

109



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
"CAMPUS ARAGÓN"**

**"ANÁLISIS DE LA INGENIERÍA ELÉCTRICA
APLICADA AL DISEÑO DE UNA PLANTA DE
RECIBO Y DISTRIBUCIÓN DE GAS L.P."**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE :
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A N :

ROBERTO VELAZQUEZ SANSON

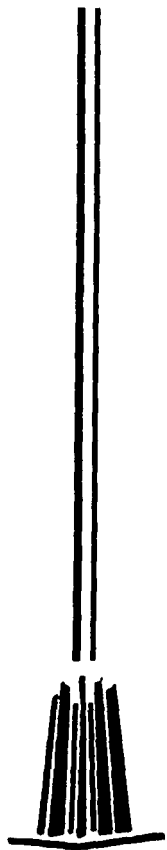
DAVID JIMENEZ MEJIA

ASESOR: ING. ABEL VERDE CRUZ

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

SAN JUAN DE ARAGÓN, EDO. DEMÉXICO

2002





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGÓN**

DIRECCIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

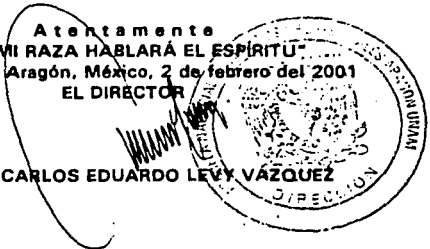
**ROBERTO F. VELÁZQUEZ SANSÓN
P R E S E N T E.**

En contestación a la solicitud de fecha 31 de enero del año en curso, presentada por David Jiménez Mejía y usted, relativa a la autorización que se les debe conceder para que el señor profesor, Ing. ABEL VERDE CRUZ pueda dirigirles el trabajo de tesis denominado "ANÁLISIS DE LA INGENIERÍA ELÉCTRICA APLICADA AL DISEÑO DE UNA PLANTA DE RECIBO Y DISTRIBUCIÓN DE GAS L.P.", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, México, 2 de febrero del 2001
EL DIRECTOR

M en R.I. **CARLOS EDUARDO LEVY VÁZQUEZ**



- C p Secretaría Académica.
- C p Jefatura de la Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica.
- C p Asesor de Tesis.

CELV/AIR/RCC'IIa.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGÓN
SECRETARÍA ACADÉMICA

Ing. RAÚL BARRÓN VERA
Jefe de la Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica,
Presente.

En atención a la solicitud de fecha 17 de abril del año en curso, por la que se comunica que los alumnos ROBERTO F. VELAZQUEZ SANSON y DAVID JIMENEZ MEJIA, de la carrera de Ingeniero Mecánico Electricista, han concluido su trabajo de investigación intitulado "ANÁLISIS DE LA INGENIERÍA ELÉCTRICA APLICADA AL DISEÑO DE UNA PLANTA DE RECIBO Y DISTRIBUCIÓN DE GAS L. P.", y como el mismo ha sido revisado y aprobado por usted, se autoriza su impresión; así como la iniciación de los trámites correspondientes para la celebración del Examen Profesional.

Sin otro particular, reitero a usted las seguridades de mi atenta consideración.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, México, 18 de abril del 2002
EL SECRETARIO


Lic. ALBERTO IBARRA ROSAS

- ✓ C p Asesor de Tesis.
- C p Interesado.

AIR/RCC/vr

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

**Agradecemos al Ing. Abel Verde Cruz, su valiosa ayuda para la
conclusión del presente trabajo.**

**David Jiménez Mejía
Roberto Velázquez Sansón**

Abril, 2002

Queremos hacer un reconocimiento especial y un agradecimiento al Ing. Francisco Garnica Resenos, primer asesor de este trabajo y gran apoyo en la obtención de muchos de los conocimientos del área eléctrica que actualmente tenemos.

David Jiménez Mejía
Roberto Velázquez Sansón

Abril, 2002

**A Rosy y Adriana
mi familia, por su amor y comprensión**

**A Fidencio y Tomasa
mis padres, por su ejemplo y cariño**

**In Memoriam
Ing. Juan Méndez Moreno**

Roberto Velázquez S.

Abril, 2002

A Bertha, Mariana e Itzel Viridiana
mi familia, por su amor y apoyo .

A Jesús y María de la Luz
mis padres, sin quienes esto no hubiera sido posible.

A mis hermanos Cesar y Marcelo,
por su valiosa ayuda

David Jiménez Mejía

Abril, 2002

INDICE

1- Generalidades

-1.1	Introducción	1
-1.2	-Descripción de la planta	1
-1.3	-Proceso industrial	4
-1.4	-Aspectos generales sobre instalaciones eléctricas	5
-1.5	-Cálculos y formulas	28

2- Clasificación de áreas peligrosas

-2.1	-Definiciones	37
-2.2	-Clasificación y requisitos generales	38
-2.3	-Instalaciones en lugares Clase I	43
-2.4	-Selección de materiales en áreas peligrosas Clase I, Divisiones 1 y 2	68
-2.5	-Determinación de las áreas peligrosas en la planta de recibo y distribución de gas L.P.G.	73

3- Sistemas de alumbrado

-3.1	-Introducción	75
-3.2	-Definición de términos	76
-3.3	-Métodos de iluminación	78
-3.4	-Sistemas de iluminación o de alumbrado	80
-3.5	-Fuentes luminosas	82

-3.6	-Curvas de distribución	87
-3.7	-Métodos de cálculo de iluminación en interiores	93
-3.8	-Alumbrado exterior	107
-3.9	-Cálculo de circuitos derivados de alumbrado	124
-3.10	-Cálculo de alumbrado para interiores por el método de cavidad zonal	127
-3.11	-Cálculo de alumbrado para exteriores por el método de punto por punto	131
-3.12	-Circuitos derivados en el alumbrado de las llenaderas	143

4- Sistema de fuerza

-4.1	-Introducción	146
-4.2	-Definición de términos	147
-4.3	-Motores eléctricos	169
-4.4	-Instalación de un motor eléctrico	173
-4.5	-Sistema de emergencia	195

5- Sistema de tierras y pararrayos

-5.1	-Sistema de tierras	199
-5.2	-Factores que deben tomarse en cuenta en el diseño de un sistema de tierra	200
-5.3	-Disposiciones básicas de las redes de tierra	201
-5.4	-Efectos de la corriente en el cuerpo humano	201
-5.5	-Tensiones tolerables en el cuerpo humano. Potencial de paso y potencial de contacto	203
-5.6	-Partes de una red de tierras	207
-5.7	-Diseño del sistema de tierras	208

-5.8 -Cálculo del sistema de tierra en la subestación	213
-5.9 -Sistema de protección pararrayos	222
-5.10 -Protección de estructuras ordinarias	222
-5.11 -Zonas de protección	225
6- Subestación	
-6.1 -Introducción	227
-6.2 -Clasificación de subestaciones	229
-6.3 -Elementos de una subestación eléctrica	230
-6.4 -Consideraciones importantes de las subestaciones en la NOM-001-SEDE-1999	240
-6.5 -Determinación de la capacidad del transformador principal	252
Conclusiones	257
Bibliografía	261

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 Introduccion

El consumo de gas licuado en el centro del país equivale a aproximadamente el 50% del total del consumo nacional y el reparto se realiza principalmente a través de auto tanques desde la ciudad de Tula, Hidalgo y de la terminal satélite de Guadalajara, Jalisco .

Dado que la refinería de Salamanca no satisface la demanda de gas licuado del estado de Guanajuato y áreas circunvecinas , el suministro se complementa mediante el centro embarcador de Tula , Hidalgo .

Con la finalidad de optimizar la distribución de gas licuado en los estados de Guanajuato , Michoacán y áreas cercanas , PEMEX optó por la creación de una planta de recibo y distribución de gas L.P. la cual se situará en un terreno de su propiedad colindante con la carretera Irapuato - Abasolo Km 22+827 ; adicionalmente este complejo apoyará a las plantas de almacenamiento y distribución de Aguascalientes , Durango y Guadalajara .

Se tiene una gran ventaja al crear esta planta en el terreno antes citado , ya que por él pasa el gasoducto Tula-Salamanca-Guadalajara.

Con la construcción de esta planta se pretende satisfacer la demanda de gas L.P. dentro de su zona de influencia de manera económica , operacional y segura , pues se eliminará el costo de distribución de gas por medio de auto tanques procedentes de otros centros de embarco .

En el terreno donde se situará la planta se realizará una extracción del antes mencionado gasoducto Tula-Salamanca-Guadalajara mediante una tubería de 14 pulgadas de diámetro la cual será la encargada de suministrar el gas para el llenado de los auto tanques y posterior distribución.

1.2 Descripción de la planta

1.2.1 Alcances

Esta planta tendrá la función de recibo y distribución de gas L.P. La obtención del gas se realizará a través de un sistema de extracción el cual se conformará de una estación de medición , control de presión y flujo , así como tanques metálicos de amortiguamiento para las operaciones de cierre total y parcial de la planta con el fin de no alterar el funcionamiento normal del gasoducto . Dichas operaciones de cierre deberán de ser graduales a fin de no provocar sobre presiones en el cuerpo del gasoducto .

El sistema de llenado del gas consistirá de nueve posiciones techadas para el despacho de auto tanques y una para maniobra de trasiego . El gas L.P. suministrado , deberá ser cuantificado mediante un sistema automatizado . La posición de trasiego contará con equipo capaz de descargar un auto tanque en un máximo de una hora.

Así mismo la planta tendrá disparos para el suministro a futuro hacia plantas particulares distribuidoras de gas L.P. que se ubican en las cercanías de esta planta ; estos disparos también deberán tener un sistema de medición y control automático .

La planta contará con un sistema de recuperación de vapores originados en el área de llenado de auto tanques y tanques de amortiguamiento . Las instalaciones de la planta se apegarán a las normas vigentes de construcción para el manejo de propano ; así mismo , se deberá cumplir con las normas que separan las instalaciones industriales de los centros urbanos .

El funcionamiento de la planta en su conjunto será automático , tanto en su operación y control, como en los sistemas administrativos y contará con un sistema de control supervisorio de tal manera que la planta tenga las siguientes características :

- Intrínsecamente segura
- Disponer de un sistema de control distribuido para optimizar las operaciones de recibo , almacenamiento (tanques de amortiguamiento) y despacho de gas L.P.
- Disminuir riesgos de accidentes
- Obtener mayor exactitud en las cantidades de gas L.P. recibidas y despachadas
- Tener información oportuna y confiable de las operaciones que sean efectuadas
- Generar reportes operativos , administrativos y contables

1 . 2 . 2 Requerimientos varios

La planta debe estar conformada por las siguientes áreas :

- Sistema carretero de acceso y salida de auto tanques y vehículos al centro embarcador con carriles adecuados de desaceleración y aceleración apropiados al alto nivel de seguridad requerido en el área . Se sabe que la carretera Irapuato-Abasolo, Guanajuato es de elevada densidad vehicular (12 vehículos por minuto) , con una diferencia en nivel de 1.5 metros respecto al nivel del terreno propiedad de PEMEX .
- Edificios con sanitarios
- Oficinas administrativas con acondicionamiento de aire e iluminación adecuada
- Sala de computo suficientemente amplia y con aire acondicionado
- Laboratorio de control de calidad . Presurizado y con aire acondicionado

-Dos casetas portería - báscula (con nivel de piso terminado a la altura del piso del tractor del auto tanque)

- Baños y vestidores para trabajadores (contemplando hombres y mujeres)

- Caseta para choferes de auto tanques con sanitarios y regaderas

- Guarnición militar

- Taller de mantenimiento y bodega de materiales

- Caseta de telecomunicaciones - presurizada

- Subestación eléctrica presurizada

- Cuarto de control sistema contra incendio presurizado

- Cuarto de control de operación presurizado

- Cuarto de control casa de bombas y compresores presurizado

- Caseta de vigilancia

- Servicios auxiliares (agua , electricidad , drenajes) y torre de microondas

- Sistema de comunicación telefónica directa (TEL-MEX), microondas , sonido y radio-comunicación . Base con cinco radios inalámbricos

- Sistema contra incendio

- Tratamiento de efluentes

- Cobertizo contra incendio

- Acometida eléctrica

- Reubicación de postes y líneas de corriente eléctrica del frente del terreno

- Drenaje pluvial y aceitoso

- Areas verdes internas , externas y franja ecológica (cinturón de seguridad)

1.2.3 Descripción de la operación de carga

El auto tanque al llegar al centro embarcador será registrado ya sea por un lector de barras o un sistema equivalente, la señal llegará a las casetas - báscula y cuarto de control de operaciones y en caso de estar registrado en el centro se la asignará un número progresivo de llegada.

Además si hay espacio en las islas de llenado, se le dará el acceso a la báscula y en la ventanilla se realizarán los tramites administrativos. Las operaciones de pesado se harán con el operador en el auto tanque para que no varíen los pesos netos de gas facturado al distribuidor. Se deberá contar con la opción de que un auto - tanque de otro servicio pueda entrar a cargar L.P.G.

El llenado de auto tanques deberá realizarse controlado por una torre de control. En el caso de que no haya espacio en los cajones de llenado, el auto tanque no entrará, y pasará al estacionamiento a esperar su turno con el número progresivo de llegada, que será voceado con un sistema de sonido interior.

1.2.4 Descripción de la asignación

El sistema de cómputo, será capaz de asignar los viajes, de acuerdo con el número de auto tanque, el distribuidor de gas y el destino final; para lo cual se programará diario y mensualmente el sistema para llevar a cabo esta función.

Cuando se introduzca en la computadora la señal de pesado, esta indicará de acuerdo al programa diario de asignaciones, la planta distribuidora y el destino del auto tanque para los efectos administrativos y de facturación.

1.3 Proceso industrial

1.3.1 Extracción del combustible del gasoducto

La extracción tendrá una capacidad tal que permita que en las nueve posiciones se carguen auto tanques de 250 barriles c/u, cada hora directamente del gasoducto.

La cantidad de gas extraído del gasoducto, será cuantificada a través de un sistema de medición másica con una precisión de más-menos 0.25 % como referencia, en forma instantánea y acumulada, con gráficas diarias conectado al control de computo.

El gasto de gas hacia el centro podrá ser fijado en función del consumo diario programado.

El recibo de gas estará automatizado de tal manera que cuando ocurra una disminución parcial o total del llenado directo de auto tanques, el flujo de gas L.P. se derive automáticamente a la esfera de amortiguamiento sin provocar variaciones de presión en la operación continua del gasoducto.

Después de la extracción del gasoducto en la caseta de regulación habrá colocados filtros duplex tipo canasta o equivalentes, así como también a la llegada al área de llenaderas.

Con la finalidad de que en la extracción se tenga el rango adecuado de presión que facilite una operación confiable y segura , se deben tener en cuenta los pasos de reducción de presión que sean necesarios.

1.3.2 Capacidad operativa

La capacidad operativa de despacho será de 54,000 barriles día calendario .
Básculas electrónicas en el acceso y en la salida del área de llenado situados en lados opuestos, manejarán nueve auto tanques cada hora .

Las instalaciones serán las adecuadas con la finalidad de operar en forma continua en el llenado hasta de nueve autotanques por hora, las 24 horas del día .

Las valvulas de alimentación (control de presión) y descarga (control de flujo) deberán ser del tipo de doble sello hermético con la flexibilidad de ser operados totalmente en forma automática y también en forma manual .

1.3.3 Tanques de amortiguamiento

Serán recipientes a presión esféricos con capacidad de 15,000 barriles ; los cuales se utilizarán unicamente como tanques de balanceo para captar el L.P.G. derivado de cierres parciales o totales del llenado directo de auto tanques . Dichos tanques en operación normal estarán vacíos .

Entre otros sistemas , deberá contar con válvulas de alivio de presión , las cuales , antes de desfogar a la atmosfera , entrará al sistema de recuperación de vapores

1.3.4 Despacho de gas L.P.

La operación de llenado de L.P.G. se hará en forma directa a llenaderas desde el gasoducto .

Las llenaderas contarán con un sistema automático programable para llenar el 90% de la capacidad del autotanque y estará conectado al sistema central de computo con la máxima precisión .

Básculas electrónicas harán el pesado de auto tanques y contarán con registrador automático integrado al sistema de computo .

1.4 Aspectos generales sobre instalaciones eléctricas

Dentro de las instalaciones eléctricas de un proyecto como el que hoy nos compete existen, a saber, tres etapas de vital importancia en el desarrollo del proyecto :

- Diseño
- Construcción y
- Puesta en marcha
- Diseño

Esta etapa constará de dos elementos principales, la ingeniería básica y la ingeniería de detalle.

La ingeniería básica estará integrada por el diseño conceptual, criterios de diseño, normas aplicables, arreglos generales y diagramas unifilares básicos.

En este proyecto y con referencia a la normatividad son de obligatoria observancia las normas para construcción y diseño de PEMEX (Petroleos Mexicanos), las normas NEMA (National Electrical Manufacturers Association), las normas ANSI (American National Standards Institute), normas API (American Petroleum Institute), norma NEC (National Electrical Code) de la NFPA (National Fire Protection Association), normas NOM (Norma Oficial Mexicana) y particularmente la norma NOM-001-SEDE-1999 "Instalaciones eléctricas (Utilización)", ya que con lo estipulado en la "Ley del servicio público de energía eléctrica", es necesario que todos los proyectos eléctricos de este tipo sean aprobados por una Unidad de Verificación de Instalaciones Electricas (UVIE) en lo relacionado al cumplimiento de la norma NOM antes citada.

La ingeniería de detalle constará de los calculos, planos y especificaciones de construcción, diagramas esquemáticos, especificaciones y ordenes de compra de equipos y materiales así como de servicios auxiliares o adicionales, planos y datos de fabricantes de equipos, programas de ejecución y costos reales.

- Construcción

Posteriormente teniendo ya planos de ingeniería de detalle se iniciará la construcción de los equipos principales y montaje de canalizaciones, cables, equipos y demás material relacionado con el sistema eléctrico.

- Puesta en marcha

Finalmente y una vez concluida la etapa constructiva se iniciara la puesta en marcha, iniciando

por la realización de las pruebas eléctricas de todos los equipos y materiales en conjunto anteriormente instalados, pruebas tales como :

- Resistencia de aislamiento de barras, transformadores, interruptores, arrancadores, cables, motores, etc.
- Potencial aplicado (high-pot) a equipos de media y alta tensión
- Pruebas de características físicas de aceite en el caso de transformadores sumergidos
- Pruebas de funcionamiento general de equipos e instalaciones

Una vez realizadas estas pruebas y obteniendo resultados satisfactorios se puede proceder a la energización de los equipos eléctricos según el orden indicado en el programa general de puesta en marcha de la planta.

1.4.1 Definiciones

A continuación se hará referencia a términos que usualmente son utilizados dentro de las instalaciones eléctricas y que por su importancia se hace necesario conocer sus definiciones o interpretación :

Acometida (aérea o subterránea).- recibe también el nombre de línea de servicio y son aquellos conductores que enlazan la red de distribución de la compañía suministradora de energía eléctrica con el punto en el cual se conecta el servicio a la instalación de un usuario .

Ajuste (de un interruptor automático).- es el valor de la corriente que hace que un operador se active .

Apartarrayos .- es un dispositivo que se utiliza como protección al equipo que pertenece a un circuito eléctrico , contra la acción de ondas de sobretensión , las cuales son originadas tanto por descargas atmosféricas sobre o alrededor de líneas aéreas , como por el funcionamiento de interruptores o bien por otras causas de disturbios en el circuito .

Desconectador .- mecanismo cuya función es abrir o cerrar en aire siempre y cuando se desconecte la carga por algún otro medio , sin embargo , al operarse puede tener voltaje aplicado.

Electrodo de tierra .- consta de varillas , tubos o placas enterrados en el suelo con la finalidad de tener un contacto eléctrico adecuado con la tierra del sitio .

Equipo del servicio .- es el grupo de dispositivos y equipos pertenecientes a la compañía suministradora de energía eléctrica o que están bajo su cuidado , indispensables para el correcto suministro del servicio. Estos dispositivos y equipos pueden ser transformadores de instrumento , de potencial , equipo de medición , gabinetes , cuchillas auxiliares etc. y se ubican en el extremo de la acometida más cercano al servicio .

Interruptor .- dispositivo que tiene la función de abrir un circuito, cuando por él fluye una corriente hasta de la capacidad del mismo , sin dañarse .

Interruptor automático .- dispositivo de protección de circuitos , que abre en condiciones de sobrecorriente y de cortocircuito ; en ocasiones se opera manual para desenergizar y energizar carga .

Interruptor de fuga a tierra .- este dispositivo abre el circuito cuando se produce una corriente de falla a tierra , la cual rebase cierto valor que a su vez es menor que el necesario para que interrumpa el mecanismo de protección contra sobrecorriente del circuito propio . La finalidad de la utilización de este interruptor es tener protección para evitar choques eléctricos por corrientes de fuga a tierra tanto en circuitos como en equipos defectuosos .

Medio de desconexión .- es aquel o aquellos que nos sirven para desconectar a los conductores , de la fuente de suministro .

Sistema de tierras .- es aquel que está conformado de conductores , accesorios , electrodos ,etc. unidos solidamente entre sí para conectar a tierra las partes y cubiertas de los circuitos que lo necesiten .

Subestación de usuario .- es aquella que generalmente tiene como función modificar el voltaje de alimentación del servicio al valor requerido para ser distribuido en el interior o bien para el uso de energía .

Circuito derivado .- está conformado por aquellos conductores que van desde los últimos dispositivos de protección contra sobrecorriente hasta las salidas a las cargas . La extensión del circuito derivado se aprecia en la siguiente figura 1.1:

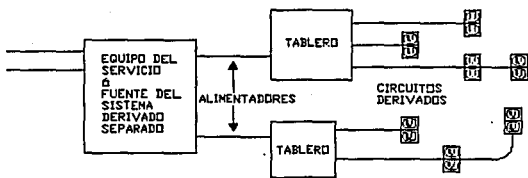


Fig. 1.1 Los conductores entre los dispositivos de sobrecorriente ubicados en los tableros y los contactos son los circuitos derivados . Los conductores entre el equipo del servicio y los tableros son los alimentadores.

Circuito alimentador .- Son aquellos conductores que se extienden desde el medio principal de desconexión del servicio hasta los dispositivos de protección contra sobrecorriente de los circuitos derivados .

Circuito individual derivado .- Como su nombre lo indica , es aquel que solo alimenta a un solo equipo , motor o aparato que, por sus dimensiones, necesita alimentación individual , ver figura 1.2.

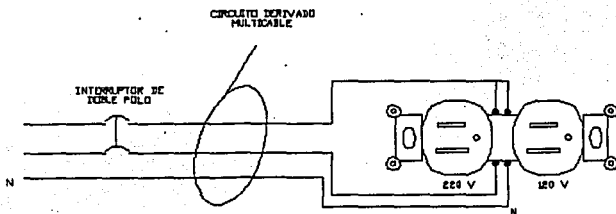


Fig. 1.2 Circuito derivado individual

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Circuito derivado multiconductor .- es aquel que está constituido por un conductor neutro y al menos dos conductores más, activos también . Los circuitos multifilares más comunes se pueden ver en las figuras 1.3 :

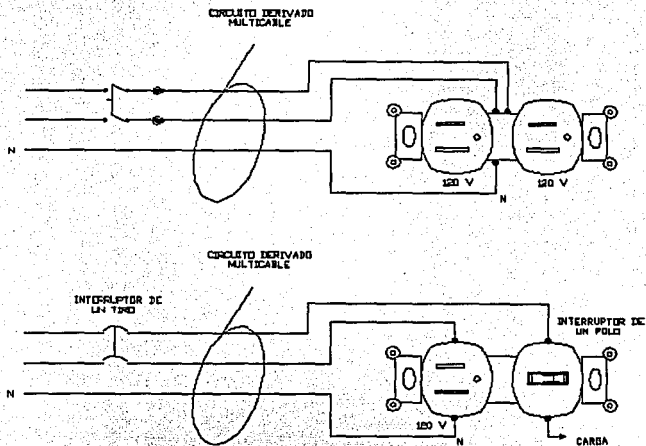


Fig. 1.3 Ejemplos de circuitos derivados multifilares

Un circuito derivado de tres fases (3F) y tres hilos (3H) no es un circuito derivado multiconductor .

Conductor activo .- es todo aquel que tiene una diferencia de potencial eléctrico con respecto a tierra .

Carga conectada .- en una instalación de utilización es la suma de las potencias nominales de los equipos y aparatos que consumen energía eléctrica .

Carga continua .- carga cuya corriente máxima fluye por el circuito sin ninguna interrupción por un periodo no menor de tres horas

Factor de demanda .- es la razón de la máxima demanda de un sistema , o parte de un sistema a la carga total conectada en el sistema o parte del sistema . Este factor regularmente es menor que la unidad .

1.4.2 Proyecto y protección de instalaciones

Acometidas y equipo de conexión del servicio

Normalmente el servicio eléctrico que es brindado a un inmueble se debe realizar mediante una sola acometida aunque en determinados casos es posible la utilización de dos o más acometidas dependiendo del sistema eléctrico que conforma la instalación eléctrica y la confiabilidad que se pretenda en la continuidad del servicio. Cuando la o las acometidas de sean instaladas dentro de canalizaciones, estas a excepción de sus conductores de puesta a tierra no deberán contener otros conductores más que los de las acometidas en cuestión.

El equipo de servicio consiste en un interruptor de circuito o interruptor de fusibles provistos para desconectar todos los conductores no aterrizados de la acometida. Los medios de desconexión deben ser instalados en lugares donde sea fácil su acceso y cerca del punto de entrada del servicio.

Inmediatamente después del equipo de servicio es necesario instalar un medio de desconexión principal, el cual será un interruptor adecuado a la tensión de suministro y con la capacidad interruptiva suficiente para desconectar la carga máxima que puede tomar la instalación del servicio. Este medio de desconexión debe tener la capacidad de interrumpir simultáneamente todos los conductores activos del servicio y su neutro en forma manual.

Dentro del mismo sistema principal de desconexión y como parte integrante del mismo es necesario instalar un dispositivo de protección contra sobrecorrientes y cortos circuitos en la instalación, este dispositivo deberá estar dimensionado de manera tal que proporcione la interrupción adecuada al corto circuito máximo que pudiera presentarse.

Los equipos de interrupción principal y protección deberán localizarse a una distancia no mayor de 5.00 m del equipo de servicio, en lugares de fácil acceso para el usuario del servicio. Por ningún motivo deberá conectarse la instalación de un usuario en forma directa a la acometida de suministro sin un medio de protección y desconexión.

Circuitos derivados

Los circuitos derivados normalmente son clasificados conforme a la capacidad del dispositivo de protección o a su ajuste si es de este tipo el dispositivo, aunque se pueden juntar en un mismo circuito derivado varias cargas individuales, si algunas de estas cargas individuales es mayor de 50 amperes se deberá alimentar de un circuito derivado individual.

En circuitos derivados es recomendable la utilización de conductores de distintos colores tal como verde para el conductor de puesta a tierra cuando es aislado, blanco o gris claro para el neutro y de otros colores diferentes para los conductores activos siendo un color diferente para cada conductor activo.

En locales industriales la tensión máxima para alumbrado y contactos generales puede ser de hasta 277 volts de fase a tierra siempre y cuando exista personal conocedor del uso de estas instalaciones.

Al hacer uso de circuitos derivados debe cuidarse que la caída de tensión en el punto más lejano del circuito y sin importar el tipo de carga, no exceda del 3 % y a su vez la caída de tensión total del circuito y su alimentador no exceda del 5 %.

Los conductores que alimenten un circuito derivado deberán tener un calibre tal que su capacidad de conducción de corriente no será menor que la capacidad nominal del circuito que alimentan y en instalaciones de cargas de fuerza o alumbrado el calibre mínimo que se utilice no será menor del calibre 14 AWG.

Todos los elementos que integren el circuito derivado deberán ser protegidos mediante un dispositivo contra sobrecorriente que este de acuerdo con la capacidad de conducción del circuito derivado (conductores y demás elementos), a su vez la corriente que sea demandada por la carga no deberá ser mayor que la capacidad nominal de dicho circuito. En el caso de cargas de iluminación con balastro, transformador o autotransformador, se deberán tomar en cuenta la potencia de estos elementos en el cálculo de la carga del circuito, y no sólo la potencia de la lámpara que utilice dicha luminaria.

Cuando se tienen cargas que estén continuamente en funcionamiento, entonces la corriente máxima que absorban dichas cargas no deberá ser mayor del 80 % de la capacidad nominal del circuito derivado, y si existen cargas individuales mayores de 50 amperes estas deberán alimentarse también con circuitos derivados individuales y no incluir cargas de alumbrado.

Circuitos alimentadores

Los conductores utilizados en un circuito alimentador deberán tener una capacidad de conducción de corriente no menor que la carga por alimentar. Si se prevén aumentos en la carga de los alimentadores, es recomendable tomar dichos incrementos en cuenta para aumentar también el calibre de los conductores.

Al igual que en los circuitos derivados, la caída máxima permisible de tensión en un circuito alimentador desde donde se encuentra la acometida hasta los dispositivos de protección contra sobrecorriente no debe exceder del 3 %; de igual manera la caída de tensión total no deberá ser mayor del 5 %.

Se puede emplear un sólo neutro común en tres circuitos alimentadores como máximo, y cuando estos se alojen en canalizaciones metálicas, todos esos conductores activos que tienen el neutro común deberán ir alojados en la misma canalización de ser posible.

En caso de que se hagan derivaciones del circuito alimentador principal, y si estas derivaciones tienen una longitud de más de 10 m, el calibre del conductor de la derivación debe ser igual al del circuito alimentador principal. En cambio cuando la longitud de la derivación sea menor o hasta de 10 m, el conductor de esta derivación puede ser menor que el alimentador principal, siempre y cuando la capacidad de conducción de corriente de estos conductores menores sea suficiente para soportar la carga que van a alimentar y tengan la capacidad de al menos un tercio de la capacidad de conducción de los conductores del alimentador principal.

Por otro lado deben terminar en un sólo dispositivo de protección que limite la corriente de la derivación al valor de conducción de los conductores; a través de estos dispositivos se pueden alimentar a su vez otras protecciones contra sobrecorriente del lado de la carga.

Cálculo de la carga de los circuitos

- Circuitos derivados

Para este fin dividiremos las cargas en dos tipos:

a) cargas de alumbrado

b) cargas continuas y no continuas

a.1) En el caso de cargas de alumbrado se tomará en cuenta el 100 % de la carga conectada al circuito, se asignará una carga mínima de 125 watts por salida de alumbrado y en esos mismos locales se asignará una carga mínima de 180 watts a cada uno de los contactos de uso general que pudieran estar conectados conjuntamente con salidas de alumbrado a un mismo circuito derivado.

a.2) A su vez se pueden considerar cargas mínimas basándonos en el área a ser iluminada y en la cantidad de iluminación que requiera el local.

En el caso que nos concierne se tienen edificios industriales donde las cargas mínimas o de volt-amperes por metro cuadrado son de 20 VA por metro cuadrado. Ver tabla 220.3b de NOM-001-SEDE-1999.

Si se determina la carga en base a estos valores el área debe calcularse tomando en cuenta la superficie cubierta por el edificio o local de que se trate.

b) Cargas continuas y no continuas

b.1) Cuando se trata de cargas diversas la capacidad nominal de conducción del circuito no deba ser menor a la suma de la carga no continua más el 125% de la carga continua.

- Circuitos alimentadores

Para determinar la carga máxima en un circuito alimentador la NOM indica sumar las cargas de los circuitos derivados que estén abastecidos por él, afectados por factores de demanda que sean aplicables al caso de que se trate; sin embargo el circuito alimentador debe tener una capacidad por lo menos igual al valor de la conectada a él en lo referente a los conductores, en el caso de las protecciones estas no deberán ser de menor capacidad que la suma de las cargas no continuas más 125% de las cargas continuas.

Para determinar la carga en el conductor neutro se considerará el caso más desfavorable de desequilibrio que es cuando uno de los conductores activos queda desconectado. Ahí se tomará la carga máxima conectada entre el neutro y cualquiera de los conductores activos y en el caso de sistemas de 3Ø, 4H conectados en Y se debe tomar en cuenta la posible circulación de corrientes altas producidas por armónicos.

Protección contra sobrecorriente

La protección contra sobrecorriente tiene la finalidad de interrumpir los circuitos cuando existen corrientes que pudieran llegar a ser peligrosas o nocivas para el funcionamiento de un determinado circuito.

Al decir peligrosas estamos refiriéndonos a que pudiera tenerse tal vez una elevación extrema de temperatura debida al exceso de corriente circulando por el conductor y que pudiera rebasar los límites previstos por los fabricantes tanto de conductores como de el equipo que está siendo protegido, así los equipos deben protegerse contra sobrecorriente tomando en cuenta las características propias de cada equipo, de acuerdo a lo que establezca el fabricante.

Cuando se protegen conductores contra sobrecorriente se debe tomar en cuenta que la protección esté de acuerdo con el valor de corriente permisible o máxima soportada por los conductores. Si en un determinado caso no se pudiera conseguir una protección que fuera exactamente de la misma capacidad de conducción de los conductores de un circuito, se aconseja utilizar una protección que no exceda del 125 % de la capacidad de conducción de corriente de dichos conductores.

En el apéndice A1 se incluirán algunas tablas con valores de capacidad de conducción de corriente de conductores proporcionadas por fabricantes.

La protección contra corrientes de sobrecarga se realizarán instalando en serie con cada conductor activo un sistema de protección, ya sea térmico o automático, para lo cual dependiendo del sistema elegido se podrán utilizar sistemas automáticos que desconectarán todos los conductores activos al mismo tiempo o por protecciones monopolares en cada uno de los conductores activos.

1.4.3 Métodos de instalación

- Construcción y protección de canalizaciones

Las canalizaciones tienen que diseñarse y construirse de manera que proporcionen una protección mecánica buena y que sea de confiar para los conductores alojados en ellas, así como también deben poseer una resistencia mecánica suficiente con la finalidad de soportar los esfuerzos que pudieran presentarse durante su traslado, almacenamiento o instalación.

En lo que se refiere a las instalaciones subterráneas la NOM en su tabla 300-5 hace referencia a las profundidades mínimas de instalación de conductores, sin embargo, en el caso de que sea obligatoria la aplicación de normas adicionales como en este caso las normas de PEMEX se deberá revisar, pues en algunos casos esta profundidad es mayor a la indicada por NOM. Por otra parte, las canalizaciones, cajas y accesorios tales como codos, piezas de acoplamiento, etc. que no estén fabricados de material que soporte la corrosión, como por ejemplo, las canalizaciones metálicas deberán recubrirse tanto interior como exteriormente mediante un galvanizado o bien, con algún otro material anticorrosivo, como esmalte, barniz o plástico adecuados.

Los ductos y demás accesorios de material ferroso cubiertos únicamente por pintura o barniz común , sólo podrán instalarse en interiores donde no se tengan condiciones corrosivas o húmedas.

La protección contra corrosión de las canalizaciones y accesorios debe ser la adecuada según el medio en el que vayan a ser instaladas.

En el caso de que los conductores no lleven canalización , estos deben quedar protegidos contra daño mecánico mediante su propia ubicación o bien a través de cubiertas para el propósito

- Continuidad eléctrica y mecánica de canalizaciones y cubiertas de cables

1) Eléctrica . Tanto las canalizaciones metálicas y armaduras de cables , así como sus conexiones a cajas , accesorios y gabinetes tienen que cumplir con una continuidad eléctrica efectiva a través de todo el sistema de canalización , con una correcta conexión a tierra .

2) Mecánica . Ya sea de caja a caja o de accesorio a accesorio , las canalizaciones y cubiertas de cables deben tener continuidad. Ver figura

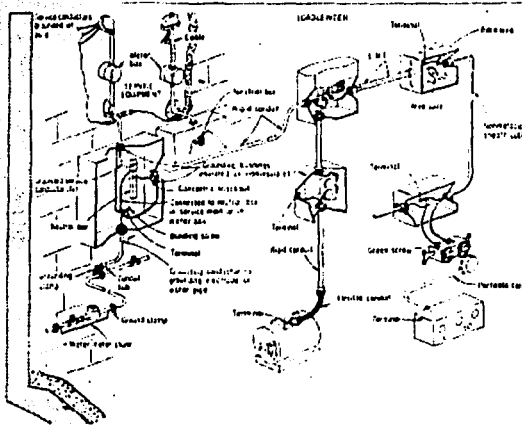


Fig. 1.4 Todas las cubiertas de metal deberán ser interconectadas para formar un " conductor eléctrico continuo "

La interconexión de las cubiertas metálicas de los cables con las canalizaciones metálicas se debe hacer para conectar todo lo construido de metal al electrodo de tierra y así obtener una baja impedancia para , en el caso de que se presente una corriente de falla circulando por las cubiertas operen los dispositivos de protección contra sobrecorriente los cuales abrirán el circuito al presentarse la falla .

Al operar estos dispositivos evitan que se formen voltajes peligrosos en las cubiertas y canalizaciones que podrían ser accidentalmente tocadas por el personal , con el consecuente shock eléctrico para el mismo .

Simplemente la interconexión de todas las cubiertas metálicas de los conductores y del equipo evitan la formación de cualquier potencial indeseable con respecto a tierra en las cubiertas y canalizaciones metálicas .

Esta conexión a tierra de cubiertas y canalizaciones metálicas se requiere para los sistemas eléctricos aterrizados (aquellos sistemas en donde uno de los conductores del circuito es intencionalmente conectado a tierra) y sistemas eléctricos no aterrizados (sistemas donde ningún conductor es intencionalmente conectado a tierra) .

Es necesaria una baja impedancia en caso de presentarse una corriente de falla a tierra , para que así circulará la corriente eléctrica suficiente por los dispositivos de protección (fusibles o interruptores termo magnéticos) a fin de que estos operen y protejan el circuito .

- Continuidad de conductores

1) En tubería y en ductos cerrados sin tapa , entre dos accesorios o entre dos cajas , los conductores deben ser continuos (preferentemente sin empalmes) .

2) En circuitos multifilares , la conexión de elementos tales como portalámparas , contactos , etc. debe ser tal que al ser retirados no interrumpan la continuidad de un conductor puesto a tierra (neutro) .

Lo anterior es con la finalidad de prevenir voltajes desbalanceados cuando es retirado un dispositivo . Estos voltajes desbalanceados podrían aparecer en los dispositivos restantes conectados al circuito .

Este párrafo no es aplicable a circuitos de dos hilos o a circuitos que no poseen conductor neutro . Se aplica solamente donde se tienen circuitos multihilos alimentando receptáculos y portalámparas .

Esto tiene la finalidad de evitar que el conductor neutro se interrumpa lo cual puede resultar en la aparición de un voltaje mucho mayor al normal en una parte del circuito y dañar el equipo conectado en esta .

- Longitud libre de los conductores en las cajas de salida

Se considera correcto que en las cajas de salida se deje una longitud de los conductores de al menos 15 cm , esto con el fin de facilitar la conexión de aparatos y dispositivos , como la realización de empalmes en las mismas y pensando en posibles modificaciones o cortes en el conductor mismo .

- Cajas . Lugares donde se requieren

Debe instalarse una caja de conexión en los siguientes casos :

- a) en cada punto de empalme o derivación de conductores
- b) en cada salida
- c) en puntos de interrupción
- d) en puntos de confluencia de canalizaciones

En la siguiente figura se ilustra un ejemplo de utilización de caja o condulets , haciendo referencia al inciso b anterior , que menciona que debe instalarse una caja en cada salida ; se puede utilizar conduit si se trata de una salida terminal como lo ilustra el ejemplo de la figura 1.5 :

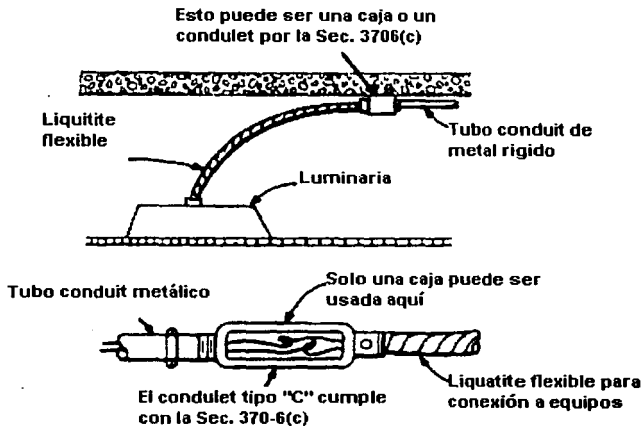


Fig. 1.5 Canalizaciones pueden usar cajas o cuerpos de conduit en puntos de empalme .

En el caso de que en la instalación cambie la canalización de un tipo a otro , o bien que el conductor cambie a uno que no requiera canalización , debe colocarse una caja , mufa o accesorio similar , conforme al caso específico de que se trate .

No son necesarias las cajas para realizar derivaciones o empalmes en canalizaciones que cuenten con tapas removibles , como los ductos con tapa , ductos auxiliares y similares y en charolas .

Podrá utilizarse una boquilla o monitor en el caso de que los conductores salgan de un tubo de la parte posterior de tableros de distribución , de control o en casos parecidos .

- Conductores de sistemas distintos

a) Los conductores de alumbrado y fuerza pertenecientes a sistemas de tensiones diferentes no deben instalarse en la misma canalización. No se requiere separar los circuitos de alumbrado de los de fuerza ni los trifásicos de los monofásicos pertenecientes al mismo sistema.

b) No deben ocupar la misma canalización los conductores pertenecientes a alumbrado y fuerza de sistemas de corriente alterna operando o por operar a la frecuencia normal de suministro y los conductores de sistemas de fuerza y alumbrado de corriente continua, así como los de corriente alterna de frecuencia especial.

c) Se pueden instalar en la misma canalización los conductores de fuerza y alumbrado y los conductores de señalización y control siempre y cuando estos estén aislados para la tensión máxima de aquellos.

- Conductores de uso general

- Uso de conductores desnudos :

a) Como conductor de puesta a tierra, ya sea instalado dentro de la misma canalización de los conductores aislados del circuito o bien llevado independientemente.

b) En líneas aéreas

- Uso de conductores aislados :

Se emplean en instalaciones de utilización, existe una variedad extensa de conductores aislados y se clasifican según el tipo de aislamiento. Se tienen para diferentes aplicaciones.

- Capacidad de corriente en los conductores aislados

La capacidad de corriente de los conductores aislados de cobre depende del tipo de aislamiento y la forma de instalación. Generalmente se utilizan en México tablas que ilustran los valores de capacidad de corriente de los conductores según cada fabricante a una temperatura ambiente de 30°C. Los valores de estas tablas se deben corregir cuando se tiene una temperatura ambiente mayor o cuando se tiene un agrupamiento específico de conductores.

a) Factores de corrección por agrupamiento : se aplican cuando el número de conductores instalados en una misma canalización o en un cable multiconductor es mayor a 3.

b) Factores de corrección por temperatura ambiente : se aplican cuando la temperatura ambiente (del local o del lugar en donde se encuentren los conductores) es de 31°C o mayor.

- Conductores en paralelos

Cuando se utilicen conductores en paralelo estos deben poseer las mismas características físicas, entiéndase, igual longitud, igual tipo de aislamiento, el mismo material del conductor, con la misma sección transversal; deben conectarse firmemente en sus extremos para garantizar una distribución uniforme de corriente en los conductores.

- Cordones o cables flexibles

Uso permitido :

- a) conexión de aparatos y lamparas portátiles
- b) conexiones colgantes
- c) cableado de luminarias
- d) elevadores
- e) alimentación de equipos no estacionarios a fin de facilitar su frecuente cambio
- f) cuando se quiera evitar la transmisión de ruido o vibraciones
- g) facilitar la desconexión de equipos para su reparación y mantenimiento

Uso prohibido :

- a) como reemplazo de instalaciones fijas en estructuras
- b) a través de orificios en paredes, techos o pisos
- c) a través de puertas, ventanas o aberturas similares
- d) en superficies de muebles fijados
- e) ocultos en el interior de paredes techos o pisos de inmuebles

No deben existir empalmes y derivaciones en los cordones y cables flexibles, deben utilizarse solamente longitudes continuas.

- Tubo metálico rígido

Aunque en la actual NOM se indica expresamente por tablas el número máximo de conductores que se permite instalar dentro de tubos conduit es de uso común y se contempla en otras normas eléctricas que todos los conductores conduzcan corriente o no, incluyendo su aislamiento y otros forros, no deben ocupar más del 40% de la sección transversal del tubo en el caso de que se introduzcan 3 o más conductores; no más del 30% en el caso de 2 conductores y no más del 55% de la capacidad transversal del ducto cuando se introduzca un solo conductor.

- Electroducto

Los ductos con barras (electroductos) están elaborados de envolturas metálicas que contienen en su interior barras aisladas soportadas . Existen electroductos de muy variadas formas para aplicaciones de hasta 600 volts . Las barras son usualmente de cobre o de aluminio .

- Uso permitido - Los electroductos deben ser instalados en lugares abiertos y visibles .

- Uso prohibido - Los electroductos no deben ser instalados en los siguientes casos :

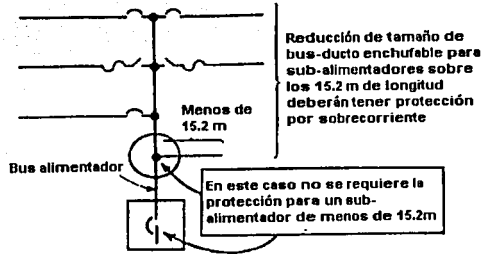
- 1) donde estén sujetos a daño físico severo o lugares donde se tengan vapores corrosivos
- 2) en cubos de elevadores o montacargas
- 3) en áreas clasificadas como peligrosas (solo que el electroducto esté diseñado para dichas áreas)
- 4) a la intemperie o en lugares húmedos si no está diseñado para estas .

- Soportes - El electroducto debe ser debidamente soportado a intervalos no mayores de 1.50 m (a menos que esté especificada y marcada otra separación)

- Distribución del electroducto a través de paredes y pisos -La norma NOM-001-SEDE-1999 permite el paso de electroducto a través de paredes secas siempre y cuando el paso se haga con una unidad completa . Adicionalmente se permite el paso de electroducto verticalmente a través de pisos secos si está totalmente cerrado hasta una altura mínima de 1.80 m sobre el piso para proveer una adecuada protección contra daño mecánico .

- Derivaciones desde el electroducto - Las derivaciones partiendo del electroducto principal pueden hacerse a su vez con electroductos secundarios , tubo metálico rígido , tubo metálico ligero, tubo rígido no metálico ; conduit metálico flexible , etc .

- Reducción en el tamaño del electroducto - Se permite la omisión del dispositivo de protección contra sobrecorriente en puntas donde se reduzca el electroducto , siempre y cuando, la extensión o extensiones reducidas del ducto no exceda una longitud de 15.0 m y tenga al menos un tercio de la corriente del dispositivo de protección contra sobrecorriente principal o general del electroducto. Ver figura siguiente



Ejemplo :

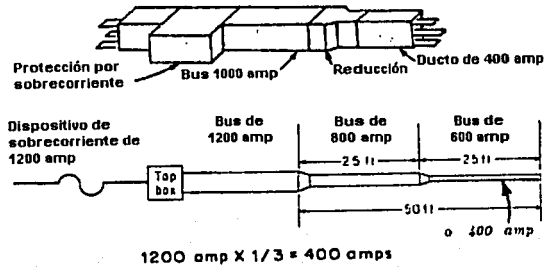


Fig. 1.6 La longitud máxima para hacer una reducción de un electroducto no puede Ser mayor de 15.2 m

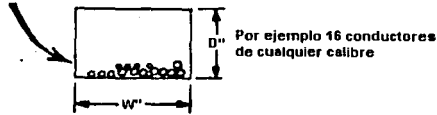
- Aterrizamiento - Los ductos metálicos deben estar conectados a tierra en forma debida para protección .

- La figura siguiente muestra ejemplos acerca del número de conductores en un ducto .

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Regla básica

1. Cualquier número de conductores de corriente con un máximo de 30 cables



2. La suma de los diámetros de los áreas de todos los conductores (de la tabla 5 en el capítulo 9 del NEC) no deberán ser mayores que el 20% x W'' x D''

Nota: Los cables de señal y control no se consideran como cables conductores de corriente. Cualquier cantidad de estos cables es permitida hasta llenar un 20% de la sección transversal del ducto.

ESTO ESTA BIEN!

45 Conductores en el ducto:
25 son conductores de corriente de fuerza y alumbrado;
16 son conductores de circuitos de señal

Todos los conductores ocupan el 19.4% del la sección transversal del ducto

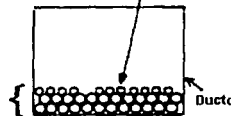


Fig. 1.7 Los factores de relleno deben ser cuidadosamente determinados

- Corrientes inducidas en canalizaciones metálicas - Los conductores de un mismo circuito de corriente alterna deben estar contenidos en una misma canalización; los campos magnético alrededor de los conductores tienden a oponerse y a cancelarse unos con otros, minimizándose de esta manera la inductancia reactiva del circuito como también la magnitud del flujo magnético que puede causar calor en la canalización metálica. Las pérdidas en forma de calor I^2R también transmiten calor a las canalizaciones metálicas. Para reducir más la inducción de calor a las canalizaciones, siempre hay que llevar junto a los conductores de las fases el conductor neutro.

El conductor de tierra debe estar también junto a los conductores del circuito para conseguir la reducción en cuanto a inductancia reactiva y minimizar la impedancia de la corriente de falla cuando llega a ocurrir, con esto se asegura la operación inmediata de la protección del circuito (fusible o interruptor termomagnético).

Cuando los conductores de un circuito de corriente alterna son llevados de tal manera que no están contenidos en una misma canalización, es particularmente importante tomar precauciones cuando un conductor pasa a través de un agujero hecho en cualquier material conductor magnéticamente hablando. Como por ejemplo una placa metálica. La presencia del material magnético forma un núcleo magnético cerrado que aumenta la densidad de flujo del campo magnético alrededor del conductor.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Bajo estas condiciones , se puede generar un calor sustancial en la placa metálica debido a la histéresis (fricción producida por la alternación de los dominios magnéticos en el metal) y debido a las corrientes inducidas en el metal por el campo magnético .

Equipo de alumbrado y contactos

En esta sección se hará una revisión de los requerimientos aplicables a luminarios y portalámparas de uso industrial , tanto de filamento como de descarga eléctrica , así como a sus lámparas , contactos y clavijas que serán utilizables en el tipo de instalación sobre la que versa la presente tesis .

- Partes vivas

A excepción de los portalámparas de abrazadera ningún tipo de luminarias , portalámparas o lámparas deberá presentar partes vivas normalmente expuestas ; y lo mismo será aplicable para los contactos que serán situados a una altura menor de 2.40 m sobre el nivel del piso .

- Requisitos relativos a la localización de luminarios

Los luminarios deberán instalarse en lugares donde se encuentren exentos de cualquier tipo de daño mecánico .

Cuando las luminarias y demás equipo se instalen en lugares con ambientes peligrosos , deberán cumplir con normas y requisitos de construcción , que lo hagan seguro para utilizarse en dichas condiciones .

- Luminarios en lugares mojados , húmedos o de ambiente corrosivo

En el caso de que se requiera iluminar lugares húmedos o mojados , se utilizarán luminarios del tipo para intemperie e instalarán de forma tal que los líquidos no puedan penetrar en la luminaria ni sea susceptible de permitir la acumulación de dichos líquidos en los ductos o partes eléctricas componentes .

De igual forma para iluminar lugares con ambientes corrosivos , se utilizarán los dispositivos aprobados para dicho empleo por SECOFI en caso de material fabricado en México y por Undergrown Laboratories (UL) en caso de material de importación .

Si es necesario instalar luminarios cerca de material combustible se utilizarán aquellos que estén equipados con pantallas o guardas de tal forma que el material combustible no se encuentre expuesto a temperaturas que excedan de los 90°C .

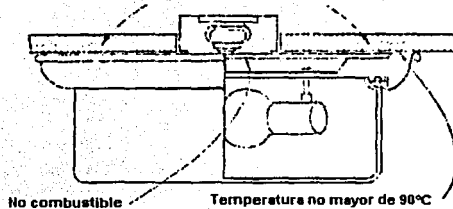


Fig. 1.8 Luminarios a través de los cuales no pasa el calor a los materiales combustibles

- Cajas de salida para luminarios

Todo este genero de elementos debe contar con el espacio suficiente para que sean instalados los conductores de luminarios, de tal forma que no se forcen los conductores y permitan la ventilación suficiente para que los conductores no excedan el límite de temperatura de trabajo en condiciones normales.

- Soportes para luminarios

Los luminarios pueden ser soportados de tres maneras dependiendo de su peso y dimensiones :

* Por el portalámparas si no pesa más de 2 Kg. y no mide más de 40 cm en cualquiera de sus dimensiones .

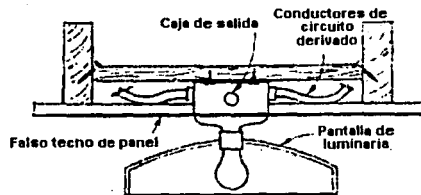


Fig. 1.9 Luminario (en este caso la pantalla) soportado por el mismo portalámparas .

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

* Por la caja de salida al luminario si este no pesa más de 20 Kg.

* Por herrajes especiales para dicho fin si el peso del luminario excede de los 20 Kg. o es muy voluminoso .

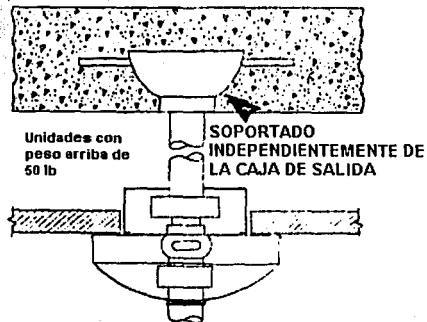


Fig. 1.10 Luminario soportado por herrajes especiales

- Alambrado de luminarios

El alambrado de luminarios se debe realizar de tal forma que los conductores queden alineados y también queden protegidos contra daño mecánico .

El calibre de conductores se elegirá de acuerdo con el consumo de corriente que tengan las lámparas contenidas por el luminario ; más sin embargo en ninguna ocasión el calibre del conductor podrá ser menor del calibre número 18 AWG. Dichos conductores poseerán un aislamiento que los haga apropiados para la temperatura de operación a que estén diseñados. Por otro lado en caso de que sean luminarios diseñados para instalarse en lugares húmedos o con ambientes corrosivos, se deberá tomar en cuenta de igual forma el tipo de aislamiento conveniente en cada caso particular.

Quando se instalen conductores en partes móviles de los luminarios o partes flexibles; se debe utilizar cable y no alambre, a su vez se instalará de manera tal que no se ejerza alguna fuerza mecánica sobre ellos. En todos estos casos anteriores cuidando que el aislamiento no sea deteriorado o rasgado en las maniobras de instalación del conductor . Si se tienen portalámparas con boquilla se cuidará que las boquillas de dichos portalámparas no ocasionen deterioro en el aislamiento de los conductores.

Los empalmes que se pudieran necesitar para la conexión de un luminario se realizarán siempre fuera de los ductos y soportes de los luminarios, nunca adentro, de igual manera no se utilizarán como canalizaciones los luminarios a menos que fueran luminarios de un tipo que se pudieran interconectar de tal manera que formaran una canalización continua a través de la cual si

se permitiría que circulara o que pasarán a través de ellas los conductores del circuito derivado que alimenta a dicho sistema de iluminación. Por otro lado los luminarios deben conectarse de tal forma que por ejemplo, en el caso de los casquillos roscados, estos se conecten al conductor neutro del circuito derivado.

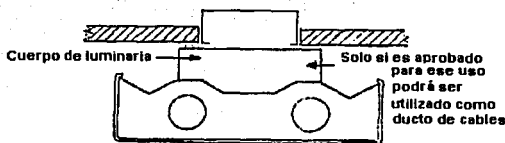


Fig. 1.11 La utilización de luminarios como canalizaciones para conductores es una área claramente limitada.

- Lámparas

Cuando las lámparas de un luminario sean incandescentes utilizarán bases del tipo :

- * Medio .- hasta 300 watts o si se alimentan a una tensión mayor de 150 volts .
- * Mogul .- de 300 hasta 1500 watts .
- * Especiales .- para lámparas con una potencia mayor de 1500 watts .

En lo que se refiere a lámparas de descarga eléctrica, el balastro deberá instalarse entre cubiertas que no sean combustibles y deberán considerarse como una fuente de calor .

- Contactos y clavijas

La capacidad nominal mínima de los contactos para aparatos portátiles se regirá por las siguientes categorías :

- * No menor de 15 amperes para 125 volts .
- * No menor de 10 amperes para 250 volts .

Cuando los contactos se instalen en pisos y a menos que no estén expuestos a daño mecánico , a polvo o humedad ; deberán instalarse en cajas especialmente diseñadas para este fin .

Es importante que los contactos sólo acepten clavijas y adaptadores diseñados para el sistema utilizado lo cual es importante en el caso de las clavijas y adaptadores del tipo polarizado . En este caso en particular se recomienda que la terminal a tierra sea identificada utilizando un conductor con forro verde , por otro lado esta terminal deberá utilizarse exclusivamente para hacer la

conexión a tierra de otra forma se podrían tener condiciones peligrosas para el usuario del aparato que esta siendo alimentado , como se verá a continuación :

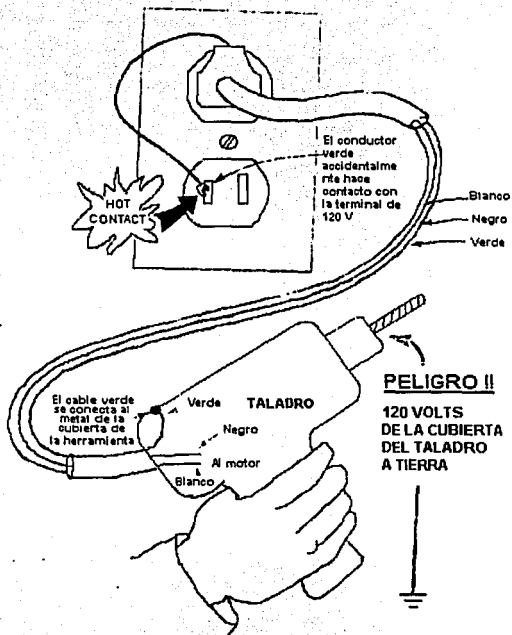


Fig. 1.12 Los aterrizajes no conectados debidamente pueden ocasionar serios accidentes

Los contactos que se instalen en sitios húmedos o mojados deberán estar aprobados para dicho uso y ser a prueba de intemperie . Si la instalación se hace en la pared , la unión entre la tapa de la caja que alberga el contacto deberá tener una unión hermética con la pared .

Con vistas a la correcta conexión de contactos polarizados es de observarse que la fase deberá conectarse a la terminal más pequeña y el neutro a la más grande, adicionalmente, se debe asegurar que la terminal de aterrizaje quede hacia la parte superior del contacto .

Motores

- Identificación de motores

Todo motor deberá estar marcado con una placa la cual proporciona la siguiente información :

- a) Nombre del fabricante.
- b) Tensión de operación y corriente a plena carga.
- c) Si el motor es de C.A. ; frecuencia y número de fases.
- d) Velocidad a plena carga.
- e) Elevación nominal de temperatura en grados centígrados o el tipo de aislamiento que posee.
- f) Régimen de trabajo con respecto a tiempo y temperatura de funcionamiento.
- g) Potencia nominal en HP o kilowatts.
- h) Si se trata de un motor de inducción con rotor devanado , la tensión y corriente a plena carga en el secundario.
- i) Si se trata de un motor síncrono , la tensión y corriente del campo.
- j) En motores de corriente continua el arreglo del devanado.

Si se trata de motores de varias velocidades , se necesitará tener como dato de placa , la potencia y corriente que consume para cada velocidad.

De igual forma , como dato de placa se tendrán las letras de clave que indiquen la corriente que tomará el motor con el rotor bloqueado , las cuales se podrán interpretar basándose en la tabla 430.7(b) de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999

Letra de código	kVA por kW a rotor bloqueado	KVA por CP a rotor bloqueado
A	0.00 -- 2.34	0.00 -- 3.14
B	2.35 -- 2.64	3.15 -- 3.54
C	2.65 -- 2.98	3.55 -- 3.99
D	2.99 -- 3.35	4.00 -- 4.49
E	3.36 -- 3.72	4.50 -- 4.99
F	3.73 -- 4.17	5.00 -- 5.59
G	4.18 -- 4.69	5.60 -- 6.29
H	4.70 -- 2.29	6.30 -- 7.09
J	5.30 -- 5.96	7.10 -- 7.99
K	5.97 -- 6.70	8.00 -- 8.99
L	6.71 -- 7.45	9.00 -- 9.99
M	7.46 -- 8.35	10.00 -- 11.19
N	8.35 -- 9.31	11.20 -- 12.49
P	9.32 -- 10.43	12.50 -- 13.99
R	10.44 -- 11.93	14.00 -- 15.99
S	11.94 -- 13.42	16.00 -- 17.99
T	13.43 -- 14.91	18.00 -- 19.99
U	14.92 -- 16.70	20.00 -- 22.39
V	16.71 -- y más	22.40 -- y más

Tabla 1.1 Letras de código a rotor bloqueado

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

- Identificación de controladores

De igual forma que los motores, los controladores necesitan tener indicados el nombre del fabricante, la tensión y corriente o capacidad en HP para determinar el tipo de motores para los cuales el fabricante diseñó ese dispositivo. Si el controlador incluye un interruptor automático de disparo instantáneo, se deberá indicar el ajuste hecho a dicho elemento de disparo.

Las cajas de conexión de controladores y dispositivos de conexión de motores deberán utilizarse exclusivamente para este fin y no emplearse como cajas de conexión para conductores que alimenten otros aparatos.

Es necesario que los motores sean instalados en lugares donde cuenten con una adecuada ventilación y el mantenimiento se pueda realizar en forma sencilla; si están expuestos a polvo o salpicaduras de algunas sustancias deberán ser del tipo cerrado o en su defecto colocar cubiertas que protejan las partes vivas del motor. En caso de que se instalen en ambientes particularmente peligrosos se podrán utilizar motores del tipo cerrado y ventilarse mediante ductos.

1.5 Cálculos y fórmulas

Conductores para circuitos de motores

- Conductores que alimentan a un solo motor

En este caso la elección del conductor del circuito derivado que alimenta dicho motor se hará tomando un conductor que tenga como capacidad mínima de conducción de corriente el 125% de la corriente a plena carga que consuma el motor. Si este motor es de varias velocidades se tomará en cuenta la mayor de las corrientes a plena carga indicadas en la placa de identificación del motor, este será el calibre que se utilizará de el circuito derivado hasta el controlador y de ahí hasta el motor se utilizarán conductores dependiendo de la corriente que demande cada una de las velocidades.

