiado material de las superficies de contacto o cambiar su forma apreciablemente.

Si los contactos son de cobre y están expuestos al calor y al oxígeno, cuando se cierran y se abren se puede formar óxido de cobre en la superficie, que por ser aislante debe ser eliminado. La mayoría de los contactos de cobre son del tipo de frotamiento, los cuales eliminan por sí mismos el óxido por la acción de frotamiento durante el cierre.

Si los contactos están plateados, siendo el óxido de plata un buen conductor, no es necesario suprimirlo, en efecto, los contactos de plata nunca deben ser eliminados a no ser que estén muy picados. Los contactos deben ser inspeccionados no sólo en cuanto al picado sino en cuanto a la correcta alineación y a la presión de contacto; la alineación incorrecta o la falta de presión de contacto producirán un arco excesivo y el consiguiente picado.

5.2.8 MANTENIMIENTO PARA INTERRUPTORES.

Los interruptores durante las operaciones de apertura y cierre se ven sometidos a esfuerzos mecánicos de accionamiento y a esfuerzos dieléctricos y térmicos en los contactos. Esta acción hace que los interruptores eventuales pueden fallar en la parte mecánica y/o en los contactos, por esta razón se debe especificar un número de maniobras mecánicas determinadas pudiéndose indicar.

- Máximo número de maniobras
- Efecto térmico en los contactos y se expresa por el número de maniobras a determinado valor de corriente.

Por ejemplo, los contactos deben permitir antes de su reemplazo las siguientes interrupciones:

- Tres interrupciones a máxima corriente de corto circuito.
- Cinco interrupciones al 50% de la máxima corriente de corto circuito.
- Diez interrupciones al 15% de la máxima corriente de corto circuito.

Otra forma de especificar el aspecto de tiempo de vida en los contactos, es por amperes acumulados que deba ser capaz de soportar el interruptor; se indica una cantidad equivalente al número obtenido, pero sin indicar cada valor particular.

ESPECIFICACIONES DE PRUEBAS

Cuando se adquieran interruptores de una nueva marca o de una marca ya conocida, pero de un nuevo modelo o bien un nuevo tipo de interruptor, se debe incluir en las especificaciones técnicas, el requerimiento de las pruebas de prototipo o bien la entrega de certificados de prueba de prototipo.

Entre las pruebas de prototipo típicas se deben especificar las siguientes:

- 1.-Prueba de interrupción de corriente de corto circuito simétrico.
- 2.-Prueba de interrupción de corriente de corto circuito asimétrica.
- 3.-Prueba de interrupción de pequeñas corrientes inductivas.
- 4.-Prueba de interrupción de corriente capacitivas.
 - 4.1 Desconexión de bancos condensadores.
 - 4.2 Desconexión de líneas en vacíos.
- 5.-Desconexión y cierre en oposición de fase.
- 6.-Desconexión asíncrona.
- 7.-Recierre sobre falla y operación monopolar.

Las pruebas de prototipo según la misma norma son; prueba de corto circuito en terminales, ciclo de pruebas para determinación de la TTR (Tensión Transitoria de Restablecimiento), prueba de falla en línea, prueba de corto circuito en oposición de fase, prueba sobre línea en vacío, prueba sobre cable vacío, prueba sobre batería de condensadores y prueba de interrupción de pequeñas corrientes inductivas.

5.2.9 MANTENIMIENTO DE LOS RELES.

En general el mantenimiento de los relés de tensión, es el mismo que para los arrancadores y contactores de motor con la única precaución adicional de que, en general, los relés funcionan con corriente de menos intensidad y con menos potencia. Esta demanda de potencia más baja requiere en cambio un mecanismo y una disposición mecánica más delicada y esto a su vez requiere más atención en el mantenimiento.

Los relés de corriente deben ser verificados para comprobar si al pasar por ellos la intensidad apropiada cierran sus contactos y si la atracción del muelle y la separación entre los contactos son correctas con el fin de que las corrientes de enganche y desenganche también lo sean.

El desgaste de la superficie de un contacto y el cambio de la atracción de muelle puede producir una gran variación en los valores de las intensidades de funcionamiento, de retorno y en el porcentaje de retorno, lo que a su vez puede hacerse que el circuito funcione de manera perjudicial para el equipo.

Los relés de sobre carga, son dispositivos que normalmente no funciona durante períodos largos de tiempo; por consiguiente, están expuestos a la corrosión, al polvo y a la suciedad, que deben ser eliminados durante las revisiones periódicas de mantenimiento. Si se dispone de equipo apropiado, los relés de sobrecarga deben ser accionados por corriente periódicamente para comprobar su correcto funcionamiento.

