

85.  
2 y.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**BASES DE DISEÑO PARA INSTALACIONES  
ELECTRICAS EN PLANTAS  
PETROQUIMICAS**

**T E S I S**

PARA OBTENER EL TITULO DE:

**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

P R E S E N T A N :

**IGNACIO S. LANDEROS ZARCO**

**JOSE LUIS GUERRERO GARCIA**



**DIRECTOR DE TESIS: ING. ARTURO MORALES COLLANTES**

**MEXICO, D. F.**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**1991**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

**BASES DE DISEÑO PARA INSTALACIONES ELECTRICAS  
EN PLANTAS PETROQUIMICAS**

**INDICE**

	Página
<b>CAPITULO I: INTRODUCCION.....</b>	<b>2</b>
I.1.- Generalidades.....	2
I.2.- La Petroquímica en la Sociedad.....	5
<b>CAPITULO II: NORMATIVIDAD.....</b>	<b>8</b>
II.1.- Introducción.....	8
II.1.1.- Condiciones de Incendio o Explosión.....	8
II.1.2.- Factores que Determinan un Area Peligrosa.....	9
II.2.- Clasificación de Areas Peligrosas.....	9
II.2.1.- Clasificación por sus Clases y Divisiones.....	9
II.2.2.- Actividades Características de Clase I.....	11
II.3.- Requisitos Mínimos de Instalación Generales del Equipo.....	12
II.4.- Areas no Peligrosas.....	12
II.5.- Clasificación de Gases y Vapores por su Grado de Peligrosidad.....	13
II.5.1.- Factores que Determinan el Grado de Peligrosidad.....	13
II.5.2.- Límites de Explosión.....	13
II.6.- Líquidos Inflamables.....	16
II.6.1.- Líquidos Clase I.....	16
II.6.2.- Líquidos Clase II.....	17
II.6.3.- Gases o Vapores mas Ligeros que el Aire.....	17
II.6.4.- Cuartos de Transvasados de Líquidos Inflamables.....	17
II.7.- Extensión de las Areas Peligrosas.....	17
II.7.1.- Lugares Libremente Ventilados.....	18
II.7.2.- Productos más Ligeros que el Aire.....	19
II.7.3.- Líquidos Inflamables a Presión.....	20
II.7.4.- Fuera de las Plantas de Proceso.....	21
II.8.- Lugares Cerrados.....	22
II.8.1.- Fugas de Materiales Combustibles.....	22
II.8.2.- Ventilación Deficiente.....	23
II.8.3.- Ventilación Eficiente.....	24
II.8.4.- Fosas.....	24
II.9.- Bombas.....	25
II.10.- Autos - Tanques.....	27

	Página
CAPITULO III: SELECCION DEL SISTEMA ELECTRICO.....	34
III.1.- Introducción.....	34
III.2.- Consideraciones Básicas del Diseño.....	34
III.3.- Guía para la Planeación de un Sistema Eléctrico.....	35
CAPITULO IV: SISTEMA RED DE TIERRAS.....	53
IV.1.- Introducción.....	53
IV.1.1. Conexión a tierra de los equipos para seguridad de personas.....	53
IV.2.- Conexiones a Tierra de Circuitos Eléctricos.....	54
IV.3.- Sistemas de Menos de 600 Volts.....	54
IV.4.- Protección contra descargas atmosféricas, Cargas Estáticas y Elevaciones de Tensión, por medio de conexión a Tierra.....	55
IV.5.- Conexión de Tanques y Recipientes a la Red de Tierras.....	56
IV.6.- Cálculo para Diseño de la Red de Tierras.....	56
CAPITULO V: ALUMBRADO.....	65
V.1 Introducción.....	65
V.2 Definiciones y Unidades de Medida.....	65
V.3 Tipos de Alumbrados.....	69
V.4 Clasificación de los Alumbrados.....	70
V.5 Determinación de los Niveles de Iluminación.....	71
V.6 Selección del Tipo de Lámpara.....	74
V.7 Cálculo y Distribución de Unidades de Alumbrado.....	78
V.7.1. Método de Lumen-Cavidades Zonales.....	78
V.7.2. Método de Punto por Punto.....	85
CAPITULO VI: CALCULO DE CIRCUITO CORTO POR EL METODO DE LOS MVA'S.....	96
VI.1 Introducción.....	96
VI.2 Descripción del Método de los MVA'S.....	97
VI.3 Aplicación del Método.....	98
VI.4 Cálculo de la Corriente de Circuito Corto de Fase a Tierra.....	102
VI.5 Comparación de Métodos.....	104
CAPITULO VII: SELECCION DE CONDUCTORES Y CANALIZACIONES...123	
VII.1 Introducción.....	123
VII.2 Cables de Baja Tensión.....	125
VII.3 Cables de Energía.....	126
VII.3.1 Nivel de Aislamiento.....	127

	Página
VII.4 Cálculo de Conductores con Aislamiento.....	128
VII.4.1 Cálculo por Capacidad de Conducción de Corriente.....	129
VII.4.2 Cálculo por Caída de Tensión.....	131
VII.4.3 Cálculo por Capacidad de Circuito Corto..	133
VII.4.4 Conductor del Circuito Alimentador para un Transformador.....	133
VII.5 Canalizaciones Eléctricas.....	134
VII.5.1 Introducción.....	134
VII.5.2 Tubo Metálico Pared Gruesa.....	135
VII.5.3 Ductos Subterráneos.....	135
VII.5.4 Registros Eléctricos.....	138
VII.5.5 Charolas para Cables.....	139
 CAPITULO VIII: SELECCION DE EQUIPO ELECTRICO.....	 154
VIII.1 Introducción.....	154
VIII.2 Canalizaciones.....	154
VIII.3 Cople Metálico Flexible.....	155
VIII.4 Instalaciones de Equipos y Accesorios en Divisiones 1 y 2.....	155
VIII.4.1. Cajas de Conexiones de Paso y Uniones.....	155
VIII.4.2. Tomas de Corriente y Contactos.....	155
VIII.4.3. Conductores.....	156
VIII.4.4. Sellos.....	156
VIII.4.5. Drenajes.....	157
VIII.4.6. Interruptores, Controles de Motores, Medidores, Instrumentos y Relevadores.....	157
VIII.4.7. Fusibles.....	157
VIII.5 Localización de Transformadores y Condensadores.....	157
VIII.6 Localización de Subestaciones.....	158
VIII.7 Motores y Generadores.....	158
VIII.8 Herramientas.....	159
VIII.9 Clasificación NEMA (National Electric Manufacturers Associations) para Designar el tipo de Caja.....	159
VIII.10 Selección de Luminarios en Areas Peligrosas.....	161
 Conclusiones.....	 169
bibliografía.....	170

# **CAPITULO I.**

## **INTRODUCCION**

## CAPITULO I

### INTRODUCCION

#### I.1.- GENERALIDADES

En los primeros días de la industria petroquímica las nuevas plantas eran proyectadas por un químico y un ingeniero mecánico ayudados por uno o dos dibujantes. El proyecto progresaba lentamente, pero como los procesos eran simples, la tarea se podía completar en un tiempo razonable.

La sencillez de los métodos de proyecto usados en los primeros días de la industria, contrasta en grado sumo con la complejidad del proyecto de las plantas modernas, es necesario combinar el esfuerzo de especialistas en ingeniería, de construcción, administración, ingeniería química, mecánica, eléctrica y civil. Logrando una estrecha interrelación entre sí para proyectar y construir una planta moderna.

La complejidad de éstas plantas químicas, se ve cada vez más reflejado con las especificaciones de equipo y materiales por la utilización más frecuente de productos químicos inflamables y por la peligrosidad que existe en estas áreas.

El grupo de diseñadores en la industria química formado por los ingenieros químicos, mecánicos, eléctricos y civiles. Deben estar informados de cual es el tipo del diseño de la planta y que producto químico se trabaja y cuales se obtendrá, entre más información se les pueda suministrar a los ingenieros mejor, ya que de esto depende la selección del equipo, materiales y clasificación de áreas peligrosas.

Para entender lo anterior, veremos en que consiste el proceso de la petroquímica y la química. El término petroquímica identifica a la industria que tiene como finalidad la obtención de productos químicos a partir del petróleo y del gas natural.

A esos productos, no obstante que son químicamente iguales a los de otro origen, se les llama petroquímicos. Así, un gran número de productos puros que tradicionalmente se vinieron elaborando a partir de muy diversas materias primas al ser de origen del petróleo, han pasado a ser petroquímicos.

La abundancia de petróleo y del gas natural, como producto no renovable, la facilidad que proporciona la amplia tecnología de que se dispone para la modificación intermolecular de sus componentes, hacen que se puedan transformar estas materias primas en productos químicos de alta pureza y aún crear otros nuevos que sustituyen con ventaja a materiales de origen natural, en beneficio de las industrias de transformación y construcción, y de esa manera se obtienen los satisfactores que la sociedad moderna reclama.

El agotamiento de materiales de origen natural y las especificaciones cada vez más rigurosas que exige la tecnología moderna encontrarán muchas de sus soluciones en la petroquímica, por lo que resulta de primera importancia cuidar el petróleo y el gas para su mejor aprovechamiento como combustibles, dadas las enormes posibilidades que tienen como fuentes de petroquímicos.

Puede decirse que el investigador moderno estará en las condiciones de señalar las características de un nuevo producto y que en un marco de amplias probabilidades la petroquímica se lo proporcionará.

La petroquímica se ha caracterizado por su extraordinario dinamismo tanto por los incrementos permanentes en los volúmenes de producción, como por la diversidad de los productos que pone en el mercado, como resultado de una tecnología en perpetua evolución.

El desarrollo de esta actividad ha sido explosiva desde estos primeros años.

El éxito comercial aparecen cuando se analizan los productos provenientes de la desintegración molecular de los hidrocarburos, realizada por medio de temperaturas y presiones específicas para cada reacción química, y en mucha mayor medida y con mejor control de resultados, para lograr reacciones químicas se utiliza catalizadores.

Los primeros productos petroquímicos obtenidos de los gases resultantes de la desintegración catalítica de los hidrocarburos del petróleo, fueron la gasolina polimerizada, alcohol, derivados clorados, butadieno, tolueno solventes y otros materiales. La segunda guerra mundial aceleró notablemente la obtención de productos petroquímicos, completando la desintegración catalítica de los hidrocarburos con procedimientos de separación y síntesis, con lo que se obtuvieron de inmediato productos tales como: el isopentano, el butadieno, el isopropilbenceno, estireno y una gran variedad de alcoholes y solventes. Sin embargo, muchos de estos productos no tenían justificación económica y se fabricaron atendiendo únicamente a las necesidades militares de la Segunda Guerra Mundial.

En la actualidad la calidad y la oportunidad de los productos obtenidos, constituyen el más auténtico soporte a la tecnología moderna ante el agotamiento de muchos recursos no renovables.

Los tipos de reacciones químicas que en mayor medida se emplean en los procesos industriales para la fabricación de petroquímicos son los siguientes:



#### CONVERSION:

Se refiere a la desintegración molecular, ya sea por vía térmica o catalítica, siendo esta última la más eficiente y mejor controlada respecto de la distribución de productos. Este proceso, al romper las estructuras moleculares originales, convierte algunos de los componentes del petróleo en sustancias químicas para los procesos posteriores.

#### DESHIDROGENACION:

Mediante este proceso muchos hidrocarburos parafínicos o nafténicos, se pueden convertir en hidrocarburos no saturados en alta actividad química.

#### AROMATIZACION:

A partir de hidrocarburos deshidrogenados y mediante una reacción catalizada, se obtienen hidrocarburos cíclicos; tal es el caso de la producción de tolueno a partir de heptano normal.

#### POLIMERIZACION:

Este es un proceso que permite la producción de gasolinas con alto índice de octano y que consisten la síntesis de hidrocarburos.

#### ALQUILACION:

Este procedimiento se identifica con los de alquilación en general y puede ser propilación, etc.

#### HIDROGENACION:

La hidrogenación de hidrocarburos no saturados da lugar a la formación de una enorme variedad de productos químicos y en lo que se refiere al tratamiento de gasolinas a la eliminación de compuestos indeseables de azufre.

Una vez que, mediante la desintegración térmica o catalítica los hidrocarburos del petróleo se han convertido en sustancias químicamente activas, son posibles los procesos de oxidación, hidratación, cloración, metilación, etc.

## I.2.- LA PETROQUÍMICA EN LA SOCIEDAD

La creciente población en el mundo, como es natural, demanda mejoras en su vivienda, en su vestido y mayor abundancia en su alimentación.

La petroquímica responde en gran medida a esas necesidades poniendo en el mercado más de 500 productos destinados a todos los medios de consumo y con un número creciente de aplicaciones.

Los productos petroquímicos sustituyen y mejoran algunos productos naturales; sin embargo, estos últimos no pueden considerarse desplazados, pues tienen propiedades especiales y luego de algún tiempo vuelven a ocupar su lugar, en términos generales.

Las fibras acrílicas, el nylon y el poliéster son fibras que, utilizadas directamente o mezcladas con fibras naturales, se aplican en forma masiva para la fabricación de toda clase de telas, que a su vez proporcionan vestido y accesorio para la población. Este mismo mercado consume hules sintéticos para la fabricación de suelas y tacones para el calzado y para la fabricación completa de cierto tipo de calzado.

En el mercado de la construcción se cuentan por decenas los materiales plásticos y sintéticos de origen petrolero, desde las formas de vaciado de concreto, acabado de paredes, ductos para la conducción de fluidos, apagadores, válvulas, pinturas, etcétera.

El transporte utiliza productos petroquímicos para la elaboración de plásticos para asientos, mangueras, soportes, apoyos, llantas, etcétera.

La agricultura, que ocupa el lugar prioritario para la producción de alimentos, que demanda un pueblo que crece constantemente en número de habitantes y de capacidad de compra tiene en los fertilizantes de origen petrolero su más grande apoyo para darle satisfacción a esa demanda; los fertilizantes de origen industrial tienen la cualidad de su disponibilidad suficiente y oportuna, a diferencia de los de origen animal. El programa agrícola se soporta con otros productos de origen petroquímico, como son las tuberías para riego y goteo, a base de PVC y el uso de películas plásticas para proteger y aumentar el rendimiento de algunas tierras.

El mercado de productos para aplicación varia, se ve enriquecido con resinas y plásticos para la producción de muebles, espumas plásticas para colchones y asientos, plásticos para la fabricación de aparatos, tales como ; teléfonos, licuadoras, extractores de jugo, mangos de utensilios, etcétera; películas plásticas para el empaque de los alimentos, detergentes y productos de limpieza, y muchos más cuyo número no puede citarse porque cada día los industriales de la petroquímica secundaria encuentran mejores y mayores aplicaciones de los petroquímicos básicos.

Cada vez más se desarrollan nuevos procesos industriales, mismos que apoyados en la ingeniería de proyecto altamente desarrollada, daran el lugar a la fabricación del equipo industrial cada vez más grande y de especificaciones más rigurosas, actividad multiplicadora de las industrias siderurgicas, de bienes de capital y de construcción.

## **CAPITULO II**

# **NORMATIVIDAD**

## CAPITULO II

### NORMATIVIDAD

#### II.1 INTRODUCCION:

Actualmente las industrias petroquímicas de manufactura y procesos están utilizando más y más materiales potencialmente explosivos e inflamables que anteriormente. El uso de equipo eléctrico en estas industrias continúa incrementándose. Es imperativo que el equipo eléctrico seleccionado sea adecuado y apropiadamente instalado y mantenido, para proteger al personal y las instalaciones de la planta. En este capítulo se revisarán los conceptos básicos de equipo para áreas peligrosas. Cubriendo los aspectos de seguridad en el diseño, selección instalación y mantenimiento del equipo eléctrico adecuado para usarse en áreas peligrosas.

La normatividad conforma los requisitos mínimos aceptables de seguridad, tanto de personas como de equipo e instalaciones, dentro de la clasificación de áreas peligrosas, debidas a concentraciones de gases, vapores o mezclas explosivas o combustibles; para limitar las áreas donde estas concentraciones tienen probabilidades de explotar o inflamarse para la adecuada selección e instalación de este equipo, sus alimentadores o conexiones, que las industrias química y petroquímicas utiliza para almacenar, procesar, transportar y despachar los productos clasificados como peligrosos.

#### II.1.1. CONDICIONES DE INCENDIO O EXPLOSION

Para que pueda ocurrir un incendio o explosión debido a fallas en el equipo o instalaciones eléctricas, se han de cumplir lo siguiente.

- Debe de estar presente un gas o vapor inflamable explosivo.
- Debe de estar mezclado con aire y que este proximo al equipo o instalación eléctrica.
- Que el equipo o instalación eléctrica produzca suficiente energía calorífica como para encender la mezcla explosiva.
- Las fuentes de ignición, como las partes de los equipos eléctricos, que produzcan chispas, arcos o altas temperaturas en lo posible no deberán instalarse dentro de las áreas con mezcla explosiva.

## II.1.2 FACTORES QUE DETERMINAN UN AREA PELIGROSA

Los factores que deben considerarse para determinar la clasificación y extensión de cada área peligrosa son:

- La cantidad de material peligroso que pueda escaparse en caso de accidente.
- La eficacia del sistema de ventilación
- El área total afectada
- La historia de la industria y experiencias con respecto a explosiones o incendios

## II.2 CLASIFICACION DE AREAS PELIGROSAS

Con el fin de establecer medidas de seguridad y las características necesarias en instalaciones y equipo en áreas y locales peligrosos, se indicara a continuación como se clasifican

### AREA CLASE I

Todos aquellos lugares que se encuentren o puedan encontrarse en el aire una cantidad de gases o vapores inflamables suficientes para producir mezclas explosivas o inflamables.

### AREA CLASE II

Todas aquellas en las que se encuentran polvos combustibles o electricamente conductores.

### AREA CLASE III

Todas aquellas en las que se encuentran fibras o pelusas facilmente inflamables, pero que no es muy probable que estas esten suspendidas en el aire en cantidades suficientes como para producir mezclas inflamables.

## II.2.1 CLASIFICACION POR SUS CLASES Y DIVISIONES

### a) Clase I, División 1:

Donde existen continua, intermitente o periódicamente en condiciones normales de operación, concentraciones peligrosas de gases o vapores inflamables.

Donde puedan existir regularmente concentraciones peligrosas de gases o vapores inflamables, a causa de trabajo de reparación, mantenimiento o escapes.

Donde pueda existir una interrupción o el mal funcionamiento del equipo o los procesos pueden provocar la formación de concentraciones peligrosas de gases o vapores inflamables y simultáneamente provocar también la falla del equipo eléctrico.

#### b) Clase I, División 2:

Los lugares en donde se manejan, procesan o usan líquidos volátiles, gases o vapores inflamables, que están normalmente confinados en recipientes o sistemas cerrados, pero de los cuales puedan escapar en caso de ruptura, avería accidental de los recipientes o sistemas y funcionamiento anormal de los equipos por medio de los cuales se manejan dichos líquidos gases o vapores.

Lugares en los cuales una adecuada ventilación de presión positiva impide normalmente la formación de concentraciones peligrosas de gases o vapores inflamables, pero que pueden convertirse en peligrosos por falla o funcionamiento anormal del equipo de ventilación.

Lugares adyacentes a los de Clase I, División 1 y a los cuales pueden pasar ocasionalmente concentraciones peligrosas de gases o vapores inflamables, a menos que tal comunicación se impida por medio de una adecuada ventilación de presión positiva formada de una fuente de aire limpio y se provean salvaguardas eficaces contra fallas del equipo de ventilación.

#### c) Clase II, División 1:

Lugares en los cuales haya o pueda haber polvos combustibles en suspensión en el aire en condiciones normales de operación ya sea continua, intermitente o periódicamente y en cantidades suficientes para producir mezclas explosivas o inflamables.

Lugares donde puedan formarse dichas mezclas explosivas o inflamables en condiciones anormales de operación o de falla mecánica del equipo y donde al mismo tiempo, pueda producirse una fuente de ignición por fallas del equipo eléctrico del equipo de protección.

Lugares donde puedan estar presentes polvos eléctricamente conductores.

**d) Clase II, División 2:**

Donde existan depósitos o acumulaciones de polvos que puedan ser suficientes para interferir con la disipación efectiva del calor del equipo o aparatos eléctricos.

Los depósitos o acumulaciones de polvos dentro, sobre o cerca del equipo eléctrico que puedan inflamarse a causa de arcos, chispas o material en combustión que provengan del mismo equipo.

**e) Clase III, División 1:**

En los cuales se manejan, fabrican o usan fibras o materiales fácilmente inflamables que producen pelusas combustibles.

**f) Clase III, División 2:**

Fuera del proceso de manufactura se manejan o almacenan las fibras fácilmente inflamables.

**II.2.2 ACTIVIDADES CARACTERISTICAS DE CLASE I.**

Exclusivamente por los procesos realizados en planta químicas y petroquímicas, en que las siguientes actividades son características, desarrollaremos las Áreas Clase I.

**Clase I, División 1:**

- Donde se vierten líquidos o gases licuados inflamables de un recipiente a otro.
- En el interior de cabinas de pulverización y Áreas cercanas a las de pintura donde se usan solventes volátiles e inflamables.
- En donde se contengan tanques abiertos y depósitos de líquidos inflamables.
- Gases o vapores inflamables, a causa de trabajos de reparación o mantenimiento o por causa de escapes; o el equipo es operado y los procesos de funcionamiento se efectuarán en tal forma que la operación defectuosa o la interrupción de los procesos de trabajo, pueden provocar la liberación de concentraciones peligrosas de gases o vapores inflamables y al mismo tiempo, la falla del equipo eléctrico.



### Clase I, División 2:

Todas aquellas en las que se manejan, procesan o usan líquidos volátiles, gases o vapores inflamables que están normalmente confinados en recipientes o sistemas cerrados, pero de los cuales pueden escapar, en caso de ruptura o avería accidental de los recipientes o sistemas, o en caso de funcionamiento anormal de los equipos por medio de los cuales se manejan dichos líquidos, gases o vapores.

Una ventilación adecuada impide normalmente la concentración de gases o vapores peligrosos, pero que por falla del equipo de ventilación, puedan convertirse en peligrosos: ó

Esten contiguos a los de Clase I, divisiones 1, y a los cuales puedan llegar ocasionalmente concentraciones de gases o vapores peligrosos, a menos que pueda evitarse tal comunicación, por medio de un sistema de ventilación adecuada, provisto de dispositivos seguros que impidan las fallas del sistema de ventilación.

### II.3. REQUISITOS MÍNIMOS DE INSTALACION GENERALES DEL EQUIPO.

a) El equipo eléctrico que requiera aprobación especial para usarse en un lugar peligroso, debe estar aprobado no solamente por la clase de lugar de que se trate, sino también para el tipo específico de gas, vapor o polvo que pueda estar presente en la atmósfera del mismo lugar.

b) El equipo eléctrico usado en un lugar peligroso no debe tener expuesta ninguna superficie cuya temperatura de operación exceda a la temperatura de ignición del gas, vapor o polvo específico que pueda estar presente en el lugar de que se trate.

### II.4 AREAS NO PELIGROSAS:

Específicamente en las instalaciones de plantas petroquímicas existen áreas en que la liberación de sustancias inflamables ocurre tan raramente en algunas operaciones y equipos que no justifica considerar como áreas peligrosas sus alrededores, por lo que deben considerarse como áreas no peligrosas las siguientes:

--Áreas libremente ventiladas en las que se tenga la substancias inflamables dentro de sistemas cerrados de tubería que están formados únicamente por los tubos, conexiones, bridas, medidores y valvulas (excepto los de control y operación eléctricos, que deben ser del tipo a prueba de explosión); siempre y cuando se les proporcione un mantenimiento adecuado.

--Áreas con ventilación restringida, en las que los sistemas de tubería para las sustancias inflamables no contengan válvulas, conexiones, bridas ni otros accesorios.

--Áreas de almacenamiento de gases licuados o comprimidos, o líquidos inflamables en recipientes sellados, siempre que tales recipientes no estén expuestos a otras condiciones peligrosas.

--Áreas en donde existen permanentemente fuentes de ignición, tales como calentadores de fuego directo, quemadores etc., siempre y cuando su localización este de acuerdo con lo establecido anteriormente.

## II.3 CLASIFICACION DE GASES Y VAPORES POR SU GRADO DE PELIGROSIDAD

Para la selección de equipo eléctrico, se debe tomar en cuenta la contaminación del aire que le rodea, cuando se formen o se puedan formar mezclas atmosféricas con gases, vapores o polvos, cuya peligrosidad depende específicamente de cada uno de los contaminantes.

### II.3.1 FACTORES QUE DETERMINAN EL GRADO DE PELIGROSIDAD.

El grado de peligrosidad de las mezclas explosivas o inflamables se mide en base a lo siguiente:

- La concentración de gases o vapores inflamables o explosivos.
- Su densidad en relación con el aire, su temperatura de ignición y su temperatura de evaporación, por lo que se hace necesario tomar en cuenta la naturaleza de dichas sustancias, al diseñar las instalaciones eléctricas y seleccionar el equipo.

### II.3.2 LIMITES DE EXPLOSION.

Cuando los gases o vapores inflamables se mezclan con aire hay un mínimo de concentración del gas o vapor abajo de la cual la propagación de la flama no ocurre cuando entra en contacto con una fuente de ignición. También hay un máximo de concentración sobre el que la propagación no ocurre. Estos son conocidos como los límites superior e inferior de explosión y se expresan en términos del porcentaje indicados en la tabla 1 al final del tema. Son para gases puros a presión y temperaturas atmosféricas normales.

Las mezclas se clasifican en los siguientes grupos.

**GRUPO A** -Atmósferas que contienen:  
-Acetileno

**GRUPO B** -Atmósferas que contienen:  
-Butadieno  
-Óxido de Etileno  
-Hidrógeno  
-Gas que contengan mas del 30% de Hidrógeno en su volumen  
-Óxido de propileno

**GRUPO C** -Atmósferas que contienen:  
-Acetaldehído  
-Ciclopropano  
-Diétiléter  
-Etileno  
-Dimetilhidracina asimétrica

**GRUPO D** -Atmósferas que contienen:  
-Acetona  
-Acrilonitrilo  
-Amoniaco  
-Benceno  
-Butano  
-Butanol-1 (Alcohol Butílico)  
-Butanol-2 (Alcohol Butílico secundario)  
-Acetato n-Butílico  
-Acetato Isobutílico  
-Etano  
-Etanol (Alcohol Etilico)  
-Acetato Etilico  
-Dicloroetileno  
-Gasolina  
-Heptanos  
-Hexanos  
-Isopreno  
-Metano (Gas natural)  
-Metanol (Alcohol Metílico)  
-3-Metil-1-Butanol (Alcohol Isoamílico)  
-Metil Etil Cetona  
-2-Metil-1-Propanol (Alcohol Isobutílico)  
-2-Metil-2-Propanol (Alcohol Butílico Terciario)  
-Petroleo Nafta  
-Octanos

- Pentanos
- 1-Pentanol (Alcohol Amílico)
- Propano
- 1-Propanol (Alcohol propílico)
- 2-Propanol (Alcohol Isopropílico)
- Propileno
- Estireno
- Tolueno
- Acetato Vinílico
- Cloruro Vinílico
- Xilenos

**GRUPO E** -Atmósferas que contienen polvos metálicos, incluyendo;  
-Aluminio, Magnesio y sus aleaciones comerciales y otros metales de características peligrosas similares.

**GRUPO F** -Atmósferas que contienen negro de humo, carbón o polvo de coque.

**GRUPO G** -Atmósferas que contienen harina, almidón o polvo de gramíneas.

Para fines de prueba y de aprobación del equipo eléctrico adecuado para una cierta atmósfera con gases o vapores inflamables o polvos combustibles, se han establecido diferentes grupos de atmósferas peligrosas con las siguientes designaciones:

a) Atmósferas grupos A, B, C, y D que corresponden a lugares Clase I y que contienen los gases o vapores de líquidos volátiles.

b) Atmósferas grupos E, F y G que corresponden a lugares Clase II y que contienen respectivamente:

--En las atmósferas grupo E, polvos metálicos, incluyendo aluminio, magnesio y sus aleaciones comerciales u otros metales de características peligrosas semejantes.

--En las atmósferas grupo F, negro de humo o polvos de carbón vegetal o mineral o de coque, en una proporción mayor de 8 por ciento de material volátil.

--En las atmósferas grupo G, harina, almidón o polvos de cereales.

## II.6 LIQUIDOS INFLAMABLES.

Se consideran líquidos inflamables aquellos que tengan una temperatura de ignición de 60°C(140°F) bajo una presión absoluta de vapor que no exeda de 2.81 Kg/cm<sup>2</sup>(40lbs/pul.<sup>2</sup>) a 38°C(100°F).

Estos líquidos inflamables se dividen en los siguientes tipos.

TIPO I -Líquidos con temperatura de ignición menor a 38°C(100°)

A.-Los que tienen temperatura de ignición menor de 23°C(73°F) y temperatura de ebullición menor de 38°C(100°F).

B.-Los que tienen temperatura de ignición menor de 23°C(73°F) y temperatura de ebullición de 38°C(100°F) o mayor.

C.-Los que tienen temperatura de ignición de 23°C(73°F) o mayor, pero una temperatura de ebullición menor de 38°C(100°F).

TIPO II -Líquidos con temperatura de ignición de 38°C(100°F) o mayor, pero menor de 60°C(140°F).

TIPO III -Líquidos con temperatura de ignición de 60°C(140°F) o mayor subdivididos en:

A.-Aquellos con temperatura de ignición entre 60°C(140°F) y 93°C(200°F), y

B.-Aquellos con temperatura de ignición de 93°C(200°F) o mayor.

### II.6.1 LIQUIDOS CLASE I

Los líquidos de la clase I, deberán ser almacenados en recipientes cerrados, en tanques instalados sobre el piso en el exterior de los edificios, o en tanques subterráneos.

Los líquidos de la clase I, no deberán ser cargados en recipientes individuales, a menos que se encuentren electricamente interconectados la boquilla de llenado y el recipiente.

Los líquidos de la clase I no deberán transvasarse donde los vapores inflamables puedan llegar a una fuente de ignición. Debe prohibirse fumar y encender fuego, por medio de letreros, perfectamente visibles, colocados de modo estratégico, en los lugares peligrosos, donde habitualmente existan vapores de líquidos inflamables.

### II.6.2. LIQUIDOS DE CLASE II

Los líquidos de la clase II deberán almacenarse en recipientes cerrados en tanques instalados en el interior de los edificios, sobre el piso en el exterior de estos, o en tanques subterráneos.

### II.6.3. GASES O VAPORES MAS LIGEROS QUE EL AIRE

Se consideran como gases y vapores más ligeros que el aire únicamente aquellos cuya densidad sea menor de 75% de la densidad del aire, bajo condiciones normales. Los gases o vapores que tengan una densidad mayor de este valor, deberán considerarse como productos más pesados que el aire.

### II.6.4. CUARTOS DE TRANSVASADOS DE LIQUIDOS INFLAMABLES

Los cuartos en que se transvasan o bombean líquidos inflamables de la clase I, deben de contar con ventilación adecuada y en el diseño del sistema de ventilación debe de tomarse en cuenta la relativa alta gravedad específica de los vapores, por lo que deben instalarse aberturas adecuadas en las paredes, al nivel de piso y cuando la ventilación natural sea insuficiente, deberá proporcionarse ventilación adecuada.

Estos cuartos no deben de tener sótanos ni depresiones en que puedan acumularse los vapores inflamables, al menos que en tal área se instale un sistema de ventilación mecánica, para remover los vapores.

Los cuartos destinados para almacenar y manejar líquidos combustibles o inflamables, por medio de bombas deben de contar con medios adecuados de salida para evitar que las personas queden atrapadas en el interior, en caso de incendio.

### II.7. EXTENSION DE LAS AREAS PELIGROSAS:

Los límites de las áreas peligrosas dependen de los siguientes factores:

- Tipo de líquido o gas de la fuente de peligro
- Cantidad de líquido o gas fugado, densidad del gas o vapor y tipo de ventilación.

