



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

“ARAGON”

“LA SEGURIDAD DE INSTALACIONES  
ELECTRICAS DE ALUMBRADO Y FUERZA  
DENTRO DE AREAS PELIGROSAS”

TESIS PROFESIONAL

Que para obtener el Título de:  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P r e s e n t a  
JOSE ALEJANDRO GUTIERREZ MEDINA

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

San Juan de Aragón, Edo. de Méx.

1994



ENEP  
ARAGON



## **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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS  
PROFESIONALES ARAGÓN  
UNIDAD ACADÉMICA.

ING. RAUL BARRON VERA  
JEFE DE CARRERA DE INGENIERIA  
MECANICA ELECTRICA  
P R E S E N T E

En atención a su solicitud de fecha 10. de julio del año en curso, por la que se comunica que el alumno JOSE ALJANDRO GUTIERREZ MEDINA, de la carrera de INGENIERIA MECANICA ELECTRICA, ha concluido su trabajo de investigación intitulado "LA SEGURIDAD DE INSTALACIONES ELECTRICAS DE ALUMBRADO Y FUERZA DENTRO DE AREAS PELIGROSAS", y como el mismo ha sido revisado y aprobado por usted se autoriza su impresión, así como la iniciación de los trámites correspondientes para la celebración del Examen Profesional.

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

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
San Juan de Aragón, Edo. de Méx., Julio 5, 1994.  
EL JEFE DE LA UNIDAD



LIC. ALBERTO BARRA ROSAS

c c p Ing. Juan Méndez Moreno.- Asesor de Tesis.  
c c p I n t e r e s a d o . .

AIR'la.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, y en particular a la Escuela Nacional de Estudios Profesionales ARAGON, les agradezco los conocimientos que me transmitieron a lo largo de esta etapa de mi formación profesional, comprometiendome a realizar con honestidad todas mis actividades como profesionista para enaltecer el nombre de mi Institución y de México.

Al Ing. Juan Méndez Moreno un especial agradecimiento por su apoyo, asesoría y acertados consejos para la culminación de este trabajo.

A los Ingenieros Isaac López Ruiz, Jesús Cisneros de los Santos y al Arq. Juan Manuel Salcedo Valdovinos, mi eterno agradecimiento por las facilidades brindadas.

A la familia Chavarria Omaña y demás personas que colaborarán de una u otra manera, gracias por su valiosa ayuda para que este trabajo fuera posible.

Para ti madre, por tu dedicación, cuidados, desvelos, paciencia y apoyo incondicional, que no fueron en vano. Esto que ahora te dedico es insignificante comparado con tantas cosas que te debo. GRACIAS MAMA.

Para ti padre, porque representas un camino a seguir y un compromiso de superación. Por haberme ayudado a salir adelante sembrando algo que ahora cosecho, pero cuyos frutos te pertenecen. GRACIAS PAPA.

Para ustedes hermanos : Vito, Leticia, Carmen y Rogelio, por su ayuda y por todo lo que hemos vivido juntos. Espero les sirva de estímulo para que también logren sus objetivos.

A la memoria de mis abuelos : Crispina, María y Francisco, por los gratos recuerdos que guardo de ellos.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
ARAGÓN  
DIRECCION

JOSE ALEJANDRO GUTIERREZ MEDINA  
P R E S E N T E .

En contestación a su solicitud de fecha 26 de abril del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que el señor profesor, Ing. JUAN MENDEZ MORENO pueda dirigirle el trabajo de Tesis denominado " LA SEGURIDAD DE INSTALACIONES ELECTRICAS DE ALUMBRADO Y FUERZA DENTRO DE AREAS PELIGROSAS ", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
San Juan de Aragón, Mex., 4 de mayo de 1994  
El DIRECTOR

En FIDELDAUDIO C. BERRIFIELD CASTRO  
DIRECTOR



- c c p Lic. Alberto Ibarra Rosas, Jefe de la Unidad Académica.
- c c p Ing. Raúl Barrón Vera, Jefe de la Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica.
- c c p Ing. Juan Méndez Moreno, Asesor de Tesis.