El disparo intempestivo de los relés de sobrecarga no es generalmente una indicación de defecto del relé, sino más bien de sobrecarga en el circuito. El encargado de mantenimiento debe determinar primero el valor de la corriente en el cual se dispara realmente la unidad de sobrecarga y comparar este valor con el de la corriente admisible para determinar si el defecto radica en la unidad de sobre carga o en el propio circuito.

Los relés temporizados, tanto si son del tipo neumático como del emboló amortiguador, requieren de un ajuste periódico para compensar los cambios normales en sus características de funcionamiento. Muy frecuentemente los contactos del relé pueden ser del tipo inversor con solapa o sin solapa, siendo en estos casos muy importante que la atracción del muelle y la separación entre los contactos sean correctas, lo que requiere de una verificación para determinar si está funcionando como deben.

5.2.10 MANTENIMIENTO DE LOS DISPOSITIVOS PILOTO.

En general un dispositivo piloto requiere de muy poco mantenimiento limitándose a una verificación de su funcionamiento mecánico y de sus contactos. cuando un dispositivo piloto es del tipo de interruptor de presión o de interruptor de vacío, deberá ser verificado de una vez en cuando su margen de funcionamiento para comprobar que los contactos se abren y se cierran con la presión para la que han sido ajustados.

Las superficies de contacto deben ser examinadas para comprobar que no tienen acumulado revestimiento de óxido de cobre, polvo o aceite. Se les deberá hacer funcionar dentro de su margen de presión varias veces para cerciorarse de su buen funcionamiento.

Los interruptores de flotador están expuestos a averías por dobladura de las varillas del flotador o fugas de agua. Una verificación de funcionamiento correcto del flotador, la varilla de este y la conexión mecánica hasta el interruptor determinará la cantidad de desgaste y en general indicará si es necesario reemplazar alguna pieza antes de que se produzca una seria avería.

Naturalmente en la verificación estará incluida la del contacto y la de los dispositivos pilotos; cuando los interruptores de límite o fin de carrera son parte integrante de un sistema de control, constituyen una causa muy probable de averías, ya que generalmente funcionan muchos millares de veces por día cuando son una pieza activa de equipo.

Los interruptores están propensos a tener fallas mecánicas a causa de desgaste de los cojinetes y en las superficies de las levas, así como, en las superficies de contacto y por variación de la atracción de los muelles. La única solución para evitar las averías es realizar una inspección frecuente y exacta en la que se determine su condición eléctrica y mecánica; cuando su condición mecánica es dudosa, se le reemplazará o reparará antes de que den lugar a una seria avería en el resto del equipo.

LIBRANZAS

Libranza, es la licencia que se concede a una persona o empresa para que ejecute algún trabajo de mantenimiento y reparación en el equipo de subestación, líneas de transmisión, vías y que se requiera cortar la corriente de tracción, alumbrado y fuerza. Al efectuarse la libranza, se dice que ese equipo o vías están en libranza o desenergizadas.

Para solicitar una libranza a la empresa suministradora (C.F.E. o C.L.F), se considera el tipo de empresa, si es de servicio público donde el equipo debe estar la mayor parte del tiempo disponible, ningún trabajo debe efectuarse en el equipo que afecte el servicio o la protección y seguridad del sistema, a menos que se haya programado debidamente o se justifique la necesidad de ello; por lo tanto dichos trabajos solamente se harán bajo previa autorización.

Es importante tener en cuenta que las libranzas en general implican tener fuera de servicio parte del equipo que ampara y que puede producir condiciones anormales en el servicio. Por lo anterior, debe reducirse al mínimo el número y duración de tales libranzas.

Sólo por causa de fuerza mayor, se podrán prorrogar las libranzas ya autorizadas, se concederán libranzas al personal autorizado por los responsables del área técnica o de mantenimiento. Se consideran tres tipos de libranzas:

I. Libranzas programadas.

Estas se llevan a cabo bajo programa definido, estará en conocimiento por los afectados, los que habrán dado su aprobación. serán utilizadas generalmente para mantenimiento preventivo y pueden anularse o prorrogarse por causas de fuerza mayor.

En la programación de las libranzas de mantenimiento, se tratará de utilizar las horas en que menor daño haga al público consumidor.

II. Libranzas no programadas.

Estas no están consideradas con anticipación, la necesidad surge a través de observación, de situaciones normales en el comportamiento de los diferentes equipos. Dependiendo de la situación, pueden ser solicitadas por los responsables del área por escrito con 24 horas de anticipación.