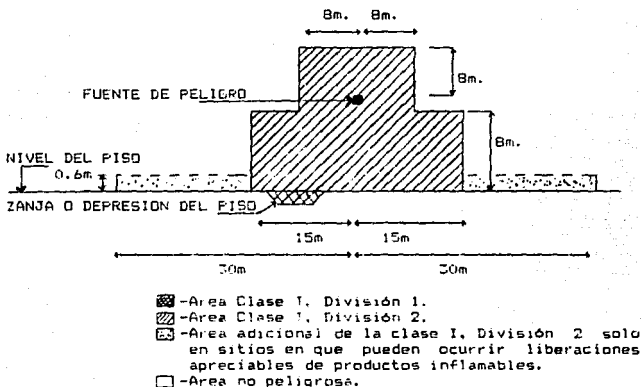
Toda área de la división 1 deberá considerarse rodeada de un área de la división 2, de extensión suficiente para garantizar la dilución, hasta concentraciones no peligrosas de los gases o vapores inflamables contenidos en la atmósfera del área de la división 1.

Para fines prácticos los volúmenes de la división 2 que rodean a las fuentes de peligro, no necesariamente deben limitarse por círculos en el plano horizontal, sino que podrán tener la forma de paralelepípedos rectangulares, orientados según ejes que correspondan a la disposición del equipo de la planta, pero en ningún caso estos paralelepípedos tendrán dimensiones menores que las especificadas en este tema.

## II.7.1 LUGARES LIBREMENTE VENTILADOS

### PRODUCTOS MAS PESADOS QUE EL AIRE

En términos generales, una fuente de peligro de productos más pesados que el aire, para origen en todas direcciones a un área rectangular peligrosa de la división 2 en el plano vertical, que se extenderá 8m. hacia arriba y hacia los lados. A partir de la fuente de peligro hasta otra área, en el mismo plano, que se extenderá horizontalmente hasta 15m. de la fuente de peligro y verticalmente hasta 8m de altura sobre el piso y finalmente a un área de 60cm. de altura, extendida horizontalmente hasta 30m. de la fuente de peligro. (Ver Figura 1)

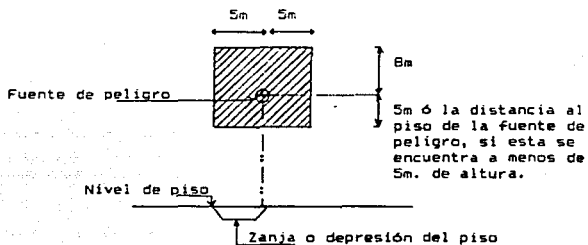


ÁREAS PELIGROSAS EN SITIOS LIBREMENTE VENTILADOS O A LA INTEMPERIE, EN QUE SE MANEJAN PRODUCTOS MAS PESADOS QUE EL AIRE.

FIGURA 1

## II.7.2. PRODUCTOS MAS LIGEROS QUE EL AIRE

Una fuente de peligro de productos más ligeros que el aire dará origen a un área rectangular peligrosa División 2, que se extenderá 8 metros hacia arriba y 5 metros hacia abajo y hacia los lados, a partir de la fuente de peligro. (Ver figura 2)



- ▨ -Área Clase I, División 2.
- -Área no peligrosa.

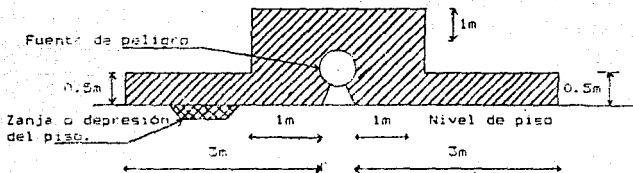
AREAS PELIGROSAS EN SITIOS LIBREMENTE VENTILADOS O A LA INTEMPERIE EN QUE SE MANEJAN PRODUCTOS MAS LIGEROS QUE EL AIRE.

FIGURA 2



### II.7.3 LIQUIDOS INFLAMABLES A PRESION

Las áreas al aire libre que contengan bombas, purgadores, accesorios de vaciado, medidores y dispositivos similares, colocados en tuberías que lleven líquidos inflamables a presión, se consideran como lugares clase I. División 2, hasta una distancia, en todas direcciones, de 1 metro, de la superficie exterior de los dispositivos mencionados. El Área clase I, División 2 se extenderá también 50cm por encima del nivel de piso, dentro de los 3m. horizontales de cualquier superficie de dichos dispositivos. (Ver figura 3).



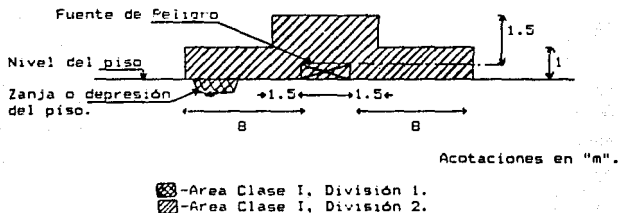
- ▨ - Área Clase I, División 1.
- ▩ - Área Clase I, División 2.

ÁREAS PELIGROSAS EN LAS BOMBAS, DISPOSITIVOS DE VACIADO, MEDIDORES Y OTROS DISPOSITIVOS SIMILARES DE LIQUIDOS INFLAMABLES, INSTALADOS EN LUGARES A LA INTemperIE.

FIGURA 3

#### II.7.4. FUERA DE LAS PLANTAS DE PROCESO

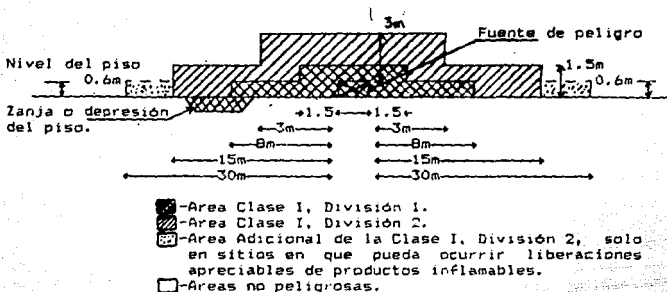
Cuando existan fuentes de peligro en locales ventilados, como por ejemplo, empaques de bombas, juntas de medidores, mezcladores u otros dispositivos similares, que manejan productos que desprendan vapores o gases inflamables, deberá considerarse en cualquier plano vertical un Área peligrosa de la división 2, que se extenderá, hasta 1.5m. de la superficie exterior del dispositivo, agregándole un Área de la misma división 1m. de altura, que se extenderá horizontalmente hasta 8m. de distancia de la superficie del dispositivo (Ver figura 4).



AREA PELIGROSAS EN LUGARES LIBREMENTE VENTILADOS FUERA DE LAS PLANTAS DE PROCESO.

FIGURA 4

Cuando la ventilación sea inadecuada, las Áreas mencionadas deberán considerarse de la división 1, y estarán rodeadas por un Área de la división 2, que se extenderá hasta 3m. de la superficie exterior del aparato o dispositivo y horizontalmente hasta 15m. de la propia superficie y hasta una altura de 1.5m. sobre el piso, así como hasta 30m. con una altura de 60cm. también a partir del piso (Ver figura 5).



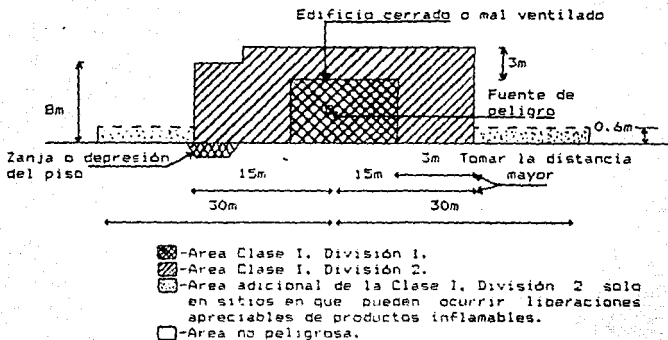
AREAS PELIGROSAS EN LUGARES MAL VENTILADOS FUERA DE LAS PLANTAS DE PROCESD.

FIGURA 5

## II.8 LUGARES CERRADOS

### II.8.1. FUGAS DE MATERIALES COMBUSTIBLES

Los lugares cerrados donde existan fugas apreciables de materiales combustibles más pesados que el aire, a través de retenes, sellos o empaques, o donde se transvasen líquidos de esa naturaleza, así como donde se pulvericen o esparzan líquidos inflamables, deberán considerarse como áreas peligrosas de la División 1. A estas áreas de la División 1 las rodeará en cualquier plano vertical un área de la División 2, que llegará hasta 3 metros de distancia en todas direcciones, a partir del límite del área de la División 1, debiéndose agregar una franja de la División 2, de 8 metros de altura sobre el nivel de piso, que llegará hasta 15 m. de distancia de la fuente de peligro (Ver figura 6). En los sitios en que se considere que el escape o liberación de productos inflamables puede ser de consideración, deberá agregarse otra Área de la División 2, de 60 cms. de altura, que se extenderá hasta 30 m. de la fuente de peligro.

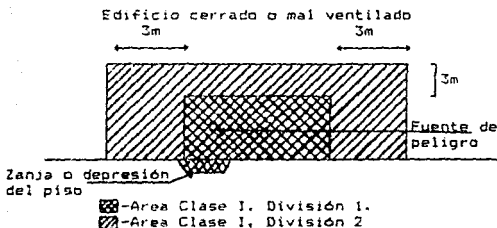


AREAS PELIGROSAS EN LOCALES MAL VENTILADOS, EN DONDE SE MANEJAN PRODUCTOS MAS PESADOS QUE EL AIRE.

FIGURA 6

## II.8.2 VENTILACION DEFICIENTE

Cuando en los lugares cerrados, exista ventilación deficiente, las fuentes de peligro sean de productos más ligeros que el aire, estos lugares se consideraran en su totalidad como Áreas de la División 1, y estarán rodeados en cualquier plano vertical, por Área de la División 2, que llegará hasta 3 m. de distancia en todas direcciones, a partir del límite del Área de la División 1. (Ver figura 7).



AREAS PELIGROSAS EN LOCALES MAL VENTILADOS, EN DONDE SE MANEJAN PRODUCTOS MAS LIGEROS QUE EL AIRE

FIGURA 7

### II.8.3. VENTILACION EFICIENTE

Los lugares cerrados que por sus condiciones deberán ser clasificados en la División 1, cuando estén provistos de ventilación forzada en que se asegure la continuidad de su operación, para mantener una presión positiva, serán considerados como áreas de la División 2, si el aire para la ventilación se toma de un área de esta División, o como sitios no peligrosos, si el aire se toma de un área no peligrosa, y además, se desconecta automáticamente la alimentación de energía eléctrica al lugar en caso de fallar dicha ventilación.

Cuando el lugar cerrado se encuentra localizado de tal modo que debiera clasificarse como área de la División 2, podrá ser considerado como área no peligrosa, si la presión positiva se mantiene por medio de un sistema de ventilación forzada en que se asegure la continuidad de operación y el aire se toma de un área no peligrosa, puede considerarse que la ventilación es adecuada, cuando el movimiento del aire mantiene a la mezcla vapor-aire, abajo de 25% del límite menor de ignición de ésta.

Estando cerradas todas las puertas y ventanas, la presión positiva que se mantenga en el interior de estos lugares no deberá ser menor de 2.54mm (0.1 pulg.) de una columna de agua.

Estando abiertas todas las puertas y ventanas, debe mantenerse una velocidad de salida del aire de 18m/min. (60 pies/min.) en todas las salidas y aberturas.

Los cambios de aire deberán calcularse a razón de 0.305 metros cúbicos por minuto por metro cuadrado del piso ( un pie cúbico por minuto por pie cuadrado de piso), para líquidos que tengan una temperatura de ignición menor de 43°C (110°F).

Para que la ventilación natural sea la adecuada, en locales donde se manejen líquidos con temperatura de ignición mayor de 43°C (110°F), deben tener áreas libres de entrada de aire, en proporción de 0.2 metros cuadrados por cada 100 metros cuadrados de piso. Antes de permitir que se engrice nuevamente el sistema eléctrico de uno de estos lugares, después de una falla en la ventilación deberá comprobarse por medio de un explosímetro que no exista atmósfera peligrosa, o bien deberá efectuarse el cambio de volumen de aire en el local por lo menos 4 veces.

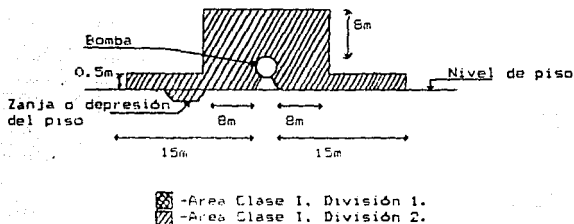
Los locales cerrados a los que se apliquen las disposiciones de los párrafos anteriores, no deberán tener comunicación con locales de otras Divisiones y deberán estar localizados por lo menos a 15 m. de toda fuente de peligro.

### II.8.4. FOSAS

Todas las fosas, trischeras, zanjas y, en general, depresiones del terreno que se encuentren dentro de áreas de las Divisiones 1 y 2, deberán considerarse como áreas de la División 1. Cuando las fosas o depresiones no se localicen dentro de áreas de las Divisiones 1 y 2, como las definidas anteriormente, pero que contengan tuberías de hidrocarburos, válvulas o accesorios, deben clasificarse como áreas de la División 2 en su totalidad.

## II. O. BOMBAS

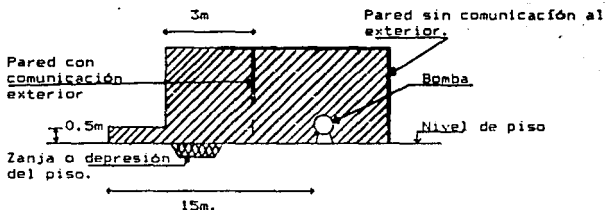
Cuando las bombas de líquidos volátiles inflamables se encuentren instaladas en lugares a la intemperie sobre el nivel del piso, se considerará que existe un Área peligrosa de la División 2 hasta una distancia de 8m. en todas direcciones a partir de superficie exterior de la bomba, además de un Área de la misma División que se extenderá horizontalmente hasta 15m. de distancia de la bomba y hasta una altura de 50 cm. sobre el nivel del piso. (Ver figura 8 ).



AREAS PELIGROSAS EN LAS BOMBAS DE LOS DUCTOS DE TRANSPORTE DE LIQUIDOS INFLAMABLES INSTALADAS EN LUGARES A LA INTEMPERIE

FIGURA 8

Cuando las bombas se encuentren instaladas dentro de locales libremente ventilados deberá considerarse que existe un Área peligrosa de la División 2 en todo el interior del local, las paredes del local limitaran el Área peligrosa, siempre que sean totalmente cerradas y no se comuniquen por ningún medio al exterior ya que de hacerlo, deberá prolongarse el Área de la División 2 fuera del local, hasta una distancia horizontal de 3m. de la pared con comunicación al exterior y hasta la altura del techo debiendo agregarse otra Área de la misma División, que se extenderá horizontalmente hasta 15m. de distancia de la bomba y hasta una altura de 50 cm. del nivel de piso ( Ver figura 9 ).

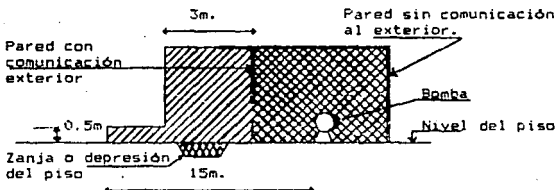


- ▨ - Área Clase 1, División 1.
- ▩ - Área Clase 1, División 2.

AREAS PELIGROSAS EN LAS BOMBAS DE LOS DUCTOS DE TRANSPORTE DE LIQUIDOS INFLAMABLES INSTALADAS DENTRO DE LOCALES LIBREMENTE VENTILADOS

FIGURA 9

Cuando las bombas se encuentren instaladas dentro de locales cerrados, o con mala ventilación, se considerara que existen las mismas Areas peligrosas descritas en el inciso anterior, excepto que todo el interior del local pertenecera a la División 1. ( Ver figura 10 ).

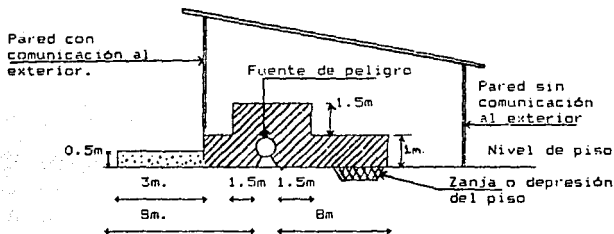


- ▩ - Área Clase I, División 1.
- ▨ - Área Clase 1, División 2.

AREAS PELIGROSAS EN LAS BOMBAS DE LOS DUCTOS DE TRANSPORTE DE LIQUIDOS INFLAMABLES, INSTALADAS EN LOCALES CERRADOS MAL VENTILADOS

FIGURA 10

En locales interiores con ventilación adecuada que contengan bombas de líquidos volátiles inflamables o líneas de estos productos sometidas a presión con válvulas, medidores u otro dispositivo similar, se considerara que existe un área peligrosa de la División 2, hasta una distancia de 1.5m. en todas direcciones a partir de la fuente de peligro debe considerarse, además, un área de División 2, de 1 m. de altura del piso que llegará horizontalmente hasta 8 m. de distancia de dicha fuente de peligro (Ver figura 11).



- Área Clase I, División 1.
- Área Clase I, División 2.
- Área adicional de la Clase I, División 2, solo en sitios en donde pueden ocurrir liberaciones apreciables de productos inflamables.

ÁREAS PELIGROSAS EN LAS BOMBAS, DE LÍQUIDOS INFLAMABLES EN LOCALES LIBREMENTE VENTILADOS.

FIGURA 11

## II.10. AUTOS TANQUES

En el caso de las operaciones de llenado y vaciado de productos que desprendan vapores o gases inflamables, en autos tanques o carros tanques, cuando se lleven a cabo al aire libre, se consideraran áreas peligrosas en cualquier plano vertical, en la siguiente forma:



a) El espacio que se extiende en todas direcciones hasta 1 m. de la cúpula abierta por lo cual se efectúan la carga, o partir del respiradero cuando se esta cargando con la cúpula cerrada y respiradero al aire libre, se considera como lugar clase I, División 1.

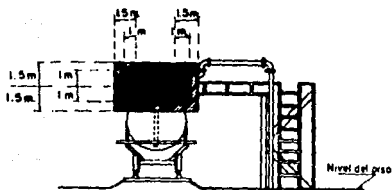
b) El espacio comprendido entre dos rectángulos de 1m. 1.5 m., respectivamente a partir de la cúpula abierta por la cual se efectúa la carga, o a partir del respiradero, cuando se esta cargando con la cúpula cerrada y respiradero al aire libre, se considerará como lugar Clase I, División 2.

c) El espacio que se extiende en todas direcciones hasta 1 m. de una conexión fija usada para carga o descarga por el fondo, con la cúpula cerrada y respiradero al aire libre y con un sistema de recuperación de vapores, se considera como lugar Clase I, División 2.

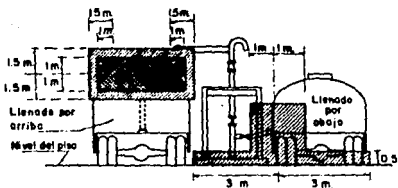
En el caso de carga y descarga por el fondo, se aplicará también esta clasificación al área comprendida en una distancia de 3m. del punto de carga, hasta una altura de 50 cm. sobre el nivel del suelo, rampa, plataforma o pista de rodamiento ( Ver figura 12).

Las llenaderas de autos, tanques y carros tanques de líquidos inflamables de la Clase 1, deberán estar separadas por lo menos 10 m. de los tanques, almacenes, cualquier otra construcción y del límite de propiedad más cercano.

En los cuartos empleados para reparar o guardar los autos tanques, se considerara que existe un área de la División 2, hasta una altura de 50 cm. sobre todo el piso.



LLENADERAS DE CARROS TANQUES



LLENADERAS DE AUTOS TANQUE

- Area Clase 1, Division 1b
- Area Clase 1, Division 2

AREAS PELIGROSAS EN LLENADERAS Y DESCARGADERAS  
DE CARROS TANQUE Y AUTOS TANQUE

FIGURA 12

TABLA No. 1

CARACTERISTICAS DE ALGUNOS GASES Y VAPORES INFLAMABLES  
PERTENECIENTES A LA CLASE I

SUSTANCIA	TEMP. DE EVAPORACION (°C)	TEMP. DE IGNICION (°C)	LIMITES EXPLOSIVOS		DENSIDAD RELATIVA
			EN % DE VOLUMEN EN EL AIRE		
			Min.	Máx.	
Acetaldehido	-37.7	185	4.1	55.0	1.5
Acetato amílico	25	380	1.1	7.5	4.5
Acetato etílico	-4.4	430	2.5	9.0	3.0
Acetato metílico	-10	500	3.1	18.0	2.6
Acetato vinílico	-7.8	427	2.6	13.4	3.0
Aceite de olivo	220	342	-	-	-
Acetileno	Gas	208	2.5	81.0	0.9
Acetona	-17.8	538	2.0	12.8	2.0
Acido acético	42.7	427	5.4	16.0	2.1
Acido sulfhídrico	Gas	262	4.3	45.0	1.2
Acido oleico	188	362	-	-	-
Acroleína	<17.8	278	2.8	31.0	1.9
Alcanfor	64.5	468	-	-	5.2
Alcohol alílico	21.1	380	2.5	18.0	2.0
Alcohol amílico	34.4	344	-	-	3.0
Alcohol etílico	13	426	4.3	19.0	1.6
Alcohol metílico	11.1	462	7.3	36.0	1.1
Amoniaco	Gas	650	10.0	25.0	0.6
Anhidrido acético	53.8	316	2.7	10.0	3.5
Anhidrido ftálico	150	580	1.7	10.5	-
Anilina	57	620	1.3	-	3.2
Antroceno	121	530	0.6	-	-
Benceno	-11.1	560	1.4	7.1	2.8
Bencina	-17.8	288	1.1	5.9	2.5
Ciclohexano	-20	260	1.3	8.0	2.9
Ciclohexano metílico	-4	285	1.2	-	3.4
Ciclopropano	Gas	496	2.4	10.4	1.5
Clorobenceno	32.2	635	1.3	7.1	3.0
Cloruro acetílico	4.44	388	-	-	2.7
Cloruro bencílico	65	580	1.1	-	4.4
Cloruro etílico	-50	518	3.8	15.4	2.2
Cloruro metílico	Gas	625	10.7	17.4	1.8
Cloruro vinílico	Gas	472	4.0	22.0	2.2
Combustóleo No. 1	37.8min.	228	0.7	5.0	-
Combustóleo No. 2 ( Diesel )	37.8min.	258	-	-	-
Dicloroetileno	15	458	5.6	11.4	3.4
Dinitroclorobenceno	194	-	2.0	22.0	-

TABLA No.1  
 ( Continuación )

SUSTANCIA	TEMP. DE EVAPORACION ( ° C )	TEMP. DE IGNICION ( ° C )	LIMITES EXPLOSIVOS EN % DE VOLUMEN EN EL AIRE		DENSIDAD RELATIVA
			Min.	Máx.	
Dioxano	12.2	180	2.0	22.0	3.0
Disulfuro de carbono	-30	100	1.3	44.0	2.6
Dodecano	73	204	0.6	-	5.9
Etano	Gas	515	3.0	12.5	1.0
Eter divinílico	<-30	360	1.7	27.0	2.4
Eter etílico	-45	290	1.9	48.0	2.6
Eter metílico	Gas	390	3.4	18.0	1.6
Etileno	Gas	454	3.1	32.0	1.0
Etil mercaptano	<26.7	298	2.8	18.0	2.1
Eter metil éter	-37	190	2.0	10.1	2.1
Etil metil cetona	6	515	1.8	10.0	2.5
Estireno	32.2	400	1.1	6.1	3.6
Fenol	80	718	-	-	3.2
Formaldehido	Gas	429	7.0	73.0	1.0
Formato etílico	-20	455	27.0	13.5	2.6
Formato metílico	-19	455	5.9	20.0	2.1
Furfural	60	316	2.1	-	3.3
Gas natural	-	482-632	3.8	13	-
Gasolina	-20 a 80	280	1.4	7.6	3.4
Glicerina	160	393	-	-	-
Hidracina	52	-	4.7	100.0	1.1
Hidrógeno	Gas	585	4.0	75.0	0.1
Kerosina	37.8	229	0.7	5.0	-
Laca	-17.8 a 26.7	-	-	-	-
Lanolina	238	445	-	-	-
N-acetato butílico	22.2	422	1.7	7.6	4.0
N-acetato propílico	14.4	450	2.0	8.0	3.5
N-alcohol butílico	28.9	395	1.4	11.2	2.6
N-alcohol propílico	15	371	2.1	13.5	2.1
Nafta	30	233	1.0	6.0	4.3
Naftaleno	78	527	0.9	5.9	4.4
N-butano	Gas	404	1.9	8.5	2.0
N-cloruro propílico	<-17.8	-	2.6	11.1	2.7
N-éter dibutílico	26	194	1.5	7.6	4.5
N-heptano	4	222	1.2	6.7	3.5
N-hexano	-22	232	1.2	7.5	3.0
Nicotina	-	244	0.7	4.0	5.6
Nitrato etílico	10	-	4.0	-	3.1

TABLA No.1  
 ( Continuación )

SUSTANCIA	TEMP. DE EVAPORACION ( °C )	TEMP. DE IGNICION ( °C )	LIMITES EXPLOSIVOS EN % DE VOLUMEN EN EL AIRE		DENSIDAD RELATIVA
			Min.	Max.	
Nitrito etílico	-35	90	4.1	750	2.6
Nitrobenzol	88	482	1.8	-	4.3
Nitroglicerina	Explosivo	270	-	-	-
N-nonano	31.1	205	0.8	2.9	4.4
Metaldehido	36	-	-	-	-
Metano	Gas	538	5.3	14.0	-
Monóxido de carbono	Gas	610	12.5	74.0	1.0
Octano	13.3	222	1.0	-	3.9
Oxido de etileno	<17.8	429	3.0	100.0	1.5
Paraldehido	35.6	238	1.3	-	4.6
Pentano	<-40	310	1.5	7.8	2.5
Petróleo crudo	-6.7 a 32.2	-	-	-	-
Piridina	20	482	1.8	12.4	2.7
Propano	Gas	487	2.2	9.5	1.6
Propileno	Gas	410	2.4	10.3	1.5
Tetradecano	100	200	0.5	-	-
Tetraetilo de plomo	-	-	1.8	-	9.2
Toluol	4.4	537	1.4	6.7	3.1
Trioxano	43	415	3.6	29.0	-
Vinil etil éter	<10	200	1.7	28.0	2.5
Xileno	17	484	1.0	6.0	3.7

## **CAPITULO III**

# **SELECCION DEL SISTEMA ELECTRICO**

## CAPITULO III

### SELECCION DEL SISTEMA ELECTRICO

#### III.1.- INTRODUCCION:

Es muy importante planear el sistema eléctrico que se va a incluir en la distribución de energía eléctrica en una planta química y petroquímica, porque para esto influye, la continuidad de producción en la planta y la confiabilidad en los servicios de la misma.

La importancia de seleccionar un buen sistema desde el diseño de la planta, es importante, ya que esto afectara a futuras proyecciones. Hay que considerar recomendaciones, códigos y normas de ingeniería.

Se debe proyectar en base al menor costo inicial, sin descuidar la calidad de los equipos y materiales, ya que esto puede repercutir en problemas de calidad, fallas, problemas de operación, poca flexibilidad y problemas de mantenimiento. El sistema eléctrico de una planta es muy importante, porque forma parte de un proceso productivo, parte muy vital de la planta.

Se debe planear un sistema eléctrico con la participación de : El personal de producción de la planta, porque ellos conocen el proceso, cuáles máquinas pueden quedar fuera en una emergencia y cuáles no, la necesidad de cambios futuros. El personal de mantenimiento, porque ellos pueden indicar en base a sus programas, como debe hacerse la instalación para darle mantenimiento sin riesgo y con facilidad, considerando que sistemas quedan conectados y cuáles fuera. El personal de seguridad ya que ellos nos pueden indicar que equipo puede quedar localizado, sin causar riesgo al personal de operación.

El grupo de ingeniería industrial que planea y los demás grupos de construcción, mecánica, civil, proceso y tuberías. Debe haber coordinación entre todos, ya que esto redundara en un buen diseño eléctrico.

#### III.2.- CONSIDERACIONES BASICAS DEL DISEÑO

**Seguridad.** En vidas, la principal ya que una vida no es reparable, en la propiedad puede evaluarse económicamente.

**Confiabilidad.** Depende del tipo de proceso, algunas plantas toleran interrupciones, otras no. Las fallas deben aislarse con un mínimo disturbio al resto del sistema.

**Simplicidad de operación.** Una vez satisfechos los requerimientos del proceso, el sistema debe ser tan simple como sea posible.

**Regulación de Tensión.** Las bajas tensiones producen daños al equipo.

**Mantenimiento.** Debe haber acceso con seguridad y facilidad para limpieza, reparaciones, ajustes y mantenimiento rutinario.

**Flexibilidad.** Para sistemas eléctricos medianos se tenga adaptabilidad, desarrollo y expansión, así como poder cambiar varios requerimientos durante la vida de la planta. Considerando los voltajes de la planta clasificación de equipo, espacio para equipo adicional y capacidad para incrementos de carga.

**Costos Iniciales.** Factor muy importante al decidir entre distintas alternativas.

### III.3.- GUIA PARA LA PLANEACION DE UN SISTEMA ELECTRICO

A continuación se describe los pasos recomendables a seguir, para el diseño de un sistema de distribución eléctrico.

- 1.- Levantamiento de cargas o Estimación de cargas.
- 2.- Determinación de la demanda.
- 3.- Arreglo eléctrico.
- 4.- Clasificación de Áreas peligrosas.
- 5.- Sistema red de tierras.
- 6.- Localización de equipo (cargas).
- 7.- Selección de tensiones.
- 8.- Compañía suministradora.
- 9.- Generación.
- 10.- Diagrama Unifilar.
- 11.- Análisis de corto circuito y Protección.
- 12.- Protección.
- 13.- Expansión futura.
- 14.- Otros requerimientos. (Seguridad, Comunicaciones y Mantenimiento ).

#### 1.- LEVANTAMIENTO DE CARGAS O ESTIMACION DE CARGAS.

Se debe de determinar el número de motores, su potencia y datos de placa, contactos trifásicos, tipo de alumbrado, cargadores de baterías, instrumentos a alimentar etc. Elaborando una distribución de la planta general con la ubicación del equipo y sus características eléctricas ( potencia, tensión, fases, etc. ).

Lo anterior pocas veces no es posible totalmente, existen estimaciones mediante el uso de las siguientes tablas de cargas típicas por Área, por función en industrias similares a la proyectada.