CCMC'AIR'11a.

## I N D I C E

Prologo	1
CAPITULO I AREAS PELIGROSAS	
I.A.- Introduccion	4
I.A.1.- Definiciones	6
I.A.2.- Organismos	8
I.B.- Clasificaciones	11
I.B.1.- Areas Clase I	12
I.B.2.- Areas Clase II	15
I.B.3.- Areas Clase III	15
I.B.4.- Ejemplos de areas peligrosas	16
I.B.5.- Algunas sustancias pertenecientes a la Clase I	22
I.B.6.- Productos quimicos por grupos	28
I.C.- Determinacion de areas peligrosas	30
I.C.1.- En sitios libremente ventilados	31
I.C.2.- En sitios confinados	39
I.C.3.- En tanques de almacenamiento	48
I.C.4.- En sitios fuera de las plantas de proceso	49
CAPITULO II SISTEMAS DE ALUMBRADO	
II.A.- Seleccion del equipo	55
II.A.1.- Factores	55
II.A.2.- Marcas de identificacion	57
II.B.- Equipo a prueba de explosion	60
II.B.1.- Construccion	61
II.B.2.- Luminarias	63

II.B.3.- Tuberia conduit	66
II.B.4.- Sellos	68
II.B.5.- Accesorios	71
II.B.6.- Conductores	74
II.B.7.- Condulets	75
II.B.8.- Fibra para sellar	80
II.C.- Normas para la instalación de luminarias	83
II.C.1.- Pruebas	83
II.C.2.- Instalación en áreas Clase I	84
II.C.3.- Instalación en áreas Clase II	86
II.C.4.- Instalación en áreas Clase III	88
II.D.- Mantenimiento de equipo para áreas peligrosas	89
II.D.1.- Recomendaciones	90
CAPITULO III SISTEMAS DE FUERZA	
III.A.- Equipo de control industrial	93
III.A.1.- Arrancadores	93
III.A.2.- Interruptores termomagnéticos	94
III.A.3.- Estación de botones, Switch selector	95
III.A.4.- Luces piloto selladas de fábrica	95
III.A.5.- Tableros de control	98
III.A.6.- Interruptores de palanca	98
III.A.7.- Interruptor de seguridad para transportadores	99
III.A.8.- Centro de control de motores	99
III.B.- Especificaciones para la selección de equipo eléctrico en áreas peligrosas	101
III.B.1.- Equipo para áreas Clase I	102



III.B.2.- Equipo para areas Clase II	109
III.B.3.- Equipo para areas Clase III	114
III.B.4.- Aspectos economicos	119
III.C.- Sistemas presurizados	121
III.C.1.- Equipo con presión positiva	122
III.C.2.- Presurización de locales	124
III.D.- Sistemas de conexión a tierra	128
III.D.1.- Sistema de tierras	128
III.D.2.- Instalación del sistema de tierras	129
III.D.3.- Sistema de pararrayos	132
III.D.4.- Instalación del sistema de pararrayos	132
CAPITULO IV SUBESTACIONES ELECTRICAS	
IV.A.- Definición	138
IV.A.1.- Clasificación	138
IV.A.2.- Localización	140
IV.B.- Elementos de una subestación	142
IV.B.1.- Equipo de medición	142
IV.B.2.- Apartarrayos	142
IV.B.3.- Cuchillas desconectoras	143
IV.B.4.- Cuchillas de prueba	143
IV.B.5.- Interruptor de potencia	143
IV.B.6.- Cortacircuito fusible	147
IV.B.7.- Transformador	147
IV.C.- Sistema de tierras en subestaciones	149
IV.C.1.- Funciones	149
IV.C.2.- Clasificación	150