En el caso particular de motores con rotor devanado se elegirá el conductor en base al 125% de la corriente nominal a plena carga del devanado secundario del motor.

- Conductores que alimentan a varios motores

Cuando existan conductores que surtan energía a dos o más motores; como en el caso de circuitos que alimenten a centros de control de motores, estos deberán tener una capacidad de conducción de corriente no menor que la del 125% de la corriente a plena carga del motor más grande añadido a la suma total de las corrientes de los demás motores a plena carga alimentados por el mismo circuito. Si los motores son de uso intermitente, periódico o variable; entonces el mismo procedimiento se verá afectado por los factores de la siguiente tabla según la NOM-001

Clasificación del servicio	Por ciento de la corriente eléctrica nominal indicada en la placa			
	Regimen de trabajo del motor			
	5 minutos	15 minutos	30 y 60 minutos	Servicio continuo
De corto tiempo Accionamiento de válvulas, ascenso y descenso de rodillos	110	120	150	---
Servicio intermitente Ascensores y montacargas, máquinas herramientas, bombas y puentes levadizos, mesas giratorias, etc. para soldadoras de arco, vease 630-21	85	85	90	140
Servicio periódico: Rodillos, equipos para manejo de minerales y carbón, etc.	85	90	95	140
Trabajo variable	110	120	150	200

Cualquier motor debe considerarse en trabajo continuo, a menos que la naturaleza del aparato eléctrico que accione, no trabaje continuamente con carga, bajo ninguna condición durante su operación.

Tabla 1.2 Porcentajes para la selección de conductores alimentadores a motores que no operen en servicio continuo.

Ejemplo :

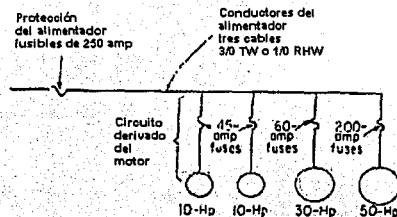


Fig. 1.13 El calibre del alimentador será calculado para la carga total

Se tienen 4 motores conectados a un circuito alimentador de 3 fases, 440 V, 60 Hz del siguiente tipo :

- 1 motor de inducción de jaula de ardilla de 50 HP
- 1 motor de inducción de rotor devanado de 30 HP
- 2 motores de inducción de jaula de ardilla de 10 HP

Primer paso . Cargas en los circuitos derivados.

De la tabla A1.1 (ver Anexo I) , las corrientes a plena carga de los motores serán :

Motor de 50 HP -- 68 A

Motor de 30 HP -- 42 A

Motor de 10 HP -- 15 A

Segundo paso . Conductores

La capacidad de conducción de los conductores del alimentador será :

$$1.25 \times 68 = 85 \text{ A}$$

$$85 + 42 + (2 \times 15) = 157 \text{ A}$$

Los conductores del alimentador serán entonces

1/0 THW, los cuales conducen 183 Amperes

- Conductores que alimentan cargas combinadas

Aquí se calculará el calibre de los conductores tomando en cuenta la carga de los motores y la carga adicional que se tenga de alumbrado o demás aparatos conectados al mismo circuito alimentador .

Ejemplo :

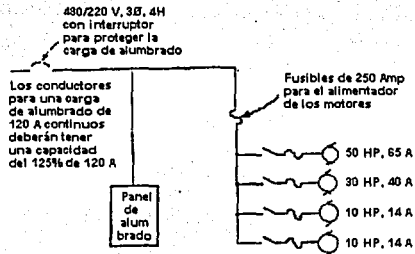


Fig. 1.14 Otras cargas pueden ser adecuadamente combinadas con los motores

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Primer paso . Carga total

Carga de fuerza = (68 X 1.25) + 42 + (2 X 15)

= 157 A por fase

Carga de iluminación = 1.25 X 120 = 150 A por fase

Carga total = 157 + 150 = 307 A por fase

Segundo paso . Conductores

De la tabla A1.2 vemos que los conductores para el alimentador pueden ser :

250 MCM, THW que conduce 320 Amperes.

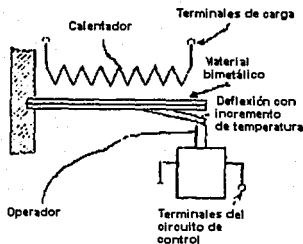
Protección contra sobrecarga en el motor

Como sobrecarga en un aparato eléctrico , se entiende una corriente de operación superior a la nominal de dicho aparato ; la cual podría dañarlo . Dentro de este término no se contemplan corrientes debidas a cortos circuitos o fallas a tierra .

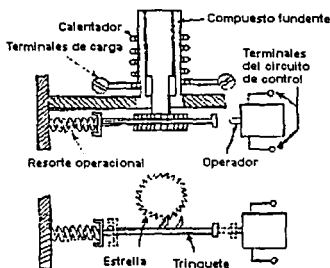
Así un dispositivo contra sobrecarga se encargará de proteger motores , sus controladores y los conductores de los circuitos que los alimenten . Cabe señalar que existen aparatos en los cuales la inclusión de algún dispositivo de protección contra sobrecorriente puede implicar riesgos mayores que el daño de dicho aparato y en los cuales la protección podrá omitirse y sustituirse por algún tipo de alarma .

- Motores de servicio continuo

Cuando los motores tengan una potencia de más de un caballo de fuerza se podrán proteger ya sea mediante un dispositivo térmico integrado al motor que lo proteja contra sobrecalentamientos , o utilizando algún mecanismo separado que actúe en base a la corriente del motor , tales como dispositivos accionados por elementos térmicos del tipo bimetalico o de aleación fusible , donde se utilice el calor producido por el paso de la corriente o relevadores del tipo magnético . Estos elementos deberán estar ajustados para que actúen a una corriente no mayor del 125 % de la corriente a plena carga del motor que estén protegiendo , y en el caso de que el dispositivo elegido para un determinado caso no sea suficiente para permitir el arranque del motor , entonces , se podrá elegir el dispositivo con la capacidad inmediata superior ; siempre y cuando este no exceda del 140 % de la corriente a plena carga del motor a proteger . En los motores de varias velocidades, cada conexión se considerará en forma separada .



TIPO BIMETALICO



TIPO ALEACIÓN FUSIBLE

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Fig. 1.15 Relevadores de sobrecorriente

Si el motor a protegerse es de un caballo de fuerza o menor , se arranca manualmente y es visible desde el punto donde se arranca ; entonces se considerará protegido por el dispositivo de protección contra corto circuito o falla a tierra del circuito derivado que le suministre energía eléctrica . Pero si no es visible desde el punto de arranque , se deberá proteger de la misma forma que motores de más de 1 Hp , lo cual se hará también en el caso de motores de menos de 1 Hp con arranque automático .

- Motores de servicio no continuo

Un motor usado en condiciones de servicio de corto tiempo , intermitente , periódico o de uso variable no requiere una protección adicional contra sobrecorriente , ya que se considerado como protegido también por el dispositivo contra corto circuito o falla a tierra del circuito derivado .

Esto es permitido siempre y cuando el circuito derivado a que esté conectado el motor posea una protección con capacidad no mayor del 400 % de la corriente a plena carga del motor . Pero cuando el arranque es automático , las protecciones siempre deberán estar cuidando al motor , incluso durante el periodo de arranque . Si las protecciones son a base de fusibles , entonces se debe intercalar un fusible en cada conductor activo . Por otro lado si las protecciones son del tipo magnético o térmico , las protecciones se instalarán en el circuito derivado conforme a la tabla 1.3.

Al actuar estos elementos deben desconectar en forma simultánea los conductores necesarios para que no fluya corriente por el motor .

Cabe señalar que estas protecciones contra sobrecarga de tipo magnético y térmico no representan una protección contra corriente de cortocircuito ; para lo cual se protegerá usando fusibles o interruptores automáticos de ajuste .

Dispositivos de sobrecarga para protección del motor

Tipo de motor	Sistema de alimentación	Número y ubicación de dispositivos de sobrecarga tales como bobinas de disparo o relés
1 fase c.a. o c.c.	2 hilos, 1 fase c.a. o c.c. conductores no-puestos a tierra.	Uno en cualquier conductor
1 fase c.a. o c.c.	2 hilos, 1-fase c.a. o c.c. conductor puesto a tierra.	Uno en el conductor no-puesto a tierra
1 fase c.a. o c.c.	3 hilos, 1 fase c.a. o c.c. conductor neutro puesto a tierra	Uno en cualquiera de los conductores no-puestos a tierra Uno en un conductor de fase
1 fase c.a.	Cualquiera de las 3 fases	2, uno en cada fase
2 fases c.a.	3 hilos, 2 fases c.a. no-puesto a tierra	2 en los conductores de fase
2 fases c.a.	3 hilos, 2 fases c.a. 1 conductor puesto a tierra.	2, uno por fase en conductores de fase
2 fases c.a.	4 hilos, 2 fases c.a. con o sin aterrizaj.	2, uno por fase en cualquier conductor de fase
3 fases c.a.	5 hilos, 2 fases c.a. conductor neutro puesto o no a tierra. Cualquiera de las 3 fases.	3, uno en cada fase*

*Excepción: cuando esté protegido por otros dispositivos aprobados

Tabla 1.3 Protección con relevador y dispositivos térmicos para motor trifásico .
NOM-001-SEDE-1999.

- Protección de circuitos derivados para motores , contra cortocircuito o fallas a tierra

Cuando dicha protección se implementa para un solo motor e independientemente de que debe tener una capacidad que le permita soportar la corriente de arranque de dicho motor , la capacidad de las protecciones se elegirá de acuerdo con lo siguiente :

* Fusibles sin retardo de tiempo .- no mayor del 400 % de la corriente a plena carga del motor .

* Fusibles con retardo de tiempo .- no mayor del 225 % de la corriente a plena carga del motor .

* Interruptores automáticos de tiempo inverso .- no mayor de 300 % de la corriente a plena de 100 A o mayores y de 400 % para corrientes a plena carga de 100 A o menores
 Se podrá utilizar un interruptor de disparo instantáneo cuando sea ajustable y forme parte de un control con protecciones contra sobrecargas , fallas a tierra y cortocircuitos .

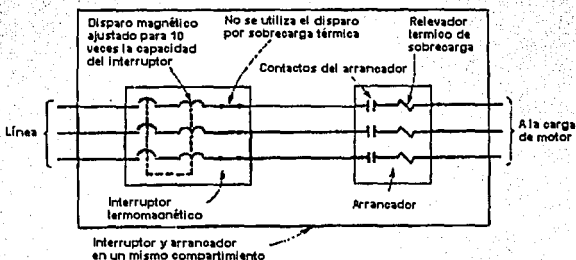


Fig. 1.16 Arrancador e interruptor de circuito en combinación dentro de un compartimiento común .

* Motor con corriente a plena carga de 6 Amp. o menos.- Se considera protegido por un dispositivo de sobrecorriente de 20 Amp. o menos.

Si son dos o más los motores conectados a un mismo circuito derivado, este circuito deberá estar protegido por fusibles o interruptores de tiempo inverso y a su vez cada motor con una protección contra sobrecarga adecuada.

Protección de circuitos alimentadores que abastecen motores , contra cortocircuitos o fallas a tierra.

Al proteger un circuito alimentador contra sobrecorriente se debe tener cuidado que el dispositivo que se utilizará para dicha función , no excederá en capacidad al dispositivo contra corto circuito o falla a tierra del circuito derivado que proporcione energía al motor de mayor potencia , esto más la suma de las corrientes a plena carga de los motores de los demás circuitos derivados conectados al mismo alimentador ; en caso de que sean dos o más de la misma potencia los motores más grandes , entonces se tomará uno sólo de ellos como el más grande y proceder con los demás como se explicó anteriormente . En caso de que la capacidad de la protección calculada no existiera comercialmente , se puede utilizar la protección inmediata superior.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Ejemplo

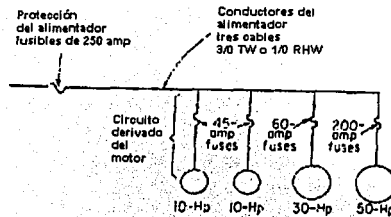


Fig. 1.17 Protecciones para alimentador y ctos. derivados

Se tienen cuatro motores conectados cada uno a un circuito derivado, que están siendo surtidos por un circuito alimentador común. Se desea calcular en base a la NOM-001, protecciones contra corto circuito en los derivados, calibre del conductor del circuito alimentador y protección contra sobrecorriente para el alimentador. El sistema alimentador es de 3 fases, 440 volts y 60 Hertz y los motores no están marcados con letras de código.

Primero de la tabla AI.1, se determina la corriente a plena carga de los motores.

Motor de 40 HP : 54A
 Motor de 25 HP : 36A
 Motor de 10 HP : 15"

Para determinar el calibre del conductor en el circuito alimentador nos basamos en la sección 430-22 de la NOM-001-SEDE.

$$1.25 \times 54 = 67.50 \text{ A}$$

$$67.50 + 36 + (2 \times 15) = 133.50 \text{ A}$$

Así el conductor para el alimentador puede ser del calibre 1/0 THW de cobre.

Las protecciones contra cortocircuito de los circuitos derivados se obtendrán :

a) Para una corriente de falla no mayor del 300% de la corriente a plena carga, en el motor de 40 HP la protección será de 200 A

$$(54 \times 300\%) = 162 \text{ A}$$

b) Para el motor de 25 HP y una corriente de falla no mayor del 150% será de 40 A.

$$(25 \times 1.5) = 37.50 \text{ A}$$

c) Cada motor de 10 HP debe ser protegido por una protección no mayor de 45A para una corriente de falla no mayor del 300%.

$$(15 \times 300\%) = 45\text{A}$$

En el caso de la protección contra sobrecorriente del circuito alimentador la máxima capacidad se calculará de la siguiente forma:

$$200 + 36 + 15 + 15 = 266 \text{ A}$$

Estandarizando se puede utilizar una protección contra sobrecarga de 250A.

si se instalan alimentadores en los cuales se prevé un incremento en la carga, la protección contra sobrecorriente puede hacerse en base a los conductores que se están instalando.

Tableros de alumbrado y fuerza

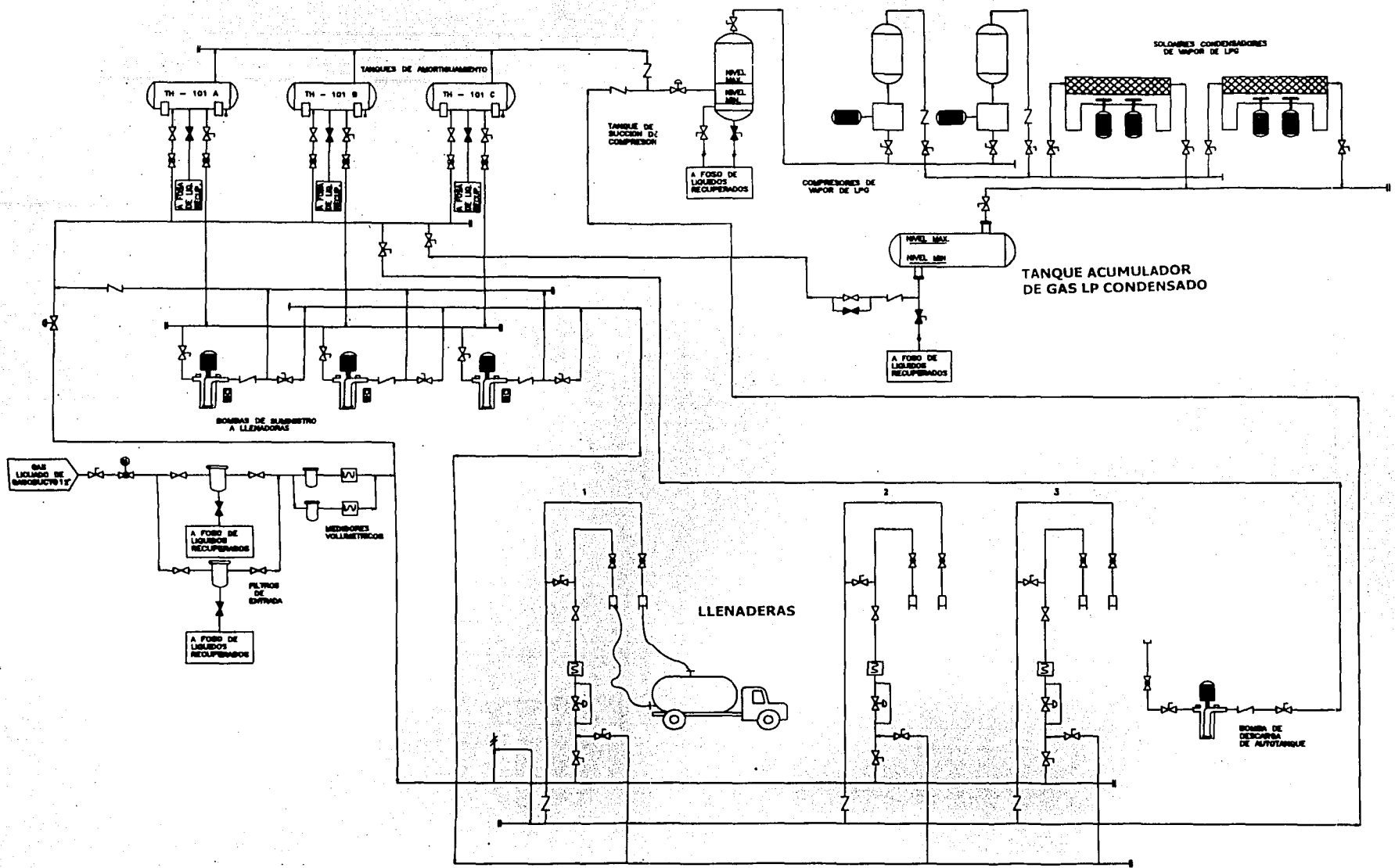
Los tableros deberán ser instalados de tal forma que sus componentes se encuentren protegidos contra daño mecánico, combustión y a su vez estos mismos componentes no representen un riesgo para quienes los operan o circulan cerca de ellos; así, es importante proteger debidamente las barras colectoras y conductores por medio de gabinetes y canalizaciones adecuadas.

Cuando se coloquen tableros de piso, estos deberán instalarse en lugares permanentemente secos y accesibles, en caso de instalarse en lugares húmedos se utilizarán tableros a prueba de intemperie o evitar que le entre humedad al gabinete; si dichos tableros se instalan en locales techados, el tablero deberá colocarse a no menos de un metro de distancia del techo; en el caso de que se coloque una barrera no inflamable entre el tablero y el techo o que el gabinete que lo aloja sea completamente cerrado podrá instalarse a una distancia menor.

Los circuitos para conectar instrumentos tales como lámparas indicadoras, transformadores de potencial, etc. se deberán proteger contra sobrecorriente con dispositivos no mayores de 15 amperes.

Al igual que en el caso de los tableros de piso, los tableros de pared que se instalen en lugares húmedos deberán estar contenidos en gabinetes adecuados o estar instalados de manera tal que se evite la entrada de dicha humedad o agua a su interior.

Los tableros de pared deben proveerse de dispositivos físicos para evitar que se instale un número mayor de dispositivos contra sobrecorriente que el número para que fueron diseñados siempre y cuando se utilicen para circuitos derivados de iluminación y fuerza. No deberán contener más de 42 dispositivos de sobrecorriente y el de protección general. En este caso un dispositivo bipolar se considerará como dos dispositivos de sobrecorriente y uno de tres polos como tres dispositivos.



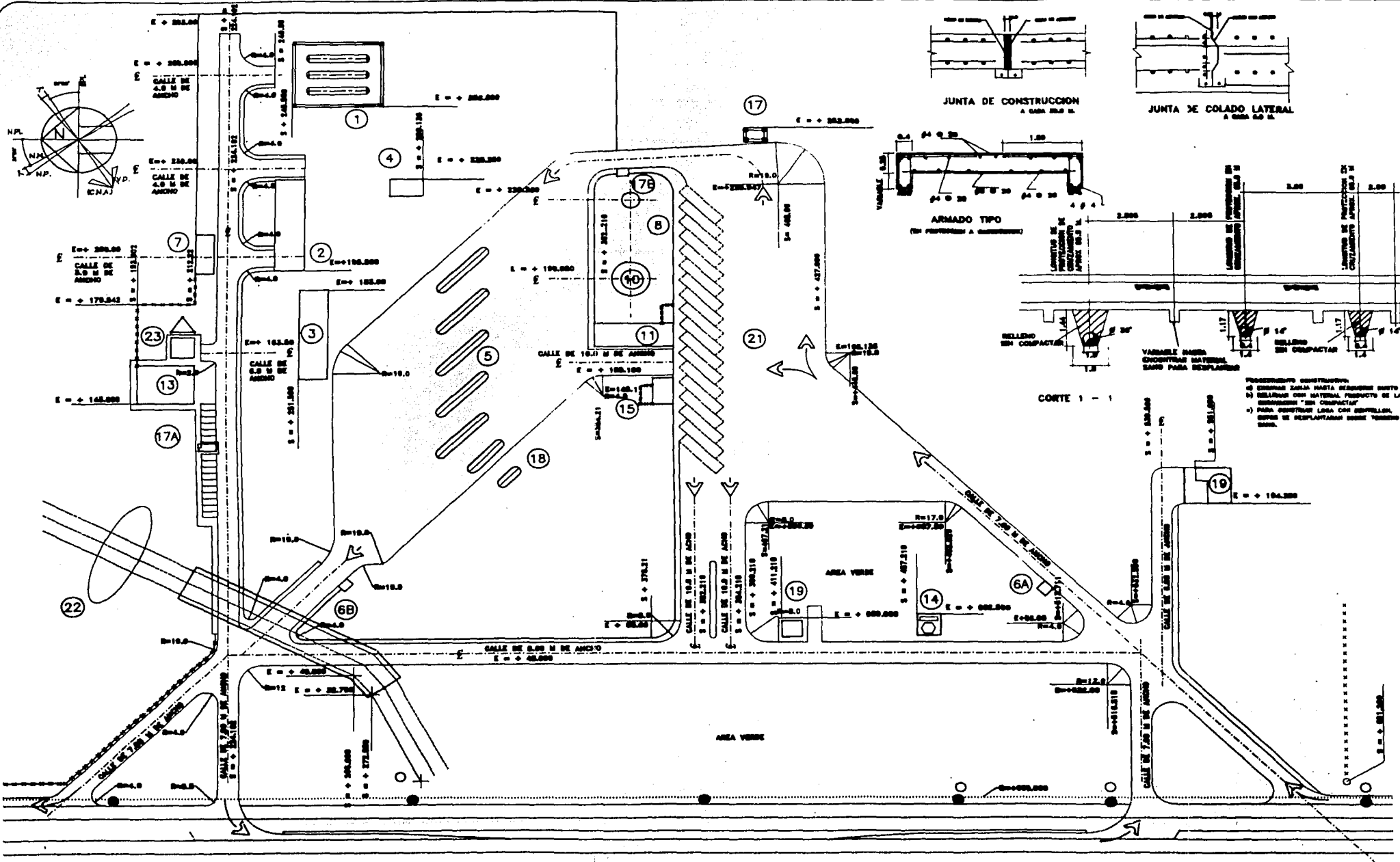
- SIMBOLOGIA**
- ⊗ VALVULA DE COMPUERTA
 - ⊕ VALVULA MACHO
 - VALVULA GLOBO
 - ⊔ VALVULA DE RETENCION (CHECK)
 - ⊘ VALVULA DE BOLA
 - ⊞ VALVULA NORMALMENTE CERRADA
 - ⊡ VALVULA DE DIAFRAGAMA O DE CONTROL
 - ⊞ MEDIDOR DE FLUJO MASICO
 - ⊞ BOQUILLA CON BRIDA CIEGA

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
 ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
 UNIDAD ARAGON

INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
 TESIS PROFESIONAL

DIAGRAMA DE PROCESO PL-01
 TERMINAL DE RECIBO Y DISTRIBUCION DE GAS LP
 IAPUATO, GUAMAJUATO



- DESCRIPCION**
- TANQUES DE ACERTELAMIENTO
 - SEMP. SERV. 2 TALLERES DE M. BOMBA CON Y CASA DE BOMBAS
 - RECIBO Y MEDICION
 - RECUPERACION DE VAPORES
 - LIMBIERAS
 - CASITAS DE CONTROL A Y B
 - ESTACION CONVERSION GASES PARTICULARES PULVER
 - TANQUE BLEVADO CAP
 - ESTACIONAMIENTO ALTO-TANQUE AREA MANOBRAS
 - TANQUE AREA C/ACIONADO CAP
 - SEMP. DE SERV. 1 CTO. DE BOMBAS CTO. CONTROL CON SEN ENJ
 - BANDOS Y VENT. EMPULSADOS (EN OTRAS PRINCIPALES)
 - CRUCIAS PRINCIPALES
 - PLAZA CIVICA
 - ESTACIONAMIENTO CLIENTES
 - ESTACIONAMIENTO SUBCUTIVO (BOMBAS)
 - CASITA DE VIGILANCIA A Y B
 - SUBSTACION ELECTRICA
 - ILUMINACION HELYAR
 - BANOS Y SANTIARIOS CHOPRES
 - DESCARRIADERA
 - CASA HABITACION
 - CASITA DE TELECOMUNICACIONES

- SINBOLOGIA**
- BARRA PERIMETRAL CON ALAMBRE DE PUNAS
 - ////// BARRA INTERIOR CON BLOCC STA. JALA
 - ⊖ N.P. NORTE DE LA PLANTA
 - ⊕ M.M. NORTE MAGNETICO
 - ⊙ V.B. VIENTOS DOMINANTES
 - PAVIMENTO ANCHO
 - POSTE DE CONCRETO (ELECTRICO) EXST.
 - POSTE DE MADERA (TELEFONO) EXST.
 - ≡ GASODUCTO EXISTENTE

- NOTAS**
- ACOTACIONES EN METROS
 - COORDENADAS Y NIVELES EN METROS
 - LA ORIENTACION DE LOS VIENTOS DOMINANTES SE TOMO DEACORDO A LA INFORMACION DE LA CARTA DE EFECTOS CLIMATICOS REGIONALES DE NOV. A ABRIL DEL INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA GEOGRAFIA E INFORMATICA

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
 ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
 UNIDAD ARAGON

INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
 TESIS PROFESIONAL

PLANTA DE LOCALIZACION **PL-02**
 TERMINAL DE RECIBO Y DISTRIBUCION DE GAS LP
 1:500
 Irapuato, Guanajuato

CAPITULO II

CLASIFICACION DE AREAS PELIGROSAS

2.1 Definiciones

Aprobado.- Aceptado para su uso.

Aparato a prueba de explosión .- Aparato encerrado en una envolvente capaz de soportar una explosión de un gas o vapor específico que pueda ocurrir en su interior, y de evitar la ignición de un gas o vapor específico que rodee la envolvente, por chispas o explosión del gas o vapor del interior de la envolvente y capaz de funcionar a una temperatura exterior tal que la atmósfera inflamable que le rodea no pueda ser incendiada por su causa.

A prueba de ignición de polvo .- Encerrado de tal manera que no permita la penetración de polvo y que cuando la instalación y su protección estén hechas de acuerdo con lo indicado en la NOM-001-SEDE-1999, no permitan tampoco que arcos, chispas o calor generado o liberado dentro de la envolvente cause la ignición de las acumulaciones externas o suspensiones atmosféricas de un polvo específico sobre o en las cercanías de la envolvente.

Equipo presurizado .- Este equipo contiene una cubierta y dentro de ella se tiene de manera permanente una ventilación de presión positiva ya sea con aire o con gas inerte, evitándose de esta manera el acceso de vapores o gases al interior de la propia cubierta .

Adecuada ventilación .- Es la suministrada por equipos mecánicos de inyección seguros y eficaces cuya finalidad es la renovación de aire en un lugar o área eliminando de esta manera que se formen mezclas explosivas y combustibles en el mismo .

Temperatura de ignición .- Es la temperatura mínima con la cual una mezcla explosiva puede encenderse provocando una explosión o en su defecto , un fuego continuo .

Mezcla explosiva o inflamable .- Mezcla constituida de aire y vapores o gases , o bien de aire y polvos combustibles en cantidades tales que al exponerse a una energía calorífica se produce una explosión o bien fuego .

Equipo intrínsecamente seguro .- Es aquel que está elaborado de tal manera que no se puede generar la ignición de una mezcla explosiva , ya sea en condiciones normales del propio equipo , o bien anormales , involucrando daño accidental del equipo , fallas en el aislamiento y condiciones parecidas .

Equipo aprobado .- El equipo eléctrico deberá ser aprobado no solo para la clase de local si no también para las propiedades de explosión , combustión o ignición del gas , vapor , polvo o fibra que estará presente .

Área libremente ventilada .- Es cualquier edificio, cuarto o espacio a la intemperie, que no tenga obstáculos a la natural circulación del aire vertical u horizontalmente a través del mismo. Estos espacios pueden tener techo, estar cerrados por uno de los lados o tener paredes parciales que no lleguen hasta el piso.

Temperatura de evaporación.- Es aquella mínima temperatura que provoca que un líquido genere suficiente vapor para formar una mezcla inflamable con el aire que entra en contacto.

Densidad de vapores o gases.- En iguales condiciones de presión y temperatura, es el peso de un volumen de vapor o gas puro, comparado con el peso de igual volumen de aire seco.

Fuente de peligro.- Es la parte o partes de un equipo o instalaciones por donde escapen o puedan escapar sustancias explosivas o inflamables hacia el medio ambiente y que se puede dar en la operación, reparación o mantenimiento.

Áreas peligrosas.- Son aquellas donde se manejan o procesan hidrocarburos y sus derivados, en donde existan o pueda haber vapores o gases de esos productos, que al mezclarse con el aire del ambiente generen mezclas explosivas o inflamables.

Equipo de seguridad aumentada.- Es un equipo al que se le agregan protecciones adicionales con el fin de garantizar que no generará calentamientos excesivos, arcos ni chispas.

Equipo sumergido en aceite.- Es aquel cuyas partes energizadas que puedan generar arcos o chispas en operación normal o anormal están sumergidas en aceite, para evitar que inflamen alguna mezcla cercana.

2.2 Clasificación y requisitos generales

2.2.1 Condiciones de incendio o explosión.

Se deben satisfacer las siguientes condiciones para que pueda suceder un incendio o una explosión, debido al equipo eléctrico:

-Debe estar presente o gas o vapor inflamables o explosivo.

-Debe estar combinado con aire en proporciones que generen una mezcla inflamable y además cercano al equipo o instalación eléctrica.

-Se requiere que el equipo o instalación eléctrica opere a un nivel de energía calorífica suficiente para encender la mezcla.

-Para evitar que el equipo o instalación eléctrica sean posibles fuentes de ignición de mezclas explosivas, las partes que produzcan chispas, arcos o altas temperaturas, no deben estar en contacto con éstas, para lo cual deberán instalarse fuera de las áreas peligrosas, siempre que el proceso lo permita.

2.2.2 Factores para determinar un área peligrosa

Se deben considerar los siguientes factores para determinar la clasificación y extensión de cada área peligrosa:

- La cantidad de material peligroso que pueda escaparse en caso de siniestro.
- La eficacia del sistema de ventilación.
- El área total afectada.
- La historia de la industria en relación con explosiones o incendios.

Los sitios o lugares peligrosos son clasificados dependiendo de las propiedades de los vapores, líquidos, gases inflamables, polvos o fibras combustibles presentes en los mismos y de su grado de concentración.

Cada sitio área o sección se debe considerar individualmente para determinar su clasificación.

a) Clasificación por grupos Clase I. Los grupos Clase I son los siguientes:

- 1) Grupo A: Atmosferas que contengan acetileno.
- 2) Grupo B: Atmosferas que contengan hidrógeno, combustibles y procesos de gases de combustibles que contengan más de 30% de hidrógeno en volumen, gases o vapores de peligrosidad equivalente, tales como butadieno, óxido de etileno, óxido de propileno y acroleína.
- 3) Grupo C: Atmosferas tales como éter etílico, etileno, gases o vapores de peligrosidad equivalente.
- 4) Grupo D: Atmosferas tales como acetona, amoníaco, benceno, butano, ciclopropano, etanol, gasolina, hexano, metanol, metano, gas natural, nafta, propano, o gases o vapores de peligrosidad equivalente.

b) Clasificación por grupos Clase II. Los grupos Clase II deben ser los siguientes:

- 1) Grupo E: Atmosferas que contengan polvos metálicos combustibles, incluyendo aluminio, magnesio y sus aleaciones comerciales y otros polvos combustibles, donde el número de partículas, de abrasivos y conductividad, presenten peligro similar en la utilización del equipo eléctrico.

- 2) Grupo F: Atmosferas que contengan polvos de carbones combustibles, incluyendo carbón negro, carbón mineral, carbón vegetal, o polvos sensibilizados por otros materiales, de forma que aquellos presenten un peligro de explosión.
- 3) Grupo G: Atmosferas que contengan polvos combustibles no incluidos en los grupos E o F, incluyendo flúor, granos, madera, plástico y químicos.
- c) Aprobación para clases y propiedades. El equipo debe estar aprobado no sólo para la clase del área, sino también para las propiedades explosivas, combustibles o inflamables específicamente del gas, vapor, polvo, fibra o partículas volátiles que estén presentes. Además, el equipo Clase I no debe tener ninguna superficie expuesta que opere a una temperatura que exceda de la temperatura de ignición del gas o vapor específico.

El equipo Clase II no debe tener una temperatura externa más alta que la especificada en la tabla 2.1.

El equipo instalado en áreas Clase III debe tener la capacidad de operar a plena carga sin alcanzar en su superficie una temperatura capaz de causar una deshidratación excesiva o carbonización gradual de fibras o pelusas acumuladas. Los materiales orgánicos carbonizados tienen una alta probabilidad de combustión espontánea. La máxima temperatura en la superficie en condiciones de operación. No debe exceder de 165 C para equipo no sujeto a sobrecargas, y 120 C para equipos (como motores y transformadores) que puedan sobrecargarse.

- d) Marcado. El equipo aprobado se debe marcar para indicar la clase, el grupo y la temperatura de operación o rango de temperatura con referencia a una temperatura ambiente de 40 C. En caso de que se proporcione la capacidad de temperatura de operación del equipo, ésta debe estar indicada por medio de los números de identificación, como se muestra en la tabla 2.2.

Los números de identificación marcados sobre las placas de datos de equipo, deben estar de acuerdo con lo indicado en la tabla 2.2.

- e) Temperatura Clase I: Las temperaturas marcadas especificadas en el inciso (d) anterior, no deben exceder la temperatura de ignición del gas o vapor específico que se vaya a encontrar en el área.
- f) Temperatura Clase II: La temperatura indicada en el inciso (d) anterior, debe ser menor que la temperatura de ignición del polvo específico que se vaya a encontrar. Para los polvos orgánicos que se deshidraten o carbonicen, la temperatura de marcado no debe exceder de la temperatura de ignición o 165 C.

La temperatura de ignición para la cual estaban anteriormente aprobados los equipos para este requisito, debe suponerse que es como se indica en la tabla 2.1.

Áreas Clase I

Las áreas Clase I son aquellas en las cuales están o pueden estar presentes en el aire, gases o vapores inflamables en cantidades suficientes para producir mezclas explosivas o inflamables.

Las áreas Clase I, deben incluir aquellas especificadas en los incisos (a) y (b) siguientes:

a) Clase I, División 1. Un área Clase I, División 1 es aquella (1) en donde, bajo condiciones normales de operación, existen concentraciones de gases o vapores inflamables, (2) en donde frecuentemente, debido a labores de reparación, mantenimiento o fugas, existen concentraciones en cantidades peligrosas de gases o vapores, (3) en donde debido a roturas o mal funcionamiento de equipos o procesos, pueden liberarse concentraciones inflamables de gases o vapores, y pueden también causar simultáneamente una falla en el equipo eléctrico.

b) Clase I, División 2. Es aquella (1) en donde se manejan, procesan o se usan líquidos volátiles inflamables o gases inflamables, pero en donde normalmente los líquidos, vapores o gases, están confinados dentro de recipientes cerrados o sistemas cerrados en donde ellos pueden escapar sólo en el caso de una ruptura accidental o avería de los recipientes o sistemas, o en el caso de una operación anormal del equipo; (2) en áreas en donde concentraciones inflamables de gases o vapores son normalmente prevenidas por medio de una ventilación mecánica positiva, y la cual puede convertirse en peligrosa por la falla o por la operación anormal del equipo de ventilación; o (3) que el área se encuentra adyacente a un área Clase I División 1 hacia donde pueden llegar ocasionalmente concentraciones inflamables de gases o vapores, a menos que la vía de comunicación se evite por medio de un adecuado sistema de ventilación de presión positiva de una fuente de aire limpio y se disponga de dispositivos adecuados para evitar fallas del sistema de ventilación.

Áreas Clase II. Las áreas Clase II, son aquellas peligrosas debido a la presencia de polvo combustible.

Las áreas Clase II deberán incluir aquellas especificadas en los incisos siguientes:

a) Clase II, División 1. Un área Clase II, División 1 es un lugar:

- 1) En el cual bajo condiciones normales de operación hay polvo combustible en el aire en cantidades suficientes para producir mezclas explosivas o incendiables.
- 2) En el cual una falla mecánica o un funcionamiento anormal de una maquinaria o equipo puede causar explosión o producir mezclas explosivas, y puede también proporcionar la fuente de ignición por medio de una falla simultánea del equipo eléctrico, la operación de equipo de protección, o de otras causas.
- 3) En donde polvos combustibles que por naturaleza son eléctricamente conductivos; pueden estar presentes en cantidades peligrosas.

b) Clase II, División 2. Un área Clase II, División 2, es aquella donde el polvo combustible no está generalmente en el aire, en cantidad suficiente para producir mezclas explosivas o inflamables y las acumulaciones de polvo son generalmente insuficientes para interferir con la operación normal de equipo eléctrico o de otros aparatos, pero el polvo combustible puede estar en suspensión en el aire como resultados de un ocasional mal funcionamiento del equipo de manejo o procesos y las acumulaciones de polvo combustible sobre, dentro o en la proximidad del equipo eléctrico, pueden

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Equipo que no está sujeto a sobrecarga		Equipo que puede sobrecargarse, tal como motores o transformadores	
Clase II Grupo	°C	Operación normal °C	Operación anormal °C
E	200	200	200
F	200	150	200
G	165	120	165

Tabla 2.1 Temperatura de ignición

Temperatura máxima °C	Número de identificación
450	T1
300	T2
280	T2A
260	T2B
230	T2C
215	T2D
200	T3
180	T3A
165	T3B
160	T3C
135	T4
120	T4A
100	T5
85	T8

Nota: Debido a que no existe una relación consistente entre las propiedades de explosión y la temperatura de ignición, ambas propiedades son requisitos independientes.

Tabla 2.2 Números de identificación

ser suficientes para interferir con la disipación segura de calor del equipo eléctrico, o pueden incendiarse por medio de operaciones anormales o falla del equipo eléctrico.

Áreas Clase III. Las áreas Clase III son aquellas peligrosas debido a la presencia de fibras o partículas volátiles de fácil ignición, pero en las cuales es poco probable que dichas partículas permanezcan en suspensión en suficientes cantidades para producir mezclas inflamables. Las áreas Clase III deben incluir aquellas especificadas en los incisos a) y b) siguientes:

- a) Clase III, División 1. Un área Clase III, División 1 es aquella en donde se manejan, manufacturan o usan fibras inflamables que producen partículas volátiles inflamables.
- b) Clase III, División 2. Un área Clase III, División 2, es aquella donde se almacenan o manejan fibras fácilmente inflamables.

Debido a que la planta que nos ocupa es de recibo y distribución de gas L.P. y en ella se manejan gases y vapores inflamables que son capaces de producir una explosión existirán en ella lugares Clase I, Divisiones 1 y 2. Por lo anterior, sólo se hará énfasis en las instalaciones en lugares Clase I.

2.3 Instalaciones en lugares clase I

2.3.1. Generalidades

Los lugares clase I más comunes son aquellos donde algún proceso se está llevando a cabo se hace uso de líquidos altamente volátiles y flamables, tales como la gasolina, petróleo nafta, benceno, dietiléter, acetona, o bien gases inflamables.

En cualquier lugar clase I puede presentarse una mezcla explosiva compuesta de aire y gas o vapor inflamable, la cual puede explotar por un chispazo o arqueo. Para evitar el peligro de explosión, todos los aparatos eléctricos que pueden crear arcos o chispas deben, de ser posible, ser ubicados fuera de los lugares donde existen atmósferas peligrosas, y si esto no es posible, tales aparatos deben ser del tipo aprobado para su uso en atmósferas explosivas.

Todo equipo como interruptores, interruptores termomagnéticos o motores deben tener una parte móvil de operación proyectada sobre la caja o gabinete, tal parte, por ejemplo, la palanca de operación de un interruptor o el eje de un motor deben tener suficiente espacio para trabajar libremente; por lo tanto el equipo no puede ser herméticamente sellado. También, la necesidad de abrir las tapas de los equipos para darles servicio hace impracticable el sellado hermético. Además las cubiertas de los equipos (gabinetes) se acoplan a una canalización y es prácticamente imposible hacer uniones herméticas. Debido a los pequeños cambios de temperatura el sistema de canalización y las cubiertas "respiran", esto es, cualquier gas inflamable en un local puede introducirse dentro de las canalizaciones y cubiertas y formar una mezcla explosiva en combinación con el aire. Bajo estas condiciones, cuando ocurre un arqueo dentro de la cubierta o canalización puede presentarse una explosión.

Cuando se produce la explosión de una mezcla dentro de una cubierta o canalización, ésta debe ser confinada enteramente dentro de la misma con la finalidad de prevenir la explosión de gases,

vapores o líquidos inflamables en el local. En primer lugar es necesario que la canalización o cubierta estén construidas de tal manera que tengan suficiente resistencia para soportar la alta presión generada por una explosión en el interior. La presión en libras por pulgada cuadrada producida por la explosión de un gas determinado debe ser tomada en cuenta y así la cubierta o canalización puede diseñarse adecuadamente.

Como las cubiertas de los aparatos no pueden construirse herméticamente selladas, cuando ocurre una explosión interna parte del gas incendiado es forzado a salir a través de unas aberturas.

Se ha encontrado que la flama no sale a través de una abertura que es totalmente larga en proporción con su anchura. Este principio es aplicado en el diseño de las llamadas cubiertas a prueba de explosión para aparatos colocando una extensa saliente en la unión entre el cuerpo y la tapa de la cubierta o gabinete.

En este caso cuando la cubierta este en su lugar, el espacio entre las dos superficies en cualquier punto no debe exceder de 0.0015 de pulgada. Entonces, si ocurre una explosión dentro de la cubierta, para escapar de la misma el gas incendiado debe viajar una distancia considerable a través de una abertura con no más de 0.0015 de pulgada de extensión.

Cualquier cubierta a prueba de explosión para lugares clase I es capaz de resistir la explosión de un gas o vapor específico que puede ocurrir dentro de la misma y prevenir la ignición de los vapores o gases circundantes a la cubierta por arcos, chispazos o explosiones de los vapores o gases en el interior. Los equipos a prueba de explosión deben reunir tres requisitos: (1) resistencia, (2) juntas que no permitan a la flama o a los gases calientes escapar, y (3) operación de enfriamiento, para prevenir la ignición de la atmósfera circundante.

UL requiere que las cubiertas a prueba de explosión resistan una prueba hidrostática de 4 veces la máxima presión por explosión desarrollada dentro de la cubierta.

Las cubiertas a prueba de explosión no son herméticas a los vapores o a los gases y éstos pueden entrar a la cubierta a través de la "respiración" normal o cuando se realiza mantenimiento al equipo cerrado.

Cuando una explosión ocurre dentro de una cubierta a prueba de explosión rectangular, la fuerza resultante ejerce presión en todas las direcciones. La cubierta debe ser diseñada con la suficiente resistencia para soportar estas fuerzas y prevenir una ruptura. Ver figura 2.1

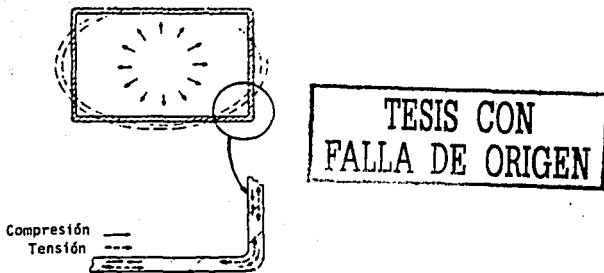


Fig. 2.1

La energía generada por una explosión dentro de la cubierta debe ser permitida para que se disipe a través de las juntas bajo condiciones controladas.

Existen dos tipos de juntas aceptadas generalmente :

- Roscadas.
- Cara plana.

Roscadas.- La construcción roscada de las cubiertas y otras partes remisibles que tienen 5 roscados completos produce una junta segura, paralajes y aliviadora de presión. Cuando ocurre una explosión dentro de una cubierta "roscada" la flama y los gases calientes crean una presión interna contra la cubierta, cerrándose entonces las roscas y forzando a los gases a salir a través del camino entre las superficies roscadas. Cuando los gases alcancen la atmósfera peligrosa del exterior habrán sido enfriados a tal grado que no alcanzarán la temperatura de ignición de la atmósfera circundante.

Cara plana.- La junta plana es construida rectificando cuidadosamente las superficies de la tapa y el cuerpo. Esta junta trabaja de manera similar a la roscada. Las dos superficies son colocadas juntas y cuando la flama o los gases calientes sean forzados a través de la estrecha apertura son enfriados por la masa de metal de la cubierta, entonces sólo los gases fríos alcanzan la atmósfera peligrosa. La siguiente figura muestra una junta de cara plana. Debe tenerse el cuidado de asegurarse de que todos los tornillos de la cubierta estén bien apretados, y que partículas de polvo o partículas extrañas no se introduzcan dentro de la tapa y el cuerpo de la cubierta. Aún partículas pequeñas extrañas podrían evitar el cierre adecuado pudiendo permitir el paso de la flama a través de la junta.

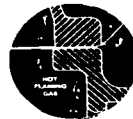


Fig. 2.2

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.3.2 Extensión de las áreas peligrosas

Para efecto de delimitar las áreas peligrosas, deben tomarse en cuenta las posibles fuentes de peligro, como pueden ser las fugas o escapes de gases o vapores inflamables que sean prácticamente imposibles de evitar en forma absoluta durante la operación normal del equipo o bien durante las reparaciones o trabajos de limpieza. Se pueden presentar fugas en los estoperos, sellos, empaques y uniones mecánicas; también en aquellos sitios en los que pueden librarse a la atmósfera productos inflamables, como en las llenaderas, venteos, purgas, válvulas de alivio, etc.

Cada una de las fuentes de peligro se considera rodeada por un volumen de atmósfera peligrosa que según las circunstancias se clasificará como lugar Clase I, Divisiones 1 ó 2. Las áreas División 1 se considerarán circundadas por áreas División 2 de volumen suficiente para asegurar la dilución hasta alcanzar concentrados no peligrosos de los gases o vapores que se pueden encontrar en la atmósfera del área de División 1.

Los volúmenes de la división 2 que circundan a las fuentes de peligro, no necesariamente deben limitarse por círculos en los planos vertical y horizontal, sino que pueden tener la forma de paralelepípedos rectangulares con una orientación de acuerdo a los ejes que correspondan a la localización del equipo en la planta; debe tomarse en cuenta que en ningún caso las dimensiones de estos paralelepípedos serán menores a las especificadas más adelante.

Se consideran como gases o vapores más ligeros que el aire a aquellos que tengan una densidad menor del 75% de la densidad del aire en condiciones normales. Tanto los gases como vapores cuya densidad sea mayor a este valor serán considerados como más pesados que el aire.

Se clasifican como áreas pertenecientes a la Clase I, División 1 en su totalidad, todas las fosas, trincheras, zanjas y cualquier depresión del piso en donde puedan llegar a acumularse vapores o gases inflamables cuyo peso sea mayor que el del aire y que estén ubicadas dentro de áreas divisiones 1 y 2 a menos que estén provistas de ventilación mecánica positiva y segura, si este fuera el caso, entonces estas áreas deberán ser clasificadas como de la Clase I, División 2.

En el caso en que las fosas o depresiones no se encuentren dentro de áreas Clase I, Divisiones 1 y 2 pero que en ellas se encuentren tuberías de hidrocarburos, válvulas o accesorios, entonces su clasificación será División 2 en su totalidad.

En aquellos lugares cerrados donde se trabaje con gases o vapores más ligeros que el aire y que carezcan de ventilación natural o forzada, deberán ser considerados como áreas de la división 1.

Aquellos lugares cerrados que dadas las condiciones en que se encuentran pertenecieran a la División 1, pertenecerán a la División 2 cuando cuenten con ventilación forzada positiva garantizada y el aire para la ventilación es tomado de una área de esta misma División o bien se considerarán como lugares o áreas no peligrosos si el aire para la ventilación es tomado de una área no peligrosa, pero además en ambos casos se desconecte automáticamente en caso de falla de la ventilación el suministro de energía eléctrica al lugar. En caso de que el lugar cerrado se encuentre en condiciones tales que pudiera clasificarse como área de la División 2, podrá tomarse en cuenta como área no peligrosa si la presión positiva se garantiza a través de un sistema de ventilación forzada y la continuidad de operación sea segura y el aire esté tomado de una área no peligrosa.

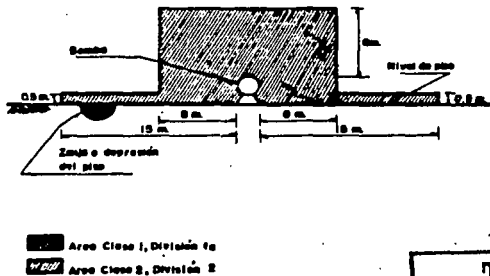
La presión positiva que se tenga en el interior de estos sitios no debe ser menos a 2.54 mm (0.10 pulgadas) de una columna de agua manteniéndose cerradas todas las puertas y ventanas. La velocidad de salida del aire en todas las aberturas y salidas debe ser en todo momento de al menos 18 m/min (60 pies/min). Esta medición debe realizarse teniendo abiertas todas las ventanas puertas y aberturas susceptibles de estar abiertas.

Previamente a suministrar energía eléctrica a uno de estos lugares después de haber ocurrido una falla en la ventilación, deberá cerciorarse mediante un explosímetro que no existe área peligrosa o en su defecto llevarse a cabo la renovación de volumen de aire en el local mínimo cuatro veces.

2.3.2.1 Áreas peligrosas en las bombas de los ductos de transporte de líquidos inflamables.

Cuando las bombas estén ubicadas a la intemperie sobre el nivel del piso, existirá una área peligrosa de la División 2 hasta una distancia de 8 metros en todas las direcciones desde la superficie exterior de la bomba; se agregará una área de la misma división que llegará horizontalmente hasta 15 metros de distancia de la bomba y con una altura sobre el nivel del piso de 0.5 m. Ver figura 2.3.

En el caso de que las bombas estén instaladas en locales libremente ventilados, se considera una área peligrosa de la División 2 en el interior de los mismos. Delimitarán el área peligrosa las paredes del local, siempre y cuando estas estén totalmente cerradas y no tengan comunicación por ningún lado al exterior, porque si lo hay, el área de la División 2 deberá extenderse fuera del local hasta una longitud horizontal de 3 metros a partir de la pared que tenga la comunicación al exterior y con una altura hasta la del techo; asimismo, deberá anexarse otra área clasificada con la misma división la cual abarcará horizontalmente hasta 15 metros de distancia de la bomba y hasta una altura de 0.5 metros sobre el nivel del piso. Ver figura 2.4.



TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Fig. 2.3 Áreas peligrosas en las bombas de los ductos de transporte de líquidos inflamables instaladas en lugares a la intemperie.

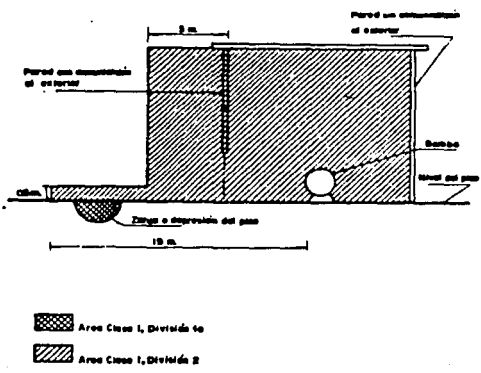


Fig. 2.4 Áreas peligrosas en las bombas de los ductos de transporte de líquidos inflamables instaladas dentro de locales libremente ventilados.

En el caso de que las bombas se encuentren ubicadas en el interior de locales cerrados o con una mala ventilación, se tienen las mismas áreas peligrosas que en el párrafo anterior, con la excepción de que todo el local quedará clasificado como División 1. Ver figura 2.5.

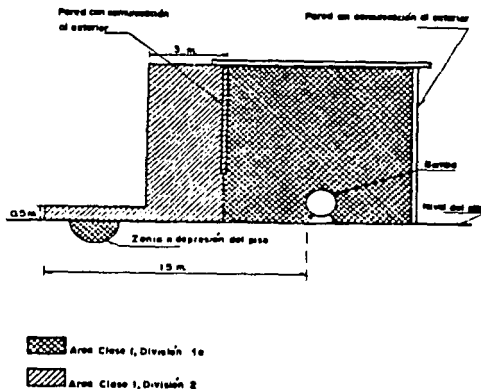


Fig. 2.5 Áreas peligrosas en las bombas de los ductos de transporte de líquidos inflamables instaladas en locales cerrados.

2.3.2.2 Áreas peligrosas en las bombas, sistemas de vaciado, medidores y otros dispositivos semejantes para líquidos inflamables de las terminales y agencias de ventas.

En el caso de que las bombas, dispositivos de vaciado, medidores y dispositivos semejantes que manejen líquidos volátiles inflamables estén ubicados en lugares a la intemperie sobre el nivel del piso, existirá un área peligrosa de la División 2 hasta una longitud de 1 metro en todas las direcciones contando desde la superficie de la fuente de peligro; se anexará un área de la misma división que abarcará horizontalmente 3 metros de distancia a partir de la superficie de la fuente de peligro y hasta una altura de 0.5 metros sobre el nivel del piso. Ver figura 2.6.

En el caso de que las fuentes de peligro tratadas en el párrafo anterior estén ubicadas en el interior de locales libremente ventilados, se considerará una área peligrosa de la División 2 hasta una longitud de 1.5 metros en todas las direcciones contando desde la superficie exterior de la fuente de peligro, además se considerará una área de la misma división que abarcará horizontalmente hasta 8 metros de distancia dentro del local, contados a partir de la superficie de la fuente peligrosa y con una altura de 1 metro sobre el nivel del piso. Cuando la pared del local este ubicada a una distancia menor a 8 metros de la fuente peligrosa entonces dicha pared limitará el área peligrosa si es que es totalmente cerrada y no tenga ninguna comunicación al exterior; en caso de existir dicha

comunicación el área de la División 2 deberá extenderse hasta una longitud horizontal de 8 metros contando a partir de la fuente peligrosa y hasta una altura de 0.5 metros sobre el nivel del piso; sin embargo, esta prolongación no debe llegar a tener una longitud horizontal mayor de 3 metros partiendo de la comunicación. Ver figura 2.7.

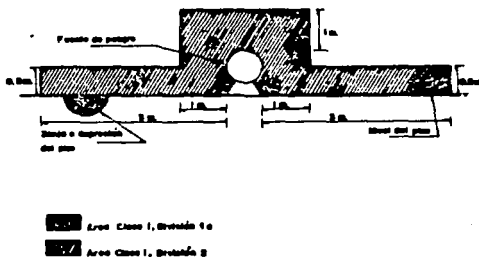


Fig. 2.6 Áreas peligrosas en las bombas, dispositivos de vaciado, medidores y otros dispositivos similares de líquidos inflamables en las terminales y agencias de ventas instalados en lugares a la intemperie.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

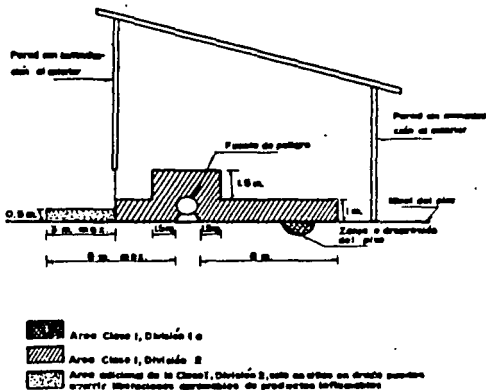


Fig. 2.7 Áreas peligrosas en las bombas, dispositivos de vaciado, medidores y otros dispositivos similares de líquidos inflamables en las terminales y agencias de ventas instalados en locales libremente ventilados.

Quando se llegarán a encontrar estas mismas fuentes peligrosas en el interior de locales cerrados o bien con mala ventilación, se tomará en cuenta que existe un área peligrosa de la División 2 en toda el área interna del local. Las paredes delimitarán el área peligrosa si es que son totalmente cerradas y no se comunican al exterior, ya que de existir dicha comunicación se deberá extender el área de la División 2 fuera del local hasta una longitud horizontal de 3 metros contando a partir de la pared que tenga la comunicación al exterior y con una altura máxima de 0.5 metros sobre el nivel del piso. Ver figura 2.8.

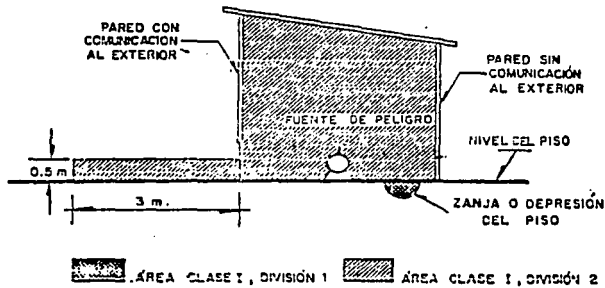


Fig. 2.8 Áreas peligrosas en las bombas, dispositivos de vaciado, medidores y otros dispositivos similares de líquidos inflamables en las terminales y agencias de ventas instalados en locales cerrados.

Las bombas que trabajen líquidos inflamables y que pudieran desprender vapores más ligeros que el aire (densidad menor de 75 % la del aire) deben considerarse tal como las compresoras, (ver párrafo posterior).

2.3.2.3 Áreas peligrosas en los cabezales, múltiples (manifolds) y medidores de líquidos inflamables.

Alrededor de los cabezales, múltiples (manifolds) y medidores (siempre y cuando no sean totalmente soldados) existirán las mismas áreas peligrosas descritas en el subinciso anterior según el caso.

2.3.2.4 Áreas peligrosas en tanques de almacenamiento

Tanques de almacenamiento instalados directamente sobre el suelo.

En el caso de tanques de almacenamiento instalados sobre el suelo (no elevados) que tengan en su interior líquidos inflamables, existirán las siguientes áreas peligrosas:

a) Tanques sin muro de contención (figuras 2.9 y 2.10):

- 1.- A partir de la superficie exterior del tanque y hasta una longitud de 3 metros en todas direcciones, será área clasificada como División 2.
- 2.- Se tendrá un área de la División 1 hasta una longitud de 1.5 metros en todas direcciones en cualquier registro abierto, venteeo o boca abierta del tanque.
- 3.- El área interior del tanque es de la División 1 y en caso de existir tanques de techo flotante además del área interior, el espacio localizado entre el techo y el borde superior del tanque.

b) Tanques con muro de contención (figuras 2.11 y 2.12):

- 1.- Son áreas peligrosas las tratadas en el inciso a) anterior.
- 2.- Se establece como área de la División 2, en cualquier plano vertical, aquella ubicada dentro del muro de contención partiendo del nivel del piso y hasta la altura del muro.

Tanques de almacenamiento elevados

En aquellos que contengan productos inflamables se establece que habrán las siguientes áreas peligrosas (ver figura 2.13).

- 1.- Se tendrá una área de la División 1 y hasta una distancia de 1.5 metros en todas las direcciones cuando se tenga cualquier registro abierto, venteeo o respiradero del tanque.
- 2.- Se tendrá un área de la División 2 a partir de la superficie exterior del tanque y hasta una longitud de 3 metros en todas las direcciones, se ampliará el área peligrosa en el plano vertical hasta el nivel del piso.
- 3.- En el caso de que el tanque tenga muro de contención, entonces aquella área localizada dentro del muro de contención y partiendo desde el nivel del piso y hasta la altura del muro, pertenecerá a la División 2.

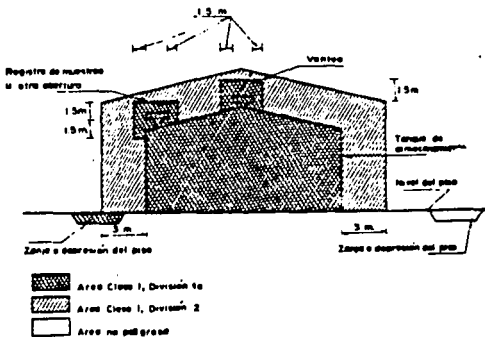


Fig. 2.9 Áreas peligrosas en tanques de almacenamiento de techo fijo, sin muro de contención.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

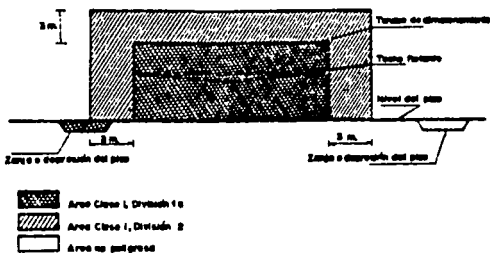


Fig. 2.10 Áreas peligrosas en tanques de almacenamiento de techo flotante, sin muro de contención.

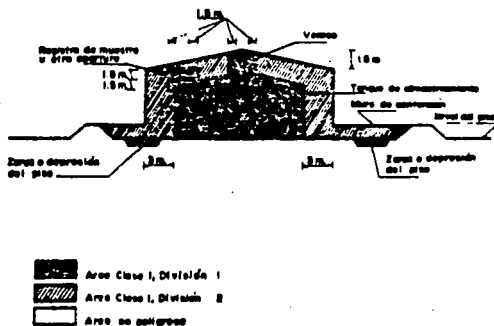


Fig. 2.11 Áreas peligrosas en tanques de almacenamiento de techo fijo, con muro de contención.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

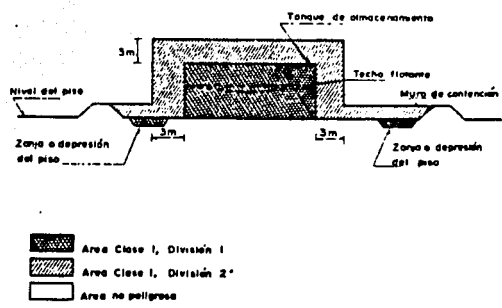


Fig. 2.12 Áreas peligrosas en tanques de almacenamiento de techo flotante, con muro de contención.