### DENSIDADES DE CARGA ESTIMADAS PARA ALGUNAS INDUSTRIAS

TIPO DE PLANTA	DENSIDAD DE CARGA VOLT-AMPERES DEMANDADOS VA/M <sup>2</sup>
REFINERIA	200
FABRICA AZUCAR (REMOLACHA)	200
FABRICA DE PAPEL	150
FABRICA TEXTIL	130
MANUFACTURERA DE CIGARROS	115
MANUFACTURERA EN GENERAL, QUIMICOS-	
EQUIPO ELECTRONICO	108
TALLER DE REPARACION DE MAQUINAS	80
FABRICACION DE PEQUEROS APARATOS	80
MANUFACTURA DE LAMPARAS	54
MANUFACTURA DE PEQUEROS COMPONENTES	38

### REQUERIMIENTOS DE ALUMBRADO

INDUSTRIA	PORCIENTO DE ALUMBRADO DEL TOTAL DE CARGA CONECTADA (PORCIENTO)
FUNDIDORAS DE ACERO ( ACERIA )	1 A 3
LAMINADORAS	3 A 5
REFINERIAS	3 A 5
EQUIPO ELECTRICO PESADO Y ELABORACION DE CABLE	5 A 8
EQUIPO AUTOMOTRIZ HORNEADO	8 A 10
COMPONENTES PARA MAQUINARIA	10 A 15
ENSAMBLADO AUTOMOTRIZ	15 A 25

## FACTORES DE DEMANDA EN LA INDUSTRIA

FACTOR DE DEMANDA ESTIMADO  
( EN PORCIENTO )

### MOTORES

1.- USO GENERAL, MAQUINAS HERRAMIENTAS GRUAS, VENTILACION COMPRESORAS, BOMBAS ROLADORAS, ETC.	30%
2.- PROCESOS SEMICONTINUOS, PAPELERAS REFINERIAS, INDUSTRIA DEL HULE, ETC.	60%
3.- PROCESOS CONTINUOS, TEXTILES, PLANTAS QUIMICAS, PETROQUIMICAS (COMPLETAMENTE AUTOMATICO) ETC.	90%
HORNOS DE ARCO	100%
SOLDADURAS DE ARCO	30%
HORNOS DE INDUCCION	80%
ALUMBRADO	100%
SOLDADURAS DE RESISTENCIAS	20%
HORNOS DE RESISTENCIAS, CALENTADORES- FUMIDORAS	80%

DATOS OBTENIDOS DE LAS SIGUIENTES TABLAS 47.2, 47.3 Y 47.5  
CAPITULO 17 DEL LIBRO INDUSTRIAL POWER SYSTEM HANDBOOK  
DE DONALD BEEMAN.

Debiendose coordinar con los demas diseñadores de la planta, ellos proporcionaran más información.

Mientras tanto hay que ir estructurando una distribución general de cargas en toda la instalación en base a la información disponible.

### 2.- DETERMINACION DE LA DEMANDA.

Es la suma de los VA nominales de las cargas, donde se proporcionará la carga conectada total. Dado que algunos equipos operan a menos de su capacidad plena y otros lo hacen intermitentemente, la demanda resultante es menor que la carga instalada, donde:

**FACTOR DE DEMANDA.**- Es la razón entre la demanda máxima y su carga total instalada, en un intervalo de tiempo generalmente menor que la unidad.

$$FD = \frac{D(T)}{CT}$$

Donde:

D(T) = Demanda máxima es el valor que se presenta en una carga en un periodo de trabajo previamente establecido.

CT = Es la suma de las potencias nominales de los equipos conectados en KW ó KVA.

### 3.- ARREGLO ELECTRICO.

Al final del tema se muestra los diferentes tipos de sistemas de distribución, seleccionandose en más adecuado a los requerimientos de una planta.

Esto depende del proceso de manufactura. En general un sistema es más costoso mientras más confiable es.

Algunos procesos no son afectados por las interrupciones. Un sistema radial puede aplicarse en este caso, otros no toleran interrupciones ( cementeras, fundiciones o generación eléctrica ) y requieren el sistema más confiable posible, con fuentes de emergencia.

Para dar mantenimiento a sistemas que alimentan procesos continuos se requieren sistemas dobles, diseñados para trabajar sobre ellos con seguridad. Un sistema que no puede ser mantenido por razones de continuidad en el proceso, es un mal sistema.

Al final del tema veremos algunos arreglos de diagramas unifilares, que puedan adecuarse a nuestro mejor requerimiento del sistema, se verán ventajas, desventajas y usos de los principales sistemas de distribución de energía eléctrica. Es muy importante esta selección ya que depende que en el futuro existan mejores programas de mantenimiento.

### 4.- CLASIFICACION DE AREAS PELIGROSAS

Cada vez es más importante hacer los estudios de la clasificación de áreas peligrosas en las plantas químicas y petroquímicas, ya que de ello depende la selección de los equipos y materiales eléctricos a utilizar.

La automatización cada vez más marcada en las plantas químicas y petroquímicas se debe tener cuidado en la localización de los cuartos de control y la selección de los instrumentos de medición, estos datos de selección lo da el estudio de clasificación de áreas peligrosas.

El tema il nos da la información necesaria para hacer un estudio de áreas peligrosas.

## 5.- SISTEMA RED DE TIERRAS

Es muy importante tener un sistema de red de tierras en las plantas petroquímicas y químicas, con el objeto de que se logre la protección de personas, equipos, aparatos y instalaciones en general contra descargas atmosféricas, estáticas o choques eléctricos, producidos por la diferencia de potencial originados por el contacto de conductores energizados con partes metálicas o bien por el paso de las corrientes de falla.

Los cortos circuitos originados por accidentes o por deterioro de los equipos pueden provocar pérdidas humanas y en equipo, el sistema de red de tierras sirve también para que estas corrientes puedan ser disipadas en el terreno.

En el tema IV se proporciona mayor información a la red de tierras y su cálculo.

## 6.- LOCALIZACION DEL EQUIPO

En general entre más cerca se localicen los transformadores del centro de carga del área servida, menores serán los costos del sistema de distribución. En caso de duda, es importante hacer evaluaciones técnico económicas.

Es importante coordinarse desde el principio con los proyectistas para dejar espacio disponible para equipos, ductos, registros, etc., y planear los trabajos civiles relacionados.

Las Subestaciones eléctricas deberán estar fuera de áreas peligrosas, previo estudio antes de su localización.

## 7.- SELECCION DE TENSIONES.

Este es uno de los aspectos más importantes en el diseño de los sistemas de fuerza.

Los niveles de tensión primarios son determinados por la compañía suministradora. Estas tensiones pueden usarse internamente en la planta.

Dado que los niveles de tensión en sistemas de distribución se han estado incrementando, los equipos se han venido adecuando a ello. Así es posible tener dentro de un edificio industrial las siguientes tensiones.

15--25 KV	Sin problemas
25--35 KV	Hacer estudio económico para decidir su uso.
35 KV ó más	Debe reducirse a una tensión menor.

### 7.1. Selección de tensiones dentro de la planta.

Se tendrán presentes los siguientes tres puntos:

- a.- Tensión nominal de los dispositivos o aparatos.
- b.- Tensión primaria disponible en compañía eléctrica. Este voltaje no siempre es el más adecuado para conectar cargas directamente a él, pero puede usarse para aumentar a subestaciones dentro de la planta.
- c.- La distancia a la cual se lleva la energía, hacer estudios técnico-económicos.

En plantas grandes es común tener tres o más niveles de tensión.

Para motores monofasicos.  
 hasta 3/4 KW 127 VOLTS.

Para motores trifasicos.  
 de 0.75 KW a 150 KW 440 VOLTS.  
 de 151 KW a 1500 KW 4000 VOLTS.

13.8 ó 23 KV como tensión de distribución de la planta o como alimentación general de la compañía eléctrica.

A continuación se da una guía para seleccionar las tensión en términos de la magnitud de la carga. Esta guía es solo representativa y puede variar considerablemente en casos particulares.

220/127 V	Si el 70% de la carga es a 127 V y no excede de 300 KVA.
480 V	750 - 1500 KVA.
2400 V	Hasta 3000 KVA.
4160 V	Desde 1500 a 1000 KVA.
4160 ó 13800 V	10 000 a 20 000 KVA.
13 800 V	Mayores de 20 000 KVA.

Esta guía en los HP de los motores pueden ser:

Volts del sistema	Voltaje del motor	HP del motor
220		125 HP
480	480	hasta 250 HP
2400	2300	200-1000 HP
4160	4000	300-4000 HP
13800	13200	9000 HP o más

## 8.- COMPANIA SUMINISTRADORA.

Tan pronto como sea posible, debe efectuarse una reunión con la empresa de suministro eléctrico para determinar los requerimientos del servicio recuerde que si la carga es grande, la compañía de electricidad debe planear los cambios a su red de distribución.

### 8.1 Datos que se sugiere proporcionar:

- a. Carga eléctrica de la planta, demanda máxima en KVA.
- b. Punto preferido para la conexión del servicio.
- c. Arreglo eléctrico de la compañía suministradora que se desea.
- d. Programa de construcción y de puesta en servicio.
- e. Cargas muy grandes que se tengan fuera de lo usual.

### 8.2 Datos que debe proporcionar la compañía suministradora.

- a. Tensión de suministro o tensiones disponibles.
- b. Ruta de las líneas y punto de suministro.
- c. Tarifas.
- d. Opciones en el suministro, con subestación.
- e. Espacio de la subestación si la provee la compañía.
- f. Corto circuito y características del sistema en el punto de suministro.
- g. Requerimientos para medición.
- h. Requerimientos de coordinación con el sistema de protección de la compañía suministradora.
- i. Alimentación de respaldo de ser necesaria.
- j. Número de fallas por año registradas anteriormente.

## 9.- GENERACION.

Dependiendo de las regulaciones del país y de las características de la planta se puede decidir y basados en un estudio técnico-económico si.

- a. Conviene comprar la energía.
- b. Conviene tener generación de emergencia.
- c. Conviene tener alguna generación rodante.
- d. Conviene generar toda la energía.

Por lo común, lo más económico es comprar la energía, pero existen procesos que requieren continuidad como lo son la industria del papel, refinería, la petroquímica, las de cemento y acero pueden ser candidatas a generar su propia energía. Muchas industrias y plantas además de comprar la energía tienen generación de emergencia.

#### 10.- DIACRAMA UNIFILAR.

Es un elemento muy importante en la planeación del sistema eléctrico. El diagrama unifilar debe contener lo siguiente.

- a. Fuentes de energía, tensiones y corrientes de Corto circuito.
- b. Tipo, tamaño, capacidades y número de motores.
- c. Características de transformadores ( KVA, tensiones, impedancia, conexiones y métodos de puesta a tierra )
- d. Relaciones de los transformadores de potencial ( TP ) y de corriente ( TC ).
- e. Número de conductores indicando cuantos conductores por fase.
- f. Cargas de alumbrado, de instrumentos y de contactos trifásicos.
- g. Otros equipos conectados.

#### 11 y 12 ANALISIS DE CORTO CIRCUITO Y PROTECCION.

Se deberá calcular el corto circuito presente en los principales componentes del sistema ( tableros A.T., tableros B.T., C.C.M., tableros de distribución de alumbrado etc. ). Diseñando un sistema de protección como una parte integral al mismo y no como un agregado posterior.

#### 13.- EXPANSION FUTURA.

Si se está diseñando la expansión de un sistema existente, hay que cuidar que el equipo soporte la carga adicional y el nuevo corto circuito. Checando características de capacidad nominal, tensión, capacidad interruptiva, operación de interruptores y la coordinación de protecciones. Estudiando la mejor manera de conectar la nueva parte con mínimo costo de construcción y pérdidas de producción.

Si la planta es nueva, conviene prever que la carga en mayor o menor grado tendrá que crecer. Por lo tanto el sistema debe diseñarse para crecer. También es conveniente incluir en el diagrama unifilar los puntos donde se desean hacer mediciones, sus características. No olvidarse de indicar las aplicaciones futuras que se hayan considerado o planes futuros.

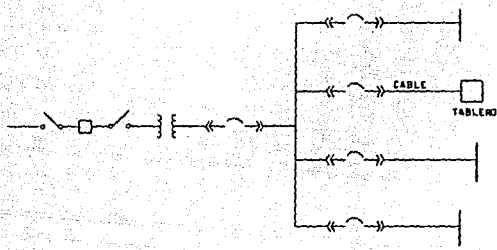
#### 14.- SEGURIDAD , COMUNICACIONES Y MANTENIMIENTO.

**Seguridad.** Las causas firmes que adecuar la seguridad en todas las partes del sistema eléctrico. Importante son , la seguridad de la vida y la preservación de la propiedad, estas son dos de las más importantes factores en el diseño del sistema eléctrico.

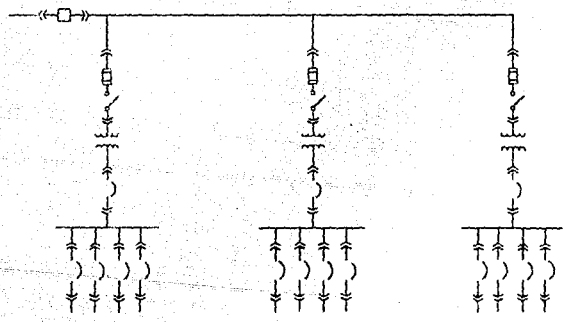
**Comunicaciones.** Cualquier plan para la protección de una planta debe incluir un seguro sistema de comunicación como podrían ser teléfonos , altoparlantes , circuitos cerrados de televisión e intercomunicación y voice.

**Mantenimiento.** Debe planearse el sistema de tal forma que se pueda efectuar el mantenimiento preventivo proporcionando espacio para trabajar en los locales, acceso fácil a inspección , facilidades para probar o tomar muestras de materiales, medios de desconexión para cuando se trabaja en el equipo. El sistema de mantenimiento debe también planearse y puede incluir los siguientes objetivos : limpieza , control de humedad , ventilación adecuada , reducir corrosión , mantenimiento de conductores , inspecciones y pruebas rutinarias , llevar apuntes , aplicación de códigos y normas.

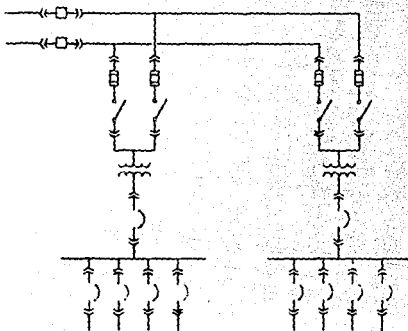




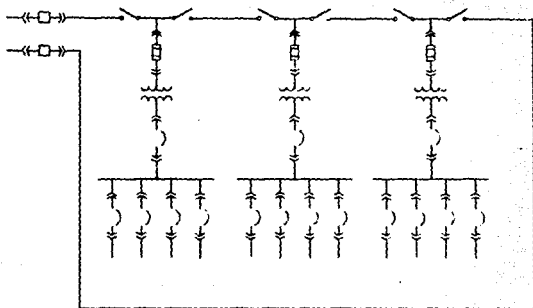
SISTEMA RADIAL SIMPLE



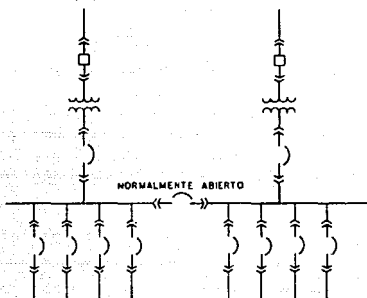
SISTEMA RADIAL EXPANDIDO



**SISTEMA PRIMARIO SELECTIVO**



**SISTEMA PRIMARIO EN ANILLO**



**SISTEMA SECUNDARIO SELECTIVO**

ALIMENTADORES  
PRIMARIOS

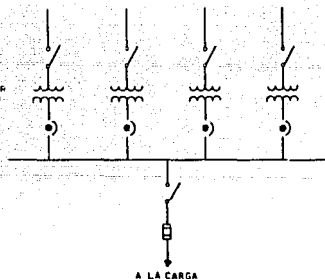
DESCONECTOR

TRANSFORMADOR  
DE DISTRIBUCION

PROTECTOR DE  
RED

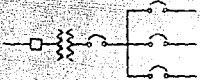
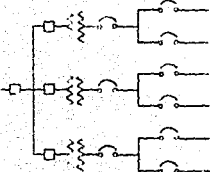
BARRA  
SECUNDARIA

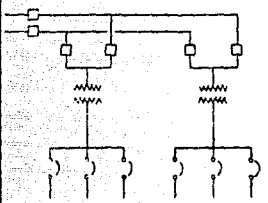
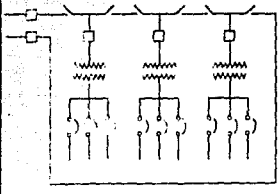
ALIMENTACIONES  
SECUNDARIAS



**RED SECUNDARIA CON PROTECTORES**

CARACTERISTICAS DE LOS PRINCIPALES SISTEMAS DE DISTRIBUCION ELECTRICA

SISTEMA	VENTAJAS Y USOS	DESVENTAJAS
<p>1.- RADIAL</p> 	<p>EL MAS ECONOMICO OPERACION Y EXPANSION SIMPLE SATISFACTORIO PARA PEQUEÑAS INDUS- TRIAS, DONDE EL PROCESO PUEDE IN- TERRUMPIRSE Y LA PLANTA PUEDE ALL- MENTARSE CON UN SOLO TRANSFORMA- DOR.</p>	<p>CONFIABILIDAD BAJA SI NO SE USAN ELEMENTOS DE MUY BUENA CALIDAD UNA FALLA DE CUALQUIER ELE- MENTO DEJA FUERA EL SISTEMA.  EL EQUIPO DEBE DESCONECTAR- SE PARA MANTENIMIENTO RUTI- NARIO.</p>
<p>2.- RADIAL EXPANDIDO</p> 	<p>MISMAS QUE EL CASO ANTERIOR  SE UTILIZA CUANDO LA MAGNITUD DE LA CARGA REQUIERE USAR MAS TRANS- FORMADORES.</p>	<p>MISMAS QUE EL CASO ANTERIOR</p>

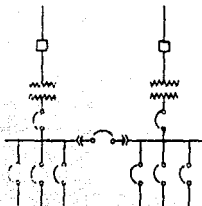
SISTEMA	VENTAJAS Y USOS	DESVENTAJAS
<p data-bbox="301 264 595 284">3.- SISTEMA PRIMARIO SELECTIVO</p> 	<p data-bbox="630 264 923 315">SE TIENEN DOS FUENTES <u>DISTINTAS</u> DE ALIMENTACION EN EL PRIMARIO</p> <p data-bbox="630 331 923 409">SE PUEDE DAR UN MEJOR MANTENIMIENTO AL EQUIPO PRIMARIO DE BUSES E INTERRUPTORES.</p>	<p data-bbox="944 264 1211 284">MAS COSTOSO QUE EL RADIAL</p> <p data-bbox="944 331 1211 409">DESVENTAJA DE FALLA EN TRANSFORMADOR O EN TABLERO SECUNDARIO.</p>
<p data-bbox="301 543 595 564">4.- PRIMARIO EN ANILLO</p> 	<p data-bbox="630 533 923 606">OFRECE LAS MISMAS VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL SISTEMA PRIMARIO SELECTIVO</p> <p data-bbox="630 621 923 668">LIGERAMENTE MAS ECONOMICO QUE EL PRIMARIO SELECTIVO.</p>	<p data-bbox="944 533 1211 606">ENCONTRAR UNA FALLA EN UN CABLE DEL ANILLO ES DIFICULTOSO.</p> <p data-bbox="944 621 1211 694">ES PELIGROSO PORQUE SE PUEDE ENERGIZAR UN PUNTO POR DOS LADOS.</p>

## SISTEMA

## VENTAJAS Y USOS

## DESVENTAJAS

## 5.- SECUNDARIO SELECTIVO



SI FALLA EL SISTEMA PRIMARIO O EL TRANSFORMADOR, EL SERVICIO NO SE INTERRUMPE - ESTO REQUIERE:

- O SOBRE DIMENSIONAR LOS TRANSFORMADORES.
- O AIRE FORZADO DURANTE LA EMERGENCIA
- O ECHAR FUERA CARGA NO ESENCIAL
- O SOBRECARGAR UN TRANSFORMADOR ACEPTANDO PERDIDA EN LA VIDA DEL MISMO.

COMBINADO CON EL PRIMARIO SELECTIVO ES EL SISTEMA MAS CONFIABLE.

MAS COSTO QUE LOS ANTERIORES (PRIMARIO Y SECUNDARIO SELECTIVO)

PARA DAR MANTENIMIENTO AL TABLERO DE BAJA TENSION REQUIERE ECHAR FUERA LA CARGA

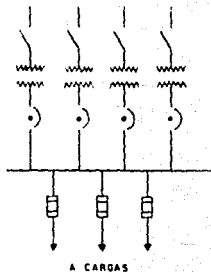
OPERACION MAS COMPLEJA

SISTEMA

VENTAJAS Y USOS

DESVENTAJAS

6.- RED SECUNDARIA CON PROTECTORES.



+ MUY CONFIABLE NO HAY INTERRUPCIONES DE NINGUNA ESPECIE, A MENOS QUE FALLE ALGUNO DE LOS ALIMENTADORES PRIMARIOS. ADECUADO PARA CARGAS GRANDES.

+ COSTOSO  
 + SI FALLA EL TABLERO SECUNDARIO, FALLA EL SISTEMA.  
 + ELEVADAS CORRIENTES DE CORTO CIRCUITO.

TENSIONES NORMALIZADAS

TENSIONES MAS USUALES EN MEXICO

TRANSMISION (C. F. E.) (VOLTS)	DISTRIBUCION PRIMARIA		DISTRIBUCION SECUNDARIA	
	C. F. E. (VOLTS)	INDUSTRIA (VOLTS)	C.F.E. (VOLTS)	INDUSTRIA (VOLTS)
<b>EXTRA ALTA TENSION</b> 400 000 V				
<b>ALTA TENSION</b> (230 KV.) 230,000 115,000 85,000 69,000				
	<b>MEDIA TENSION (34.5 KV)</b>			
	34,500 (1)			
	23,000	25000		
	13,800	13800		
		4160		
		2400		
			<b>BAJA TENSION (1000 V)</b>	
			220-127	480-277
				440 +
				220-127
<b>NOTAS:</b> (1) TENSION DE SUBTRANSMISION (+) TIENDE A DESAPARECER				



## **CAPITULO IV**

# **SISTEMA RED DE TIERRAS**

## CAPITULO IV

### SISTEMA RED DE TIERRAS

#### IV.1 INTRODUCCION

La importancia de tener un sistema de tierras en las plantas químicas y petroquímicas, es con el objeto de que se logre la protección de personas, equipos, aparatos e instalaciones en general, contra descargas atmosféricas, cargas estáticas ó choques eléctricos, producidos por diferencias de potencial, originados por el contacto de conductores "vivos" con partes metálicas o bien por el paso de las corrientes de falla.

#### IV.1.1 CONEXION A TIERRA DE LOS EQUIPOS PARA SEGURIDAD DE PERSONAS

Todos los equipos metálicos sean o no eléctricos deben de conectarse a tierra con cable de cobre suave desnudo para evitar que en algun momento puedan quedar a un potencial diferente del de tierra convirtiendose en una fuente peligrosa de ignición hacia una atmósfera explosiva.

A continuación se da una lista de equipos no eléctricos que deben de conectarse a tierra.

- 1.- Estructuras de edificios
- 2.- Estructuras de subestaciones
- 3.- Cercas Metálicas
- 4.- Recipientes Metálicos
- 5.- Equipo Industrial o de proceso
- 6.- Vias de ferrocarril
- 7.- Tuberías de proceso y otros.

A continuación se da una lista de equipos eléctricos que deben de conectarse a tierra.

- 1.- Subestaciones Eléctricas Tipo Compactas
- 2.- Tableros de Distribución en Alta Tensión
- 3.- Tableros de Distribución en Baja Tensión
- 4.- Centro de Control de Motores (CCM)
- 5.- Tableros de Distribución de Alumbrado
- 6.- Transformadores
- 7.- Carcazas de generadores ó Motores
- 8.- Estaciones de Botones
- 9.- Ductos y Charolas Metálicas para Cables
- 10.- Cubiertas de Plomo, Blindajes y flejes de Armado de Cables

- 11.- Carcazas del Equipo Eléctrico portátil las que se deberán conectar a tierra a través del contacto por medio de cable flexible de uso rudo que irá junto a los conductores de energía y tendrá su misma sección. Tanto las clavijas como el receptáculo tendrán el polo especial para esta conexión.
- 12.- Tableros para Instrumentos
- 13.- Y en general todo aquel equipo que tenga relación directa con la energía eléctrica.

#### IV.2 CONEXION A TIERRA DE CIRCUITOS ELECTRICOS

Los sistemas de distribución de 2.4 kv o mayores. Deberán tener el neutro conectado a tierra, o bien sea solidamente o a través de resistencia o reactancia cuando sea en el generador o solidamente cuando sea en el transformador, con el objeto de eliminar rápidamente las fallas a tierra que pudiera ocurrir.

Sistemas de utilización de 2.4 a 13.8 Kv. Podrán operar con neutro a tierra o con neutro flotante, dependiendo de la necesidad de librar rápidamente la falla o de mantener la continuidad del servicio.

#### IV.3 SISTEMAS DE MENOS DE 600 VOLTS.

Deberán tener el neutro conectado a tierra.

- 1.- Los sistemas en que se requiera limitar las sobretensiones que se puedan presentar por fallas a tierra.
- 2.- En los casos en que se requiera alumbrado monofásico a la tensión correspondiente.
- 3.- En los casos en que se requiera librar rápidamente una falla de fase a tierra.

Podrán tener el neutro aislado.

- 1.- Los sistemas en los que sea imprescindible el servicio aún bajo condiciones de falla de fase a tierra. Siempre y cuando se cuente con equipo para la rápida localización de la falla.
- 2.- En los casos en que no se requiera alumbrado monofásico.

#### IV.4 PROTECCION CONTRA DESCARGAS ATMOSFERICAS, CARGAS ESTATICAS Y ELEVACIONES DE TENSION, POR MEDIO DE CONEXIONES A TIERRA.

Los desperfectos y destrucciones que sufren los edificios y equipos por efecto del rayo se producen principalmente cuando la descarga atraviesa partes aislantes, lamina, madera, ladrillos, piedra, concreto etc., de modo que para proteger los edificios y equipos es fundamental habilitar medios para que cualquier descarga pase a tierra sin atravesar dichas partes aislantes.

Una instalaci3n de pararrayos, consta de las partes de captaci3n ( barras, y puntas pararrayos ) y los conductores y conexiones entre estas partes y la red de tierras.

Una punta o pararrayos bien conectado a tierra protege la zona incluida dentro del cono de protecci3n, que es un cono cuyo v3rtice es la punta del pararrayos y cuya base es un circulo de radio comprendido entre la altura del pararrayos sobre el suelo. Tambi3n se emplean para la protecci3n de estructuras elevadas, tales como torres y chimeneas para lo que se considera que el cono de protecci3n efectivo tiene un radio (R) igual a la altura (H).

Para casos cr3ticos se considera  $R=H/2$  y para casos poco importantes  $R=2H$ . Aunque las torres sean met3licas, se recomienda tener dos bajadas con cable de cobre desnudo. El remate en la parte superior de la torre sera una punta pararrayo debiendo esta sobresalir de la estructura.

Otros elementos que funcionan como protecci3n a las instalaciones son.

Jaula de Faraday. Se emplea para la protecci3n de edificios tales como: compresores, cuartos de control, llenaderas etc., colocandoles pararrayos (puntas de faraday) repartidos adecuadamente sobre la jaula.

Apartarrayos. Se emplean en la protecci3n de equipo el3ctrico, contra las elevaciones de tensi3n por onda viajera a lo largo de conductores conectados a dicho equipo, cuando dichos conductores son parte de una l3nea a3rea. En este caso los apartarrayos deben conectarse lo m3s cerca posible del equipo a proteger. Se emplean tambi3n apartarrayos para proteger tramos de cable subterráneo, si lo amerita, cuando dicho cable est3 conectado a buses a la intemperie.

Deben conectarse a tierra para evitar la formaci3n de cargas est3ticas que puedan incrementarse y descargarse dando lugar a chispas.

Los autos tanques v carros tanques en posici3n de carga o descarga, cuando se manejan l3quidos inflamables, usando para tal objeto, por lo menos dos cables aislados flexibles.

Las bombas para suministro de combustibles, sobre cuyas mangueras se deben enrollar en forma espiral un cable de conexi3n a tierra, conectado por el cable, tanto el maneral o boquilla como el cuerpo de la bomba.

Las tuberías metálicas que conduzcan líquidos vapores o gases inflamables dentro de las áreas de proceso y que no estén protegidas catódicamente, las que deberán conectarse a tierra aproximadamente cada 20m. Las tuberías aéreas que se deben conectar a la red de tierras son las tuberías de proceso sin aislamiento térmico y con aislamiento térmico.

#### **IV.5 CONEXION DE TANQUES Y RECIPIENTES METALICOS A LA RED DE TIERRAS.**

La protección de tanques y recipientes básicamente es debido a descargas atmosféricas, cuando el área de almacenamiento sea sustancialmente grande se deberá instalar una malla de red de tierras interconectada con el sistema. Se recomienda que todas las conexiones sean soldables y que se verifique su continuidad, el tanque o recipiente deberá tener dos conexiones en extremos opuestos, cuando el piso terminado sea de concreto se deberá atravesar con un tubo galvanizado este, para pasar el cable sin que este sufra daños mecánicos.

#### **IV.6 CALCULO PARA DISEÑO DE LA RED DE TIERRAS**

A continuación se establecera el método de cálculo para el diseño de la red de tierras, donde se establecen límites seguros para las diferencias de potencial en las plantas y subestaciones, bajo condiciones de falla, entre voltajes de paso y contacto.

Para el diseño de la malla deben de tomarse en cuenta las siguientes características.

- Reducir a un mínimo los voltajes peligrosos para evitar daños al personal.
- Evitar al menor daño al equipo en general, minimizar las corrientes de corto circuito a un valor tolerable.

Los datos necesarios para el cálculo de la red de tierras son los siguientes.

- 1.- Investigación de las características del terreno (Resistividad).
- 2.- Determinación de la máxima corriente de falla.
- 3.- Diseño preliminar del sistema de red de tierras.
- 4.- Cálculo de la resistencia de la malla.
- 5.- Cálculo del número de varillas.
- 6.- Cálculo del potencial de contacto tolerable.
- 7.- Cálculo del potencial de paso tolerable.
- 8.- Cálculo de la longitud de la malla.

- 9.- Cálculo del potencial de contacto en la malla generado.
- 10.- Cálculo del potencial de paso en la malla generado.
- 11.- Cálculo del máximo potencial de malla.
- 12.- Comprobación de las condiciones de seguridad de la malla.

## 1.- INVESTIGACION DE LAS CARACTERISTICAS DEL TERRENO

Es muy importante determinar las características del terreno, debiéndose obtener muestras hasta una profundidad razonable donde se puedan determinar las condiciones de humedad. Se debe determinar la resistividad eléctrica del terreno con métodos y aparatos aceptados (Megger). Las mediciones deben de incluir datos sobre temperatura, condiciones de humedad, tipo de terreno, profundidad de concentraciones de sales y resistividad en ohms-metro.

A continuación se dan algunos valores de Resistividad.

TIPO DE TERRENO	RESISTIVIDAD ( OHMS-METRO )
Tierra orgánica mojada	10
Tierra húmeda	100
Tierra seca	1000
Roca sólida	10,000

La resistividad depende del contenido de humedad del terreno, es por eso el uso de varillas verticales de suficiente longitud para llegar a capas de mayor humedad e instalar las mallas del sistema de tierras a mayores profundidades a efecto de que queden en contacto con la tierra húmeda.

La grava o roca triturada colocada en la superficie ayuda a evitar la evaporación del agua y reducir la magnitud de los choques eléctricos, dada su alta resistividad.

## 2.- DETERMINACION DE LA MAXIMA CORRIENTE DE FALLA.

Los dos tipos principales de falla para determinar la máxima corriente a tierra, son:

- a.- Falla monofásica a tierra.
- b.- Falla polifásica a tierra.

Para determinar el valor correcto de la corriente de falla a tierra, que se va a utilizar en el cálculo del sistema de tierras, debe ser aquella que produzca el máximo flujo de corriente, ya que producirá los mayores gradientes de potencial locales en la zona de falla.

Para la determinación de esta corriente se calculará con la capacidad interruptiva de los sistemas considerados en el criterio de diseño.

### 3.- DISEÑO PRELIMINAR DEL SISTEMA DE TIERRAS.

Los elementos del sistema de tierra, incluyendo los conductores de la propia malla, las conexiones y los electrodos, deben diseñarse cumpliendo lo siguiente.

- a.- Las uniones eléctricas no se fundan o deterioren en las condiciones más desfavorables de magnitud y duración de la corriente de falla a que quedan expuestas.
- b.- En que las conexiones sean mecánicamente resistentes, en el momento de la falla.
- c.- Que exista una buena conductividad para que no haya gradientes de voltaje, que lesione o dañe a personas y equipo.