IV.C.3.- Componentes	151
CASO PRACTICO	
A.- Sistema de alumbrado	160
A.1.- Calculo de alumbrado	160
A.2.- Calculo de cables de alimentacion y determinacion de circuitos derivados	164
A.3.- Tablero de alumbrado	170
A.4.- Lista de materiales a utilizar	171
B.- Sistema de fuerza	174
B.1.- Calculo de cables alimentadores de cada uno de los motores desde el centro de control	174
B.2.- Tablero 1	178
B.3.- Proteccion manual contra incendio	179
B.4.- Calculo de corto circuito	180
B.5.- Lista de materiales a utilizar	182
C.- Sistemas de conexi3n a tierra	186
C.1.- Calculo del sistema de tierras	186
C.2.- Sistema de pararrayos	187
C.3.- Lista de materiales a utilizar	188
D.- Material complementario	188
D.1.- Material y equipo para subestaci3n general	188
D.2.- Material para alimentadores principales	190
Conclusiones	191
Bibliografia	195

## P R O L O G O

Considerando los problemas que pueda afrontar el estudiante de ingeniería eléctrica, al no tener a su alcance información suficiente en relación a instalaciones eléctricas especiales. en este trabajo se incluyen datos en los cuales pueda apoyarse para el proyecto, cálculo y ejecución de dichas instalaciones y equipos eléctricos cuando se encuentren ubicados en áreas o lugares que, convencionalmente, se designan como "áreas peligrosas".

Buena parte de los cuatro capítulos en que se divide el presente trabajo, se han hilvanado a través del uso estratégico de diversas fuentes, cuya lista aparece en la bibliografía general, las obras se mencionan en el cuerpo del texto, en donde eludi cifras excesivas, terminologías muy técnicas y notas al pie de página. Es claro, por tanto, que no se añade mayor información a los especialistas, aunque puede interesarles, y por la forma en que está presentado, le será útil a otras personas, pero no es el propósito que la información proporcionada constituyan instrucciones para dichas personas si estas no tienen conocimientos de instalaciones eléctricas.

En el primer capítulo se dan los lineamientos que rigen a los proyectos de instalaciones eléctricas en zonas de peligro. se hace la clasificación de áreas peligrosas y se dan algunos ejemplos para la determinación de las mismas.

En el segundo capítulo se analiza el sistema de alumbrado, donde se enuncian las características del equipo a prueba de explosión y se enumeran normas para su selección, instalación y mantenimiento.

El tercer capítulo comprende el sistema de fuerza, donde se mencionan las características, clasificación y normas para la selección e instalación de; equipo de control industrial, equipo eléctrico y sistemas de conexión a tierra.

El cuarto capítulo se dedica a subestaciones eléctricas, que normalmente se instalan fuera de áreas peligrosas, pero que consideré conveniente incluirlas para tener un panorama más completo en este trabajo.

Por último, se incluye un ejemplo de clasificación de áreas y selección de equipo en una planta envasadora de GAS LP, que por tratarse de un producto potencialmente explosivo justifica el uso de equipo a prueba de explosión.

Debido a lo extenso y complejo que resultaría hacer el proyecto completo, no se describen aquí las técnicas generales para efectuar las instalaciones, ya que además están fuera del tema.

Este trabajo tiene como objetivo dar los lineamientos generales para la clasificación de áreas por su grado de peligrosidad, describir los criterios más aceptados y establecer los requisitos mínimos de seguridad para la adecuada selección, instalación y mantenimiento del equipo eléctrico a utilizarse dentro de áreas peligrosas.



**CAPITULO I**  
**AREAS PELIGROSAS**

## I.A.- INTRODUCCION.

Hoy en día, tanto las industrias de procesos, como las de manufacturas, se diversifican como resultado de la aplicación de nuevas tecnologías. El actual desarrollo de la industria petroquímica, química, de plásticos, minera, papelera, etc., incrementa la cantidad de materias primas y productos que pueden ser la causa de siniestros o explosiones si se someten a una fuente de ignición (chispa, arco eléctrico, etc.).