III. Libranzas de emergencia.

Este tipo de libranza no se considera anticipadamente, sino surge al detectar una situación de peligro para el personal y los equipos o también puede ser originada al ocurrir una falla que implique necesariamente ponerlo fuera de servicio.

Para librar un lado u otro de subestación, es necesario abrir el interruptor general en baja tensión y posteriormente desconectar del lado correspondiente.

Debido a que en la subestación no se cuenta con un juego de bloqueo, se recomienda que al librar alguno de los transformadores, se deje una persona encargada en el sitio donde se tenga el desconectador abierto, mientras duren los trabajos, motivo por el cual se requirió esta libranza.

Los documentos donde se autorizan las libranzas programadas deberán contener:

- I. Un responsable del área solicitante.
- II. Un responsable de la área ejecutante.
- III. Personal de seguridad quien supervisará que se cumpla con las medidas de seguridad adecuadas.
- IV. Se deberá especificar el horario de intervención, el área, equipos o instalaciones.
- V. Se detallaran los requerimientos tanto de personal y/o equipos necesarios para la ejecución del programa.

El procedimiento a seguir para otorgar una libranza ha sido establecido con el fin de preservar la seguridad del personal, así como evitar posibles daños al equipo y prevenir o reducir interrupciones en la operación de los sistemas eléctricos.

Antes de proceder a la ejecución de una libranza, se deberá tener una previa comunicación con el responsable, con el fin de verificar y certificar el cumplimiento de normas y requerimientos establecidos.

Al librar el equipo y entregarlo se debe actuar bajo los siguientes procedimientos:

LIBRANZA PROGRAMADA.

I.

Una vez satisfechos los documentos que autorizan la libranza, se indica en forma precisa y concisa al personal de baja o alta tensión, área o equipo que deberá quedar sin tensión, corroborando que las instrucciones han sido comprendidas.

II.

Antes de proceder a ejecutar las maniobras de libranza, el personal deberá establecer una comunicación y coordinación constante con el personal del despacho correspondiente, con el fin de no perturbar el servicio al público.

III.

Una vez concluidas las maniobras en los equipos, el personal de baja y/o baja tensión deberá informar al personal del puesto de despacho, que las instrucciones han sido realizadas.

IV.

El responsable de la libranza deberá informar al puesto de despacho de cualquier eventualidad que se presente.

V.

Cuando un equipo este en libranza, deberá tomarse precauciones para que no haya operaciones erróneas, colocando avisos sobre los equipos, así como bloquear los dispositivos de control.

VI.

Una vez ejecutada la libranza, se deberá registrarla en el libro de maniobras, anotando los datos requeridos.

VII.

El que un equipo este bajo libranzas, no autoriza a otras personas a trabajar en él, por lo que deberá solicitar libranza por separado.

LIBRANZA NO PROGRAMADA.

Para este tipo de libranza se deberá cumplir con todos los puntos correspondientes a la libranza programada, además el responsable deberá mantener informado al personal del puesto de despacho, del desarrollo de los trabajos que originaron la libranza.

LIBRANZA DE EMERGENCIA.

I.

Todo el personal que detecte una falla de este tipo, deberá desenergizar con los medios a su alcance al área afectada e informar inmediatamente al puesto de despacho, quienes llevaran a cabo la libranza, y a su vez informaran al personal de las áreas afectadas y al de seguridad, quienes determinaran la magnitud del problema, a fin de tomar las medidas conducentes.

II.

Una vez determinada la magnitud del problema, bajo recomendación del personal que lo verificó y en coordinación con el puesto de despacho, se acordará la prolongación o cancelación de la libranza, debiendo mantener una

comunicación permanente con el personal del puesto de despacho, durante los trabajos.

III.

En este tipo de libranza, tanto el personal del puesto de despacho, deberán tomar las medidas necesarias que den como resultado la mejor continuidad posible del servicio.

DEVOLUCION DE LA LIBRANZA.

El responsable es la única persona autorizada para solicitar la energización del área y/o equipos en libranza al puesto de despacho, cerciorándose previamente de que no existen riesgos que pueden causar daños a personas y equipos.

Cuando por causas de fuerza mayor el responsable de la libranza se tenga que retirar, este designará a un nuevo responsable informándolo de la situación prevaleciente y lo notificara al puesto de despacho.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO A SUBESTACIONES DE ALUMBRADO Y FUERZA.