La ecuación que permite seleccionar el conductor de cobre y conexiones para evitar la fusión es la siguiente.

$$I_{cc} = A \times \left[ \frac{\log \left( \frac{T_m - T_a}{234 + T_a} \right) + 1}{33 \sqrt{t}} \right] \dots\dots 4.1$$

En donde:

- $I_{cc}$  = Corriente de corto circuito.
- $A$  = Sección del cable de cobre, en circular mils.
- $t$  = Tiempo durante el cual circula la corriente  $I$ , en seg.
- $T_m$  = Temperatura máxima permisible, en grados centígrados.
- $T_a$  = Temperatura ambiente, en grados centígrados.

Se pueden tomar los siguientes valores para cálculo:

- $T_a$  = 40 °C
- $T_m$  = 450 °C Temperatura permisible para la soldadura de latón.
- $T_m$  = 250 °C Temperatura permisible para las uniones con conectores.

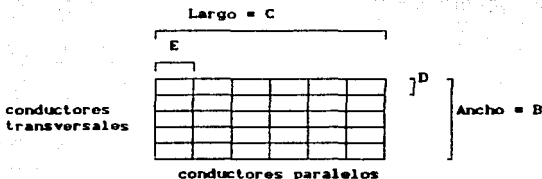
El siguiente paso es definir el número de conductores transversales a lo largo de la malla considerando un espaciamiento "C", donde:

- C = Largo total de la malla.
- E = Espaciamiento entre conductores transversales.

Y el número de conductores paralelos a lo ancho de la red es, "D". donde:

- B = Ancho total de la malla.
- D = Espaciamiento entre conductores paralelos.

Con estos datos, tendremos la longitud total de la red.



#### 4.- CALCULO DE LA RESISTENCIA DE LA MALLA

Para proceder con el cálculo deberá encontrarse el radio (r) de un círculo cuya superficie sea igual a el Área total encerrada por la malla mediante la fórmula.

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} \dots\dots\dots 4.2$$

Donde:

A = Área de la malla en metros cuadrados m<sup>2</sup>

La resistencia de la malla será dada por la siguiente fórmula ( Pag. 22 de la norma No. 80 de la IEEE ).

$$R = \frac{\rho}{4r} + \frac{\rho}{L} \dots\dots\dots 4.3$$

Donde:

- R = Resistencia de la malla en ohms (Ω).
- r = radio en metros (m) de la malla.
- ρ = resistividad del terreno en ohms-metro (Ω-m).
- L = longitud total de la malla en m.



### 5. - CALCULO DEL NUMERO DE VARILLAS

El cálculo del número de varillas esta dado por la siguiente expresión.

$$n = \frac{\rho}{2\pi R L} \left( \text{Log} \frac{4L_1}{b} - 1 \right) \dots\dots\dots 4.4$$

Donde:

- R = Resistencia de la red de tierras en ohms ( $\Omega$ ).
- $L_1$  = Longitud de la varilla en metros (m).
- b = radio de la varilla en metros (m).
- $\rho$  = Resistividad en ohms-metro ( $\Omega$ -m).
- L = longitud total de la malla en metros (m).

### 6. - CALCULO DEL POTENCIAL DE CONTACTO TOLERABLE

La ecuación que determina el potencial de contacto tolerable por el cuerpo humano es la siguiente:

$$E_{ct} = \frac{116 + 0.17 \rho_s}{\sqrt{t}} \dots\dots\dots 4.5$$

Donde:

- $E_{ct}$  = Potencial de contacto tolerable.
- $\rho_s$  = Resistividad del terreno inmediato, bajo los pies en ohms-metro.
- t = Duración de la falla en segundos.

### 7. - CALCULO DEL POTENCIAL DE PASO TOLERABLE

La ecuación que determina el potencial de paso tolerable por el cuerpo humano es la siguiente.

$$E_{pt} = \frac{116 + 0.7 \rho_s}{\sqrt{t}} \dots\dots\dots 4.6$$

Donde:

- $E_{pt}$  = Potencial de paso tolerable.

### 8.- CALCULO DE LA LONGITUD DE LA MALLA

Para obtener un voltaje de malla dentro de los límites de seguridad se requiere que tenga por lo menos la siguiente longitud la cual es calculada por la siguiente expresión.

$$L = \frac{K_m K_1 \rho I \sqrt{t}}{116 + 0.17 \rho s} \dots\dots\dots 4.7$$

Donde:

$K_m$  = Coeficiente que toma en cuenta el efecto de cantidad de conductores paralelos (n-2).

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \ln \frac{D^2}{16hd} + \frac{1}{\pi} \ln \left[ \frac{3}{4} \times \frac{5}{6} \times \frac{7}{8} \times \dots \right] \dots\dots\dots 4.8$$

$n - 2$

Donde:

- D = Espaciamiento entre conductores paralelos.
- h = profundidad de enterramiento en metros (m).
- d = Diámetro de conductor en metros (m).
- n = es el número de conductores paralelos en la red básica excluyendo las conexiones transversales.
- I = Corriente máxima total rms. en amperes, que fluye entre la red de tierras y la tierra.

$K_1$  = Factor de corrección por irregularidades para tomar en cuenta el flujo de corriente no uniforme en diferentes partes de la red.

$$K_1 = 0.65 + 0.172n \dots\dots\dots 4.9$$

### 9.- CALCULO DEL POTENCIAL DE CONTACTO EN LA MALLA GENERADO

$$E_{malla} = K_m K_1 \rho \frac{I}{L} \dots\dots\dots 4.10$$

## 10.- CALCULO DEL POTENCIAL DE PASO EN LA MALLA GENERADO

El voltaje de paso es la tensión entre los pies de una persona, al dar un paso cuando esta circulando la corriente máxima de falla de la red hacia la tierra y se calcula por la siguiente fórmula.

$$E_{\text{paso}} = K_s K_l \rho \frac{I}{L} \dots \dots \dots 4.11$$

Donde:

$K_s$  = Coeficiente que toma en cuenta el efecto de los conductores paralelos "n" espaciamento "D" y la profundidad "h" de los conductores de la malla.

Y su expresión es la siguiente.

$$K_s = \frac{1}{\pi} \left[ \frac{1}{2h} + \frac{1}{D+h} + \frac{1}{2D} + \frac{1}{3D} + \dots + \frac{1}{nD} \right] \dots 4.12$$

## 11.- CALCULO DEL MAXIMO POTENCIAL DE MALLA

Para calcular el máximo potencial de malla tenemos la siguiente fórmula.

$$E = I R \dots \dots \dots 4.13$$

Donde:

$P$  = Resistencia de la malla.

## 12.- COMPROBACION DE LAS CONDICIONES DE SEGURIDAD DE LA MALLA

Para estar dentro de los límites de potencial tolerables por el cuerpo humano, se debe comprobar lo siguiente.

**POTENCIALES TOLERABLES****POTENCIAL DE CONTACTO**

$$E_{ct} = \frac{116 \cdot 0.17 \text{ ps}}{\sqrt{t}}$$

**POTENCIAL DE PASO**

$$E_{pt} = \frac{116 + 0.7 \text{ ps}}{\sqrt{t}}$$

**POTENCIALES GENERADOS****POTENCIAL DE CONTACTO GEN.**

$$E_{malla} = K_m K_i \rho \frac{I}{L}$$

**POTENCIAL DE PASO GEN.**

$$E_{paso} = K_s k_i \rho \frac{I}{L}$$

En caso de haber elaborado el diseño preliminar y encontrar que la malla pueda resultar peligrosa, se debe hacer un nuevo diseño y encontrar la nueva longitud del cable.

Para mejorar la operación de la red de tierras pueden seguirse las siguientes indicaciones.

- a.- Reducir la resistencia total de la red, de las siguientes formas, aumentar el área de la red, usar varillas y conectarlas a la red en tubos de pozos profundos,
- b.- Reducir el espaciamiento de los conductores que forman las mallas acercándose en el límite a la condición de placa metálica, esto permite eliminar los potenciales peligrosos.
- c.- Agregar capas de roca trituradas de alta resistividad en la superficie del terreno para aumentar la resistencia en serie con el cuerpo.
- d.- Limitar cuando sea posible las corrientes de falla a tierra sin aumentar los tiempos de interrupción.
- e.- Prohibir el paso a ciertas áreas limitadas, donde sea poco práctico eliminar la posibilidad de que aparezcan diferencias de potencial excesivas durante las fallas a tierra.

Uno de los aspectos importantes es tener en cuenta la ampliación de la red de tierras en subestaciones o en las plantas, por lo que se deben dejar en lugares de mayor posibilidad de crecimiento, registros de tierras, para hacer allí la conexión con la futura ampliación.

Una vez realizada la obra de la red de tierras, se deben tener las mediciones y estas se deben de comparar con las del cálculo. Si no hay mucha diferencia, esta bien, pero si esta diferencia es mucha, se debe hacer una investigación y tomar las soluciones pertinentes, para reducir la resistencia de la malla.

## **CAPITULO V**

# **ALUMBRADO**

## CAPITULO V

### ALUMBRADO

#### V.1 INTRODUCCION

A fin de prefijar la iluminación apropiada para una zona industrial, es necesario en primer lugar analizar la tarea visual a desarrollar y determinar la cantidad y tipo de iluminación que proporcione el máximo rendimiento visual y cumpla con las exigencias de seguridad y comodidad. El segundo paso consiste en seleccionar el equipo de alumbrado que proporcione la luz requerida de la manera más satisfactoria.

El tamaño, el brillo, el contraste y el tiempo son características principales que determinan la visibilidad relativa de un objeto.

Un sistema de alumbrado diseñado adecuadamente comprende tres aspectos básicos: Cantidad de iluminación, calidad y costo.

- a.- **Cantidad:** Se refiere al nivel de iluminación necesario para ver una tarea específica. El ojo puede ver detalles muy pequeños con niveles bajos de iluminación, pero a la larga esto ocasiona incomodidad o fatiga y es perjudicial. Un buen sistema de alumbrado puede hacer mucho para mejorar las condiciones de trabajo del ojo y aliviar el esfuerzo visual.
- b.- **Calidad:** Involucra el control del brillo excesivo de ciertas luminarias, la limitación de los deslumbramientos reflejados y tener un nivel uniforme sin sobrepasar las variaciones máximas recomendadas entre el nivel máximo y mínimo de iluminación en un Área.
- c.- **Costo:** El costo es un factor importante por si mismo. Cualquier comparación entre diferentes tipos de alumbrado debe hacerse con base a mantener la misma cantidad de iluminación y aproximadamente la misma uniformidad, tomándose en cuenta que las aplicaciones de cada tipo de alumbrado están bien definidas para cada caso específico y las comparaciones con base únicamente a la emisión luminosa dan ventaja a las lámparas de descarga.

#### V.2 DEFINICIONES Y UNIDADES DE MEDIDA

La luz es una forma de energía radiante que se evalúa en cuanto a su capacidad para producir la sensación de la visión.

A continuación definiremos las unidades más usuales para el diseño y cálculo de alumbrado.

- a.- **Intensidad luminosa:** (I) Es la densidad de luz dentro de un ángulo sólido extremadamente pequeño, en una dirección determinada. Su unidad es la Candela (cd). La candela es la cantidad física básica internacional en todas las medidas de luz; las demás unidades se derivan de ella. Su valor está determinado por la luz emitida por un patrón de laboratorio llamado cuerpo negro, trabajando a una temperatura específica. Una vela corriente de cera tiene en dirección horizontal una intensidad luminosa de aproximadamente una candela. La intensidad luminosa es una propiedad característica de una fuente de luz, y da la información relativa al flujo luminoso en su origen.

$$I = E \times D^2 \dots \dots \dots 5.1$$

Donde:

- I = Intensidad luminosa en candelas (cd).
- E = Nivel de iluminación en lux (lx).
- D = Distancia en metros (m), desde la fuente a la superficie iluminada.

- b.- **Flujo luminoso:** (F) Es la cantidad de luz emitida por unidad de tiempo. Su unidad es el lumen (lm). Esta unidad lleva consigo el concepto de rapidez de emisión de energía luminosa. Un lumen es el flujo de luz que incide sobre una superficie de 1 metro cuadrado, la totalidad de cuyos puntos diste 1 metro de una fuente puntual teórica que tenga una intensidad luminosa de 1 candela en todas direcciones. Esta superficie es una sección de 1 metro de radio, en cuyo centro se encuentre una fuente puntual uniforme de una candela. El mismo concepto puede expresarse diciendo que un lumen es el flujo luminoso emitido en un ángulo sólido unidad por una fuente puntual uniforme de una candela. La diferencia entre el lumen y la candela reside en que aquél es una medida de flujo luminoso, independientemente de la dirección.

$$F = E \times S \dots \dots \dots 5.2$$

Donde:

- F = Flujo luminoso en lumenes (lm).
- E = Nivel de iluminación en lux (lx).
- S = Superficie en metros cuadrados (m<sup>2</sup>).

c.- Iluminación: O nivel de iluminación (E). Es la densidad de flujo luminoso sobre una superficie. Su unidad es el Lux (lm). De la definición de lumen se deduce que un lumen uniformemente distribuido en un metro cuadrado de superficie produce una iluminación de un lux. Las ecuaciones fundamentales son.

$$E = \frac{\text{Lumenes}}{\text{Area}} \dots\dots\dots 5.3$$

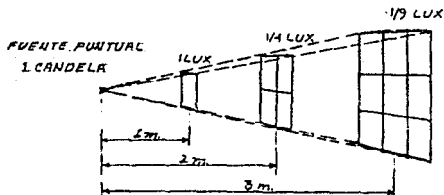
Donde:

E = Número de lux incidentes sobre una superficie (lx).

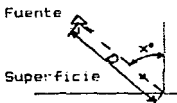
Lumenes = Flujo luminoso (lm).

Area = Superficie de iluminación (m<sup>2</sup>).

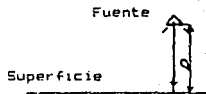
Ley de la inversa de los cuadrados: La iluminación es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre la fuente de luz y la superficie iluminada.



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



$$E = \frac{I \cos x}{D^2} \dots\dots 5.4$$



$$E = \frac{I}{D^2} \dots\dots 5.5$$

(Para un ángulo de incidencia de 0°, y, por tanto, cos 0° = 1)



Donde:

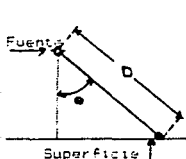
E = Iluminación en lux.

I = Intensidad luminosa en candelas.

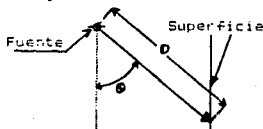
D = Distancia en metros.

$\alpha$  = Ángulos de incidencia.

Dada la curva normal de distribución luminosa, el ángulo más conveniente es el que forman la vertical y la dirección de la luz incidente que se puede determinar a partir de las relaciones siguientes:



$$E \text{ horiz.} = \frac{I \cos \theta}{D^2} \dots 5.6$$



$$E \text{ vert.} = \frac{I \sin \theta}{D^2} \dots 5.7$$

### V.3 TIPOS DE ALUMBRADO

Una iluminación de buena calidad y adecuada cantidad, puede obtenerse con cualquiera de los diferentes tipos de luminarias, clasificadas con arreglo a la distribución vertical de luz.

La selección del tipo más idóneo para cualquier aplicación particular depende en parte de las características físicas de la habitación del tipo de trabajo a realizar y de las condiciones de mantenimiento que se desean conseguir.

A continuación se mencionan los diferentes tipos de alumbrados.

- a.- Alumbrado Directo: Entre el 90 y el 100% de la luz se dirige hacia abajo, en ángulos por debajo de la horizontal. Un sistema de alumbrado directo es un eficaz productor de luz en la zona usual de trabajo. Sin embargo, esta eficacia se consigue frecuentemente a expensas de factores de calidad tales como sombras y deslumbramientos directos o reflejados. Las sombras, por ejemplo, pueden causar molestias a no ser que las luminarias sean de gran Área o estén muy cercas una de otras. El brillo directo y el reflejado pueden ser satisfactorio a causa de la alta diferencia de luminancia entre la fuente ( luminaria o lámpara de exposición ) y el techo y partes altas de las paredes, más oscuras.

**b. - Alumbrado Semi-Directo:** Del 50 al 90% de la luz se dirige hacia abajo, en ángulos por debajo de la horizontal. En esencia, el nivel de iluminación eficaz que este sistema proporciona en el plano de trabajo normal es resultado de la luz que viene directamente de la luminaria. La porción de luz dirigida hacia el techo produce una relativamente pequeña componente indirecta, y su mayor valor se debe a que hace más brillante a la zona del techo que rodea a la luminaria, resultando de ello una disminución del contraste de brillo.

**c. - Alumbrado General Difusa o Directa-Indirecta:** Del 40 al 60% de la luz se dirige hacia abajo en ángulos por debajo de la horizontal. La mayor parte de la iluminación existente en el plano de trabajo es resultado de la luz que procede directamente de la luminaria, pero hay una porción importante de luz dirigida al techo y a las paredes laterales. Cuando estas son de color claro, la luz dirigida hacia arriba proporciona un fondo más claro contra el que resalta la luminaria, suministrando una importante componente indirecta que favorece sensiblemente el carácter difuso de la iluminación. La diferencia entre las clasificaciones general difusa y directa-indirecta estriba en la cantidad de luz producida en dirección horizontal.

Como ejemplo del tipo general difusa tenemos el globo envolvente que distribuye luz casi uniformemente en todas las direcciones, mientras que la luminaria directa-indirecta produce muy poca luz en dirección horizontal, debido a la mayor opacidad de sus paneles laterales. Estas luminarias suelen utilizar en la parte inferior vidrio, plástico o rejillas para proteger a las lámparas.

**d. - Alumbrado Semi-Indirecto:** Del 50 al 90% de la intensidad de luz de la luminaria se dirige hacia el techo, en ángulos por encima de la horizontal, mientras el resto se dirige hacia abajo. El alumbrado semi-indirecto tiene la mayoría de las ventajas del indirecto, pero es un poco más eficiente y se prefiere a veces para lograr una mejor relación de brillo entre el techo y la luminaria en instalaciones de alto nivel luminosas. El medio difusor empleado en estas luminarias es vidrio o plástico, de densidad más baja que la de los empleados en los equipos indirectos.

- a.- **Alumbrado Indirecto:** El 90% de la intensidad de luz de la luminaria se dirige hacia el techo, en ángulos por encima de la horizontal. Prácticamente, toda la luz efectiva en el plano de trabajo se refleja hacia abajo por el techo y en menor medida por las paredes.

Puesto que el techo es en realidad la fuente de luz, la iluminación producida es bastante difusa. Aunque el alumbrado indirecto no es tan eficiente como algunos de los otros sistemas en términos puramente cuantitativos, su distribución uniforme, ausencia de sombras y de brillo reflejado lo hacen frecuentemente el más recomendable para oficinas y otras aplicaciones similares. Como los acabados del cuarto juegan un papel tan importante que tenga un color tan claro como sea posible y se mantengan en buenas condiciones. El techo deberá tener un acabado mate, se quiere evitar la imagen reflejada de la fuente de luz.

Tipo	Componente hacia arriba	Componente hacia abajo
Alumbrado Directo	90 - 100%	0 - 10%
Alumbrado Semi-Directo	10 - 40%	60 - 90%
Alumbrado Directo-Indirecto	40 - 60%	40 - 60%
Alumbrado Semi-Indirecto	60 - 90%	10 - 40%
Alumbrado Indirecto	90 - 100%	0 - 10%

#### V.4 CLASIFICACION DE LOS ALUMBRADOS

- a.- Por el tipo de sus unidades:

- Incandescentes
- Fluorescentes
- Vapor de mercurio
- Vapor de yodo-cuarzo
- Vapor de sodio
- Vapor de aditivos metálicos

- b.- Por su localización:

- Interior
- Exterior

c.- Por su propósito:

- General
- Localizado
- Obstrucción
- Señalamiento
- Emergencia

d.- Por el área en que se localicen:

- A prueba de explosión
- A prueba de vapor
- Para servicio intemperie
- Para servicio normal

#### V.5 DETERMINACION DE LOS NIVELES DE ILUMINACION

El nivel mínimo de iluminación requerido, en las áreas de operación o proceso en las plantas, deberá determinarse de preferencia según las especificaciones del proyecto. En caso de no estar determinado, se pueden consultar el siguiente listado de los niveles de iluminación dentro de las plantas químicas y petroquímicas.

UBICACION	INTENSIDAD EN LUXES
<b>a. - Unidades de Proceso General</b>	
Puentes de tubería	50
Baterías de bombas, válvulas y cabezales	50
Cambiadores de calor	30
Plataformas de mantenimiento	10
Plataformas de operación	50
Torres de enfriamiento (áreas de equipo)	50
Hornos (áreas de Operación)	30
Escaleras (activas)	50
Indicadores de nivel	50
Instrumentos (en unidades de proceso)	60
Casas de compresores	200
Separadores	50
Area general	10

UBICACION	INTENSIDAD EN LUXES
<b>b.- Casa y Cuartos de Control</b>	
-Casa de control ordinario	300
Tablero de instrumentos	300
Consola	300
Parte posterior del tablero	100
-Casa de control central	500
Tablero de instrumentos	500
Consola	500
Parte posterior del tablero	100
<b>c.- Unidades de Proceso Especial</b>	
Cuarto de tableros eléctricos	50
Hornos eléctricos	50
Transportadores	20
Puntos de transferencia entre transportadores	50
Hornos (Área de operación)	50
Extrusores y mezcladores	200
<b>AREAS SIN PROCESO</b>	
<b>d.- Carga, descarga y casas de bombas</b>	
Áreas de bombas interiores	150
Áreas de bombas exteriores	50
Área de control general	150
Tablero de control	200
<b>e.- Calderas y Compresores de Aire</b>	
Equipo interior	200
Equipo exterior	50
<b>f.- Área de tanques</b>	
Escaleras (inactivas)	5
Escaleras (activas)	11
Área de medición	10
Área de cabezales	5
<b>g.- Área de carga</b>	
Área general	50
Punto de carga en carros tanques (FF.CC.)	100
Punto de carga de autos-tanque	100

UBICACION	INTENSIDAD EN LUXES
<b>h.- Muelles para Buques tanque</b>	
Area general	20
Manejo de mangeras	150
Areas de cabezales y punto de carga	100
<b>i.- Subestaciones Eléctricas y Patios de Desconexión</b>	
Patio de desconexión exteriores	20
Alumbrado general de la Subestación (interior)	20
Fasillos de operación	150
Alumbrado general de la Subestación (interior)	50
Descorredizadores	50
<b>j.- Alumbrado Calles de la Planta (Donde se requiera iluminación)</b>	
Uso frecuente (camiones)	4
Foco frecuente	2
Estacionamiento de la planta	1

**—EDIFICIOS—**

**k.- Laboratorios**

Para pruebas cualitativas, cuantitativas y físicas	500
Experimental y de investigación	500
Plantas piloto, proceso y especialidades	300
Pruebas de materiales	300
Cristalería y cuartos de aseo	300
Campanas recolectoras de humos	300
Cuartos de almacenaje	150

**l.- Bodegas y Cuartos de Almacenes**

Almacenaje interior apilado	50
Almacenaje exterior apilado	5
Almacenaje de cajas grandes	50
Almacenaje de cajas chicas	100
Almacenaje de partes pequeñas	200
Mostradores (almacenaje en cajoneras de vitrinas)	300

UBICACION	INTENSIDAD EN LUXES
<b>m. - Talleres de Reparación</b>	
Fabricación en grande	200
Trabajos en máquinas y banco	500
Rieles de grúa, pasillos	150
Máquinas pequeñas	300
Metal laminado	200
Eléctrico	200
Instrumentos	300
<b>n. - Vestidores</b>	
Cuartos de gavetas y regaderas	100
Lavabos	100
<b>o. - Relojes marcadores y casetas de entrada</b>	
Tarjeteros y áreas del reloj	100
Entrada e inspección	150
General	50
<b>p. - Garaje y puesto de bomberos</b>	
Área general	100
Reparaciones menores	100
<b>q. - Cuarto de primeros auxilios</b>	<b>700</b>

#### V.6 SELECCION DEL TIPO DE LAMPARA

La selección de la fuente de luz más adecuada debe tomar en cuenta el nivel de iluminación requerido, la tarea a realizar y la importancia del color en el desempeño de la misma, así como de las características del local y de los objetos que se van a manejar.

Quando el tipo de lámpara a considerar es de descarga, el color de la lámpara y la forma en que ésta modifica la apariencia de las personas y de los objetos debe tomarse en cuenta.

A continuación se describen los colores usuales y sus aplicaciones:

**a. - Fluorescentes Blancas comunmente usadas.**

- **BLANCO  
FRIO** Se utiliza a menudo para oficinas, fabricas y áreas comerciales donde se desea trabajar en una atmósferas psicológicamente fresca. Proporciona un efecto de iluminación natural de exteriores. Constituye el color más usado.
  
- **BLANCO  
FRIO  
DE LUJO** Se utiliza en las mismas aplicaciones generales que el blanco frio pero contiene un poco más de rojo, por lo que es más favorecedor para la apariencia de las personas y la mercancía. Se utiliza para propósitos generales donde sea importante el color.
  
- **BLANCO  
CALIDO  
ESTANDAR** Se utiliza donde quiera que se desee una atmósfera social cálida. Su color es bastante aproximado al de las lámparas incandescentes, y se sugiere utilizarlo donde quiera que se vaya a mezclar luz fluorescentes con incandescentes. Se utiliza en la exhibición de mercancía a fin de mostrarla bajo luz del mismo color que la utilizada en las casas, donde se utiliza iluminación incandescentes. Su coloración ligeramente beige proporciona una apariencia cálida y brillante a los rojos y amarillos, hace resaltar el amarillo en el verde, y añade un tono cálido al azul.
  
- **BLANCO  
CALIDO  
DE LUJO** Se usa en las mismas aplicaciones generales que el blanco cálido estándar y es similar a él, pero con la adición de un elemento rojo que lo hace más favorecedor para la gente y la mayoría de los objetos que con el se iluminan. Se recomienda para aplicaciones domésticas o de ambientes sociales y para usos comerciales donde es importante favorecer la apariencia de personal y mercancías.
  
- **BLANCO** Se utiliza para iluminación general en oficinas, escuelas, tiendas y hogares. Se utiliza primordialmente en lugares donde se necesita un ambiente fresco de trabajo o cálido para fines sociales. Enfatiza los amarillos, amarillo-verdoso, naranjas.



**- LUZ DE  
DIA**

Se utiliza en la industria y en áreas de trabajo donde se prefiere en color azul que se asocia comunmente con la "luz nórdica" de la luz del día real. Hace que los azules y verdes se vean claros y brillantes, pero tiende a bajar el tono de los rojos, naranja y amarillos.

**b. - De Vapor de Mercurio.**

-Blanca normal (color corregido) C. Para uso industrial donde el rendimiento de color no es tan importante, fundiciones acerías, etc. Su uso a venido reemplazándose por la blanca de lujo, pudiendo ser eliminada en un futuro cercano.

Blanca de lujo DX. Proporciona un buen rendimiento del color, se utiliza en industrias, en áreas exteriores y para los mismos usos de la blanca cálida de lujo donde la economía es más importante que la calidad del color.

Blanca cálida de lujo WDr. Muy buen color, para aplicaciones comerciales e interiores no industriales como gimnasios, bancos, terminales de transportes y para alturas de montaje relativamente bajas donde por su menor brillo pueden proporcionar mayor comodidad.

Clara. Por su color amarillo-verdoso, su uso se restringe a alumbrados exteriores donde no importa el color y para alumbrado de calles, aunque en muchos casos éstos se ha venido efectuando con la blanca de lujo.

**c. - De Aditivos Metálicos.**

En general presentan buen rendimiento de color. Se fabrican con bulbo o con recubrimiento fosforado. Su uso es similar al de las lámparas de vapor de mercurio, pero se ve limitado por su costo mayor y una vida útil de aproximadamente la mitad con respecto a éstas.

**d. - De Vapor de Sodio.**

-Alta presión. La proporción mayor de energía luminosa se concentra en la parte amarillo-naranja del espectro, alterando bastante la apariencia de los objetos, su uso es adecuado para áreas exteriores, pasos a desnivel, calles y carreteras, áreas residenciales, estacionamientos, muelles, centros comerciales, etc.

**-Baja presión.** Su color es monocromático amarillo pero su rendimiento en lumen por watts es muy alto; por lo que se utiliza en calles, fachadas, talleres y ejes viales en donde se requiere un nivel de iluminación alto y en donde la diferenciación de colores no es muy importante.

A continuación se describen las características de las seis fuentes principales. Incandescentes, Tungsteno-Halógeno (Yodo-Cuarzo)mercurio, aditivos metálicos, fluorescente y sodio de alta presión.

**TIPO DE LAMPARA**

**VENTAJAS**

**DESVENTAJAS**

**Incandescente**

Modifica poco el tono del color. Es compacta permite fácil control del haz luminoso.

Bajo rendimiento de flujo luminoso (lumen por watts), vida corta (500-2000hrs). Costo de operación elevado.

**Yodo-Cuarzo**

Modifica poco el tono del color. Es compacta y permite un buen control del haz luminoso. Buen rendimiento en mantenimiento (El flujo luminoso permanece constante a lo largo de su vida.

Bajo rendimiento de flujo luminoso (lumen por watts, por ser una fuente tubular limita el control del haz. Vida media (2000-4000 hrs). Alto costo de operación.

**Vapor de Mercurio**

Larga vida (24000hrs) elevado rendimiento luminoso ( lumen por watts ). Bajo costo de operación. una

Alto costo inicial. Con bulbo claro los colores se modifican radicalmente, por ser fuente de gran tamaño, tiene un limitado control del haz luminoso. (especialmente con lámparas con revestimiento de fósforo). No enciende inmediatamente después de una interrupción de energía.

**Aditivos  
Metálicos**

Vida útil moderada (7500 hrs.). Muy elevado rendimiento luminoso ( Lumens por watts ). Permite ver los colores de forma natural. Bajo costo de operación.

Alto costo inicial. No enciende inmediatamente después de una interrupción de energía. Dificil control de la emisión.

**Fluorescentes**

Vida útil moderada (7500-9000 hrs). Alto rendimiento luminoso (Lumens por watts). Bajo costo de operación.

Alto costo inicial. Por su forma y longitud, no permite un control eficaz del haz luminoso, su rendimiento luminoso varía mucho con la temperatura ambiente.

**Vapor de Sodio  
de Alta Presión**

Larga vida útil (24000 hrs.). La de mayor rendimiento luminoso. Bajo costo de operación. Su luz de color amarillo pálido permite lograr efectos especiales en fachadas.

Alto costo inicial regular control del haz luminoso, su luz monocromática modifica los colores.

## V.7 CALCULO Y DISTRIBUCION DE UNIDADES DE ALUMBRADO

En este capítulo veremos dos métodos de cálculo, para interiores con el método de lumen-cavidades zonales y exteriores con el método de punto por punto, ya que estos son los cálculos más usuales en plantas químicas y petroquímicas.

### V.7.1 METODO DE LUMEN - CAVIDADES ZONALES

Los más práctico en áreas interiores, es diseñar el sistema de alumbrado, para proporcionar un nivel de iluminación promedio con un razonable grado de uniformidad en toda el área del local. Tales cálculos deben efectuarse con el método de Lumen - cavidad zonal.

El procedimiento general para cálculo de iluminación promedio, consiste de varios pasos que pueden resumirse como:

- 1.- Determinación del nivel de iluminación
- 2.- Selección del tipo de lámpara
- 3.- Selección de la luminaria
- 4.- Determinación del grado de limpieza del local

- 5.- Determinación de los factores de pérdidas
- 6.- Cálculos
- 7.- Distribución de las luminarias

Los dos primeros puntos ya han sido vistos por lo que definiremos los cinco restantes.

### 3.- Selección de la luminaria

En general, el tipo de luminaria a utilizar, dependerá en gran medida de la altura de montaje y del nivel de iluminación requerido, debido a que estos factores repercutirán en la forma de la luminaria y en la potencia de las lámparas.

Para la selección de la luminaria, se utilizan dos criterios: zonas de poca altura y zonas de gran altura.