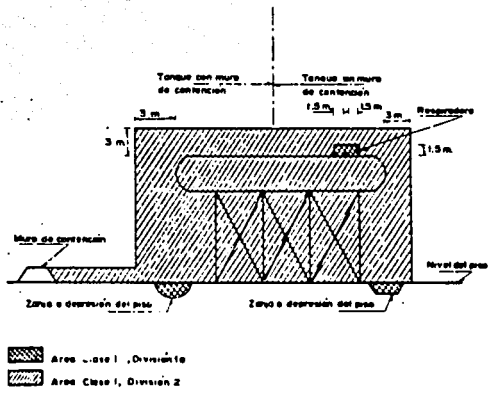


Fig. 2.13 Áreas peligrosas en tanques de almacenamiento elevados.

Tanques de almacenamiento subterráneos

Se consideran como áreas peligrosas las siguientes:

- 1.- Se considera un área de la División 2 hasta una longitud de 1.5 metros en todas las direcciones, partiendo de los lugares de probables escapes de los sistemas de llenado o vaciado de los tanques, esta área se amplía en el plano vertical hasta el nivel del piso (ver figura 2.14). Además esta área se ampliará en forma horizontal hasta 8 metros de longitud partiendo de la fuente de peligro y hasta una altura de 0.5 metros sobre el piso.
- 2.- En el área circundante a las bocas de respiración de los tanques se considera que existe un cubo de 2 metros por lado perteneciente a la División 1, dentro de otro cubo de la División 2 de 3 metros por lado (ver figura 2.14).

En caso de que el tubo de ventilación no descargará hacia arriba, entonces el volumen que se dirige hacia el suelo partiendo de los cubos mencionados, será de la División 2. Se debe tomar en cuenta que el área peligrosa no se ampliará más allá de las paredes sin aberturas.

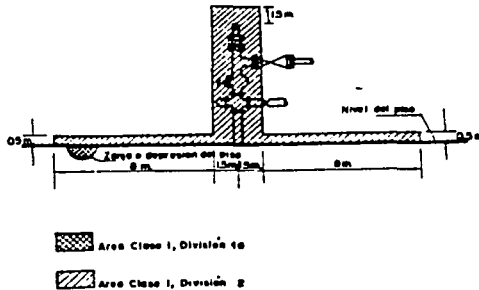


Fig. 2.14 Áreas peligrosas en los sistemas de llenado y vaciado de tanques de almacenamiento subterráneos.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

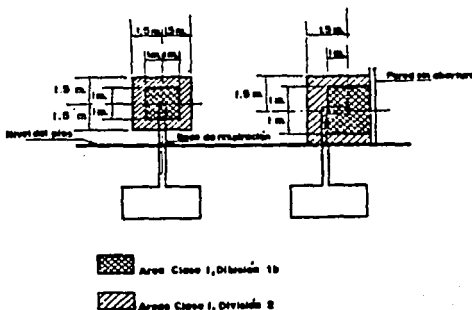


Fig. 2.15 Áreas peligrosas en los tanques subterráneos.

2.3.2.5 Áreas peligrosas en llenaderas y descargaderas de autos tanque y carros tanque

Se tendrán las siguientes áreas peligrosas en cualquier plano vertical cuando se realicen en lugares libremente ventilados operaciones de llenado y vaciado de líquidos o gases inflamables en autos y carros tanque:

a) En caso de que las maniobras se lleven a cabo por la parte superior del tonel se tendrá un área rectangular de la División 1 que abarcará 1 metro en todas las direcciones en el espacio circundante de los registros o respiraderos abiertos, dicha área o áreas quedará o quedarán dentro de otra de la División 2 que se extenderá 1.5 metros en todas las direcciones.

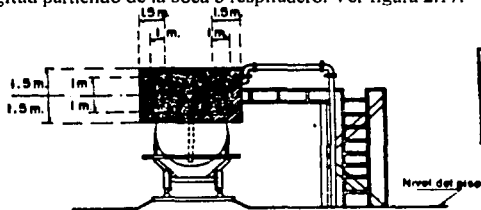
b) En el caso de que las maniobras de carga y descarga se lleven a cabo por el fondo a través de conexiones fijas, o bien para maniobras de carga manteniéndose el domo cerrado y respiradero al aire libre o con sistema de recuperación de vapores existirá un área rectangular la División 2 que se extenderá en todas las direcciones hasta 1 metro de una conexión fija en el área circundante a dichas conexiones. Si la carga o descarga se realiza por el fondo, se anexará un área de la División 2 que abarcará hasta una distancia horizontal de 3 m desde la conexión y con una altura de 0.5 m partiendo del nivel del piso, rampa, plataforma o pista de rodamiento. Ver figura 2.16.

Deberá existir al menos una distancia de 10 metros entre las llenaderas de autos tanque o carros tanque de líquidos inflamables de la Clase I y tanques, almacenes, una construcción cualquiera así como del límite de propiedad más cercano.

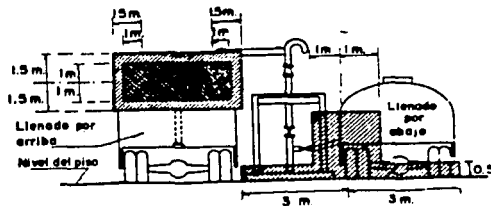
En los locales utilizados para reparación o guarnición de los autos tanque, existirá un área de la Clase I División 2 hasta una altura de 50 cm sobre el nivel del piso.

2.3.2.6 Áreas peligrosas en llenaderas de recipientes portátiles o tambores.

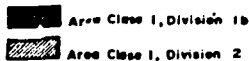
En aquellos lugares con ventilación libre o sitios interiores con ventilación mecánica de presión positiva en donde se trasvasan líquidos volátiles inflamables a recipientes portátiles o tambores, se tendrá un área de la División 1 en el espacio circundante de los respiraderos o bocas de llenado hasta una distancia de 1 m en todas las direcciones, agregándose un área de la División 2 hasta una distancia de 1.5 m en todas las direcciones partiendo de dichas bocas, también deberá anexarse un área de la División 2 con 0.5 m de altura sobre el nivel del piso, la cual abarcará horizontalmente hasta 3 m de longitud partiendo de la boca o respiradero. Ver figura 2.17.



LLENADERAS DE CARROS TANQUES

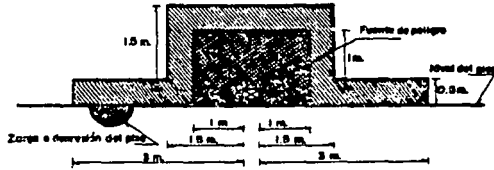


LLENADERAS DE AUTOS TANQUE



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

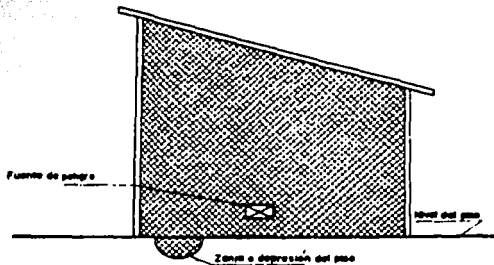
Fig. 2.16 Áreas peligrosas en llenaderas y descargaderas de carros tanque y autos tanque.



- Área Clase I, División 1a
- Área Clase I, División 2

Fig. 2.17 Áreas peligrosas en llenaderas de recipientes portátiles o tambores en sitios al exterior o en lugares interiores con ventilación mecánica de presión positiva.

Si el llenado o trasvase se lleva a cabo dentro de un local cerrado el cual no cuente con medios mecánicos seguros de ventilación positiva, entonces toda esta área interior pertenecerá a la División 1. Ver figura 2.18.



- Área Clase I, División 1a

Fig. 2.18 Áreas peligrosas en llenaderas de recipientes portátiles o tambores en locales cerrados sin ventilación mecánica.

2.3.2.7 Áreas peligrosas en las trampas recuperadoras de hidrocarburos.

Se considera un área de la División 1 partiendo de la superficie del líquido y hasta una distancia de 6 m en todas las direcciones. Dicha área estará circundada por otra de la División 2 que abarcará hasta 12 m de la superficie mencionada. Ver figura 2.19.

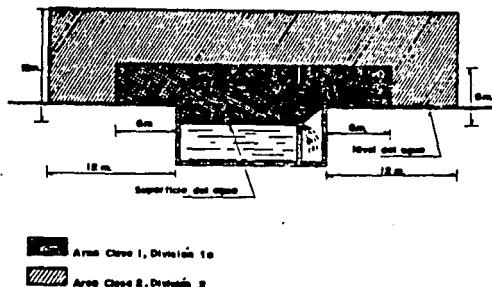


Fig. 2.19 Áreas peligrosas en las trampas recuperadoras de hidrocarburos.

2.3.2.8 Áreas peligrosas en las compresoras de los ductos de transporte.

Cuando se tengan compresoras de productos inflamables más ligeros que el aire en cobertizos libremente ventilados y no es posible que los gases queden atrapados en el techo, entonces se tendrán las siguientes áreas de la Clase I División 2 según se aprecia en la figura 2.20.

- El interior del cobertizo considerando desde el techo hasta la altura en donde se tenga pared.
- Un área rectangular que considerando el plano vertical abarcará 5 m hacia abajo y a los lados de la fuente peligrosa; si es que se encuentra localizada a menos de 5m de altura, entonces esta distancia estará limitada por el nivel del piso, prolongándose hacia arriba de la fuente peligrosa hasta aquella altura en que comienzan las paredes de la construcción.

c) Una superficie que abarcará en el plano vertical 5m hacia los lados de las ventanas, aberturas o ventilas existentes en el techo del cobertizo, 8m hacia arriba de las mismas y hacia abajo hasta el piso.

Cuando existan compresoras de productos inflamables más ligeros que el aire en cobertizos libremente ventilados en su parte inferior, pero defectuosamente ventilados en su parte superior de tal manera que los gases queden atrapados entonces deberán considerarse como áreas peligrosas las mencionadas a continuación y que se pueden apreciar en la figura 2.21.

a) Se considera como área de la Clase 1 División 1, el interior del cobertizo, desde el techo hasta el área en que exista pared.

b) Se considera un área de la División 2 aquella que abarque 5m en todas las direcciones del exterior del techo de la construcción, y hasta 3m hacia los lados del exterior de las paredes en el plano vertical.

c) Se considerará un área de la Clase I División 2 aquella que se extiende considerando el plano vertical 5m hacia los lados y hacia abajo de la fuente peligrosa, o bien si la compresora esta colocada a una altura menor de 5m, el área hacia arriba teniendo como limite la altura en que comienzan las paredes.

Si las compresoras se encuentran instaladas en locales cerrados o con mala ventilación, entonces toda el área interior de dichos locales quedará clasificada como División 1.

Si las compresoras están ubicadas en lugares a la intemperie y sobre el nivel del piso, entonces se tendrá un área de la División 2 que abarcará una distancia de 3 m en todas las direcciones tomando como referencia la superficie exterior de la compresora. Ver figura 2.22.

En caso de que las compresoras estén localizadas en locales con techo pero que no tengan paredes, sino que el techo esta soportado por estructuras, entonces todo el interior de estos locales pertenecerán a la División 2. Ver figura 2.23.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

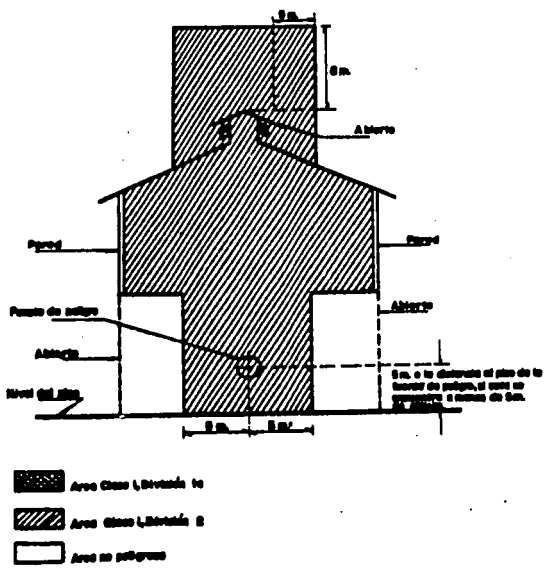


Fig. 2.20 Áreas peligrosas en cobertizos libremente ventilados, para compresoras de productos más ligeros que el aire.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

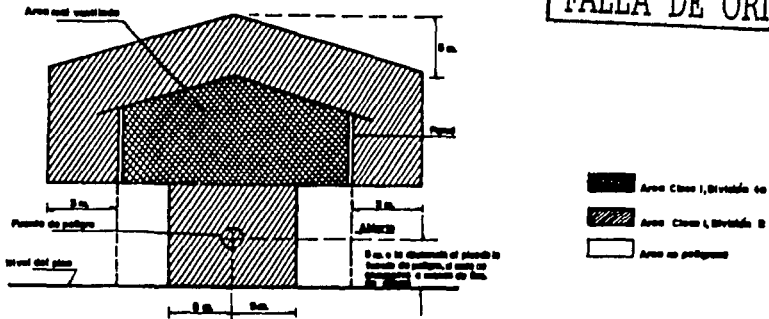


Fig. 2.21 Áreas peligrosas en cobertizos inadecuadamente ventilados, para compresoras de productos más ligeros que el aire.

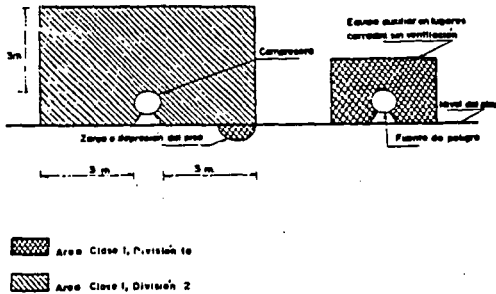


Fig. 2.22 Áreas peligrosas en compresoras instaladas a la intemperie.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

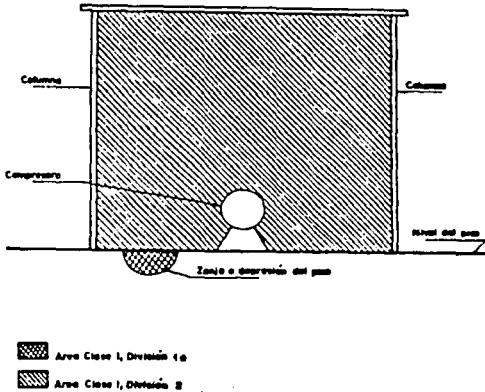


Fig. 2.23 Áreas peligrosas en compresoras instaladas en estructuras techadas sin paredes, libremente ventiladas.

Cuando las compresoras estén ubicadas en locales con ventilación libre y que estén abiertos al menos en uno de sus lados, entonces se designa como un área de la División 2 todo el interior del local, anexándose otra área de la misma División que abarcará hasta 3 m en todas las direcciones partiendo de cualquier punto que tenga comunicación con el exterior. Ver figura 2.24.

En caso de que la casa de compresoras cuente con un cuarto de control anexo, pero que este separado por medio de una pared, entonces el área interna del cuarto de control se puede clasificar como no peligrosa si es que cuenta con un sistema de ventilación mecánica positiva el cual sea seguro contra fallas de ventilación. Ver figura 2.25.

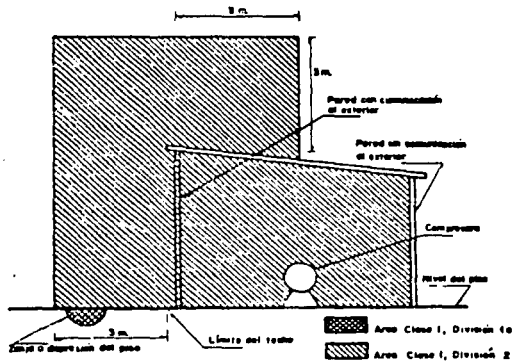


Fig. 2.24 Áreas peligrosas en compresoras instaladas en locales libremente ventilados.

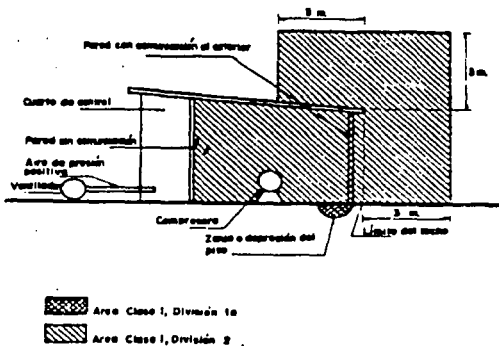


Fig. 2.25 Áreas peligrosas en compresoras instaladas en locales libremente ventilados con cuarto de control anexo, con ventilación de presión positiva.

2.3.2.9 Áreas peligrosas en las instalaciones de compresión.

Un sótano o cualquier local subterráneo que se destine para equipo auxiliar de proceso, trincheras de tubería de proceso, etc. pertenecerá en su totalidad a la División 1. Ver figura 2.22 o 2.25.

Aquellos locales cerrados en donde este ubicado equipo auxiliar de proceso pertenecerán a la División 1 en caso de que no cuenten con la ventilación apropiada. Ver figura 2.22.

Los equipos que sean de enfriamiento y cuenten con serpentines de gas quedarán clasificados basándose en el cuarto párrafo de "áreas peligrosas en las compresoras de los ductos de transporte" o bien en el párrafo anterior según el caso. Ver figura 2.22.

La clasificación de las áreas peligrosas referentes a los sistemas de medición, estaciones reguladoras y múltiples que no están soldados en su totalidad, se basarán en lo que se ha mencionado desde el párrafo cuarto mencionado arriba hasta el párrafo anterior a éste. Ver figuras 2.22 y 2.23.

2.3.2.10 Áreas peligrosas en edificios

La clasificación de áreas peligrosas en edificios tales como oficinas, laboratorios, cuartos de control, cuartos de equipo eléctrico, etc. que estén ubicados dentro de áreas consideradas como peligrosas y no cuenten dichos edificios con ventilación libre, deberá realizarse como a continuación se explica:

a) En caso de que una ventana, puerta u otra abertura en la pared o techo del edificio quede ubicada de manera total o parcial dentro del área considerada como peligrosa, entonces el área interior del cuarto o edificio se considera peligrosa y de la misma División a la que pertenezca el área exterior peligrosa. Ver figura 2.26.

b) En caso de que no se tengan ventanas, puertas, ni aberturas en techo y paredes con ubicación dentro del volumen considerado peligroso, entonces todo el interior del cuarto o edificio se considera como no peligroso. Ver figura 2.27.

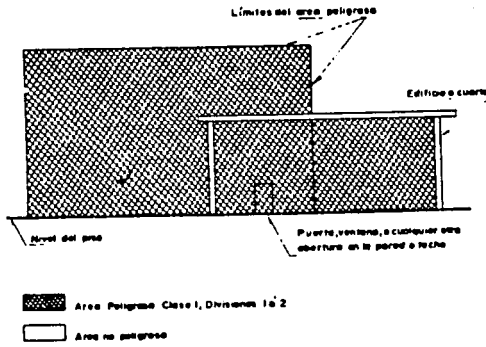


Fig. 2.26 Edificios con aberturas localizadas dentro de áreas peligrosas.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

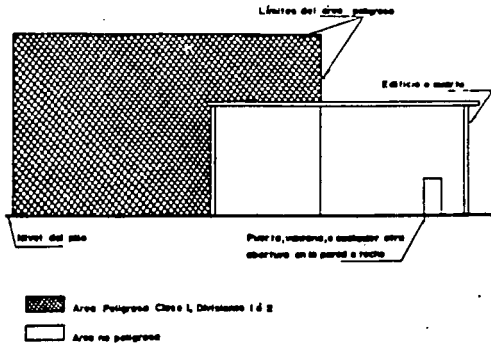


Fig. 2.27 Edificios sin aberturas localizadas dentro de áreas peligrosas.

2.4 Selección de materiales en áreas peligrosas Clase 1, Divisiones 1 y 2.

Los materiales a los que se hace referencia en este inciso son fabricados por Crouse Hinds Domex.

2.4.1 Aparatos de medición instrumentos y relevadores.

En aquellos aparatos que son visibles se utilizan cubiertas GUB, EMH y EIH. Ver figura 2.28.

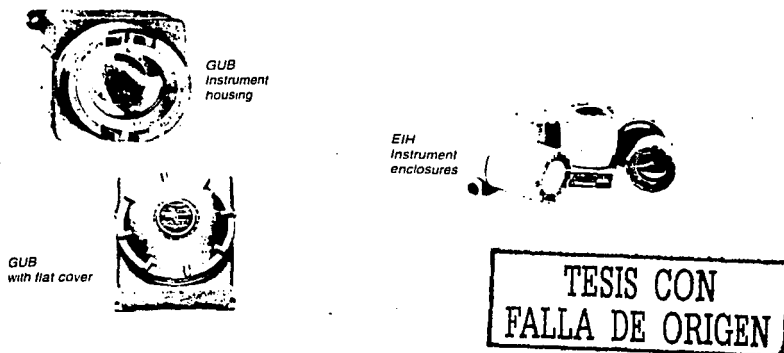


Fig. 2.28 Las cajas de conexiones GUB pueden usarse en lugares Clase 1, Divisiones 1 y 2. Son ideales para usarse a la intemperie debido a que tienen juntas lubricadas.

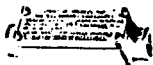
2.4.2 Métodos de instalación

Lugares Clase 1, División 1.

a) Lugares Clase 1, División 1.- Las instalaciones deberán realizarse con tubo metálico rígido pesado o semipesado o bien con cable del tipo MI con accesorios terminales aprobados para clase I. Todas las cajas o registros, accesorios, terminales y juntas, deberán ser roscadas para la conexión de la tubería conduit y las terminales del cable y deberán ser a prueba de explosión. Las uniones roscadas deberán ser hechas con al menos cinco vueltas de rosca completas.

El cable de tipo MI deberá ser instalado y soportado de tal manera que se eviten tensiones y esfuerzos en los accesorios terminales. Los accesorios terminales flexibles deberán ser aprobados para lugares clase I.

Las cajas o conectores a prueba de explosión , están disponibles en una extensa variedad de tipos.



OEC Conduit body



EABC Conduit



LBH Conduit



TMCX Terminator™

Lugares Clase 1, División 2

En estos lugares las instalaciones deben realizarse con tubo metálico rígido pesado o semipesado, ducto con barras del tipo cerrado o cables tipos ITC, MI, MC, MV, TC, o PLTC con accesorios terminales aprobados para lugares Clase 1. No se requiere que las cajas de conexiones sean diseñadas para lugares Clase 1, División 1. A continuación se muestran cajas de conexión y conectores.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



WJB Junction box



EBY



CGB Connector

2.4.3. Sellos y drenes para lugares Clase 1, Divisiones 1 y 2.

Sellos.

Es necesario colocar sellos en tubo (conduit) y en cables para minimizar el paso de gases y vapores e impedir el paso de flamas de una parte de la instalación eléctrica a otra a través del tubo (conduit).

a) Sellos en tubo (conduit), áreas Clase 1, División 1. En las áreas Clase 1, División 1, se deben localizar los sellos como sigue:

- 1) En cada tramo de tubo (conduit) que entra en una envolvente de desconectadores, interruptores automáticos, fusibles, relés, resistencias u otros aparatos que puedan producir arcos, chispas o altas temperaturas en operación normal. Los sellos deben colocarse lo más cerca posible de las envolventes y a no más de 45 cm de ellos. Las uniones a prueba de explosión, codos, reducciones y cajas de paso tipo L, T y Cruz, son las únicas envolventes o conexiones permitidas entre el sello y la envolvente del aparato. Las cajas de paso no deben ser mayores que el tamaño nominal mayor del tubo (conduit).

Excepción: Tubo (conduit) de tamaño nominal de 38mm o menor que entre a una envolvente a prueba de explosión en donde se encuentren desconectadores, interruptores automáticos, fusibles, relés, u otro aparato que pueda producir arcos o chispas, no necesitan llevar sello si los contactos que interrumpen la corriente eléctrica están:

- a. En una cámara herméticamente sellada contra la entrada de gases o vapores.

- b. Sumergidos en aceite.
 - c. En una cámara a prueba de explosión sellada de fábrica en una envolvente aprobado para el área y marcado como "sellado de fábrica" o su equivalente.
- 2) En cada tubo (conduit) de tamaño nominal de 51 mm o mayor que entra en una envolvente o accesorio donde haya terminales, derivaciones o empalmes, y a menos de 45cm de dicha envolvente o accesorio.
- 3) Cuando dos o más envolventes, para las cuales se requieren sellos de acuerdo a lo indicado (a)(1) y (a)(2) anteriores, están unidos por niples o por tramos de tubo a una longitud no mayor de 91.4 cm, es suficiente colocar un solo sello en cada niple o tramo de tubo, si tal sello no dista más de 45cm de cada envolvente.

4) En cada tramo de tubo (conduit) que sale de un área peligrosa Clase I, División 1 el sello debe colocarse en cualquier lado del límite de dicha área, a no más de 3 m del límite, pero debe estar diseñado e instalado de tal forma que minimice la cantidad de gas o vapor que pueda entrar al tubo dentro del área División 2, y se comunique por el tubo conduit más allá del sello. No deberá haber unión, acoplamiento, caja o accesorio en el tubo conduit, excepto las reducciones aprobadas a prueba de explosión en el sello, entre el sello y el punto en que el tubo conduit sale del área peligrosa División 1.

Sellos en tubo (conduit) áreas Clase I, División 2. En las áreas Clase I, División 2, los sellos en tubo conduit se deben localizar como sigue:

- 1) En las conexiones de tubo conduit a una envolvente a prueba de explosión que requieren ser aprobados para áreas Clase I, los sellos deben cubrir los incisos 1, 2 y 3 anteriores. Todos los tramos de tubo conduit o niples comprendidos entre el sello y la envolvente deben cumplir con lo indicado en "Metodos de instalación" inciso a).
 - 2) En cada tramo de tubo conduit que pase de un área peligrosa Clase I, División 2 a una no peligrosa, el sello puede colocarse en cualquiera de los dos lados del límite entre las dos áreas, pero debe estar diseñado e instalado de tal forma que minimice la cantidad de gas o vapor que pueda entrar al tubo conduit dentro del área División 2, y se comunique por el tubo conduit más allá del sello. Se debe usar tubo conduit metálico tipo pesado o semipesado entre el sello y el punto en que el tubo conduit sale del área División 2, y se debe usar una conexión roscada en el sello. No debe haber unión, caja o accesorio en el tubo conduit a excepción de las reducciones aprobadas a prueba de explosión en el sello, entre el sello y el punto en que el tubo conduit sale del área peligrosa División 2.
- c) Clase I, Divisiones 1 y 2. Donde se requieran sellos en áreas Clase I, Divisiones 1 y 2, éstos deben cumplir con lo siguiente:
- 1) Accesorios. Las envolventes para conexiones o para equipo deben estar provistas de medios integrales aprobados para sellar, o de sellos aprobados para áreas Clase I. Los sellos deben estar accesibles.

- 2) **Compuesto sellador.** El compuesto sellador debe estar aprobado para ese uso y proveer un sellado hermético contra el paso de gases o vapores. El compuesto no debe ser alterado por la atmósfera o por los líquidos que lo rodean y no debe tener un punto de fusión menor de 93 C.
- 3) **Espesor del compuesto sellador.** El espesor del compuesto sellador en un sello terminado no debe ser menor del tamaño nominal del tubo conduit y, en ningún caso, menor de 1.6 cm.
- 4) **Empalmes y derivaciones.** No se permiten empalmes o derivaciones en los accesorios destinados sólo a sellar con compuesto sellador, ni se debe poner compuesto sellador en ningún accesorio en el cual se hagan empalmes o derivaciones.
- 5) **Ensamblados.** En un ensamble donde algún equipo que pueda producir arcos, chispas, o altas temperaturas, esté localizado en un compartimento separado de otro donde haya empalmes y derivaciones, y un sello integral es provisto donde los conductores pasan de un compartimento a otro, el ensamble completo debe estar aprobado para áreas Clase I.
- 6) **Por ciento de ocupación de cables.** El área de la sección transversal de los conductores permitidos en un sello, no debe exceder 25% del área de la sección transversal interior del tubo conduit del mismo tamaño nominal a menos que sea específicamente aprobado para porcentajes de ocupación más altos.

d) **Drenado**

- 1) **Equipo de control.** Donde exista la posibilidad de que líquidos u otros vapores condensados puedan ser atrapados dentro de envoltorios o para el equipo de control, o en cualquier punto del sistema de canalización, se deben proveer medios apropiados para evitar la acumulación o para permitir un drenaje periódico de tales líquidos o vapores condensados.
- 2) **Motores y generadores.** Donde se juzgue que exista la posibilidad de que se produzcan acumulaciones de líquidos u otros vapores condensados dentro de motores o generadores, deben disponerse las uniones y tubo conduit de manera que se reduzca al mínimo la entrada de líquido en ellos. Cuando se juzgue necesario, los medios para prevenir la acumulación o para permitir un drenaje periódico, éstos deben venir incorporados de fábrica y se consideran como parte integral de la máquina.
- 3) **Bombas selladas, conexiones de proceso o servicio y similares.** En las bombas selladas, conexiones de proceso para flujo, presión a análisis de medida y similares, que tienen un solo sello de compresión, diafragma o tubo para prevenir que los fluidos combustibles o inflamables entren en tubo conduit o en cables de la instalación eléctrica, se debe instalar un sello o una barrera u otro medio adicional aprobado para prevenir que los fluidos combustibles o inflamables entren al sistema de tubo conduit o cables, más allá de los dispositivos o medios adicionales, si falla el sello principal.

El sello adicional aprobado o la barrera y la envoltorio de conexión deben reunir las condiciones de temperatura y presión a las cuales estarán sujetas en caso de falla del sello primario, a menos que otros medios aprobados sean proporcionados para cumplir el propósito anterior.

Los drenes, respiraderos u otros medios se deben proveer de manera que las fugas del sello principal sean obvias.

Requisitos de los sellos . Clase I , Divisiones 1 y 2 .

- Las conexiones o cubiertas para equipo deben contener un medio integral para sellado o bien pueden utilizarse accesorios para sellado aprobados para lugares Clase I . Dichos accesorios deben estar accesibles .
- El compuesto sellador debe estar aprobado para la aplicación ; resistente a la atmósfera o líquidos con los que pudiera entrar en contacto y debe tener un punto de fusión mínimo de 93°C .
- El tapón constituido por el compuesto sellador debe contar con una longitud mínima de una vez el diámetro nominal de la tubería , en ningún caso debe ser inferior a 16 mm .
- En el interior de un accesorio para sellado no deben existir empalmes ni derivaciones de conductores ; así también no debe llenarse con compuesto sellador ninguna caja que en su interior tenga empalmes o derivaciones .

El compuesto sellador debe ser de tal manera que soporte las fuerzas de una explosión . Los sellos utilizados solo para prevenir la acumulación de condensado no deben ser a prueba de explosión ; un sello a prueba de vapor es suficiente para tal propósito .

Las instrucciones de instalación proporcionadas por el fabricante se deben seguir cuidadosamente.

2.5 Determinación de las áreas peligrosas en la planta de recibo y distribución de gas L.P.G.

2.5.1 Casa de bombas

En el caso de esta planta, las 3 paredes laterales de la casa de bombas tienen comunicación al exterior, se clasifica como Clase 1, División 2 el área interior del local, asimismo esta área se extiende hasta una distancia horizontal de 3 m y hasta la altura del techo partiendo de las paredes; se agregará otra área de la misma división la cual abarcará horizontalmente hasta 15 m partiendo de la casa de bombas y con una altura de 0.5 m sobre el nivel del piso (ver en plano PL-03 el área peligrosa de la casa de bombas y la elevación 1-1 en plano PL-04).

2.5.2 Tanques de almacenamiento elevados (tanques de amortiguamiento)

En este caso, como los tanques contarán con respiradero, entonces existirá una área rectangular Clase 1, División 1 hasta una altura de 1.5 m partiendo del mismo (ver en plano PL-04 elevación 2-2).

Además existirá un área de la División 2, que abarcará 3 m partiendo desde la superficie exterior de los tanques en todas las direcciones, prolongándose esta área verticalmente hasta el nivel del piso (ver en plano PL-04 elevación 2-2).

Si llegara a existir un muro de contención, entonces existirá un área de la División 2 y será la ubicada dentro del muro de contención partiendo desde el nivel del piso y hasta la altura del mismo (ver en plano PL-04 elevación 2-2).

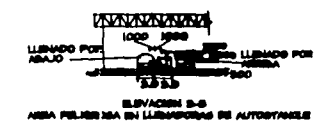
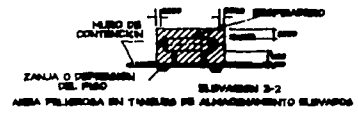
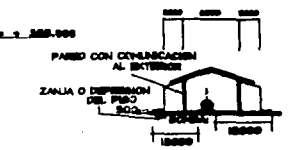
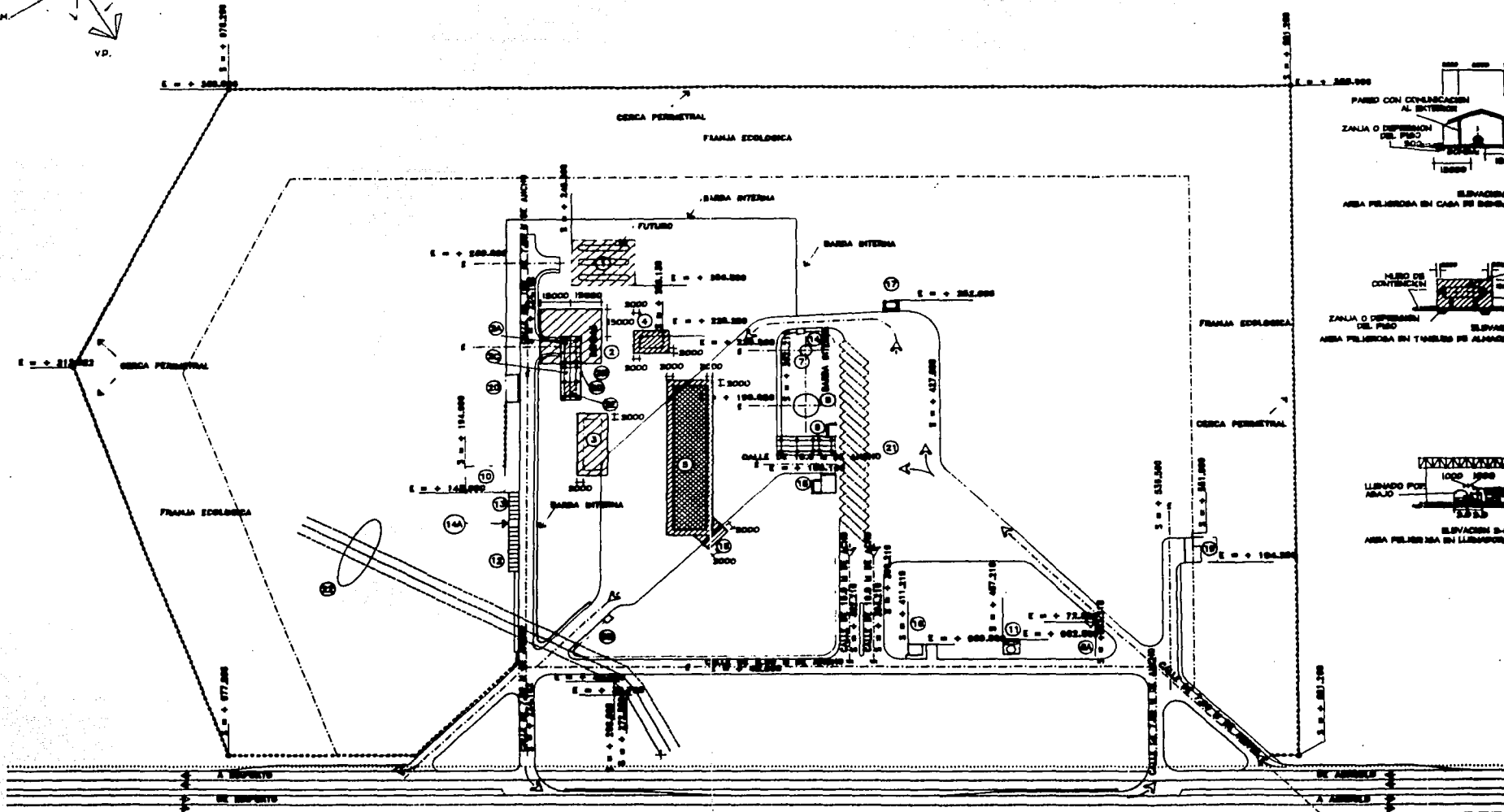
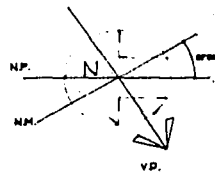
2.5.3. Local de recibo y medición

En caso de que los medidores se hallen instalados en locales cerrados o bien con mala ventilación, entonces toda el área interior se clasificará como Clase 1, División 2. Las paredes del local delimitarán el área peligrosa si es que son totalmente cerradas y no se comuniquen al exterior. En el caso de este local, las paredes tendrán comunicación al exterior, por lo que el área de División 2 se extenderá horizontalmente 3 m partiendo de las paredes con una altura de 0.5 m sobre el nivel del piso (ver plano PL-03).

2.5.4. Llenaderas y descargaderas de autos tanque.

En caso de que las maniobras se lleven a cabo por la parte superior del autotanque, habrá un área rectangular de la División 1, a una distancia de 1 m alrededor de los registros o respiraderos abiertos, la cual estará encerrada dentro de otra rectangular de la División 2 que abarcará 1.5 m alrededor de los registros (ver elevación 3-3 en plano PL-04).

Si las maniobras de carga o descarga se llevan a cabo por abajo y a través de conexiones fijas, o si se trata de maniobras de carga con domo cerrado y respiradero al aire libre o bien con sistema de recuperación de vapores; existirá un área rectangular de la División 2 que abarcará 1 m partiendo de las conexiones. Considerándose la carga o descarga por abajo, entonces a la anterior área se le anexará otra rectangular de la misma División 2 que alcanzará horizontalmente una distancia de 3 m a partir de la conexión , con una altura de 0.5 m sobre el nivel del piso (ver en plano PL-04 elevación 3-3).



DESCRIPCION

- 1 TANQUES DE ALMACENAMIENTO
- 2 DEP. SERV. 2 TALLER DE M. BOMBAS CON Y CASA DE BOMBAS
- 3 RECIBO Y MEDICION
- 4 RECUPERACION DE VAPORES
- 5 LLENERAS DE ALTO-TANQUES
- 6 CASITAS DE CONTROL A Y B
- 7 TANQUE ELEVADO DE AGUA DE SERVICIO
- 8 TANQUE DE AGUA CALIENTE CAP. 10,000 B.L.S.
- 9 DEP. SERV. 1 BOMBAS, C/NO. CTO DE CONTROL, COH. GEN. BOMBAS
- 10 OPCIONAS PRINCIPALES
- 11 PLAZA CIVICA
- 12 ESTACIONAMIENTO CLIENTES
- 13 ESTACIONAMIENTO ELECTIVOS MEDICADO
- 14 CASITA DE VIGILANCIA A Y B
- 15 SUBSTACION ELECTRICA
- 16 SUBSTACION MILITAR
- 17 BANDOS Y BARRIERAS EXPRESAS
- 18 DISCARNERIA BARRERA PARA AUTOTANQUES
- 19 CASA HABITACION
- 20 ESTACION DE MEDICION BARRERAS PARTICULARES FUTURO
- 21 AREA DE MANTENIMIENTOS ALTO-TANQUES
- 22 DUCTOS ILUSTRADOS DE PISO

SIMBOLOGIA

- AREA CLASE I DIV. 1a SPO. D
- AREA CLASE I DIV. 2 SPO. D
- AREA NO PELIGROSA
- CASA DE BOMBAS
- CLARITO DE COM
- LABORATORIO
- BOMBAS
- TALLER DE MANTENIMIENTO

NOTAS:

- 1- LA CLASIFICACION DE AREAS SE HIZO DE ACUERDO A LA NORMA DE PENEX 2-346.13
- 2- EL GAS LP SE LINA HECECLA DE PROPANO Y BUTANO POR LO CUAL SE LE CONSIDERA CLASIFICADO COMO GRUPO D
- 3- BOMBAS PROVEEN VENTILACION DE PRESION POSITIVA CON UNA TOMA DE AIRE LIMPIO AL CTO. CON EN LA CASA DE BOMBAS DE GAS LP
- 4- LA OBSERVACION DE LOS VIENTOS DOMINANTES SE TOMA DE ACUERDO A LA INFORMACION DE LA CARTA DE SERVICIOS CLIMATICOS MISIONALES DE NOVIEMBRE A ABRIL DEL INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA ROBOGRAFIA E INFORMATICA
- 5- ADOTACIONES EN HELMETROS
N.P. NORTE DE PLANTA
N.M. NORTE MAGNETICO
V.P. VIENTOS DOMINANTES

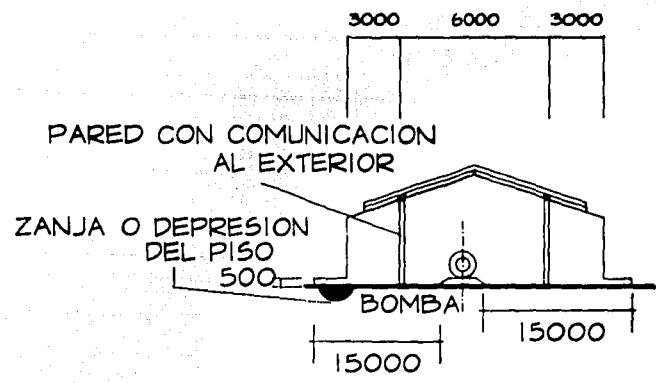
TESIS CON FALLA DE ORIGEN

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
UNIDAD ARAGON

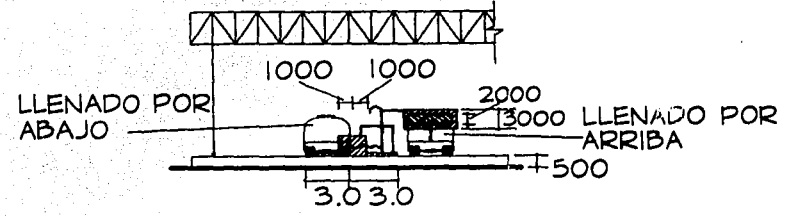
INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

TESIS PROFESIONAL

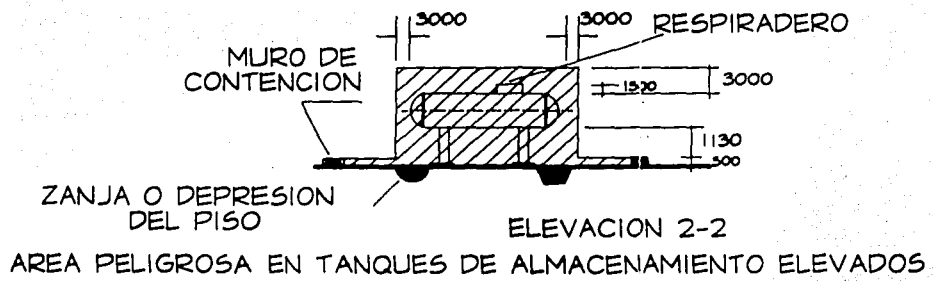
CLASIFICACION DE AREAS PELIGROSAS	PL-03
TERMINAL DE RECIBO Y DISTRIBUCION DE GAS LP	
Escala: 1:750	Lugar: IAPUATO, GUANAJUATO



ELEVACION 1-1
AREA PELIGROSA EN CASA DE BOMBAS DE GAS L.P.



ELEVACION 3-3
AREA PELIGROSA EN LLENADORAS DE AUTOSTANQUE



ELEVACION 2-2
AREA PELIGROSA EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO ELEVADOS

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
UNIDAD ARAGON

INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
TESIS PROFESIONAL

CLASIFICACION DE AREAS PELIGROSAS (DETALLES) PL-04
TERMINAL DE RECIBO Y DISTRIBUCION DE GAS LP
IRAPUATO, GUANAJUATO

CAPITULO III

SISTEMAS DE ALUMBRADO

3.1 Introducción

Dentro del desarrollo de un proyecto de construcción de plantas tipo industrial es de gran importancia la adecuada selección de luminarias y por consiguiente la cuidadosa proyección del sistema de alumbrado de dicha planta. Dependiendo del tipo de industria y de proceso que se realice dentro de las instalaciones de las plantas industriales, será el tipo, la cantidad y la calidad del alumbrado que será instalado.

Esto es que, dependiendo del tipo de trabajo que se realice en cada industria podrá ser necesaria para cumplir con requisitos de una óptima visión la implementación de alumbrado de un determinado tipo (incandescente, flúorecente, de aditivos metálicos, de vapor de descarga, etcétera), con una determinada potencia (20,40,60, 100, 150, 250,4 00, 500 o 1000 watts), y en una particular de distribución de los luminarios a fin de concretar una específica intensidad de alumbrado en el área o zona de trabajo según se requiera.

A fin de proyectar un adecuado espectro de luz de acuerdo a los requerimientos de cantidad de luz necesaria en cada caso, será necesaria la aplicación de distintos tipos de métodos de cálculo del alumbrado, entre los cuales destacan el método de la cavidad zonal y el método de punto por punto los cuales serán revisados dentro de este trabajo.

Aunque en ocasiones el tipo de luminarias es parte de la desición , gusto o capricho del dueño de la obra, en ocasiones esta selección es responsabilidad del proyectista, de ahí la importancia de que el proyectista eléctrico trate de estar actualizado en lo relacionado a las innovaciones y desarrollos en lo que a luminotécnia se refiere.

3.2 Definición de términos

Flujo luminoso (Φ).- Es la cantidad de luz emitida por una fuente luminosa por unidad de tiempo. Su unidad es el lumen (lm). Ordinariamente se desprecia el tiempo y el flujo luminoso se toma en cuenta comúnmente como una magnitud definida.

Luz.- Es una forma de energía radiante en movimiento.

Lumen (lm).- Un lumen es el flujo de luz que incide sobre una superficie de 1 metro cuadrado, de la cual la totalidad de sus puntos se encuentren a 1 metro de una fuente puntual teórica que tenga una intensidad luminosa de una candela en todas las direcciones. Esta superficie es una sección de 1 metro cuadrado de una esfera de 1 metro radio, estando en el centro de ésta una fuente puntual uniforme de una candela. El lumen también se expresa como el flujo luminoso en un ángulo sólido unidad por una fuente puntual de una candela.

La diferencia entre el lumen y la candela se encuentra en que el lumen es una medida del flujo luminoso independientemente de la dirección.

Intensidad luminosa (I).- Es la densidad de luz dentro de un ángulo sólido pequeño, en una dirección determinada.

La candela es la cantidad física básica internacional en todas las medidas de luz, las demás unidades provienen de ella. su valor está fijado por la luz emitida por un patrón de laboratorio llamado cuerpo negro trabajando a una temperatura específica.

Iluminación (E).- Es la densidad de flujo sobre una superficie. Su unidad es el lux (lx).

Un lux es la iluminación en un punto (A) el cual se encuentra sobre una superficie que dista, en dirección perpendicular un metro de una fuente puntual uniforme de una candela. Ver figura 3.1

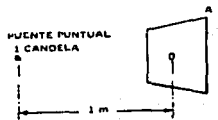


Fig. 3.1 Definición de lux.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

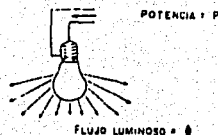
Partiendo de la definición de lumen se deduce que un lumen uniformemente distribuido en un metro cuadrado de superficie genera una iluminación de 1 lux.

$$E = \frac{\Phi}{S} = \frac{\text{lúmenes}}{\text{área en m}^2}$$

Luminancia o brillo fotométrico (B).- Es la intensidad luminosa de una superficie en una determinada dirección por unidad de área proyectada de la misma. Su unidad es el Stilb (candela por centímetro cuadrado) o bien el Lambert (lumen por centímetro cuadrado). La luminancia se expresa de dos maneras, en candelas por unidad de superficie o en lúmenes por unidad de superficie.

Eficiencia luminosa.- Se define como eficiencia de una fuente luminosa a la relación entre el flujo luminoso (O) y la potencia absorbida por dicha fuente y se expresa en lm/watt. Ver figura 3.2

$$\text{Eficiencia} = \frac{\Phi}{P} = \frac{\text{lm}}{\text{w}}$$



TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Fig. 3.2 Eficiencia luminosa de una fuente de luz.

Eficiencia de un luminario.- Se define como la relación entre los lúmenes emitidos por una luminaria y el total de lúmenes producidos por la lámpara desnuda y se expresa en porcentaje.

3.3 Métodos de iluminación

3.3.1 Alumbrado general

Es cuando se tiene una distribución de luminarias de manera que se tenga un nivel razonablemente uniforme en el local. Los factores que determinan el emplazamiento de los equipos son las dimensiones del local, las características propias de distribución de las luminarias, el nivel de iluminación previsto y el aspecto de la instalación. Se puede lograr una distribución más uniforme a través de la colocación simétrica de las luminarias, el número total de las mismas de ser posible debe ser divisible entre el número de filas. La distancia entre lámparas se obtiene al dividir la longitud del local por el número de luminarias en una fila, estimando que la distancia entre la primera unidad y la pared sea de $1/3$ la distancia entre luminarias. asimismo para determinar la distancia entre filas se divide la anchura del local por el número de filas, estimándose también $1/3$ de esta distancia como separación entre la pared y la primera fila. Ver figuras 3.3 y 3.4

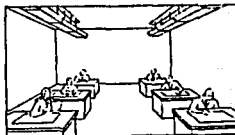


Fig. 3.3 alumbrado general

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

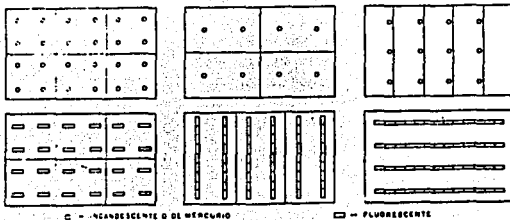
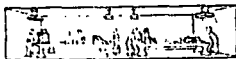


Fig. 3.4 Disposiciones típicas luminarias para alumbrado general.

3.3.2 Alumbrado general localizado

Esta clase de alumbrado consiste en instalar los equipos de alumbrado general sobre áreas importantes de trabajo tales como aquellas donde se encuentran las grandes máquinas, bancos de trabajo de las fábricas y mostradores comerciales, que es donde se necesita mayor iluminación, buscándose además, que estas luminarias iluminen las demás áreas del local. Las luminarias más indicadas para este caso son las del tipo directo, semidirecto y directo-indirecto por disponer de una notable componente directa hacia el área de trabajo. Ver figura 3.5



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. 3.5 Alumbrado general localizado

3.3.3 Alumbrado localizado

Es aquel que se tiene en áreas limitadas como vitrinas, aparadores, etc. Los aparatos de iluminación se instalan en la proximidad de los puntos por iluminar.

3.3.4 Alumbrado suplementario

Este tipo de alumbrado provee una intensidad relativamente alta en áreas específicas de trabajo y siempre esta combinado con el alumbrado general. Se requiere cuando se realizan actividades visuales especiales y cuando se requiere llevar a cabo ciertas tareas de inspección. Se debe tener cuidado de que no exista una exagerada relación de brillos entre las intensidades del alumbrado general y localizado en el punto de trabajo y los alrededores, ya que de darse resulta molesto para la vista. Ver figura 3.6



Fig. 3.6 Alumbrado suplementario.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

3.4 Sistemas de iluminación o de alumbrado

Los sistemas de iluminación se clasifican de acuerdo a la distribución del flujo luminoso, así tenemos:

- Iluminación indirecta.
- Iluminación semi-indirecta.
- Iluminación general difusa (directa - indirecta)
- Iluminación semidirecta
- Iluminación directa

A continuación se describe cada uno de estos sistemas:

3.4.1 Iluminación indirecta

En este sistema alrededor del 90% del flujo luminoso de la luminaria esta dirigida hacia el techo. Prácticamente toda la luz en el plano de trabajo la reflejada por el techo y en menor cantidad por las paredes. La iluminación conseguida es bastante difusa por lo mencionado anteriormente. Aunque este sistema de alumbrado no es tan eficiente como otros hablando cuantitativamente, es el más recomendable para lugares como oficinas y escuelas, así como edificaciones con actividades similares debido a que tiene las siguientes ventajas: distribución uniforme, ausencia de sombras, y de brillo reflejado.

Tanto las paredes como el techo deben un color lo más claro posible y mantenerse en buen estado. El techo deberá ser con acabado mate para no tener la imagen reflejada de la fuente luminosa. Ver figura 3.7

3.4.2 Iluminación semi-indirecta

En este sistema del 60 al 90% del flujo luminoso es dirigido hacia el techo y el resto se dirige hacia abajo. Este sistema posee la mayor parte de las ventajas del directo, a diferencia de que es un poco más eficiente; suele utilizarse en instalaciones de nivel luminoso alto, para tener una mejor relación de brillo entre la luminaria y el techo. En cuanto al difusor empleado en estas luminarias, es de vidrio o plástico, de más baja densidad con respecto a los utilizados en las luminarias indirectas. Ver figura 3.7

3.4.3 Iluminación general difusa o directa - indirecta

En este sistema del 40 al 60% del flujo luminoso se dirige hacia abajo. En este caso la mayor parte de la iluminación que se tiene en el plano de trabajo proviene de manera directa de la luminaria y una parte importante proviene también del techo y las paredes. La diferencia entre las clasificaciones general difusa y directa-indirecta se encuentra en la magnitud de luz generada en forma horizontal. La luminaria directa-indirecta genera muy poca luz en dirección horizontal mientras que la luminaria del tipo general difusa provee luz de manera casi uniforme en todas las direcciones. Ver figura 3.7

3.4.4 Iluminación semidirecta

En este sistema del 60 al 90% del flujo luminoso se dirige hacia abajo, por lo tanto, la mayor parte de la iluminación en el plano de trabajo proviene directamente de la luminaria. Una parte relativamente pequeña de la iluminación en el plano de trabajo proviene del techo y las paredes. La luz que es dirigida hacia el techo hace más brillante la zona del techo que rodea la luminaria lo que da como resultado una disminución del contraste del brillo. Ver figura 3.7

3.4.5 Iluminación directa

En este sistema del 90 al 100% del flujo luminoso es dirigido hacia abajo. Se caracteriza por proveer una gran iluminación en el plano de trabajo. Este sistema puede presentar algunas desventajas como son deslumbramientos directos o reflejados, las sombras pueden ser molestas si las luminarias no están muy cercanas unas de otras o si no son de gran área.

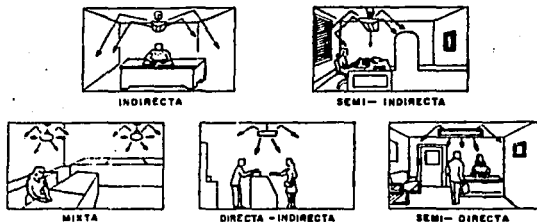


Fig. 3.7 Sistemas de iluminación o alumbrado

3.5 Fuentes luminosas

Generalmente los métodos empleados para generar radiaciones luminosas son:

- Radiación por elevación de temperatura.
- Descarga eléctrica en el gas o en los metales al estado de vapor.
- Fluorescencia.

3.5.1 Lámparas incandescentes

Las lámparas incandescentes también llamadas de filamento generan luz debido a que un hilo o filamento es calentado hasta la incandescencia mediante el flujo de una corriente eléctrica a través de él.

La vida media de estas lámparas trabajando a su voltaje nominal es de 1000 horas y se fabrican en potencias de 25 a 1000 watts.

En cuanto a la eficiencia de este tipo de lámparas es baja en comparación con otros tipos y va aumentando conforme aumenta la potencia de la lámpara.

Este tipo de lámparas son comúnmente usadas para alumbrado general y localizado de interiores (oficinas comercios y casas habitación, por ejemplo).

Ventajas

- Encendido inmediato.
- No requiere aparatos auxiliares.
- Bajo costo.
- Facilidad de instalación.
- No tienen limitación en cuanto a posición para su funcionamiento.

Desventajas

- Baja eficiencia luminosa.
- Generación de calor elevada.
- Costo de operación relativamente alto.
- Brillantez elevada con deslumbramiento relativo.
- Vida media relativamente corta.

3.5.2 Lámparas incandescentes con halógenos

El hecho de contar con una envoltura de cuarzo les da muchas ventajas como las siguientes :

- Construcción compacta.
- Alta eficiencia.
- Resistencia a los choques térmicos.

Para mantener el bulbo limpio se utiliza yodo en combinación con el tungsteno sublimado originándose un ciclo químico.

Aplicaciones: Aviación, fotografía, efectos especiales, fotocopias...

3.5.3 Lámparas de vapor de mercurio.

Las lámparas de vapor de mercurio son lámparas de descarga eléctrica, en ellas se genera luz debido al paso de una corriente eléctrica a través de un gas o vapor. Estas lámparas poseen un tubo de cuarzo en el cual se tiene vapor de mercurio y un gas inerte llamado argón el cual tiene por objeto facilitar la descarga; en los dos extremos se encuentran los electrodos de los cuales se tienen dos principales y uno o dos auxiliares.

Funcionamiento

Al existir una diferencia de potencial en la lámpara el gas es ionizado y se produce el paso de corriente entre los electrodos situados en los extremos opuestos de la lámpara. El área de descarga es formado por electrones los cuales viajan a grandes velocidades y al chocar con los átomos del vapor o gas modifican por un momento la estructura de estos. La luz generada es resultado de la energía producida cuando los átomos regresan a su estado normal.

Ventajas

- Buena eficiencia luminosa.
- Largo promedio de vida (más de 24,000 horas en las lámparas LIFEGUARD).
- Posición de montaje sin limitación.

Desventajas

- Requiere de dispositivos auxiliares.
- Se necesitan de 4 a 5 minutos para que la lámpara alcance la máxima emisión luminosa.
- costo relativamente elevado.

Aplicaciones: Acerías, Fábricas de material de aviación, fundidoras, almacenes de depósitos, grandes edificios industriales.

3.5.4 Lámparas de vapor de sodio a alta presión

Estas lámparas emiten una luz conocida como "blanco dorado" tendiendo al amarillo fuerte.

El encendido de estas lámparas necesita de un tiempo similar al de las lámparas de vapor de mercurio pudiendo trabajar sin problema a bajas (hasta 40°C bajo cero). El reencendido en caliente es relativamente rápido (uno a dos minutos de las lámparas de baja potencia a las de alta potencia).

Estas lámparas se encuentran en diferentes modalidades:

- Con bulbo elipsoidal difundente.
- Con bulbo tubular de vidrio claro.
- Con bulbo tubular de cuarzo y dos patas de conexión.

Aplicación: Áreas industriales en donde no importa mucho la tonalidad de los colores.

Comparación con las lámparas de vapor de mercurio.

- Las lámparas de vapor de sodio tienen una mayor eficiencia.
- El costo de las lámparas de vapor de sodio a alta presión es mayor.
- Las lámparas de vapor de sodio a alta presión son de mayor duración.
- Las lámparas de vapor de sodio ofrecen una mayor ventaja en el número de encendidos.

3.5.5 Lámparas de vapor de sodio a baja presión

La luz que emiten este tipo de lámparas es casi amarilla y se encuentra dentro de la gama de colores monocromáticos. Una de las características principales de estas lámparas es su muy alta eficiencia que puede considerarse como la mayor entre todas las fuentes luminosas.

En lo que se refiere al encendido se necesitan de aproximadamente 10 minutos para que alcancen el 80% del flujo luminoso y otros 5 minutos para alcanzar el 100%.

Cuando se llega a apagar la lámpara en forma momentánea el reencendido es rápido.

Aplicaciones: Áreas externas donde no es prioritaria la distinción de los colores. En caso de niebla esta luz tiene la ventaja de menor dispersión.

3.5.6 Lámparas fluorescentes

Las lámparas fluorescentes pertenecen a las fuentes de luz de descarga eléctrica. La luz se genera en su mayor parte por la fluorescencia del fósforo que se encuentra en las paredes internas de la lámpara que es activado por la energía ultravioleta de un arco de mercurio. Estas lámparas están formadas por un bulbo tubular en cuyos extremos se encuentra un electrodo, en el interior del bulbo se tiene vapor de mercurio a baja presión junto con una pequeña cantidad de gas argón o una combinación de gases para el encendido.

Funcionamiento

Cuando se energiza la lámpara con una tensión adecuada esto produce que un flujo de electrones se traslade a muy alta velocidad de un electrodo a otro. Los choques entre estos electrones y los átomos de mercurio dan como resultado un estado de excitación lo cual desemboca en emisión de radiaciones las cuales son convertidas en luz visible por el polvo fluorescente. Ver figura 3.8



Fig. 3.8 Funcionamiento de las lámparas fluorescentes.

Ventajas

- Buena eficiencia luminosa (de 4 a 6 veces con respecto a las lámparas incandescentes).
- Baja luminancia (de 0.3 a 1.3 candelas/cm²) con lo cual se minimiza el deslumbramiento.
- Vida útil mucho mayor que las de las lámparas incandescentes.
- Sin restricción en la posición de operación.

Desventajas

- Requieren de elementos auxiliares para su encendido.
- Ocupan mayor espacio con respecto a las lámparas incandescentes.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- Costo inicial mayor en comparación con las lámparas incandescentes.

Aplicaciones: Oficinas, negocios, industrias, escuelas, centros comerciales, etc.

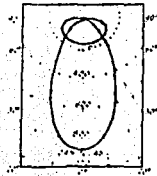
3.6 Curvas de distribución

La curva de distribución luminosa es un método que sirve para representar la distribución de luz de los equipos de alumbrado.

Una curva de distribución luminosa se obtiene tomando medidas de intensidad luminosa alrededor de una fuente de luz o luminaria y a diferentes ángulos; estas medidas se plasman en forma gráfica, comúnmente en coordenadas polares. La intensidad luminosa de una determinada fuente en cualquier dirección esta indicada a través de la distancia existente de un punto cualquiera de la curva al centro.