La ingeniería eléctrica ha tenido también un desarrollo paralelo, pues debe cubrir todas las necesidades de las industrias modernas, en consecuencia se tiene ahora una mayor variedad de equipos, instrumentos de control, materiales y dispositivos para efectuar las instalaciones eléctricas, además de diferentes métodos para realizarlas.

Las instalaciones eléctricas y el equipo que se encuentre en áreas donde existan, o puedan existir sustancias flamables o explosivas, puede causar la ignición de éstas al alcanzar la temperatura de ignición de las mismas, ya sea por calentamiento de alguna de sus partes, o bien, por arcos y chispas que puedan producirse aún durante la operación normal del equipo.

En varios incendios ocurridos en diversos tipos de industrias, no ha sido posible determinar con exactitud cuál fue la fuente de ignición, pero en la mayoría de los casos se atribuye a alguna falla ocurrida en la instalación eléctrica, por lo que resulta de suma importancia, que al seleccionar el

equipo, sea el adecuado, siendo entonces objeto de un cuidadoso estudio y diseño, pues la operación confiable del sistema eléctrico es vital para la seguridad del personal y de la planta de que se trate.

Las instalaciones eléctricas dentro de Areas peligrosas, deben ser proyectadas y construidas de forma tal, que se elimine la posibilidad de ignición accidental de productos flamables o explosivos que se encuentren en la atmósfera circundante, además como puede haber equipo eléctrico instalado a la intemperie, o en atmósferas corrosivas, su fabricación y acabado debe ser tal, que reduzcan al mínimo los costos de mantenimiento y las interrupciones de servicio.

## I.A.1.- DEFINICIONES.

AREAS PELIGROSAS.-Son aquellas que contienen vapores, líquidos, gases inflamables, polvos combustibles o fibras, que combinados con el aire del medio ambiente pueden llegar a formar mezclas explosivas o inflamables.

MEZCLA EXPLOSIVA.-Es la mezcla de aire con vapores, gases o polvos combustibles, en tales proporciones que, en contacto con una energía calorífica, ocasiona una explosión o fuego.

FUENTE DE PELIGRO.-Es la parte o partes de un equipo y sus instalaciones, por donde escapan sustancias explosivas o inflamables al medio ambiente durante su operación, reparación o mantenimiento.

TEMPERATURA DE IGNICION.-Es la temperatura mínima que, aplicada a una mezcla explosiva, puede provocar la combustión de dicha mezcla, produciendo una explosión o fuego continuo.

EQUIPO PRESURIZADO.-Es el que está provisto de una cubierta, dentro de la cual se mantiene permanentemente una ventilación de presión positiva con aire o gas inerte, que no permite la entrada de gases o vapores inflamables al interior de la misma cubierta.



VENTILACION ADECUADA.-Es la proporcionada mecánicamente por equipo y dispositivos de inyección eficaces y seguros, que renuevan con aire limpio la atmósfera de un local o área determinada, evitando así la formación de mezclas explosivas y combustibles.

EQUIPO A PRUEBA DE IGNICION DE POLVO.-Es aquel encerrado de manera que se impida la penetración de polvo, a su interior, en cantidades tales que hagan a este susceptible de incendiarse, o que afecten el funcionamiento o capacidad del equipo; y protegido en tal forma que la generación de arcos, chispas o calor en su interior, no provoque la ignición de acumulaciones o suspensiones (del polvo de que se trate) en la atmósfera externa al equipo mismo, sobre o en las cercanías de la cubierta.