#### a.- Locales con altura menor de 6 m.

- a.1 Generalmente las tareas visuales son más minuciosas en estos locales, por lo que se requieren altos niveles de iluminación, con bajo brillo y poco deslumbramiento a causa de las luminarias utilizadas por lo que la mayoría de las veces son del tipo fluorescente.
- a.2 El uso de las luminarias fluorescentes, requiere de una cuidadosa selección del difusor de acuerdo a la tarea que se va a realizar. Los difusores pueden clasificarse en tres grupos: opalinos, prismáticos y rejillas.
- a.3 Los difusores opalinos, son los que mayormente reducen los reflejos y tienen menor luminancia o brillo para ángulos directamente bajo la luminaria, aunque para ángulos grandes tienden a tener la mayor luminancia. En conclusión: este tipo de difusor reduce los reflejos, pero también se reducen el flujo luminoso y la comodidad visual.
- a.4 Los difusores prismáticos producen un mayor flujo luminoso en la zona de trabajo para ángulos bajo la luminaria y proporcionan un buen control de la luz para ángulos mayores. Este tipo de difusores presenta un buen balance entre brillantez y difusión, reduciendo reflejos y proporcionando buena comodidad para todos los ángulos.

- a.5 Las rejillas presentan el máximo brillo o luminancia en el plan de trabajo para ángulos directamente bajo la luminaria disminuyéndolos para ángulos grandes. Presentan la mayor comodidad visual para puntos de vista alejados.

**b.- Locales con altura mayor de 6 m.**

- b.1 Los trabajos que se realizan son generalmente con objetos tridimensionales, más bien grandes con características de reflexión difusa, por lo que no presentan problemas de deslumbramientos o de reflejos. En estas zonas se utilizan generalmente las lámparas de vapor de mercurio, combinadas en ocasiones con incandescentes o de luz mixta para el alumbrado de emergencia o en los casos en que es necesario mejorar un poco la calidad del color.
- b.2 En algunos casos especiales en los que se van a manejar materiales con reflexión de tipo especular, es más conveniente utilizar unidades fluorescentes para reducir los deslumbramientos.
- b.3 En estas zonas de gran altura es necesario seleccionar apropiadamente el haz de distribución de la luminaria, con objeto de reducir al mínimo las pérdidas a causa de las paredes y ventanas y reducir las zonas oscuras entre luminarias.
- b.4 La selección del ancho del haz está en función de la altura de montaje y del nivel luminoso requerido en el local. En general la relación entre el ancho del haz y la altura del montaje es inversa: a mayor altura menor ancho del haz y viceversa. Conforme aumenta el nivel luminoso para una misma altura de montaje el haz disminuye.
- b.5 En zonas con luminarias de montaje colgante conviene utilizar luminarias con una componente de iluminación hacia el techo ( tipo semi-directo ), con el objeto de reducir sombras molestas y obtener un ambiente más agradable.

**4.- Determinación del grado de limpieza del local**

- a.- La suciedad en el medio ambiente en el que opera una luminaria puede venir de dos fuentes: la que proviene de las atmósferas adyacentes al área y la que se

genera por el tipo de trabajo efectuado en el mismo local. Ambas fuentes son tomadas en cuenta en la tabla A para determinar el grado de suciedad del local.

- b.- La suciedad puede clasificarse como adhesiva, de atracción o inerte y puede provenir de fuentes constantes o intermitentes. La suciedad adhesiva se mantiene por fuerzas electrostáticas. La suciedad inerte, variará en acumulación tanto como una superficie pueda retener, antes de que la suciedad se disperse por gravedad o por circulación de aire.
- c.- Ejemplos de suciedad adhesiva son: grasas, cochambre, partículas de combustión de aceite, humos provenientes de operaciones de refinamiento de metales o plateados.
- d.- Ejemplos de suciedad de atracción son: cabellos, fibras, pelusas o partículas secas cargadas electrostáticamente durante operaciones de maquinaria.
- e.- Ejemplos de suciedad inertes: partículas no cargadas electrostáticamente ni pegajosas como polvos, harinas, talcos, etc.
- f.- Las tablas A, B y C se usan para determinar el grado de suciedad de la atmósfera.

##### 5.- Determinación de los factores de pérdidas

- a.- Una vez que se ha seleccionado la luminaria apropiada, pueden determinarse los factores de pérdidas de iluminación.
- b.- Estos factores pueden considerarse en dos grupos: Controlables y No Controlables; entendiéndose por controlables aquellos en los que las pérdidas dependes de los procedimientos de mantenimiento y no controlables aquellos en los cuales no se tiene influencia o son altamente costosos de corregir. los factores que intervienen en el diseño de alumbrado.
- c.- Temperatura ambiente de la luminaria: Este factor afecta principalmente a las lámparas fluorescentes para uso normal en interiores, debido a que la

emisión luminosa en este tipo de lámparas depende de la presión de vapor de mercurio contenido dentro del tubo, la cual a su vez depende de la temperatura en el punto más frío de la lámpara. Este factor debe tomarse en cuenta si la temperatura ambiente difiere apreciablemente de los límites de 20 a 30°C. La tabla D, muestra las variaciones de los lúmenes de emisión en función de la temperatura ambiente.

- d.- Antes de aplicar los factores de la tabla D deberá estudiarse la posibilidad de emplear lámparas de alta emisión, especiales para climas extremos, en cuyo caso deberá consultarse al fabricante para la determinación de estos factores.
- e.- Tensión en la luminaria: La emisión luminosa de las lámparas, se verá afectada por las variaciones de tensión con respecto al voltaje nominal de la lámpara o del balastro utilizado. Estas variaciones se muestran en la figura 1. Los voltajes nominales más frecuentes para lámparas y balastros, son de 127, 220, 254, 277 y 440 Volts., empleándose generalmente los de 127, 220, 277 para las tensiones respectivas. En ningún caso se deberá utilizar balastros de 440 Volts en sistemas de 480 Volts.
- f.- Tomando en cuenta la caída máxima permitida por las Normas como del 5% total, de la figura 1 se pueden calcular los factores máximos aplicables a la pérdida de iluminación por caída de tensión.
- g.- Disminución de emisión luminosa por suciedad. Este factor varía y el ambiente en que trabaja. Las luminarias se dividen en seis categorías; la categoría de cada una de la tabla E está indicada en el croquis de la misma. Una vez determinada la categoría, el factor de degradación por suciedad de la luminaria se puede leer en una de las 5 curvas que se muestran para cada categoría en la tabla E. El punto de la curva ha de elegirse de acuerdo con el número de meses transcurridos entre dos limpiezas consecutivas de luminarias. La curva particular elegida será la correspondiente al contenido de suciedad en el ambiente.

## 6.- Cálculos

### a.- Fórmula General

Durante los puntos anteriores se ha determinado la tarea visual a realizar, la cantidad de iluminación requerida y se ha evaluado un factor de pérdidas de iluminación, con objeto de diseñar un sistema de alumbrado para interiores, para calcular la iluminación promedio, se utilizará el método de los lúmenes-cavidades zonales el cual se describe en los párrafos siguientes.

Este método es utilizado para calcular la iluminación promedio de la iluminación de todos los puntos en el plano de trabajo de un Área interior.

$$\text{Iluminación (luxes)} = \frac{\text{Flujo Luminoso (lúmenes)}}{\text{Área (m}^2\text{)}} \quad 5.3$$

Ahora bien el flujo luminoso total producido por una cierta cantidad de luminarias en un Área será:

$$\text{flujo luminoso total} = \text{No. de luminarias} \times \text{No. de lámparas por luminaria} \times \text{lúmenes de la lámpara} \quad 5.8$$

sustituyendo 5.8 en 5.3:

$$\text{Iluminación} = \frac{\text{No. de luminarias} \times \text{No. lámparas por luminarias} \times \text{Lúmenes de la lámpara}}{\text{Área}} \quad 5.9$$

despejando el No. de luminarias:

$$\text{No de luminarias} = \frac{\text{Iluminación} \times \text{Área}}{\text{No. Lámparas por luminaria} \times \text{Lúmenes de lámpara}} \quad 5.10$$

El número de luminarias calculado por la fórmula 5.10 sería suficiente sino se tuvieran pérdidas, pero como no todos los lúmenes emitidos por las lámparas alcanzan el plano de trabajo debido a pérdidas en la luminaria y en las superficies del local, es necesario emplear un coeficiente de utilización (C.U.) que se define como:

$$\text{C.U.} = \frac{\text{Lúmenes en el plano de trabajo}}{\text{Lúmenes emitidos totales}} \quad 5.11$$



Ademas del coeficiente de utilización, deben tomarse en cuenta los factores de pérdidas de emisión luminosa como se definieron en el punto 5, por lo que la fórmula 5.10 debe corregirse a:

$$\text{No. de luminarias} = \frac{\text{Niv. Luminoso} \times \text{Area}}{\text{No. Lamp. por luminaria} \times \text{lumenes de lamp.} \times \text{CU} \times \text{fpt}} \quad 5.12$$

donde:

CU: Coeficiente de iluminación  
fpt: Factor de pérdidas totales

Cada luminaria tiene su tabla de coeficiente de utilización (Tabla F) a sus propias características para distribuir la luz. El factor de pérdidas totales es el producto del total de pérdidas visto en el punto 5.

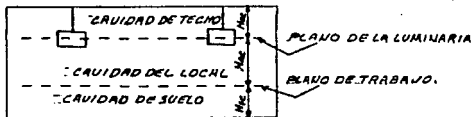
El método de las cavidades zonales se toman en cuenta los efectos de las proporciones del local, la distancia de la luminaria al techo y la altura del plano de trabajo respectivamente para su división en tres cavidades:

- Cavidad del cuarto o local (cc)
- Cavidad del techo (ct)
- Cavidad del suelo (cs)

cavidad del  
techo

cavidad del  
cuarto

cavidad del  
suelo



Cada una de las cavidades tiene una constante conocida como Relación de cavidad que depende de la forma y la altura de la cavidad. Las fórmulas para calcular cada una de estas relaciones son las siguientes:

$$RC_{cc} = \frac{5 \times cc \times (L + A)}{L \times A} \quad 5.13$$

$$RCct = \frac{5 \times ct \times (L + A)}{L \times A} \quad 5.14$$

$$RCcs = \frac{5 \times cs \times (L + A)}{L \times A} \quad 5.15$$

La obtención de estos valores de cavidades es para verificar la reflectancia efectiva en el piso o zona de trabajo.

## 7.- Distribución de las luminarias

### - Colocación de luminarias montadas individualmente

Generalmente la separación de las luminarias a la pared se toma como de la mitad de la separación entre luminarias, la cual resulta adecuada para locales en donde el trabajo no se desarrolla cerca de las paredes. Las siguientes relaciones sirven para obtener la separaciones.

$$a = \frac{A}{2H} \quad 5.16$$

Donde:

A = Ancho del local

L = Largo del local

$$b = \frac{H}{L} \quad 5.17$$

H = No. de hileras de luminarias considerado

N = No. de luminarias por hilera

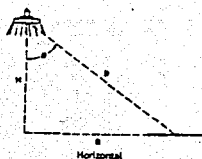
$$c = \frac{2N}{L} \quad 5.18$$

$$d = \frac{2N}{N} \quad 5.19$$

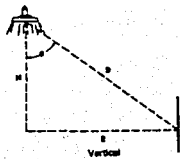
### V.7.2 METODO DE PUNTO POR PUNTO

El cálculo de la iluminación en un punto sobre un plano en cualquier posición, consiste de dos partes: la componente directa y la componente reflejada, la suma de estas es la iluminación sobre el punto en cuestión. Para alumbrado exterior, la componente reflejada es igual a cero.

Cuando se dispone de la curva de distribución de la fuente y la mayor dimensión de ésta no es superior a un quinto, aproximadamente, de la distancia entre la fuente y la zona estudiada, pueden usarse para determinar la iluminación sobre superficies horizontales o verticales las siguientes fórmulas y datos:



$$\text{Lux} = \frac{\text{Pot. en Candelas} \times \cos^3 \theta}{\text{Distancia al cuadrado}}$$



$$\text{Lux} = \frac{\text{Pot. en Candelas} \times \sin^3 \theta}{\text{distancia al cuadrado}}$$

Como  $\sin \theta = \frac{R}{D}$  y  $\cos \theta = \frac{H}{D}$  Las fórmulas anteriores pueden escribirse así:

$$(\text{plano horizontal}) = \frac{\text{candelas} \times H}{D^3} = \frac{\text{candelas} \times \cos^3 \theta}{H^2} \quad 5.20$$

$$(\text{plano vertical}) = \frac{\text{candelas} \times R}{D^3} = \frac{\text{candelas} \times \cos^2 \theta \times \sin \theta}{H^2} \quad 5.21$$

Para facilitar el cálculo de los niveles luminosos sobre el plano horizontal, se da la Tabla 6, que puede aplicarse desarrollando los tres sencillos pasos siguientes:

- Paso 1. Determinar en la Tabla el ángulo de la figura anterior, en grados.
- Paso 2. A partir de la curva de distribución de la fuente de luz, determinar la intensidad luminosa de la fuente en la dirección del punto en que se trata.
- Paso 3. Multiplicar la intensidad en candelas por el factor multiplicador que aparece en la parte inferior de cada casilla, y dividir el resultado por la intensidad luminosa (100 ó 100 000 candelas) en que se basa la parte que se maneja de la tabla. La solución así obtenida es la iluminación de ese punto en lux.

La Tabla 6 pueden emplearse también para calcular la iluminación sobre una superficie vertical en un punto de un plano vertical que incluya el punto y a la fuente de luz. Cuando el punto está situado en una superficie vertical que no es normal al plano vertical que contenga a la fuente y al punto, hay que tener en cuenta el ángulo adicional.

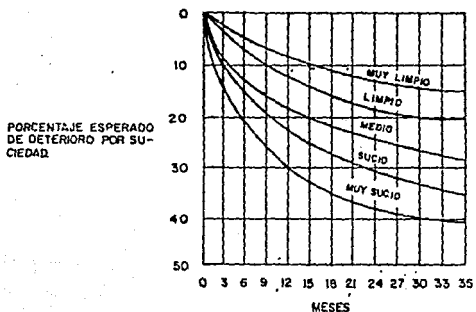
**FACTOR DE DEPRECIACION POR ACUMULACION  
DE POLVO EN LOS LUMINARIOS**

TIPO DE LUMINARIO	FACTOR					
	ACUMULACION DE POLVO					
	LIGERO		REGULAR		FUERTE	
Abierto ventilado	0.97	0.90	0.90	0.78	0.78	0.70
Cerrado con filtro	0.98	0.95	0.95	0.90	0.90	0.85

TABLA A

FACTORES DE CONSERVACION RECOMENDADOS PARA ILUMINACION CON PROYECTORES	
TIPO DE LAMPARA	FACTOR DE CONSERVACION
Incandescente	0.75
Cuarzo-yodo	0.85
Mercurio corregido	0.75
Mercurio blanco	0.70
Aditivos metálicos	0.65
Sodio alta presión	0.75

TABLA B



PORCENTAJE ESPERADO DE DETERIORO POR SUCIEDAD

TABLA C

FACTORES DE PERDIDAS DE ALUBRADO

<u>t (°C)</u>	<u>Factor</u>
0	0.3
5	0.48
10	0.68
15	0.82
20 - 30	1.0
35	0.92
40	0.81
46	0.76
50	0.65

FACTOR DE TEMPERATURA AMBIENTE PARA LAMPARAS FLUORESCENTES

TABLA D

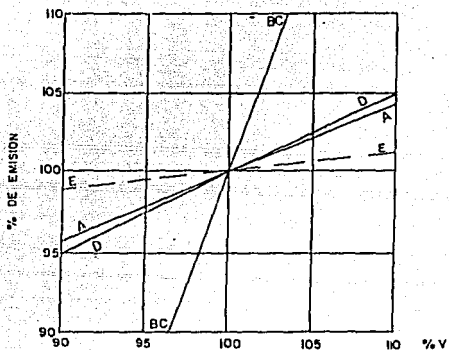


FIG. 1

FACTOR DE PERDIDAS POR CAIDA DE TENSION  
(DEL MANUAL DE ALUMBRADO WESTINGHOUSE)

- A LAMPARA FLUORESCENTE
- B LAMPARA DE VAPOR DE MERCURIO CON REACTORES NO REGULADOS
- C LAMPARA INCANDESCENTE
- D LAMPARA DE VAPOR DE MERCURIO CON AUTOTRANSFORMADOR DE POTENCIA CONSTANTE
- E LAMPARA DE VAPOR DE MERCURIO CON REACTORES DE POTENCIA CONSTANTE DE CALIDAD PREMIUM O SUPERIOR

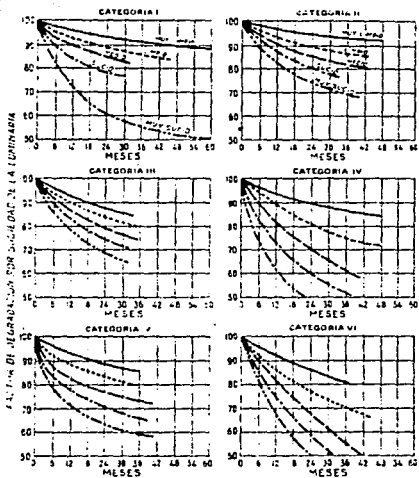
CINCO GRADOS DE SUCIEDAD

	Muy limpia	Limpia
Suciedad general	Muy	Muy baja
Acceso libre	Muy	Alto (no más del 10%)
Exposición al viento	Extremo	Superior a media
Exposición de la suciedad	Muy	Alto
Exposiciones	Oficinas de tipo técnico no productivo y un punto de producción gubernamental, manufacturas limpias	Oficinas y edificios antiguos o próximos a los puntos de producción.

CINCO GRADOS DE SUCIEDAD - continuación

	Medio	Sucia	Muy sucia
Suciedad general	Perceptible, pero no alta	Se acumula considerable	Acumulación considerable
Suciedad ambiental	Algo de suciedad acumulada en el suelo	Una gran cantidad de suciedad en la zona	Casi ninguna suciedad acumulada
Exposición al viento	Superior a la media	Son perceptibles o molestas a los días	
Exposiciones de las superficies	Se acumula poca suciedad visible de superficies verticales	Alta, probablemente superior al 10%, y se acumula a menudo	Alta
Exposiciones	Oficinas de tipo técnico	Talleres técnicos, manufacturas y otros procesos, procesos con polvo.	Superior al grado sucio, sobre los horizontes, dentro de la zona inmediata de contaminación.

TABLA E



CONTINUACION TABLA E













## **CAPITULO VI**

# **CALCULO DE CIRCUITO CORTO POR EL METODO DE LOS MVA'S**

## CAPITULO VI

### CALCULO DE CIRCUITO CORTO POR EL METODO DE LOS MVA'S

#### VI.1. INTRODUCCION

El proposito del presente capítulo es el de aplicar el METODO DE LOS MVA'S, para el cálculo de las corrientes de circuito corto. Se considera que, el método antes mencionado, actualmente es el idóneo para nuestras instalaciones, debido a la flexibilidad para ubicar los puntos de falla en cualquier parte de nuestros diagramas y a la simplicidad de las matemáticas aplicadas en él.

El método utilizado para el estudio de corrientes de circuito corto llamado "El Método de los MVA'S" es realmente el más idóneo para ser aplicado en la industria con grandes ventajas en precisión y ahorro de tiempo para el calculista que tenga la problemática de seleccionar un equipo eléctrico o de aprobar un sistema en proyecto.

Se sabe que por normas un equipo debe cumplir con una serie de requisitos previamente determinados. Tales requisitos son eléctricos y mecánicos, todos ellos perfectamente estipulados en códigos y especificados técnicamente en normas de construcción, recepción y pruebas. Dentro de esta gama de requerimientos está el de la capacidad interruptiva, que es el parámetro que determina la rigidez para soportar un esfuerzo mecánico producido por la corriente de choque de un circuito corto.

Para ello las magnitudes de estas corrientes deben ser determinadas y sus valores comparados con los rangos establecidos ya, en un equipo construido y probado.

Tradicionalmente para determinar los valores de circuito corto, han existido básicamente tres métodos que son:

- 1.- Método Ohmico
- 2.- Método de los KV Base en por Unidad
- 3.- Método de las Componentes Simétricas

El método de los MVA'S conjuga a los dos primeros y los mejora al obtener resultados muy aproximados o idénticos en tiempos comparativamente menores, con esfuerzos mentales mínimos y con matemáticas simplificadas.

Los razonamientos y procedimientos para establecer un diagrama de impedancias con sus valores son ahora simples sistemas de rutina que llevan al mismo resultado por un camino corto.

El saber calcular los problemas acerca del circuito corto, resolverlos con los métodos convencionales es tarea difícil para unos y fácil para otros, por lo que, mientras más sencillo sea el procedimiento, más prácticos serán los resultados.

## VI.2. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DE LOS MVA'S

Básicamente el método de los MVA'S, es una modificación del OHMICO, en el cual la impedancia de un circuito corto es la suma de las impedancias de todos los componentes del circuito.

Por definición, la admitancia es el recíproco de la impedancia, también la admitancia o componente de un circuito es la máxima corriente a los KVA máximos a tensión unitaria que pueden fluir a través de un circuito o componente a una falla, cuando se producen por una fuente de capacidad infinita.

Las siguientes expresiones son las representativas para el estudio de una falla en un sistema o componente de un circuito.

$$Y = \frac{1}{Z} \quad 6.1$$

$$KY_{acc} = 1000 \times (KV)^2 Y \quad 6.2$$

$$MV_{acc} = (KV)^2 Y \quad 6.3$$

$$MV_{acc} = \frac{MVAs}{Z_{p.u.}} \quad 6.4$$

Donde:

- Y = Admitancia de un circuito
- Z = Impedancia en Ohms
- Z<sub>p.u.</sub> = Impedancia en por unidad
- KV = Tensión entre fases
- KV<sub>cc</sub> = KVA de circuito corto
- MV<sub>acc</sub> = MVA de circuito corto
- MVAs = MVA del sistema en su base

Prácticamente el método de MVA'S se utiliza separando las componentes de un sistema y calculando cada componente con bus infinito. Para llegar a ello hay que establecer las figuras básicamente y para lograrlo solo se requiere de aritmética.

En la figura 1 se puede observar un ejemplo para transformar un sistema Ohmico en un sistema MVA.



### VI.3. APLICACION DEL METODO

El cálculo de las corrientes de circuito corto por el método de los MVA'S, en el diagrama unifilar (Fig.2) del proyecto de una planta petroquímica.

Para iniciar el cálculo de circuito corto en este sistema, se contara con los siguientes parámetros (Fig.2).

- |   |   |
|---|---|
| 1.- Capacidad interruptiva de entrada                               | 1 |
| 2.- Potencia en KW de los motores conectados                        | 2 |
| 3.- Capacidad en KVA de los transformadores                         | 3 |
| 4.- Tensión de aplicación en cada una de las barras de distribución | 4 |
| 5.- Sección de los alimentadores y su reactancia                    | 5 |
| 6.- Reactancia de motores e impedancia de transformadores           | 6 |

De la Figura 2 y aplicando en cada caso las fórmulas (1), (2), (3) y (4) se obtiene la figura 4.

Es conveniente cambiar los valores dados en KW a valores en KVA, e inmediatamente a MVA dividiendo entre 1000 (mil). Estos datos son valores nominales.

Así por ejemplo, un motor con potencia nominal de 298 KW y suponiendo un factor de potencia para diseño de 0.85, tenemos que:

$$KVA \times \text{Cos } \phi = KW \quad 6.5$$

$$KVA = \frac{KW}{\text{Cos } \phi} \quad \text{sustituyendo valores:}$$

$$KVA = \frac{298}{0.85} = 350$$

O sea 0.350 MVA (Valor Nominal)

Fig.3

En caso de un transformador cuya capacidad es de 1000KVA nominales tenemos 1.0 MVA nominal.

Ahora lo importante es saber con qué valor en MVA de circuito corto coopera cada elemento componente del sistema.

Para determinar este valor en cada caso hacemos uso de los parámetros antes enlistados.

- a.- Contribución de un motor de 1865 KW con reactancia propia subtransitoria de  $X'' = 0.2$  p.u.

Convertir 1865 KW a MVA valor nominal

$$KVA = \frac{KW}{F.P.}$$

$$kVA = \frac{1865}{0.85} = 2194$$

$$MVA = \frac{kVA}{1000} = \frac{2194}{1000} = 2.194$$

$$MVAcc = \frac{MVA}{X^*p.u.} = \frac{2.194}{0.2} = 10.97$$

- b.- Contribución de un transformador de 1000 kVA de capacidad nominal y con una impedancia de 5.75%.

$$1000 \text{ kVA} = 1.0 \text{ MVA (Nominal)}$$

$$MVAcc = \frac{MVA}{Z \text{ p.u.}} = \frac{1.0}{0.0575} = 17.39$$

- c.- Contribución del alimentador para el transformador 2 (T-2) cuya reactancia es de  $X = 0.019 \Omega$  y tiene una tensión aplicada de 4160 V.

$$MVAcc = (KV)^2 Y = \frac{KV^2}{Zp.u.}$$

$$MVAcc = \frac{(4.16)^2}{0.019} = 910.8$$

Estos valores calculados en los incisos A, B y C, son los valores representativos de circuito corto en cada elemento. Para integrar todos los valores en el diagrama como se indica en la fig. 3 deben seguirse los pasos indicados en A, B y C.

El siguiente paso es formar el diagrama de bloques como el representado en la fig. 4. Este diagrama contiene los valores de circuito corto en cada bloque el cual es representativo de cada elemento componente del sistema. Quedan también representadas las líneas de llegada y las barras de distribución con los niveles de tensión asignados.

Preparado el diagrama fundamental de bloques como el de la fig. 4, sólo queda seleccionar los puntos donde se requiere el valor de una supuesta falla de características simétricas, cuyo rango se determina canalizando hacia dicho punto todos los valores de corrientes de circuito corto; en seguida se explica el procedimiento.

## CORRIENTES DE CIRCUITO CORTO EN FI

En el ramal que contiene los bloques de b a h , se vé que la disposición en serie y e f g son conexión en paralelo y g h , es una disposición serie.

El primer paso es ubicar los bloques en una sola disposición ya sea todos en serie o todos en paralelo. En el ramal que nos ocupa hay que igualar los bloques g y n a las condiciones de e y f .

### SECUENCIA DE OPERACIONES

- Quando se trata de conjuntos cuya disposición es conexión en paralelo el resultado de un bloque equivalente es la suma aritmética de ellos.
- Quando se trata de conjuntos cuya disposición es conexión en serie el resultado de un bloque equivalente es como se indica.

$$\text{Disposición serie: } MVA_{1,2} = \frac{(MVA_1) \times (MVA_2)}{(MVA_1) + (MVA_2)} \quad 6.6$$

Disposición en paralelo:

$$MVA_{1,2} = MVA_1 + MVA_2 \quad 6.7$$

NOTA: El valor que resulta de la operación según (5) es siempre menor que el más pequeño de los factores que intervienen.

Ej: Si  $MVA_1 = 6$   
 $MVA_2 = 3$

$$MVA_{1,2} = \frac{(MVA_1) \times (MVA_2)}{(MVA_1) + (MVA_2)} = \frac{6 \times 3}{6 + 3} = 2$$

$2 < 3$       Tres es el valor menor de los factores.

APLICACION PARA PASAR DE LA FIGURA 4 A LA FIGURA 5.

Según fórmula 5. Para g y h

$$1.- MVA_{g h} = \frac{(MVA_g) \times (MVA_h)}{(MVA_g) + (MVA_h)}$$

$$MVA_{g h} = \frac{0.83 \times 0.004}{0.83 + 0.004} = 0.0039$$

2.- Para b y c :

$$MVA_{b\ c} = \frac{9405 \times 17.39}{9405 + 17.39} = 17.39$$

Si el procedimiento aplicado en 1) y 2) en el ramal (A) se aplico sucesivamente a los ramales (B) y (C) de la fig. 4 obtenemos la primera reduccion del diagrama para quedar como se ve en la fig.5. Aqui eliminamos la rama (C) de reservas.

3.- En la fig. 5 de inmediato se ven las disposiciones de bloques en paralelo cuya consideracion para un bloque equivalente es suma aritmetica y obtenemos la fig. 6. Se hace la observacion de que todo el equipo reserva queda fuera de consideracion al no contribuir con ningun valor al circuito corto.

4.- Los pasos de reduccion para obtener las figs. 7 y 8 son los antes aplicados y obtenemos como resultado final:

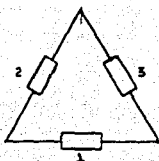
$$\begin{aligned} MV_{Acc} &= 295.7 \quad \text{Por lo que la corriente de circuito corto} \\ &\quad \text{sera:} \\ I_{cc} &= \frac{MV_{Acc} \times 1000}{\sqrt{3} \times KV} = \frac{295.7 \times 1000}{\sqrt{3} \times 4.16} = 41,075 \text{ Amps. Sim.} \end{aligned}$$

#### CORRIENTES DE CIRCUITO CORTO EN Fz

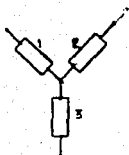
Para obtener el valor de Fz nos auxiliamos de la fig. 7 en la cual tenemos los valores ya simplificados. Ahora se trata de canalizar hacia Fz, pasando de la fig. 7 a la fig. 9 y de esta a la fig. 10 que es donde aparece el valor de Fz igual a 13.23 MVA, por lo que la corriente de circuito corto sera:

$$I_{cc} = \frac{13.23 \times 1000}{1.73 \times 0.48} = 15,940 \text{ Amps. Sim.}$$

Raramente se presenta el caso de un sistema conexi6n en Delta cuya conversi6n debe ser a estrella o viceversa. En cualquier caso se trata de operaciones aritmeticas como se presenta en las figuras siguientes.



CONEXION DELTA



CONEXION ESTRELLA

$$V_1 = \frac{S}{D_1}$$

$$V_2 = \frac{S}{D_2}$$

$$V_3 = \frac{S}{D_3}$$

$$S = (D_1 \times D_2) + (D_2 \times D_3) + (D_3 \times D_1)$$

#### VI. 4. CALCULO DE LA CORRIENTE DE CIRCUITO CORTO DE FASE A TIERRA

Como se ha visto con anterioridad, ha quedado resuelto el valor de circuito corto trifásico empleando el método de los MVA'S. Debido a que en nuestro sistema en cuestión no empleamos generadores en lo que se refiere a los puntos F<sub>1</sub> y F<sub>2</sub>, la corriente de circuito corto de secuencia positiva será igual a la de secuencia negativa, por lo tanto:

$$MVA_{11} = MVA_{22}$$

La corriente de circuito corto de fase a tierra o de secuencia cero en MVA'S se podrá determinar combinando los valores positivos y negativos.

Durante una falla en las barras de distribución a 0.48 KV, sólo el transformador y el motor contribuyen al circuito corto de fase a tierra o de secuencia cero. La conexión delta del primario del transformador impide el paso de cualquier potencia de circuito corto que fluya del sistema anterior al de 0.48 KV, por lo tanto, el nuevo diagrama de secuencia cero es el que se muestra en la fig. 11, considerando las siguientes observaciones:

- a.- La reactancia de secuencia cero del transformador es igual a sus reactancias positiva y negativa.

$$MVA_{X0T} = MVA_{X1T} = MVA_{X2T} = 17.39$$

- b.- Debido a que el valor de la reactancia de secuencia cero de un motor es de 0.5 con respecto al de la secuencia positiva  $X_d''=0.2$ :

$$X_0 = 0.5 \times 0.2 = 0.1$$

$$MVA_{X0M} = \frac{0.39 + 2.21}{0.1} = \frac{2.6}{0.1} = 26$$

- c.- La potencia de circuito corto total de secuencia cero será igual a:

$$MVA_{X0r} + MVA_{X0M} = 17.39 + 26 = 43.39$$

La potencia de circuito corto total de fase a tierra se obtiene de acuerdo con la Fig. 12. Sabemos que:

$$MVA_{X1} = MVA_{X2} = 13.23$$

siendo 13.23 la potencia de circuito corto en el punto Fa.