El nivel de iluminación que recibe una superficie desde una sola fuente luminosa se puede obtener mediante los datos de la curva de distribución luminosa de dicha fuente. Si la relación entre distancia fuente, superficie y el tamaño de la fuente de luz es de tal manera que pueda aplicarse la ley de la inversa de los cuadrados, entonces para realizar el calculo solo se necesita visualizar en la curva de distribución la intensidad luminosa para un ángulo determinado, después se divide por el cuadrado de la distancia en metros y luego se multiplica por la función trigonométrica correspondiente si es que la superficie no es perpendicular a la dirección de los rayos luminosos provenientes de la fuente. Si el tamaño de la fuente impide el uso de la ley inversa de los cuadrados se necesitará de otro calculo más laborioso.

Dos equipos que generan la misma cantidad de lúmenes puede distribuir la luz de manera muy distinta y poseer curvas de intensidad luminosa en perfiles y áreas completamente diferentes. Ver figura 3.9



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. 3.9 Dos curvas de distribución de la misma emisión luminosa

Para clasificar a una luminaria como directa , semidirecta , general difusa , etc . , se debe analizar primero la distribución de la luz de dicha luminaria en los hemisferios superior e inferior.

Ahora bien , para obtener la eficacia de la luminaria en porcentaje , habrá que dividir los lúmenes totales emitidos por la luminaria entre el total de lúmenes emitidos por la lampara desnuda .

Ejemplo . A continuación se ilustra una curva de distribución de intensidad luminosa de una luminaria indirecta tipo , para lampara de 300 watts , 6000 lúmenes .

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

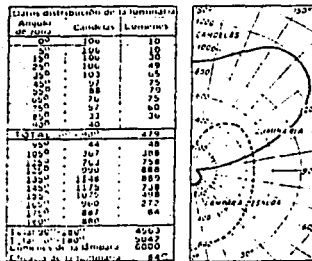
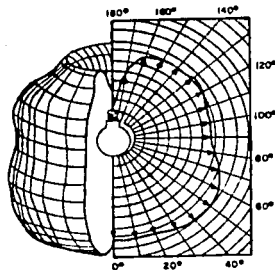


Fig. 3.10 Distribución luminosa vertical media de una luminaria indirecta, para lámpara de 300 watts con esmerilado interior, 6000 lúmenes.

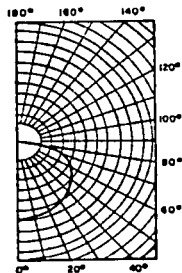
En la figura se pueden apreciar 2 curvas , una pertenece a la luminaria completa y la otra a la lampara desnuda ; en la tabla están recabadas las intensidades luminosas de la luminaria para cada ángulo de zona medio . En el hemisferio inferior de la luminaria se emite solo el 8% (479/6000)de los lúmenes generados por la lampara desnuda y en el hemisferio superior se emite el 76% (4563/6000) con respecto a los lúmenes de la lampara ; la eficacia de esta luminaria es de 84% (5042/6000) . Como se puede apreciar esta luminaria emite el 90.5% (4563/5042) por

encima de su horizontal y solo el 9.5% (479/5042) por debajo , confirmándose así que se trata de una luminaria del tipo indirecto .

Curva fotométrica o diagrama polar . Representan la distribución luminosa de una lampara o equipo de iluminación (luminaria) . Dos ejemplos de estas curvas se pueden ver a continuación:



DISTRIBUCION DEL FLUJO LUMINOSO DE UNA LAMPARA INCANDESCENTE



EJEMPLO DEL DIAGRAMA POLAR DE UN APARATO DE ILUMINACION



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Fig. 3.11 Dos curvas fotometricas.

Diagrama o curva isolux

Una curva o diagrama isolux se compone de curvas las cuales unen puntos del plano de trabajo que reciben una misma iluminación . Con la finalidad de que pueda manejarse la información de una manera fácil para diferentes alturas de montaje , las longitudes en el plano de trabajo están dadas en múltiplos de la altura . Para obtener la iluminación a otras alturas de montaje diferentes de la correspondiente a las curvas , basta con multiplicar los valores dados por estas por la relación entre el cuadrado de la altura de montaje original y el cuadrado de la nueva altura de montaje. A continuación se muestra un diagrama isolux de una luminaria tipo de alumbrado público :

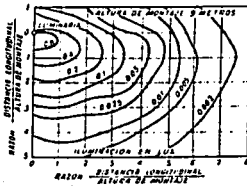


Fig. 3.12 Diagrama isolux de una luminaria tipo de alumbrado público.

Se tendrá un diagrama isolux diferente para cada altura de montaje , o bien para cada distancia entre la luminaria y el plano de trabajo . Los diagramas isolux se utilizan con frecuencia para instalaciones de alumbrado público .

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Diagrama isocandela

Se utiliza en la representación de haces irregulares generados por algunas luminarias tales como faros, focos y proyectores. En este tipo de diagramas se representan en grados las longitudes al eje del haz, en forma vertical como horizontal y se obtiene una gran cantidad de lecturas de intensidades luminosas en puntos diferentes, las curvas unen puntos de igual intensidad luminosa.

A continuación se presenta un diagrama isocandela para un proyector de haz estrecho:

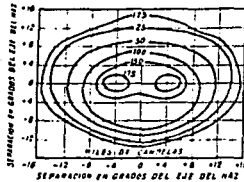


Fig. 3.13 Diagrama isocandela para un proyector de haz estrecho.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

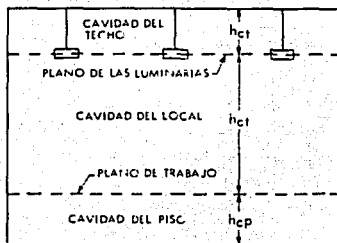
3.7 Métodos de cálculo de iluminación en interiores

3.7.1 Método de cavidad zonal

Este método para interiores divide el local al cual se le desea proyectar el alumbrado en tres cavidades o zonas que son :

- Cavidad del local
- Cavidad del piso
- Cavidad del techo

lo anterior permite considerar la cavidad básica del local como un espacio libre ubicado entre los planos de la(s) luminaria(s) y de trabajo . Ver figura 3.14



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. 3.14 Las tres cavidades utilizadas en el método de cavidad zonal

De esta manera puede tomarse en cuenta y muy a detalle las obstrucciones y reflectancias que pueden existir abajo del plano de trabajo como también las que existen arriba del plano de las luminarias , esto sin afectar la tabla básica de coeficientes de utilización . Cabe hacer mención que para los cálculos no es necesario tomar en cuenta todas las obstrucciones que existan , pero en un momento dado si se requiere se puede hacer . A continuación se da una explicación del método .

Relaciones de cavidad

Para la obtención de las relaciones de cavidad , pueden manejarse la tabla 3.1 así como las siguientes fórmulas :

$$\text{Relación de cavidad del local} = \text{RCL} = \frac{5 \text{ hcl} (L + A)}{L A}$$

$$\text{Relación de cavidad del piso} = \text{RCP} = \frac{5 \text{ hcp} (L + A)}{L A}$$

$$\text{Relación de cavidad del techo} = \text{RCT} = \frac{5 \text{ hct} (L + A)}{L A}$$

donde :

hcl = Altura de la cavidad del local en metros

hcp = Altura de la cavidad del piso en metros

hct = Altura de la cavidad del techo en metros

L = Largo del local en metros

A = Ancho del local en metros

Hay otra forma basada en las áreas de las cavidades :

$$\text{Relación de la cavidad} = \text{RC} = \frac{2.5 A_m}{A_b}$$

donde :

A_m = Área de la cavidad de la pared

A_b = Área de la cavidad del piso

Esto último es muy útil en el caso de locales de forma irregular .

Reflectancia efectiva de la cavidad del techo (ρ_{ct})

La tabla 3.2 contiene un juego completo de requerimientos mediante los cuales se puede obtener cualquier reflectancia efectiva .

Reflectancia efectiva de la cavidad del piso (ρ_{cp})

En la mayoría de los cálculos se puede suponer que la reflectancia de la cavidad del piso es del 20% . En caso de locales muy oscuros o muy iluminados o de grandes dimensiones dicha reflectancia se podría alejar del 20 % lo que causaría una afectación en el resultado del cálculo , por lo tanto si es el caso se sugiere determinar la reflectancia para lo cual se procede de la misma forma que para determinar la de la cavidad del techo .

Coefficiente de utilización (CU)

Los fabricantes proveen tablas que contienen los coeficientes de utilización de las luminarias que ellos producen , en la tabla 3.3 se pueden ver algunos ejemplos .

Para determinar el coeficiente , se deben primero ubicar en la tabla de la columna correcta de reflectancia efectiva de techo y pared , entonces se podrá localizar el coeficiente de utilización enfrente de la relación de cavidad del local , si es necesario se deberá recurrir a la interpolación .

Ajuste del coeficiente de utilización

En caso de haberse obtenido una reflectancia de la cavidad del piso diferente a 20 % , deberá obtenerse el correcto coeficiente de utilización mediante el uso de los factores de la tabla 3.4.

Ecuaciones

$$\text{Número de luminarias} = \frac{\text{Área del piso} \times \text{Luxes}}{\text{Lúmenes totales X C. U.} \times \text{F.P.T. por luminaria}}$$

donde F.P.T. = Factor de pérdidas totales

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TABLA 6-5 RELACIONES DE CAVIDAD

DIMENSIONES DEL EGAL ANCHO	PROFUNDIDAD DE CAVIDAD																					
	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	5.0	6.0	7.0	8	9	10	11	12	14	16	20	25	30		
8	8	1.2	1.9	2.1	2.1	2.7	4.4	5.0	4.2	7.5	8.8	10.0	11.2	12.5								
	10	1.1	1.7	2.2	2.6	3.4	3.9	4.5	5.6	6.7	7.9	9.0	10.1	11.3	12.4							
	14	1.0	1.6	2.0	2.4	3.0	3.4	4.1	4.9	5.9	6.9	8.0	9.1	10.2	11.3	12.4						
	20	0.9	1.1	1.7	2.2	2.8	3.1	3.5	4.4	5.2	6.1	7.0	8.0	9.0	10.1	11.2	12.3					
	30	0.8	1.0	1.4	2.0	2.4	2.8	3.2	4.0	4.7	5.5	6.3	7.1	7.9	8.7	9.5	10.0					
10	10	1.0	1.3	1.8	2.1	2.9	3.5	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0						
	14	0.9	1.1	1.7	2.1	2.8	3.0	3.4	4.3	5.1	6.0	6.9	7.8	8.6	9.5	10.4	12.0					
	20	0.7	1.1	1.5	1.9	2.3	2.6	3.0	3.7	4.5	5.3	6.0	6.8	7.5	8.3	9.0	10.5	12.0				
	30	0.7	1.0	1.3	1.7	2.0	2.4	2.7	3.3	4.0	4.7	5.3	6.0	6.7	7.4	8.0	9.5	11.0				
	60	0.6	0.9	1.2	1.6	1.9	2.2	2.5	3.1	3.7	4.4	5.0	5.6	6.2	6.7	7.5	8.0	10.0	12.5			
12	12	0.9	1.2	1.7	2.1	2.5	2.9	3.3	4.2	5.0	5.8	6.7	7.5	8.4	9.2	10.0	11.1					
	16	0.7	1.1	1.5	1.8	2.2	2.5	2.9	3.4	4.4	5.1	5.8	6.5	7.2	8.0	8.8	10.4	11.4				
	24	0.6	0.9	1.2	1.6	1.9	2.2	2.5	3.1	3.7	4.4	5.0	5.6	6.2	6.7	7.5	8.0	10.0	12.5			
	36	0.6	0.8	1.1	1.4	1.7	1.9	2.2	2.8	3.3	3.9	4.4	5.0	5.5	6.0	6.6	7.8	8.8	11.0			
	70	0.5	0.7	1.0	1.2	1.5	1.7	2.0	2.4	2.8	3.4	3.9	4.4	5.0	5.4	6.2	7.0	8.2	10.2			
14	14	0.7	1.1	1.6	2.1	2.5	2.9	3.4	4.3	5.0	5.7	6.4	7.1	7.8	8.5	10.0	11.4					
	20	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	3.0	3.6	4.2	4.9	5.5	6.1	6.7	7.8	8.6	9.8	12.1			
	30	0.5	0.8	1.0	1.3	1.6	1.9	2.1	2.6	3.1	3.7	4.2	4.7	5.2	5.6	6.3	7.1	8.4	10.5			
	40	0.5	0.7	1.0	1.3	1.6	1.9	2.1	2.6	3.1	3.7	4.2	4.7	5.2	5.6	6.3	7.1	8.4	10.5			
	90	0.4	0.7	0.9	1.1	1.3	1.5	1.8	2.2	2.6	3.1	3.5	3.9	4.4	4.8	5.2	6.1	6.8	10.0			
17	17	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.9	3.5	4.1	4.7	5.3	5.9	6.5	7.0	8.7	9.0	11.1			
	25	0.5	0.7	1.0	1.3	1.5	1.7	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	7.0	8.0	10.0	12.5		
	35	0.4	0.7	0.9	1.1	1.3	1.5	1.7	2.2	2.6	3.1	3.5	3.9	4.4	4.8	5.2	6.1	6.7	10.0			
	50	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	2.0	2.4	2.8	3.1	3.5	3.9	4.3	4.7	5.4	6.2	7.7	9.7	11.6	
	120	0.3	0.5	0.7	0.8	1.0	1.2	1.3	1.7	2.0	2.3	2.7	3.0	3.3	3.7	4.0	4.7	5.4	6.1	8.4	10.1	
20	20	0.5	0.7	1.0	1.2	1.5	1.7	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	7.0	8.0	10.0	12.5		
	30	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.5	1.7	2.1	2.5	2.9	3.3	3.7	4.1	4.5	4.9	5.6	6.2	10.0	12.5		
	45	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.9	2.3	2.7	3.1	3.5	3.9	4.3	4.7	5.4	6.1	7.4	9.4	10.5	
	60	0.3	0.5	0.7	0.8	1.0	1.2	1.3	1.7	2.0	2.3	2.7	3.0	3.3	3.7	4.0	4.7	5.4	6.7	8.4	10.1	
	150	0.2	0.5	0.6	0.8	0.9	1.1	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.7	3.0	3.3	3.6	4.2	4.8	6.0	7.5	9.0	
24	24	0.4	0.6	0.9	1.0	1.2	1.5	1.7	2.1	2.5	2.9	3.3	3.7	4.1	4.5	5.0	5.6	6.7	8.7	10.7	12.4	
	35	0.4	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	1.5	1.8	2.2	2.6	3.0	3.4	3.8	4.2	4.6	5.3	6.2	7.6	9.2	10.8	
	50	0.3	0.5	0.6	0.8	0.9	1.1	1.2	1.5	1.8	2.2	2.5	2.8	3.1	3.4	3.7	4.4	5.0	6.2	7.8	9.4	
	70	0.3	0.4	0.6	0.7	0.8	1.0	1.1	1.4	1.7	2.0	2.2	2.5	2.8	3.1	3.4	3.9	4.4	5.5	6.9	8.2	
	100	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	0.9	1.0	1.2	1.4	1.7	1.9	2.1	2.4	2.6	2.9	3.4	3.9	4.5	5.7	6.9	
30	30	0.3	0.5	0.7	0.8	1.0	1.2	1.3	1.7	2.0	2.3	2.7	3.0	3.3	3.7	4.0	4.7	5.4	6.7	8.4	10.0	
	45	0.3	0.4	0.6	0.7	0.8	1.0	1.1	1.4	1.7	1.9	2.2	2.5	2.8	3.1	3.3	3.9	4.4	5.5	6.9	8.2	
	60	0.2	0.4	0.5	0.6	0.7	0.9	1.0	1.2	1.5	1.7	2.0	2.2	2.5	2.7	3.0	3.3	3.8	4.6	5.6	6.7	
	90	0.2	0.3	0.4	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1	1.3	1.6	1.8	2.0	2.2	2.5	2.7	3.1	3.6	4.5	5.6	6.7	
	150	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.8	3.2	4.0	5.0	5.9	
36	36	0.3	0.4	0.6	0.7	0.8	1.0	1.1	1.4	1.7	1.9	2.2	2.5	2.8	3.0	3.4	3.9	4.4	5.5	6.9	8.3	
	50	0.2	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	1.0	1.1	1.3	1.5	1.7	1.9	2.1	2.3	2.6	2.9	3.3	4.0	4.8	5.7	
	70	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.5	2.8	3.1	3.8	4.1	5.1	
	100	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1	1.3	1.5	1.7	1.9	2.1	2.3	2.6	3.0	3.6	4.3	5.2	
	200	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	1.0	1.1	1.3	1.5	1.6	1.8	2.0	2.3	2.6	3.1	3.7	4.1	
42	42	0.2	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.9	2.1	2.4	2.6	2.8	3.3	3.8	4.7	5.9	7.1	
	60	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.8	3.2	4.0	5.0	6.0	
	80	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.8	3.2	4.0	5.0	6.0	
	140	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.9	1.1	1.2	1.4	1.5	1.7	1.9	2.1	2.5	2.9	3.6	4.3	5.2	
	200	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6	0.7	0.9	1.0	1.1	1.3	1.4	1.6	1.7	2.0	2.3	2.9	3.6	4.3	
50	50	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.8	3.2	4.0	5.0	6.0	
	70	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.9	1.0	1.2	1.4	1.5	1.7	1.9	2.1	2.5	2.9	3.6	4.3	5.2	
	100	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6	0.7	0.9	1.0	1.2	1.3	1.5	1.6	1.8	2.1	2.4	3.0	3.7	4.5	
	150	0.1	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.7	0.8	0.9	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.9	2.1	2.7	3.3	4.0	
	300	0.1	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.8	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.9	2.3	2.9	3.5	
60	60	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	1.0	1.2	1.3	1.5	1.7	1.8	2.0	2.3	2.7	3.1	4.1	5.0	
	100	0.1	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.7	0.8	0.9	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.9	2.1	2.7	3.3	4.0	
	150	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.2	1.4	1.6	1.9	2.1	2.9	3.5	
	300	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.2	1.4	1.6	2.0	2.5	3.0	3.5	
	600	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.2	1.4	1.6	2.0	2.5	3.0	3.5	
75	75	0.1	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.7	0.8	0.9	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.9	2.1	2.7	3.3	4.0	
	120	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.7	2.2	2.7	3.3	
	200	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.3	1.5	1.8	2.3	2.7	
	300	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.8	2.1	2.5	
	600	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.8	2.1	2.5	
100	100	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.6	2.0	2.5	3.0	
	200	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.5	1.8		

Nivel de iluminación x Área

$$\text{Lúmenes requeridos} = \frac{\text{C.U.} \times \text{F.P.T.}}{\text{Lúmenes iniciales por lámpara}}$$

$$\text{Número de lámparas} = \frac{\text{Lúmenes requeridos}}{\text{Lúmenes iniciales por lámpara}}$$

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

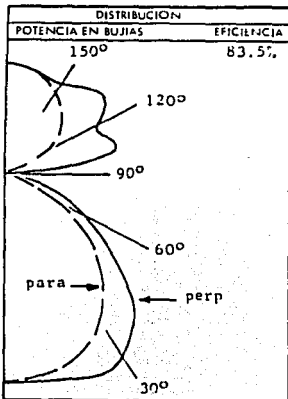
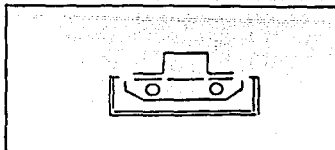
Fig. 6 - 6 Porcentajes de Reflectancia Efectiva para Cavidades del Techo y del Piso, para Varias Combinaciones de Reflectancia

PORCENTAJE DE REFLECTANCIA DEL TECHO O DEL PISO		90				80				70			50			30				10		
PORCENTAJE DE REFLECTANCIA DE LAS PAREDES		90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	65	50	30	10	50	30	10
RELACION DE CAVIDAD DEL TECHO O DEL PISO	0	90	90	90	90	80	80	80	80	70	70	70	50	50	50	30	30	30	30	10	10	10
	0.1	90	89	88	87	79	79	78	78	69	69	68	59	49	48	30	30	29	29	10	10	10
	0.2	89	88	86	85	79	78	77	76	68	67	66	49	48	47	30	29	29	28	10	10	9
	0.3	89	87	85	83	78	77	75	74	68	66	64	49	47	46	30	29	28	27	10	10	9
	0.4	88	86	83	81	78	76	74	72	67	65	63	48	46	45	30	29	27	26	11	10	9
	0.5	88	85	81	78	77	75	73	70	66	64	61	48	46	44	29	28	27	25	11	10	9
	0.6	88	84	80	76	77	75	71	68	65	62	59	47	45	43	29	28	26	25	11	10	9
	0.7	88	83	78	74	76	74	70	66	65	61	58	47	44	42	29	28	26	24	11	10	8
	0.8	87	82	77	73	75	73	69	65	64	60	56	47	43	41	29	27	25	23	11	10	8
	0.9	87	81	76	71	75	72	68	63	63	59	55	46	43	40	29	27	25	22	11	9	8
	1.0	86	80	74	69	74	71	66	61	63	58	53	46	42	39	29	27	24	22	11	9	8
	1.1	86	79	73	67	74	71	65	60	62	57	52	46	41	38	29	26	24	21	11	9	8
	1.2	86	78	72	65	73	70	64	58	61	56	50	45	41	37	29	26	23	20	12	9	7
	1.3	85	78	70	64	73	69	63	57	61	55	49	45	40	36	29	26	23	20	12	9	7
	1.4	85	77	69	62	72	68	62	55	60	54	48	45	40	35	28	26	22	19	12	9	7
	1.5	85	76	68	61	72	68	61	54	59	53	47	44	39	34	28	25	22	18	12	9	7
	1.6	85	75	66	59	71	67	60	53	59	52	45	44	39	33	28	25	21	18	12	9	7
	1.7	84	74	65	58	71	66	59	52	58	51	44	44	38	32	28	25	21	17	12	9	7
1.8	84	73	64	56	70	65	58	50	57	50	43	43	37	32	28	25	21	17	12	9	6	
1.9	84	73	63	55	70	65	57	49	57	49	42	43	37	31	28	25	20	16	12	9	6	
2.0	83	72	62	53	69	64	56	48	56	48	41	43	37	30	28	24	20	16	12	9	6	
2.1	83	71	61	52	69	63	55	47	56	47	40	43	36	29	28	24	20	16	13	9	6	
2.2	83	70	60	51	68	63	54	45	55	46	39	42	36	29	28	24	19	15	13	9	6	
2.3	83	69	59	50	68	62	53	44	54	46	38	42	35	28	28	24	19	15	13	9	6	
2.4	82	68	58	48	67	61	52	43	54	45	37	42	35	27	28	24	19	14	13	9	6	
2.5	82	68	57	47	67	61	51	42	53	44	36	41	34	27	27	23	18	14	13	9	6	
2.6	82	67	56	46	66	60	50	41	53	43	35	41	34	26	27	23	18	13	13	9	5	
2.7	82	66	55	45	66	60	49	40	52	43	34	41	33	26	27	23	18	13	13	9	5	
2.8	81	66	54	44	66	59	48	39	52	42	33	41	33	25	27	23	18	13	13	9	5	
2.9	81	65	53	43	65	58	48	38	51	41	33	40	33	25	27	23	17	12	13	9	5	
3.0	81	64	52	42	65	58	47	38	51	40	32	40	32	24	27	22	17	12	13	8	5	
3.1	80	64	51	41	64	57	46	37	50	40	31	40	32	24	27	22	17	12	13	8	5	
3.2	80	63	50	40	64	57	45	36	50	39	30	40	31	23	27	22	16	11	13	8	5	
3.3	80	62	49	39	64	56	44	35	49	39	30	39	31	23	27	22	16	11	13	8	5	
3.4	80	62	48	38	63	56	44	34	49	38	29	39	31	22	27	22	16	11	13	8	5	
3.5	79	61	48	37	63	55	43	33	48	38	29	39	30	22	26	22	16	11	13	8	5	
3.6	79	60	47	36	62	54	42	32	48	37	28	39	30	21	26	21	15	10	13	8	4	
3.7	79	60	46	35	62	54	42	32	48	37	27	38	29	21	26	21	15	10	13	8	4	
3.8	79	59	45	35	62	53	41	31	47	36	27	38	29	21	26	21	15	10	13	8	4	
3.9	78	59	45	34	61	53	40	30	47	36	26	38	29	20	26	21	15	10	13	8	4	
4.0	78	58	44	33	61	52	40	30	46	35	26	38	29	20	26	21	15	9	13	8	4	
4.1	78	57	43	32	60	52	39	29	46	35	25	37	28	20	26	21	14	9	13	8	4	
4.2	78	57	43	32	60	51	39	29	46	34	25	37	28	19	26	20	14	9	13	8	4	
4.3	78	56	42	31	60	51	38	28	45	34	25	37	28	19	26	20	14	9	13	8	4	
4.4	77	56	41	30	59	51	38	28	45	34	24	37	27	19	26	20	14	8	13	8	4	
4.5	77	55	41	30	59	50	37	27	45	33	24	37	27	19	25	20	14	8	14	8	4	
4.6	77	55	40	29	59	50	37	26	44	33	24	36	27	18	25	20	14	8	14	8	4	
4.7	77	54	40	29	58	49	36	26	44	33	23	36	26	18	25	20	13	8	14	8	4	
4.8	76	54	39	28	58	49	36	25	44	32	23	36	26	18	25	19	13	8	14	8	4	
4.9	76	53	38	28	58	49	35	25	44	32	23	36	26	18	25	19	13	7	14	8	4	
5.0	76	53	38	27	57	48	35	25	43	32	22	36	26	17	25	19	13	7	14	8	4	

Descripción: Unidad Directa- Indirecta con costados
Plásticos primarios y Panel Inferior
Catálogo N°: XYZ Lúmenes: 3100 cada una
Lámparas: 2-F40T12/CW Distancia de Prueba: 20 pies
Observaciones:

★ Reflectancia efectiva de la cavidad

Relación entre separación máxima y altura de instalación : 1,4



DATOS DE INGENIERIA PARA APLICACION

Porcentaje de distribución de luminaria	pcp	pcr	C																
descubierta	rci	COEFFICIENTS OF UTILIZATION																	
3	62	51	53	55	57	59	61	63	65	67	69	71	73	75	77	79	81	83	85
4	35	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44
5	49	43	35	41	47	53	59	65	71	77	83	89	95	100	100	100	100	100	100
6	44	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
7	40	33	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	86	91	96	100	100
8	35	24	15	21	27	33	39	45	51	57	63	69	75	81	87	93	99	100	100
9	32	26	21	27	33	39	45	51	57	63	69	75	81	87	93	99	100	100	100
10	29	23	14	21	27	33	39	45	51	57	63	69	75	81	87	93	99	100	100

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

BLINDAJE COMPLETO

DATOS DE LUMINANCIA MAXIMA

ZONA	ALTRAVES		A LO LARGO	
	MAXIMC	ANGULO	MAXIMC	ANGULO
0	2150	0	200	0
40-50	1250	5	1100	45
50-60	1050	55	750	55
60-70	730	65	530	65
70-80	490	75	400	75
80-90	350	85	240	85

A continuación se explican algunas razones para esta clasificación de costos:

Diferencia de calidad en los componentes.

Materiales y acabados.

Estética y diseño

Dependencia de si las unidades se producen en masa, en cantidades relativamente pequeñas, o hechas a la orden.

CUESTIONARIO

1.- ¿Qué propósito tiene la curva de distribución de potencia en candelas?

2.- ¿Para qué sirven los datos de luminancia de las luminarias?

3.- ¿Qué diferencia existe entre el ángulo de corte y el ángulo de blindaje?

4.- Nombre cuatro métodos que sirvan para controlar la luz de una luminaria.

ANGULO EN LA ZONA MEDIA	POTENCIA EN BUJIAS ANGULOS HORIZONTALES			LUMENES EN ZONA
	I	II	45°	
180	538	558	538	-
175	552	552	559	53
165	542	544	476	159
155	505	496	494	230
145	539	440	467	300
135	589	372	467	367
125	553	240	473	401
115	465	190	388	356
105	539	84	258	301
95	268	16	113	140
90	166	0	70	-
85	117	20	82	82
75	187	83	116	132
65	342	188	198	230
55	548	306	420	393
45	804	584	702	540
35	1026	786	955	583
25	1120	941	1053	483
15	1044	1030	1062	302
5	1074	1068	1071	102
0	1074	1074	1074	-

Fig. 5 - 10 Datos fotométricos de las luminarias.

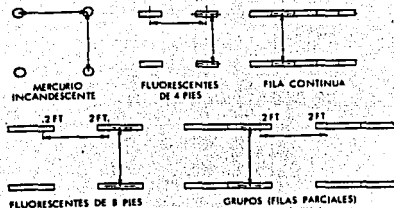
Distribución

Para alcanzar una buena uniformidad en la iluminación se requiere delimitar la máxima separación de las luminarias; los fabricantes dan esta información en función de la relación entre la máxima separación y la altura de montaje. La altura de montaje viene siendo igual a la altura de la cavidad del local. Una vez obtenida esta cifra, debe aplicarse de la manera mostrada en la figura 3.15 ya sea para luminarios montados individualmente, filas continuas y filas discontinuas. De seguirse estas reglas entonces la iluminación en la parte central del local será uniforme.

Es muy factible que el nivel de iluminación disminuya cerca de las paredes, y esto depende del tipo de luminaria instalada o por instalar así como de las reflectancias de las paredes. De lo anterior se recomienda que se incremente la iluminación en dicha área. En el caso de luminarias montadas individualmente, la distancia entre pared y luminaria deberá ser:

$$\text{Separación de luminaria a pared} = \frac{\text{Separación de lum. a lum.}}{3}$$

donde lum. = luminaria



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Fig. 3.15 Dimensiones de la separación a usar en relación con la proporción entre la altura de montaje y la separación. La altura de montaje es desde la luminaria hasta el plano de trabajo para luminarias directas, semi-directas y difusas generales, y desde el techo al plano de trabajo para luminarias semi-indirectas e indirectas.

En el caso de filas continuas de luminarias fluorescentes , la distancia entre la pared y el centro de la primera fila deben estar basada en la anterior formula .

Los extremos de las filas deberán quedar separados de la pared entre 15 y 60 cm , esto sujeto a la altura de montaje de las luminarias .

Fórmulas de espaciamiento

En el caso de unidades individuales o separación transversal entre filas continuas :

$$\text{Número mínimo de filas} = \frac{\text{Ancho del local}}{\text{Máxima separación permitida}}$$

Separación longitudinal entre filas continuas :

$$\text{Número máximo de unidades por fila} = \frac{\text{Longitud del local} - l}{\text{Longitud de las lums.}}$$

(Permite un espacio de 15 cm en el extremo)

$$\text{Número mínimo de unidades por fila} = \frac{\text{Longitud del local} - 4}{\text{Longitud de las lums.}}$$

(permite una separación de 60 cm en el extremo)

En la mayor parte de los casos , el número obtenido de luminarias para conseguir el nivel de iluminación requerido no será posible distribuirse en el área en forma estética y económica . Por lo que se necesitará ajustar el número de luminarias a uno que permita su adecuada distribución . El nivel de iluminación inicial podrá entonces recalcularse a través de la siguiente formula :

$$E_i = \frac{\text{Lúmenes iniciales de lamparas por luminaria} \times \text{C.U.}}{\text{Área del local por luminaria}}$$

La iluminación mantenida se puede obtener con la formula:

$$E_m = \frac{\text{Lúmenes iniciales de lamparas por luminaria X CU X FPT}}{\text{Área del local por luminaria}}$$

Por otra parte la iluminación puede calcularse a través de la siguiente expresión :

$$E = \frac{\text{Número real de luminarias}}{\text{No. requerido de luminarias X iluminación de diseño}}$$

3.7.2 Método de punto por punto

El método de cálculo de iluminación denominado punto por punto cuenta con varias fórmulas mediante las cuales se puede obtener el nivel de iluminación en un punto cualquiera. Las mencionadas fórmulas se presentan a continuación.

Iluminación normal

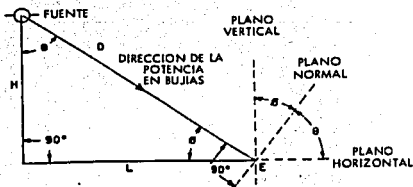
En caso de que el haz de potencia en candelas y el plano iluminado sean perpendiculares se puede obtener el nivel de iluminación a través de la siguiente fórmula: (Ver figura 3.16)

$$E_n = \frac{I}{D^2} \quad \text{donde:}$$

E_n = Nivel de iluminación en luxes en un punto en el plano normal.

I = Potencia luminosa en candelas

D = Distancia del centro de la lámpara al punto en el cual se desea obtener el nivel de iluminación.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. 3.16 Diagrama que muestra la relación entre las diversas cantidades utilizadas en cálculos puntuales.

Iluminación horizontal

La fórmula para obtener el nivel de iluminación en un plano horizontal es la siguiente: (Ver figura 3.16).

$$E_h = \frac{I}{D^2} (\cos \varphi) \quad \text{o bien}$$

$$E_h = \frac{I}{H^2} (\cos \varphi) \quad \text{donde:}$$

E_h = Nivel de iluminación en luxes en un punto en el plano horizontal.

I = Potencia luminosa en candelas.

φ = Ángulo de inclinación respecto a la vertical.

D = Distancia del centro de la lámpara al punto en el cual se quiere obtener el nivel de iluminación.

Iluminación vertical

Ver. figura 3.16

$$E_v = \frac{I}{D^2} (\cos \varphi)$$

pero $\cos \varphi = \sin \psi$ porque son ángulos complementarios y por lo tanto:

$$E_v = E_h \sin \psi \quad \text{o bien} \quad E_v = \frac{I}{D^2} \sin \psi \quad \text{donde:}$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

E_v = Nivel de iluminación en luxes en un punto en el plano vertical.

I = Potencia luminosa en candelas.

φ = Ángulo de inclinación respecto a la vertical.

D = Distancia del centro de la lámpara al punto en el cual se quiere obtener el nivel de iluminación.

Iluminación en cualquier plano

Ver figura 3.17

$E = (E_n) (\cos \psi)$ donde:

E = Nivel de iluminación en el punto deseado.

E_n = Nivel de iluminación en el punto en el plano normal.

ψ = Ángulo formado por el plano normal y un plano cualquiera que se ha girado un ángulo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

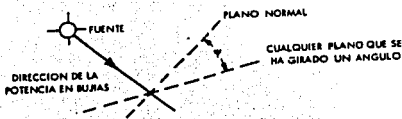


Fig. 3.17 Iluminación sobre de un punto en un plano.

3.8 Alumbrado exterior

3.8.1 Alumbrado de calles

El alumbrado de las calles debe ser de tal que proporcione una visibilidad suficiente para que los peatones y vehículos no tengan ningún problema

En lo que respecta al proyecto eléctrico del alumbrado de calles, es recomendable tomar en cuenta los siguientes puntos:

- Clase de calle
- Luminarias y fuentes luminosas
- Geometría de la instalación
- Tipo de alimentación
- Factibilidad de la instalación

Los requisitos que debe satisfacer una instalación de alumbrado público son los siguientes:

- Grado aceptable de uniformidad en cuanto a iluminación
- Confiabilidad
- Evitar el deslumbramiento
- Estética
- Facilidad de mantenimiento

3.8.1.1. Disposición de las luminarias

Existen diferentes disposiciones de luminarias, las más usuales son las siguientes:

Unilateral con postes.- Se utiliza por lo general en calles no muy anchas. Ver figura 3.18

Bilateral con postes alternados.- Esta disposición suele ofrecer una mejor visibilidad con respecto a la unilateral, aunque su costo es mayor. Ver figura 3.19

Bilateral con postes con centros opuestos.- Es recomendable para calles largas y anchas con dos sentidos de circulación. Ver figura 3.20

Luminarias dobles al centro.- Se aplica en calles con camellón al centro, en este caso, resulta más económica esta disposición que las bilaterales. Ver figura 3.21

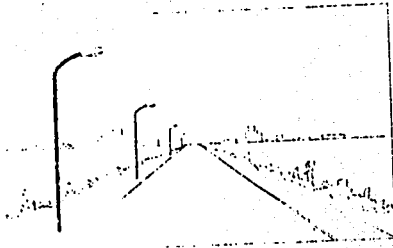


Fig. 3.18 Iluminación de calles en forma unilateral para calles relativamente angostas, es una solución económica que cumple con los requisitos de iluminación.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Fig. 3.19 Iluminación bilateral con luminarias alternadas

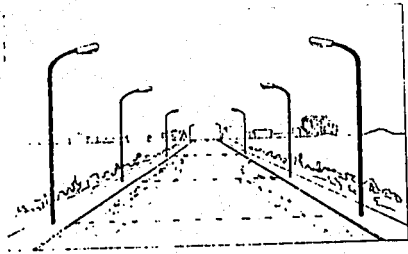


Fig. 3.20 iluminación de calles con disposición de luminarias bilateral con centros opuestos.

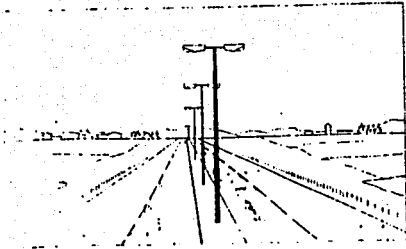


Fig. 3.21 Iluminación de calles con disposición de luminarias central doble.

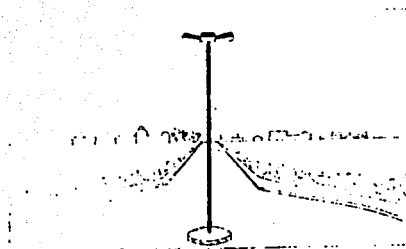
Calles angostas y áreas residenciales.- Aplicable en calles estrechas y arboladas, en parques y jardines donde se requiere satisfacer condiciones estéticas. Ver figura 3.22

Sistema de iluminación en grupo.- aplicable en plazas, cruces de calles con glorietas y extensas áreas abiertas, en estos casos suelen usarse torres entre 20 y 40 metros. Ver figura 3.23.

Curvas y cruceos de calles.- En este caso se debe ser muy cuidadoso en la disposición de las luminarias.



Fig. 3.22 Iluminación de calles relativamente angostas con árboles y jardines donde se cuida el aspecto estético.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. 3.23 Iluminación de glorietas y áreas abiertas por medio de luminarias en grupo con uso de

postes altos.

3.8.2. Cálculo de iluminación externa

A continuación se tienen algunos conceptos aplicables en el cálculo de iluminación externa.

Distancia entre luminarias.- Depende de los factores enunciados a continuación: altura de montaje de los centros luminosos (H), grado de deslumbramiento tolerado y uniformidad requerida en la iluminación.

Coefficiente de utilización.- Es la relación entre el flujo luminoso que incide en la calle y el flujo que emite la lámpara; esto se puede representar en los siguientes términos:

$$Nu = \frac{\phi_u}{\phi_L} \quad \text{donde:}$$

Nu = Coeficiente de iluminación

ϕ_u = Flujo útil

ϕ_L = Flujo luminoso de la lámpara

En el coeficiente de utilización influye:

- El ancho de la calle
- La colocación de los centros luminosos
- El tipo de luminaria
- El factor de reflexión

El coeficiente de utilización puede variar entre 0.20 y 0.50 siempre y cuando el ancho de la calle sea aproximado a la altura de la luminaria. Por lo general los fabricantes proporcionan el coeficiente de utilización a través de curvas en donde se localiza la iluminación generada por la luminaria hacia el lado de la calle y hacia el lado contrario. Ver figura 3.24.

Ejemplo.- Se desea obtener la iluminación media inicial en una calle de 10m de ancho con luminarias instaladas en un lado de la calle y con una altura de montaje de 10m, la distancia entre luminarias es de 20m, las lámparas son de 250 watts con un flujo luminoso (ϕ_L) de 13700 lúmenes.

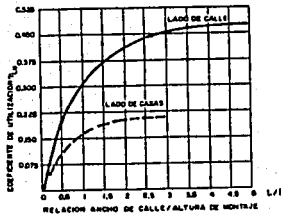


Fig. 3.24 Coeficiente de utilización vs relación L/h.

$$\frac{L}{H} = 1$$

con este valor se recurre a la gráfica anterior y se obtiene el coeficiente de utilización que es:

$$Nu = 0.3$$

El flujo útil se obtiene de la siguiente manera:

$$Ou = (\Phi_L)(Nu) = 13700 \times 0.3 = 4110 \text{ lumen}$$

La superficie por iluminar de un sólo centro luminoso es:

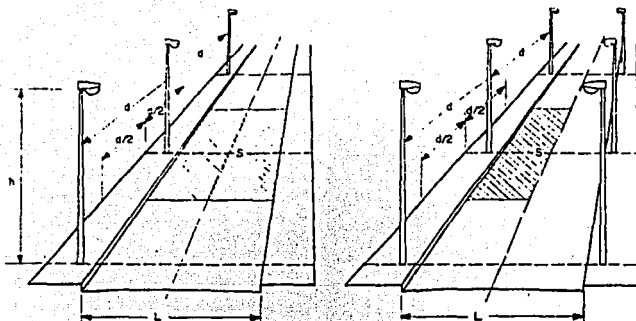
$$S = DL = 20 \times 10 = 200 \text{ m}^2$$

Entonces la iluminación media inicial será :

$$Im = \frac{Ou}{S} = \frac{4110}{200} = 20.55 \text{ luxes}$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

LOCALIZACION DE LUMINARIAS Y AREA POR ILUMINAR



S = AREA POR ILUMINAR
d = DISTANCIA O SEPARACION ENTRE LUMINARIAS
h = ALTURA DE LA LUMINARIA

Fig. 3.25 Localización de luminarias y área por iluminar

Tabla 3.5

Alturas de montaje recomendadas para luminarias

CLASE DE INSTALACION DE LUMINARIA.	ANCHO DE LA CALLE (m)	DISPOSICION DE LAS LUMINARIAS	ALTURA DE MONTAJE (m)
AUTOPISTAS Y CALLES CON INTENSO TRAFICO DE VEHICULOS Y POCACIRCULACION DE PEATONES	ENTRE 8 Y 10 M. O MAS DE 10 M	UNILATERAL O-BILATERAL CON CENTROS ALTERNOS	10 A 12 M
	MAIOR DE 10 M	BILATERAL CON CENTROS ALTERNOS O DOWEL CENTRAL	MAS DE 12 M
CALLES SUBURBANAS CON TRAFICO MEDIO	MEJORES DE 10 M	UNILATERAL	10 M O MAYOR
	MAYOR DE 10 M	BILATERAL CON CENTROS ALTERNOS	ENTRE 10 Y 12 M
CALLES URBANAS CON ALTO INTENSOTRAFICO MOTORIZADO Y CON TRAFICO DE PEATONES INTENSO (CALLES Y PLAZAS DE IMPORTANCIA)	MAIOR DE 3 M	UNILATERAL	MAYOR O IGUAL A 8 M
	ENTRE 8 Y 10 M	UNILATERAL O BILATERAL -- CON CENTROS ALTERNOS	ENTRE 8 Y 10 M
	MAYOR DE 10 M	BILATERAL CON CENTROS ALTERNOS BILATERAL CON CENTROS OPUESTOS	10 M O MAYOR DE 10 M
CALLES CON POCO TRAFICO DE VEHICULOS Y POCACIRCULACION DE	MAIOR O MENOR DE 8 M	UNILATERAL	MAYOR DE 7,5 M
	MAYOR DE 8 M	UNILATERAL	DE 8 A 9 M
CALLES EN PEQUEÑAS POBLACIONES CON POCO TRAFICO DE VEHICULOS-SIN CIRCULACION DE VEHICULOS		UNILATERAL	DE 7,5 A 9,0 M

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Tabla 3.6

Alturas de montaje recomendadas para luminarias en función de la potencia de las lámparas.

CLASE DE INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN	L Á M P A R A		ALTURA DE MONTAJE (M)
	TIPO	POTENCIA (WATTS)	
CALLES DE ALTO TRÁFICO DE VEHÍCULOS O DE MEDIO TRÁFICO CON POCAS CIRCULACIÓN DE PERSONAS	SODIO DE ALTA PRESIÓN	400	12 M O MAYOR
	YODURO METÁLICO	400	12 M O MAYOR
	VAPOR DE MERCURIO O SODIO A ALTA PRESIÓN	250	ENTRE 9 Y 12 M
	DE SODIO A BAJA PRESIÓN	90-135	ENTRE 9 Y 12 M
CALLES EXTERNAS DE BAJO TRÁFICO	SODIO A BAJA PRESIÓN	90-135	ENTRE 9 Y 12 M
CALLES DE TIPO SECUNDARIO CON POCO TRÁFICO DE VEHÍCULOS Y PERSONAS	VAPOR DE MERCURIO O FLUORES	80-125	DE 8 A 10
	CENTE	50	MAYOR DE 6 M

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla 3.7

Relación distancia entre luminarias a la altura de montaje

TIPO DE LUMINARIA	LÁMPARA DE BULBO FLUORESCENTE (CON GRAN SUPER- FICIL EMITENTE)	LÁMPARA CLARA (DE EMISIÓN CON- TRADA)
CERRADA	2,8 A 3,2	3,0 A 3,5
SIMPLICILERTA	3,0 A 3,5	3,2 A 3,5
ABIERTA	DIFERENTE DE 3,5	DIFERENTE DE 3,5

Mientras menor sea la relación distancia entre luminarias (D) a altura de montaje (H) existirá un mayor grado de uniformidad en la iluminación, sin embargo el costo de la instalación será mayor ya que se necesita un mayor número de luminarias y de postes. La relación D/H dependerá de la calidad de instalación que se quiera.

Superficie por iluminar (S)

Depende de la disposición de luminarias elegida.

a) Para disposición axial, unilateral y bilateral con centros alternados se calcula de la siguiente manera:

$$S = DL \text{ (m}^2\text{) donde:}$$

S = Superficie por iluminar (m²)

D = Distancia entre luminarias (m)

L = Ancho de la calle (m)

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

b) Para disposición bilateral con centros opuestos

$$S = \frac{DL}{2} \text{ (m}^2 \text{)}$$

3.8.1.3. El método del flujo total

Para la aplicación de este método hay que partir de la obtención del flujo luminoso (ϕ_t) que genera cada centro luminoso, el cual se determina una vez que se ha establecido el nivel medio de iluminación (E_m).

$$\phi_t = \frac{E_m S}{Nu K_d K_m} \quad \text{donde:}$$

Nu = Coeficiente de utilización obtenido por curva de fabricante de luminarias.

K_d = Coeficiente de degradación de las luminarias el cual se considera de 0.85 para lámparas de sodio a baja presión y aquellas con bulbo fluorescente y 0.9 para lámparas de vapor de sodio a alta presión.

K_m = Coeficiente de mantenimiento. En atmósferas limpias varía de 0.85 a 0.70 si las luminarias son abiertas y de 0.95 a 0.85 para luminarias cerradas.

En atmósferas con polvos, humos, etc. se asigna 0.70 para luminarias abiertas y 0.75 para aquellas que son cerradas.

Si consideramos el caso de la disposición de luminarias axial unilateral o bilateral con centros alternados se tiene que:

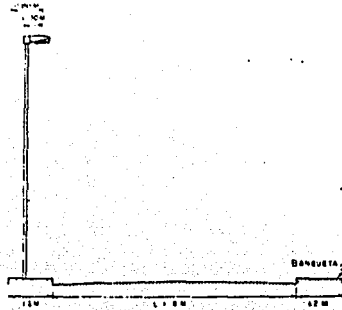
$S = DL$ y sustituyendo en la expresión anterior:

$$D = \frac{\phi_t Nu K_d K_m}{E_m L}$$

Φ_L es el flujo emitido por la lámpara y aparece en la expresión cuando se adopta una lámpara dada con un nivel de iluminación E_m .

Ejemplo.- Se quiere una calle cuya localización es en la periferia de una población, el tránsito de vehículos es mínimo, el medio ambiente no es limpio. El nivel de iluminación medio es de $E_m = 6$ luxes, se utilizarán luminarias en poste con 5° de inclinación en relación al plano horizontal de la calle; las luminarias a instalar son del tipo cerrado con difusor de plástico.

La siguiente figura muestra algunos datos de montaje de los centros luminosos, así como dimensiones de la calle.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. 3.26 Datos de montaje de los centros luminosos y dimensiones de la calle.

Solución

De tablas (3.5 y 3.6) se obtiene que la altura de montaje que se recomienda considerando disposición unilateral de luminarias es $H = 8.0m$

De la tabla (3.7) la relación D/H es de 3.2 por lo que la separación de las luminarias sería:

$$D/H = 3.2 \quad D = 3.2H = 3.2(8) = 25m$$

Considerando $K_d = 0.85$ y $K_m = 0.70$

La superficie a iluminar se obtiene :

$$S = DL = (25)(8) = 200 m^2$$

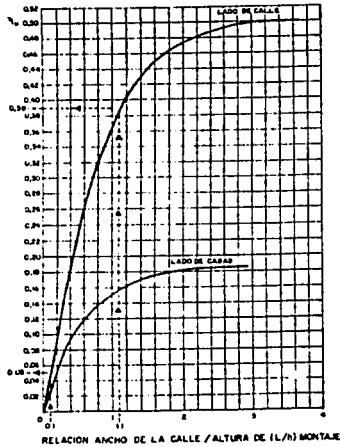
Coefficiente de utilización

Tomando la curva siguiente como referencia, la relación L/H es igual a :

$$L/H = 8/8 = 1$$

Entrando a la curva del coeficiente de utilización proporcionada por el fabricante con L/H = 1 se obtiene:

$$Nu = 0.37$$



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. 3.27 Curva de fabricante para obtención del coeficiente de utilización.

El flujo luminoso del lado de la calle queda determinado mediante la siguiente expresión:

$$\phi_t = \frac{Em S}{Nu Kd Km} = \frac{(6)(200)}{(0.37)(0.85)(0.70)} = 5450 \text{ lm}$$

Ya con este valor se puede entrar a tabla de luminarias de fabricante y se pueden elegir lámparas de 6300 lúmenes de 125 watts.

Obteniendo el nivel medio de iluminación sobre la calle:

$$E_m = \frac{N_u \phi_L}{S} = \frac{(0.37)(6300)}{200} = 11.65 \text{ luxes}$$

Tomando en cuenta los factores de mantenimiento y degradamiento

$$E_m \cdot K_d \cdot K_m = (11.65)(0.85)(0.70) = 6.93 \text{ luxes}$$

3.8.1.4: Cálculo de iluminación de calles con referencia a las características de las luminarias.

Este método esta fundamentado en el manejo de tablas.

La IES (Sociedad de Ingeniería en Iluminación) aconseja los siguientes niveles de iluminación para calles según el tránsito de vehículos por hora.

	CLASIFICACIÓN DE TRÁNSITO DE VEHÍCULOS POR HORA			
	MUY ESCASO MENOS DE 150	ESCASO (150 A 500)	MEDIANO (500 A 1200)	INTENSO (MAS DE 1200)
INTENSO	6	8	10	12
MEDIANO	4	6	8	10
ESCASO	2	4	6	8

Fig. 3.28 Niveles de iluminación para calles según el transito de vehículos por hora.

Los anteriores valores están basados en condiciones de reflexión del pavimento muy buenas (10%), si el mantenimiento es pobre los valores de la tabla se deben incrementar.

Ejemplo.- Se requiere iluminar una calla residencial tomando en cuenta el valor mínimo recomendado por la IES. El ancho de la calle es de 12m.

Solución

De la tabla 3.7 se busca la sección residencial, se localiza el renglón de tráfico local y se escoge la luminaria que permite una mayor separación entre postes, que en este caso es la Multilite con lámpara de vapor de sodio a alta presión con una potencia de 150 watts, que es con la que se consigue una separación máxima de 76m.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

CLASIFICACIONES DE VIDA															
Clasificación por áreas	Clasificación por trabajos	Promedios de horas mensuales		Retención de uniformidad		No. de remisión	Luminario	Lampara	Anchura de vía (m)	Altura de montaje (m)	Gravación (frecuencia/seg)	Kw/Hm	Luznets (leques)	MF	Curvas de pérdida
		horas	meses	horas	meses										
RESIDENCIAL	LOCAL	4	6	4.3	5.2	18	CR-250		9.0	9.0	61	1.9	9500	0.69	35-175654
				5.0	3.0	19	CRCO-250	SAP 150	9.0	9.0	*46	2.6	9500	0.69	35-176169
				7.3	5.2	20	MULTILITE		9.0	9.0	61	2.8	16000	0.69	35-175654
				7.3	5.2	21	CR-250		9.0	9.0	61	2.8	16000	0.69	35-175654
				6.8	5.9	22	DECALITE*		9.0	9.0	55	3.1	16000	0.69	35-175726
				7.2	5.6	23	CRCO-250		9.0	9.0	52	3.3	16000	0.69	35-176169
				4.0	2.2	24	MULTILITE	VM 175	9.0	9.0	37	5.5	8150	0.70	35-174447
				4.0	2.2	25	CR-250		9.0	9.0	37	5.5	8150	0.70	35-174447
				5.2	2.4	26	CRCO-250		9.0	9.0	40	8.2	8150	0.69	35-176174
				4.2	3.0	27	MULTILITE	VM 250	9.0	9.0	46	6.2	11500	0.65	35-174447
				4.2	3.0	28	CR-250		9.0	9.0	46	6.2	11500	0.65	35-174447
				5.1	5.8	29	DECALITE*		9.0	9.0	46	6.2	11500	0.65	35-175800
				5.3	4.5	30	CRCO-250		9.0	9.0	43	6.4	11500	0.69	35-176174
				4.2	3.3	31	MULTILITE	SAP 70	9.0	9.0	33	2.4	5800	0.58	35-175644
				4.2	3.3	32	CR-250		9.0	9.0	33	2.4	5800	0.58	35-175644
				5.0	2.0	33	CRCO-250		9.0	9.0	27	2.6	5800	0.63	35-176169
				4.2	3.5	34	MULTILITE	SAP 100	9.0	9.0	52	2.3	9500	0.69	35-175631
				4.2	3.5	35	CR-250		9.0	9.0	52	2.3	9500	0.69	35-175631
				5.5	2.0	36	CRCO-250		9.0	9.0	40	2.9	9500	0.69	35-176169
				4.6	5.3	37	MULTILITE	SAP 150	12.0	9.0	76	2.2	16000	0.69	35-175693
	4.6	5.3	38	CR-250		12.0	9.0	76	2.2	16000	0.69	35-175693			
	5.0	5.3	39	DECALITE*		12.0	9.0	49	3.5	16000	0.69	35-175725			
	6.4	5.0	40	CRCO-250		12.0	9.0	55	3.1	16000	0.69	35-176169			
	COLECTOR	6	3	6.0	2.0	41	MULTILITE	VM 250	9.0	9.0	37	7.8	11500	0.65	35-174447
				6.0	2.0	42	CR-250		9.0	9.0	37	7.8	11500	0.65	35-174447
				7.4	2.7	43	DECALITE*		9.0	9.0	37	7.8	11500	0.65	35-175800
				8.2	2.2	44	CRCO-250		9.0	9.0	30	8.9	11500	0.69	35-176173
				8.5	2.9	45	CROMALITE	VM 400	9.0	9.0	49	9.4	21500	0.60	35-175827
				11.9	2.9	46	DECALITE*		9.0	9.0	33	13.7	21500	0.60	35-175721
				8.7	3.0	47	COLONIALITE		9.0	5.5	29	15.7	21500	0.54	35-175345
				7.7	3.0	48	MULTILITE	SAP 150	9.0	9.0	55	3.1	16000	0.69	35-175632
				7.7	3.0	49	CR-250		9.0	9.0	55	3.1	16000	0.69	35-175632
				9.4	3.0	50	DECALITE*		9.0	9.0	40	4.3	16000	0.69	35-175726
				8.0	3.0	51	CRCO-250		9.0	9.0	46	3.7	16000	0.69	35-176169
				6.9	2.2	52	COLONIALITE	SAP	9.0	9.0	64	4.61	27500	0.69	35-176281
				6.2	2.1	53	MULTILITE	VM 250	12.0	9.0	30	9.35	11500	0.65	35-174447
				6.2	2.1	54	CR-250		12.0	9.0	30	9.35	11500	0.65	35-174447
				6.9	3.0	55	DECALITE*		12.0	9.0	33	8.50	11500	0.65	35-175800
				8.1	2.2	56	CRCO-250		12.0	9.0	27	10.39	11500	0.65	35-176174
				8.2	3.0	57	CROMALITE	VM 400	12.0	9.0	46	10.06	21500	0.60	35-175826
11.3				2.8	58	DECALITE*		12.0	9.0	30	15.09	21500	0.60	*5-175721	
8.7				3.0	59	COLONIALITE		12.0	5.5	24	18.87	21500	0.54	3-175345	
7.3				2.8	60	MULTILITE	SAP 150	12.0	9.0	49	3.48	16000	0.69	35-175632	
7.3	2.8	61	CR-250		12.0	9.0	49	3.48	16000	0.69	35-175632				
9.3	2.8	62	DECALITE*		12.0	9.0	33	5.06	16000	0.69	35-175726				
8.5	3.2	63	CRCO-250		12.0	9.0	40	4.29	16000	0.69	35-176170				
6.9	2.8	64	COLONIALITE	SAP 250	12.0	9.0	60	4.92	27500	0.69	35-176281				
MAYOR	10	3	10.2	2.2	65	CROMALITE	VM 400	12.0	9.0	37	12.58	21500	0.60	35-175826	
			10.3	3.0	66	DECALITE*		12.0	9.0	33	13.72	21500	0.60	35-175722	
			10.0	2.3	67	MULTILITE	SAP 150	12.0	9.0	33	5.06	16000	0.69	35-175693	
			10.0	2.3	68	CR-250		12.0	9.0	33	5.06	16000	0.69	35-175693	
			10.3	2.6	69	DECALITE*		12.0	9.0	30	5.61	16000	0.69	35-175726	
			13.8	2.5	70	CRCO-250		12.0	9.0	24	6.98	16000	0.69	35-176170	
			10.3	3.0	71	CROMALITE	SAP 250	12.0	9.0	64	4.69	27500	0.69	35-176017	
13.0	2.7	72	DECALITE*		12.0	9.0	37	6.83	27500	0.69	35-175723				

* Los luminarios Decalite y Cromalite CO tienen idéntica información fotométrica. Los números de la información fotométrica son los del luminario Decalite

NOTA : CR - 250 ES IGUAL A CROMALITE 250 Y
CRCO - ES IGUAL A CROMALITE L0 250

3.9. Cálculo de circuitos derivados de alumbrado

En base a la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMP-1994 fechada en Octubre de 1994 relativa a las instalaciones destinadas al suministro y uso de la energía eléctrica se permite el uso de circuitos derivados de 15 o 20 amperes para suministrar energía a unidades de alumbrado con portalámparas estandar. solo se permiten circuitos derivados de más de 20 amperes para abastecer lámparas fijas con portalámparas para servicio pesado.

El número de circuitos derivados se obtiene con la siguiente expresión:

$$\text{Num. de ctos.} = \frac{\text{Carga total en watts}}{\text{Capacidad de cada circuito en watts}}$$

En el caso de un circuito de 15 amperes su capacidad es de:

$$15 \text{ A} \times 127 \text{ V} = 1905 \text{ watts}$$

Y para uno de 20 amperes:

$$20 \text{ A} \times 127 \text{ V} = 2540 \text{ watts}$$

Ejemplo.- Obtener el número de circuitos derivados de 20 amperes a 127 volts para abastecer una carga total de alumbrado de 10,000 watts, si las lámparas son incandescentes de 100 watts.

Solución

$$\text{num. de ctos.} = \frac{10,000}{2,540} = 3.93 \text{ por lo tanto serían } 4$$

el número de lámparas por circuito es:

$$\text{Num. de lámparas por cto.} = \frac{\text{Capacidad de cada cto. en watts}}{\text{Watts por lámpara}}$$

$$= \frac{2540}{100} = 25.4$$

El número de lámparas por circuito será de 25.

Si cada uno de los 4 circuitos va a tener 25 lámparas de 100 watts y la longitud de cada uno de ellos es de 50 metros y van a salir por tuberías independientes, calcular el calibre de los conductores, su protección y la canalización en que deberán ir alojados.

Cálculo de los conductores

a) Cálculo de los conductores por capacidad de corriente

$$W = 100 \times 25 \text{ lámparas} = 2500 \text{ watts}$$

$$E = 127 \text{ volts}$$

$$\cos \varphi = 1$$

$$I = \frac{W}{E \cos \varphi}$$

La corriente de cada circuito derivado será la misma:

$$I = \frac{2500}{127 \times 1} = 19.68 \text{ A}$$

De tablas el calibre de los conductores es del 12 AWG.

b) Cálculo de los conductores por caída de tensión

$$e \% = \frac{4 LI}{ES} \quad \text{donde:}$$

$$L = 50\text{m}$$

$$e \% = 4$$

$$E = 127\text{v}$$

$$I = 19.68\text{A}$$

$$S = \text{Sección transversal del conductor.}$$

despejando S

$$S = \frac{4 LI}{E e\%} \quad \text{sustituyendo:}$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

$$S = \frac{4(50)(19.68)}{(127)(4)} = 7.74 \text{ mm}^2$$

De tablas el calibre de los conductores debe ser del numero 8 AWG.

Por lo tanto los conductores a utilizar serán del calibre número 8 AWG.

Cálculo de las protecciones

Tomando en cuenta que la corriente que consumirá cada circuito es de 19.68 amperes, para todos los circuitos se utilizarán interruptores termomagnéticos de 1X20 A.

Cálculo de las canalizaciones

El diámetro de la canalización para cada circuito derivado será el mismo y se calcula a través de la siguiente expresión:

$$A = \frac{a}{F} \quad \text{donde:}$$

A = Área interior de la canalización en mm².

a = Área que suman los conductores incluyendo el aislamiento.

F = Factor de relleno.

Para 2 conductores en una canalización el factor de relleno es de 0.3.

De tablas tenemos que el área que ocupa un conductor calibre numero 8 con todo y aislamiento es de 30.4 mm² y como son 2 conductores por circuito tenemos que:

$a = 2 \times 30.4 = 60.80$ entonces:

$$A = \frac{60.80}{0.3} = 202.66$$

De tablas se tiene que el diámetro de la canalización para cada circuito derivado es de 19 mm (3/4 de pulgada).

3.10 Cálculo de alumbrado para interiores por el método de cavidad zonal.

Para este efecto se tomarán como referencia la planta alta de las oficinas generales de esta planta.

Local de Telecomunicaciones

El nivel de iluminación requerido según tablas de la Sociedad Mexicana de Ingeniería en Iluminación es de 400 luxes.

Se utilizarán luminarios con 2 tubos fluorescentes de arranque rápido de 40 watts, blanco frío, se eligieron de esta tonalidad debido a que proporcionan un mayor flujo luminoso que las de arranque instantáneo (slim line) de 39 watts; además las de arranque rápido no producen interferencia de las señales de comunicación.