Las revisiones y mantenimiento a las subestaciones de alumbrado y fuerza, según normas deben realizarse cada 6 meses para maniobras locales, así como:

- Después de desenergizaciones en corriente nominal.
- Después de un corto circuito.
- Después de una falla a tierra.

PASOS GENERALES.

Para iniciar el mantenimiento correctivo es necesario que se libere la tensión en la subestación, solicitada por medio de la libranza. Realizando posteriormente las maniobras para asilar dicha subestación, con las puertas abiertas y el personal técnico para realizar los trabajos, se procede a realizar las siguientes actividades:

*** Se deberá dar limpieza interior y exterior a todos los gabinetes desengrasándolos con trapo y una solución de shampoo industrial.

*** Se deberá dar limpieza general a los equipos aisladores desengrasándolos con líquido solvente, verificando que el solvente no afecte las partes plásticas o aislantes de los conductores.

*** Se deberá verificar el estado de apriete de los tornillos de los gabinetes, soporte de los aisladores, así como de los sistemas de bloqueos.

*** Se deberán ajustar todos los elementos que constituyen los sistemas de bloqueos, sustituyendo las partes dañadas.

*** Se deberá checar que el mecanismo de palancas opere libremente y sin fricción, en caso necesario se deberán ajustar.

*** Se deberán inspeccionar, y si es necesario se deberán hacer pruebas de rigidez dieléctrica a los elementos de los diferentes buces y desconectores.

*** Se deberán realizar pruebas de funcionamiento a las cuchillas de tierra, verificando que su mecanismo de bloqueo mecánico se encuentre en buenas condiciones. En caso necesario se deberán ajustar y cambiar las piezas dañadas.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA TRANSFORMADORES.

Con el fin de tener un control efectivo y un medio que garantice datos precisos y confiables, tanto del cumplimiento del programa de mantenimiento como de los resultados obtenidos, es conveniente el empleo de formas o registros que contengan datos específicos de cada transformador.

INSPECCION SEMANAL.

Transformador.- Comprobar y reportar la corriente de carga (comparar con corriente nominal).

Transformadores.- En transformadores trabajando en paralelo, comprobar si todos tienen la misma temperatura máxima.

Termómetro.- Comprobar y reportar el valor que marca el indicador rojo de temperatura, (comparar con temperatura nominal) con un imán regresar el indicador para que pueda volver a operar.

Indicadores de: Nivel, flujo y temperatura. Checar su funcionamiento y anotar sus resultados (comparar con valores nominales).

Radiadores.- Comprobar y reportar su operación, si la parte superior está caliente y la inferior más fría resulta que está trabajando bien.

INSPECCION MENSUAL.

Antes de ejecutar este programa, debe desenergizarse el transformador y aplicar las normas de seguridad indicadas:

*** Checar y reportar su estado de: indicador de nivel, termómetro, indicador de flujo, sistema deshidratador, sistema inerte - aire (equipo y presión).

*** Comprobar y reportar su estado y funcionamiento, alarmas por nivel, flujo y temperatura, ventiladores y bombas.

*** Comprobar lecturas del termómetro y del vacuómetro para checar si el sello es perfecto, cuando existe tanque conservador verificador únicamente, fugas.

*** En unidades que llevan sistema deshidratador de aire en el tanque, comprobar el estado de la "silicagel" (si está de color morado, tratar de activarla nuevamente en un horno de 100°C, o bien cambiarla por nueva). Analizar la causa del exceso de humedad.

*** Verificar y reportar el estado del tanque conservador, indicador de nivel e instrumentos de medición, así mismo, reportar si existen fugas.

*** Diagrama de expulsión de gases, reportar su estado, en caso de haber operado reponerlo y analizar la causa posible de la falla.

*** Checar y reportar las conexiones exteriores eléctricas, si hay señales de calentamiento.

*** Tablero de conexiones del sistema de control y protección:

1.- Limpiar con aire comprimido seco.

2.- Observar si no hay señales de calentamiento en las terminales (apretar tornillos si es necesario).

*** Observar el transformador y reportar si existen ruidos magnéticos, vibraciones o condiciones anormales de alguna especie.

5.2.11 MANTENIMIENTO DE TRANSFORMADORES Y PUESTA EN SERVICIO.

Antes de poner en operación un transformador dentro de una subestación eléctrica, conviene efectuar una revisión de los siguiente:

1.- Rigidez dieléctrica del aceite.

-- Una lectura baja de rigidez dieléctrica del aceite nos indicara suciedad, humedad en el aceite.

-- Para corregir esto se filtra aceite las veces que sea necesario hasta obtener un valor correcto.