En la fig. 12 se puede observar que los tres ramales mostrados en ella se encuentran en paralelo, por lo que, lo más simple será llevar un ramal hacia afuera del circuito y así resolver su valor de MVA'S, y posteriormente se multiplicará por 3 para obtener el resultado final:

$$MVA_{1,2} = \frac{(13.23) \times (13.23)}{(13.23) + (13.23)} = 6.615$$

$$MVA_{1,3} = \frac{(6.615) \times (43.39)}{(6.615) + (43.39)} = 5.74$$

$$MVA_{F0} = 5.74 \times 3 = 17.22$$

Por lo que la corriente de circuito corto de fase a tierra será:

$$I_{ccro} = \frac{17.22 \times 1000}{1.73 \times 0.48} = 20\,746.9 \text{ Amps.}$$

## VI.5. COMPARACION DE METODOS

Para hacer una comparación de métodos, simularemos un diagrama unifilar lo más sencillo posible Fig.13, con el objeto de simplificar, compuesto por:

- 1.- Un sistema de alimentación a 13.8 Kv. y una potencia de circuito corto de 500MVA.
- 2.- Cables con una reactancia  $X = 0.151$  Ohms.
- 3.- Unas barras de distribución a 2.4 KV.
- 4.- Un motor de 2500 KVA con una reactancia subtransitoria  $X_d'' = 0.16$

El problema consiste en encontrar la corriente de circuito corto trifásica con la contribución del motor y sin ella, en el punto F.

Cabe hacer notar que solo se emplearán las reactancias para este caso, se supone que si se usan las impedancias se obtendrá aproximadamente el mismo resultado, pero se complicarían los cálculos.

En la figura 14 se muestra una tabulación con los cálculos de conversión para los 3 métodos.

Las figuras 15, 16 y 17 representan los 3 métodos utilizados para comparación y por último la figura 18 tabula los resultados.

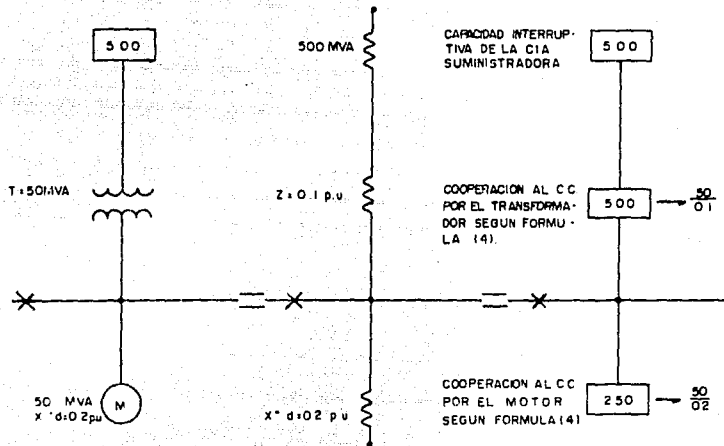


FIG 1





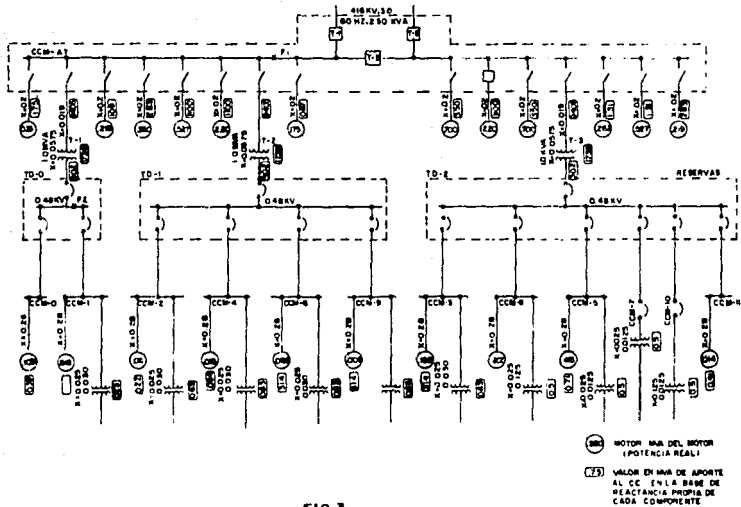


FIG 3

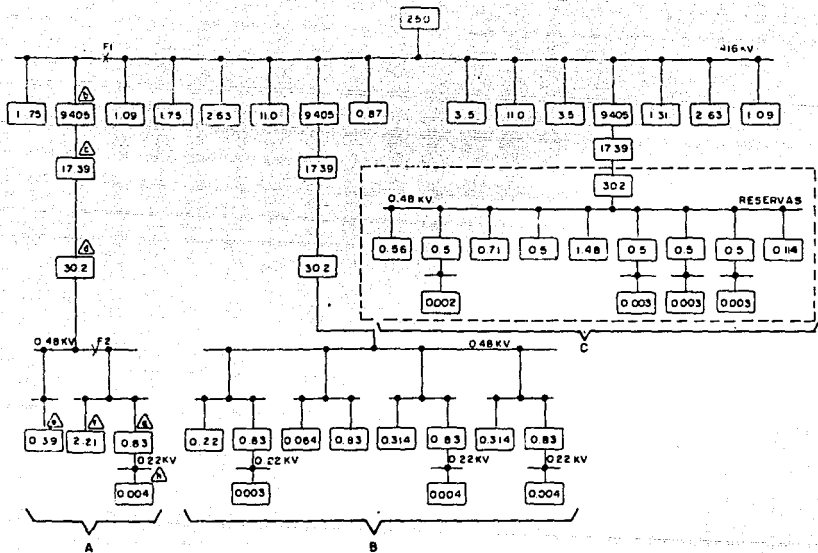


FIG. 4

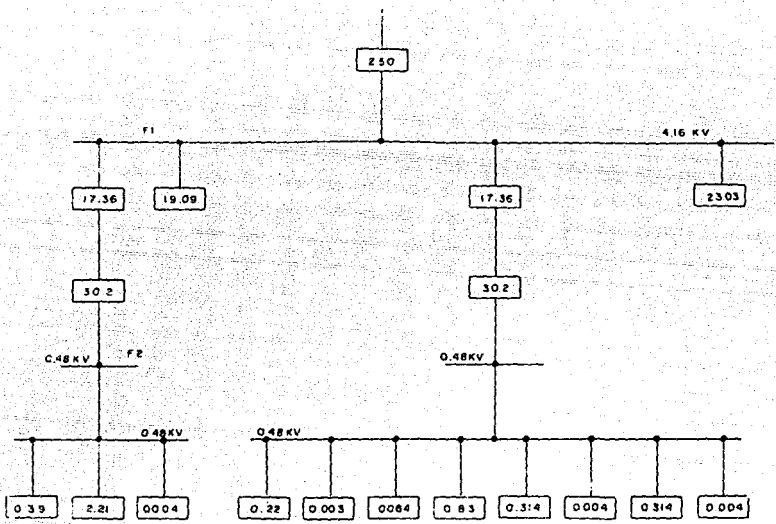


FIG. 5

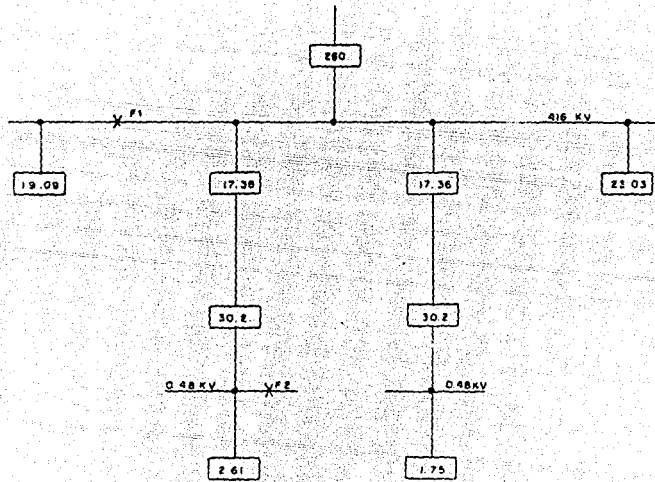


FIG 6

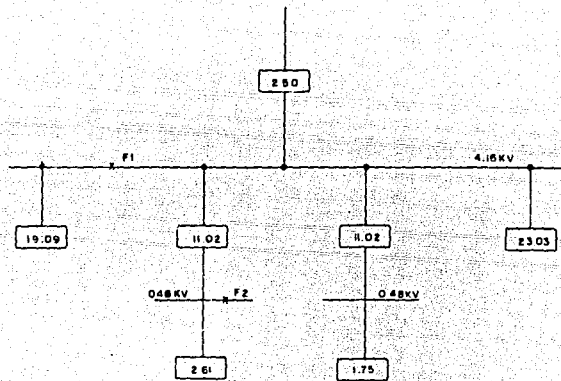
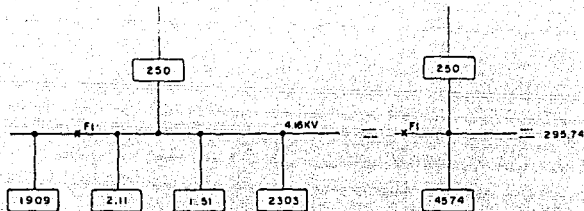


FIG 7



MVAcc = 295.74

$$I_{cc F1} = \frac{MVA_{acc} \times 1000}{\sqrt{3} \times KV}$$

$$= \frac{295.74 \times 1000}{1.73 \times 416}$$

= 41075 A Sim

FIG. 6

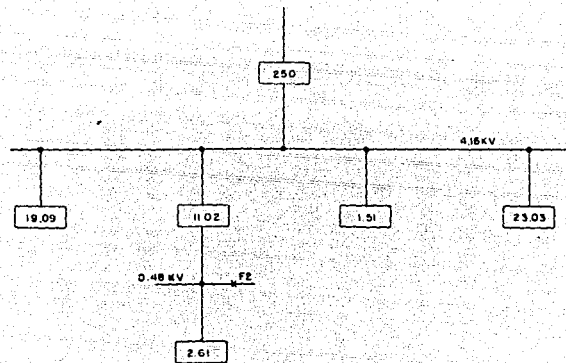
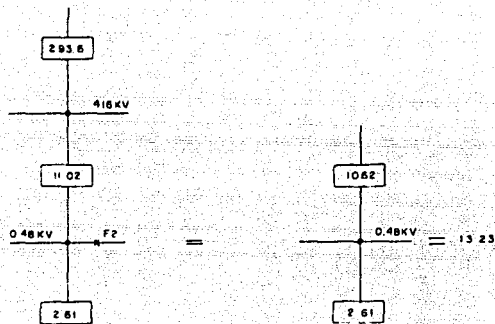


FIG 9





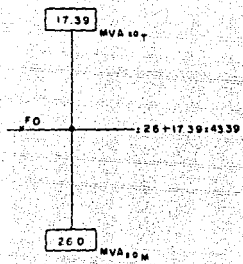
$$MVA_{cc} = 13.23$$

$$I_{cc F2} = \frac{MVA_{cc} \times 1000}{\sqrt{3} \times 0.48}$$

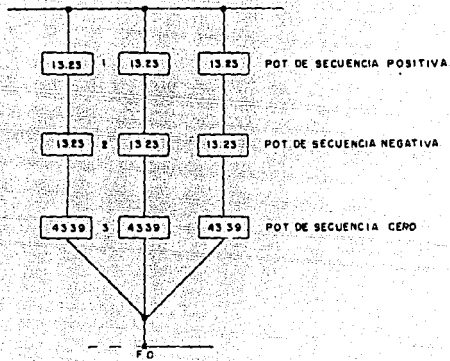
$$= \frac{13.23 \times 1000}{1.73 \times 0.48}$$

$$= 15940 \text{ A } 3 \phi$$

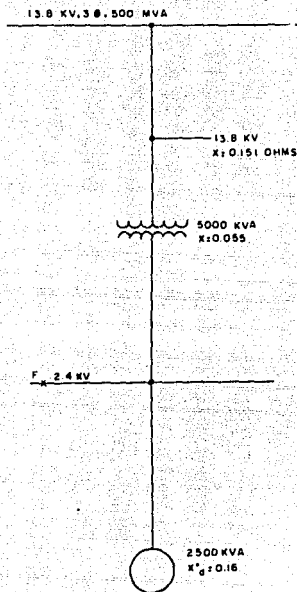
FIG 10



**FIG. 11**  
 POTENCIA DE FALLA DE  
 SECUENCIA CERO



**FIG. 12**  
 CIRCUITO DE POTENCIAS  
 DE FALLA FASE A TIERRA



**FIG 13**

DIAGRAMA UNIFILAR PARA COMPARACION  
 DE METODOS

	METODO OHMICO	METODO POR UNIDAD (500000 KVA BASE)	METODO DE LOS MVA'S
SISTEMA 1	$X = \frac{1000 \times (KV)^2}{KVA_b}$ $= \frac{1000 \times (13.8)^2}{500000}$ $= 0.38 \text{ OHMS}$	$X_{p.u.} = \frac{KVA \text{ Base} \times (I)}{KVA \text{ S.C.}}$ $= \frac{500000 \times 1}{500000}$ $= 1.000$	$MVA_1 = \frac{5000}{}$
ALIMENTADOR A 13.8 KV	$X = 0.151 \text{ OHMS}$	$X_{p.u.} = \frac{(OHMS) \times (KVA \text{ BASE})}{1000 \times (KV)^2}$ $= \frac{(0.151) \times (500000)}{(13.8)^2 \times 1000}$ $= 0.396$	$MVA = \frac{(KVA)}{X_{OHMS}} = \frac{(13.8)}{0.151}$ $= 1260$
TRANSFORMADOR 3	$X = \frac{1000 \times (X.P.U.) \times (KV)^2}{KVA_b}$ $= \frac{1000 \times 0.055 \times (2.4)^2}{5000}$ $= 0.063 \text{ OHMS}$	$X_{p.u.} = \frac{(X.P.U.) \times (KVA \text{ BASE})}{KVA_T}$ $= \frac{(0.055) \times (500000)}{5000}$ $= 5.500$	$MVA = \frac{MVA_T}{X.P.U.} = \frac{5}{0.055}$ $= 91$
MOTOR 4	$X = \frac{1000 \times (X.P.U.) \times (KV)^2}{KVA_b}$ $= \frac{1000 \times 0.16 \times (2.4)^2}{2500}$ $= 0.369 \text{ OHMS}$	$X_{p.u.} = \frac{(X.P.U.) \times (KVA \text{ BASE})}{KVA_m}$ $= \frac{(0.16) \times (500000)}{2500}$ $= 32.000$	$MVA_4 = \frac{MVA_m}{X.P.U.} = \frac{2.5}{0.16}$ $= 15.6$

FIG 14

METODO OHMICO

(VER FIGURA 13)

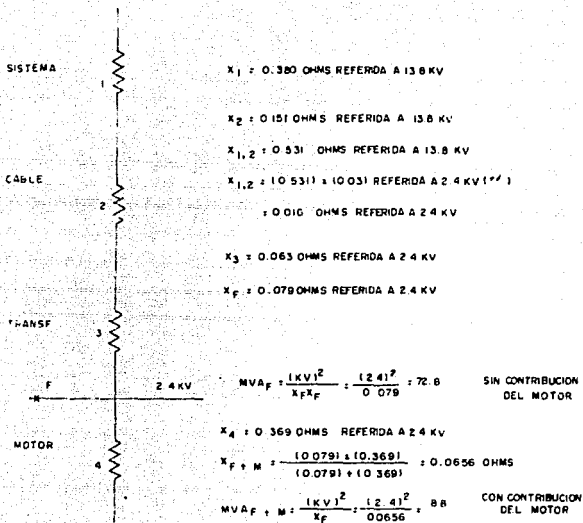


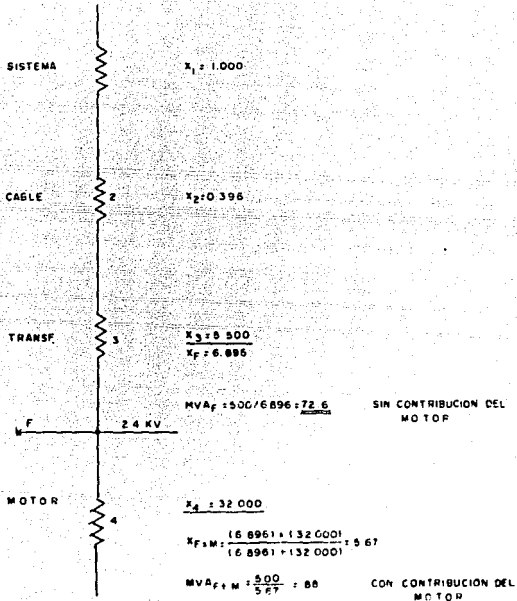
FIG 15

DIAGRAMA DE REACTANCIAS

OHMS 2.4 : OHMS 13.8  $\times (2.4/13)^2$   
 $=$  OHMS 13.8  $\times$  10.031

METODO POR UNIDAD  
 (VER FIGURA 13)

MVA BASE = 500



**FIG 16**

(DIAGRAMA DE REACTANCIAS)

METODO DE LOS MVA'S

VER FIGURA 131

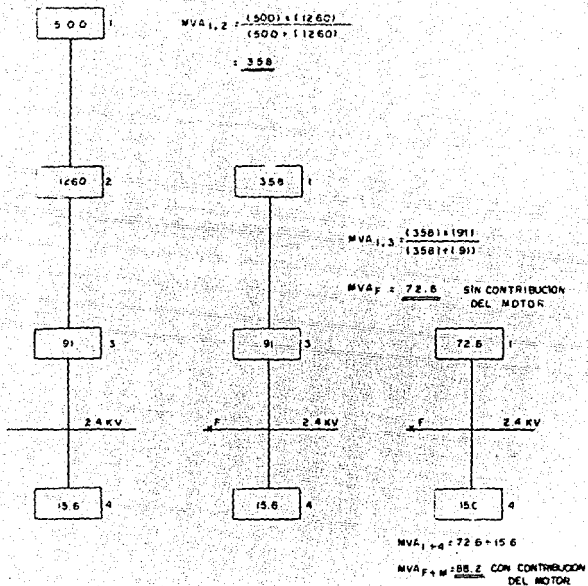


FIG 17

(DIAGRAMA MVA'S)

RESULTADOS DE LA COMPARACION DE METODOS.

CONDICION DE FALLA \ METODO	METODO OHMICO	METODO POR UNIDAD	METODO MVA'S
FALLA DE BARRAS A 2.4 KV SIN CONTRIBUCION DEL MOTOR	72.8 MVA	72.6 MVA	72.6 MVA
FALLA EN BARRAS A 2.4 KV CON LA CONTRIBUCION DEL MOTOR	88 MVA	88 MVA	88.2 MVA

FIG 18



## **CAPITULO VII**

### **SELECCION DE CONDUCTORES**

**Y**

### **CANALIZACIONES**

## CAPITULO VII

### SELECCION DE CONDUCTORES Y CANALIZACIONES

#### VII.1. INTRODUCCION

La función primordial de un conductor aislado es la de transmitir energía eléctrica a una corriente y tensión preestablecidas, durante cierto tiempo.

Uno de los principales factores que se deben considerar al calcular el calibre de un conductor de baja tensión es.

- 1.- La sección del conductor pueda transportar la corriente necesaria.
- 2.- La caída de tensión este dentro de normas.
- 3.- La temperatura del conductor no dañe el aislamiento, aun por corto circuito.

Es vital considerar los tres aspectos a la vez, porque en caso contrario podríamos ocasionar los siguientes problemas.

a).- Si la selección de cobre es menor.

- El conductor tendrá una mayor resistencia eléctrica aumentando las pérdidas de energía.
- El conductor tendrá una mayor temperatura de operación aumentando una vez más la resistencia eléctrica y deteriorando el aislamiento.
- Caída de tensión en la línea, mayor a la permitida lo cual puede afectar la operación en el punto de carga y dañar los equipos.

b).- Si no se protege el aislamiento.

- El aislamiento sufrirá deterioro por alta temperatura aumentando el riesgo de fugas de corriente y cortos circuitos.
- Disminuirá la vida útil del conductor.

c).- Si no se cuida que la caída de tensión sea correcta.

- El circuito y los conductores trabajaran fuera de normas.
- Pueden dañarse los equipos alimentados o no dar el servicio requerido.

Para el cálculo de un conductor eléctrico no es suficiente la información de potencia, voltaje, corriente y longitud si no, que se requiere información para que se va a utilizar el conductor ; a continuación se ponen una lista de datos requeridos.

I).- Conducción de corriente

- Tipo de corriente
- Voltaje de alimentación
- Potencia en HP ó Kw
- Eficiencia
- Factor de potencia

II).- Caída de tensión

- Tipo de circuito
- Longitud de la instalación

III).- Protección de aislamiento

- Tipo de instalación
- Tipo de servicio
- Temperatura ambiente
- Corto circuito

Para mayor aclaración se enlistara una serie de datos que se debe proporcionar, en relación a los incisos anteriores ( I, II, III ).

- Potencia en HP ó kw: Del equipo a alimentar
- Voltaje de alimentación : 127, 220, 480, 4160, 13800, volts etc.
- Tipo de corriente : Directa, alterna, 10,30,30.
- Eficiencia: Del equipo a alimentar
- Tipo de instalación: Al aire, en conduit, en charola, directamente enterrado en ducto subterráneo etc.
- Tipo de servicio: continuo, de corto tiempo, intermitente periódico o variable.
- Temperatura ambiente la más caliente o la de verano
- Tipo de circuito: En un circuito derivado que alimente cualquier tipo de carga ( Alumbrado, fuerza ) la caída de tensión hasta la salida más lejana del circuito no debe exceder del 3%. Por otra parte la caída de tensión total en el conjunto del circuito alimentador y el circuito derivado no debe exceder del 5%.
- Longitud de la instalación para calcular la caída de tensión.
- El corto circuito en la acometida de la planta o del sistema si tenemos generación.

## VII.2. CABLES DE BAJA TENSION

La utilización de cables de baja tensión 50 a 1000 volts C.A., en las plantas petroquímicas, es muy creciente por sus múltiples aplicaciones por ejemplo:

- a).- Distribución de fuerza
- b).- Alimentación a motores
- c).- Alumbrado
- d).- Control

Este tipo de cables por sus características es apropiado para transportar energía eléctrica en baja tensión, en instalaciones interiores, en acometidas subterráneas, o al aire. En general como alimentación en baja tensión en sitios donde es necesaria una alta resistencia a los aceites gasolina y a la propagación de incendios.

Es importante tener en cuenta las condiciones específicas de su aplicación en cada caso, ya que según sea el tipo de instalación será necesario utilizar un cable más flexible y con una cubierta que sea resistente a ciertos factores como la humedad el envejecimiento provocado por los rayos de sol etc. o por el contrario, será necesario utilizar un conductor rígido. Tomando en cuenta estas consideraciones se asegura el buen funcionamiento del cable y se logra obtener una vida más prolongada con un mayor rendimiento.

Los cables de energía de baja tensión están formados por un conductor, un aislamiento, que en ocasiones se utiliza como cubierta y una cubierta exterior que sirve como protección para el cable.

El conductor está formado por uno o varios alambres de cobre suave que son reunidos con un paso de cableado determinado, dependiendo de la flexibilidad que se quiera obtener del cable durante su operación.

Debido a la importante función que el aislamiento desempeña, en un cable se deberá tener mucho cuidado en una adecuada selección del material que lo va a componer y más aún, cuando este desempeña a la vez la función de cubierta.

Entre los materiales que actualmente se emplean en la elaboración de los cables para baja tensión está el policloruro de vinilo (PVC), el polietileno, el etileno propileno (EP), que ofrecen una alta resistencia a aceites, humedad, grasas, gasolina, solventes, agentes químicos en general, al corte y rasgado, al calor etc. y papel impregnado en aceite que ofrece una alta rigidez dieléctrica así como un alta confiabilidad en la operación. El aislamiento desempeña la doble función de aislamiento y cubierta a la vez, siendo resistentes a los mismo agentes externos antes mencionados.

El flujo de corriente a través de un conductor se traduce en calor que eleva su temperatura hasta cierto valor máximo, limitado por las propiedades térmicas del aislamiento.

En general esta temperatura oscila entre 60° y 90°C y nunca debe excederse, ya que, de hacerlo así el aislamiento se deteriora rápidamente y puede presentarse una falla en el cable.

Ver la tabla de características y aplicaciones de los conductores aislados en baja tensión.

### VII.3 CABLES DE ENERGIA

La utilización de los cables de energía en mediana tensión 2400 a 34500 Volts C.A. en plantas petroquímicas, es esencialmente en dos aspectos:

- a).- La alimentación de motores de gran potencia en 4.16Kv.
- b).- La distribución de energía eléctrica de 4.16 a 23 kv dentro de las plantas.

Las condiciones particulares de las instalaciones eléctricas en refinerías de petróleo y plantas petroquímicas, impone serias restricciones al uso de cables de diseño simplificado, principalmente por la presencia de sustancias químicas en el subsuelo. Las dos soluciones obvias a este problema son instalar los cables en soportes abiertos sobre el nivel de piso o bien, pensar en un diseño especial de los cables subterráneos para que soporten adecuadamente las condiciones antes mencionadas.

La primera solución (uso de soportes abiertos) involucra a su vez dos problemas interesantes: El primero en lo que se refiere a la protección contra la corrosión de las estructuras de soporte, sobre todo en áreas costeras, y el segundo, en lo que se refiere al mejor aprovechamiento de los cables desde el punto de vista de la capacidad de conducción de corriente, ya que los cables expuestos al sol deben ser compensados en su sección conductora, a fin de mantener el equilibrio térmico necesario para su correcta operación.

La segunda solución (uso de cables subterráneos en ductos o directamente enterrados) plantea el problema de la protección contra los agentes químicos presentes en el subsuelo en la mayoría de las instalaciones de este tipo. En este caso, el problema térmico es de menor importancia porque la disipación del calor (generado en los conductores principalmente) se facilita permitiendo el uso de conductores de menor sección que cuando se tienen los cables expuestos directamente al sol.

Una vez seleccionado el tipo de instalación ( apoyado en criterios técnicos y económicos ). Se puede pensar en la selección de cables de mediana tensión.

A continuación se definen algunas características, en la construcción de los cables de energía en las plantas petroquímicas, dejando también la posibilidad de usar otro tipo donde no haya tanto daño químico.

- a).- Conductor compacto de cobre suave.
- b).- Pantalla semiconductor sobre el conductor, extruida simultáneamente con el aislamiento.
- c).- Aislamiento de :
  - 1.- Etileno-Propileno (EP) que ofrece inmejorables propiedades , como estabilidad térmica, resistencia excepcional a la ionización (corona) y gran resistencia a las arborescencias.
  - 2.- Polietileno de cadena cruzada (XLP) que presenta magníficas propiedades como alta rigidez dieléctrica, baja absorción de humedad y bajas pérdidas dieléctricas.
- d).- Pantalla semiconductor extruida sobre el aislamiento.
- e).- Pantalla electrostática formada por un forro de plomo que además protege al cable de los hidrocarburos del suelo y le da mayor resistencia a los humos y gases químicos.
- f).- Cubierta de PVC rojo que es resistente a la abrasión , ozono, humedad y desgaste. Protege también al plomo de la corrosión electrolítica.

### VII.3.1. NIVEL DE AISLAMIENTO

Una vez seleccionado el material apropiado para el aislamiento del cable, es necesario determinar el espesor de acuerdo con el fabricante, tomando como base la tensión de operación entre fases y las características del sistema según la clasificación siguiente.

**CLASE 1.- NIVEL 100%** Quedaran incluidas en esta clasificación los cables que se usen en sistemas protegidos con relevadores que liberen fallas a tierra lo más rápido posible, en un tiempo no mayor a un minuto. Este nivel de aislamiento es aplicable a la mayoría de los sistemas con neutro a tierra y puede también aplicarse a otros sistemas ( en los puntos de aplicación del cable ) donde la razón entre la reactancia de secuencia cero y de secuencia positiva (  $X_0/X_1$  ) no este en el intervalo de -1 a -40 y que cumplan la condición de liberación de falla ya que en los sistemas incluidos en el intervalo descrito pueden encontrarse valores de tensión excesivamente altos en condiciones de falla a tierra.

**CLASE 2.- NIVEL 133%** Anteriormente en esta categoría se agrupaban los sistemas con neutro aislado. En la actualidad se incluyen los cables destinados a instalaciones en donde las condiciones de tiempo de operación de las protecciones no cumplen con los requisitos del nivel de 100%, pero que, en cualquier caso, se libera la falla en no más de una hora.

El nivel 133% se podrá usar también en aquellas instalaciones donde se desee un espesor del aislamiento mayor de 100%. Por ejemplo, cables submarinos, en que los esfuerzos mecánicos propios de la instalación y las características de operación requieran un nivel de aislamiento mayor.

**CLASE 3.- NIVEL 173%** Los cables de esta categoría deberán aplicarse en sistemas en los que el tiempo para liberar una falla no está definido. También se recomienda el uso de cables de este nivel en sistemas con problemas de resonancia, en los que se pueden presentar sobretensiones de gran magnitud.

#### **VII.4 CALCULO DE CONDUCTORES CON AISLAMIENTO**

Los cálculos siguientes aplican para cables de baja y mediana tensión.

Calculos a efectuar:

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

#### VII.4.1 CALCULO POR CAPACIDAD DE CONDUCCION DE CORRIENTE

##### Punto 1.- Conductores derivados que alimenten un solo motor

a).- La capacidad de conducción de los conductores que alimentan un solo motor, no deben ser menor que el 125% de la corriente de plena carga del motor, según normas.

b).- Si el motor es de varias velocidades los conductores alimentadores del arrancador se seleccionarán en base a la corriente mayor, de plena carga indicada en la placa de datos del motor; los conductores del arrancador al motor, se seleccionarán en base a la corriente nominal que corresponda a la velocidad de que se trate en cada caso.

c).- Para motores que no sean de servicio continuo deberán aplicarse los factores de la tabla No. 1 en la selección de los conductores.

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

En caso de que el motor no sea de servicio continuo los conductores deben tener una capacidad de conducción de corriente no menor que la indicada en la tabla No. 1 en base a la corriente de plena carga del secundario del motor.

##### Punto 2.- Conductores que alimenten a un grupo de motores.

a).- Los conductores a dos o más motores deben tener una capacidad de conducción de corriente no menor a la suma de la corriente nominal a plena carga de todos los motores más el 25% de la corriente del motor más grande del grupo. En caso de que se tenga dos o más motores mayores en el grupo de la misma capacidad, solo se considera el 25% de uno solo de ellos.

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

- Se determina la capacidad de conducción de corriente requerida para cada motor usado en un tipo de servicio no continuo de acuerdo a la tabla No. 1.
- Se determina la capacidad de conducción de corriente requerida para cada motor de servicio continuo, basándose en el 100% del valor nominal de la corriente a plena carga del motor.



- Se multiplica por 1.25 el valor de la mayor capacidad de corriente determinado según los dos puntos anteriores. Al valor que resulte se le suma el resto de los valores de capacidad de corriente obtenido según los mismos dos puntos anteriores y se se selecciona el conductor adecuado para esta capacidad de corriente total.
- c).- Si se tienen derivaciones desde un alimentador para alimentar motores, los conductores de estas derivaciones deben tener una capacidad de conducción de corriente, no menor que la requerida por la carga por alimentar, terminar en un solo dispositivo de sobrecorriente y suplir con alguno de los siguientes requisitos:
  - El conductor de la derivación no debe ser mayor de 3 metros de longitud
  - Cuando sea mayor de 3 metros pero no mayor de 10 metros de longitud la capacidad de corriente de la derivación debe ser de por lo menos un tercio de la capacidad de corriente del alimentador
  - El conductor de la derivación debe tener la misma capacidad de conducción de corriente que el alimentador cuando sea mayor de 10 metros de longitud.