A continuación se tienen los datos de cavidades del local las dimensiones del mismo así como el factor de pérdidas totales considerado (FPT):

$$h_l = 2.74\text{m}$$

$$h_{ct} = 0.00\text{m}$$

$$h_c = 1.99\text{m}$$

$$L = 5.0\text{m}$$

$$A = 5.0\text{m}$$

$$\text{Luxes} = 400$$

$$\text{C.U.} =$$

$$\text{FPT} = 0.7$$

Reflectancias (de tablas): -

Techo blanco : 80%

Pared blanca : 50%

Piso gris oscuro : 20%

Obtención de las relaciones de cavidad

$$R_{cl} = \frac{5h_{cl}(L + A)}{LA} = \frac{5(1.99)(5+5)}{(5)(5)} = 3.98$$

$$R_{cp} = \frac{5h_{cp}(L + A)}{LA} = \frac{5(0.75)(10)}{25} = 1.5$$

$R_{ct} = 0$

Obtención del coeficiente de utilización (C.U.)

ct para $R_{ct} = 0$ ct = 80%

m = 50%

$R_{cl} = 3.98$

cp = 20%

C.U.

Ver tabla 3.3

Para 3 de R_{cl}

80% techo, 50% pared entonces C.U. : 0.36

C.U.

Para 4 de Rel

80% techo, 50% pared entonces C.U. : 0.33

Interpolando para obtener el C.U.

$$(x_1) \text{ C.U. para } 3 = 0.36 (y_1)$$

$$(x) \text{ C.U. para } 3.98 (y)$$

$$(x_2) \text{ C.U. para } 4 = 0.33 (y_2)$$

Interpolando se obtendrá el coeficiente de utilización (C.U.)

$$Y = \text{C.U.} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} (x - x_1) + y_1$$
$$= \frac{0.33 - 0.36}{4 - 3} (3.98 - 3) + 0.36$$

$$\text{C.U.} = 0.3306$$

Para obtener el número de luminarias se aplica la siguiente formula:

$$\text{No. de luminarias} = \frac{(\text{Area del piso}) (\text{luxes})}{(\text{Lúmenes totales luminaria})(\text{C.U.})(\text{F.P.T.})}$$
$$= \frac{(25)(400)}{2(3150)(0.3306)(0.7)}$$
$$= 6.85 \text{ luminarias}$$

Por lo tanto el local contará con 6 luminarias con lámina reflejante para una mayor emisión de flujo luminoso hacia el área de trabajo.

Distribución de las luminarias en el local

De la tabla 3.3 se tiene la relación entre la máxima separación entre luminarios (MaxS) y la altura de montaje (MHpt).

$$\text{MaxS}/\text{MHpt} = 0.9 \quad \text{de donde} \quad \text{MHpt} = 1.99$$

$$\text{entonces} \quad \text{MaxS} = 1.791\text{m} \quad 1.8\text{m}$$

$$L = 5\text{m}$$

$$A = 5\text{m}$$

$$L/A = 1$$

$$3 \times 2 = 6 \quad 3/2 = 6$$

Distribución a lo ancho:

$$5/2 = 2.5\text{m} \text{ (distancia entre luminarias)}$$

$$2.5/2 = 1.25\text{m} \text{ (distancia de la luminaria a la pared)}$$

Distribución a lo largo:

$$5/3 = 1.66\text{m} \text{ (distancia entre luminarias)}$$

$$1.66/2 = 0.83\text{m} \text{ (distancia de la luminaria a la pared)}$$

En el plano se puede apreciar la distribución de las luminarias.

Cabe hacer mención que en el local de capacitación y video se tendrá el mismo número de luminarias y la misma distribución ya que las dimensiones del local son las mismas así como el nivel de iluminación requerido.

De igual manera se obtiene el número de luminarias a instalar en las diferentes áreas y oficinas de este edificio.

3.11 Cálculo de alumbrado para exteriores por el método punto por punto

Para este efecto se tomará como referencia el área de llenaderas de autos tanque.

Para determinar que tipo de luminario se va a instalar en el área de llenaderas es importante tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Nivel de iluminación requerido.
- Determinar si se va a encontrar dentro o no de una área peligrosa y en caso afirmativo la clase división y grupo.
- La altura de montaje.

De la tabla 3.8 se tiene que el nivel de iluminación requerido en el punto de carga de los autos tanque es de 100 luxes.

Las islas donde estarán las llenaderas estarán separadas 14.7m una de otra y la altura a la que irán montadas las luminarias será de 5m.

Las luminarias estarán instaladas dentro de un área clasificada como Clase I, División 2, Grupo D, por lo que se pueden sugerir los luminarios Hazard Gard de Crouse Hinds Domex de 150 watts con lámparas de vapor de sodio alta presión con globo y guarda.

A continuación se puede ver la curva fotométrica que podemos utilizar como referencia.

Junto a la curva fotométrica se observa que el fabricante señala que la máxima separación entre estos luminarios es de 1.47 veces la altura de montaje, dado que la altura de montaje a la que quedarán estas luminarias es de 5m entonces se tiene:

$$\text{Máxima separación} = 1.47(5) = 7.35\text{m}$$

Ya con esta información se nos ocurre proponer para el área de llenaderas 2 hileras con 10 luminarios cada una tal como se puede apreciar en el plano

A continuación lo que resta es verificar los niveles de iluminación en diferentes puntos para ver si se satisface el requerido.

La revisión de los niveles de iluminación se hará con el método de punto por punto y de este se aplicarán las formulas de plano normal y plano horizontal tomando en consideración que el punto de carga de los autos tanque esta a 1m sobre el nivel del piso.

En la siguiente figura se tiene el área que se está considerando de las llenaderas para obtener los niveles de iluminación en los puntos de "a" a "l".



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

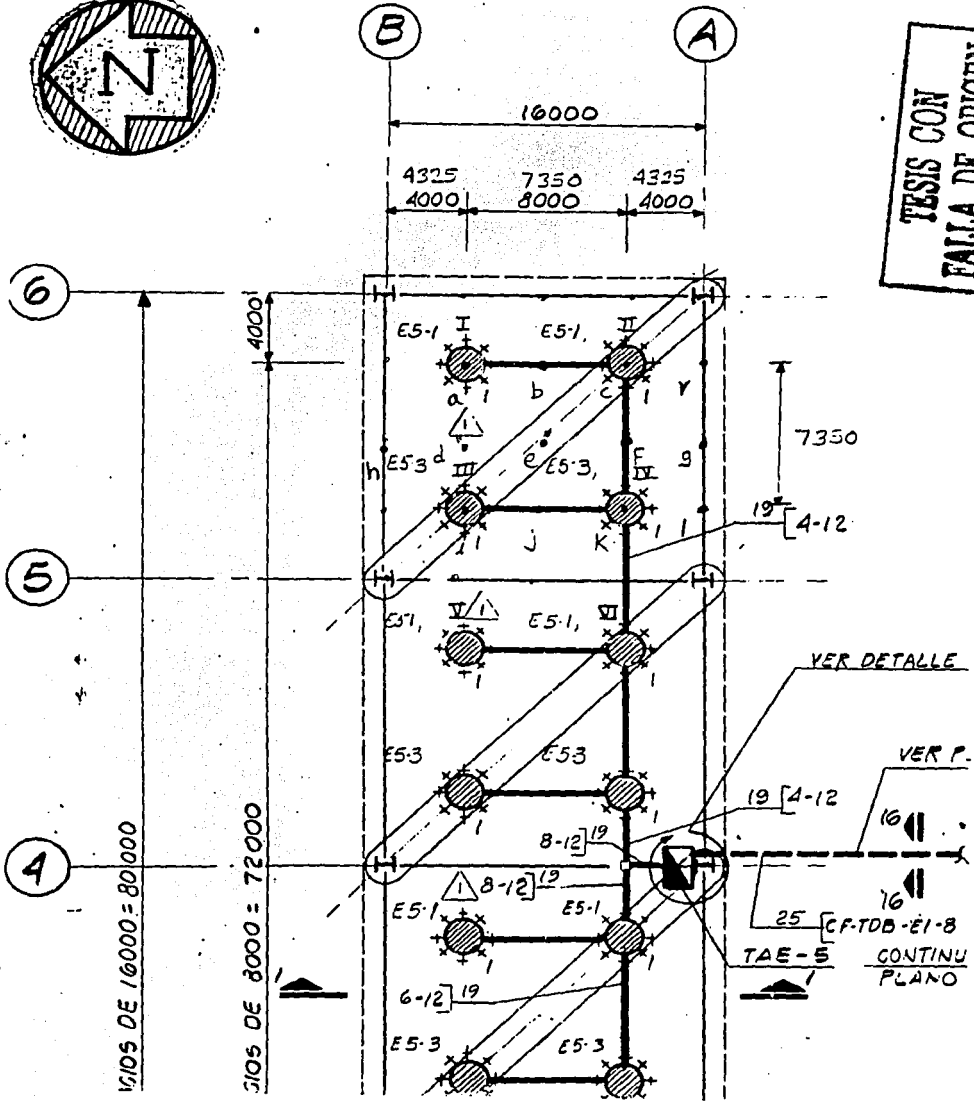


Tabla 3.8 . Niveles de iluminación para las diferentes áreas de operación o proceso en plantas que manejan gas.

AREAS DE PROCESO:

Ubicación	Intensidad de Luxes	Elevación (Milímetros)
Unidades de proceso general		
Puentes de tubería	50	Suelo
Baterías de bombas, válvulas y cabezales	50	Suelo
Cambiadores de calor	30	Suelo
Plataformas de mantenimiento	10	Piso
Plataformas de operación	50	Piso
Torres de enfriamiento (área de equipo)	50	Piso
Hornos (área de operación)	30	Suelo
Escaleras (inactivas)	10	Piso
Escaleras (activas)	50	Piso
Indicadores de nivel	50	1700***
Instrumentos(en unidades de proceso)	60	1700***
Casas de compresores	200	Piso
Separadores	50	Nivel superior
Area general	10	Suelo
Casas y cuartos de control:		
Casa de control ordinario	300	Piso
Tablero de instrumentos	300b	1700

Consola	300b	760
Parte posterior del tablero	100b	760
Casa de control central	500	Piso
Tablero de instrumentos	500b	700
Consola	500b	760
Parte posterior del tablero	100b	900

Ubicación	Intensidad de Luxes	Elevación (Milímetros)
-----------	---------------------	------------------------

Unidades de proceso especial:

Cuarto de tableros eléctricos	50	Piso
Hornos eléctricos	50	Piso
Transportadores	20	Superficie
Puntos de transferencia entre transportadores	50	Superficie
Hornos (área de operación)	50	Piso
Extrusores y mezcladores	200	Piso

AREAS SIN PROCESO:

Carga, descarga y casas de bombas:

Áreas de bombas interiores	150	Piso
Áreas de bombas exteriores	50	Suelo
Área de control general	150	Piso
Tablero de control	200b	1100

Calderas y compresores:

Equipo interior	200	Piso
Equipo exterior	50	Suelo

Area de tanques:

Escaleras (inactivas)	5	Piso
Escaleras (activas)	11	Piso
Area de medición	10	Suelo
Area de cabezales	5	Piso

Area de carga:

Area general	50	Piso
Punto de carga en carros tanques (FF.CC.)	100	Punto
Punto de carga en autos tanques	100	Punto

Muelles para buques tanque:

Area general	20	Suelo
Mancjo de mangueras	150	Piso
Areas de cabezales y punto de carga	100	Piso

Subestaciones eléctricas y patios de desconexión:

Patio de desconexión exteriores	20	Suelo
Alumbrado general de la subestación (intemperie)	20	Suelo
Pasillos de operación	150	Piso
Alumbrado general de la subestación (interior)	50	Piso

Desconectores	50b	1200
Alumbrado calles de la planta (Donde se requiera iluminación):		
Uso frecuente (Camiones)	4	Suelo
Poco frecuente	2	Suelo
Estacionamiento de la planta	1	Suelo

HAZARD-GARD®
Luminarias HID
Balastra Integral
Selladas de Fábrica

Datos Fotométricos

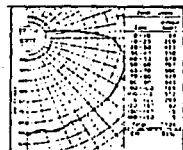
Luminaria con globo,
y sin guarda

Lamp: 175W vapor mercurio-H39KC-175/DX
Total lumens lámpara: 6600

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Luminaria con globo, reflector Domo
y sin guarda.

Lamp: 175 W Vapor mercurio-H39KC-175/DX
Total lumens lámpara: 8600



NOTAS:

1. Use los factores de conversión para otras lámparas

2. Reduzca los valores de lumens. Zonas en Tesis para luminarias con guarda

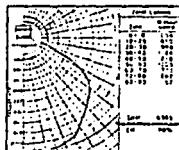
Relación max. de espaciamento:

1.47 altura de montaje

Coefficiente de Utilización
Reflectancia efectiva de piso 20%

% Reflectancia	El.	Radio Cavidad de cuarto						
		Techo	Pared	1	2	3	4	5
80	50	0.768	.648	.558	.486	.426		
	30	0.714	.574	.476	.400	.343		
	10	0.666	.511	.412	.335	.280		
70	50	0.728	.614	.530	.461	.405		
	30	0.679	.546	.454	.383	.327		
	10	0.632	.489	.394	.322	.268		
50	50	0.652	.548	.474	.412	.364		
	30	0.612	.494	.411	.347	.298		
	10	0.576	.445	.350	.295	.247		
30	50	0.502	.489	.421	.367	.325		
	30	0.551	.445	.371	.313	.268		
	10	0.522	.405	.328	.269	.225		
10	50	0.519	.433	.374	.325	.288		
	30	0.494	.397	.332	.280	.242		
	10	0.470	.366	.298	.243	.204		
0	0	0.436	.334	.267	.216	.179		

% Reflectancia	El.	Radio cavidad de cuarto						
		Techo	Pared	6	7	8	9	10
80	50	0.382	.341	.306	.280	.248		
	30	0.299	.282	.231	.205	.176		
	10	0.241	.208	.177	.155	.130		
70	50	0.362	.324	.292	.266	.235		
	30	0.280	.250	.221	.197	.170		
	10	0.229	.188	.170	.150	.126		
50	50	0.325	.292	.263	.240	.214		
	30	0.261	.227	.201	.180	.155		
	10	0.212	.182	.157	.138	.115		
30	50	0.291	.261	.237	.217	.193		
	30	0.236	.207	.182	.163	.141		
	10	0.194	.165	.144	.127	.104		
10	50	0.260	.235	.211	.194	.173		
	30	0.212	.187	.165	.148	.127		
	10	0.175	.151	.131	.114	.094		
0	0	0.153	.130	.111	.097	.078		



NOTAS:

1. Use los factores de conversión para otras lámparas

2. Reduzca los valores de lumens. Zonas en Tesis para luminarias con guarda

Relación max. de espaciamento:

1.31 altura de montaje

Coefficiente de Utilización
Reflectancia efectiva de piso 20%

% Reflectancia	El.	Radio cavidad de cuarto						
		Techo	Pared	1	2	3	4	5
80	50	0.784	.700	.625	.558	.501		
	30	0.758	.656	.573	.499	.439		
	10	0.731	.619	.532	.454	.393		
70	50	0.768	.687	.616	.549	.491		
	30	0.742	.646	.566	.494	.434		
	10	0.719	.613	.527	.451	.390		
50	50	0.736	.660	.595	.530	.477		
	30	0.715	.627	.552	.483	.426		
	10	0.697	.597	.518	.448	.387		
30	50	0.707	.637	.575	.514	.463		
	30	0.691	.610	.539	.473	.418		
	10	0.675	.584	.509	.440	.383		
10	50	0.682	.615	.557	.498	.450		
	30	0.668	.592	.526	.463	.411		
	10	0.655	.572	.500	.434	.379		
0	0	0.641	.557	.486	.419	.364		

% Reflectancia	El.	Radio cavidad de cuarto						
		Techo	Pared	6	7	8	9	10
80	50	0.462	.406	.367	.336	.293		
	30	0.390	.346	.307	.276	.234		
	10	0.347	.304	.265	.235	.196		
70	50	0.445	.401	.362	.331	.288		
	30	0.368	.342	.305	.274	.234		
	10	0.343	.301	.264	.235	.195		
50	50	0.431	.389	.352	.322	.282		
	30	0.379	.335	.300	.270	.230		
	10	0.340	.299	.262	.234	.194		
30	50	0.419	.378	.343	.314	.275		
	30	0.373	.331	.295	.265	.227		
	10	0.338	.295	.260	.232	.192		
10	50	0.408	.370	.334	.307	.269		
	30	0.366	.327	.291	.262	.223		
	10	0.334	.293	.259	.230	.191		
0	0	0.320	.280	.245	.217	.179		

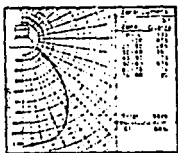
HAZARD-GARD®
Luminarias HID
Batastra Integral
Selladas de Fábrica
Datos Fotométricos

Cruze-Hindo-Domin.

Clase I, Grupos C, D
 Clase II, Grupos E, F, D

Luminaria con globo, reflector profundo y sin guarda.

Lamp: 175 W vapor mercurio-H39KC-175/IX
 Total lumens lámpara: 8660



NOTAS:

- 1 Use los factores de conversión para otras lámparas.
 - 2 Reduzca los valores de lumens zonales en 7.5% para luminaria con guarda
- Relación máx. de espaciamiento
 1:16 altura de montaje.

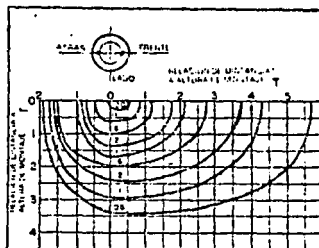
Coefficiente de Utilización

Reflexancia efectiva de piso: 0.7

% Reflexancia Ef.		Radio cavidad de cuarto				
Techo	Pared	1	2	3	4	5
80	50	.743	.686	.634	.583	.539
	30	.724	.656	.599	.542	.494
70	10	.707	.631	.569	.510	.461
	50	.729	.675	.625	.576	.531
50	30	.711	.646	.591	.537	.490
	10	.695	.625	.555	.505	.459
30	50	.700	.652	.603	.560	.519
	30	.686	.629	.579	.527	.483
10	10	.674	.609	.556	.501	.455
	50	.674	.631	.591	.546	.507
0	30	.664	.614	.567	.518	.475
	10	.653	.597	.547	.495	.451
0	50	.652	.613	.576	.534	.496
	30	.643	.598	.555	.509	.469
0	10	.634	.584	.538	.489	.446
	0	.622	.573	.527	.478	.436

% Reflexancia Ef.		Radio cavidad de cuarto				
Techo	Pared	6	8	9	10	
80	50	.497	.458	.421	.388	.341
	30	.452	.412	.376	.343	.295
70	10	.420	.391	.344	.311	.264
	50	.492	.453	.416	.385	.338
50	30	.449	.409	.374	.340	.295
	10	.417	.379	.342	.311	.264
30	50	.480	.443	.409	.376	.332
	30	.443	.403	.369	.337	.291
10	10	.414	.376	.341	.309	.263
	50	.471	.434	.401	.371	.327
0	30	.437	.400	.365	.333	.288
	10	.411	.373	.339	.307	.261
0	50	.461	.427	.394	.365	.321
	30	.431	.396	.361	.331	.285
0	10	.408	.371	.337	.306	.259
	0	.398	.361	.327	.296	.250

Diagrama Isocandela: luminaria con globo y reflector angular 30° sin guarda



Lamp: 175W vapor mercurio-H39KC-175/IX
 Total lumens lámpara: 8600
 Eficiencia luminaria: 75%

Niveles de iluminación en foot candles sobre el plano de trabajo 3.05m: (10') abajo del centro de la Unidad. Multiplique por los sig. factores para alturas de montaje diferentes:

Altura (m.)	Factor	Altura (m.)	Factor
1.03 (6')	2.78	2.75 (9')	1.23
2.14 (7')	2.04	3.34 (11')	0.83
2.44 (8')	1.58	3.66 (12')	0.70

Factores de conversión para otras lámparas:

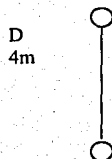
Lámpara	Watts	Lumens	Factor conversión
Vapor Mercurio	100	4200	0.49
	250	12100	1.41
	400	22500	2.62
<hr/>			
	175	14000	1.63
Aditivo Metálico	250	20500	2.38
	400	34000	3.95
<hr/>			
	70	5800	0.67
Sodio Alta Presión	100	9500	1.1
	150	16000	1.96
	250	30000	3.49

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

A continuación se tienen los cálculos para obtener el nivel de iluminación en el punto "a" debido a la iluminación emitida por las luminarias de la I a la VI, entendiéndose que para los demás puntos el proceso es similar y sólo se anotan los resultados en la tabla

Punto "a"

Luminario I



Como el luminario y el punto están en un plano normal la fórmula para obtener el nivel de iluminación es la siguiente:

$$E_a = \frac{I}{D^2}$$

Se debe tener en cuenta que la curva fotométrica que vamos a utilizar es para un luminario de 175 watts de vapor de mercurio con globo y sin guarda, no obstante servirá para obtener los niveles de iluminación para la luminaria que nos interesa para lo cual sólo hay que tomar en cuenta las notas del fabricante y los factores de conversión para otras lámparas.

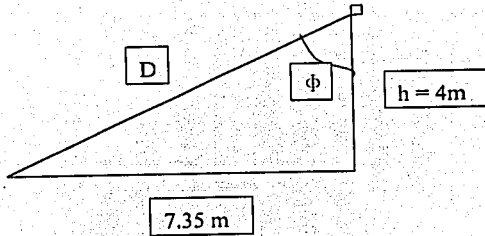
De la curva se obtiene un valor de 920 candelas valor al cual se le debe restar un 7.5% debido a la guarda y luego multiplicarlo por 1.86 que es el factor de conversión para lámparas de vapor de sodio alta presión de 150 watts.

Sustituyendo:

$$E_a = \frac{(920 - 69)(1.86)}{4^2}$$

$$E_a = 98.92 \text{ lx}$$

Luminario II



La fórmula para un punto en el plano horizontal es

$$E_a = \frac{I}{h^2} \cos^3 \phi$$

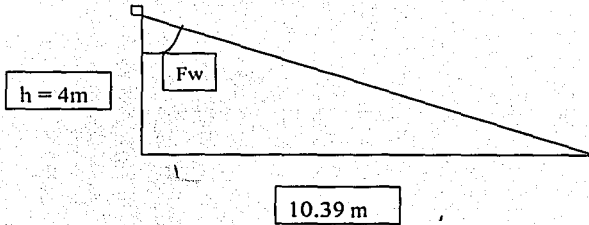
$$\tan^{-1} \frac{7.35}{4} = 1.837 \quad \phi = 61.44^\circ$$

$$E_a = \frac{(890 - 66.75)(1.86)}{4} \cos^3 61.44 \quad E_a = 10.45 \text{ lx}$$

Luminario III

Este caso es igual al anterior por lo que: $E_a = 10.45 \text{ lx}$

Luminario IV



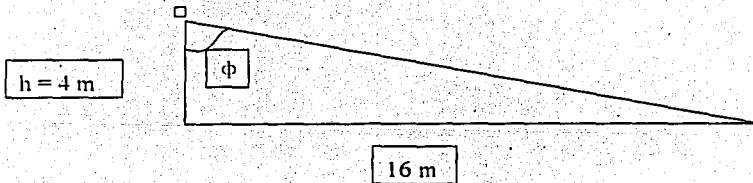
Para obtener el nivel de iluminación que el luminario IV aporta en el punto "a" se utiliza la siguiente fórmula:

$$E_a = \frac{I}{h^2} \cos^3 \phi$$

$$\phi = \tan^{-1}(10.39/4) \quad \phi = 68.94^\circ$$

$$E_a = \frac{(880 - 66)(1.86)}{4^2} \cos^3 68.94^\circ \quad E_a = 4.39\text{lx}$$

Luminario V

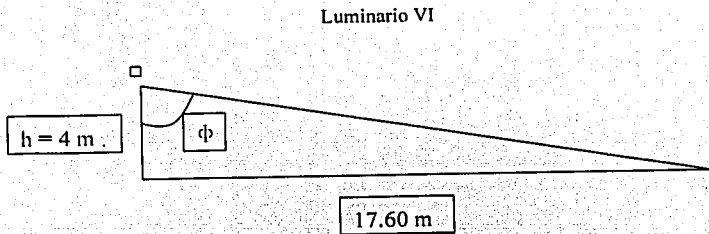


$$E_a = \frac{1}{h^2} \cos^3 \phi$$

$$\phi = \tan^{-1}(16/4)$$

$$\phi = 75.96^\circ$$

$$E_a = \frac{(870 - 65.25)(1.86)}{16} \cos^3 75.96^\circ \quad E_a = 1.33 \text{ lx}$$



Para obtener el nivel de iluminación se emplea la misma fórmula que para el luminaria anterior.

$$\phi = \tan^{-1}(17.60/4)$$

$$\phi = 77.19^\circ$$

$$E_a = \frac{(850 - 63.75)(1.86)}{16} \cos^3 77.19^\circ \quad E_a = 0.99 \text{ lx}$$

Tabla 3.9 Recopilación de los niveles de iluminación en el área de llenaderas en diferentes puntos con la contribución de varias luminarias, por el metodo punto por punto.

Punto	Luxes						Total Luxes
	I	II	III	IV	V	VI	
a	98.92	10.45	10.45	4.39	1.33	0.99	126.53
b	37.79	37.79	7.95	7.95	1.21	1.21	93.90
c	3.22	29.96	2.04	7.26	0.44	1.51	44.43
d	37.79	7.95	37.79	7.95	3.71	2.23	97.42
e	22.02	22.02	22.02	22.02	22.02	22.02	94.60
f	7.95	37.79	7.95	37.79	2.23	3.71	97.42
g	2.84	18.54	2.84	18.54	1.32	3.10	47.10
h	18.54	2.84	18.54	2.84	3.10	1.32	47.10
i	10.45	4.39	98.92	10.45	10.45	4.39	139.05
j	7.95	7.95	37.79	37.79	7.95	7.95	107.38
k	4.39	10.45	10.45	98.92	4.39	10.45	139.05
l	2.04	7.26	3.22	29.96	2.04	7.26	51.78

3.12 Circuitos derivados en el alumbrado de las llenaderas

Obteniendo la corriente que va a consumir el grupo de los 20 luminarios tenemos:

$$I = \frac{W}{E \cos \phi} = \frac{20 (150)}{220 (0.86)} \quad I = 16.04 \text{ A}$$

Se podría utilizar una protección de 2X20A para toda la carga, sin embargo se dividirá la carga en 4 circuitos alternados por hileras a lo largo para fines prácticos.

Así pues, 2 circuitos tendrán 6 luminarios y los otros 2 tendrán 4 luminarios cada uno.

Cálculos para los circuitos E5-1 y E5-3:

$$I = \frac{W}{E \cos \phi} = \frac{6 (150)}{220 (0.85)} \quad I = 4.81 \text{ A}$$

Por lo tanto se utilizarán 2 cables calibre # 12 AWG aislamiento 75°C.

Verificando por caída de tensión:

$$e\% = \frac{4LI}{E S} = \frac{4 (33.075)(4.81)}{220 (3.31)} = e\% = 0.87$$

Este porcentaje de caída de tensión es mucho menor al máximo permitido (4%).

Para los circuitos E5-5 y E5-6 se procedió de manera similar y también se utilizarán 2 cables calibre #12 AWG para los circuitos derivados.

Canalizaciones

Para obtener el diámetro de las canalizaciones se utilizará la siguiente formula:

$$A = \frac{a}{F} \quad \text{donde:}$$

a: Suma de los secciones transversales de los cables que van en la tubería en mm².

A: Area de la sección transversal de la tubería conduit en mm².

F: Factor de relleno que en este caso por normas es de 0.4 ya que en la tubería hay 3 o más conductores.

De tablas: $1-12 = 12.8\text{mm}^2$ entonces $8-12 = 102.40\text{ mm}^2$

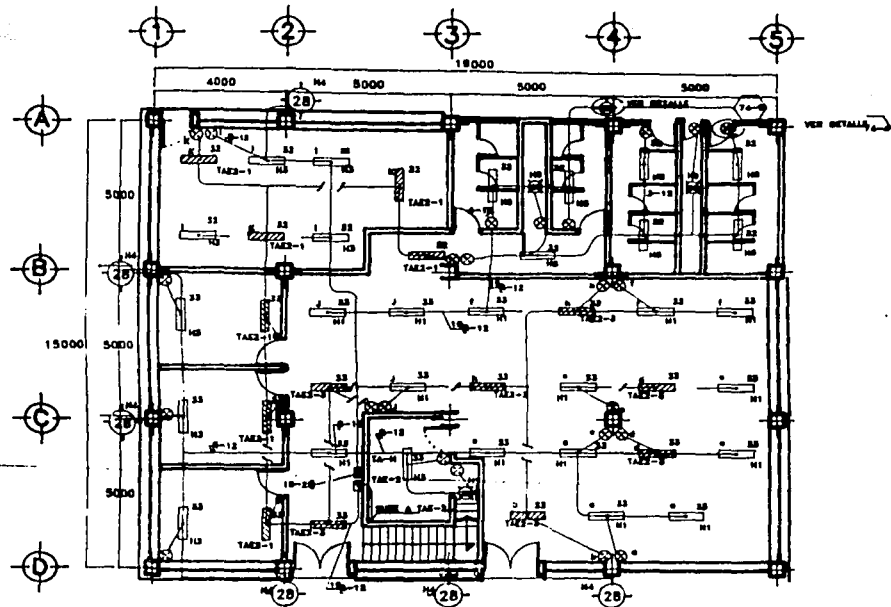
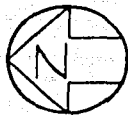
por lo que $a = 102.40\text{mm}^2$ sustituyendo:

$$A = \frac{102.40}{0.4} = 256\text{mm}^2$$

De la tabla se tiene que la tubería debe ser de 19 mm de ϕ y por estar los luminarios dentro de una área de la Clase 1, División 2 se elige tubería conduit de fierro galvanizado cedula 40 marca Jupiter.

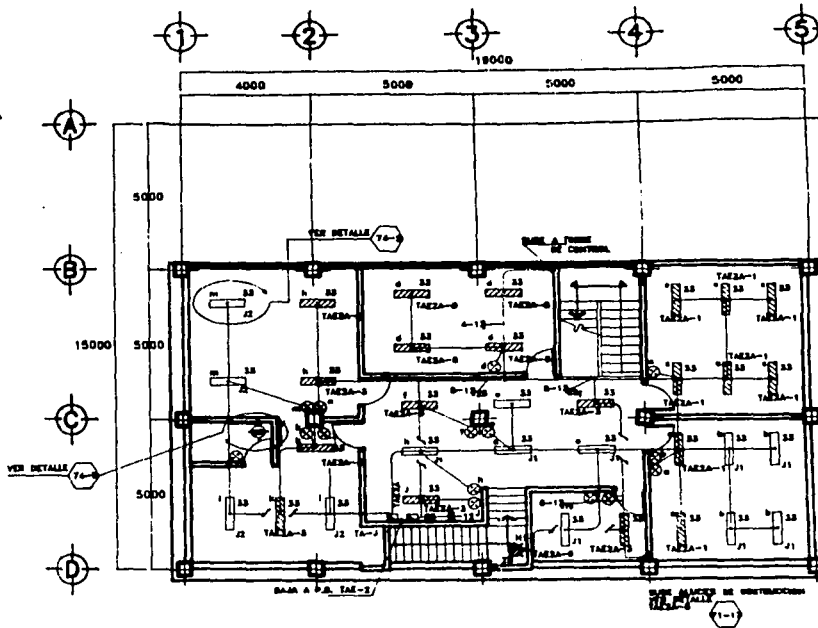
Protecciones

Las protecciones para estos 4 circuitos de alumbrado serán de 2 polos 15 amperes para cada uno y por la ubicación del tablero, éste y las protecciones deben ser aprobados para lugares Clase I, División 1, Grupo a.



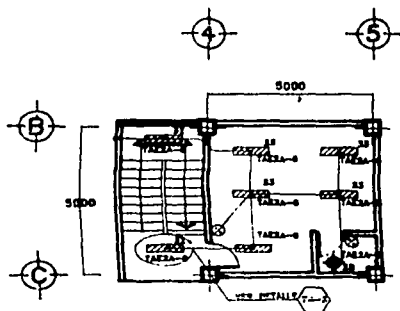
PLANTA BAJA

OFICINAS



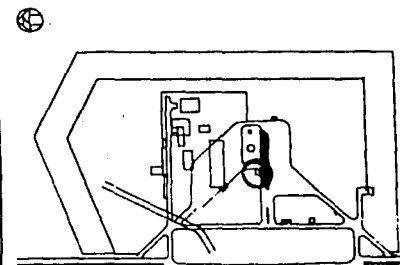
PLANTA ALTA

OFICINAS



PLANTA N.P.T.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



CROQUIS DE LOCALIZACION

NOTAS

- 1.- TUBERIA NO INDICADA ES DE .19 MM CON 2-12 AWG
- 2.- TODA LA TUBERIA CONDUIT IRA OCULTA EN PLAFON Y MUROS
- 3.- TODAS LA LUMINARIAS ASHURADAS PERTENECEN AL SISTEMA DE EMERGENCIA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
UNIDAD ARAGON

INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

TESIS PROFESIONAL

DISTRIBUCION DE ALUMBRADO OFICINAS GENERALES

PL-05

TERMINAL DE RECIBO Y DISTRIBUCION DE GAS LP

145-A

CAPITULO IV

SISTEMA DE FUERZA

4.1 Introducción

En este capítulo haremos referencia al sistema de fuerza que integra esta planta , se realizará una revisión a la lista de cargas de fuerza que estarán conectadas al sistema eléctrico correspondiente, las cuales como se vera posteriormente en su mayoría están constituidas por motores que accionarán bombas, compresores, condensadores y válvulas .

Se hará referencia a la forma en que se distribuirá la carga en centros de control de motores y distintos tableros alimentadores .

Hablaremos de los diferentes tipos de sistemas eléctricos que son utilizados para distribuir la energía eléctrica dentro de las plantas industriales , las bases que se siguen para la elección de un sistema determinado y en el caso particular de esta planta el tipo de sistema utilizado así como la justificación de su elección .

Se realizará una breve revisión de los motores eléctricos iniciando con sus principios teóricos y a continuación se hará mención de sus clasificaciones para finalmente hablar brevemente de los motores de inducción y hacer referencia a su importancia en este proyecto .

A continuación se hará referencia a dos elementos primordiales en las instalaciones eléctricas ,la elección de los conductores y las canalizaciones , este tópico en particular será ilustrado mediante un ejemplo . Resulta importante hacer referencia que dicho ejemplo se realizará en apego al Manual de Procedimientos de Ingeniería de Diseño , editado por PEMEX para utilizarse como una guía de la forma en que se deben diseñar y construir instalaciones pertenecientes a la paraestatal .

4.2 Definición de términos

A continuación se hará referencia a algunos tópicos y términos utilizados y aplicados en el procedimiento para la planeación y elección del sistema eléctrico a ser utilizado dependiendo de la actividad de una determinada planta industrial. Debido a que diferentes plantas industriales no tienen obligatoriamente la misma actividad se hace necesario el analizar cada uno y detectar las necesidades individuales a fin de elegir el sistema eléctrico con las características adecuadas al tipo y cantidad de carga a ser instalada.

Para esto existen siete consideraciones básicas las cuales serán una aproximación a cada caso en particular.

- 1- Seguridad, tanto en vidas humanas en la cual solo la opción segura es la que se tomará en cuenta y en lo referente a los materiales y equipos, esta podrá establecerse con bases en razones de tipo económico.
- 2- Confiabilidad, los requerimientos de continuidad del servicio eléctrico dependerán del tipo de actividad y la capacidad de aceptar interrupciones en el mismo que sea capaz de tolerar la actividad preponderante o el proceso industrial de una determinada planta.
- 3- Simplicidad de operación, esto es muy importante pues compromete tanto la seguridad, la confiabilidad y el mantenimiento del sistema de potencia. La operación deberá ser la más sencilla para cubrir los requerimientos específicos.
- 4- Regulación de voltaje, una mala regulación de voltaje actuará directamente en contra de la vida útil del equipo eléctrico por lo tanto los voltajes de utilización se deberán mantener dentro de ciertos límites en cualquier condición de carga.
- 5- Mantenimiento, la distribución del sistema debe incluir en su diseño la accesibilidad segura y los requerimientos necesarios para permitir el acceso con seguridad y facilidad al personal de mantenimiento.
- 6- Flexibilidad, esta es la capacidad de adaptarse al sistema a nuevas condiciones de carga cuando así sea requerido así como un posible incremento de carga y una expansión futura.
- 7- Costos iniciales, estos deberán ser considerados a fin de elegir la mejor alternativa entre varias que pudieran satisfacer las necesidades del servicio.

Ahora se analizarán los pasos a seguir a fin de que el diseñador de un sistema eléctrico tenga un acercamiento adecuado al tipo de planta a electrificar para realizar una buena elección y bases para el desarrollo de un sistema eléctrico adecuado. Esto se inicia con un estudio de cargas en el cual se determinará la carga total aproximada de la planta en Kilowatts (KW) o en Kilo-volts-ampères (KVA) así como la carga mayor en varias partes de la instalación. Y en vista de que esta información en ocasiones no se puede obtener tan fácilmente o exactamente al inicio del proyecto, se hace necesario realizar una estimación de la densidad de carga requerida por el

proceso a servir de tal forma que el diseñador se pueda dar una idea de la cantidad de cargas a ser conectadas al sistema así como la naturaleza de dichas cargas .

La suma de la potencia consumida por cada una de las piezas de un sistema eléctrico nos proporcionará una carga total conectada , pero debido a que algunos equipos operan por debajo de su carga plena y algunos en forma intermitente , la potencia consumida en realidad estará por debajo de la carga total conectada . Para esas combinaciones de carga y sus valores se han definido los siguientes términos que nos proporcionan una idea más cercana a las necesidades de cada planta :

Demanda : Se denomina a la carga eléctrica en las terminales del sistema promediada sobre un determinado intervalo de tiempo el cual generalmente es de 15 , 30 ó 60 minutos y el valor de dicha demanda es expresado en KVA , A , KW u otras unidades compatibles . En México la C.F.E. considera el periodo de tiempo de 15 min.

Carga pico : Esta será la mayor carga consumida por el sistema en un determinado periodo de tiempo , pudiendo ser la máxima carga promediada o la máxima carga instantánea que acaeció durante el periodo de tiempo antes mencionado.

Demanda máxima : Se denominará así a la más grande de las demandas ocurridas durante un periodo de tiempo , el cual para propósitos de facturación suele ser de un mes .

Factor de demanda : Es la razón de la máxima demanda del sistema comparada contra la carga total conectada .

Factor de diversidad : Esta será la razón de la suma de las demandas individuales máximas , de partes integrantes de un sistema con respecto a la demanda total máxima del sistema total .

Factor de carga : Es la razón del promedio de carga dentro de un periodo de tiempo determinado con respecto a la carga pico ocurrida dentro de ese periodo .

Los conceptos anteriores son medidos o calculados en base a un sistema eléctrico ya funcionando , sin embargo existe un concepto de demanda el cual se debe determinar con anticipación a la puesta en funcionamiento del sistema , dicho concepto es la : Demanda por contratar .

La demanda por contratar se deberá determinar antes de solicitar el servicio eléctrico a la compañía suministradora ya que dicho elemento será indispensable para la requisición del servicio ante la compañía eléctrica . Esta demanda , según lo estipulado en el diario oficial del 10 de noviembre de 1991 será fijada inicialmente por el usuario y su valor no será menor del 60% de la carga total conectada , pero en el caso de que dicho porcentaje de carga resulte exceder la capacidad de la subestación , entonces se fijará como demanda contratada el 85% de la capacidad de la subestación antes referida . La importancia de esto radica en que en base a la tensión de

suministro y la demanda contratada será ubicada la tarifa conforme a la cual se realizarán los cobros por parte de la compañía suministradora del servicio .

Más adelante en este mismo capítulo al hacer la revisión de las cargas determinaremos entre otras cosas la demanda por contratar y la tarifa dentro de la cual se realizara la contratación del servicio eléctrico .

Sistemas eléctricos

Existe una variedad de arreglos de circuitos para distribuir la energía eléctrica a sistemas o plantas industriales , de tal forma que la selección del mejor sistema o combinación de sistemas dependerá sobre todo de las necesidades del proceso primordial de la planta . En lo referente al costo del sistema seleccionado , este irá creciendo en base a la confiabilidad del sistema conservando la misma calidad de sus componentes o elementos .

Lo primero al elegir un sistema será analizar el proceso industrial , determinar la confiabilidad necesitada y las posibles pérdidas en caso de una interrupción de potencia , ya que existen procesos en los cuales el precio de una interrupción de potencia podría equivaler a la pérdida parcial o hasta total de la materia prima o equipos; y en cambio en otra industria las pérdidas se reducirían a tener gente y maquinaria inactivas durante un periodo de tiempo . Otra variable a tener en cuenta es la necesidad de dar mantenimiento al equipo y que tan sensible será el proceso a esta necesidad así como la complejidad de este. Cualquiera que sea la elección del sistema es importante hacer hincapié en que la reducción en los costos de construcción nunca debe ser hecha a expensas de la seguridad y buen desempeño del sistema .

A continuación se hará una descripción de los arreglos eléctricos que se pueden utilizar para suministrar energía a una planta industrial y se mencionarán sus principales características .
Sistema radial simple :

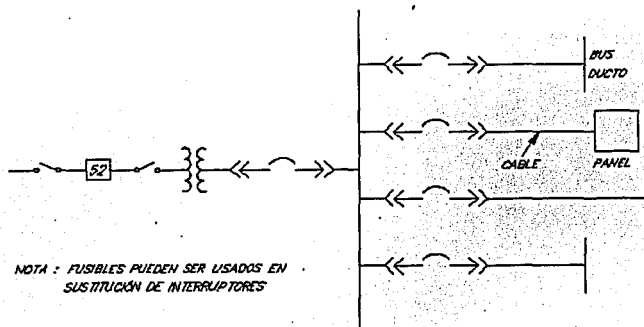


Fig. 4.1 Sistema radial simple

Este es el arreglo más sencillo y en el que se hace la inversión más baja de todas , se compone de una sola acometida y un único transformador de distribución el cual provee de energía a todos

los alimentadores . Su operación y crecimiento son simples dependiendo de la capacidad de sus componentes, si sus componentes son de buena calidad la confiabilidad es alta para procesos no muy sensibles a los cortes de energía ; ya que la falla en conductores , transformador o acometida dejará fuera todo o casi todo el servicio . De igual forma al realizar mantenimiento rutinario el equipo deberá desconectarse .

Sistema radial expandido :

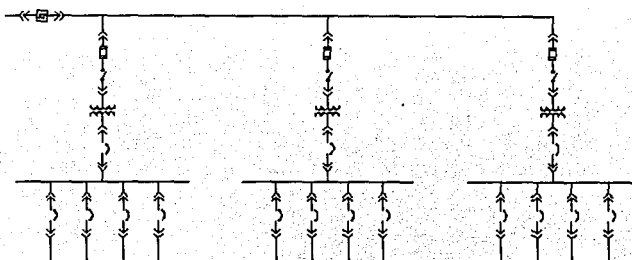


Fig. 4.2 Sistema radial expandido

A diferencia del anterior arreglo se tendrán dos o más transformadores de distribución para surtir de energía a los alimentadores ; más sin embargo , se continuará utilizando una sola acometida común para dichos transformadores , de tal forma que sus características serán similares a las del sistema radial simple .

Sistema primario selectivo :

A fin de tener protección contra la pérdida de una fuente de alimentación primaria , cada subestación del sistema es conectada a dos acometidas de la compañía suministradora diferentes, de esta manera se tiene una fuente de energía normal y una fuente alternativa ; así en el momento en que falla la fuente normal de energía y mediante un sistema de transferencia de carga por medio de interruptores , dicha carga será conectada al sistema alterno de energía . Esta transferencia de carga puede ser manual o automática y los tiempos de interrupción del suministro eléctrico muy pequeños o casi inadvertibles .

Debido a la duplicidad de los cables , de las acometidas y el equipo de transferencia de carga , el costo de este arreglo se eleva en comparación de los sistemas radiales aunque , claro está que la confiabilidad en este sistema es notablemente mayor .

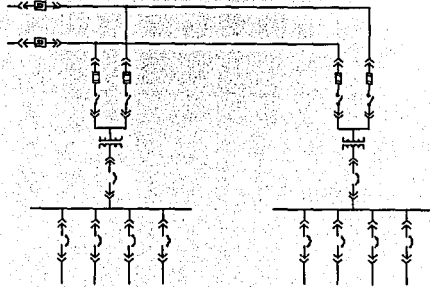


Fig. 4.3 Sistema primario selectivo

Sistema primario en anillo :

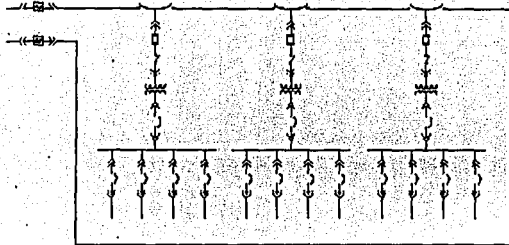


Fig. 4.4 Sistema primario en anillo

De manera semejante al arreglo anterior este cuenta con dos acometidas y en el momento en que se da una falla en el servicio primario , la falla puede ser aislada y el servicio restaurado mediante seccionadores . Dos principales problemas que presenta este arreglo es que resulta difícil localizar una falla en los conductores del anillo y que puede representar un peligro

potencial la posibilidad de quedar energizado un punto por dos lados . El costo de este sistema es algo más bajo que el del primario selectivo , aunque este ahorro puede resultar dudoso en comparación con las desventajas antes expuestas .

Sistema secundario selectivo :

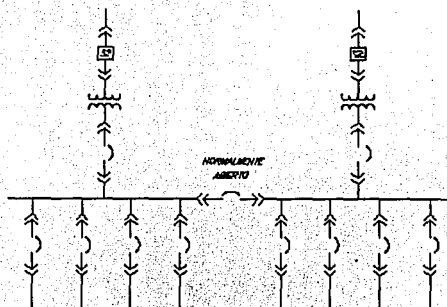


Fig. 4.5 Sistema secundario selectivo

Este sistema está formado por dos subestaciones en una acometida cada una independientes entre sí , pero conectados a través de un interruptor el cual se encuentra normalmente abierto . Si alguna de las acometidas o el transformador de uno de los dos sistemas llegara a fallar el interruptor secundario del circuito se abrirá aislando el transformador afectado y se cerrará el interruptor que enlaza a los dos sistemas con lo cual continuará suministrándole energía a los circuitos que anteriormente alimentaba la subestación fallada. Toda esta conmutación de interruptores puede ser automática o manual . Normalmente las subestaciones y sus circuitos operan como sistemas radiales , con la pérdida de un circuito primario o transformador la carga total de las dos subestaciones es alimentada por un solo transformador y para lograr esto se debe considerar una o varias de las condiciones siguientes :

- a) Sobredimensionar los transformadores para que cada uno pueda alimentar el total de la carga .
- b) Proveer aire forzado para enfriar el transformador durante el periodo de emergencia .
- c) Quitar carga no prioritaria durante la emergencia
- d) Aplicar una sobrecarga al transformador temporalmente y aceptar la pérdida de vida útil en él.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Este tipo de arreglo se considera como el más confiable aunque su costo es mayor y su operación y mantenimiento son sensiblemente más complejos .

Red secundaria con protectores :

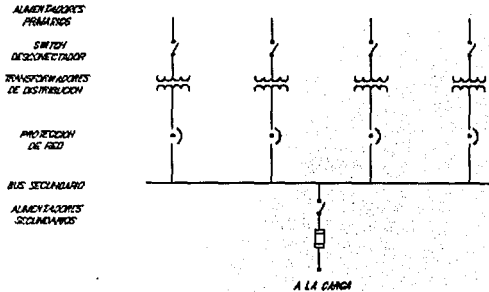


Fig. 4.6 Red secundaria con protectores

Para este sistema se tendrán dos o más transformadores de distribución , cada uno alimentado por una diferente acometida y los devanados secundarios de dichos transformadores conectados en paralelo por un tipo especial de interruptor de circuito llamado protector de red a bus secundario . Cuando sucede una falla en el alimentador primario o el transformador de distribución , otro transformador inicia a alimentar la red instantáneamente de tal forma que la red prácticamente no nota la falla en el alimentador inicial ; logrando que las interrupciones de energía sean casi inexistentes , más sin embargo en el caso de que la falla se de en el tablero secundario el sistema completo fallará . Este sistema se convierte entonces en el más confiable sobre todo para grandes cargas y procesos muy sensibles a las interrupciones de energía . Debido a el equipo de protección de la red y la duplicación de las capacidades de los transformadores se convierte en un arreglo muy costoso y con la gran desventaja de que cada transformador conectado en paralelo incrementará la corriente de corto circuito , por lo tanto es más bien utilizado para aplicaciones en bajo voltaje con una alta densidad de carga .

Sistema de bus en anillo :

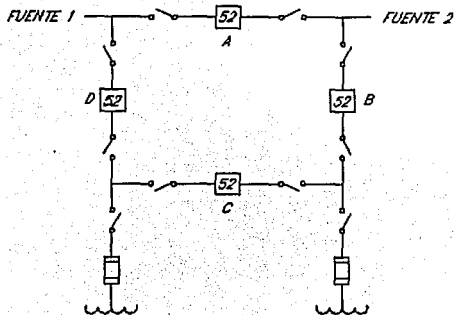


Fig. 4.7 Sistema de bus en anillo

Este tipo de arreglo aislará automáticamente una falla y restaurará el servicio . Suponiendo que se tenga una falla en la fuente de energía 1 , los dispositivos A y D aislarán a la fuente 1 mientras la fuente de energía 2 alimenta a las cargas . Así se tiene un sistema con una alta confiabilidad sin interrupciones en el suministro y una gran capacidad de expansión .

En el caso específico que estamos mostrando mediante el presente trabajo se procedió a utilizar un sistema radial simple ya que analizando la operación de la planta se ve que en determinado momento ante la falta de suministro eléctrico y mediante la utilización de un sistema de emergencia con capacidad de 250 KW es posible detener el proceso en forma segura y rápida sin peligro de pérdidas de gas , y aunque , por lógica se considera que se tendrían pérdidas por falta de productividad en la planta al quedar temporalmente sin energía eléctrica para su funcionamiento , también se presume que dicha falta de productividad será subsanada por equipo e instalaciones adyacentes de PEMEX en la zona .

Una vez hecha la selección del sistema eléctrico a emplear y basados en la norma No. 2.346.01 de PEMEX , "Proyecto y diseño de instalaciones eléctricas en plantas industriales " , comenzaremos nuestro sistema radial simple con una acometida de C.F.E. en 13.2 KV , la cual meteremos a una subestación mediante un sistema primario en donde un transformador de potencia reducirá el voltaje a primera etapa de tensión de utilización y distribución en 4.16 KV . Esta doble función en 4.16 KV se debe a que tanto se distribuirá a otros centros de carga para una nueva transformación, como a que alimentarán cargas directamente a este nivel de tensión utilizando el Centro de control de motores 20 (CCM 20) ver plano PL-07 al que se encuentran conectados motores de más de 200 Hp de potencia y los cuales por su ubicación geográfica dentro de la planta resulta una buena opción su conexión directa en comparación con derivar un alimentador y crear aparte otro centro de control de motores para dichas cargas .

El sistema primario se origina en el interruptor desconectador de la acometida y termina en el lado primario del transformador de la subestación, al cual llamaremos TR-1. La subestación estará localizada en una área clasificada como no peligrosa, relativamente alejada del área de proceso y consistirá en un cuarto de control eléctrico y una área de transformación.

A continuación derivaremos un alimentador de esta primera etapa y lo llevaremos mediante un sistema de distribución a centro de carga a una segunda etapa de transformación en la cual un transformador de distribución volverá a reducir la tensión a 480 volts; el sistema de distribución a centro de carga se originará en el lado secundario del transformador del sistema primario y termina en el primario del transformador del sistema de distribución a centro de carga el cual llamaremos TR-2. Esta segunda etapa también deberá estar localizada, preferentemente, en una área clasificada como no peligrosa, próxima al centro de carga eléctrico de la planta y consistirá en un cuarto de control de motores con un patio de transformadores.

A partir del secundario del transformador del sistema de distribución a centro de carga y hasta el último circuito derivado tendremos un sistema de distribución secundaria, el cual consistirá de dos partes: un primer sistema de distribución de 480 volts el cual se origina en el secundario del sistema de distribución a centro de carga y terminará en los CCM 21 y 22 y en el Tablero de baja tensión E (TDB - E). La segunda parte del sistema de distribución secundaria consiste en que a cada centro de carga, además de la carga por abastecer consistente en motores de entre 1.5 y hasta 50 Hp de potencia, estará conectado el primario de un transformador (TR-3, TR-4, TR-5), el cual reducirá la tensión de 480 volts a un sistema de 220/127 volts a fin de alimentar servicios, alumbrado, motores fraccionarios y circuitos especiales de control conectados a sus centros de carga TDB-21, TDB-22 y TDB-E1 respectivamente.

Voltaje

Una vez que se ha determinado el tipo de arreglo que se dará al sistema eléctrico que suministrará energía a nuestra planta industrial, el siguiente paso es elegir las tensiones que mejor se adapten al sistema en cuestión tanto en mediana como en baja tensión. El sistema elegido deberá ser capaz de suministrar potencia a todo el equipo en condiciones normales de uso dentro de las tensiones usuales en México tomando en cuenta caídas de tensión y posibles disturbios ocasionados por el arranque de motores con grandes capacidades.

Para lograr lo anterior es necesario, una vez determinado el tipo de arreglo y tensión elegida en principio, concertar reuniones con el personal representante de la compañía suministradora a fin de conocer las tensiones disponibles en el área y demás especificaciones técnicas ofrecidas; es necesario que el usuario proporcione la siguiente información a la compañía suministradora durante estas reuniones:

- + La distribución que guardará la planta en la cual se muestren estructuras y edificios
- + Carga eléctrica de la planta en kilowatts y demanda máxima en kilovolt-amperes
- + Preferente punto de entrega del servicio eléctrico

+ Preferente voltaje del servicio

- + Preferente arreglo eléctrico de la compañía suministradora
- + Programa de construcción y puesta en marcha
- + Cualquier motor con capacidad lo suficientemente grande como para considerarlo poco usual
- + Factor de potencia previsto
- + Naturaleza de las cargas
 Por su parte la compañía suministradora deberá proporcionar la siguiente información :
- + Voltaje o voltajes de suministro disponibles en la zona
- + Punto de entrega o ruta de la línea
- + Tarifas de pago aplicable
- + Opciones disponibles con transformadores tanto del usuario como del organismo suministrador
- + Requerimientos de espacios para la subestación en caso de que la provea la compañía suministradora
- + Máxima y mínima corriente de corto circuito entre tres fases en el punto de suministro y características del sistema
- + Requerimientos para medición
- + Tipo de aterrizaje en el sistema de suministro incluyendo la máxima y mínima corriente de falla a tierra
- + Información para la coordinación con el sistema de protección de la compañía suministradora
- + Grado de confiabilidad del suministro en casos donde sea necesario conocerla debido a la naturaleza de la planta industrial
- + Circuitos alimentadores de respaldo de ser necesarios

En las reuniones con la compañía suministradora , resulta adecuado el hacer referencia (de existir) a planes de futuros crecimientos y los posibles efectos en la carga de la planta .

Diagrama unifilar

El diagrama unifilar completo , junto con el plan de instalación físico del equipo deben dar los datos y especificaciones suficientes para evaluar el sistema eléctrico de potencia . Los símbolos

que usualmente utilizaremos en los diagramas unifilares están definidos en el estándar ANSI/IEEE 315 - 1975 .

A continuación se mencionarán los elementos que se tomarán en cuenta al desarrollar un diagrama unifilar :

- * Las fuentes de potencia incluyendo voltajes y corrientes de corto circuito que nos puede suministrar dicha fuente
- * Tipo , tamaño , capacidad y número de todos los conductores
- * Capacidades , voltajes , impedancias , conexiones y métodos de aterrizaje de los transformadores
- * Cantidad e identificación de los dispositivos de protección
- * Relación de los transformadores de instrumento
- * Identificación de todas las cargas
- * Identificación de cualquier otro equipo del sistema de distribución

Los diagramas unifilares deberán incluir proposiciones o consideraciones para futuras adiciones de carga y el efecto de dichas adiciones sobre el sistema original planeado , si bien dicho diagrama deberá ser lo más entendible y simple que sea posible a fin de evitar errores durante la etapa de desarrollo y construcción dentro del proyecto .

Adicionalmente a lo anterior es necesario investigar cargas inusuales o condiciones de operación tales como :

- Requerimientos para el arranque de motores de gran capacidad
- Cargas que deberán permanecer en operación en cualquier condición
- Cargas sensitivas como equipo de computación o delicado que pudiera ser afectado por voltajes o frecuencias transitorias en el sistema
- Equipo que produce altos niveles de ruido
- Coordinación del sistema eléctrico de potencia con otros sistemas de energía
- Corrección del factor de potencia (fp) .

En el caso particular que nos entretiene y para el desarrollo del sistema unifilar partiremos de una lista de las cargas conectadas al sistema , en la cual se hará referencia al nombre de las cargas y potencias en Kilowatts que consumen dichas cargas , así dependiendo de su tipo y tamaño serán asignadas cada una a un circuito o centro de control de motores .

Cargas conectadas

Equipo .-	TAG	HP	KW
CCM - 20 (4.16 KV)			
Bomba de agua contra incendio	ME-201A	250	200
Bomba de agua contra incendio	ME-201B	250	200
CCM - 21 (480 v)			
Ventilador del sistema de presurización		5	4.490
Motobomba descarga pipas	ME-101	15	12.860
Motobomba Jockey	ME-202	25	21.188
Motobomba de agua pozo profundo	ME-204	50	40.756
Alumbrado exterior	-	-	15.300
Alumbrado edificios (220/127 v) TDB-21	-	-	45.000
CCM - 22 (480 v)			
Ventilador del sistema de presurización		5	4.490
Motobomba descarga TQ. amortiguamiento	ME-101A	50	40.756
Motobomba descarga TQ. amortiguamiento	ME-101B	50	40.756
Motocompresor aire	MEC-201A	40	32.609
Motocompresor de L.P.G.	MEC-101A	100	80.000
Condensador L.P.G. Ventilador 1	CH-101A	25	21.188
Condensador L.P.G. Ventilador 2	CH-101A	25	21.188
Alumbrado exterior	-	-	5.500
Alumbrado edificios (220/127 v) TDB-22	-	-	45.000
TDB - "E" (480 v)			
Motor compresor de aire (rélevo)	MEC-201R	40	32.609
Válvulas motorizadas (3HP c/u)	3HPx6		16.200

TDB - "E1" (220/127 v)

Sistema de energía ininterrump.	UPS-1	-	10.000
Banco de baterías y cargador	BB-1	-	10.000
Alumbrado edificios		-	12.400

Bajo estas condiciones tendremos un total de carga en operación de :

917.290 KW

Por otro lado , si consideramos que a futuro la carga podría incrementarse en un 25 % tendremos :

Carga en operación x 1.25

$917.290 \times 1.25 = 1146.612 \text{ KW}$

Partiendo de esta información desarrollaremos el diagrama unifilar en sus etapas de 4.16 KV , 480 , 220 y 127 Volts lo cual presentaremos en los planos identificados por las nomenclaturas L-001 , L-002 y L-003 .

Para los planos anteriormente citados lo referente a transformadores , instrumentos de medición y demás equipo inherente a transformación de voltajes de operación de equipo, esto será contemplado en el Capitulo No. 6 del presente trabajo .

Una vez que contamos con los datos de la carga conectada podemos determinar la tarifa y la demanda por contratar con la compañía suministradora de energía .

En base a lo dictado por la Secretaría de Energía y la Comisión Federal de Electricidad (CFE) en el diario oficial del día 10 de noviembre de 1991 , hemos elegido la tarifa H-M la cual es una Tarifa horaria para servicio general en media tensión , con demanda de 1000 KW o más . Por otro lado , en vista de la carga conectada y con crecimiento a mediano plazo de la planta se manejará en principio una demanda por contratar de 1000 KW , cabe mencionar que este dato por el momento resulta provisional y que una vez determinada la capacidad del transformador de potencia TR-1 se emitirá el veredicto definitivo de este concepto .

Sistema de distribución subterráneo

Para la canalización de los alimentadores de fuerza , alimentadores para distribución de alumbrado y estaciones de botones para control de motores y atendiendo a la norma No. 2.346.01 de PEMEX . "Proyecto y diseño de instalaciones eléctricas en plantas industriales " , se ha tomado la decisión de que basados en el tipo de planta en la que primordialmente se manejará gas , por seguridad y confiabilidad el sistema de distribución de energía eléctrica será subterráneo ; para lo cual apoyados en la norma No. 2.225.01 de PEMEX "Canalizaciones

eléctricas y telefónicas subterráneas ", se darán los elementos para el diseño de dicho sistema de distribución .

Todas las tuberías utilizadas y hasta al menos 102 mm de diámetro deberán ser de acero galvanizado por inmersión en caliente, cedula 40 , con rosca y cople de acuerdo a la norma NOM-J-16 . Los tamaños nominales de los ductos serán de un diámetro mínimo de 19 mm para circuitos de alumbrado y señalización y de 25 mm para circuitos de fuerza , además de estos dos diámetros contaremos con los siguientes diámetros ; 38 , 51 , 76 , 101 y 152 mm dependiendo del área necesaria para la canalización de los conductores eléctricos .

En una trayectoria continua sin cajas el grado mayor de curvatura de la tubería será de 180 grados y las curvas de 90 grados hechas en campo deberán tener como mínimo el radio indicado en la siguiente tabla , medido al centro del tubo . En tuberías mayores de 101 mm es recomendable que las curvas sean de fábrica .

CARACTERISTICAS DE LAS TUBERIAS DE ACERO

DIAM. NOM. (mm)	DIAM. EXT. (mm)	DIAM. INT. (mm)	AREA INT. (mm ²)	PESO APROX. (Kg/m)	RADIO DE CURVAS FABRICADAS (mm)	RADIO MINIMO DE CURVAS QUE HECHAS EN OBRA (mm)	RADIO PARA CURVAS QUE ALOJEN COND. CON CUBIERTA METALICA (mm)
19	26.7	20.9	343	1.58	114	127.0	228
25	33.4	26.6	556	2.50	146	152.4	292
38	48.2	40.8	1,307	4.06	210	254.0	420
51	60.3	52.4	2,165	5.44	241	304.8	482
76	88.9	77.9	4,766	11.29	330	457.2	660
102	114.3	102.2	8,203	16.07	406	609.6	812
152	168.3	154.1	18,646	28.26	762	914.4	1,524

Tabla No. 4.1

El total del área de la sección recta interior de una tubería que es susceptible de utilización para alojar conductores estará especificada en la siguiente tabla , la cual será la máxima capacidad a utilizarse .