- 2.-Resistencia de aislamiento.
- 3.-Secuencia de fases correctas (polaridad).
- 4.-Tener cuidado de que las lecturas de parámetros (V,I,W) sean las adecuadas.

MANTENIMIENTO.

Es el cuidado que se debe tener en cualquier tipo de máquinas durante su operación, para prolongar su vida y obtener un funcionamiento correcto. En caso particular de los transformadores se requiere poco mantenimiento, en virtud de ser máquinas estáticas; sin embargo, conviene que periódicamente se haga una revisión de algunas de sus partes, como son:

- 1.-Inspección ocular de sus estado externo en general, para observar fugas de aceite, etc.
- 2.-Revisar si las boquillas no están flameadas por sobretensiones de origen externo o atmosférico.
- 3.-Cerciorarse de que la rigidez dieléctrica del aceite sea la correcta, de acuerdo con las normas.
- 4.-Observar que los aparatos indicadores funcionen debidamente.
- 5.-Tener cuidado de que los aparatos de protección y control operen en forma correcta.

5.3 PRECAUCION PARA CORREGIR FALLAS EN SUBESTACIONES.

- 1.- Como paso importante, se desconecta toda la carga de baja tensión. (jamás desconecte cuchillas con carga).
- 2.- Coloque los guantes y tome la pértiga parándose en la tarima con el tapete de hule, para retirar las cuchillas principales de alimentación.
- 3.- Revise los fusibles y reponga el daño, pero antes de volver a conectar las cuchillas principales, indique si hay algún efecto en los circuitos de baja tensión.
- 4.- Asegurándose de que no hay defecto en la baja tensión, antes de conectar la carga meta las cuchillas principales.

Quando la subestación está dotada de interruptor automático, proceda en la misma forma:

-- Desconecte el circuito de alimentación para poder revisar el interruptor, en el caso de que se desconecte al conectarlo por segunda vez. Es muy importante no olvidar suspender el servicio de la empresa, antes de tocar cualquier parte activa del interruptor, el cual puede haberse botado por alguna falla en los relevadores o por algún pequeño corto circuito en los circuitos de baja tensión.

Algunas instalaciones industriales, tienen colocado dentro del local de la subestación, el tablero con el interruptor de baja tensión, pero es aconsejable por todos los conceptos, tener un local o lugar apropiado para tablero de control y principal, fuera de la subestación de alta tensión.

5.4.- RECOMENDACIONES PARA AHORRO DE ENERGIA.

El uso racional y eficiente de la energía es hoy en día, una necesidad sobre la cual afortunadamente cada vez es mas consciente en México.

Los técnicos, ingenieros, arquitectos, el gobierno y los diversos organismos oficiales y todo tipo de empresas, consideran cada vez mas la conveniencia de transformar sus instalaciones y procesos, así como desarrollar sus nuevos proyectos bajo la búsqueda de mayor eficiencia y mediante la menor demanda de energía, con un mínimo de desperdicio, con mayor ahorro, minimizando las posibles perdidas.

Todo ahorro de energía nos impacta de cuatro formas claramente definidas.

a).- Por la reducción directa de los costos de operación y por lo tanto de la producción.

b).- Por la reacción en cadena que se produce al permitir otros beneficios, tales como ; la reducción de contaminantes y el ahorro que se tiene sobre la generación o transformación de la energía, por parte de las empresas encargadas del suministro y distribución de la misma.

c).- La posibilidad de un mejor uso de los recursos energéticos para satisfacer la creciente demanda de energía para diferentes procesos y desarrollos, cuyo crecimiento es mayor al incremento de la capacidad de generación.

d).- La posibilidad de agotamiento de los recursos naturales, considerados como fuentes energéticas, dándose mayor tiempo para la búsqueda y desarrollo de nuevas alternativas.

5.4.1 LA ILUMINACION Y LA ENERGIA ELECTRICA.

La iluminación artificial esta íntimamente ligada con la energía eléctrica, al transformarse esta en luz y al ser en fuente de generación por excelencia, presentando por consiguiente un vasto campo de acción para el logro de ahorros, en el alumbrado publico, en comercios, industria, oficinas, casa habitación, hoteles, hospitales y en todo tipo de casos e instalaciones.

En iluminación los posibles ahorros de energía podemos obtenerlos considerando fundamentalmente.

a).- La transformación, renovación o cambio de los sistemas existentes.

b).- Los nuevos criterios de densidad de carga en el desarrollo de nuevos proyectos de instalaciones.