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

a).- Los factores que afectan el cálculo de la capacidad de conducción de corriente de un conductor son función de la temperatura, así como también del tipo de canalización empleado, ya sea por tubería conduit, charolas o canalización subterránea.

b).- Para el cálculo de la capacidad de conducción de corriente del conductor a el motor se aplican las siguientes fórmulas para obtener la corriente a plena carga o bien se puede obtener de las tablas No.1,2,3,4 para motores monofásicos y trifásicos.

Para un sistema monofásico:

$$I_{pc} = \frac{H.P \times 746}{E \times f.p \times \eta} \dots\dots\dots 7.1$$

Para un sistema trifásico:

$$I_{pc} = \frac{H.P \times 746}{\sqrt{3} \times E \times f.p \times \eta} \dots\dots\dots 7.2$$

- Se multiplica por 1.25 el valor de la mayor capacidad de corriente determinado según los dos puntos anteriores. Al valor que resulte se le suma el resto de los valores de capacidad de corriente obtenido según los mismos dos puntos anteriores y se selecciona el conductor adecuado para esta capacidad de corriente total.

c).- Si se tienen derivaciones desde un alimentador para alimentar motores, los conductores de estas derivaciones deben tener una capacidad de conducción de corriente, no menor que la requerida por la carga por alimentar, terminar en un solo dispositivo de sobrecorriente y suplir con alguno de los siguientes requisitos:

- El conductor de la derivación no debe ser mayor de 3 metros de longitud.
- Cuando sea mayor de 3 metros pero no mayor de 10 metros de longitud la capacidad de corriente de la derivación debe ser de por lo menos un tercio de la capacidad de corriente del alimentador.
- El conductor de la derivación debe tener la misma capacidad de conducción de corriente que el alimentador cuando sea mayor de 10 metros de longitud.

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

a).- Los factores que afectan el cálculo de la capacidad de conducción de corriente de un conductor son función de la temperatura, así como también del tipo de canalización empleado, ya sea por tubería conduit, charolas o canalización subterránea.

b).- Para el cálculo de la capacidad de conducción de corriente del conductor a el motor se aplican las siguientes fórmulas para obtener la corriente a plena carga o bien se puede obtener de las tablas No.1,2,3, y 4 para motores monofásicos y trifásicos.

Para un sistema monofásico:

$$I_{pc} = \frac{H.P. \times 746}{E \times f.p. \times \eta} \dots\dots\dots 7.1$$

Para un sistema trifásico:

$$I_{pc} = \frac{H.P. \times 746}{\sqrt{3} \times E \times f.p. \times \eta} \dots\dots\dots 7.2$$

En donde:

I<sub>pc</sub> = Corriente plena carga del motor (Amperes)  
H.P. = Potencia del motor.  
E = Voltaje entre líneas. (Volts)  
f.p. = factor de potencia  
η = Eficiencia

d).- La corriente obtenida anteriormente deberá afectarse por los siguientes factores de agrupamiento y temperatura. Que se pueden obtener de las tablas No. 5 y 6.

$$I_c = \frac{I_{pc}}{F.A. \cdot F.T.} \dots\dots\dots 7.3$$

En donde:

I<sub>c</sub> = corriente corregida (Amperes).  
I<sub>pc</sub> = corriente a plena carga del motor (Amperes).  
F.A. = Factor de corrección por Agrupamiento  
F.T. = Factor de corrección por temperatura

d).- Una vez que se ha obtenido la corriente corregida se procederá a seleccionar el tamaño del conductor tomando en cuenta el tipo de aislamiento, la temperatura máxima de aislamiento del conductor y el tipo de canalización, consultando la tabla No. 7.

#### VII.4.2 CALCULO POR CAIDA DE TENSION

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

a).- Caída de tensión para un circuito alimentador.

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

Se debe tener en cuenta que la caída de tensión total en alimentadores y circuitos derivados no debe exceder del 5% según normas.

b).- Caída de tensión para un circuito derivado

En un circuito derivado que alimente a un motor, la caída de tensión hasta la salida más lejana del circuito no debe exceder del 3% . Hay que tener en cuenta que la caída de tensión total en el conjunto del circuito alimentador y derivado no debe exceder del 5% según normas.

c).- Relación fasorial de la caída de tensión

Métodos rigurosos de cálculo de caída de tensión pueden ser muy rebuscados y complicados , particularmente en los casos en donde solo el voltaje final enviado es conocido y la corriente y el factor de potencia de la carga cambian con la variación del voltaje final recibido. para el propósito de uso ordinario en problemas de plantas , los métodos aproximados son generalmente satisfactorios.

Con bastante aproximación podremos utilizar la siguiente fórmula fasorial para el cálculo de la caída de tensión.

$$\Delta V = I ( R \cos \theta + X \sin \theta ) \dots\dots\dots 7.4$$

Donde :

- $\Delta V$  = Caída de tensión de línea a neutro (Volts)
- $I$  = corriente nominal del circuito ( no considerar la corriente corregida) Amperes ( A ).
- $R$  = Resistencia de línea para un conductor en ohms. (  $\Omega$  )
- $X$  = Reactancia de la línea para un conductor en ohms. (  $\Omega$  )
- $\theta$  = Angulo cuyo coseno es el factor de potencia
- $L$  = Longitud total del circuito en Km. La longitud total de circuito sirve para obtener la resistencia y reactancia en ohms va que el fabricante del cable lo da en ohms/ Km.

La razón de calcular la caída de tensión de línea a neutro es poder obtener la tensión de línea a línea, multiplicando la tensión de línea a neutro por:

- 2 (dos) para un sistema monofásico
- $\sqrt{3}$  (raíz de tres) para un sistema trifásico

d).- Para obtener el porcentaje de caída de tensión podemos utilizar la siguiente relación:

$$\% \Delta V = \frac{\Delta V}{V} \times 100 \dots\dots\dots 7.5$$

En donde:

$\%AV$  = Porcentaje de caída de tensión (%)

$V$  = Voltaje del sistema (Volts)

e).- Los valores de resistencia y reactancia se deben obtener de la hoja de datos del fabricante del conductor seleccionado o bien de la tabla No. 8 anexa al final de este procedimiento.

#### VII.4.3 CALCULO POR CAPACIDAD DE CORTO CIRCUITO

Dado que la interrupción de un circuito derivado en un sistema de baja tensión no crea demasiados problemas, y su restitución no produce grandes trastornos ni gastos mayores, como podría ser en otros casos, no es practica necesaria calcular los conductores menores del calibre 1/0 AWG de estos sistemas por corto circuito.

No es así el caso para conductores de mediana tensión donde la selección del conductor por corto circuito es fundamental

Se debe considerar la corriente de corto circuito, el tiempo máximo de duración de la falla dado por el interruptor.

Para alimentadores los tiempos de interrupción que se deben considerar son:

Para un interruptor electromagnético con unidad instantánea 3 ciclos (0.05seg.). Sin instantáneo 30 ciclos (0.5seg.).

Para interruptores de potencia en aire o aceite se tomarán 8 ciclos (0.133 seg.) para fusibles 1 ciclo (0.0166 seg.)

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

Las curvas de la graficas No.1,2 y 3 nos servirán para seleccionar el conductor adecuado para condiciones de corto circuito, a estas curvas se entrará con la capacidad de corto circuito del sistema en el punto de alimentación y el tiempo de interrupción de acuerdo al interruptor que se tiene en la línea.

#### VII.4.4 CONDUCTOR DEL CIRCUITO ALIMENTADOR PARA UN TRANSFORMADOR

El conductor del circuito alimentador a un transformador (de potencia o alumbrado) deberá seleccionarse para soportar la capacidad máxima del transformador.

Esto es si se trata de un transformador de potencia de 1000 KVA con temperatura de operación de 55°/65° C y enfriamiento OA/FA, el alimentador debe seleccionarse para 12% debido al uso de aislamiento para 65°C en OA y por la capacidad máxima en FA que correspondería al 15% de la capacidad de acuerdo a normas para transformadores o sea la capacidad total del transformador será de 1288KVA.

Para el cálculo de caída de tensión deberá aplicarse lo indicado en la sección VII.4.2.

Para la selección por corto circuito deberá aplicarse lo indicado en la sección VII.4.3.

## VII.5 CANALIZACIONES ELECTRICAS

### VII.5.1 INTRODUCCION

Las canalizaciones electricas deben estar diseñadas y construidas para tener una protección mecánica y segura para los conductores electricos aislados, contenidos en ellos. Las canalizaciones, cajas y demas accesorios como codos, piezas de acoplamiento, que no esten hechos de material resistente a la corrosión, como en el caso de las canalizaciones metalicas, deberán protegerse interior y exteriormente por medio de un galvanizado u otro material que evite los efectos corrosivos, como lo es pinturas anticorrosivas, barniz o plasticos apropiados.

Los objetivos de las canalizaciones de los cables aislados es:

- Proteger a los conductores contra daño mecánico (golpes)
- Proteger a los conductores contra los agentes del medio ambiente (humedad, corrosión, luz solar, etc.)
- Soportar a los conductores

Las siguientes canalizaciones son las más utilizables en las plantas petroquímicas.

- a).- Tubería metálica pared gruesa
- b).- Ductos subterráneos y registros
- c).- Charola para cables

Existen otros medios de canalizaciones, pero no son recomendables su utilización en las plantas petroquímicas, se deja la posibilidad de su utilización, siempre y cuando el área o lugar donde se va a localizar no exista corrosión y no sea área peligrosa.

- d).- Tubería metálica pared delgada
- e).- No-Metálicas como lo son PVC (Policloruro de vinilo, PE (Polietileno).
- f).- Ductos metálicos con tapa
- g).- Electroductos

#### VII.5.2 TUBO METALICO PARED GRUESA

El tubo metálico es usado para alojar y proteger mecánicamente a los conductores. El tubo pared gruesa, puede usarse en instalaciones visibles y ocultas, embebido en concreto o embutido en mampostería, en toda clase de instalación y bajo cualquier condición atmosférica o directamente enterrado, siempre y cuando se proteja con el recubrimiento adecuado para las condiciones más severas en que pudiera estar trabajando.

En lugares mojados, donde la canalización este expuesta a la entrada de agua, el sistema de tubería debe ser hermetico al agua, usando las cajas, uniones y demas accesorios adecuados.

Los diámetros nominales de las tuberías metálicas rígidas que deben utilizarse ya sea directamente enterrado o en canalizaciones subterráneas son de 19, 25, 38, 51, 76, 101 y 152 mm de diámetro ( $\phi$ ).

Las trayectorias continuas de tuberías sin cajas no deben tener más curva que al equivalente a 180°. Las curvas hechas en campo deben tener como mínimo el radio que se indica en la tabla No. 10 .

Se recomienda que sean de fábrica las curvas de 90° , para tuberías de 38mm o mayores. El área de la sección recta interior de la tubería que pueda ser ocupada por los conductores debe ser igual o menor a la especificada a continuación.

- 53% para un conductor
- 31% para dos conductores
- 40% para tres o más conductores

Para una selección de tubería con conductores de distintas secciones en forma práctica se puede utilizar la tabla No. 10.

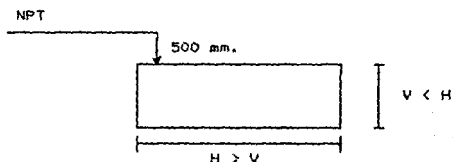
#### VII.5.3 DUCTOS SUBTERRANEOS

Haciendo una mención a este tipo de canalización ya que en las plantas petroquímicas son de mayor utilización, por ser compactas y de mayor seguridad mecánica. El ducto subterráneo esta compuesto regularmente de un número de tubería metálicas, cuyos diámetros estan ya seleccionados, existe la posibilidad de utilizar tubería de asbesto cemento, pero cuyo diámetro no sea mayor de 101 mm., y no haya paso continuo de transporte por encima del ducto.

La construcción del ducto eléctrico deberá estar compuesto de una envoltura de concreto armado, coloreado de rojo para su identificación de la manera que se indica a continuación.

- a).- El ducto debe amarrarse con varillas de 13 mm. de  $\phi$ .
- b).- Las varillas deben colocarse en forma de "U" y verticales clavados en el terreno colocados cada 3m. como máximo.
- c).- Varillas longitudinales de 13 mm. de  $\phi$ .
- d).- Varillas horizontales sde 17 mm de  $\phi$  colocadas cada 3m.
- e).- Las tuberías deben amarrarse a las varillas de soporte con alambre del No. 16
- f).- Al haber hecho el armado, colóquese la malla de alambre envolvente de calibre No. 10 en toda su longitud.
- g).- Realizar colado con concreto de 130 Kg/cm<sup>2</sup>. de resistencia, con agregado de 2 cm. máximo, mezclado con colorante de color rojo en una proporción de 7.25Kg/cm<sup>3</sup>. y con impermeabilizante integral. Aplicar concreto reforzado en cruce de calles con tráfico pesado y vías ferreas.

La instalación de ductos eléctricos debe estar conformada de una forma simétrica como se indica en la siguiente figura.



Corte transversal de un banco de tuberías  
VER TABLA No 8

En general la dimensión de H debe ser mayor que la de V.  
La instalación de los ductos debe contener los siguientes puntos.



- a).- Los ductos deben agrupar 36 tuberías como máximos aplicando la separación entre tuberías que se recomiendan en la tabla No.11 . Se recomienda utilizar 20 tubos como máximos con circuitos de fuerza de operación normal , utilizándose para el cálculo de corrientes factores de agrupamiento y de temperatura para arreglos de 5 tubos horizontales por 4 tubos verticales como máximo. Las tuberías deben tener un diámetro mínimo de 25 mm  $\phi$ .
- b).- La parte superior de los bancos de tuberías debe quedar a una profundidad mínima de 500 mm. abajo del nivel de piso terminado.
- c).- Las tuberías deben instalarse con una pendiente mínima de 3/100 hacia los registros.
- d).- Los ductos de tuberías solo podrán cruzar a una distancia mínima de 200 mm. de la pared exterior del ducto a la pared exterior de las tuberías de proceso o de servicios auxiliares ( siempre que sea posible. los ductos deben ir encima de dichas tuberías ) y a 100 mm. de las caras laterales de las cimentaciones.
- e).- Las tuberías telefónicas deben separarse de los bancos de tuberías eléctricas de baja tensión a 300 mm. y de las de media y alta tensión a 900 mm.
- f).- Los bancos de tuberías no deben instalarse abajo de las cimentaciones de los equipos o de los edificios. Las tuberías que emerjan sobre el nivel de piso deben continuar con la envolvente de concreto hasta una altura de 150 mm. sobre el nivel de piso terminado ( N P T ).
- g).- Los extremos de las tuberías deben taparse con un cople y tapón roscado hasta que se haga la conexión final para evitar la entrada a elementos extraños.
- h).- Los cambios de dirección en el plano horizontal y vertical se harán por medio de registros.
- i).- El interior de los ductos tendrá un acabado lo más terso posible y libre de esperesas o filos que pueden dañar los cables.

#### VII.5.4 REGISTROS ELECTRICOS

El sistema de ductos eléctricos debe de contar con registros electricos o pozos de visita en los cambios de dirección y en los tramos rectos. En el diseño de un registro eléctricos debiera tomarse en cuenta los siguientes puntos.

- a).- La dimensión de los registros lo da el Area del ducto eléctrico y el radio de curvatura de los cables.
- b).- Cuando en el registro se requieran empalmes se deberá tener espacio suficiente para estos, además, del espacio para maniobras.
- c).- Las bocas de los ductos deben estar emboquilladas y pulidas.
- d).- Tanto las tapas, como el registro deben estar contruidos con suficiente resistencia para soportar, con amplio margen de seguridad, las cargas que se le impongan. Las tapas en caso de ser redondas, nunca serán de un diametro menor que 60 cm. y de 50 x 60 cm. si son rectangulares.
- e).- Se recomienda colocar anclas en los registros para facilitar el jalado de los cables. Estos deberán tener suficiente resistencia mecánica como para soportar las cargas.
- f).- En los registros se deben colocar soportes para oescansar el cable y empalmes. Estos soportes deben estar provistos de porcelanas o protegidos con el objeto de que los cables puedan moverse libremente con los ciclos térmicos.
- g).- La separación máxima entre registro y registro no deberá excederse de 50 m. aunque esta puede considerarse.
- h).- Cuando el registro albergue equipo o empalmes se debe colocar una varilla de tierra en su interior, para aterrizar estructuras y pantallas de cables.
- i).- Los registros eléctricos en Areas de proceso sobrealdrán sobre el nivel de piso, para protegerlos de probables invasiones ocasionadas por derrames de agua o de fluidos en proceso.

- j).- Todo registro de visita deberá dar facilidad para drenar el agua que en él se acumule lo que se logra por medio de sumideros construidos en su parte inferior.
- l).- No se permitirá que un empalme de conductores quede localizado entre dos registros preferentemente, los conductores deberán ser de una sola pieza entre el tablero de distribución y equipo.
- ll).- En algunas instalaciones es conveniente que impermeabilizar las paredes de los registros para evitar la entrada de agua por filtración.
- m).- Cuando la obra civil se hace con mucha anticipación a la instalación de los cables, se corre el riesgo de que se inunden los registros, por lo cual es conveniente colocar tapones provisionales (papel y yeso) para evitar que los ductos se obstruyan.

#### VII.5.5 CHAROLAS PARA CABLES

El uso de las charolas para cables aislados debe de ser para cables de fuerza, alumbrado, control y señalización que tengan aislamiento y cubierta aprobados para este tipo de instalación. Las charolas también pueden usarse para soportar tubos u otras medios de canalización. Cuando se instalen a la intemperie o en otras condiciones de ambiente desfavorables, tanto las charolas como los cables deben ser adecuados para las condiciones existentes. A continuación mencionaremos el uso no permitido de las charolas.

- En uso exterior donde los ambientes son altamente corrosivos
- Donde estén expuestos a daño mecánico severo.
- En lugares peligrosos, a menos que los cables estén específicamente aprobados para tal uso.

a).- Material y fabricación de las charolas

Las charolas pueden ser de los siguientes materiales

- Aluminio
- Acero galvanizado

La fabricación para charolas debe cumplir con lo siguiente:

- Tener suficiente resistencia mecánica y soportar todas las cargas estáticas y dinámicas que puedan actuar sobre ellos ya sean tubos conduit, cables y demás accesorios.
  - No presentar bordes cortantes, rebabas o salientes que pudieran dañar el aislamiento o la cubierta de los cables.
  - Si son metálicos estar protegidos contra la corrosión, es conveniente recubrir las charolas con resina epoxídica o con materiales plásticos.
  - Si son galvanizados pueden corroerse rápidamente en lugares como en las cercanías de las costas o cerca de las torres de enfriamiento, donde se mantengan mojadas constantemente por aguas tratadas químicamente. Si se usa aluminio deberá especificarse una aleación resistente a la corrosión.
  - El ancho de la charola y la separación de los travesaños dependerá del número de cables y el peso de los mismos.
  - Incluir los accesorios necesarios para los cambios de dirección y de nivel de los tramos.
- b).- Instalación de charolas
- Las charolas deben instalarse como un sistema completo antes de la colocación de los cables.
  - Deben proveerse soportes para evitar esfuerzos en los cables cuando estos se deriven fuera de la charola hacia cualquier tipo de canalización.
  - En las partes de la charola donde se requiere una protección adicional contra daño mecánico, deben usarse tapas o cubiertas incombustibles que den la protección necesaria.
  - Se recomienda que las charolas para cables contengan un mismo nivel de tensión y cuando no se cumpla, estos deben separarse mediante una barrera incombustible que se extienda a todo lo largo de la charola o por medio de una distancia adecuada que dé protección equivalente a continuación damos algunos ejemplos de que manera se pueden ir conjuntando los cables dependiendo su utilización.

- Cables o alambres de control y señalización por ejemplo: Detector de temperatura por medio de termopares de 0 - 1.5 mVolts, Detector de temperatura por medio de resistencia RTD's 0 -100Ω. Así como transmisores de temperatura, flujo, nivel y presión de 4 - 20 mAmperes.
- Cables de baja tensión y alumbrado por ejemplo: Motores monofásicos de 127 VCA. y trifásicos de 220/440 VCA. Alumbrado monofásico de 127 VCA ; bifásico de 220/440 VCA.
- Cables de Media Tensión por ejemplo: Motores trifásicos de 4.16 kV y distribución de fuerza hasta 23 kV.
- Cables de Alta Tensión: Se recomienda no usar Charolas.
- Las charolas pueden extenderse atravesando muros, en locales secos o húmedos siempre que la sección de la misma dentro de los muros sea continua y este cubierta o bien que haya suficiente espacio.
- Debe proveerse espacio adecuado alrededor de las charolas para la instalación de los cables y su mantenimiento.
- La utilización de las charolas se recomienda que sea en interiores por ejemplo:
  - En trincheras
  - Sotanos
  - Cuartos de control
  - Entre pisos
- Los factores de corrección por agrupamiento de cables en charolas son los siguientes.

VER TABLA U. 9

Factores para seleccionar los conductores para motores que no sean de servicio continuo

Tipo de Servicio que requiere la carga	Por ciento de la corriente nominal indicada en la placa de datos			
	Régimen de trabajo para el cual fue diseñado el motor *			
	5 Minutos	15 Minutos	30 y 60 Minutos	Continuo
De corto tiempo: Accionamiento de válvulas, elevación o descenso de rodillos, etc.	110	120	150	—
Intermitente: Ascensores y montacargas, máquinas-herramienta, bombas, puentes levadizos o grúas, plataformas giratorias, etc. (para soldadoras de arco véase el artículo 518.12).	85	85	90	140
Periódico: Rodillos, máquinas para manipulación de minerales, etc.	85	90	95	140
Variable:	110	120	150	200

TABLA 1

Corriente a plena carga en amperes, de motores de corriente directa

C.P.	Tensión nominal de armadura		
	120 V.	240 V.	300 V.
1/4	3.1	1.6	
1/3	4.1	2.0	
1/2	5.4	2.7	
3/4	7.6	3.8	
1	9.5	4.7	
1 1/2	13.2	6.6	
2	17.0	8.5	
3	25.0	12.2	
5	40.0	20.0	
7 1/2	58.0	29.0	13.6
10	76.0	38.0	18.0
15		55.0	27.0
20		72.0	34.0
25		89.0	43.0
30		106.0	51.0
40		140.0	67.0
50		173.0	83.0
60		206.0	99.0
75		255.0	123.0
100		341.0	164.0
125		425.0	205.0
150		506.0	246.0
200		675.0	330.0

Los valores dados en esta tabla son para motores funcionando a su velocidad normal.

TABLA 2

Corriente a plena carga en amperes, de motores monofásicos de corriente alterna

Los siguientes valores de corriente a plena carga son para motores que funcionen a velocidades normales y con características de par también normales. Los motores de velocidad especialmente baja o de alto par pueden tener corrientes a plena carga mayores, y los de velocidades múltiples tendrán una corriente a plena carga que varía con la velocidad; en estos casos debe usarse la corriente a plena carga indicada en la placa de datos.

C.P.	127 V.	220 V.
1/6	4.0	2.3
1/4	5.3	3.0
1/3	6.5	3.8
1/2	8.9	5.1
3/4	11.5	7.2
1	14.0	8.4
1 1/2	18.0	10.0
2	22.0	13.0
3	31.0	18.0
5	51.0	29.0
7 1/2	72.0	42.0
10	91.0	52.0

TABLA 3

Corriente a plena carga de motores trifásicos de corriente alterna

C.P.	Motor de inducción de jaula de ardilla y rotor desvanado (amperes)			Motor síncrono, con factor de potencia unitario (amperes)		
	220 V.	440 V.	2 400 V.	220 V.	440 V.	2 400 V.
1/2	2.1	1.0				
3/4	2.9	1.5				
1	3.8	1.9				
1½	5.4	2.7				
2	7.1	3.6				
3	10.0	5.0				
5	15.9	7.9				
7½	23.0	11.0				
10	29.0	15.0				
15	44.0	22.0				
20	56.0	28.0				
25	71.0	36.0		54	27	
30	84.0	42.0		65	33	
40	109.0	54.0		86	43	
50	136.0	68.0		108	54	
60	161.0	80.0	15	128	64	11
75	201.0	100.0	19	161	81	14
100	259.0	130.0	25	211	106	19
125	326.0	163.0	30	264	132	24
150	376.0	188.0	35	-	158	29
200	502.0	251.0	47	-	210	38

Estos valores de corriente a plena carga son para motores que funcionan a velocidades normales para transmisión por banda y con características de par también normales. Los motores de velocidad especialmente baja o de alto par pueden tener corrientes a plena carga mayores, y los de velocidades múltiples tendrán una corriente a plena carga que varía con la velocidad; en estos casos debe usarse la corriente a plena carga indicada en la placa de datos.

TABLA 4



Factores de corrección por agrupamiento

Número de conductores			Por ciento de valor indicado En la tabla 7
3	a	b	80
7	a	24	70
25	a	42	60
Más	de	42	50

TABLA 5

Factores de corrección por temperatura ambiente

Temperatura ambiente °C	Temperatura máxima permisible en el aislamiento, °C						
	60	75	85	90	110	125	200
31-40	0.82	0.88	0.90	0.91	0.94	0.95	-
41-45	0.71	0.82	0.85	0.87	0.90	0.92	-
46-50	0.58	0.75	0.80	0.82	0.87	0.89	-
51-55	0.41	0.67	0.74	0.76	0.83	0.86	-
56-60	-	0.58	0.67	0.71	0.79	0.83	0.91
61-70	-	0.37	0.52	0.58	0.71	0.76	0.87
71-80	-	-	0.39	0.51	0.61	0.68	0.84
81-90	-	-	-	-	0.50	0.61	0.80
91-100	-	-	-	-	-	0.51	0.77
101-120	-	-	-	-	-	-	0.69
121-140	-	-	-	-	-	-	0.59

TABLA 6

Capacidad de corriente de conductores de cables aislados (ampères)

Temperatura máxima del aislamiento	60 °C		75 °C		85 °C		90 °C	
Tipos	T1RN, R1W, T, T1, T1W, M1W		R1E, R1E, R1E1, T1W, T1W1, D1, X1H1W		P1L1C, V, M1E		T1A, T1E, S1A, A1R S1S, F1F, T1E1A R1E1, T1H1N, M1W, F1E, X1H1W *	
Cable AWG MCM	En tubería o cable	Al aire	En tubería o cable	Al aire	En tubería o cable	Al aire	En tubería o cable	Al aire
14	15	20	15	20	25	30	25	30
12	20	25	20	25	30	40	30	40
10	30	40	30	40	40	55	40	55
8	40	55	45	60	50	70	50	70
6	55	80	65	90	70	100	70	100
4	70	105	85	125	90	135	90	135
3	90	120	100	145	105	155	105	155
2	95	130	115	170	120	180	120	180
1	110	165	130	195	130	210	140	210
0	125	195	150	230	155	245	155	245
00	145	225	175	260	165	265	165	265
000	165	260	200	310	210	330	210	330
0000	195	300	230	360	235	385	235	385
250	215	340	255	405	270	425	270	425
300	240	375	285	445	300	480	300	480
350	260	420	310	505	325	530	325	530
400	280	455	335	545	360	575	360	575
500	320	515	380	620	405	660	405	660
600	385	575	420	690	455	740	455	740
700	385	630	460	755	490	815	490	815
750	400	655	475	785	500	845	500	845
800	410	680	490	815	515	880	515	880
900	435	730	520	870	555	940	555	940
1 000	455	780	545	935	585	1 000	585	1 000

\* Los tipos EP y X1H1W pueden ser directamente enterrados (Véanse notas de esta tabla al final de la norma).

TABLE 7

Capacidad de corriente de conductores de cobre aislados (ampères)

Temperatura máxima del aislamiento	110 °C		125 °C		200 °C	
Tipos	AVA, AVL		AI, SA, AIA		A, AA, FLPB	
Calibre AWG MCM	En tubería o cable	Al aire	En tubería o cable	Al aire	En tubería o cable	Al aire
14	30	40	30	40	30	45
12	35	50	40	50	40	55
10	45	65	50	70	55	75
8	60	85	65	90	70	100
6	80	120	85	125	95	135
4	105	160	115	170	120	180
3	120	180	130	195	145	210
2	135	210	145	225	165	240
1	160	245	170	265	190	280
0	190	285	200	305	225	325
00	215	330	230	355	250	370
000	245	385	265	410	285	430
0000	275	445	310	475	330	510
250	315	495	335	530	-	-
300	345	555	380	595	-	-
350	390	610	420	655	-	-
400	420	665	450	710	-	-
500	470	765	500	815	-	-
600	525	855	545	910	-	-
700	560	940	600	1 005	-	-
750	580	980	620	1 045	-	-
800	600	1 020	640	1 085	-	-
900	-	-	-	-	-	-
1 000	680	1 165	730	1 240	-	-

CONTINUACION TABLA 7

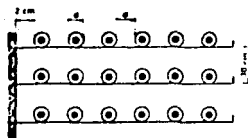
## SEPARACION ENTRE TUBERIAS EN BANCO DE DUCTOS

( Centro a Centro en mm )

$\phi$ Tubo	25	38	51	76	102	152	Dist. Al Paño Ext. Ducto
25	100	100	100	120	120	160	100
38	100	100	100	120	150	160	100
51	100	100	120	120	150	160	100
76	120	120	120	150	160	200	120
102	120	150	150	160	180	220	150
152	160	160	160	200	220	270	150

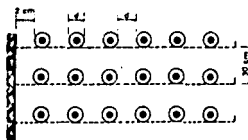
TABLA No 8

a) Cables monofásicos con espaciado (circulación de aire restringida)



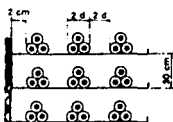
Número de charolas	Número de circuitos		
	1	2	3
1	0.95	0.90	0.88
2	0.90	0.85	0.83
3	0.88	0.83	0.81
6	0.86	0.81	0.79

b) Cables monofásicos con espaciado



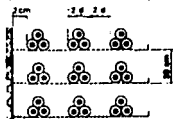
Número de charolas	Número de circuitos		
	1	2	3
1	1.00	0.97	0.96
2	0.97	0.94	0.93
3	0.96	0.93	0.92
6	0.94	0.91	0.90

c) Cables triples o monopolares en configuración trébol (circulación de aire restringida)



Número de charolas	Número de circuitos		
	1	2	3
1	0.95	0.90	0.88
2	0.90	0.85	0.83
3	0.88	0.83	0.81
6	0.86	0.81	0.79

d) Cables triples o monopolares en configuración trébol

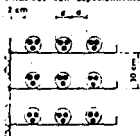


Número de charolas	Número de circuitos		
	1	2	3
1	1.00	0.98	0.96
2	1.00	0.95	0.93
3	1.00	0.94	0.92
6	1.00	0.93	0.90

\* En el caso de que los cables estén instalados al aire libre y expuestos a los rayos solares, los factores anteriores deberán multiplicarse por 0.9.