UTILIZACION PERMISIBLE DE LA TUBERIA, AREA EN mm²

% DE AREA OCUPADA	No. DE CONDUCTORES	DIAMETRO NOMINAL DE LA TUBERIA (mm)						
		19	25	38	51	76	102	152
53	1	182	295	697	1,149	2,523	4,349	9,882.38
31	2	106	172	408	672	1,476	2,544	5,780.26
40	3 ó más	137	223	526	866	1,908	3,285	7,458
33	máximo 4	113	183	431	715	1,573	2,707	6,153

Tabla 4.2

Las tuberías para una adecuada localización y protección deberán agruparse en bancos con un máximo de 36 ductos recubiertas con una envoltura rectangular de concreto armado con espesor de 2 diámetros desde la pared exterior del conduit extremo mayor y un diámetro de separación entre tuberías adyacentes a partir de sus paredes exteriores ; para una buena identificación el banco deberá ser pintado de color rojo . Los bancos de tuberías se representan debidamente en los planos indicando sus dimensiones extremas y profundidad de instalación , se harán cortes con la identificación de las tuberías indicando número de tubo y diámetro respectivamente como se ve en la siguiente figura

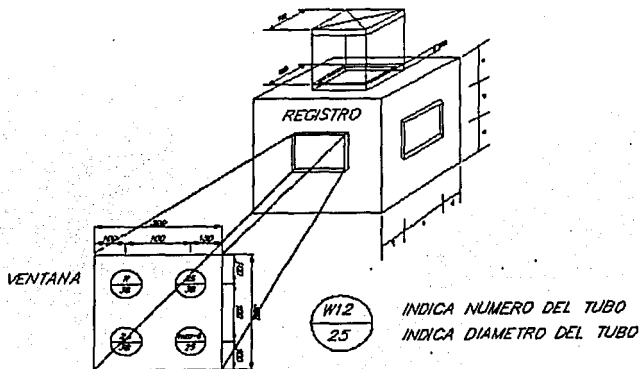


Fig. 4.8 Banco de ductos y registro

La profundidad mínima del banco de tuberías será de 500 mm abajo del nivel del piso terminado , no deben ser instalados bajo las cimentaciones de edificios o equipos además no deberán ir paralelos ni debajo de líneas de tuberías calientes y en caso de un acercamiento o cruce inevitable , el banco deberá separarse de la cubierta de la tubería por lo menos 150 mm .

Los bancos de tuberías se construirán con una pendiente mínima de 3:1000 hacia los registros, las tuberías que emergen sobre el nivel del piso deben continuar con una envolvente de concreto hasta una altura de 150 mm sobre el nivel del piso terminado . Se deberá dejar un mínimo del 30% de tubos futuros del mismo diámetro que los tubos de diámetro mayor en cada banco .

Para instalación , supervisión y mantenimiento se construirán registros eléctricos los cuales estarán localizados en los límites de baterías de las áreas de proceso y deberán sobresalir del nivel del piso a fin de protegerlos contra posibles inundaciones debidas a derrames de agua , lluvia , etc .

La máxima separación entre registro y registro será de 60 metros en trayectorias rectas y el número de registros dependerá de la trayectoria y longitud de los conductores a instalar .

No se permite la utilización de empalmes entre un registro y otro de tal manera que los conductores deberán ser de una sola pieza entre el tablero de distribución y el equipo , en caso de necesitar realizarse empalmes , los empalmes preferentemente se realizarán dentro de los registros . Las dimensiones de los registros dependerá del tamaño de los bancos de ductos que desemboquen en él ; la ventana superior de los registros eléctricos , se cubrirá con una tapa de fibra de vidrio con dimensiones máximas de 1000 mm x 1000 mm con agarraderas y estar identificada debidamente con el número que le corresponda según el proyecto .

A fin de evitar problemas con instalaciones existentes de otras dependencias o incluso de la misma se verificará y trazará un derecho de vía el cual permitirá incluso contemplar los espacios de reserva para utilizarse en futuras instalaciones y así evitar cruzamientos con otras instalaciones .

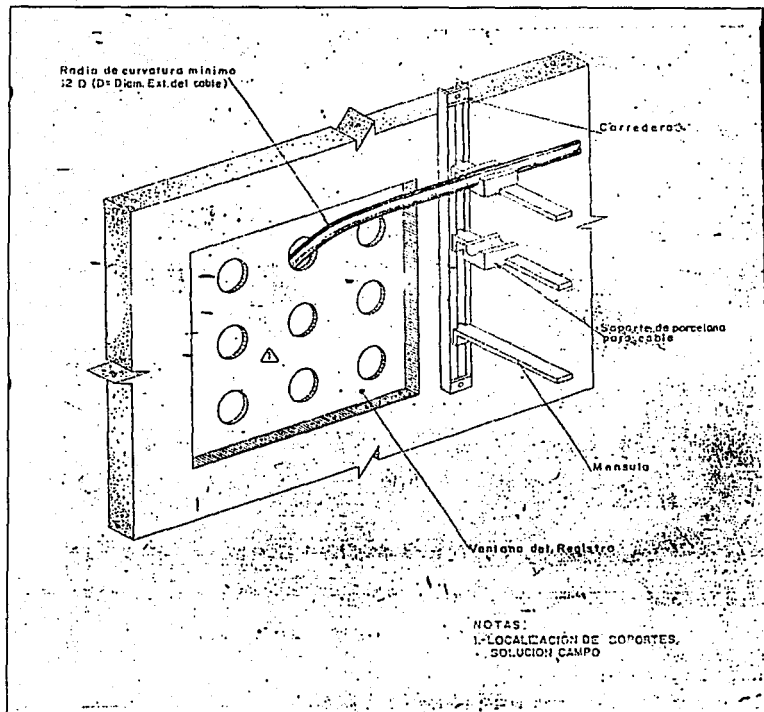


Fig. 4.9 Soportes en registros eléctricos

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

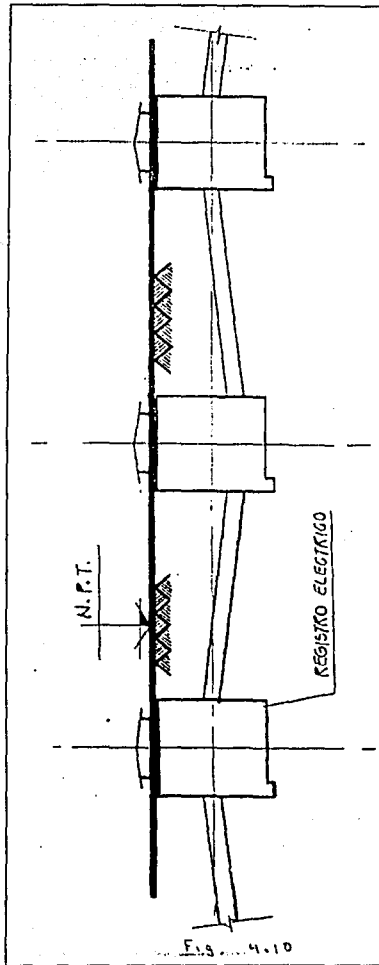


Fig. 4.10 Arreglo típico de registros eléctricos subterráneos

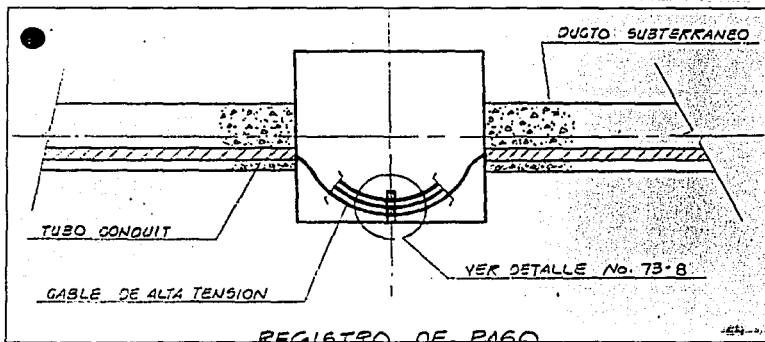
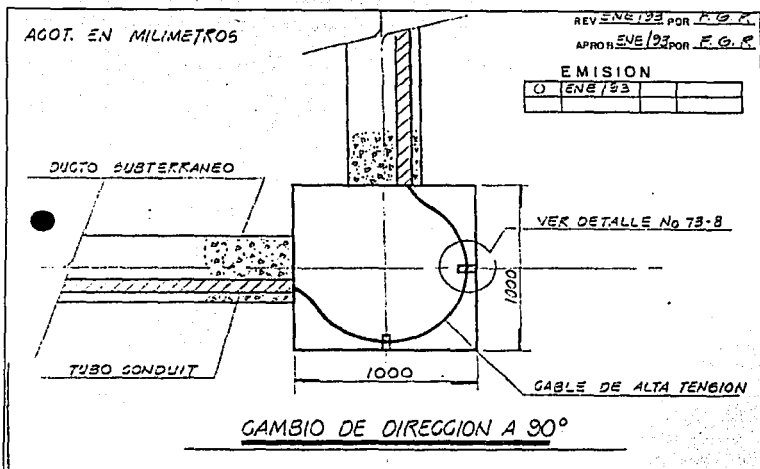


Fig 4.11 Soporte para cable de alta tension en registros eléctricos

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

4.3. Motores eléctricos

Al hablar de máquinas eléctricas llama poderosamente la atención observar como una masa giratoria de alambre sin mayor contacto que el de sus soportes y escobillas, obra como generadora de una corriente eléctrica la cual se podría usar por sí sola o convertirse de tal forma que pudiera realizar diversos trabajos mecánicos. Esto se puede explicar de la siguiente forma utilizando la teoría de la inducción.

Supongamos dos electroimanes, uno excitado y el otro no, colocados uno frente al otro, uno de los dos imanes posee un mecanismo que le permite realizar movimientos rápidos hacia atrás y hacia adelante durante los cuales se acercará y alejará del otro electroimán. Si el electroimán que se encuentra fijo resulta ser el excitado por una corriente independiente y el electroimán móvil tiene su circuito eléctrico cerrado, se inducirán en este electroimán corrientes eléctricas, las cuales irán cambiando de polaridad conforme el electroimán móvil se acerca o se retira, con lo cual estaremos teniendo un generador de corriente alterna.

Si bien la corriente inducida en el electroimán móvil cambia de sentido según este se acerque o aleje del otro electroimán, se puede implementar un mecanismo auxiliar el cual ponga alternativamente en conexión los extremos del circuito exterior con los del circuito inducido, de una forma al acercarse y de otra al alejarse, de tal forma que obtendremos una corriente constante en dirección aunque variable en magnitud, siendo este un generador de corriente continua.

Cuanto más rápido sea el movimiento, mayor será la cantidad de corriente inducida; de tal forma que la rotación del electroimán inducido alrededor del inductor, resulta una opción mejor que el movimiento de vaivén, por otra parte es precisamente este movimiento de rotación el que se utiliza en la práctica.

A fin de constituir un electroimán, la bobina móvil debe contar con un núcleo de hierro el cual se encargará de concentrar las líneas de fuerza del campo magnético. A esta unión de bobina móvil y núcleo de hierro se le da el nombre de armadura.

Dentro de la descripción que se ha hecho anteriormente de los generadores es representada la armadura como un electroimán; por otra parte si a un generador de corriente continua le hacemos pasar una corriente de origen exterior, esta corriente entrará por las terminales del inductor y pasará a la armadura mediante el conmutador con lo cual se formará un electroimán en la armadura y otro en el inducido del generador, de tal forma que se engendrarán polos norte y sur tanto en la armadura como en el inductor. Y en base al principio de que polos iguales se repelen y polos contrarios se atraen se iniciará una serie de atracciones y repulsiones que pondrán en movimiento la armadura, la cual seguirá girando y después de unos pocos grados de rotación volverá a obrar el conmutador para formar unos nuevos polos norte y sur en la armadura.

Resulta evidente que si no existiera el conmutador y la armadura tuviera polos fijos, esta rotación no podría ser mayor de 180 grados.

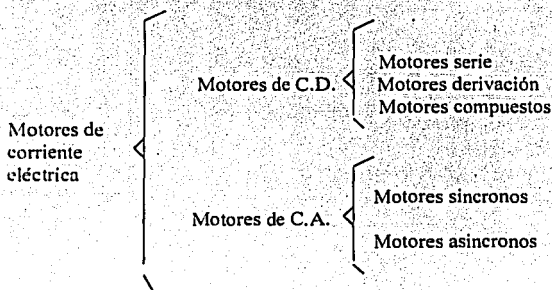
El hecho de que un generador es también un motor, o sea la reversibilidad de un generador es un hecho de suma importancia, de tal forma que un generador es un aparato para transformar energía mecánica en eléctrica y viceversa si a dicha máquina se le suministra energía eléctrica, la puede convertir en energía mecánica.

A grandes rasgos esta es la base teórica del funcionamiento del motor eléctrico y el generador, en los siguientes incisos hablaremos de los tipos de motores existentes y ahondaremos en un tipo de motor que por su funcionamiento y construcción se ha difundido extensamente en aplicaciones industriales comunes .

4 . 3 . 1 . Clasificación de los motores

Así como en la actualidad disponemos de sistemas de generación de energía eléctrica en corrientes continua y alterna , de igual forma disponemos de motores de corriente alterna y directa .

A continuación se proporcionará una clasificación de los motores eléctricos existentes , esta clasificación se iniciará en motores de C.A. y de C.D. , posteriormente se subdividirá en tipos y se hará mención de sus características de funcionamiento y utilidad .



Motores de C.D. :- Dentro de los motores de corriente directa, la manera eléctrica en que son conectados su estator (o campo) y su rotor (o armadura) será de gran importancia , pues sus características de funcionamiento variarán dependiendo de su conexión , así tenemos :

..Motor con el estator conectado en serie con el rotor . La siguiente figura ilustra las conexiones de un motor serie y la marcha de la corriente , así como su dirección de rotación en un motor serie .

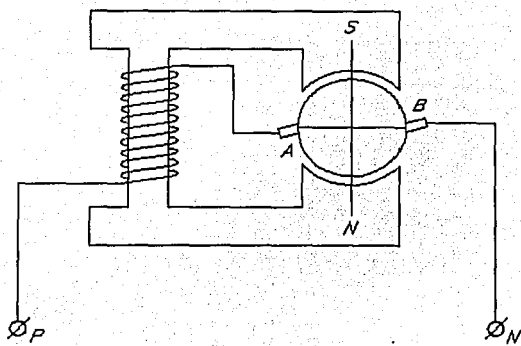


Fig. 4.12 Excitación en serie

Este tipo de motores posee la característica principal de que el número de revoluciones depende directamente de la carga que moverán, de tal forma que entre menor sea la carga, mayor será la velocidad de su rotación; posee un alto par de arranque lo que lo hace ideal para aplicaciones en tracción donde se moverán cargas pesadas partiendo del reposo; no se deben arrancar en vacío pues se corre el riesgo de que se aceleren peligrosamente, por lo tanto su control de velocidad resulta bastante complicado y en algunos casos si no se cuenta con el equipo adecuado para esta operación resulta imposible por medios eléctricos.

..Motor con el estator conectado en paralelo con el rotor, conocido como motor en derivación.

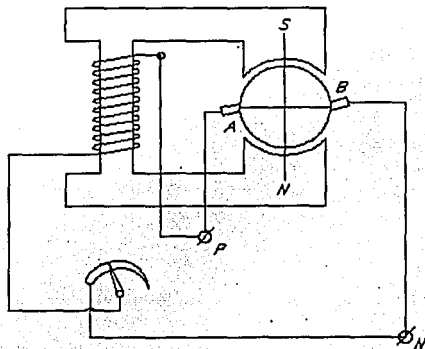


Fig. 4.13 Excitación derivación

4.3.2. Motores de inducción

Esta clase de motores llamado también asíncrono son los más empleados en la práctica, tanto dentro de la industria como para uso comercial y doméstico.

Este tipo de motores puede ser considerado como transformadores cuyos arrollamientos se disponen sobre diversos núcleos de hierro, estos núcleos se ordenan de tal manera que uno de ellos comprende concéntricamente al otro; uno de ellos, el rotor, está provisto de cojinetes que permiten el funcionamiento de rotación y es el que da la fuerza mecánica cuando se le aplica la corriente alterna al otro cuerpo fijo, o sea el estator.

El estator recibe uno o más devanados por fase, mientras que el rotor está formado por un cilindro de hierro constituido por planchas del mismo metal; en el que se alojan una serie de barras de cobre cerradas corto circuitadas por medio de anillos de cobre que las sujetan. Esta disposición es la conocida con el nombre de jaula de ardilla.

Las barras de cobre se pueden también unir entre sí y entonces se tiene un inducido en corto circuito llamado fase.

Los motores asíncronos pueden ser construidos para corrientes mono, bi y trifásica pero son más extensamente empleados los motores trifásicos debido a que en su giro se engendra un campo giratorio muy completo y que reúne optimas condiciones.

El devanado primario, o del estator, de los motores asíncronos trifásicos, se alimenta con corriente trifásica, que establece un campo magnético giratorio de intensidad casi constante y que gira a velocidad casi sincrónica y viene dada por la formula:

$$n = \frac{120 \times f}{p}$$

donde:

f = frecuencia del sistema en Hz

p = número de polos del motor

n = velocidad de rotación del flujo

Cualquier corriente alterna con excepción de la monofásica puede establecer un campo magnético rotante o giratorio. Las corrientes monofásicas solo establecen un flujo alternativo. Cuando el flujo giratorio es cortado por los conductores del rotor, induce en ellos una fuerza electromotriz; pero si los arrollamientos del rotor están en circuito abierto no habrá corriente ni impulso motor.

Quando se cierra el circuito fluye la corriente por los arrollamientos del rotor y reacciona sobre el flujo giratorio, el cual tira magnéticamente de los conductores del rotor en la dirección y sentido del flujo y de este modo se inicia la rotación. Los conductores del rotor no pueden nunca moverse tan aprisa como el flujo giratorio, pues si así fuese no habría movimiento relativo, ni por consecuencia fuerza electromotriz inducida. La corriente del rotor no circularía y así desaparecería la fuerza que produce la rotación. La fuerza que produce la rotación es proporcional al producto de la intensidad de la corriente del rotor por la del flujo magnético.

Por consiguiente es de desear que la corriente del rotor sea lo mayor posible . El mejor medio para conseguirlo es disponiendo el devanado del rotor en corto circuito y eso es lo que se aplica en la práctica .

Si tenemos en cuenta que la impedancia del rotor se hace muy pequeña , una pequeña fuerza electromotriz es todo lo que se necesita para producir una corriente de considerable intensidad y bastará una ligera diferencia entre la velocidad del campo giratorio y la propia del rotor . A esta diferencia entre las velocidades se le llama deslizamiento y se mide en tanto por ciento de la velocidad de sincronismo , que es la del campo giratorio . El valor del deslizamiento a plena carga suele ser de un 5% aproximadamente . Es conveniente que el deslizamiento tenga un valor bajo , pues obliga a gastar potencia en el circuito del rotor y además produce calor .

Las facilidades que otorga la operación de los motores de inducción sobre los demás tipos de motores eléctricos , su rendimiento , facilidad de mantenimiento y bajo precio en comparación con otros tipos ha hecho que los motores de inducción tengan una extensa utilización dentro de la industria . donde por lo regular integran la mayor parte de la carga eléctrica . En nuestro caso en particular , como más adelante se verá la mayor parte de la carga que consume energía eléctrica estará constituida por motores , incluyendo las mayores cargas dentro la planta .

4 . 4 Instalación de un motor eléctrico

Conductores , canalizaciones y protecciones

Dentro de las instalaciones eléctricas existen dos elementos que por su aplicación resultan particularmente importantes . Uno de estos elementos son los conductores eléctricos , los cuales se encargan de conducir la energía eléctrica de las fuentes a las cargas y de interconectar elementos diversos de la misma instalación eléctrica . A su vez por razones de protección de los mismos conductores y de seguridad , normalmente se encuentran instalados dentro de canalizaciones de distinta naturaleza y cuya aplicación depende del tipo de instalación eléctrica de que se trate .

De tal forma que se conocen tubos conduit , ductos , charolas y algunos otros tipos especiales de canalizaciones eléctricas .

Un conductor eléctrico no siempre será un alambre con una sección circular , sino que dependiendo de la aplicación en la que se utilizará podrá tener incluso forma de una barra rectangular o circular para aplicaciones en alta tensión ; aunque si bien dentro de las instalaciones eléctricas la mayor parte de los conductores que se utilizan son fabricados a base de cobre (Cu) o aluminio (Al) , los cuales debido a su alta conductividad y relativo bajo costo en comparación con algún otro material que pudiera ser mejor conductor , resultan una opción económicamente viable .

Realizando una comparación entre la capacidad de conducción del cobre y el aluminio encontramos que el aluminio es aproximadamente un 16% menos conductor que el cobre , más sin embargo al ser el aluminio más ligero que el cobre en igualdad de peso se tiene hasta cuatro veces más conductor que el cobre .

Como habíamos referido anteriormente en algunos casos para aplicaciones especiales en altas corrientes se fabrican conductores con secciones rectangulares o tubulares , más sin embargo dentro de las instalaciones eléctricas lo más usual es utilizar conductores de sección circular de metal sólido o en cables dependiendo de la cantidad de corriente por conducir y su utilización , dichos conductores se identifican mediante un número al cual corresponde un calibre de conductor determinado por un sistema de designación americano llamado AWG (American Wire Gage) , siendo el más grueso el conductor de 4/0 adelgazando en forma descendente hasta llegar al calibre 18 el cual es el más delgado que se usa en instalaciones eléctricas .

En conductores con una área mayor a la designada por 4/0 se realiza una designación en función de su área en pulgadas para lo cual se emplea una unidad llamada el Circular Mill ; se interpreta el circular mill como la sección de un círculo que tiene un diámetro de una milésima de pulgada , de tal forma que podemos tener conductores en base a el número de circulares mill que posee su área .

Casi todos los conductores que se emplean en las instalaciones eléctricas están aislados ; el aislamiento actualmente se fabrica a base de materiales del tipo termoplástico con distintas denominaciones comerciales según el fabricante , así cada tipo de conductor tiene propiedades específicas que lo diferencian de otros , y aunque los conductores en sí posean la misma cantidad de cobre o aluminio , el área final del conductor con su aislamiento podrá variar dependiendo del tipo .

Por su primordial función es importante realizar una buena selección de los conductores que se van a aplicar en una instalación eléctrica de tal manera que deben cumplir con ciertos requisitos tales como :

1. El límite de tensión de aplicación debe ser el adecuado
2. La capacidad de conducción de corriente que representa la máxima corriente que puede conducir un conductor para un calibre dado y que está afectado principalmente por los siguientes factores .-
 - a) la temperatura
 - b) la capacidad de disipación de calor producido por las pérdidas en función del medio en que se encuentre ya sea dentro de un ducto , al aire libre , en un tubo conduit , etc.
3. La máxima caída de voltaje admisible de acuerdo con el calibre del conductor y la corriente que conducirá .

En este caso se deberá tomar en cuenta y respetar la máxima caída de voltaje que permite el Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas que es del 3% del punto de alimentación al punto más distante de la instalación .

Debido a la importancia que entraña la selección de un adecuado conductor eléctrico nos ajustaremos a lo establecido en el Manual de Procedimientos de Ingeniería de Diseño dentro del área eléctrica emitido por PEMEX , dentro del cual se realizan :

Calculo de conductores por corriente
 Calculo de conductores por regulación de tensión y
 Calculo de conductores por corto circuito .

En lo referente a las canalizaciones haremos hincapié en los tubos conduit , ya que por las características particulares de la planta se ha decidido que la distribución de energía eléctrica para los elementos del sistema de fuerza se realice a base de canalizaciones subterráneas.

El tubo conduit es utilizado en las instalaciones eléctricas con la finalidad de proteger a los conductores contra daños mecánicos o ataques del ambiente en que se sitúa el circuito , estos tubos pueden estar fabricados de metales tales como el aluminio , aleaciones especiales o acero , en cuyo caso son fabricados tres tipos de tubo : pesado , semipesado y ligero siendo su diferencia particular el espesor de su pared .

Nos centraremos en el conduit de acero pesado (pared gruesa) , este tipo de tubos se encuentran en el mercado con recubrimiento de esmalte o galvanizados , tramos de 3.005 m de longitud y diámetros que van desde 1/2 pulgadas (13 mm) hasta 6 pulgadas (1152.4 mm) .

En el caso particular que nos entretiene ahora y basados en la norma para proyecto de obras 2.225.01 de PEMEX , se utilizará tubería metálica de acero galvanizado por inmersión en caliente, cédula 40 , con rosca y cople como indica la norma NOM-J-16-1951 " Tubos conduit y sus conexiones " .

Los tubos serán agrupados en bancos de hasta 36 tuberías como máximo y la parte superior de los bancos de tuberías , debe quedar a una profundidad mínima de 500 mm abajo del nivel de piso terminado . Las tuberías deben instalarse con una pendiente mínima de 3:1000 hacia los registros, los cuales deberán tener una separación máxima entre registro y registro de 60 m .

A continuación presentaremos ejemplos de los cálculos realizados para determinar el calibre de conductor de circuitos que componen el sistema eléctrico de esta planta .

Ejemplo 1 .-

Calcularemos el calibre del conductor y el diámetro de la canalización del circuito CF-CCM-20-1 el cual alimentará a la bomba de agua contra incendio identificada como ME-201A , la cual tiene una capacidad de 250 HP , alimentado a 4160 volts tres fases .

Cálculo del calibre de conductor por corriente.-

Iniciaremos calculando la corriente que consume el motor en base a la potencia y voltaje de alimentación , la corriente se calculará con la siguiente formula obtenida del Manual de procedimientos de ingeniería de diseño de PEMEX y en el cual basaremos todo el procedimiento

$$I_n = \frac{746 \times \text{HP}}{\sqrt{3} \times E \times \eta \times \text{FP}}$$

Donde :

HP = Potencia en HP

E = Voltaje de línea en volts

η = Eficiencia utilizando la figura No 4.14

FP = Factor de potencia (se utilizará un valor de 0.9 para efectos de cálculo en este procedimiento)

$$I_n = \frac{746 \times 250}{\sqrt{3} \times 4160 \times 0.89 \times 0.90} = 32.31$$

cantidad que redondearemos a 33 amperes como corriente nominal que consume el motor , a continuación se corregirá el valor de corriente nominal tomando en cuenta los factores de corrección por temperatura (FCT) aplicando la tabla No 4.3, por profundidad (FCP) aplicando la tabla No 4.4 y por agrupamiento (FCA) aplicando la tabla No 4.5 , así , de las tablas :

Para una temperatura ambiente de 35°C del terreno y una máxima temperatura del conductor de 90°C

$$FCT = 0.92$$

para una instalación en ductos a 0.90 m

$$FCP = 1.00$$

para un banco de ductos con 1 fila vertical y 2 filas horizontales

$$FCA = 0.87$$

corrigiendo la corriente nominal

$$I = \frac{I_n}{FCT \times FCP \times FCA} = \frac{33}{0.92 \times 1.00 \times 0.87} = 41.22 \text{ Amp}$$

aplicando el artículo No 430.22 de la NOM-001-SEDE-1999 para motores de servicio continuo

$$I = 41.22 \times 1.25 = 51.52 \text{ Amp.}$$

Utilizando este valor de corriente y de catalogo de fabricantes el conductor seleccionado será calibre 6 AWG .

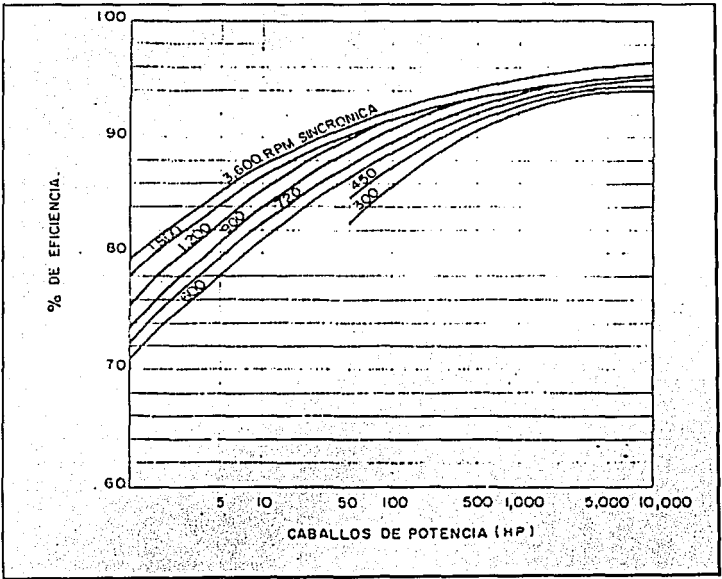


Fig 4.14 Curvas tipo para la eficiencia de motores de inducción polifásicos a plena carga, par normal y baja corriente de arranque.

PEMEX	MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE INGENIERIA DE DISEÑO	AYUDAS
SPCO GIP	INGENIERIA ELECTRICA	L
ELABORO: COMISIA. GRAL. DE INGENIA. ELECTROMECANICA / REV. 0		SEP. 1980
		HOJA 33 DE 294

CONTINUA TABLA L / II.2.1.7.2.

b) Cables instalados al aire.

MAXIMA TEMPERATURA del conductor (°C)	TEMPERATURA AMBIENTE (°C)							
	15	20	25	30	35	40	45	50
60	1.50	1.41	1.32	1.22	1.12	1.00	0.87	0.71
75	1.31	1.25	1.20	1.13	1.07	1.00	0.93	0.85
80	1.27	1.22	1.17	1.12	1.05	1.00	0.94	0.87
90	1.22	1.18	1.14	1.10	1.05	1.00	0.95	0.89

TABLA L / II.2.1.7.3.

CABLES EXPUESTOS AL SOL

Quando un cable está expuesto al sol, la temperatura de su superficie exterior aumenta con respecto a la del aire ambiente a la sombra. Aunque la situación no es tan desfavorable cuando hay viento, conviene considerar las condiciones más críticas para efectos de cálculo. La siguiente tabla proporciona datos empíricos sobre los incrementos que se deben dar a la temperatura ambiente a la sombra (tomada generalmente como 40 °C) para calcular la corriente de los cables usando los factores de corrección de la tabla L / II.2.1.7.2.

DIAMETRO CABLE (mm)	20	30	40	50	60	70	80
Cable con plomo ext. °C	12	15	17	18	20	21	22
Cable con cubierta opaca (yute, PVC, etc.) °C	14	17	19	21	24	26	28

TABLA L-7-11.2.1.7-4-

**FACTOR DE CORRECCION POR INCREMENTO
EN LA PROFUNDIDAD DE INSTALACION**

PROFUNDIDAD DE INSTALACION EN METROS	CABLES DIRECTAMENTE ENTERRADOS		CABLES EN DUCTOS SUBTERRANEOS	
	5 kV a 23 kV	35 kV	5 kV a 23 kV	35 kV
0.90	1.00		1.00	
1.00	0.99		0.99	
1.20	0.98	1.00		1.00
1.50	0.97	0.99	0.97	0.99
1.80	0.96	0.98	0.96	0.97
2.50	0.95	0.96	0.91	0.92

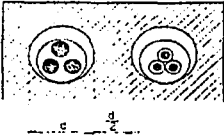
Tabla 4.4 Factor de corrección por incremento en la profundidad de instalación.

PEMEX	MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE INGENIERIA DE DISEÑO	A Y U D A S
SPCO GIP	INGENIERIA ELECTRICA	L
	LABOR- SUPTCIA. GRAL. DE INGRIA. ELECTROMECANICA REV: 0	SEP 1990 HOJA 40 DE 794

4.5
TABLA L-1-11-2-1-7.5.

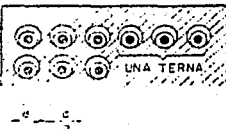
FACTORES DE CORRECCION POR AGRUPAMIENTO EN INSTALACION SUBTERRANEA DE CABLES

a) Un cable triplex o tres cables monofásicos en el mismo ducto, o un cable tripolar por ducto.



NUMERO DE FILAS DE TUBOS VERTICALMENTE	NUMERO DE FILAS DE TUBOS HORIZONTALMENTE					
	1	2	3	4	5	6
1	1.00	0.87	0.77	0.72	0.68	0.65
2	0.87	0.71	0.62	0.57	0.53	0.50
3	0.77	0.62	0.53	0.48	0.45	0.42
4	0.72	0.57	0.48	0.44	0.40	0.38
5	0.68	0.53	0.45	0.40	0.37	0.35
6	0.65	0.50	0.42	0.38	0.35	0.32

b) Un cable monofásico por ducto (no magnético)



NUMERO DE FILAS DE TUBOS VERTICALMENTE	NUMERO DE FILAS DE TUBOS HORIZONTALMENTE					
	1	2	3	4	5	6
1	1.00	0.88	0.79	0.74	0.71	0.69
2	0.88	0.73	0.65	0.61	0.57	0.56
3	0.79	0.65	0.56	0.52	0.49	0.47
4	0.74	0.60	0.52	0.49	0.46	0.45
5	0.71	0.57	0.50	0.47	0.44	0.42
6	0.68	0.55	0.48	0.45	0.42	0.40

Los factores de corrección de un cable monofásico por ducto se aplican también a cables directamente enterrados.

Tabla 4.5 Factores de corrección por agrupamiento en instalación subterránea de cables.

PEMEX	MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE INGENIERIA DE DISEÑO	AYUDAS
SPCO GIP	INGENIERIA ELECTRICA	L
ELABORO: SUPTCIA. GRAL. DE INGRIA. ELECTROMECANICA REV. 0		SEF / 1990
		HOJA 44 DE 294

4.6
TABLA L / - II:2:1:7.8.

VALORES DE RESISTENCIA EN C.A. DE CONDUCTORES DE COBRE

CALIBRE AWG/kCM	RESISTENCIA A LA CORRIENTE ALTERNA CONDUCTOR DE COBRE		
	25°C Ω/km	75°C Ω/km	90°C Ω/km
8	2.14	2.56	2.89
6	1.35	1.62	1.70
4	0.848	1.02	1.07
2	0.533	0.638	0.670
1/0	0.336	0.402	0.422
2/0	0.266	0.320	0.335
3/0	0.212	0.254	0.266
4/0	0.168	0.201	0.211
250	0.143	0.171	0.179
350	0.103	0.122	0.128
500	0.0725	0.0862	0.108
750	0.0497	0.0586	0.0613
1000	0.0387	0.0452	0.0556

4.7
TABLA L / - II:2:1:7.9.

RADIO MEDIO GEOMETRICO DE CONDUCTORES USUALES

CONSTRUCCION DEL CONDUCTOR	RMG
Alambre sólido	0.779r
Cable de un solo material	
7 hilos	0.726r
19 hilos	0.758r
37 hilos	0.768r
61 hilos	0.772r
91 hilos	0.774r
127 hilos	0.776r

r = Radio del conductor

Tablas 4.6 y 4.7

Verificación del calibre del conductor por caída de tensión.-

Aplicando la formula :

$$\text{Regulación (\%R)} = \frac{\Delta V}{V_n} \times 100$$

donde :

ΔV = Caída de tensión al neutro en KV

V_n = tensión al neutro en KV

Para calcular " ΔV " es necesario determinar el valor de resistencia en CA (R) del conductor seleccionado en el procedimiento de calculo del conductor por corriente , aplicando la tabla No 4.6 y la temperatura de operación del conductor a 90°C , calcular el radio medio geométrico (RMG) del conductor utilizando las tablas No 4.7 y No 4.8 , calcular la distancia media geométrica (DMG) e inductancia (L) del conductor aplicando la tabla No 4.9 , y ya con esta información calcular la reactancia inductiva (XL) del conductor .

Así para un cable calibre 6 AWG compuesto de 7 hilos con un diámetro nominal del conductor de 4.30 mm

$$R = 1.70 \text{ ohms/Km}$$

$$\text{RMG} = 0.726 r \quad \text{donde } r = \text{radio del conductor}$$

$$\text{RMG} = 0.726 \times (4.30/2) = 1.5609 \text{ mm}$$

$$L = 2 \times 10^{-4} \ln \frac{S}{\text{RMG}} = 2 \times 10^{-4} \ln \frac{4.3 \text{ mm}}{1.5609 \text{ mm}} = 2.027 \times 10^{-4} \text{ H/Km}$$

Aplicando la formula $XL = 2 \times \pi \times F \times L$

donde :

XL = Reactancia inductiva del cable en Ohm/Km

F = Frecuencia en Hz (aplicando un valor de 60 Hz)

L = Inductancia en H/Km

$$XL = 2 \times 3.1416 \times 60 \times 2.027 \times 10^{-4} = 0.0764 \text{ Ohm/Km}$$

Ahora calcularemos el valor de la impedancia mediante la formula

$$Z = (R + jXL) \mathcal{L}$$

donde :

Z = Impedancia del cable en ohms

R = Resistencia en CA del cable en ohm/Km

XL = Reactancia inductiva del cable en ohm/Km

l' = Longitud del circuito en Km la cual de proyecto es de 20m expresado en kilómetros 0.02 km

$$Z = (1.70 + j0.0764)0.02 = 0.034 + j0.00153 = 0.034 \angle 2.57^\circ$$

Para obtener el valor de caída de tensión al neutro utilizaremos :

$$\Delta V = Z \times I_n \quad \text{donde :}$$

ΔV = caída de tensión al neutro en volts

Z = impedancia del cable en ohms , para calculo se puede utilizar el valor absoluto de la impedancia

I_n = corriente nominal del equipo a alimentar

$$\Delta V = 0.034 \times 33 = 1.122 \text{ volts}$$

Calculemos ahora el valor de tensión al neutro utilizando :

$$V_n = \frac{\text{Tensión de línea en volts} \quad 4160 \text{ volts}}{\sqrt{3}} = 2401.78 \text{ V}$$

Por último aplicaremos la formula para la obtención de la regulación de tensión

$$\%R = \frac{1.122 \text{ v}}{2401.78 \text{ v}} \times 100 = 0.047 \%$$

ya que la regulación de tensión es menor del 3% se entiende que la caída de tensión en el cable es aceptable por lo cual sigue aceptándose este calibre de conductor .

Verificación del calibre de conductor por corto circuito .-

Aqui determinaremos la máxima corriente de falla que deberá soportar el conductor antes de que operen los dispositivos de control lo cual se hará aplicando la formula

$$I_{cc} = \frac{MV_{Acc} \times 1000}{\sqrt{3} \times E}$$

PEMEX	MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE INGENIERIA DE DISEÑO	AYUDAS
	INGENIERIA ELECTRICA	L
SPCO GII'	ELABORO: SUPLETA GRAL. DE INGENIA ELECTROMECANICA' REV: 0	SEP. 1990
		HOJA 45 DE 294

TABLA L / -II.2.1.7.10.

CARACTERISTICAS DE CONDUCTORES (CABLES)

KCM	CALIBRE		DIAMETRO NOMINAL CONDUCTOR MM	NUMERO DE ALAMBRES
	AWG	MM ²		
	8	8.37	3.14	7
	6	13.30	4.3	7
	4	21.15	5.4	7
	2	33.60	6.8	7
	1/0	53.49	8.5	19
	2/0	67.40	9.6	19
	3/0	85.01	10.7	19
	4/0	107.21	12.1	19
250		127	13.2	37
350		177	15.7	37
500		253	18.7	37
600		304	20.7	61
750		380	23.1	61
1000		507	26.9	61

TABLA L / -II.2.1.7.11.

FORMULAS DE CALCULO DE INDUCTANCIA TOTAL (H/KM)

$L = 2 \cdot 10^{-4} \ln \frac{S}{RMG}$

Formación triangular
equidistante

$L = L_1 + L_2 + L_3$

$L = 2 \cdot 10^{-4} \ln \frac{S}{R \cdot G}$

Formación triángulo

El valor medio de la inductancia total del sistema es

$L = 2 \cdot 10^{-4} \ln \frac{DMG}{RMG}$

donde DMG es la distancia media geométrica y queda definida como:

$DMG = \sqrt[3]{S_{12} \cdot S_{23} \cdot S_{31}}$

Formación línea

El valor medio de la inductancia total es

$L = 2 \cdot 10^{-4} \ln \frac{DMG}{RMG}$

donde DMG = $\sqrt[3]{S^2}$

donde :

I_{cc} = Máxima corriente de falla en Amperes
MVA_{cc} = Potencia de corto circuito en MVA , para efectos de cálculo en este procedimiento y para una tensión de 4.16 KV la potencia de corto circuito será de 250 MVA según lo estipulado como norma de uso en el manual de procedimientos de ingeniería de diseño de PEMEX .

$$I_{cc} = \frac{250 \times 1000}{\sqrt{3} \times 4.16} = 34696.53 \text{ Amp.}$$

Para un dispositivo de protección con capacidad interruptiva de 350 MVA_{sim}, 4160 volts y tiempo para operar a la apertura de 6 a 9 ciclos de la marca SQUARE-D clase 8198 , de la tabla No 4.15 obtenemos que se necesitará de un calibre de conductor 4 / 0 AWG

que será el calibre de conductor que elegiremos para alambrear el circuito en tramite .

A continuación , para el debido cálculo y selección del diámetro de la tubería a utilizarse y habiendo elegido el cable de energía Vulcanel de CONDUMEX , fabricado de cobre suave , pantalla semiconductor sobre el conductor , extrucción simultánea con el aislamiento , aislamiento de polietileno de cadena cruzada (XLP) el cual cuenta con baja absorción de humedad , alta rigidez dieléctrica y por ende bajas pérdidas dieléctricas . Para proteger al conductor de la presencia de hidrocarburos en el suelo así como de humos y gases químicos se utilizará una pantalla electrostática formada por un forro de plomo , completada con una cubierta de cloruro de polivinilo (PVC) resistente a la abrasión , ozono , humedad y desgaste , además protegiendo al plomo contra la corrosión electrolítica ; debido a estas características , este tipo de conductor resulta optimo para la aplicación en el tipo de instalación en que estamos trabajando .

Basándonos en la norma No 2.225.01 de PEMEX elegiremos un nivel de aislamiento del 133% .

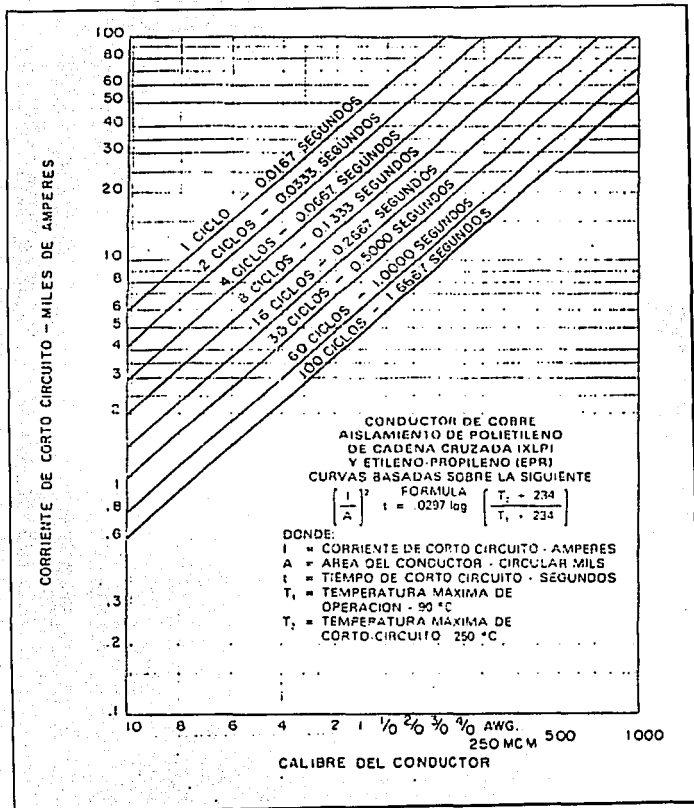
Como primer paso calcularemos el área que ocupa el alimentador mediante la ecuación :

$$A(t) = M \times (\pi \times d^2 / 4) \quad \text{donde :}$$

$A(t)$ = Área total del alimentador en mm^2

d = Diámetro exterior nominal del conductor incluyendo el aislamiento en mm

M = Número de conductores que formarán el alimentador en este caso serán 3 conductores



De tablas del fabricante :

$$d = 27.81 \text{ mm}$$

$$A(t) = 3 \times (3.1416 \times (27.81)^2 / 4) = 1822.27 \text{ mm}^2$$

Para una utilización del área del ducto del 40% de su área disponible :

$$A(\text{tub}) = \frac{A(t) \times 100}{40} = \frac{1822.27 \times 100}{40} = 4555.67 \text{ mm}^2$$

donde :

$A(\text{tub})$ = Área de la tubería en mm^2 utilizando solo el 40% de su capacidad

En base a esta área determinaremos el diámetro de la tubería :

$$d(\text{tub}) = \frac{4 \times A(\text{tub})}{\pi} = \frac{4 \times 4555.67}{3.1416} = 76 \text{ mm}$$

por lo tanto elegiremos una tubería de 76 mm de diámetro de acero galvanizado por inmersión en caliente cédula 40 .

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

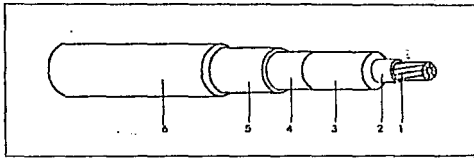


CABLES VULCANEL 2000^{MR}. EP ó XLP CON PLOMO 5 Y 15 KV PARA REFINERIAS DE PETROLEO Y PLANTAS PETROQUIMICAS

MR 200

DESCRIPCION:

1. Conductor compacto cubierto en clase "II" de cobre electrolítico.
2. Pantalla semiconductora estirada sobre el conductor.
3. Aislamiento de EP ó XLP, 133 % N.A.
4. Pantalla semiconductora estirada sobre el aislamiento (doble estiramiento).
5. Cubierta exterior de plomo que actúa también como pantalla electrostática.
6. Cubierta exterior de PVC.



APLICACIONES:

Usados en general en distribución de potencia en casas, edificios, ductos subterráneos o en instalaciones interiores, refinerías de petróleo y plantas petroquímicas.

- Mínima emisión de gases tóxicos y corrosivos (IEC-754-1).
- Resistencia a la abrasión y al desgaste, así como al calor, humedad, aceites, grasas y productos químicos.
- Alta resistencia a hidrocarburos.

REGISTRO:

Autorización: RBH

DATOS PARA PEDIDO:

Cable de energía VULCANEL 2000^{MR} EP ó XLP con plomo, tensión entre fases, nivel de aislamiento, calibre, longitud en metros y número de producto.

TENSION MAXIMA DE OPERACION:
5 y 15KV

TEMPERATURA MAXIMA EN EL CONDUCTOR:

Normal	90°C
Subnormal	130°C
Con sobrecarga	250°C

PROPIEDADES:

- Espesor de la funda exterior mejorado reduciendo las características mecánicas.
- Disponibilidad de EP (Etileno Propileno) ó PVC:
 - Excelente resistencia al calor y a la humedad.
 - Resistencia excepcional a las intemperias parciales.
 - Alta rigidez dieléctrica.
 - Alta resistencia a la humedad.
 - Gran resistencia a las intemperias mecánicas.
- Disponibilidad de XLP (Polietileno de Alta Densidad) ó PVC:
 - Buena resistencia a la humedad.
 - Buena resistencia a aceites.
 - Resistencia excepcional a descargas parciales.
- Buena protección dieléctrica.
- Excelente resistencia a la intemperia mecánica (IEE-1933).
- Mínima emisión de humos densos y corrosivos (IEE-1933).

ESPECIFICACIONES:

ATIE CS-6 para XLP
ATIE CS-6 para EP

Calibre	Número de producto			
	EP		XLP	
	5KV	15KV	5KV	15KV
6	161456		161951	
4	161457		161480	
2	161458	161459	161955	161485
1/0	161459	161470	160787	161486
2/0	161460	161471	161021	161487
3/0	161461	161472	161976	161488
4/0	161462	161473	160904	161489
250	161463	161474	161052	161489
350	161464	160795	161483	161491
500	161465	161475	160933	161096
600	161466	161476	161484	161490
750	161467	161477	160934	160915
1000	161468	161478	161063	161491

NOTA: Los números de producto mostrados se refieren a productos estándar. Si se requiere de alguna construcción distinta a la estándar, favor de incluir en el pedido el número de producto base del cable, indicando las modificaciones requeridas.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

CABLES VULCANEL 2000^{M.R.} EP ó XLP CON PLOMO 5 Y 15 KV PARA REFINERIAS DE PETROLEO Y PLANTAS PETROQUIMICAS

MI 28.0

Cable	Conductor		Diámetro sobre aislamiento		Diámetro exterior nominal		Peso EP		Peso XLP	
	Area	Diámetro	5KV	15KV	5KV	15KV	5KV	15KV	5KV	15KV
	mm ²	mm	mm	mm	mm	mm	kg/km	kg/km	kg/km	kg/km
6	13.30	4.3	11.3	-	16.49	-	1120	-	1105	-
4	21.10	5.4	12.4	-	19.61	-	1275	-	1260	-
2	33.60	6.8	13.8	-	21.01	27.91	1490	2370	1475	2340
1/0	53.50	8.5	15.5	-	20.9	29.64	1835	2710	1815	2680
2/0	67.40	9.6	16.5	-	21	29.66	2170	2949	2140	2910
3/0	85.01	10.7	17.7	-	23.1	28.49	31.85	2530	3220	2600
4/0	107.21	12	19.1	-	24.4	27.61	33.17	3565	3540	3510
250	126.7	13.2	20.5	-	25.0	29.21	35.84	3270	4390	3230
350	177.3	15.7	22.9	-	28.3	31.69	38.32	3765	5135	3910
500	253.4	18.7	25.9	-	31.3	35.97	42.09	5445	6240	5380
600	301.0	20.7	28.0	-	33.5	38.18	44.30	6150	6665	6075
750	380.0	23.1	32.7	-	36.0	40.69	47.35	7115	8395	7030
Totales	565.7	26.9	34.4	-	39.8	45.21	51.61	8740	10120	8540

NOTA: Estos datos son aproximados y están sujetos a tolerancias de manufactura

Ejemplo 2 .-

Calcularemos ahora el calibre del conductor y canalización de la motobomba de descarga de pipas ME - 102 (Normal) la cual poseera una potencia de 15 Hp , estará alimentada a una tensión de 480 volts , 60 hertz , 3 hilos y consumirá una corriente de 22 amperes a plena carga (datos de placa).

Calculo por corriente :

Como en el ejemplo anterior , la normatividad a seguir será la estipulada en el Manual de procedimientos de ingeniería de diseño editado como norma de diseño por PEMEX ; iniciaremos determinando los factores de corrección por temperatura y por agrupamiento de los cables que se utilizarán en la conexión del motor y una vez obtenidos serán aplicados al valor de la corriente nominal .

Así para una temperatura ambiente de 35°C y considerando una temperatura máxima de operación del conductor de 75°C el factor de corrección por temperatura será de: $FCT = 0.88$ (ver tabla 4.16).

El factor de corrección por agrupamiento será de 1.0 ya que el número de conductores para la conexión del motor será de tres . $FCA = 1.0$ (tabla 4.17).

Afectando la corriente nominal del motor por dichos factores de acuerdo a la siguiente formula :

$$I = \frac{I_n}{(FCT)(FCA)}$$

Donde :

I = Corriente corregida en amperes

I_n = Corriente nominal de equipo en amperes

$$I = \frac{22.0}{(0.88)(1.0)} = 25.0 \text{ amp}$$

Por tratarse de un motor de servicio no continuo ya que solo en casos excepcionales las pipas serán descargadas se hace necesario la aplicación del artículo 430-22 de la NOM-001-SEDE-1999 , de esta forma la capacidad de conducción de corriente del circuito derivado será afectada por el factor 0.9 para una bomba que trabajará entre 30 y 60 minutos para descargar una pipa .

4.16

TABLA L-/-II.2.2.7.2.

FACTORES DE CORRECCION POR TEMPERATURA AMBIENTE

TEMPERATURA AMBIENTE °C	TEMPERATURA MAXIMA PERMISIBLE EN EL AISLAMIENTO, °C			
	60	75	85	90
31 - 40	0.82	0.88	0.90	0.91
41 - 45	0.71	0.82	0.85	0.87
46 - 50	0.58	0.75	0.80	0.82
51 - 55	0.41	0.67	0.74	0.76
56 - 60	—	0.58	0.67	0.71
61 - 70	—	0.35	0.52	0.58
71 - 80	—	—	0.30	0.41

4.17

TABLA L-/-II.2.2.7.3.

FACTORES DE CORRECCION PARA MAS DE TRES CONDUCTORES EN CANALIZACION (1) Y (2)

NUMERO DE CONDUCTORES	PORCENTAJE DE LOS VALORES YA AJUSTADOS PARA TEMPERATURA AMBIENTE SI ES NECESARIO
4 a 6	0.80
7 a 24	0.70
25 a 42	0.60
43 en adelante	0.50

- (1) En caso de un conductor neutro que transporta solamente la corriente de desequilibrio de otros conductores, como en el caso de los circuitos normalmente equilibrados de tres o más conductores, no se debe afectar su capacidad de corriente con los factores indicados en esta tabla.
- (2) Cuando se instalan conductores de sistemas diferentes dentro de una canalización, los factores indicados en esta tabla deben aplicarse solamente al número de conductores para fuerza y alumbrado.

Así tendremos :

$$I = 0.9 \times 25.0 \text{ amp} = 22.5 \text{ amp}$$

Con este valor de corriente y de la tabla de fabricante AI. se obtiene que el conductor necesitado será de calibre

10 AWG

Para confirmar lo anterior realizaremos el calculo del calibre del conductor utilizando el metodo de caída de tensión en el cual la caída de tensión hasta el lugar en donde se ubica el motor que es a 110 metros de donde se inicia el alimentador , no deberá exceder del 5 %

Aplicando la siguiente formula del manual de procedimientos de PEMEX

$$c \% = \frac{2 \times l \times I_n \times \sqrt{3}}{E \times S}$$

donde :

c % 0 Caída de tensión en %

l = Longitud del circuito en metros

I_n = Corriente nominal en amperes

E = Voltaje de línea en volts

S = Sección transversal del conductor en mm²

$$c \% = \frac{2 \times 110 \times 22 \times \sqrt{3}}{480 \times 5.261} = 3.31 \%$$

lo cual al ser menor de 5 % resulta aceptable ratificando el calibre obtenido por corriente

Por la importancia que reviste en este caso el evitar o controlar el calentamiento de los conductores también se realizará el cálculo de los conductores por corto circuito , así determinaremos la máxima corriente de falla que deberá soportar el conductor antes de que opere el dispositivo de protección aplicando la siguiente formula del Manual de procedimientos.

$$I_{cc} = \frac{MVA_{cc} \times 1000}{3 \times E}$$

I_{cc} = Máxima corriente de falla en amperes

MVA_{cc} = Potencia de corto circuito en MVA

E = Tensión de línea donde se conectará el conductor en KV

Del Manual de procedimientos de PEMEX y para efectos de calculo en este procedimiento se asumirá que para una tensión de 480 volts la I_{cc} será de 25000 amperes simétricos .

De tal manera que para una I_{cc} de 25000 y utilizando una protección de 8 ciclos (0.1333 segs) y basados en la figura 4.16 de corrientes de corto circuito permisibles para cables con aislamiento de 90°C y conductores de cobre , obtendremos un calibre de

3/0 AWG

Con la información anteriormente obtenida ahora seleccionaremos el diámetro de la tubería basados en la tabla 4.18 del número máximo de conductores en medidas comerciales de tubería conduit para conductor calibre 3/0 y aislamiento THW . De la figura , el diámetro nominal del tubo será de 51 mm para un número máximo de 4 conductores que se pueden alojar en el conduit

Una vez realizados dos calculos de conductores como ejemplos de la metodología aplicada (uno en mediana tensión y uno en baja tensión) a continuación se presentará el compendio de los alimentadores calculados por separado para cada CCM incluidos en el presente diseño .

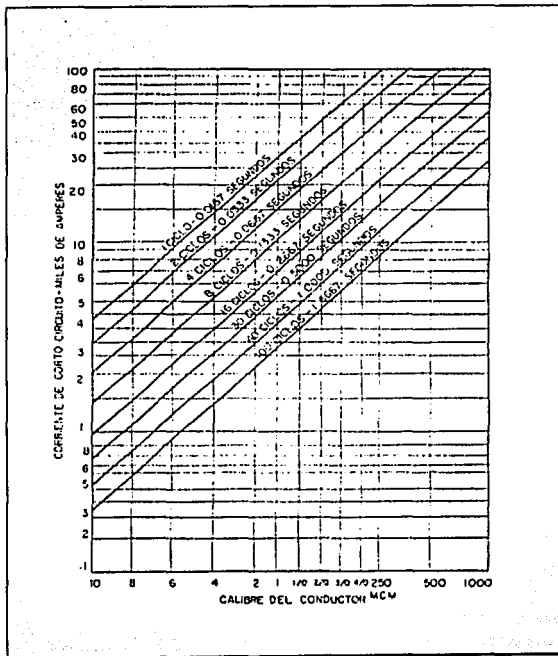


Fig 4.16 Corrientes de corto circuito permisibles para cables con aislamiento a 90°C y conductor de cobre.

4.18
 TABLA 4.18-11.2.2.7.6-

NUMERO MAXIMO DE CONDUCTORES EN MEDIDAS COMERCIALES EN TUBERIA CONDUIT.

Numero máximo de conductores que pueden alojarse en tubo conduit

TIPO DE conductor	CALIBRE DE CONDUCTOR AWG KCM	DIAMETRO NOMINAL DE TUBO (mm)									
		13	19	25	32	38	51	63	76	89	102
T, TW y THW	14*	9	16	25	45	61					
	14	8	14	22	39	54					
	12*	7	12	20	35	48	78				
	12	6	11	17	30	41	68				
	10*	5	10	15	27	37	61				
	10	4	8	13	23	32	52				
	8	2	4	7	13	17	28	40			
RHW y RHH (sin cubierta exterior)	14*	6	10	16	29	40	65				
	14	5	9	15	26	36	59				
	12*	4	8	13	24	33	54				
	12	4	7	12	21	29	47				
	10*	4	7	11	19	26	43	61			
	10	3	6	9	17	23	38	53			
	8	1	3	5	10	13	22	32	49		
T, TW y THW RHW y RHH (sin cubierta exterior)	6	1	2	4	7	10	16	23	36	48	
	4	1	1	3	5	7	12	17	27	36	47
	2	1	1	2	4	5	9	13	20	27	34
	1/0	—	1	1	2	3	5	8	12	16	21
	2/0	—	1	1	1	3	5	7	10	14	18
	3/0	—	1	1	1	2	4	6	9	12	15
	4/0	—	—	1	1	1	3	5	7	10	13
	250	—	—	1	1	1	2	4	6	8	10
	300	—	—	—	1	1	2	3	5	7	9
	350	—	—	—	1	1	1	3	4	6	8
	400	—	—	—	1	1	1	2	4	5	7
500	—	—	—	1	1	1	1	3	4	6	

* Aluminio

Tabla 4.18 Número máximo de conductores en medidas comerciales en tubería conduit.

**TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN**

4. 5 Sistema de emergencia

Planta de emergencia

A fin de obtener un adecuado respaldo de energía eléctrica para equipos que por su importancia dentro del proceso resultan estratégicos , se hace necesaria la implementación de una planta de generación de energía auxiliar y así contar con los medios adecuados para afrontar una eventual falta del fluido eléctrico en estos equipos .

Esta planta tendrá la capacidad de alimentar los equipos contemplados en el plano L - 003 de este proyecto , estará impulsado por un motor de combustión interna a diesel , su arranque será automatico al detectarse la falta de energía eléctrica en los alimentadores de dichos equipos y de igual manera el proceso de transferencia tanto de energización como de desenergización será automatica mediante el equipo de control adecuado .

A continuación se describirá el proceso de calculo y selección de la capacidad nominal de dicha planta generadora en base a lo contemplado en el Manual de procedimientos de ingeniería de diseño de PEMEX .

Para esto dividiremos las cargas a ser alimentadas en dos tipos :

Cargas de operación continua :	Potencia
* Alumbrado de subestación y caseta de control	2.00 KW
* Alumbrado de casa de bombas contra incendios	5.75 KW
* Circuito de control eléctrico del CCM - 22	1.05 KW
* Alumbrado de llenaderas	3.60 KW
* Sistema de energía ininterrumpible UPS - 1	10.00 KW
* Banco de baterías y cargador BB - 1	10.00 KW
	<hr/>
total	32.40 KW

Cargas de operación variable. (motores) :

* Motor con fines futuros	100 HP
* Moto compresor de aire	40 HP
* Valvula motorizada (6 unidades)	3 HP c/u

Por no existir un orden fijo de arranque para los motores se considerará que arrancan en potencias nominales decrecientes , para continuar con el calculo de la capacidad de la planta se recabaran las características eléctricas de los equipos tales como

- Tensión de alimentación
- Potencia consumida
- Número de fases

Para la simplificación de los cálculos se han agrupado los datos obtenidos hasta ahora y los de los calculos subsecuentes en la tabla No. 4.19 que es presentada a continuación .

Datos de placa				Carga a rotor bloqueado		Carga a velocidad nominal		Carga acumulada a velocidad nominal más otras cargas		Carga acumulada más carga a rotor bloqueado	
Potencia Hp (1)	Letra de código (2)	Número de fases (3)	Tensión nominal en "V" (4)	KVA (5)	KW (6)	KVA (7)	KW (8)	KVA (9)	KW (10)	KVA (11)	KW (12)
U.P.S. alumbrado cargador		3	220/127					32.4	32.4		
100	G	3	440	386.75	116.02	88.82	80.65	121.02	113.05	419.15	148.42
40	G	3	440	156	62.4	37.25	33.16	158.25	146.21	277.02	175.45
3	G	3	440	18	16.2	3.27	2.7	161.52	148.91	176.26	162.41
3	G	3	440	18	16.2	3.27	2.7	164.79	151.61	179.52	165.11
3	G	3	440	18	16.2	3.27	2.7	168.06	154.31	182.79	167.81
3	G	3	440	18	16.2	3.27	2.7	171.33	157.01	186.06	170.51
3	G	3	440	18	16.2	3.27	2.7	174.6	159.71	189.33	173.21
3	G	3	440	18	16.2	3.27	2.7	177.87	162.41	192.6	175.91

Tabla 4.19 Determinación de capacidad de generación

En nuestro caso en particular utilizaremos una letra de código para los KVA por HP de los motores con rotor bloqueado " G " y de la tabla 4. utilizaremos el promedio de KVA por HP multiplicandolo por la potencia en HP de los motores para así obtener el valor de la carga a rotor bloqueado , la cual en el caso de cada motor será registrada en la columna (5).