En ambos casos es factible y deben procurarse ahorros de energía, haciendo un mejor uso o selección de los sistemas de iluminación aplicables, así como el aprovechamiento de los nuevos desarrollos tecnológicos que se tienen en materia de lámparas y equipos requeridos para su correcta operación y funcionamiento.

Conviene tener presente que muchas veces se considera el ahorro de energía tan solo bajo el punto de vista de la búsqueda de una mayor emisión lumínica de la lámparas que sean capaces de emitir mas luz por cada watts requerido.

El ahorro debe considerarse mediante la disminución en consumo en tanto no se deteriore la calidad de los resultados, haciendo necesario por consecuencia analizar otros factores, tales como : la adecuación de los niveles lumínicos y calidad de luz. Medibles mediante el establecimiento de factores, como la luminancia, la uniformidad y/o contraste, los índices de rendimiento de calor, de confort visual, etc.

No es posible considerar o establecer coeficientes uniformes de ahorro, ya que estos deben de analizarse para caso en particular pues las posibilidades de ahorro depende de :

- El tipo de instalación o sistema.
- La ubicación geográfica de la instalación.
- Las características del medio ambiente o condiciones propias del lugar.
- En caso de edificios, la orientación, materiales empleados en su construcción, diseño arquitectónico, etc.
- De los hábitos de uso, operación y mantenimiento que se tenga en la instalación.

Así vemos que los posibles ahorros en instalaciones existentes, difieren en un edificio en zona caliente con respecto a sus similares en zonas templadas y para dos similares en una misma zona, las diferencias se darán dependiendo del uso que se dé a la instalación y de los hábitos de uso de los mismos.

Las mayores oportunidades de ahorro de energía eléctrica se contemplan en lo relacionado con los sistemas de aire acondicionado, motores, bombas, instalación y cargas múltiples conectadas a contactos, variando el peso de los posible ahorros de energía por consecuencia y siendo mayor o menor el relativo a iluminación, de cuerdo con la naturaleza propia del tipo de instalación de que se trate.

En la industria, los posibles ahorros de energía en los sistemas de iluminación tienen un menor ahorro con respecto a los procesos productivos y motores, en tanto que en edificios ; de oficinas, centros comerciales y aun mas en casas habitacionales.

Los factibles ahorros de energía en sus sistemas de iluminación presentan un mayor valor porcentual con respecto a los otros sistemas.

5.4.2 ACCIONES PARA EL AHORRO DE ENERGIA.

Dentro de las acciones a considerar, podemos mencionar las siguientes como las mas importantes :

1.- Empleo de lámparas ahorradoras con mayor eficiencia que las tradicionales (con este tipo de medida suelen obtenerse ahorros entre el 30% y el 50%).

2.- Adecuación de los niveles de iluminación y luminancia (ahorros obtenibles del 20% al 30% sin ser limitativo).

3.- El empleo de balastos de alta eficiencia y alto factor de eficacia.

4.- Empleo de reflectores (ópticos) de alta reflectancia.

5.- La utilización preferentemente de sistemas de iluminación semidirecta y directa e indirecta, sobre los de iluminación indirecta, el uso de estos últimos conviene usarlos únicamente para efectos decorativos.

6.- Diseño y uso de sistemas de alumbrado general, complementados por sistemas de iluminación localizada o de acento.

7.- Empleo de luminarios de alta eficiencia y reflectores de alta transmitancia.

Sobre este punto conviene tener presente que el empleo de rejillas difusoras en los luminarios disminuye el rendimiento de los mismos, lo que hay que tener en cuenta en los proyectos, por ejemplo ; un reflector de chapa esmaltada como los utilizados normalmente en alumbrado industrial, sin rejilla tiene un rendimiento de 86%, en tanto que con rejilla el rendimiento disminuye hasta el 20% y así si empleamos rejillas difusoras para obtener el mismo flujo luminoso, tendremos que aumentar el número de luminarias.

8.- El empleo de circuitos con conductores de mayor calibre que los establecidos por el cálculo eléctrico y con interruptores estratégicamente colocados por zonas o áreas específicas.

(En muchos casos los controles se encuentran en el tablero principal sin poderse apagar oficinas o locales por zonas durante largos periodos, aun cuando no se utiliza la iluminación).

9.- El empleo de fotocontroles, controladores de tiempo, foto sensores de ocupación y/o sensores ultrasónicos de presencia.

10.- Empleo de colores claros en techo, piso y paredes.

11.- El mayor aprovechamiento de la luz natural proveniente de ventanas y domos.