TABLA N.º 9

e) Cables trifásicos con espaciamento (circulación de aire restringida)



Número de charolas	Número de cables trifásicos				
	1	2	3	6	9
1	0.95	0.90	0.88	0.85	0.84
2	0.92	0.85	0.83	0.81	0.80
3	0.88	0.83	0.81	0.79	0.78
6	0.86	0.81	0.79	0.77	0.76

f) Cables trifásicos con espaciamento



Número de charolas	Número de cables trifásicos				
	1	2	3	6	9
1	1.00	0.98	0.96	0.93	0.92
2	1.00	0.95	0.93	0.90	0.89
3	1.00	0.94	0.92	0.89	0.88
6	1.00	0.93	0.90	0.87	0.86

g) Cables trifásicos juntos (circulación de aire restringida)



Número de charolas	Número de cables trifásicos				
	1	2	3	6	9
1	0.95	0.84	0.80	0.75	0.73
2	0.95	0.80	0.76	0.71	0.69
3	0.95	0.78	0.74	0.70	0.68
6	0.95	0.76	0.72	0.68	0.66

h) Cables trifásicos juntos



Número de charolas	Número de cables trifásicos				
	1	2	3	6	9
1	0.95	0.84	0.80	0.75	0.73
2	0.95	0.80	0.76	0.71	0.69
3	0.95	0.78	0.74	0.70	0.68
6	0.95	0.76	0.72	0.68	0.66

i) Cuando  $\frac{1}{4}d < e < h < d$



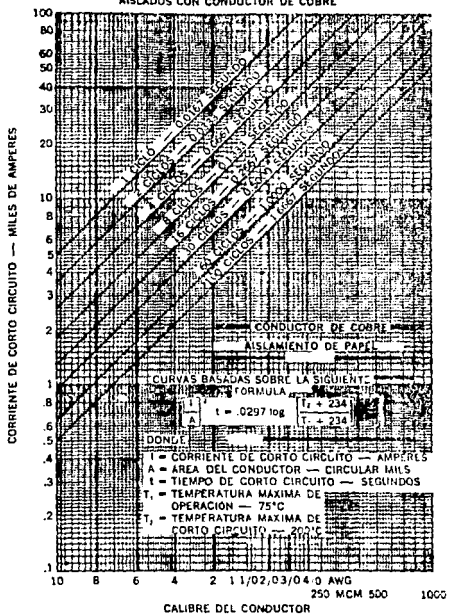
Número de charolas	Número de cables trifásicos				
	1	2	3	4	5
1	1.00	0.93	0.87	0.84	0.83
2	0.89	0.83	0.79	0.76	0.75
3	0.80	0.76	0.72	0.70	0.69
6	0.74	0.69	0.64	0.63	0.62

\* En el caso de que los cables estén instalados al aire libre y expuestos a los rayos solares, los factores anteriores deberán multiplicarse por 0.9.

CONTINUACION TABLA N.º 9

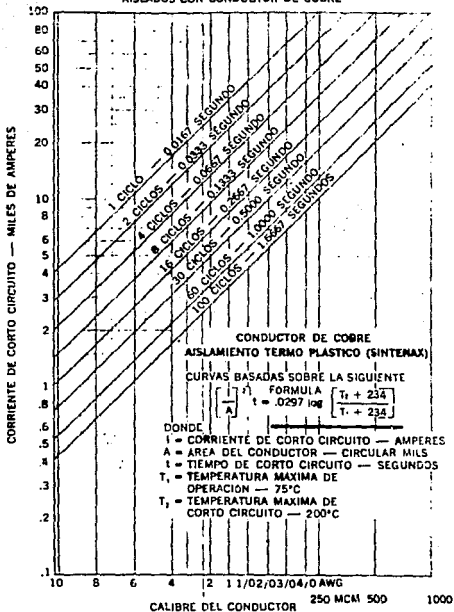
GRAFICA No. 1

CORRIENTES DE CORTO CIRCUITO PERMISIBLES PARA CABLES AISLADOS CON CONDUCTOR DE COBRE



GRAFICA No. 2

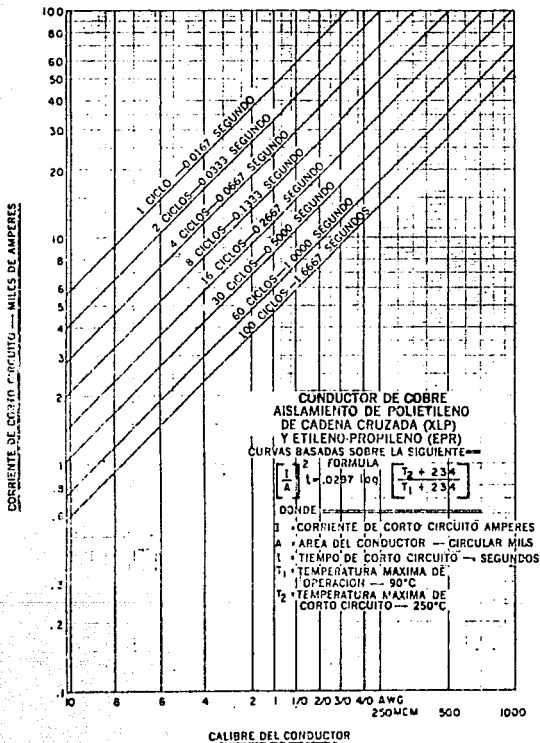
CORRIENTES DE CORTO CIRCUITO PERMISIBLES PARA CABLES AISLADOS CON CONDUCTOR DE COBRE





GRAFICA 1.3

CORRIENTES DE CORTO CIRCUITO PERMISIBLES PARA CABLES AISLADOS CON CONDUCTOR DE COBRE



## **CAPITULO VIII**

# **SELECCION DE EQUIPO**

# **ELECTRICO**

## CAPITULO VIII

### SELECCION DE EQUIPO ELECTRICO

#### VIII.1 INTRODUCCION

Como medida de seguridad, economía y sencillez, deberán limitarse al mínimo, las instalaciones eléctricas en áreas consideradas como peligrosas. Cuando por ser indispensable se requiera instalar equipo o material eléctrico, deberá ser el indicado según se especifica para cada área clase 1, Divisiones 1 ó 2 como sigue:

##### a).- División 1

La División 1, el equipo e instalaciones eléctricas deberán ser a prueba de explosión. Se utilizará tubo conducto rígido metálico roscado, todos los receptáculos, clavijas deberán contar con un medio de conexión a tierra.

##### b).- División 2

La División 2 el equipo e instalaciones eléctricas deberán ser a prueba de explosión, los receptáculos, clavijas, extensiones de alumbrado, todo equipo que tenga contactos o dispositivos capaces de producir arco eléctrico o altas temperaturas.

Además el equipo a prueba de explosión debe de contar con marcas que indiquen la clase del lugar y atmósfera para los cuales ha sido aprobado, adicionalmente el equipo para lugares clase 1, se marcará con la temperatura máxima para el que ha sido diseñado, solamente aquel que lo pueda producir.

#### VIII.2 CANALIZACIONES

Las canalizaciones subterráneas, serán de tubo metálico rígido pared gruesa, roscado; tubos de asbesto-cemento; de cloruro de polivinilo o polietileno de alta densidad, instalados a una de 40 cm. de profundidad y cubiertas de concreto colorado con rejilla, de 30.0 cm. de espesor mínimo sobre los tubos.

### VIII.3 COPLE METALICO FLEXIBLE

El cople metalico flexible, hermético a líquidos y vapores aprobado para usarse en Areas peligrosas Clase I, se utiliza para terminales de equipo eléctrico y entre el disparo subterráneo y la instalación eléctrica a tanques de almacenamiento, torres de proceso y estructuras metálicas pesadas, que tengan probabilidades de asentamiento o vibraciones del equipo, que puedan afectar a las conexiones de las instalaciones eléctricas.

En Areas y locales peligrosos no debe usarse: Tubo de plástico, tubo metalico flexible, ductos metalicos con tapa, molduras metalicas, ductos para piso.

Al instalarse la tubería metálica rígida, sus uniones roscadas con los accesorios, deben ser fuertemente apretadas, para evitar los posibles chisporroteos, que puedan ocurrir, cuando fluye una corriente debido a una falla eléctrica, cuando por condiciones que eviten el caso anterior, se debiera instalarse una solda de cobre soldada entre ambas piezas.

### VIII.4 INSTALACION DE EQUIPOS Y ACCESORIOS EN DIVISION 1 Y 2

#### VIII.4.1 CAJAS DE CONEXIONES DE PASO Y UNIONES

##### a).- División 1

Deberan ser a prueba de explosión, roscados para su conexión con el tubo, con tabillitas terminales u otro sistema para fijar y conectar sus conductores si se requiere.

#### VIII.4.2 TOMAS DE CORRIENTE Y CONTACTOS

##### a).- Divisiones 1 y 2

Los receptáculos para tomas de corriente, así como las clavijas que se conectan a ellos, deberan ser a prueba de explosión y contar con un conector fijo para el conductor de tierra del cable.

Los contactos podran ser de uso general, solamente que los contactos estan sumergidos en aceite a 50 mm. o mas del nivel o dentro de una cámara herméticamente sellada contra la entrada de gases o vapores explosivos o en circuitos que bajo condiciones normales no liberan suficiente energía para iniciar la combustión de la mezcla que los rodea.

### VIII.4.3 CONDUCTORES

#### a) Divisiones 1 y 2

Los conductores no deben localizarse en lugares donde están expuestos a líquidos, gases o vapores inflamables, que tengan efectos dañinos, ni donde estén expuestos a temperaturas excesivas. Cuando los líquidos o las condensaciones de vapores inflamables puedan causar daños excesivos, el conductor deberá estar protegido por una cubierta de plomo o medios similares.

La instalación visible de conductores aislados sobre aisladores no debe verse en áreas y locales peligrosos. Los cables móviles o viajeros que se instalen en locales peligrosos, deben sujetarse firmemente en cajas o prueba de explosión, que tengan boquillas para la inserción de cables forrados con hule de neopreno, para hacer un cierre hermético.

### VIII.4.4 SELLOS

#### a) Divisiones 1 y 2

Deberán colocarse sellos en las canalizaciones eléctricas, para impedir el paso de gases, vapores o flamas, de una parte a otra de la instalación eléctrica y en lugares accesibles deberá aplicarse compuesto sellador en los accesorios terminales del circuito eléctrico, para impedir la filtración de fluidos y humedad al aislamiento del cable.

Deben colocarse sellos en cada canalización, que se conecten a cajas que por su localización son del tipo a prueba de explosión y que contengan dispositivos capaces de producir arcos, chispas o altas temperaturas. Los sellos deben instalarse lo más cerca posible de las cajas, a una distancia máxima de 50 cm., de las mismas. Entre la caja o dispositivo similar.

Deben colocarse sellos en cada canalización eléctrica que pase de un área peligrosa a otra de diferente designación. No deben instalarse accesorios entre el sello y el límite del área peligrosa. En los dispositivos de sello no deberá hacerse empalmes ni derivaciones. El compuesto sellador deberá ser el apropiado para este tipo, no debe ser afectado por la atmósfera o líquido que lo rodea y tendrá un punto de fusión de 93°C. como mínimo. El espesor del compuesto sellante deberá ser con lo menos igual al diámetro de la tubería, o de los conductores, como mínimo. En los dispositivos en que el sello forma parte integral de los mismos, no es necesario que se instalen los sellos especificados anteriormente.

No debe ponerse compuesto sellador en el interior de los dispositivos con empalmes o derivaciones.

#### **VIII.4.5 DRENAJES**

##### **a).- Divisiones 1 y 2**

Quando exista la posibilidad de acumulación de líquidos o vapores condensados dentro de las cubiertas del equipo eléctrico o en algún punto de las canalizaciones, deben proveerse drenajes adecuados para evitar dicha acumulación.

#### **VIII.4.6 INTERRUPTORES, CONTROLES DE MOTORES, MEDIDORES, INSTRUMENTOS Y RELEVADORES**

##### **a).- Divisiones 1 y 2**

Los interruptores, controles de motores, medidores instrumentos relevadores, wattímetros, transformadores de instrumentos resistencias y tubos termiónicos y rectificador, deben estar instalados dentro de cajas aprobadas para usarse en áreas clase I.

#### **VIII.4.7 FUSIBLES**

##### **a).- División 1**

Deben ser a prueba de explosión

##### **b).- División 2**

Los fusibles de mayor capacidad de 3 amperes 120 volts, deben ser a prueba de explosión, a menos que la interrupción de la corriente ocurra dentro de una cámara herméticamente cerrada que impida la entrada de gases y vapores o se encuentren sumergidos en aceite. Los fusibles de capacidad de 3 amperes 120 volts y menores pueden ser de uso general.

#### **VIII.5 LOCALIZACION DE TRANSFORMADORES Y CONDENSADORES**

##### **a).- División 1**

Quando estén sumergidos en algún líquido inflamable, no deben instalarse, cuando sean del tipo seco, deben ser a prueba de explosión.

b).- División 2

Cuando estén sumergidos en algún líquido inflamable, no deben instalarse.

Cuando estén sumergidos en algún líquido incombustible, deben contar con protecciones que aseguren no alcanzarán temperaturas elevadas en sus superficies expuestas, que no tendrán arcos externos, con alarma por bajo nivel de líquido e instalarse en lugares bien ventilados.

### VIII.6 LOCALIZACION DE SUBESTACIONES

Las subestaciones y los cuartos de control y distribución de electricidad, deben localizarse en una trayectoria de aire limpio, de modo que los vientos dominantes impulsen cualquier escape de gas o vapor inflamable en la planta, alejándolo del equipo eléctrico.

Tal equipo no debe instalarse en niveles bajos cuando se puedan acumular gases o vapores inflamables más pesados que el aire. Puede ser necesario construir un terraplén para elevar el nivel.

a).- División 1

No se debe instalar

b).- División 2

No se deben instalar, a menos que se encuentran dentro de un recinto con puertas de cierre automático y con ventilación positiva, tomada de un área no peligrosa.

### VIII.7 MOTORES Y GENERADORES

a).- división 1

Los equipos eléctricos rotatorios como motores y generadores que no sean de inducción jaula de ardilla, deberán ser del tipo a prueba de explosión o bien del tipo totalmente cerrado con ventilación de presión positiva tomada de una fuente de aire libre de gases y con descarga a un área segura; También pueden ser del tipo totalmente cerrado con gas inerte en el interior.

El control de arranque del sistema, debe llevar interruptores de tiempo que no permitan que arranque el motor hasta que se hayan removido 10 volúmenes de aire de la cubierta del motor. También deben de llevar interruptores de flujo y presión que corten la alimentación de energía eléctrica en caso de falla del equipo de ventilación positivo. El motor debe tener termostatos que corten la energía eléctrica en caso de sobrecalentamiento.

No deben de taladrarse las paredes de la caja de conexiones la cubierta del estator ni los soportes de los baleros aun cuando fuesen taponeados después, ya que son una fuga potencial y una explosión interna los pueden romper, debido al debilitamiento del material o forzar la flama a través de ellos.

#### b).- División 2

Los equipos eléctricos rotatorios, como motores y generadores que tengan conmutador o anillos deslizantes, interruptores o resistencias, deberán ser del tipo a prueba de explosión a menos que estos dispositivos se encuentren dentro de cajas de este tipo.

### VIII.8. HERRAMIENTAS

Debido a que las caídas o golpes accidentales de las herramientas portátiles producen chispas, se debe restringir dentro de las áreas peligrosas.

### VIII.9 CLASIFICACION NEMA (NATIONAL ELECTRIC MANUFACTURERS ASSOCIATION) PARA DESIGNAR EL TIPO DE CAJA

- 1: Uso general. Para aplicaciones en servicio interior con condiciones normales del medio ambiente. Evita el contacto accidental con el aparato que encierra y lo protege contra la suciedad.
- 2: A prueba de goteo. Para aplicaciones en servicio interior, protege contra la caída de líquidos no corrosivos y suciedad. Puede tener drenaje.
- 3: A prueba de polvo, lluvia y resistencia a la cellisca. Para aplicaciones a la intemperie, protege contra el polvo y agua arrastrados por el viento. No es a prueba de cellisca. Tiene entradas para conduits y conexiones a prueba de agua y puede tener seguro.



- 3R:** A prueba de lluvia y resistente a la cellisca. Para usos a la intemperie. Protege contra la lluvia pues no le permite la entrada a un nivel más alto que la parte viva más baja. No es a prueba de polvo, nieve o cellisca. Puede tener drenaje y seguro.
- 3S:** A prueba de polvo, lluvia y cellisca. Protege contra la lluvia y polvo arrastrados por el viento, permite la operación cuando su envolvente esté cubierta con nieve o cellisca. No protege al equipo interior contra hielo interno. Puede colocarsele seguro y entradas para conduits y conexiones a prueba de agua.
- 4:** A prueba de agua y polvo. Par usos en el interior y exterior. Protege contra salpicaduras, filtraciones de agua, caída o agua directa y condensación externa severa. Es resistente pero no a prueba de cellisca.
- 4X:** A prueba de agua y polvo y resistente a la corrosión. Tiene las mismas características que la tipo 4, pero además es resistente a la corrosión.
- 5:** ( Suprimida ). Reemplazada por la cubierta NEMA 12.
- 6:** Sumergible, a prueba de agua y polvo resistente a la cellisca. Para usos en interior y exterior donde ocasionalmente sea sumergida. Protege contra una altura estática de agua de 1.83 m., durante 30 minutos, polvo, salpicaduras o condensación externa de líquidos no corrosivos, caída o agua directa, pelusa y filtraciones.
- 7:** A prueba de gases o vapores explosivos en áreas clasificadas como Clase I, Grupo A, B, C y D. Para uso en interior, en áreas con atmósferas explosivas Clase I. La interrupción del circuito se hace en aire.
- 8:** Igual que la designación NEMA 7 anterior, excepto que la interrupción del circuito se hace en aceite.
- 9:** A prueba de polvos explosivos en áreas clasificadas como Clase II, Grupos E, F o G. En áreas con presencia de polvos combustibles que originen merclas explosivas.
- 10:** Adecuada para usarse en minas de carbón.
- 11:** Resistente a la corrosión y a prueba de salpicaduras. Para uso en interior, protege contra polvo, filtración y condensación externa de líquidos corrosivos de humos y gases por contener al equipo en aceite.

- 12: Uso industrial, a prueba de salpicaduras y polvos. Para uso en interior, protege contra fibras volátiles, pelusas, polvo, suciedad y salpicaduras ligeras, goteo y condensación externa de líquidos no corrosivos. No tiene entradas para conduite o aberturas, excepto cuando se hagan a prueba de polvo o aceite con mecanismos con empaques a prueba de aceite.

## VIII.10 SELECCION DE LUMINARIOS EN AREAS PELIGROSAS

### a. - Clase I, División 1

Cada luminario fijo o portátil debe ser del tipo aprobado para lugares Clase I y tener marcada claramente la máxima capacidad de la lámpara con que puede operar.

Cada luminario fijo, debe estar protegido contra daño mecánico por medio de un resguardo adecuado o por su propia ubicación.

Los luminarios de tipo colgante deben soportarse con tubo metálico rígido tipo pesado o semipesado, en el que las uniones roscadas estén provistas de medios efectivos para evitar que se aflojen. Si se requiere colgar un luminario por medio de tubo a más de 30 centímetros de la caja de salida, el tubo debe fijarse rigidamente a una distancia no mayor de 30 centímetros del luminario, para evitar oscilaciones excesivas, o bien, tener flexibilidad de movimiento por medio de un accesorio o conector aprobado para el propósito y para lugares Clase I, que se coloque a no más de 30 centímetros de la caja de salida.

Las cajas o conectores usados para soportar luminarios deben estar aprobados para tal propósito y para usarse en Clase I.

### b. - Clase I, División 2

Los luminarios fijos deben estar protegidos contra daño mecánico por medio de resguardos adecuados o por su propia ubicación. Estos luminarios pueden no ser del tipo aprobados para lugares Clase I, pero deben tener cubiertas u otros medios efectivos para evitar que se pueden encender concentraciones localizadas de gases o vapores inflamables, cuando existe riesgo de que se desprendan chispas o metal caliente de las lámparas o luminarios.

Cuando las lámparas sean de un tamaño o tipo que puedan alcanzar, bajo condiciones normales de operación, temperaturas superficiales que excedan del 80 por ciento de la temperatura de ignición del gas o vapor involucrado, los luminarios deben ser del tipo aprobado para lugares Clase I. Ver tabla No. 1.

#### **c.- Selección de Luminario**

La selección adecuada de los luminarios, debe hacerse en función de las necesidades de iluminación, características del local, y de las restricciones impuestas por la clasificación de Áreas, teniendo en cuenta las sustancias manejadas, así como sus temperaturas de ignición. Ver Tablas Nos. 1, 2, 3, 4, 5, y 6.

Para iluminación de Áreas de la División 1, la temperatura en el exterior del luminario que debe ser a prueba de explosión, no debe exceder del 80% de la temperatura de ignición de la mezcla explosiva formada por los gases o vapores de las sustancias en cuestión. Ver Tabla No. 2.

Para la iluminación de Áreas de la División 2, la temperatura en el exterior del luminario, debe ser a prueba de vapor, no debe exceder del 180% de la temperatura de ignición de la mezcla explosiva formada por los gases o vapores de la sustancia en cuestión. Ver Tablas 3 y 4.

#### **d.- Marcas e identificación**

El equipo aprobado para usarse en lugares peligrosos debe tener marcas que indiquen la clase del lugar y grupo de atmósfera ( gas, vapor o polvo específico ) para el cual ha sido aprobado.

El equipo aprobado para una determinada clase de lugar peligroso debe tener además, la indicación de la temperatura máxima ( o rango de temperatura ) de operación, basada en la temperatura ambiente de 40°C.



TEMPERATURAS DE IGNICION DE LAS ATMOSFERAS PELIGROSAS

GRUPO	SUSTANCIA	TEMPERATURA DE IGNICION (°C)	% DE TEMPERATURA DE IGNICION EN (°C)	LIMITES EXPLUSIVOS EN % DE VOLUMEN	
				MIN	MAX
A	Acetileno	305	244	2.5	100.0
B	Butadieno	420	336	2.0	12.0
	Hidrógeno	500	400	4.0	75.0
	Oxido de etileno	429	343.2	3.6	100.0
C	Acetaldehído	175	140	4.0	60.0
	Eter etílico	290	232	1.9	36.0
	Eter dibutílico	194	155.2	1.5	7.6
D	Etileno	450	360	2.7	36.0
	Acetona	465	372	2.5	13.0
	Acronitrilo	481	385	3.0	17.0
	Acetato de amilo	360	288	1.1	7.5
	Acetato de butilo	425	340	1.7	7.6
	Acetato de etilo	475	380	2.0	11.5
	Acetato de metilo	454	363	3.1	16.0
	Acetato de vinilo	402	322	2.6	13.4
	Acido sulfúrico	262	210	4.3	45.0
	Alcohol alílico	378	302.4	2.5	18.0
	Alcohol amílico	300	240	1.2	10.0
	Alcohol butílico	343	274.4	1.4	11.2
	Desnaturalizado	405	324	1.7	9.8
	Alcohol etílico	363	290.4	3.3	19.0
	Alcohol metílico	385	308	6.0	36.0
	Alcohol propílico	412	330	2.2	13.7
	Amoniaco	651	521	16.0	25.0
	Benceno	498	398.4	1.3	7.9
	Bicloruro de etilo	413	230	6.2	16.0
	Butano	287	230	1.6	8.4
Acetonitrilo	524	419.2	3.0	16.0	
Ciclopropano	498	398.4	2.4	10.4	

TABLA No 2

**TEMPERATURAS DE IGNICION DE LAS ATMOSFERAS PELIGROSAS**  
(Continuación)

GRUPO SUBSTANCIA	TEMPERATURA DE IGNICION (°)	PUNTO DE TEMPERATURA DE IGNICION (°)	LIMITE EXPLOSION EN % DE VOLUMEN	
			MIN	MAX
Ciclohexano	215	146	1.3	8.0
Ciclohexano de anillo	250	200	1.2	6.7
Clorobenceno	593	474.4	1.3	9.6
Cloruro de bencilo	585	468	1.1	-
Cloruro de vinilo	472	378	3.6	2.2
Combustibles No. 1	231	185	0.7	5.0
Combustibles No. 2 (Líquido)	259	207	-	-
Dicloroetano	204	163.4	0.6	-
Etileno	204	163.2	1.05	6.7
Etereno	490	392	1.1	7.0
Etileno	472	378	3.0	17.5
Etil metal cetona	404	323.2	1.4	11.4
Gas natural	462-632	385.6-505.6	3.8-6.5	13.0-17
Gasolina	280	224	1.4	7.6
Glicerina	370	296	-	-
Hidrogeno	223	178	1.1	7.5
Metano	537	430	5.0	15.0
Nafta pesada	232	186	1.0	6.0
Nafta ligera	290	232	0.9	6.0
Octano	208	163	1.0	6.5
Pentano	260	208	1.5	7.8
Propano	450	360	2.1	9.5
Propileno	453	364	2.0	11.1
Solventes limpiadores	231	185	-	-
Tolueno	480	384	1.2	7.1
Xileno	463	370.4	1.0	7.0

TABLA No. 2

SELECCION DE UNIDADES		
AMBIENTE	CARACTERISTICAS	TIPO DE LAMPARA
Gases y vapores explosivos. (Clase I Div. 1)	A prueba de explosión.	Incandescente, mercurio fluorescente, concentrada cuarzo, concentrada incandescente.
Clase II Div. 1, Polvos combustibles	A prueba de polvo	Incandescente, vapor de mercurio.
Clase I Div. 2, Clase II Div. 2, Clase III, humedad, polvos incombustibles	Cerrados y forrados a prueba de vapor	Incandescentes, vapor de mercurio.
No peligrosos	Abiertos o cerrados y empacados	Vapor de mercurio, aditivo metálico

TABLA No 3

**CLASIFICACION DE LUMINARIOS, CLASE I, GRUPO D<sup>4</sup> Y CLASE II GRUPOS E Y G**

LUMINARIOS A PRUEBA DE EXPLOSION		TIPO DE AREA	TEMP MAX <sup>1</sup> EXTERIOR (°C)	TEMP MAX <sup>1</sup> BRIST (°C)	TEMPERATURA DE OPERACION <sup>2</sup>
TIPO	WATTS				
Vapor de mercurio	175	Peligrosa <sup>3</sup>	103.0	257.5	T2B/260
Vapor de mercurio	250	Peligrosa	110.0	275.0	T2A/280
Vapor de mercurio	400	Peligrosa	159.0	311.5	T1/450
Vapor de mercurio	175	Peligrosa	111.0	274.0	T2B/260
Vapor de mercurio	250	Peligrosa	113.0	277.0	T2A/280
Vapor de mercurio	400	Peligrosa	154.0	326.0	T1/450
Vapor de sodio alta presión	70	Peligrosa	64.0	153.0	T3C/160
Vapor de sodio alta presión	100	Peligrosa	71.0	181.0	T3/200
Vapor de sodio alta presión	150	Peligrosa	93.5	231.0	T2B/260
Vapor de sodio alta presión	250	Peligrosa	114.5	324.0	T1/450
Aditivo metálico	400	Peligrosa	149.0	298.5	T2/300

**CLASIFICACION DE LUMINARIOS, CLASE I Y II, DIVISION 2<sup>1</sup> Y CLASE III**

LUMINARIOS A PRUEBA DE VAPOR		TIPO DE AREA	TEMP MAX <sup>1</sup> EXTERIOR (°C)	TEMP MAX <sup>1</sup> BRIST (°C)	TEMPERATURA DE OPERACION <sup>2</sup>
TIPO	WATTS				
Vapor de mercurio	100	No peligrosa	102.0	234.0	T2B/260
Vapor de mercurio	175	No peligrosa	124.0	235.0	T2B/260
Vapor de mercurio	250	No peligrosa	155.0	302.0	T1/450
Aditivos metálicos	175	No peligrosa	145.0	261.0	T2A/280
Vapor de mercurio	400	No peligrosa	141.5	268.5	T2A/280
Vapor de sodio	250	No peligrosa	119.0	341.0	T1/450
Aditivos metálicos	400	No peligrosa	148.0	294.0	T2/300

**Notas**

<sup>1</sup> La temperatura máxima exterior se encuentra localizada en la zona más alta del grupo de luminarios y la temperatura máxima brist del interior del grupo de luminarios del mismo producto.

<sup>2</sup> La temperatura máxima y registrada se encuentra localizada en la zona más alta de la lámpara en todos los luminarios.

<sup>3</sup> Recomendamos consultar a la Tabla 14 de NOM J 159 1979 (Tabla 509.2.1) de 1981 Normas Nacionales de México.

Un equipo puede ser usado con seguridad en cualquier instalación que tenga un punto de ignición más alto que la temperatura del rango T<sub>1</sub> más alto y de los vapores o a la temperatura de operación marcada en par la marca 3°C.

<sup>4</sup> Exceptando aquellos productos cuyo punto de ignición sea inferior a la temperatura indicada por la temperatura de operación más alta en par el Rango T.

<sup>5</sup> Dado el nivel de la plaza de datos la siguiente información se usa para clasificar. Adicionalmente, para evitar cualquier confusión, se han dado dentro de la información de operación una indicación sobre la temperatura de operación de aquellos de los luminarios peligrosos.

**TABLA No 1**



**POTENCIA MAXIMA EN WATTS DE LAMPARAS QUE  
PUEDEN USARSE EN DIVISION 1, POR GRUPOS DE  
SUBSTANCIAS (EN LUMINARIOS A PRUEBA DE  
EXPLOSION)**

GRUPO	INCANDESCENTE	VAPOR DE MERCURIO
A	300 W 500 W sin ref.	400 W
B	300 W 500 sin ref.	400 W
C	150 W 200 sin ref.	250 W
D	300 W 500 sin ref.	400 W

**TABLA No 5**

**TEMPERATURAS MAXIMAS DESARROLLADAS EN EL  
EXTERIOR DE UN LUMINARIO A PRUEBA DE VAPOR SIN  
REFLECTOR, POSICION VERTICAL (LAMPARA CON  
CASQUILLO ARRIBA)**

POTENCIA WATTS	INCANDESCENTE °C	VAPOR DE MERCURIO °C
60	64	
75	73	
80		68
100	78	
150	79	
175		119
200	89	
250		135

Temperatura Ambiente 23°C

Vapor de mercuriu 277 Volts, 60 HZ.

Incandescentes 125 Volts, 60 HZ.

**TABLA No 6**

## CONCLUSIONES:

El presente trabajo muestra la importancia de tener la información suficiente para elaborar, un proyecto eléctrico en plantas petroquímicas.

Es uso cada vez más de materiales explosivos, en las plantas petroquímicas, hace que el diseñador eléctrico, este más atento y involucrado en el proyecto. Los materiales y materias primas en las plantas, hace necesario que se hagan estudios de clasificación de áreas peligrosas, para determinar el tipo de equipos y materiales eléctricos que se van a localizar en las diferentes áreas.

La planeación y diseño de cualquier instalación eléctrica, deberá cumplir totalmente, con las normas de seguridad aprobadas para esa área, esta clasificación se hará en base a normatividad y la experiencia mostrada con otros complejos petroquímicos o donde se manejen o procesen sustancias clasificadas como explosivas, en donde la historia de la misma en cuanto a accidentes marcara determinadamente todas las medidas posibles para evitar un accidente.

La recopilación de esta información regularmente se encuentra dispersa, por eso la importancia del presente trabajo, logrando reunir esta información, condensando y presentandola en forma practica.

Esta reunión de información reúne los requisitos mínimos de información para que el futuro ingeniero de proyecto eléctrico encuentre las BASES DE DISEÑO PARA INSTALACIONES ELECTRICAS EN PLANTA PETROQUIMICAS, y tenga los conocimiento suficientes para poder emprender un proyecto eléctrico.

**BIBLIOGRAFIA:**

INDUSTRIAL POWER SYSTEMS HANDBOOK  
DONALD BEEMAN  
Mc. GRAW-HILL

THE NATIONAL ELECTRICAL CODE-1990  
HANDBOOK  
EARLY-MURRAY-CALOGGERO  
NEC-NFPA

NORMAS TECNICAS PARA  
INSTALACIONES ELECTRICAS  
SECOFI-1981

DISEÑO DE SUBESTACIONES ELECTRICAS  
JOSE RAULL MARTIN  
Mc. GRAW-HILL

MANUAL TECNICO DE CABLES DE ENERGIA  
CONDUMEX  
Mc. GRAW-HILL

MANUAL DE ALUMBRADO WESTINGHOUSE  
Ed. DOSSAT, S. A.

ELEMENTOS DE DISEÑO DE SUBESTACIONES  
ELECTRICAS  
GILBERTO ENRIQUEZ HARPER  
Ed. LIMUSA

CLASIFICACION DE AREAS PELIGROSAS  
Y SELECCION DE EQUIPO ELECTRICO  
NORMA No. 2.340.13  
PEMEX.

ALUMBRADO PARA INSTALACIONES INDUSTRIALES  
NORMA. No. 2.231.01  
PEMEX

CANALIZACIONES ELECTRICAS SUBTERRANEAS  
NORMA. 2.346.07  
PEMEX

SISTEMA DE CONEXION A TIERRA  
NORMA 2.346.04  
PEMEX