A fin de evitar la demanda excesiva de corriente en el arranque de los motores de 100 y 40 HP con sus respectivas consecuencias en el generador se ha optado por realizar un arranque a tensión reducida del 65 % utilizando un banco de resistencias , así el factor de multiplicación de la carga a rotor bloqueado será de 0.65 .

El valor de la carga a rotor bloqueado en KVA será multiplicado por el factor de potencia al arranque del motor según los factores de potencia contemplados en la tabla 4. para las capacidades de cada motor , con lo cual obtendremos la carga a rotor bloqueado en KW las cuales serán registradas en la columna (6) .

El siguiente paso es obtener el valor de la carga a velocidad nominal para lo cual aplicaremos las formulas

$$KVA = \frac{0.746 \times HP}{x FP} \quad \text{en el caso de la carga en KVA columna (7)}$$

$$KW = \frac{0.746 \times HP}{x FP} \quad \text{en el caso de la carga en KW columna (8)}$$

donde : KVA = Potencia nominal del motor en KVA

KW = Potencia nominal del motor en KW

HP = Potencia nominal del motor en HP

= Eficiencia, obtenida de la utilización de diagrama 4. para la capacidad en HP de cada motor y para una velocidad de aproximadamente 3600 R.P.M.

FP = Factor de potencia, determinado utilizando la figura 4. para cada capacidad en HP y una velocidad de aprox. 3600 R.P.M.

Para el motor de 100 HP

$$KVA = \frac{0.746 \times 100}{0.925 \times 0.91} = 88.62$$

$$KW = \frac{0.746 \times 100}{0.925} = 80.65$$

Para el motor de 40 HP

$$KVA = \frac{0.746 \times 40}{0.9 \times 0.87} = 37.25$$

$$KW = \frac{0.746 \times 40}{0.9} = 33.16$$

Para los motores de 3 HP

$$KVA = \frac{0.746 \times 3}{0.83 \times 0.825} = 3.27$$

$$KW = \frac{0.746 \times 3}{0.83} = 2.70$$

En las columnas (9) y (10) se registrara la suma progresiva de las cargas de los motores a velocidad nominal más la carga de alumbrado con lo cual se obtendrá una carga acumulada de motores a velocidad nominal y carga de alumbrado.

Por ultimo para la tabla 4.19 , en las columnas (11) y (12) se anotarán las sumas progresivas de las cargas acumuladas calculadas en el paso anterior más la cargas a rotor bloqueado con lo cual obtendremos las cargas máximas de potencia que se demandarían del generador de emergencia conforme se da el arranque de los motores en el orden previsto .

De la tabla 4.19 se seleccionará el valor máximo obtenido en la columna (12) el cual será multiplicado por un factor de ampliación futura que , para efectos de calculo en este procedimiento se considerará de 1.35 .

(12) -- $175.91 \times 1.35 = 237.48 \text{ KW}$

Así con esta potencia y catálogos de fabricante se eligió una planta de emergencia que proporcionará una potencia inmediata superior a la anteriormente calculada , de esta forma se consideró que un generador de 250 KW puede proporcionar la energía necesaria para alimentar su carga de una manera adecuada .

CAPITULO V

SISTEMA DE TIERRAS Y PARARRAYOS

5.1 Sistema de tierras

5.1.1 Objetivo del sistema de tierra

La finalidad de conectar a tierra un circuito eléctrico es la de limitar las sobretensiones que pueden ser originadas por descargas atmosféricas, por fenómenos transitorios en el propio circuito o bien contactos accidentales con líneas de mayor tensión; así como minimizar la diferencia de potencial a tierra del circuito en el transcurso de su operación normal. Una conexión eficaz a tierra favorece también la operación de los dispositivos de protección contra sobrecorriente en el caso de una falla a tierra.

Las canalizaciones y cubiertas metálicas de conductores o equipos(que no pertenecen al circuito eléctrico) son puestas a tierra con la finalidad de impedir que existan en éstas un potencial mayor que el de tierra en cualquier momento y constituya un riesgo para las personas.

En el caso de que se trate de Lugares Clase I, Divisiones 1 y 2 debe conectarse al sistema de tierra las estructuras metálicas de edificios y de soporte, tanques de proceso y almacenamiento, torres, tuberías y equipo metálico de proceso y equipos y sistemas eléctricos, en los sitios donde se procesen y manejen productos inflamables y explosivos.

Debe existir continuidad eléctrica en los sistemas de canalizaciones metálicas y sus accesorios y cuando se tengan cajas metálicas o tubos unidos con tuercas y contratuercas, se tiene que asegurar la continuidad con puentes de unión.

En el caso de un sistema de suministro de energía alterna de 4 hilos, el conductor neutro debe conectarse al sistema de tierra común antes del equipo de desconexión. (Ver figura 5.1).

En el caso de un sistema de suministro de energía de corriente alterna de 3 hilos, debe tener una conexión entre la canalización metálica y el sistema de tierra. (Ver figura 5.2)

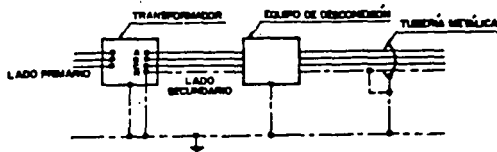


Fig. 5.1 Sistema de suministro de energía alterna con conductor neutro conectado al sistema de tierra común antes del equipo de desconexión.

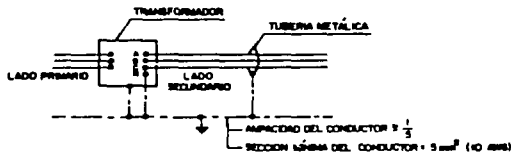


Fig. 5.2 Sistema de suministro de energía alterna con conexión entre canalización metálica y el sistema de tierras.

5.2 Factores que deben tomarse en cuenta en el diseño de un sistema de tierra

Son tres los principales factores que deben tomarse en consideración en el diseño de un sistema de tierra:

1. Seguridad del personal.
2. Prevención de daño al equipo.
3. Operación correcta de los equipos de protección.

1. Seguridad del personal

Es de suma importancia que en condiciones normales como de falla no fluya corriente a través del equipo que esté al alcance del personal

La diferencia de potencial que en un momento dado pudiera presentarse entre la carcasa de un equipo y tierra, no representa realmente el peligro existente: el criterio que se debe tomar en cuenta es el voltaje entre dos puntos cualesquiera que pudieran ser tocados a la vez por una persona.

Por lo anterior es necesario que exista una conexión segura de muy baja impedancia así como de una adecuada capacidad de corriente entre los dos puntos que pudieran ser tocados a la vez por algún individuo y proyectar un arreglo de tal manera que la principal corriente de falla a tierra no circule únicamente entre dichos puntos.

2. Prevención de daño al equipo

Se requiere minimizar lo más posible el voltaje que se presente entre las carcasas de los equipos y la malla principal de tierras en el caso de que se llegue a presentar una corriente de falla.

3. Operación satisfactoria de los equipos de protección.

Para que estos equipos trabajen adecuadamente se debe tomar en cuenta la intensidad de la corriente de falla a tierra y con esto se logre la eliminación de fallas en los sistemas.

5.3 Disposiciones básicas de las redes de tierra.

Se tienen tres disposiciones básicas las cuales son las siguientes:

1. Sistema radial.
2. Sistema en anillo.
3. Sistema en malla.

1. Sistema radial

Se caracteriza por ser el más barato sin embargo su operación no es muy satisfactoria ya que cuando se presenta una falla en un equipo, se generan gradientes de potencial considerables.

Consta de uno o más electrodos a los cuales llegan los conductores de tierra de los equipos.

2. Sistema en anillo

Consiste de un cable de cobre de calibre adecuado el cual rodea la superficie que ocupa el equipo de una planta o subestación, al cual se conectan los conductores de tierra de cada aparato, utilizándose cables de calibres más delgados.

Esta disposición es económica y eficiente ya que evita las grandes distancias de descarga a tierra tal como sucede en el sistema radial; asimismo las diferencias de potencial peligrosas son minimizadas ya que en caso de falla la corriente se disipa por varios caminos en paralelo.

3. Sistema de malla

Este es el de mayor utilización, consta de una malla formada por cable de cobre la cual está conectada mediante electrodos a partes más profundas con el objeto de tener contacto con lugares de menor resistividad.

Este sistema es el más caro, sin embargo también es el más eficiente.

5.4. Efectos de la corriente en el cuerpo humano

Causas tales como los disturbios atmosféricos o fallas en los equipos producen la circulación de altas corrientes a tierra lo anterior hace que se tomen medidas para que los

gradientes eléctricos o las tensiones que se presenten no sean peligrosas para los trabajadores.

Corrientes del orden de miles de amperes generan gradientes de potencial altos en la cercanía del o los puntos de contacto a tierra y dado que la gente se apoya en dos puntos, entonces entre estos se tiene una diferencia de potencial provocada por el gradiente arriba mencionado, lo anterior puede provocar en la persona una descarga de corriente tal que exceda los límites tolerables y que en caso de circular por algún órgano vital como lo es el corazón provocaría fibrilación ventricular y consecuentemente la muerte.

Un miliampere se considera como el umbral de percepción del cuerpo humano.

Intensidades de corriente de unos cuantos miliamperes son suficientes para que una persona no pueda soltar el objeto sujetado debido a la contracción muscular; sin embargo, el cuerpo humano puede tolerar intensidades de corriente mayores, sin ocasionar fibrilación si el lapso de tiempo es muy corto.

La ecuación que relaciona los parámetros de intensidad de corriente y el tiempo tolerable por un órgano es:

$$I_k^2 t = 0.0135 \quad \text{de donde:}$$

$$I_k = \frac{0.116}{(t)^{1/2}} \quad (\text{amperes})$$

Donde:

I_k = Corriente que fluye por el cuerpo en amperes.

t = Tiempo de duración en segundos del choque eléctrico.

0.0135 = Constante de energía, derivada empíricamente.

5.5 Tensiones tolerables en el cuerpo humano. Potencial de paso y potencial de contacto.

Para la obtención de los potenciales de paso y de contacto se hace un análisis en base a circuitos equivalentes, los cuales involucran los siguientes parámetros: las resistencias del sistema de tierra (R_1 , R_2 y R_0), la resistencia de contacto de la mano en el caso de potenciales de contacto, la resistencia de los zapatos, la resistencia R_f del terreno localizado inmediatamente abajo de cada pie y la resistencia del cuerpo R_k .

Tanto la resistencia de los zapatos como la resistencia de la mano por ser muy bajas pueden considerarse igual a cero.

La resistencia del terreno localizado inmediatamente abajo de cada pie, puede intervenir cuantitativamente en el valor de la corriente que en un momento dado puede circular a través del cuerpo.

El pie puede tomarse en cuenta como un área cubierta por un electrodo de placa circular con un radio de aproximadamente 8 cm en tanto que la resistencia del terreno puede obtenerse en términos de la resistividad superficial (ohms-metro) del propio terreno.

Se considera que la resistencia de los dos pies en serie (potencial de paso) es de aproximadamente $6\rho_s$, y que la resistencia de los dos pies en paralelo (potencial de contacto) es de aproximadamente $1.5\rho_s$. En términos prácticos se considera que la resistencia R_f para cada pie es de $3\rho_s$.

En cuanto al valor de la resistencia del cuerpo es difícil de determinar ya que incluso cambia de valor según las condiciones en que se encuentre la persona. Algunos sugieren valores que van del orden de 500 hasta miles de ohms. Para fines prácticos se puede tomar un valor de 1000 ohms para la resistencia del cuerpo.

En base a lo anterior se pueden establecer los siguientes potenciales.

a) Potencial de paso.

El potencial de paso es la tensión que aparece entre los pies de un individuo (considerándose una distancia entre ambos de un metro) cuando éste se encuentra sobre la superficie del terreno y se presenta un gradiente debido a la circulación de y una corriente de falla.

En la figura 5.4 se tiene el circuito equivalente correspondiente a la diferencia de potencial de paso o contacto entre los pies.

Del circuito equivalente se tiene que:

$$E_p = (R_k + 2R_f) \times I_k$$

Se considera

$$R_k = 1000 \text{ ohms}$$

$$R_f = 3\rho_s$$

$$I_k = 0.116/(t)^{1/2}$$

Sustituyendo:

$$E_p = (1000 + 6\rho_s) \times \frac{0.116}{(t)^{1/2}}$$

$$E_p = \frac{116 + 0.7\rho s}{(t)^{1/2}} \text{ Volts}$$

Que representa el potencial de paso tolerable para el cuerpo humano.

b) Potencial de contacto

El potencial de contacto es la tensión que se presenta en el cuerpo de una persona entre una mano y los dos pies cuando estan en contacto con un objeto o equipo aterrizado.

El valor del potencial de contacto depende del gradiente que se presente en el espacio de tierra considerado entre el conductor de la red o el objeto aterrizado y el punto en el que la persona este parada.

El potencial será mayor cuando la persona este parada en el centro de la malla.

El circuito equivalente correspondiente a la diferencia de potencial para un contacto entre la mano y los dos pies se puede ver en la figura 5.5

Del circuito equivalente se tiene que:

$$E_c = (R_k + R_f/2) \times I_k$$

Sustituyendo valores:

$$E_c = (1000 + 1.5\rho s) \times \frac{0.116}{(t)^{1/2}}$$

$$E_c = \frac{116 + 0.17 s}{(t)^{1/2}} \text{ Volts}$$

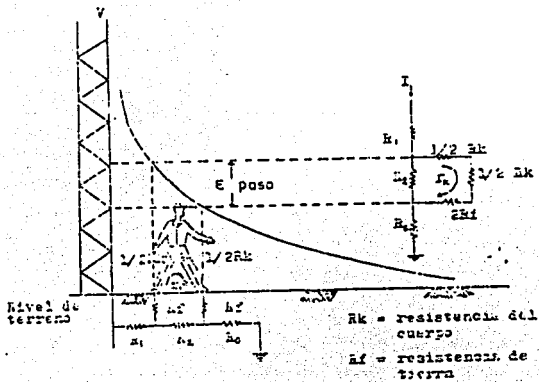


Fig. 5.4 Potencial de paso

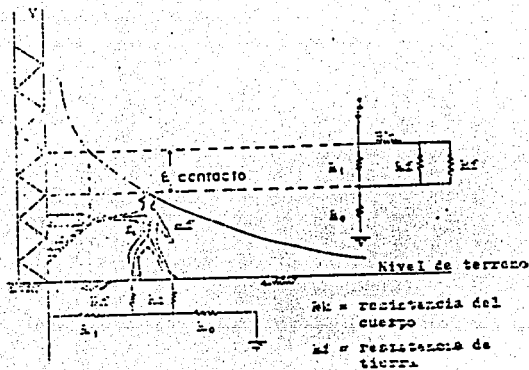


Fig. 5.5 Potencial de contacto

5.6 Partes de una red de tierras

Las partes que conforman una red de tierras son las siguientes:

1. Conductores

Los conductores que se usan en sistemas de tierra son de cable de cobre desnudo semiduro de un calibre según se requiera.

Se ha determinado el calibre mínimo de 2/0 AWG, en conductores de cobre por razones mecánicas, aunque desde el punto de vista eléctrico puede usarse también cable de cobre del 4/0 AWG.

Las razones por las cuales se utiliza el cobre son las siguientes: elevada conductividad térmica y eléctrica, así como su resistencia a la corrosión.

2. Electrodo

Son varillas que se introducen en el terreno y que tienen la función de que la malla este en contacto con partes más profundas y húmedas del subsuelo que tienen menor resistividad eléctrica. Son muy importantes en terrenos desprovistos de vegetación y que por lo tanto al estar expuestos al sol resultan ser secos y con elevada resistividad.

Los electrodos pueden ser del tipo de varilla de fierro galvanizado o bien varillas de cobre con alma de acero.

Las varillas de fierro galvanizado pueden utilizarse en aquellos terrenos que por su constitución química no ataquen a este tipo de material.

Las varillas de cobre con alma de acero están conformadas por una varilla de acero la cual se forra con un recubrimiento de cobre el cual esta soldado a la varilla. De esta manera queda combinada la alta resistencia a la conductividad del cobre con la alta resistencia mecánica del acero consiguiendose las siguientes ventajas: buena conductividad, excelente resistencia a la conductividad y buena resistencia mecánica para ser enterrada en el terreno.

3. Conectores y accesorios

Son los elementos que sirven para enlazar los conductores de la red de tierra, también sirven para enlazar los electrodos y los conductores de tierra de equipos y estructuras a la red.

Los conectores que se utilizan comunmente son de tres tipos:

- a) Conectores mecánicos.
- b) Conectores soldables.
- c) Conectores a presión.

Cabe destacar que sin importar su tipo deben resistir la corriente de cortocircuito en caso de falla.

a) Conectores mecánicos

Están conformados por dos piezas que se unen mediante tornillos, son de fácil instalación e incluso presentan la ventaja de que se pueden desconectar de la red para hacer mediciones. Pueden tener problemas de corrosión que para evitarse es necesario un tratamiento a la junta.

Los conectores mecánicos deben estar en un registro para que sea fácil su acceso a los mismos con la finalidad de que puedan ser inspeccionados y se les pueda dar mantenimiento.

b) Conectores soldables

Estos conectores presentan ventajas tales como las siguientes: económicos, debido a su facilidad de instalación se obtiene ahorro de tiempo, evitan la resistencia de contacto, alta resistencia a la corrosión.

Sin embargo estos conectores también tienen algunas desventajas como las que se mencionan a continuación: no se pueden separar lo que implica que no se pueden hacer mediciones a la red, por lo que entonces se tendría que usar conectores mecánicos en algunas partes de la red; otra desventaja que presentan es que no se pueden instalar en sitios donde existan atmósferas volátiles.

c) Conectores a presión

Las principales ventajas que tienen estos conectores es que son los más económicos y son fáciles de instalar, aunque también presentan la desventaja de que no se pueden retirar de la red para realizar mediciones, así como problemas de corrosión.

5.1.7 Diseño del sistema de tierras

A continuación se describe el procedimiento para el diseño de una red de tierras.

Desarrollo.

(01) Investigar las características del terreno.

Esto incluye:

- Composición química.
- Humedad.
- Temperatura.
- Resistividad.

(02) Determinar el máximo valor eficaz de corriente de falla a tierra.

(03) Diseñar en forma preliminar la red de tierras, proponiendo una malla con "n" conductores y "m" conductores transversales colocados a distancias razonables

(espaciamento) y uniformes dentro del área a proteger.

Considerar los factores siguientes:

- Las uniones eléctricas entre los conductores de la malla no se deben fundir o deteriorar cuando circule la máxima corriente de falla.
- Los elementos de la red deben ser mecánicamente resistentes, y tener conductividad suficiente para no contribuir a la producción de diferencias de potencial.
- La profundidad mínima de instalación de la red será 0.60m.
- La longitud total propuesta (LT) de los conductores de la malla incluyendo varillas, debe ser superior a la longitud (L) calculada en paso (5).
- Defina qué tipo de conectores empleará, mecánicos o soldables, así como el tipo de varillas (material, longitud y diámetro).

(04) Calcular el calibre del conductor.

Aplicar fórmula:

$$A = \frac{I_{cc}}{33s} \sqrt{\log_{10} \left(\frac{T_m - T_a}{234 + 1} + 1 \right)}$$

Donde:

A = Sección transversal del conductor en circular mils.

s = Tiempo en que se libera la corriente de falla "I_{cc}" en segundos.

T_m = Temperatura máxima permisible en °C.

Conectores mecánicos T_m = 250 °C.

Conectores soldables T_m = 450 °C.

T_a = Temperatura ambiente en °C. Para efectos de cálculo en este procedimiento T_a = 40 °C.

Si se conoce el tiempo "s" se puede aplicar directamente la tabla 5.1

(05) Calcular la longitud mínima "L" de conductor requerida en la red y verificar que L.T > L.

Aplicar fórmula:

$$L = \frac{K_m K_i \rho_{icc} \sqrt{t}}{116 + 0.17 \rho_s} \quad (\text{metros})$$

Donde:

K_m = Coeficiente que toma en cuenta el número de conductores paralelos "n", su diámetro "d", profundidad de instalación "h" y el espaciamiento entre los mismos D.

$$K_m = \frac{1}{2} \ln \frac{D^2}{16hd} + \frac{1}{2} \ln [(1/4) (5/6) (7/8) \dots]$$

La cantidad de factores entre paréntesis en el segundo término es de dos menos el número de conductores paralelos "n".

Para el valor "d" utilice paso (04) y catálogos de fabricante (ver tabla 5.2).

ρ = Resistividad promedio del terreno en ohm-metro.
Utilizar valor obtenido en paso (01).

t = Máxima duración del choque en segundos. Para efectos de cálculo en este procedimiento considere t = s.

ρ_s = Resistividad superficial del terreno en ohm-metro.

K_i = Factor de corrección por irregularidades.

$$K_i = 0.65 + 0.172n.$$

(06) Calcular la resistencia de la red "R"

Aplicar fórmulas:

$$r = \sqrt{\frac{Ar}{\pi}} \quad (\text{metros})$$

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

Donde :

A_r = Area total encerrada por la malla propuesta en metros cuadrados.

(07) Calcular el máximo aumento de potencial "E" en la red.

Aplicar fórmula :

$$E = I_c \times R \quad (\text{volts})$$

(08) Calcular potenciales tolerables.

Aplicar formulas :

$$EPT = \frac{116 + 0.7\rho}{\sqrt{t}} \quad (\text{volts})$$

$$ECT = \frac{116 + 0.17}{\sqrt{t}} \quad (\text{volts})$$

Donde : EPT = Potencial de paso tolerable
ECT = Potencial de contacto tolerable.

(09) Calcular potenciales probables .

Aplicar fórmulas :

$$EPP = K_s K_i \rho \frac{I_c}{LT} \quad (\text{volts})$$

$$ECP = K_m K_i \rho \frac{I_c}{LT} \quad (\text{volts})$$

Donde: EPP = Potencial de paso en la red

ECP = Potencial de malla.

K_s = Coeficiente que toma en cuenta la geometría de la red , diámetro del conductor "d" , profundidad de instalación "H" y espaciamiento de los mismos "D".

$$K_s = \frac{1}{\pi} \left(\frac{1}{2h} + \frac{1}{D+h} + \frac{1}{2D} + \frac{1}{3D} + \dots \right)$$

El número de términos en el paréntesis es igual al de conductores en paralelo "n".

(10) Calcular el mínimo número de varillas requerido "Nv".

Aplicar fórmula :

$$Nv = 0.60 \sqrt{Ar}$$

(11) Verificar condiciones de seguridad .

$$EPP < EPT$$

$$ECP < ECT$$

(12) Conclusiones .

Si las dos condiciones de seguridad indicadas en paso (11) son cumplidas , la red de tierras propuesta en paso (03) es adecuada , en caso contrario , aumente la cantidad de varillas y/o longitud del conductor y repita este procedimiento desde el paso (03).

5.8.Cálculo del sistema de tierra en la subestación

(01) A continuación se presenta una serie de datos aplicables en el diseño del sistema de tierras , dentro de los cuales se encuentran valores relativos a las características físicas del terreno .

Potencia de corto circuito

Voltaje de suministro CFE

Duración de la falla

Resistividad

a) Del terreno

b) De la superficie

Profundidad de la red

Conectores:

Electrodos:

Pcc = 350 MVA (dato CFE)

V = 13.8 KV

t = 0.5 seg.

e = 30 ohms-m

$\rho_s = 1000$ ohms-m

h = 0.6 m

Soldables

Copperweld de 5/8" de diámetro y 3 m de longitud.

(02) Determinación de la corriente de cortocircuito.

$$I_{cc} = \frac{P_{cc}}{\sqrt{3} \text{ KV}}$$

$$I_{cc} = \frac{350,000 \text{ KVA}}{\sqrt{3} (13.8)}$$

$$I_{cc} = 14642.94 \text{ A}$$

(03) En la figura 5.3 se presenta la malla propuesta para el sistema de tierras de la subestación.

De la malla propuesta se obtienen los siguientes datos:

Area de la red:

$$A_r = 18 \times 20 = 360 \text{ m}^2$$

Longitud del conductor enterrado: $LT = 13 \times 20 + 61 \times 18 = 1358 \text{ m}$

(04) Cálculo del calibre del conductor

$$A = \frac{I_{cc}}{\sqrt{\log_{10} \left(\frac{T_m - T_a}{234 + 1} + 1 \right) \cdot 33s}}$$

$$A = \frac{14,642.94}{\sqrt{\log_{10} \left(\frac{450 - 40}{234 + 40} + 1 \right) \cdot 33(0.5)}}$$

$$A = 95,244.07 \text{ C.M.}$$

Por lo tanto el calibre del conductor del sistema de tierras de la subestación corresponde a: 1/0 AWG.

Utilizando la tabla L / IV. 1.2.3 la sección requerida es:

$$A = I_{cc} \times 6.5$$

$$A = 14,642.94 \times 14$$

$$A = 95,179.11 \text{ C.M.}$$

Por lo tanto el calibre del conductor será: 1/0 AWG

Como se ve los dos últimos resultados obtenidos concuerdan.

Tomando como criterio que la mínima sección transversal aceptable de los conductores de la malla es de 107.2 mm^2 (4/0 AWG) para conductores de cobre.

(05) Cálculo de la longitud mínima "L" de conductor requerida en la red.

$$L = \frac{K_m K_i r I_{cc} \sqrt{t}}{116 + 0.17 r_s} \quad (\text{metros})$$

$$K_m = \frac{1}{2p} \ln \frac{(1.5)^2}{16 (0.6) (0.011684)} + \frac{1}{p} \ln \left(\frac{3}{4} \times \frac{5}{6} \dots \frac{21}{22} \times \frac{23}{24} \right)$$

$$K_m = 0.1591$$

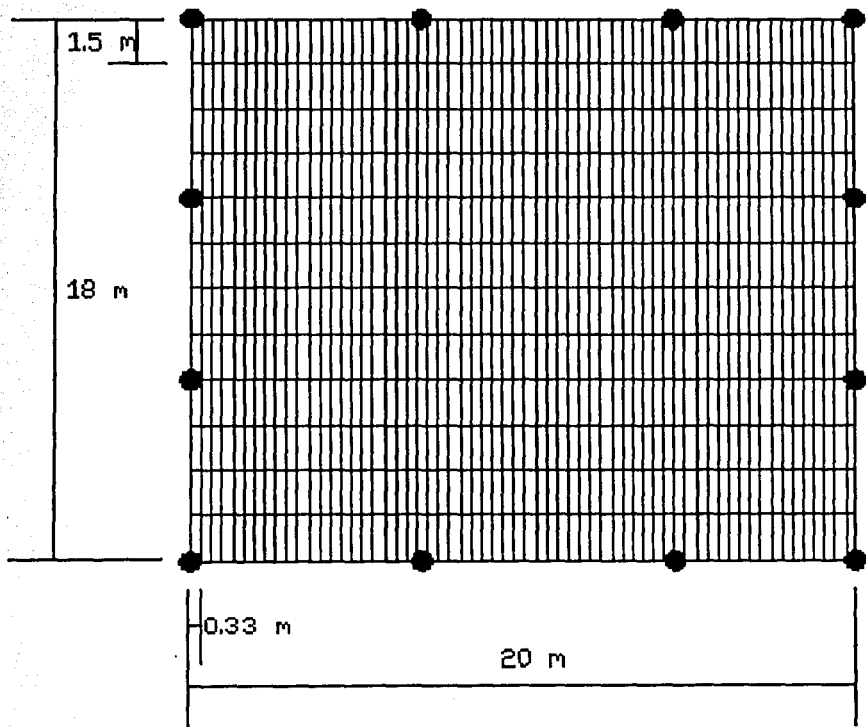


Fig. 5.3 Malla propuesta para el sistema de tierras de la subestación

$$K_i = 0.65 + 0.172(13)$$

$$K_i = 2.886$$

$$L = \frac{(0.1591)(2.886)(30)(14,692.94)(0.5)^{1/2}}{116 + 0.17(1000)}$$

$$L = 498.67\text{m}$$

Así $1358\text{m} > 498.67\text{m}$, con lo que : $LT > L$ lo cual cumple la condición de diseño.

(06) Calculando la resistencia de la red

$$r = \sqrt{\frac{360}{\pi}} \quad (\text{metros})$$

$$r = 10.70 \text{ m}$$

$$R = \frac{30}{4(10.70)} + \frac{30}{1358}$$

$$R = 0.72209 \text{ ohms}$$

(07) Calculando el máximo aumento de potencial en la red

$$E = I_{cc} \times R \quad (\text{volts})$$

$$E = (14,642.94)(0.72209)$$

$$E = 10,573.52\text{V}$$

(08) Calculando las potencias tolerables

$$EPT = \frac{116 + 0.7(1000)}{\sqrt{0.5}}$$

$$EPT = 1153.99 \text{ volts}$$

$$ECT = \frac{116 + 0.17(1000)}{\sqrt{0.5}}$$

$$ECT = 404.46 \text{ volts}$$

(09) Calculando potencias probables.

$$K_s = 0.318 \left(\frac{1}{2(0.60)} + \frac{1}{1.5 + 0.6} + \frac{1}{2(1.5)} + \frac{1}{3(1.5)} + \frac{1}{4(1.5)} + \frac{1}{5(1.5)} + \frac{1}{6(1.5)} + \frac{1}{7(1.5)} + \frac{1}{8(1.5)} + \frac{1}{9(1.5)} + \frac{1}{10(1.5)} + \frac{1}{11(1.5)} + \frac{1}{12(1.5)} + \frac{1}{13(1.5)} + \frac{1}{14(1.5)} + \frac{1}{15(1.5)} + \frac{1}{16(1.5)} + \frac{1}{17(1.5)} + \frac{1}{18} + \frac{1}{19} + \frac{1}{20} + \frac{1}{21} + \frac{1}{22} + \frac{1}{23} + \frac{1}{24} + \frac{1}{25} + \frac{1}{26} + \frac{1}{27} + \frac{1}{28} + \frac{1}{29} + \frac{1}{30} + \frac{1}{31} + \frac{1}{32} + \frac{1}{33} + \frac{1}{34} + \frac{1}{35} + \frac{1}{36} \right)$$

$$\begin{array}{cccccccc}
 \frac{1}{37} & \frac{1}{38} & \frac{1}{39} & \frac{1}{40} & \frac{1}{41} & \frac{1}{42} & \frac{1}{43} & \frac{1}{44} & \frac{1}{45} \\
 + & + & + & + & + & + & + & + & + \\
 \frac{1}{46} & \frac{1}{47} & \frac{1}{48} & \frac{1}{49} & \frac{1}{50} & \frac{1}{51} & \frac{1}{52} & \frac{1}{53} & \\
 + & + & + & + & + & + & + & + & \\
 \frac{1}{54} & \frac{1}{55} & \frac{1}{56} & \frac{1}{57} & \frac{1}{58} & \frac{1}{59} & \frac{1}{60} & &
 \end{array}$$

$$K_s = 1.1963$$

$$EPP = \frac{(1.1963)(2.886)(30)(14,642.94)}{1358}$$

$$EPP = 1116.82 \text{ volts}$$

$$ECP = \frac{(0.11591)(2.886)(30)(14642.94)}{1358}$$

$$ECP = 148.53 \text{ volts}$$

(10) Calculando el mínimo número de varillas requerido

$$N_v = 0.6 \sqrt{A_r} = 0.6 \sqrt{360}$$

$$N_v = 11.38 \quad N_v = 12$$

(11) Verificando condiciones de seguridad

$$EPP < EPT$$

$$1116.82 < 1153.99$$

$$ECP < ECT$$

$$140.53 < 404.46$$

Por lo tanto se determina que las dos condiciones se cumplen , de tal forma que se concluye que la malla de tierras es adecuada .

TABLA 5.1

CALIBRES DEL CONDUCTOR DE COBRE PARA PREVENIR LA FUSION

Tiempo duración falla (seg.)	Circular mils por ampere		
	Cable solo	Conectores soldables	Conectores mecánicos
30	40	50	65
4	14	20	24
1	7	10	12
0.5	5	6.5	8.5

TABLA 5.2

DIAMETROS DE CONDUCTORES DESNUDOS DE COBRE

Calibre AWG/KCM	Sección transversal		Diam. nom. mm
	mm ²	Circular mils	
12	3.309	6530	2.053
10	5.261	10380	2.588
8	8.366	16510	3.264
6	13.300	26500	4.115
4	21.150	41740	5.189
2	33.630	66370	6.544
1/0	53.480	105500	8.251
2/0	67.430	133100	9.266
3/0	85.030	167800	10.404
4/0	107.200	211600	11.684
250	127.0	250000	13.2
350	177.0	350000	15.7
500	253.0	500000	18.7
600	304.0	600000	20.7
750	380.0	750000	23.1

5.9 Sistemas de protección pararrayos

Un sistema de protección para rayos es un sistema completo de terminales aéreas, conductores, conductores de aterrizaje, conductores interconectados, supresores y algunos otros conectores o aditamentos requeridos para completar el sistema que se encargan de captar una descarga atmosférica y canalizarla de manera segura a tierra.

Una terminal aérea es el componente del sistema encargado de interceptar el rayo.

5.10 Protección de estructuras ordinarias

Una estructura ordinaria es aquella que es utilizada para propósitos generales tales como comerciales, industriales, institucionales o residencias.

Según la organización norteamericana "National Fire Protection Association", la cual se encarga de estudiar entre otras cosas lo referente a los sistemas de protección de sistemas eléctricos, ha dividido los materiales usados en los sistemas de protección pararrayos en dos clases:

Clase I-materiales para usarse en estructuras ordinarias que no excedan los 23 metros de altura.

Clase II-materiales para usarse en estructuras ordinarias excedan los 23 metros de altura.

A continuación se presentan dos tablas en las cuales se hace referencia al tipo de material está incluido en cada una de las clasificaciones.

Materiales Clase I

Tipo de conductor		Cobre	Aluminio
Terminal aérea, sólida	Diámetro mínimo	9.5 mm	12.7 mm
Terminal aérea, tubular	Diámetro mínimo	15.9 mm	15.9 mm
	Espesor mínimo de pared	0.8 mm	1.6 mm
	Calibre mínimo	17 AWG	14 AWG
Conductor principal, cable	Peso por longitud	278 g/m	141 g/m
	Área de sección transversal	29 mm ²	50 mm ²
Conductor principal, banda sólida	Espesor	16 AWG	14 AWG
	Ancho	25.4 mm	25.4 mm
Conductor de unión	Calibre mínimo	17 AWG	14 AWG
Cable(sólido o trenzado)	Área de sección transversal	26,240 CM	41,100 CM
Conductor de unión banda sólida	Espesor	16 AWG	14 AWG
	Ancho	12.7 mm	12.7 mm

Materiales Clase II

Tipo de conductor		Cobre	Aluminio
Terminal aérea, sólida	Diámetro mínimo	12.7 mm	15.9 mm
	Calibre mínimo	15 AWG	13 AWG
Conductor principal, cable	Peso por longitud	558 g/m	283 g/m
	Área de sección transversal	58 mm ²	97 mm ²
Conductor de unión	Calibre mínimo	17 AWG	14 AWG
Cable(sólido o trenzado)	Área de sección transversal	26,240 CM	41,100 CM
Conductor de unión banda sólida	Espesor	16 AWG	14 AWG
	Ancho	12.7 mm	12.7 mm

Los materiales destinados a los sistemas de protección deberán ser resistentes a la corrosión o deberán ser aceptable mente protegidos contra la corrosión. No se deberán utilizar combinaciones de materiales que puedan formar pares el lector y ticos o de naturaleza tal que en presencia de humedad su corrosión sea acelerada, por lo tanto uno o más de los siguientes materiales deberán ser usados:

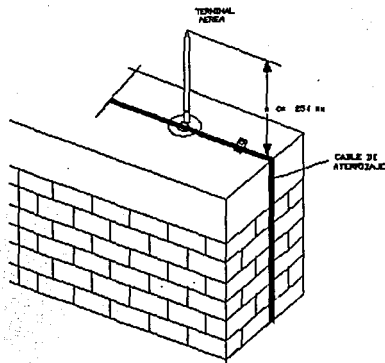
- a) Cobre. Dónde se usa cobre este deberán ser del grado ordinaria para trabajos eléctricos comerciales, generalmente designado como con un 95% de conductividad.
- b) Aleación de cobre. Dónde son usadas aleaciones de cobre estas deberán ser sustancialmente resistentes a la corrosión tal como el cobre en condiciones similares.
- c) Aluminio. Dónde se utiliza aluminio se deberá tener cuidado de no usar en contacto con la tierra o alguna otra condición que lo deteriore rápidamente tales como aluminio de grado eléctrico.
- d) Pararrayos de cobre no deberán ser instalados en techos de aluminio o algunas otras superficie de aluminio.
- e) Pararrayos de aluminio no deberán ser instalados en superficies de cobre.

Los pararrayos deberá formados de barras sólidas o tubulares y los conductores deberán estar fabricados en base a cables múltiples, cables sencillos o barras con tamaños y calibres similares a los mostrados en las tablas anteriores. Las terminales de anclaje deberán estar hechos de barras, placas o cables trenzados.

Cualquier parte del sistema de protección de pararrayos que esté sujeto a daño mecánico o desplazamiento deberán estar protegidos con cubiertas.

Las terminales aéreas de los pararrayos deberán ser provistas de un estructura tal que le permita no ser dañadas por descargas directas de rayos. La altura mínima de los pararrayos no deberá ser menor de 25.4 centímetros por encima del objeto o área que estén protegiendo.

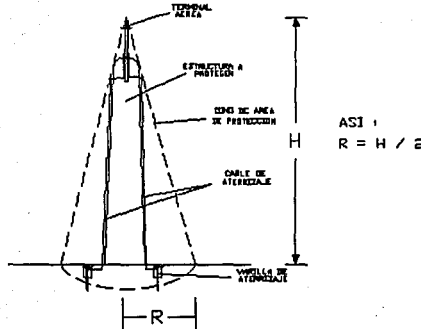
Estas terminales deberán ser aseguradas de tal forma de que formen un arreglo rígido unido a la construcción.



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

5.11 Zonas de protección

La zona de protección es el espacio localizado bajo la superficie en la que se encuentra instalada las terminal de pararrayos la cual con respecto tierra formará un cono el cual usualmente se considera en la base con un radio igual a la mitad de la altura de instalación de la barra de pararrayos, como se indica en la figura siguiente.

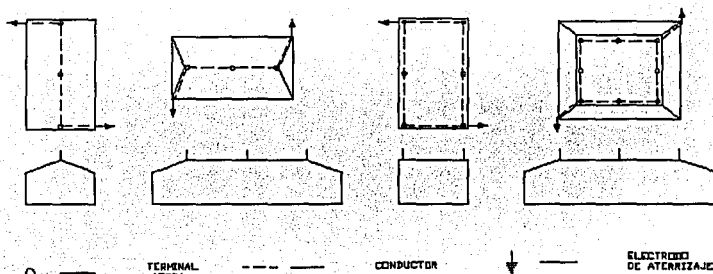


Una vez que se ha instalado la terminal de pararrayos está deberá ser conectada mediante dos caminos de conductores a terminales de aterrizaje usualmente enterradas en el suelo. Estas terminales de aterrizaje pueden ser barras sólidas de acero recubierta mediante procesos de electro lisis de cobre, barras tubulares o placas de cobre lo cual proporcionará un camino de baja resistencia para la circulación de corriente desde la terminal aérea hasta tierra.

Los conductores que formarán el camino para aterrizaje del rayo deberán estar debidamente sujetos a las estructuras o construcciones a fin de que puedan soportar de manera adecuada los esfuerzos ocasionados por la circulación de las altas corrientes ocasionadas por las descargas atmosféricas.

Es una práctica usual que a fin de asegurar un camino de baja resistividad y rápida dispersión de la corriente eléctrica de la descarga se instalen más de un electrodo de aterrizaje en cada bajada desde la terminal aérea, la formación de arreglos con cables y varillas para aterrizaje y en el caso de zonas donde el suelo presente una alta resistividad la adición de productos químicos en el terreno en el cual se encuentran enterrados los electrodos de aterrizaje.

Petróleos Mexicanos especifica que estructuras con alturas iguales o superiores a 30 metros deberán de estar protegidas por sistemas pararrayos contra descargas atmosféricas, y en el caso de edificios tales como de compresores, cuartos de control y subestaciones estos deberán estar protegidos con arreglos tipo Jaula de Faraday el cual consiste en la instalación de varias terminales aéreas en arreglos que dependerán de la forma del techo del edificio conectadas entre sí mediante cables los cuales formarán una malla sobre el techo de estos edificios y tendrán una o varias bajadas para conectarse a terminales de aterrizaje que estarán conectadas a la red general de tierra o a sistemas de tierras separadas.



A fin de que las conexiones y arreglos de conductores y electrodos sean adecuadas y seguras en los sistemas de tierras y pararrayos, y cumplan con las especificaciones tanto de Normas Nacionales como Internacionales al momento de la construcción, es practica común la elaboración de planos de detalles constructivos para esos sistemas tales como el mostrado a continuación.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPITULO VI

SUBESTACION

6.1 Introducción

Por motivos tanto económicos en el costo de la energía eléctrica como de disponibilidad de determinados niveles de tensión, en la mayoría de las instalaciones de tipo industrial se hace necesario la compra de la energía eléctrica a la compañía suministradora en un nivel de tensión y posteriormente su adecuación a las necesidades de utilización de cada usuario. Para realizar esta adecuación se utilizan las subestaciones eléctricas, las cuales definiremos como el conjunto de equipos que además de transformar la energía eléctrica se encargan de su control y regulación.

Con base en la norma oficial NOM-001-SEDE-1999 hablaremos de algunas características importantes que se deben tomar en consideración durante el diseño y construcción de una subestación.

De la norma oficial, todo el equipo de una subestación tanto el de uso continuo, como el de uso eventual y el equipo de emergencia deberá ser instalado y dársele mantenimiento de manera que sea reducido el riesgo de algún accidente en el personal que se encuentre a cargo de estas instalaciones el cual además deberá contar con los conocimientos necesarios de su funcionamiento y sistemas.

Todas las partes que presenten movimientos repentinos deberán estar debidamente protegidos por resguardos adecuados a fin de evitar que pudieran dañar o golpear a personas que se encuentren cerca de ellas al momento del movimiento, tales como palancas de interruptores automáticos.

A fin de distinguir las partes de una subestación es aconsejable representarlas o numerarlas con respecto al circuito que pertenecen o su funcionamiento y así facilitar su identificación del resto del equipo.

Las subestaciones deberán contar con un medio de desconexión general después del equipo de servicio el cual será adecuado a la tensión y corriente nominal; con una capacidad que permita abrir el circuito bajo condiciones de carga máxima y de operación simultánea. En este mismo punto deberá contar además con un dispositivo de protección contra sobrecorriente acorde a la tensión y corriente nominal del servicio, este dispositivo tendrá una capacidad interruptiva de acuerdo con la potencia reactiva de corto circuito que proporciona la acometida según información brindada por el organismo suministrador del servicio. La protección que se dé a la subestación del usuario no debe depender por ninguna razón del sistema de protección del suministrador, de tal forma que de existir una falla a tierra o por corto circuito en la subestación del usuario, no implicará la apertura de las líneas suministradoras con lo cual afectaría a otros usuario conectados a las mismas líneas de distribución.

Quando el equipo de medición del servicio se encuentre conectado en el primario de la subestación y a fin de poder realizar pruebas a dicho equipo, se instalarán tres juegos de cuchillas desconectadoras que permitan desconectar los equipos de medición.

Locales para subestaciones

Los locales destinados para contener subestaciones, deben estar fabricados en lo posible por materiales no combustibles y resguardados en su acceso por muros en el caso de subestaciones interiores o por cercas de tela de alambre en el caso de subestaciones a la intemperie con el fin de evitar la entrada de personal ajeno a las instalaciones ; debe cumplir con los requisitos de una ventilación adecuada, estar secos y encontrarse dentro de una atmósfera en lo posible libre de polvos y pelusas combustibles o gases inflamables o corrosivos. Deben ser usados exclusivamente para la función que fueron creados y evitar que sean utilizados como almacenes, talleres, etc.

La iluminación dentro de los locales en que se encuentren situadas las subestaciones cuando es artificial deberá tener una intensidad adecuada a las funciones a cumplir dentro de ellos. Dicha iluminación deberá contar con una fuente de emergencia ya sea un generador independiente del funcionamiento de la subestación, por baterías o algún otro medio adecuado. Las unidades de alumbrado estarán instaladas en lugares donde se pueda reponer o dar mantenimiento sin sufrir el riesgo de tocar accidentalmente partes vivas de la subestación ; de igual forma se debe contar con contactos para poder usar aparatos portátiles situados en lugares donde los cables de dichos aparatos no se acerquen en forma peligrosa a partes vivas de la subestación. Es recomendable que tanto los contactos como los elementos de iluminación de las subestaciones sean conectados a un circuito independiente exclusivo para alimentar estas cargas y tengan una protección contra sobrecarga independiente de los otros circuitos. De ser posible se recomienda conectar este circuito antes del interruptor general de baja tensión, de tal forma que al darse la apertura de éste el alumbrado de la subestación no quede fuera de servicio.

El piso en los locales para subestaciones debe ser plano y de preferencia con piso antiderrapante, los registros y trincheras deberán de contar con tapas adecuadas, se recomienda que el piso tenga una pendiente del 2.5 % hacia coladeras de drenaje para evitar inundaciones o donde existan transformadores que contengan liquido aislante. Cuando existan huecos en el piso sin tapas o plataformas de más de 50 cm de altura, se deberán proteger mediante barandales de 1.20 m de altura como mínimo y donde se interrumpen dichos barandales en accesos para trabajo debe colocarse una barrera tal como rejas o cadenas. Las escaleras que tengan cuatro o más escalones deben contar con pasamanos, en caso de que tengan menos de cuatro escalones se deben distinguir debidamente del área adyacente mediante pintura o algún otro método adecuado.

Tanto los locales como los lugares de trabajo deben contar con salidas francas y libres de obstáculos, si existiera la posibilidad de que en determinadas condiciones quedara bloqueada esta salida, deberá contar con otra salida alterna. La puerta de salida del local debe abrir preferentemente hacia afuera y en el caso de necesitar usarse puertas corredizas por problemas de espacio, estas deberán tener indicado claramente el sentido de apertura de la puerta. En cualquiera de los casos la puerta debe poder abrirse desde adentro en forma sencilla y por la parte de afuera rotulada claramente la leyenda " PELIGRO ALTA TENSION ".

Adicionalmente en la NOM se pide como instalación necesaria en el caso de subestaciones la construcción de muros corta-fuego entre los transformadores principales del sistema y como medida de tipo ecológica la recuperación del aceite del transformador que bajo ciertas circunstancias pudiera derramarse en el suelo del patio de transformadores y penetrar en el subsuelo; para evitar esto se hace preciso la implementación de diques de retención alrededor del transformador los cuales deberán ser capaces de contener el volumen total de aceite del transformador.

6.2 Clasificación de subestaciones

6.2.1 Definición de subestación eléctrica.

Una subestación eléctrica es un conjunto de elementos que sirven para transformar las características de la energía eléctrica (voltaje, corriente), o bien transformar las características de energía eléctrica de corriente alterna a corriente directa.

6.2.2. Clasificación de las subestaciones eléctricas.

Las subestaciones eléctricas pueden ser clasificadas de varias formas, a saber, dependiendo de la característica que vaya a ser el parámetro de clasificación tales como tipo de construcción, voltaje, servicio.

Por ejemplo por su construcción las subestaciones se pueden clasificar como sigue :

- a) Tipo interior
- b) Tipo blindado
- c) Tipo intemperie

a) Tipo interior.- Este tipo de subestaciones se emplea donde la contaminación ambiental es fuerte, cuyo empleo se ha generalizado cuando se trata de reducir el voltaje y distribuir la energía. Están formados por gabinetes donde se alojan las barras colectoras, desconectores e interruptores, teniendo las siguientes ventajas :

- 1º) Se reciben de la fábrica listas para montarse y conectarse al sistema.
- 2º) Se tiene la seguridad de que las partes vivas están dentro de gabinetes, con puertas provistas de cierres de seguridad que impiden su apertura cuando los interruptores están cerrados.
- 3º) Se ahorra espacio y se da mejor apariencia, ya que este tipo de subestación es compacta.

b) Tipo blindado- Este tipo se usa principalmente en áreas peligrosas, en áreas corrosivas y diseños especiales.

c) Tipo intemperie. Este tipo de subestación se emplea generalmente cuando se trata de grandes capacidades y alto voltaje. Su construcción consiste esencialmente de estructuras metálicas donde se soportan las líneas mediante aisladores adecuados; los transformadores e interruptores se localizan en el suelo y sus conexiones se hacen por medio de barras conectoras.

A continuación se muestra parte del diagrama unifilar de una subestación eléctrica común. Ver figura 6.1.

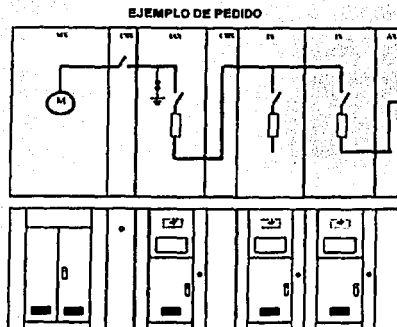


Fig 6.1 Ejemplo de subestaciones cuadrada.

6.3 Elementos de una subestación eléctrica.

Los principales elementos de una subestación son los siguientes :

- A) Transformador
- B) Interruptores
- C) Sistema de tierras

Adicionalmente al equipo antes citado, una subestación cuenta con transformadores de potencial, de corriente, equipo de medición, tableros de control y protecciones eléctricas diversas.

A) Transformador. Está considerado como el elemento más importante de una subestación eléctrica y se puede definir como sigue : Es una máquina estática, la cual por medio de inducción electromagnética transfiere energía de un circuito a otro, variando valores de corriente y voltaje.

Existen muchos tipos de transformadores cada uno con características particulares de acuerdo a su localización física en un sistema, tal como se muestra en la fig. 6.2, de acuerdo a su utilización tenemos :

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

- 1.- Transformación de generación
- 2.- Transformadores de subestación
 - a) de circuitos de subtransmisión
 - b) de circuitos alimentadores primarios
- 3.- Transformadores de distribución

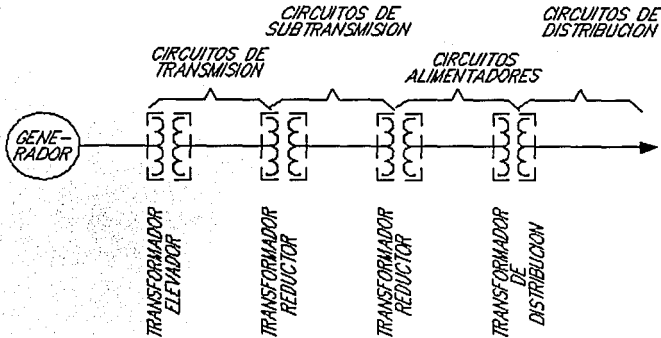


Fig. 6.2 Arreglo de un sistema eléctrico en base al arreglo de transformadores.

1.- Transformadores de generación.

Son aquellos que se encuentran en las plantas generadoras y que están conectados directamente a los generadores de energía eléctrica, y que alimentan a las líneas de transmisión. Sus características principales son:

- a) No poseen devanado para la regulación de voltaje, ya que este es regulado por el campo del generador.
- b) No se requiere que sean altamente eficientes y silenciosos, ya que la potencia requerida para alimentar dichas pérdidas es más barata.
- c) La construcción puede ser tal como lo requiera el tipo de supervisión y mantenimiento en la estación generadora.

2.- Transformadores de subestación.

A) Circuitos de subtransmisión. Este tipo de transformador está colocado al final de la línea de transmisión, en donde el voltaje es reducido a un nivel de subtransmisión. Sus características son totalmente diferentes a los transformadores de generación, entre ellas tenemos :

Generalmente son provistos con devanado regulador de voltaje o con derivaciones. Las pérdidas son más caras debido a que los transformadores están localizados a una distancia demasiado grande de las plantas generadoras. Requieren menor mantenimiento y supervisión. Las cargas varían sobre límites muy amplios en un ciclo diario y anual.

Circuitos alimentadores primarios. Estos transformadores son utilizados para reducir el voltaje del nivel de subtransmisión al nivel de los alimentadores primarios. Sus características son similares a las de los transformadores anteriores con algunas diferencias que son:

- a) La carga varía sobre límites más amplios.
- b) Devanados reguladores y cambiador de derivaciones son a menudo necesarios. Frecuentemente requieren cambiador de derivaciones bajo carga.
- c) Es importante su operación silenciosa, ya que a menudo están localizados cerca de áreas residenciales.

3.- Transformadores de distribución.

Este tipo de transformadores reducen el voltaje de los alimentadores primarios a su nivel de utilización. Sus características principales son :

- a) La carga varía ampliamente y a menudo los transformadores son sobrecargados.
- b) Muy poca supervisión es posible y operan con un mínimo de mantenimiento.
- c) La regulación en ellos es importante. Son fabricados con derivaciones en el devanado primario para que se conecte a la posición que corresponda al voltaje que exista en el sistema en el lugar donde va a operar.

Para seleccionar adecuadamente un transformador es necesario especificar los siguientes puntos :

- a) Capacidad en KVA. La capacidad de los transformadores está limitada por la temperatura de sus devanados, estableciendo que no debe rebasarse la temperatura máxima de trabajo. Teniendo en consideración los KVA instalados, la capacidad del transformador se calcula como sigue:

$$(KVA) \text{ Transformador} = KVA \text{ instalados} \frac{\text{Factor de demanda}}{\text{Factor de diversidad}}$$

- b) Relación de transformación. Es la relación de la tensión primaria a la tensión secundaria. El transformador cuenta con un dispositivo auxiliar, cambiador de derivaciones (taps) de cinco posiciones conectadas las terminales de alta tensión, que en este caso opera sin carga. La finalidad del cambiador de taps es mantener la tensión en el secundario cuando existen variaciones de tensión en el lado primario.
- c) Frecuencia de operación. Es el número de ciclos por segundo del sistema.
- d) Número de fases. Normalmente el sistema de suministro es trifásico, equilibrado y la transferencia de energía también trifásica.
- e) Conexión de los devanados. Para seleccionar un transformador es necesario conocer las ventajas y desventajas de cada una de las conexiones más utilizadas. Dichas conexiones son :

Estrella- estrella. Sus características principales son :

- 1- Aislamiento mínimo
- 2- Cantidad de cobre mínima
- 3- Circuito económico para baja carga y alto voltaje
- 4- Los dos neutros son accesibles
- 5- Alta capacitancia entre espiras, que reduce los esfuerzos dieléctricos durante los transitorios debidos a baja tensión
- 6- Neutros inestables si no se conectan a tierra

Delta-delta. Es una conexión muy poco usada. Se utiliza en tensiones bajas y medias. Sus características son :

- 1- Circuito económico para alta carga y poco voltaje
- 2- Las dos deltas proporcionan un camino cerrado para la tercera armónica de la corriente magnetizante lo cual elimina los voltajes de tercera armónica
- 3- No se pueden conectar a tierra los puntos neutros. Se necesita utilizar banco de tierra.
- 4- Se necesitan mayores cantidades de aislamiento y cobre.

Delta-estrella. Se acostumbra utilizar en transformadores elevadores de tensión. Sus características son :

- 1- Al aterrizar el neutro del secundario se aíslan las corrientes de tierra de secuencia cero.
- 2- Se eliminan los voltajes de tercera armónica, por que la corriente magnetizante de tercera armónica se queda circulando dentro de la delta del primario.

- b) Relación de transformación. Es la relación de la tensión primaria a la tensión secundaria. El transformador cuenta con un dispositivo auxiliar, cambiador de derivaciones (taps) de cinco posiciones conectadas las terminales de alta tensión, que en este caso opera sin carga. La finalidad del cambiador de taps es mantener la tensión en el secundario cuando existen variaciones de tensión en el lado primario.
- c) Frecuencia de operación. Es el número de ciclos por segundo del sistema.
- d) Número de fases. Normalmente el sistema de suministro es trifásico, equilibrado y la transferencia de energía también trifásica.
- e) Conexión de los devanados. Para seleccionar un transformador es necesario conocer las ventajas y desventajas de cada una de las conexiones más utilizadas. Dichas conexiones son :

Estrella- estrella. Sus características principales son :

- 1- Aislamiento mínimo
- 2- Cantidad de cobre mínima
- 3- Circuito económico para baja carga y alto voltaje
- 4- Los dos neutros son accesibles
- 5- Alta capacitancia entre espiras, que reduce los esfuerzos dieléctricos durante los transitorios debidos a baja tensión
- 6- Neutros inestables si no se conectan a tierra

Delta-delta. Es una conexión muy poco usada. Se utiliza en tensiones bajas y medias. Sus características son :

- 1- Circuito económico para alta carga y poco voltaje
- 2- Las dos deltas proporcionan un camino cerrado para la tercera armónica de la corriente magnetizante lo cual elimina los voltajes de tercera armónica
- 3- No se pueden conectar a tierra los puntos neutros. Se necesita utilizar banco de tierra.
- 4- Se necesitan mayores cantidades de aislamiento y cobre.

Delta-estrella. Se acostumbra utilizar en transformadores elevadores de tensión. Sus características son :

- 1- Al aterrizar el neutro del secundario se aíslan las corrientes de tierra de secuencia cero.
- 2- Se eliminan los voltajes de tercera armónica, por que la corriente magnetizante de tercera armónica se queda circulando dentro de la delta del primario.

- 3- La conexión de estrella se usa con aislamiento graduado hasta el valor de la tensión del neutro.

Estrella-delta. Se utiliza en transformadores reductores de tensión. Sus características son:

- 1- No se puede conectar a tierra el lado secundario
- 2- No se eliminan los voltajes de tercera armónica, por que la corriente magnetizante de la tercera armónica se queda circulando dentro de la delta del secundario.

f) Sistema de enfriamiento. El enfriamiento de los transformadores se clasifica en los siguientes grupos:

- 1.- Clase AA. Este transformador es tipo seco, se fabrica para tensiones y capacidades relativamente bajas. En este transformador la disipación de calor se hace por medio del aire ambiente que rodea al transformador.
- 2.- Clase AFA. Este transformador también es de tipo seco, pero a diferencia del anterior puede trabajar en lugares donde se tengan temperaturas superiores a las nominales. Para ventilar el transformador y disipar el calor se instalan ventiladores.
- 3.- Clase OA. Se utiliza para bajas potencias, es un transformador sumergido en aceite, con enfriamiento natural. Este es el enfriamiento más comúnmente utilizado y el que frecuentemente resulta más económico y adaptable a la generalidad de aplicaciones.
El transformador se encuentra dentro de un tanque que contiene aceite, el aceite desempeña la función de transmisor de calor y de aislante eléctrico, así el calor se transmite del transformador al aceite, de el aceite al tanque más el radiador y estos lo disipan por contacto con el aire.
- 4.- Clase OA/FA. Transformador sumergido en aceite con enfriamiento propio y con aire forzado. Este transformador es básicamente una unidad OA a la que se le han agregado ventiladores para aumentar la disipación del calor en las superficies de enfriamiento y aumentar la capacidad de salida del transformador. Se usa en potencias medias.
- 5.- Clase FOA. Se utiliza en potencias altas, es un transformador sumergido en aceite, con enfriamiento por aceite y agua forzados. El aceite de estos transformadores es enfriado al hacerlo pasar a través de los cambiadores de calor o radiadores colocados fuera del tanque.
- 6.- Clase OW. Este transformador está enfriado por aceite y agua que circula por serpentines. El calor del aceite se transmite al agua y ella se encarga de disiparlo a través de un cambiador de calor.

B) Interruptores.

El interruptor de potencia es un aparato destinado a establecer o cortar la continuidad de un circuito eléctrico bajo carga. Tiene por objeto insertar o retirar de un sistema eléctrico máquinas,

aparatos, líneas aéreas y subterráneas, así como interrumpir el circuito cuando se produce una sobrecarga o corto circuito. En resumen, es un dispositivo de protección y control.

B.1 Parámetros de los interruptores

Algunas magnitudes características que hay que considerar en un interruptor son:

-Tensión nominal. Es el valor eficaz de la tensión entre fases del sistema en que se instala el interruptor

-Corriente nominal. Es el valor eficaz de la corriente normal máxima que puede circular continuamente a través de el interruptor sin exceder los límites recomendados de elevación de temperatura.

-Corriente de corto circuito. Es el valor eficaz de la corriente máxima de cortocircuito que pueden abrir las cámaras de extinción del arco. Las unidades son Kilo amperes aunque comúnmente se dan en Megavolts-amperes (MVA) de cortocircuito.

-Cámaras de extinción del arco. Es la parte primordial de cualquier interruptor, en donde al abrir los contactos se transforma en calor la energía que circula por el circuito se trate.

El fenómeno de interrupción aparece al iniciarse la separación de los contactos apareciendo un arco a través de un fluido, que lo transforma que en plasma y que provoca esfuerzos en las cámaras, debido a las altas presiones y temperaturas. Al interrumpirse la corriente, durante el paso de la onda por cero, aparece entre los contactos la llamada tensión transitoria de restablecimiento.

Durante la interrupción del arco aparecen los siguientes fenómenos:

- a) altas temperaturas debido al plasma creado por el arco
- b) altas presiones debido a la alta temperatura del plasma
- c) flujos turbulentos del gas que adquieren velocidades variables entre los 100 y 1000 metros por segundo y que producen el soplado del arco, su alargamiento y por lo tanto su extinción
- d) esfuerzos mecánicos debidos a la corriente de corto circuito.

B.2 Tipos de interruptores. -

De acuerdo con los elementos que intervienen en la apertura del arco de las cámaras de extinción, los interruptores se pueden dividir en :

1. Gran volumen de aceite
2. Pequeño volumen de aceite
3. Neumáticos (aire comprimido)
4. Hexafluoruro de azufre (HF₆)
5. Vacío

1. Interruptor en gran volumen de aceite.

En este tipo el arco producido calienta el aceite dando lugar a una formación de gas muy intensa, que aprovechando el diseño de la cámara empuja un chorro de aceite a través del arco, provocando un agrandamiento y enfriamiento hasta llegar a la extinción del mismo.

Para grandes tensiones y capacidades de ruptura cada polo del interruptor va dentro de un tanque separado, aunque el accionamiento de los tres polos es simultáneo, por medio de un mando común.