12.- El mantenimiento adecuado (reposición oportuna de lámparas y balastos).

13.- Adecuada regulación de la tensión en la línea.

14.- Compatibilidad adecuada de tipo de lámparas, balastos y luminarias.

15.- Combinación de dos ó mas de las medidas señaladas.

En muchos casos se busca una mayor iluminación mediante el empleo de una mayor cantidad de lámparas, cuando esto no es necesario, simplemente se pintará el recinto con pintura de color mas claro se utilizarán diferentes acabados que propicien una menor absorción lumínica.

* * * * *

CONCLUSIONES.

Al término del siguiente trabajo se concluye que los sistemas eléctricos en toda obra de ingeniería ocupan un lugar muy importante.

Hoy mas que nunca, nuestro país necesita mas eficiente en todos los aspectos, para poder crecer en una proporción tal, que asegure el futuro de toda la población.

Actualmente vivimos en un mundo donde la competencia internacional, es cada vez mas cerrada y donde definitivamente, solo aquellos países que aprovechan al máximo sus recursos, podrán asegurar a su población un nivel decoroso de vida.

Uno de los campos mas importantes, donde necesitamos y podemos ser mas eficientes es, sin duda, en nuestros sistemas de iluminación.

Para poder entender la gran importancia, que tienen dichos sistemas, en el desarrollo optimo de los recursos humanos y máximo aprovechamiento de los recursos materiales, debemos mencionar este hecho fundamental : "Sin luz, no hay visión".

Sin embargo no basta tener suficiente cantidad de luz de una determinada zona, ya sea industrial, comercial o publica es necesario darle también calidad a dicha luz.

Entendiendo por calidad de luz la eliminación del brillo directo e indirecto que incide sobre nuestros ojos cuando desarrollamos una actividad, ya sea de trabajo o recreación en cualquiera de las zonas mencionadas.

El objetivo es no solo preservar la visión humana, sino todas y cada una de la habilidades naturales que poseemos, y que nos sirven para bien nuestro y de los demás. En iluminación industrial, el sistema de alumbrado esta estrechamente relacionado con el aumento de la productividad y con la reducción de accidentes de trabajo.

Los constantes cambios y avances en materia científica y tecnología invaden todos los ámbitos de la sociedad, y la ingeniería no se escapa de esta evolución, con el desarrollo de la computación, el perfeccionamiento técnico de los diferentes sistemas que intervienen en una edificación y la nuevas tecnologías de comunicaciones, a surgido el concepto de edificaciones inteligentes.

Los edificios inteligentes deben reunir ciertas características que los distinguan , tales como son :

- Flexibilidad.
- Seguridad.
- Confort.
- Altamente redituables y ecológicos.

Un edificio inteligente debe integrarse a su medio ambiente tanto exterior como interior para producir el mínimo impacto, además de aprovechar todos los sistemas pasivos de climatización, ventilación e iluminación en forma natural y con sistemas electromecánicos eficientes.

En la concepción del diseño es necesario considerar el sitio y el entorno, la *localización, orientación, forma y diseño* de las estructuras, el tipo de materiales constructivos y acabados, integrando además el uso de dispositivos de control climático.

Los sistemas de un edificio inteligente son : el de telecomunicaciones (voz), automatización del trabajo de oficinas (información), la automatización del edificio (confort), los cuales trabajan de manera separada.

Sin embargo si estos sistemas trabajaran conjuntamente el edificio trabajaría mejor. Es decir un edificio inteligente de instalación y sistemas inteligentes, lo cual lleva a proponer los sistemas de integración.

Los cuales tiene como objetivo el ahorro en el costo de instalación y operación, son de *gran influencia tecnología* y deben de construir un sistema experto en decisiones de soporte y de información, la cual trasmite de forma electrónica evita los errores humanos comunes en la transferencia por papel.

El edificio inteligente se define como una estructura que facilita a usuarios y administradores, servicios integrados de comunicación. El concepto de edificio inteligente propone por primera vez, la *integración* de todos los sistemas dentro del edificio, tales como teléfono, comunicaciones por computadora, seguridad, control de todos los sistemas del edificio (calefacción, ventilación y aire acondicionado) y todas las formas de administración de energía.

En lo que respecta a la prestación del servicio eléctrico, ya que al permitir el control y manejo de los equipos que *conforman* las subestaciones rectificadoras, se logra el control y la administración de la energía utilizada en los diferentes sistemas que conforman la red eléctrica que alimentan a todo el sistema.

Para controlar el suministro de energía y funcionamiento óptimo de las subestaciones eléctricas, se hace necesario aprovechar los adelantos de las comunicaciones electrónicas, *redes de computo, así como redes de transporte de datos.*

Con el presente trabajo, se propone unificar el criterio de los técnicos que trabajan en la sección de alta tensión, al realizar libranzas, inspecciones y prueba eléctricas que deban efectuar al dar un mantenimiento preventivo eficaz, al equipo que se encuentra instalado en las subestaciones.

Para la realización del programa de mantenimiento eléctrico, uno de los puntos en que se basa este es la inspección.

Las medidas mas adecuadas para el logro de un buen ahorro de la energía esta supeditada al análisis exhaustivo de cada proyecto en particular en cuanto a lámparas, deben considerarse las incandescentes mejoradas con halogenuros, y las de

bajo voltaje, las ahorradoras fluorescentes de tipo compacto, las de alta intensidad de descarga del tipo de vapor de sodio en alta presión y aditivos metálicos.

En lo relacionado con balastros ; los electrónicos y electromagnéticos de bajas pérdidas y alta eficiencia. En cuanto a luminarios ; todo aquel cuyo diseño específico para un determinado tipo de lámpara, cuente con la mejor protección contra la suciedad, disipación de calor, aislamientos y su tipo de reflector y difusor permitan una mayor eficiencia, acorde con el tipo de aplicación y uso al que se le destine.

Resulta imprescindible efectuar reconocimientos periódicos del equipo eléctrico, porque si no se lleva a cabo no se puede percatar de las condiciones en que se encuentra el mismo. Al efectuar un mantenimiento eficiente obtendremos una larga vida útil y una mejor eficiencia en los equipos a un costo mínimo.

* * * * *

BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Joseph H. Foley.
Fundamentos de Instalaciones Eléctricas.
Primera Edición,
México, D.F.
Graw Hill.
1983
- 2.- Gilberto Enríquez Harper.
Manual de Instalaciones Eléctricas Residenciales e Industriales.
Segunda preedición,
México, D.F.
Limusa.
1991
- 3.- Howard W.Fsher.
Especialidades Eléctricas (Residencial, Industrial y Comercial) :
México, D.F.
Diana.
1989.
- 4.- General Electric.
Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica.
- 5.- D.D.F.
Reglamento de Instalaciones Eléctricas.
México, D.F.
1991.
- 6.- Marcelo A. Sobrevila
Instalaciones Eléctricas
Primera Edición,
Argentina.
Ediciones Marimar.
1975.
- 7.- Konrad Sage
Instalaciones de Calefacción, Instalaciones Eléctricas, Instalaciones de
Transporte. Vol. 1
Tercera Edición,
Barcelona, España.
Editorial Gil,
1986.
- 8.- Weigel
Luminotecnia.
Barcelona, España
Gustavo Gili, S.A.
1986.

- 9.- Charles Merrick Gay.
Charles De Van Fawcett
Instalaciones en los Edificios.
Séptima Edición
Barcelona, España
Gustavo Gili, S.A.
1986.
- 10.- Gaudencio Zopetti.
Centrales Hidroeléctricas.
Cuarta Edición,
México, D.F.
LIMUSA
1990.
- 11.- Ing. Gilberto Enríquez Harper
Fundamentos de Instalaciones Eléctricas de Mediana y Alta Tensión.
Primera Edición,
México, D.F.
LIMUSA
1982.
- 12.- Ing. Jesús Garduño Fernández.
Electricidad Gráfica. (Manual Práctico de Electricidad).
Segunda Edición,
México, D.F.
Editorial Continental.
1984.
- 13.- Ing. Becerril L. Diego Onésimo
Instalaciones Eléctricas Prácticas
Onceava Edición,
México, D.F.
1991.
- 14.- Antonio López y J. Guerrero Strachan.
Instalaciones Eléctricas para Proyectos y Obras.
Madrid España.
Editorial Paraninfo.
- 15.- Digest (Groupe Shneider)
Catálogo de Square'd.
October, 1997.
- 16.- Ibbetson,
Instalaciones Eléctricas,
Primera Edición,
México, D.F.
Cia. Editorial Continental,
1966.
- 17.- Ing. Francisco Gutiérrez Santos,
Manual de Iluminación,
México, D.F.

Holo Phane, S. A. de C.V.

18.- Ing. Aurelio Moctezuma Garduño,
Diseño de las Instalaciones Eléctricas Necesarias para la Utilización de la
Energía Eléctrica.
Primera Edición,
México, D.F.
1974.

* * * * *