2. Interruptor en pequeño volumen de aceite.

En general se usan intenciones y potencia mediana. Este interruptor utiliza aproximadamente un 5% del volumen de aceite del interruptor anterior.

La potencia de apertura es limitada sólo por la presión de los gases desarrollados por el arco, presión que debe ser soportada por la resistencia mecánica de la cámara de arqueo. Para potencias interruptivas altas, el sople de los gases sobre el arco se hacen perpendicularmente al eje de los contactos, mientras que para potencias bajas, el sople de los gases se hace en forma axial.

El tiempo de extinción del arco es del orden de seis ciclos.

3. Interruptores neumáticos.

Su uso se origina ante la necesidad de eliminar el peligro de inflamación de explosión del aceite utilizando en los interruptores mencionados anteriormente.

En este tipo de interruptores la extinción del arco se efectúa por la acción violenta de un chorro de aire ionizado por efecto del arco.

La extinción del arco se efectúa en un tiempo muy corto, del orden de tres ciclos.

4. Interruptores en hexafluoruro de azufre.

Son aparatos cuyas cámaras de extinción operan dentro de un gas llamado hexafluoruro de azufre (SF₆) que tiene una capacidad dieléctrica superior a otros incluidos dieléctricos conocidos. Esto hace más compactos y más durables los interruptores desde el punto de vista de mantenimiento. Los interruptores pueden ser de polos separados, cada fase en su tanque, o trifásicos en que los tres utilizan una misma envolvente. Se fabrican para tensiones aproximadamente desde 105 hasta 800 KV y las capacidades de interrupción varían de acuerdo con el fabricante. Llegando hasta magnitudes de 80 Kiloamperes, que es un caso muy especial.

5. Interruptores en vacío

Son aparatos que, en teoría abren en un ciclo debido a la pequeña inercia de sus contactos y a su pequeña distancia. Los contactos están dentro de botellas especiales en las que se ha hecho el vacío casi absoluto. El contacto fijo está sellado en la cámara de vacío y por el otro lado entra el contacto móvil, que también está sellado al otro extremo de la cámara y que, en lugar de deslizarse, mueve con la contracción de un fuelle de un material que parece ser una lesión del tipo de latón.

Al abrir los contactos dentro de la cámara de vacío, no se produce ionización y por lo tanto, no es necesario el soplado del arco ya que este se extingue prácticamente al paso por cero del primer ciclo.

Ese tipo se utiliza en instalaciones de hasta 34.5 KV dentro de tableros blindados.

Los dos inconvenientes principales son:

- que por algún defecto o accidente, se pueda perder el vacío de la cámara y al entrar el aire y producirse el arco, pueda reventar la cámara
- debido a su rapidez producen grandes sobre tensiones entre sus contactos y éstos emiten pequeñas radiaciones de rayos X.

d) Sistema de tierras.

Todas las partes no conductoras de corriente del equipo instalado en las subestaciones deben ser conectadas a tierra. Para ello debe haber una malla de tierras.

El sistema de tierras limita la tensión a tierra (seguridad para el personal, el usuario y los aparatos de la instalación).

El problema de los sistemas de tierra presenta cierta complejidad debido principalmente a las características poco homogéneas del terreno.

Factores que deben tomarse en cuenta en el diseño de un sistema de tierras.

Tres son los aspectos principales que deberán tomarse en cuenta en el diseño de un sistema de tierras, éstos aspectos son:

1.-Seguridad del personal

Es esencial que tanto en condiciones normales como de falla no circulen ninguna corriente a través del equipo al cual tenga acceso el personal.

El voltaje que pudiera existir entre la carcasa de un equipo con respecto a tierra, no es una medida del peligro existente; el criterio que se debe de seguir y tomar en cuenta es la diferencia de potencial entre cualquiera de dos puntos que pudieran ser tocados simultáneamente por una persona.

El objetivo debe ser, por lo tanto, asegurar que haya una conexión efectiva de muy baja impedancia y de una capacidad de corriente adecuada entre los dos puntos que puedan ser tocados simultáneamente por una persona y diseñar un arreglo de tal forma que la principal corriente de falla a tierra no fluya únicamente entre tales puntos.

2.-Prevención de daño al equipo.

Es deseable, bajo condiciones de falla, limitar tanto como sea posible, el voltaje que aparece entre las carcavas de los equipos y la malla principal de tierras cuando circula una corriente de falla.

3. Operación satisfactoria de los equipos de protección.

Siempre que se tenga equipo de protección, se debe considerar la intensidad de la corriente de falla a tierra ya que de esta depende su correcto funcionamiento y los sistemas para obtener una mejor calidad en el servicio.

Disposiciones básicas de las redes de tierra.

Para las redes de tierra se han considerado tres disposiciones básicas:

1. Sistema radial
2. Sistema en anillo
3. Sistema de malla

El sistema en anillo se tiene colocando en forma de anillo un cable de cobre de suficiente calibre alrededor de la superficie ocupada por el equipo de la planta o subestación y conectando derivaciones a cada aparato, usando cables más delgados.

Es un sistema económico y disyente; en el que se eliminan las grandes distancias de descarga a tierra del sistema radial. Los potenciales peligrosos son disminuidos al disiparse la corriente de falla por varios caminos en paralelo.

El sistema radial es el más barato pero el menos satisfactorio ya que, al producirse una falla en un aparato se producen grandes cantidades de potencial.

Este sistema consiste en uno o varios electrodos a los cuales se conectan las derivaciones de cada aparato.

El sistema de malla es el más utilizado en los sistemas eléctricos; consiste, como su nombre indica, en una malla formada por cable de cobre y conectado a través de electrodos a partes más profundas para buscar zonas de menor resistividad.

Este sistema es el más costoso; pero es el más eficiente. Sus elementos constitutivos son:

1. Conductores. Los conductores usados en las mallas de tierra son de cable de cobre desnudo semi duro de calibre adecuada, dependiendo del sistema en el que se utilice.

Se han escogido el calibre mínimo de 2/0 AWG. en conductores de cobre por razones mecánicas, ya que eléctricamente, puede utilizarse cable de cobre del número 2/0 o 4/0 AWG.

Para sistemas en anillo se ha usado cable de cobre de 500 MCM y en cambio, para el sistema de malla, se está utilizando ahora cable de cobre calibre 2/0 o 4/0 AWG.

Se utiliza el cobre por su mejor conductividad, tanto eléctrica como térmica y además por ser resistente a la corrosión.

2. Electrodo. Son las varillas que se clavan en el terreno y que sirven para que la malla esté en contacto con zonas más húmedas del subsuelo y por lo tanto con menor resistividad eléctrica. Son especialmente importantes en terrenos desprotegidos de vegetación y cuya superficie al quedar expuestas a los rayos del sol, están completamente seca.

Los electrodos pueden ser fabricados con varillas de fierro galvanizado o bien varillas tipo "copperweld".

En el caso de varillas de fierro galvanizado, estas pueden usarse en terrenos donde la constitución química no afecte a dicho material.

En terrenos corrosivos se utilizan las varillas tipo "copperweld", las cuales consisten en una varilla de fierro a la cual se adhiere un recubrimiento de cobre, soldado en forma continua a esta. Esta varilla combina la alta resistencia a la corrosión del cobre, con la alta resistencia mecánica del fierro, tiene buena conductividad, excelente resistencia a la corrosión y buena resistencia mecánica para ser clavada en el terreno.

3. Conectores y accesorios. Son aquellos elementos que nos sirven para unir los conductores de la red de tierra, además de conectar las varillas o electrodos y los conductores derivados de equipos y estructuras a la red.

Los conectores utilizados en los sistemas de tierra son principalmente de tres tipos:

- a) Conectores mecánicos
- b) Conectores son cables
- c) Conectores a presión

Todos los tipos de conectores deben soportar la corriente de corto circuito cuando fluye en la red de tierra.

a). Los conectores mecánicos están formados generalmente por dos piezas las cuales se unen por medio de tornillos; sus características principales son: facilidad de instalación pues deben desconectarse de la red para poder hacer mediciones de la misma. Tienen algunas veces problemas de corrosión lo cual se eliminan dándole un tratamiento especial a la junta.

Los conectores mecánicos deberán ser accesibles para inspección y mantenimiento, a través de un registro.

b) Los conectores son dobles nos ocasionan ahorro de tiempo y costo. Con este tipo de conexiones se elimina la resistencia de contacto, además de que está relativamente libre de corrosión y permite el uso de conductores pequeños. Sin embargo, tienen algunas limitaciones que son: no tienen medios para separarlos y poder hacer mediciones en la red, lo cual indica que habría que usar conectores mecánicos en algunas partes de la red para poder efectuar dichas mediciones, no se pueden usar en presencia de atmósferas volátiles o explosivas.

c) Los conectores a presión son los más económicos, fáciles de instalar porque, presentan algunas desventajas como la de no poder desconectarse de la red para hacer mediciones y problemas de corrosión.

Apartarrayos

Los apartarrayos son instalados con el fin de proteger a las subestaciones contra sobretensiones que se producen por efecto de descargas atmosféricas, además se encargan de limitar ondas de sobretensión que se pudieran ocasionar por la operación de interruptores; Los apartarrayos se pueden instalar tanto dentro como fuera del local en que se encuentra alojado el equipo a proteger, debido a su funcionamiento, se buscará que el apartarrayos y sus accesorios se encuentren localizados tanto por altura como por posición de la manera más inaccesible a personas no familiarizadas con dicho dispositivo. Estos deberán estar conectados a tierra de la forma más directa mediante un conductor de baja impedancia y amplia capacidad de conducción de corriente.

Pararrayos

Todo sistema eléctrico es susceptible de presentar durante su operación una sobretensión, la cual consiste en una elevación transitoria de la tensión por encima de los valores máximos permisibles de la tensión de servicio, esta se puede presentar tanto entre conductores o a tierra y ser ocasionada por razones externas tales como influencia de otras redes cercanas ó descargas atmosféricas en cuyo caso su magnitud es completamente independiente de la tensión de servicio, o por causas internas como son los procesos de maniobra entre los cuales se incluyen cortos circuitos apertura o cierre de circuitos con el consabido retiro o añadido de cargas, establecimiento de contactos a tierra, etcétera, donde su magnitud dependerá de la tensión de servicio.

Debido a los grandes daños que en ocasiones llegan a causar estos disturbios en los aislamientos de sistemas eléctricos se hace necesario la protección de estos mediante algún dispositivo que se encargue de canalizar esta sobretensión limitando su magnitud y aislándola del sistema a fin de evitar caídas de tensión en la red.

Para este fin se han creado los pararrayos autovalvulares, los cuales al momento de recibir un rayo disminuyen su resistencia permitiendo el drenado de corriente a tierra y posteriormente regresan a su valor normal de resistencia alta.

6.4 Consideraciones importantes de las subestaciones en la NOM-001-SEDE-1999.

A continuación se harán algunas consideraciones importantes acerca de la aplicación de la norma NOM-001-SEDE-1999 en el campo de las instalaciones de subestaciones eléctricas, haciendo referencia a los artículos del reglamento publicado en 1994, así como las ediciones, o edificaciones y aclaraciones hechas a dicho norma en 1999.

1-Medio de desconexión y protección general (ver figura 6.3)

Independiente de la cuchilla de paso

a) Debe ser capaz de operar con carga

Excepción.-En subestaciones tipo intemperie abierto de 500 KV o menos, el medio de desconexión no es necesario que opere con carga. Pero sí es necesario que en el lado secundario del reformador exista un interruptor secundar.

Además de las excepciones publicadas en adiciones a:

Excepción 1.-En subestaciones con dos comas transformadores o en subestaciones receptoras con varias un derivaciones para transformadores remotos, donde cada transformador o derivación tenga su propio medio de desconexión que cumpla con los requisitos mínimos establecidos por dichas normas.

Excepción 2.-En el caso de subestaciones compactas de un solo transformador que requieran ampliarse y no cuenten con espacio suficiente, se permiten colocar un segundo transformador por el lado contrario de la sección del equipo de servicio, el cual cuente con su propia cuchilla seccionadora de paso y su propio medio de desconexión.

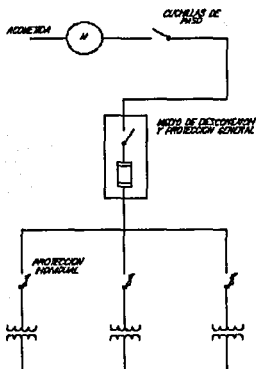


Fig. 6.3 Arreglo aceptado de protecciones

b) El medio de protección debe ser de capacidad interruptiva adecuada.

Este dato debe consultarse con C.F.E. y verificarse con el indicado en el proyecto.

Se puede tomar como recomendable el no sobrepasar el 250 por ciento de la corriente nominal primaria del transformador.

2-Sistema de protección del usuario.

a) La protección del equipo eléctrico instalado en la subestación del usuario debe ubicarse dentro de su predio y por ningún motivo deberá de interferir o afectar el servicio de otros usuarios del sistema suministrador, y por lo tanto tampoco podrá depender de las protecciones del sistema suministrador.

3-Cuchillas de prueba y paso.

a) Las cuchillas de prueba pueden omitirse siempre y cuando pueda interrumpirse el servicio en el momento en que se requiera, más sin embargo se recomienda hacer la instalación de otros medios interruptores donde se requiera por mantenimiento u operación.

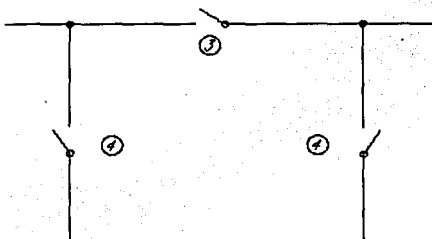
En subestaciones grandes conviene instalar adicionales juegos de cuchillas desconectoras, con el propósito de intercalar equipo de medición de prueba y así no interrumpir el servicio.

Para un ejemplo de colocación de cuchillas de paso y cuchillas de prueba, ver la figura 6.4.

b) Independientemente del medio de desconexión general debe instalarse entre este y la fuente de suministro un desconector (cuchilla de paso).

Las cuchillas de paso son equipos que tienen la función de desconectarse un circuito y aislar las partes desenergizadas.

Normalmente son de operación sin carga de acción simultánea.



③ CUCHILLAS DE PASO

④ CUCHILLAS DE PRUEBA

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. 6.4 Arreglo de cuchillas en un sistema eléctrico

Se instala un juego antes del interruptor principal. Ver figura 6.5

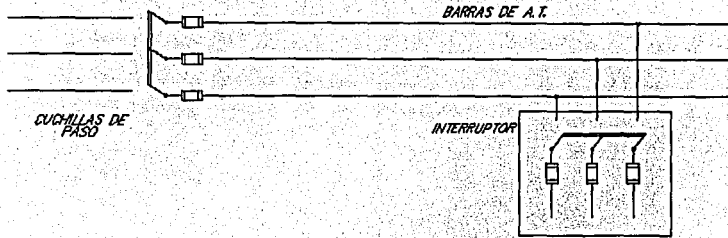


Fig. 6.5 Arreglo interruptor-cuchillas de paso

Permiten cambiar sin peligro los fusibles y dar mantenimiento al interruptor, además por norma deben instalarse entre equipo y una fase viva.

4-Instalación de alumbrado.

- Las subestaciones deben contar con alumbrado adecuado
- El circuito que alimenta las lámparas y contactos en las subestaciones debe ser independiente
- Las lámparas deben ubicarse en lugares de acceso seguro
- Es recomendable contar con iluminación de emergencia en las subestaciones.

5-Salidas

- Las puertas del local se deben abrir hacia fuera
- Debe existir un rótulo en la puerta con la leyenda "PELIGRO ALTA TENSION"
- En ciertos casos es necesario la instalación de una puerta adicional.

6-Extintidores

- Deben instalarse cuando menos dos, en puntos cercanos a la entrada.
- Son recomendables principalmente los extintidores de CO₂ y polvo químico seco.
- En instalaciones particularmente grandes, se aconseja la utilización de equipos automáticos con detectores de fuego.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

7-Sistemas de tierras

- a) La resistencia total de la malla de tierras no debe ser mayor de 5 ohms.
- b) Comprobar este valor con los datos del proyecto, empleando la fórmula que se encuentra a continuación de la cual la resistencia total de la malla con respecto a tierra se puede determinar en forma simplificada por la expresión:

$$R = \frac{\rho}{4r} \cdot \frac{\rho}{L} \quad \text{en ohms}$$

donde:

"r" es el radio en metros de una placa circular equivalente cuya área es la misma que la ocupada por la malla real de tierra.

"L" es la longitud total de conductores enterrados en metros.

"ρ" es la resistividad eléctrica del terreno en ohms-metro.

- c) Es recomendable que la malla de tierras en cierre del área total que ocupa la subestación y que el conductor de la malla será de cobre, con un calibre mínimo de 4/0 AWG y los conductores de la puesta a tierra del equipo no sean de un calibre número 2 AWG.
- d) Todas las partes metálicas no conductoras de corriente del equipo instalado en las subestaciones deberá conectarse a tierra.

8-Tarimas y tapetes aislantes.

- a) Debe verificarse la existencia y las características así como los materiales de que se encuentran formados dependiendo de cada caso en particular.

9-Espacios para trabajar.

- a) Verificar que alrededor del equipo exista el espacio necesario para realizar maniobras de revisión y mantenimiento. Como una recomendación de las normas se da o mejor dicho, se pide un ancho mínimo frente al equipo principal de 1.50 metros ; y por la parte posterior de este mismo equipo, un ancho mínimo de 1.30 metros.

10-Interruptores en aceite.

- a) En subestaciones de más de 7.5 KV, los interruptores deben estar equipados con control local y remoto.
- b) Antes de estos interruptores deben instalarse desconectores.

11-Apartarrayos.

- a) Deben instalarse apartarrayos en plantas industriales.

- b) Los apartarrayos deben conectarse a tierra con un conductor de baja impedancia (No menor que el más pequeño usado en la malla de tierra).
 En si su función es la de cortar las sobre tensiones ocasionadas por varios fenómenos físicos a sus a la conmutación de interruptores, descargas atmosféricas y contacto con líneas de mayor tensión.

Estos equipos se conectan entre fase y tierra como indica la figura 6.6.

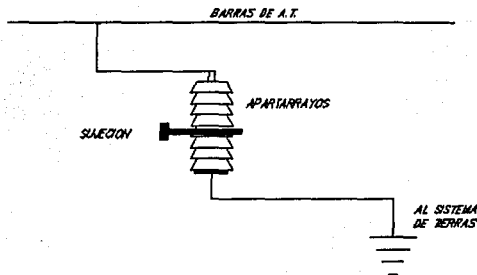


Fig. 6.6 Conexión de apartarrayos

Se instalan antes del equipo importante

- Interruptores,
- Bancos de capacitores y
- Transformadores

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Su tensión de operación debe ser similar a la del equipo e instalaciones que protege.

Todas estas especificaciones son aplicables en el caso de subestaciones cerradas, para el caso de subestaciones abiertas algunas de estas especificaciones por razones lógicas no son aplicables.

Así en el caso de subestaciones abiertas:

a) Para servicio interior:

- De cualquier capacidad o tensión, su medio principal de desconexión debe ser capaz de operar con carga.
- Todos los fusibles empleados deben ser del tipo desconectado, no de mordaza.
- Los locales deben construirse con materiales incombustibles. Deben estar exentos de polvo o pelusas combustibles, gases inflamables o corrosivos, en cantidades peligrosas y deben tener ventilación adecuada como se recomienda en la norma.
- Todas las partes vivas descubiertas deberán respetar las distancias especificadas en la norma (ver apéndice)
- Para tensiones mayores de 2500 volts a tierra, el aislamiento no deben considerarse como protección.
- Debe existir el espacio apropiado para el empleo de pértigas para desconexión en caso de que sean necesarias.
- Deben existir tarimas y tapetes aislantes frente a las palancas de mando de los interruptores, cuchillas desconectoras, etcétera.

b) Cuando se trata de subestaciones para servicio en intemperie:

- Deben estar resguardadas por cercas de tela de alambre.
- Para la puesta a tierra de las cercas, se debe contemplar su conexión a la malla principal de tierras o algún método similar alterno. Si la cerca se coloca dentro de la zona correspondiente a la malla, esta debe quedar a 1.50 metros fuera del acerca como mínimo.

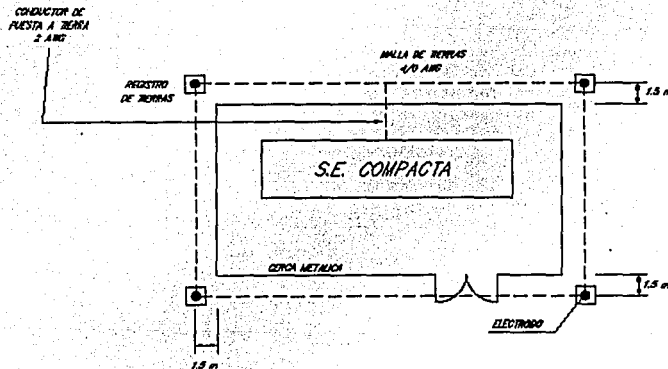


Fig. 6.7 Sistema de tierras para subestación (opción 1)

Si la cerca se encuentra fuera de la zona correspondiente a la malla debe alejarse del límite de esta, por lo menos 2.00 metros.

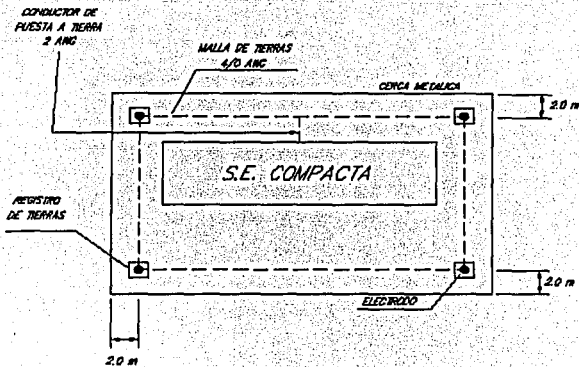


Fig. 6.8 Sistema de tierras (opción 2)

Las cercas metálicas deben conectarse a sus propios electrodos de tierra. A menos que la cerca se encuentre próxima al equipo puesto a tierra, que una persona pueda tocar simultáneamente a la cerca y al equipo.

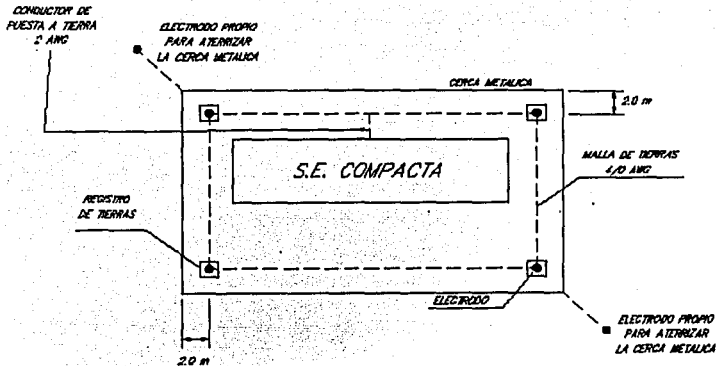


Fig. 6.9 Sistema de tierras (opción 3)

- En las subestaciones de este tipo, de hasta 500 KVA, el medio principal de desconexión, puede ser de operación sin carga. Pero debe instalarse en el secundario del transformador, un interruptor automático.
- Todos los fusibles deben ser del tipo desconectado y no de mordaza.
- Todas las partes vivas deben respetar las distancias mínimas. Ver apéndice.

Adicionalmente de los tipos de subestaciones tratados anteriormente, en nuestro caso podemos contar con subestaciones del tipo compacto, las cuales se pueden conseguir para dos condiciones de que operación.

- a).-Interiores
- b).-Intemperie

Este tipo de subestaciones deben estar autorizadas por la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial para su venta y uso.

Normalmente se fabrican para estándares de 6,13.8 y 34.5 KV.

Debe mostrarse el arreglo interno del equipo y demás componentes eléctricos, debe contar con bloqueos que impiden abrir sus puertas cuando el interruptor se encuentra en la posición de cerrado.

A pesar de que este tipo de subestaciones cuentan con un sistema de tierra del tipo de anillo, consistente en una solera de cobre, es recomendable que se construya una red o malla de tierra alrededor de sus gabinetes y transformadores.

Si la interconexión entre el interruptor y el primario del transformador es a base de cables aislados, sus pantallas metálicas deben aterrizar, si a estos cables se les retira la pantalla, no deben tocar partes metálicas.

El medio de desconexión debe ser de operación con carga sin importar la capacidad de la subestación. Se existen fusibles, estos no deben ubicarse al fondo del gabinete y además estos no deben ser de expulsión.

Debido a que no tiene partes vivas descubiertas, no necesariamente deben existir locales o cercas que las circunden.

Si la subestaciones se ubican a la intemperie, es necesario que el gabinete y demás componentes que le integran este autorizados por la Secofi para tales condiciones.

La distancia mínima entre fases y a tierra (cubierta) no deben ser menores que las indicadas en la norma en condiciones normales de trabajo.

Subestaciones blindadas de alta tensión en sulfuro de azufre (SF6)

Introducción

En este tipo de subestaciones las partes vivas se encuentran en el interior de envolventes metálicos los cuales contienen un gas dieléctrico llamado HEXAFLUORURO DE AZUFRE (SF₆).

En términos generales este tipo de subestaciones contendrán los mismos elementos constitutivos de las subestaciones convencionales , con la diferencia de que todas las partes que se encuentran bajo tensión se localizaran dentro de contenedores metálicos que se pueden interconectar entre sí .

Debido a las características físicas del Hexafluoruro de azufre las dimensiones generales de la subestación se pueden reducir hasta obtener un equipo instalado en una superficie relativamente pequeña con el subsecuente ahorro de espacio y adicionalmente un incremento en la seguridad tanto en funcionamiento eléctrico como del personal .

Las primeras subestaciones blindadas aisladas con gas SF₆ fueron puestas en servicio a finales de la década de los 60's .

El desarrollo de las subestaciones en gas se inicio en el año de 1965 , en la actualidad se encuentra muy avanzado en Europa y en Japón ; en México se utilizan a partir de 1978 .

Generalidades

Estas subestaciones son capaces de manejar tensiones nominales del orden de 72.5 a 800 KV , con corrientes también nominales de 800 a 8000 AMP . Toleran corrientes de corto circuito que van desde 12.5 hasta 80 KA .

Entre las principales aplicaciones de las subestaciones en SF₆ tenemos :

Subestaciones urbanas en edificios o bien subterráneas ocupando un mínimo espacio .

Subestaciones industriales ubicadas en atmósferas que presentan problemas de polución o corrosión .

Subestaciones de centrales energéticas localizadas cerca de equipo de generación a fin de optimizar la instalación en su conjunto .

Subestaciones que se encuentran localizadas en puntos geográficos donde debido a situaciones atmosféricas y geológicas se encontraran sometidas a condiciones severas (zonas sísmicas, elevada altitud, temperaturas extremas, borde del mar, etc) .

Su diseño permite que sean utilizadas en forma efectiva para servicio a la intemperie.

Las subestaciones en SF₆ representan una solución competitiva entre otras cosas por la reducción considerable del espacio ocupado, sin ser necesario la instalación dentro de un edificio ; además ofrecen una minimización de las tareas de operación y eliminación casi por completo de actividades de mantenimiento.

En lo que se refiere a seguridad brinda una magnífica protección al personal de operación por lo siguiente :

- El gas SF₆ es no inflamable y no tóxico.
- Los contenedores metálicos evitan el contacto con las partes bajo tensión.
- Los manómetros compensados en temperatura con contactos verifican en todo momento la presión del SF₆.
- En caso de corto circuito interno, las membranas de seguridad evitan toda explosión de las envolventes ; si se rompiese una membrana entonces un dispositivo de protección ejerce control sobre la proyección de los fragmentos.
- Los seccionadores de puesta a tierra soportan la corriente plena de corto circuito.
- Los indicadores de posición de los interruptores, seccionadores y seccionadores de puesta a tierra son confiables y se pueden ver fácilmente desde el suelo.

Características del hexafluoruro de azufre (SF₆)

En las condiciones normales de presión y temperatura (presión absoluta :1013 hPa , Temp. : 20 C) ,el SF₆ es un gas incoloro cuya masa volymica es igual a 6.14 Kg/m³ .

Masa molecular : 146.07 Gr .

Velocidad de propagación del sonido en SF₆ : 146 m/seg a 1 bar (presión absoluta) y 30 C .

Es químicamente muy estable. A temperaturas ambientes, se puede considerar como un gas neutro.

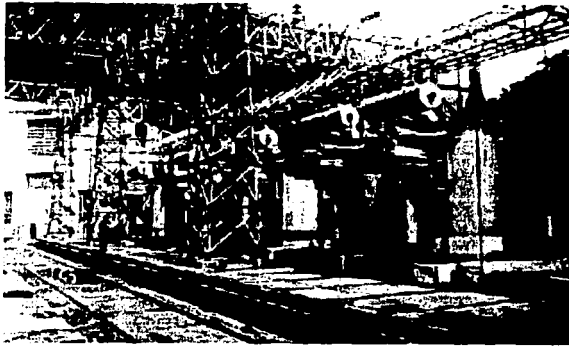
También posee una gran estabilidad térmica y su disociación es un fenómeno casi perfectamente reversible, de ahí su uso como fluido de corte.

El SF₆ puro es inodoro, es un gas inerte sin envejecimiento.

Es un excelente fluido de corte por las tres razones siguientes :

- a) La alta energía de disociación del SF₆ ocasiona el eficaz enfriamiento del arco.
- b) Los iones de flúor provenientes de la disociación son muy electronegativos por lo que rápidamente captan los electrones libres.
- c) La re combinación muy rápida de las moléculas del SF₆ permite establecimientos de tensión muy estrictos.

En las mismas condiciones, la rigidez dieléctrica del SF₆ es más del doble que la del aire. Esta propiedad se debe esencialmente al carácter electronegativo de la molécula de SF₆ que atrae los asimila los electrones libres y previene el efecto de avalancha, cuyo origen es la activación ; con lo cual obtendremos un magnífico agente extintor del arco.



Interruptores en hexafluoruro de azufre

Los interruptores y disyuntores de las subestaciones en SF₆ se encuentran contenidos dentro de cámaras de extinción del arco eléctrico fabricadas en aluminio, llenadas con el gas (SF₆); estos dispositivos pueden contar con una o varias cámaras de extinción o corte por fase con polos separados y conectadas rígidamente mediante soleras de cobre.

En este caso el SF₆ es utilizado como un material aislante y agente extintor del arco eléctrico, el cual se logra mediante un proceso de soplado autonómico. Estos dispositivos están compuestos por tres polos separados, que son accionados mediante un sistema hidráulico.

Su funcionamiento unipolar o tripolar, o sea se puede manipular un solo polo o los tres juntos dentro de una determinada maniobra, lo cual se logra al estar conectado cada polo en forma hidráulica a un tablero de mando. Son dispositivos que se componen generalmente de 3 polos dirigidos por uno o tres mandos.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Mantenimiento

Debido a que estos disyuntores utilizan el gas SF₆ como medio extintor del arco, el mantenimiento que requieren es muy reducido.

Bajo la acción del arco, se descompone una reducida cantidad de gas, dando origen a productos gaseosos y, por combinación con el metal de los contactos, a productos pulverulentos (fluoruros) que son absorbidos por el tamiz molecular.

Estos productos tienen el aspecto de la escarcha y se descomponen sobre las piezas internas del interruptor, sin afectar sus características.

En las condiciones normales de servicio, el plan de mantenimiento se puede definir como sigue :

- a) Controles visuales periódicos al menos una vez al año, para esto no es necesario poner el aparato fuera de servicio.
- b) Inspección cada 5 años. La inspección requiere poner fuera de servicio el aparato. No obstante no es necesario desmontar las cámaras de corte ni otros subconjuntos.
- c) Revisión. Proceder a la revisión después de una duración de 20 años, una cantidad de ciclos mecánicos de 3000 a 4000 o un desgaste eléctrico considerable debido a interrupciones o cortes con elevadas cargas.

6.5 Determinación de la capacidad del transformador principal.

Sin duda al hablar de subestaciones eléctricas una de las partes más importantes del sistema, si no es que la más importante, es el transformador debido a su función de acoplamiento magnético de circuitos eléctricos distintos con lo cual se permite el intercambio de energía entre distintos niveles de voltaje y formas de conexión.

Usualmente y para el caso en particular que hoy nos concierne este intercambio de energía consiste en reducir el voltaje de alimentación de la compañía suministradora a los voltajes de utilización de las cargas.

Al momento de diseñar una subestación eléctrica, la correcta determinación de los parámetros y características que deberá poseer el o los transformadores son de vital importancia para el posterior desempeño y confiabilidad de todo el sistema completo. Por esta razón el diseñador deberá tener el suficiente conocimiento y experiencia para realizar la más adecuada selección de estas máquinas.

Las siguientes características son las mínimas requeridas para realizar la especificación correcta al momento de la compra de uno o más transformadores.

- 1.- Voltaje en el lado primario y en el lado secundario (relación de transformación)
- 2.- Capacidad o potencia requerida, la cual se expresará en KVA
- 3.- Número de fases y en el caso de ser de dos o más fases manifestar el tipo de conexión deseada

- 4.- Frecuencia de operación en ciclos por segundo o Hertz
- 5.- En caso de ser necesarias derivaciones, el número y por ciento de cada paso de las derivaciones así como cuántas de ellas van por arriba y cuántas por debajo de la tensión nominal de operación
- 6.- Especificación del tipo de enfriamiento
- 7.- Tipo de servicio
- 8.- Altura sobre el nivel del mar de operación de la máquina
- 9.- Impedancia expresará en por ciento
- 10.- Sobre elevación de temperatura permitida en operación normal o con sobrecarga en °C
- 11.- Condiciones especiales de servicio tales como ambientes corrosivos, ambientes explosivos u otros
- 12.- Accesorios tales como manómetros, boquillas, válvulas, relevadores auxiliares, ganchos para izaje o ruedas, aplicación de protecciones o pinturas de colores especiales, etcétera.

Junto con la determinación de los voltajes de primario y secundario una de las características más importantes de un transformador es su capacidad, la cual se calcula a partir del valor de la potencia total instalada del sistema que alimentará y factores de demanda y utilización aplicables al tipo de instalación según sea el caso del servicio. Debido a que en muchas de las instalaciones eléctricas residenciales, comerciales e industriales no se utiliza la carga total instalada en forma simultánea es usual que se consideren Factores de demanda que varían del 0.6 al 0.9 (o sea del 60 al 90%), sin embargo Pemex considera en muchos de los casos de sus instalaciones factores de demanda de 1 (o sea 100 %) esto debido al tipo de instalaciones, equipos y por razones de seguridad y continuidad tanto en el diseño como en la operación de las instalaciones.

Esta potencia normalmente se expresa en KVA y comúnmente contempla además de la capacidad para alimentar a la fuerza instalada un porcentaje adicional para futuros crecimientos de la planta. Para el caso que nos concierne, a continuación hemos hecho la tabulación de las cargas en los diferentes niveles de voltaje a fin de poder obtener la capacidad requerida en el transformador principal de distribución. Para esto nos hemos basado en los diagramas unifilares L.-001 y L.-002 los cuales son los diagramas en los dos niveles de tensión más importantes y donde se encuentra la mayor cantidad de carga, en esta misma tabulación cada carga está afectada por el Factor de demanda necesario según sea el caso del tipo de servicio que prestará dicha carga.

TABULACION PARA EL TRANSFORMADOR TR-2 EN NIVEL DE 480 V.

IDENTIFICACION DE CARGA	V	HP	KVA	FU	KVA TR
VENTILADOR DEL SISTEMA DE PRESURIZACION	480	5	4.14	1.00	4.14
MOTO-BOMBA TRASIEGO AGUA CIONTRA INCENDIO ME-203A	480	5	4.14	1.00	4.14
MOTO-BOMBA JOKEY ME-202	480	25	20.71	1.00	20.71
MOTO-BOMBA AGUA DE POZO PROFUNDO ME-204	480	50	41.42	1.00	41.42
ALIMENTACION A TABLERO TDB-23	480		39.00	0.70	27.30
ALIMENTACION A TABLERO DE EMERGENCIA TDB-E	480		177.09	0.90	159.38
MOTO-BOMBA DESCARGA TQ. AMORTIGUAMIENTO ME-101A	480	50	41.42	1.00	41.42
MOTO-BOMBA DESCARGA TQ. AMORTIGUAMIENTO ME-101B	480	50	41.42	1.00	41.42
MOTOR DE COMPRESOR DE AIRE MEC 201A	480	40	33.14	1.00	33.14
MOTOR DE COMPRESOR DE GAS LPG MEC-101A	480	100	82.82	1.00	82.82
CONDENSADOR LPG CH-101A VENT.1	480	25	20.71	1.00	20.71
CONDENSADOR LPG CH-101A VENT.2	480	25	20.71	1.00	20.71
ALUMBRADO EXTERIOR, CARGA 1	480		11.40	0.85	9.69
ALUMBRADO EXTERIOR, CARGA 2	480		11.32	0.85	9.62
ALIMENTACION A TRANSFORMADOR DE TABLERO DE ALUMBRADO TDB-21 EN 220 V.	480		45.00	0.60	27.00
ALIMENTACION A TRANSFORMADOR DE TABLERO DE ALUMBRADO TDB-22 EN 220 V.	480		45.00	0.60	27.00

SUMA DE CARGAS INSTALADAS (KVA)	639.44
-----------------------------------	--------

SUMA DE CARGAS DE TRANSFORMACION (KVA)	562.34
--	--------

CAPACIDAD DISPONIBLE FUTURA (20%) (KVA)	112.47
---	--------

CAPACIDAD NECESARIA DEL TRANSFORMADOR (KVA)	674.81
---	--------

Una vez que se ha calculado la potencia necesaria del transformador se selecciona la capacidad comercial más cercana a esta, dicha capacidad preferente será mayor a la calculada aunque en ocasiones por factores económicos puede llegar a ser menor, lo cual si se toma en cuenta el valor de la capacidad futura puede llegar a ser poco importante.

Tomando en cuenta lo anterior se seleccionará un transformador de 750 KVA de capacidad, con relación de transformación de 4.16/0.480 KV.

Ahora se presenta la tabulación para las cargas conectadas al transformador principal :

TABULACION PARA EL TRANSFORMADOR TR-1 EN NIVEL DE 4160 V.

IDENTIFICACION DE CARGA	V	HP	KVA	FU	KVA TR
MOTO-BOMBA AGUA CONTRA INCENDIO ME-201A	13800	250	207.14	0.60	124.28
MOTO-BOMBA AGUA CONTRA INCENDIO ME-201B	13800	250	207.14	0.60	124.28
ALIMENTACION A TRANSFORMADOR TR-2	13800		750.00	0.90	675.00

SUMA DE CARGAS INSTALADAS (KVA)	1164.28
-----------------------------------	---------

SUMA DE CARGAS DE TRANSFORMACION (KVA)	799.28
--	--------

CAPACIDAD DISPONIBLE FUTURA (20%) (KVA)	159.86
---	--------

CAPACIDAD NECESARIA DEL TRANSFORMADOR (KVA)	959.14
---	--------

Por lo tanto la capacidad comercial que elegiremos es de 1000 KVA.

Como anteriormente se vio, al momento de la selección de la capacidad del transformador se seleccionará también la capacidad de sobreelevación de temperatura permitida con sobre carga o dicho en otras palabras la capacidad de sobrecarga que será capaz de soportar la máquina, esto puede ser hecho en base a requerimientos de la ingeniería básica del proyecto, indicaciones expresas del cliente o a la experiencia del proyectista eléctrico.

Nosotros por requerimientos de la ingeniería básica especificaremos un transformador de 1000/1120/1288 FUT, OA/FA FUT 55/65°C ; lo cual quiere decir que estamos hablando de un transformador sumergido en aceite con capacidad nominal a plena carga de 1000 KVA y una elevación temperatura de 55°C sobre una temperatura ambiente promedio de 30°C, el cual tiene una capacidad de sobrecarga del 12% con una sobreelevación de 65°C (OA) y adicionalmente podrá tener una sobrecarga más del 15% mediante la implementación de un sistema de enfriamiento a base de aire forzado (FA FUT).

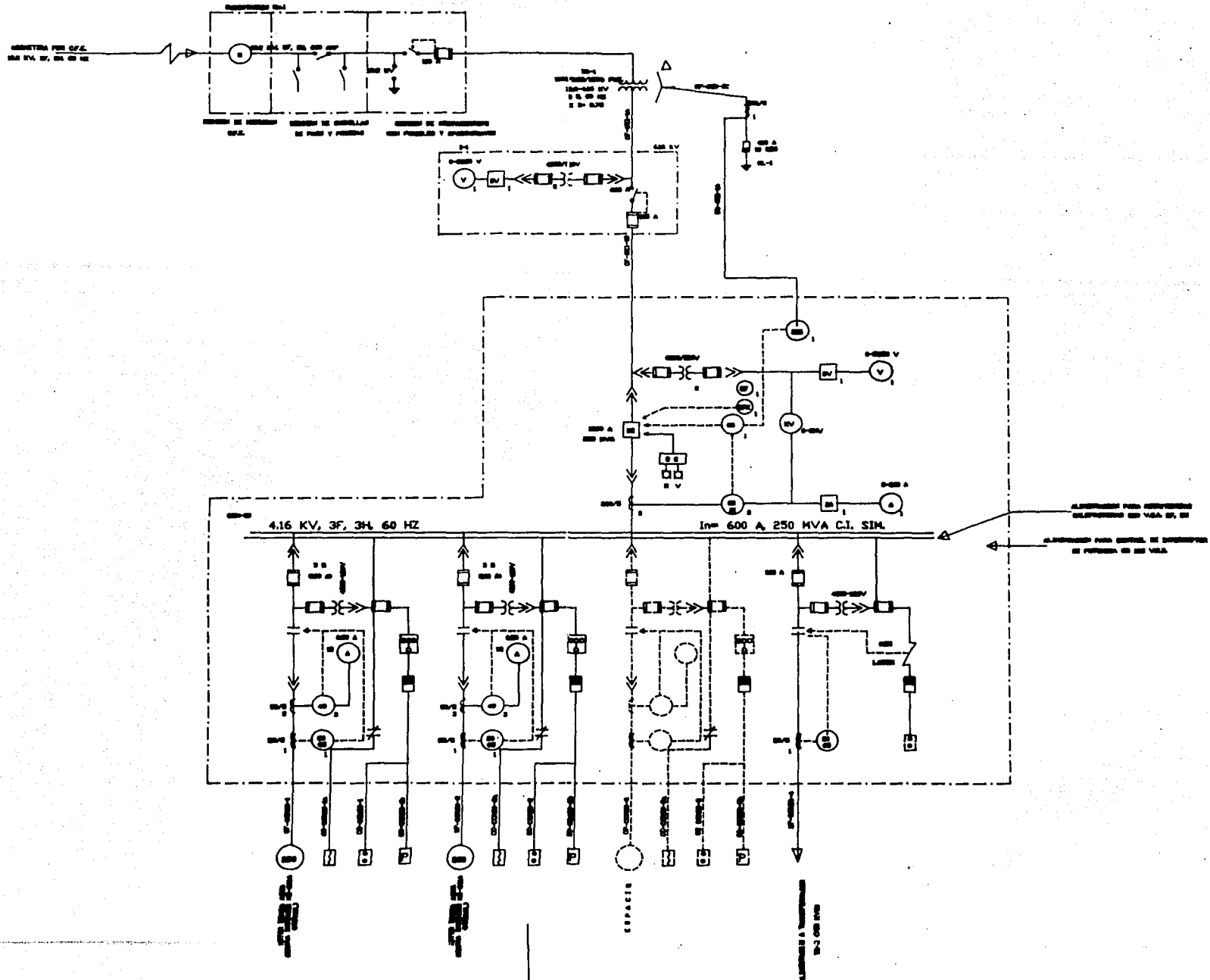
El transformador tendrá una relación de transformación de 13.8/4.16 KV; 3 fases, 60 Hz. conforme al sistema de acometida; con 4 taps de derivación en el secundario del 5% de la tensión

nominal cada una, dos arriba y dos debajo. Esto es que tendrá un cambiador de derivaciones para variar la relación de transformación del secundario a los siguientes valores de tensión en el secundario :

3.74 KV
3.95 KV
4.16 KV (NOMINAL)
4.37 KV
4.58 KV

El tipo de conexión en este caso será Delta-Estrella aterrizada, este tipo de arreglo lo utiliza PEMEX en este nivel de voltaje debido a que al aterrizar el neutro del secundario se aíslan las corrientes de tierra de secuencia cero lo cual permite una adecuada protección del transformador mediante relevadores, lo que al final reportara una buena seguridad y continuidad del servicio tal como lo requiere esta industria.

Finalmente haremos referencia a la Impedancia la cual representa la caída de voltaje expresada en porciento para el circuito equivalente del transformador y este valor nos permite el calculo de la regulación del transformador y es un dato de gran importancia al momento de realizar el calculo de corto circuito de un sistema eléctrico.



SIMBOLOGIA

- SWITCH DE CONTROL LOCAL CON LUCES INDICADORAS BAJA-VOLTAJE
- COMBINACION CONTACTOR-FUSEBLE
- RESISTENCIA DE FUERTA A TIERRA
- RELEVADOR DE BAJA VOLTAJE
- RELEVADOR AUXILIAR POR BAJA VOLTAJE
- ARRANCADOR ELECTRICOS LOCAL
- UNIDAD DE MONITORACION DE ENERGIA CON MOTOR DE COM. INVERSA
- CARGADOR DE BATERIAS
- BANCO DE BATERIAS
- SISTEMA ININTERRUMPTIBLE DE ENERGIA (UPS)
- TRANSFORMADOR P/COMERCIAL
- SELECTOR DE FASES P/VOLTIMETRO
- SELECTOR DE FASES P/AMPERIMETRO
- VOLTIMETRO
- AMPERIMETRO
- ACUOMETRA POR CFE
- GRUPO DE MEDICION CFE
- CUCHILLA DESCONECTADORA DE PRIMERA OPERACION MANUAL EN CARRA
- CUCHILLA DESCONECTADORA DE PRIMERA OPERACION
- ARRANCADOR TIPO AUTOVALVULAR
- SWITCH EN POSICION DE OPERACION EN GRUPO BAJA CARRA TRIPULAR
- TRANSFORMADOR DE POTENCIA
- TRIFASO CONEXION DELTA ESTRELLA OPER. EN VASES
- INTERRUPTOR DE POTENCIA REVERSIBLE
- COMBINACION INT. TRANSFORMADORES ARRANCADOR A TENSION PLENA NO REVERSIBLE REVERSIBLE
- MOTOR (CAPACIDAD INDICADA EN HP)
- RELEVADOR DE FALLA A TIERRA DE TIEMPO
- TRANSFORMADOR DE CORRIENTE TIPO DSI
- TRANSFORMADOR DE CORRIENTE TIPO VENTANA
- RELEVADOR DE SOBRECORRIENTE DE CORTO CIRCUITO TRIFASE
- RELEVADOR DE SOBRECORRIENTE RECORRE DE FALLA A TIERRA
- CONTACTOR NORMALMENTE CERRADO
- ELEMENTO TIERRA
- LUCES INDICADORAS ARRANCAR-PASS
- ESTACION DE SUFICIENTES ARRANCAR-PASS DE CONTACTO INTERLOCKING
- RESISTENCIA CALIFORNIA
- INTERRUPTOR DE FUSIBLE
- TABLERO DE ALIMENTADO
- VOLTIMETRO
- SWITCH SELECTOR NORMAL-OFF

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

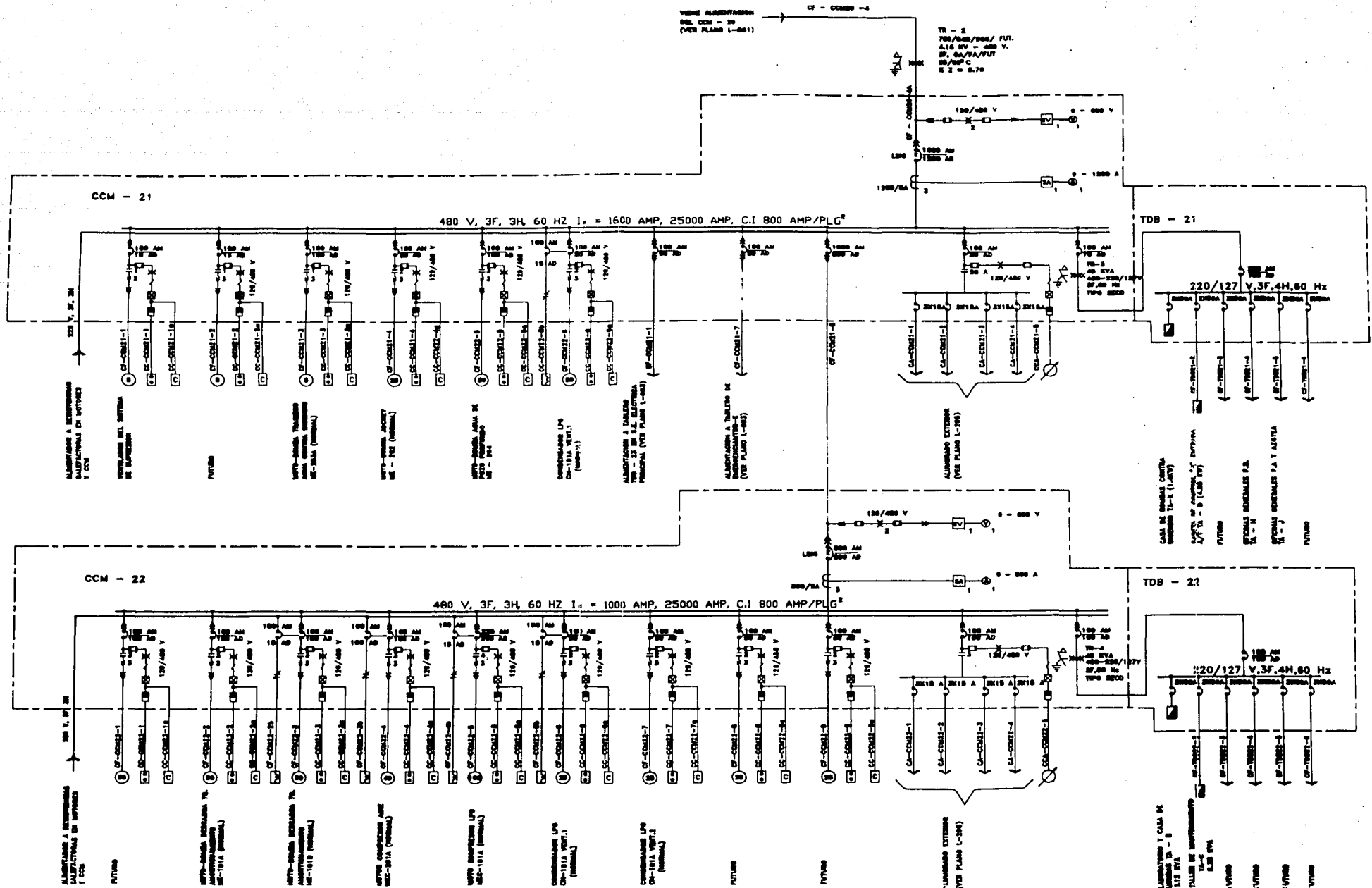
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
UNIDAD ARAGON

INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
TESIS PROFESIONAL

DIAGRAMA UNIFILARI I

TERMINAL DE RECIBO Y
DISTRIBUCION DE GAS LP

IRAPUATO, GUANAJUATO



- SIMBOLOGIA**
- OBSERVACION BIT, TERMOELECTRICO ARRANCADOR A TENSION PLENA NO REVERSIBLE REMOVIBLE
 - RELACION DE TRANSFORMACION
 - TAMAÑO DEL CONTACTOR
 - NUMERO DE ELEMENTOS TERMICOS
 - VOLMETRO
 - AMPERMETRO
 - LUCES INDICADORAS DE ARRANQUE Y PARO
 - TRANSFORMADOR DE CORRIENTE
 - INTERRUPTOR ELECTROMAGNETICO REMOVIBLE
 - TRANSFORMADOR PARA CONTROL
 - TRANSFORMADOR DE POTENCIA CONEXION DELTA-ESTRELLA
 - ESTACION DE BOTONES DE ARRANQUE PARA CONTACTO INMEDIATO
 - UNIDAD DE CONTROL
 - SELECTOR 3 POSICIONES MFA
 - SELECTOR VOLMETRO A POSICIONES
 - SELECTOR AMPERMETRO A POSICIONES
 - MOTOR ELECTRICO
 - BANK CAPACITIVO EN H.P.
 - TABLERO ALIMENTADO
 - CONTROL FOTOELECTRICO
 - INTERRUPTOR TERMOELECTRICO
 - TABLERO DE DISTRIBUCION EN B.T.
 - CALENTADOR DE ESPASO

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
 ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
 UNIDAD ARAGON

INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
 TESIS PROFESIONAL

DIAGRAMA UNIFILAR II	PL-07
TERMINAL DE RECIBO Y DISTRIBUCION DE GAS LP	
IRAPUATO, GUANAJUATO	

CONCLUSIONES

Al inicio del presente trabajo de tesis nos encontramos que en particular, en el área de instalaciones eléctricas industriales, y en lo general en todo el mundo de la electricidad ignorábamos un gran número de tópicos y detalles; cosas que solo gracias a la ayuda y orientación de nuestros asesores y posteriormente durante el desempeño de nuestros trabajos relacionados en gran parte con la industria eléctrica que hemos llegado a conocer más de este fascinante mundo.

Como en la mayoría de las profesiones y oficios, el conocimiento total de la industria y fenomenología eléctrica es algo que difícilmente está al alcance de cualquier persona, aún de los ingenieros, ya que son tantas las áreas de especialización y tan rápido el avance tecnológico que solo bastan unos cuantos meses para encontrarse nuevas y sorprendentes tecnologías. De tal forma que es obligación y conveniencia del ingeniero el tratar de procurarse toda la mayor información posible al respecto a fin de no caer en la obsolescencia.

Durante el desarrollo del presente trabajo y de nuestro desempeño profesional hemos recabado una serie de observaciones las cuales incluimos a manera de conclusiones y puntos relevantes durante el proceso constructivo de un proyecto similar al que es motivo de estudio en este trabajo. Cabe destacar que no es todo lo que se podría decir de un proyecto, pero al menos es de lo que consideramos más importante y en lo que paradójicamente usualmente suele fallar el proyectista eléctrico.

Generalidades y arranque del proyecto

- Recordar que en el desarrollo de un proyecto cualquier detalle que se postergue sin razón, por mínimo que parezca, al final de un tiempo se tiene un detalle sino ahora un problema el cual puede ir desde un problema sencillo de resolver hasta un gran problema con muchas implicaciones. por lo tanto lo ideal es no atrazarse sino adelantarse a estos problemas no postergando actividades por más desagradables que sean. Entre mas pronto se revisa la ingeniería y se detecta un potencial problema menos consecuencias tendrá este.
- La ingeniería debe ser revisada y corregida antes de firmarla y lo más pronto a la fecha en que haya sido elaborada ya que los proyectistas aun tienen la idea de lo que hicieron y los parámetros y principios que incluyeron o tomaron en cuenta.
- Para cálculos de cables, sistemas de tierras, cuadros de carga se deben obtener las memorias de calculo de cada uno junto con el plano y solicitar se realice para todos los casos en un mismo formato estandarizado esto se debe pedir desde un principio en la junta de arranque del proyecto, recordar que la memoria de calculo del sistema de tierras es solicitada por las uvie para su revisión.
- Evitar listas generales de materiales sin respaldo individual por plano, todo plano que implique la utilización de materiales debe ser entregado incluyendo la lista de material

necesario obtenido directamente por el mismo proyectista quien en este momento sabe exactamente que material será utilizado y como aplicarlo en cada elemento y en caso de modificaciones posteriores solo se modificaría la lista de este plano y no toda la lista general. Así mismo en caso de existir detalles específicos relacionados con arreglos de conduelas, cajas de conexiones, sellos, tuercas unión, etc., el proyectista deberá emitir el detalle correspondiente a fin de clarificar el arreglo en sí como la utilización de materiales.

- Resulta aconsejable la verificación de las dimensiones de los tableros y equipo eléctrico contra las dimensiones de las puertas y accesos a los cuartos eléctricos a fin de que los equipos entren por dichos accesos. Así mismo verificar número, cantidad, dimensiones y ubicación de las ranuras en piso para el paso de cables a través de lozas donde haya subestaciones en dos plantas.

Sistema de alumbrado

- Pedir a la ingeniería incluya los diagramas de control de alumbrado en caso de tableros controlados por fotoceldas, así como los de luces de obstrucción y emergencia. Incluir todos los detalles necesarios en cada caso.

Identificación de cables

- Para la identificación de circuitos físicamente en la instalación referenciar a un solo tipo de documentos, esto es utilizar solo un tipo de planos ya sea diagramas unifilares o cédula de conductores y checar que el identificador utilice la última revisión de estos planos poner particular cuidado en conductores de mts.

- Verificar que estén utilizando elementos adecuados para identificación de circuitos, tinta indeleble, tipo de etiquetas seguras e indesprendibles, bandas protectoras o para escribir sobre ellas del tipo termocontrátil.

Transformadores

- Al momento de elaborar la requisición del transformador revisar el sitio en que será instalado y verificar que los espesores de la placa del trafo, el cabezal y los radiadores sean los adecuados para el tipo de zona tomando en cuenta la degradación de la placa en milésimas por año de desgaste.

- También revisar el tipo de base solicitada, potencias con sobrecarga, temperaturas y tipos de enfriamiento.

- Verificar en planos la orientación de los transformadores comprobando que los instrumentos se encuentren al frente revisando lo anterior con la orientación de las cimentaciones comprobando la distribución de los cortes de ductos a (lado alta, lado baja).

- Verificar en plano los cortes de ductos en lo referente a no... de tubos, diámetro y localización la cual se debe revisar con la distribución de los huecos en las gargantas mostradas en el plano de fabricación de los transformadores. Ver que los tubos no choquen con las cimentaciones de ser posible dar plantilla de construcción base del transformador incluyendo huecos de entrada a garganta referenciados al piso, cimentación, anclajes, etc.

- En la construcción verificar la orientación de la cimentación, distribución de los ductos

(lados baja y alta), posición, diámetros, anclajes, etc.

- Revisar desde planos constructivos la ubicación de los tubos conduit en relación con el tamaño de la cimentación de tal manera que los conduits no choquen con la cimentación .

- En la inspección de transformadores verificar:

- Tipo de zapatas de conexión instaladas
- Orientación de instrumentos
- Equipo completo revisar contra plano detalladamente
- **(Importante)** calcular índices de polarización y absorción según normas.
- Verificar existencia y pedir envío aparte de imanes de ajuste de termómetros para evitar su extravío.
- Verificar si el equipo tiene por donde presurizarlo en caso de ser necesario.

Coordinación de protecciones

- Revisar cuidadosamente las secciones de cálculos que los equipos y componentes, tipo de interruptores, etc., referidos en cada radial de fase sean los que se tienen instalados en los tableros o indicados en el diagrama unifilar correspondiente el cual se tratara de que sea lo mas cercano posible al diagrama final a fin de evitar sustitución de dispositivos de protección extemporáneos lo cual al final de un proyecto resulta un gasto adicional bastante oneroso.

- Revisar los radiales de fase uno por uno verificar que se hayan incluido los equipos, protecciones y cables tal como se tienen físicamente así como las recomendaciones.

- Tan pronto como se reciba este estudio es practica saludable para el proyecto que sea enviado a revisión del cliente y de la Cía. que realizará el ajuste de los relevadores a fin de obtener comentarios, aclarar dudas y corregir errores antes de que el ajustador de los equipos se presente en obra y así evitar gastos por pago de visitas adicionales de este personal.

Como anteriormente se dijo estas son solo algunas de las principales causas de errores en proyectistas eléctricos novatos y las cuales solo la experiencia propia nos enseña, esperamos que estos tips alguna vez sean de utilidad para ingenieros que recién inician en este campo y así se eviten un difícil inicio.

BIBLIOGRAFIA

1. Industrial Power Systems Handbook
Donald Beeman, Editor
McGraw-Hill
- 2.- Industrial and commercial power systems analysis
IEEE Recommended practice
- 3.- National electrical safety code
IEEE
- 4.- Como diseñar sistemas eléctricos
Joseph F. McPartland
Editorial Diana
- 5.- Instalaciones eléctricas
Neagu Bratu Serbán
Alfaomega
- 6.- Diseño de subestaciones eléctricas
José Raull Martín
McGaw-Hill
- 7.- Manual eléctrico, cuarta edición
CONELEC
- 8.- Manual de procedimientos de ingeniería de diseño
Subdirección de proyecto y construcción de obras
Gerencia de ingeniería de proyecto, PEMEX
- 9.- Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999
Instalaciones eléctricas (utilización).
Comité Consultivo Nacional de Normalización de Instalaciones Eléctricas
Secretaría de Energía
- 10.- Norma No. 2.201.01 Símbolos eléctricos
Normas para proyecto de obras
Subdirección de proyecto y construcción de obras
Gerencia de ingeniería de proyecto, PEMEX

- 11.- Norma No. 2.227.01 Proyectos y diseños de instalaciones eléctricas en plantas industriales
Normas para proyecto de obras
Subdirección de proyecto y construcción de obras
Gerencia de ingeniería de proyecto, PEMEX
- 12.- Norma No. 2.401.01 Simbología de equipos de proceso
Normas para proyecto de obras
Subdirección de proyecto y construcción de obras
Gerencia de ingeniería de proyecto, PEMEX
- 13.- General Specification, GS-E001 Rev. 4
Design basis and installation of electrical facilities
PEMEX Refinación
- 14.- Manual del alumbrado
Westinghouse Electric Corporation
Editorial Dossat, S.A.
- 15.- Curso básico de iluminación
Illuminating Engineering Society of North America
Sociedad Mexicana de Ingeniería de Iluminación A.C.
- 16.- Alumbrado urbano
Emilio Carranza
Sociedad Mexicana de Ingeniería de Iluminación A.C.
- 17.- Norma 2.346.13 Clasificación de áreas peligrosas y selección de equipo eléctrico
Norma para proyecto de obras
Subdirección de proyecto y construcción de obras
Gerencia de ingeniería de proyecto, PEMEX
- 18.- Norma 3.223.01 Instalación de sistemas de conexión a tierra
Normas para proyecto de obras
Gerencia de ingeniería de proyecto, PEMEX
- 19.- Norma 2.223.01 Sistemas de conexión a tierra
Normas para proyecto de obras
Gerencia de proyectos y construcción, PEMEX