EQUIPO A PRUEBA DE EXPLOSION.-Es aquel que esta encerrado y protegido de manera que sea capaz de resistir la explosión de un gas o vapor determinado que pueda ocurrir en su interior; y de impedir, en forma efectiva, que la explosión o disturbio internos (chispas, destellos, arcos eléctricos, etc.) produzcan una explosión en el exterior del equipo, si este se encuentra en una atmósfera explosiva o flamable; su temperatura externa de operación debe ser tal que no incendie dicha atmósfera.

EQUIPO INTRINSECAMENTE SEGURO.-Es un equipo eléctrico especialmente diseñado, y que en condiciones normales y

anormales de operación (fallas del aislamiento o partes eléctricas, sobretensiones, etc.), no liberan energía calorífica suficiente en su superficie, ni produce chispas que puedan encender cualquier mezcla adyacente. Los circuitos eléctricos deben funcionar de tal modo que los voltajes inducidos no se apliquen sobre el alambrado eléctrico.

#### 1.A.2.- ORGANISMOS.

Ya se explico en forma breve la razón por la cual algunas áreas se consideran como peligrosas.

Para evitar, en la medida de lo posible, que ocurran siniestros en áreas peligrosas a causa de cortos circuitos provocados por un mal aislamiento en los cables conductores, que puedan ocasionar alguna chispa que rebase la temperatura de ignición (tabla 2) de la sustancia que se encuentre dispersa en un ambiente explosivo, o por instalar un equipo inadecuado en dichas áreas, se crearon organismos que se dedican a investigar la peligrosidad de los lugares con atmósferas explosivas, como lo son aquellas en las que se manejan : gases, vapores, líquidos, polvos, virutas, fibras o pelusas, todos ellos combustibles.

Algunos de estos organismos tienen laboratorios que se especializan en hacer pruebas, que consisten en la elaboración de modelos destinados a la investigación de elementos

combustibles y su reaccion ante una fuente de energia (cnispa). Estos organismos tienen la autoridad necesaria para rechazar o aceptar un producto de acuerdo con las normas por ellos establecidas. Algunos de estos organismos son, a nivel nacional:

- Reglamento de Obras e Instalaciones Electricas (ROIE).
- Norma Oficial Mexicana (NOM).
- Normas Tecnicas para Instalaciones Electricas (NTIE)
- Norma 2.346.13 de PEMEX (Clasificación de áreas peligrosas y seleccion de equipo electrico).

Como normas extranjeras (americanas) se encuentran:

- National Fire Protection Association (NFPA). (Asociación Nacional de Protección al Fuego).
- National Electrical Code (NEC). (Codigo Nacional Electrico).
- Underwriters Laboratories (UL). (Laboratorios para Aseguradoras).
- National Association of Fire Engineers (NAFE). (Asociación Nacional de Ingenieros en Incendios).

La National Electric Manufacturers Association de los Estados Unidos, cuyas siglas son NEMA, ha fijado normas a las que se deben apegar los fabricantes de equipo eléctrico de ese país en la manufactura de interruptores de seguridad (safety switches). En México, los fabricantes de interruptores de seguridad se apegan a dichas normas y al NEC. Este código crece y cambia a medida que se incrementa el conocimiento técnico y los usos de

la electricidad, lo imprime y distribuye la NFPA, y es aceptado universalmente como base para lograr una instalación eléctrica segura.

La NFPA ha establecido un procedimiento para las revisiones periódicas del NEC, que ultimamente ha sido respaldado por el Instituto Nacional Americano de Normas (ANSI).

Los Laboratorios para Aseguradoras (UL), son en Estados Unidos los laboratorios de prueba más conocidos, los fabricantes les envían sus productos con fines de prueba.

Después de someterlos a examen, UL emite un reporte al fabricante en el que indica sus hallazgos, si se descubren defectos en el producto, el fabricante debe corregir y someter nuevas muestras al examen. Los productos cuyo desempeño es satisfactorio se listan en diversos directorios publicados por los UL, como son:

- Electrical Appliance and Utilization Equipment Directory (Directorio de Aparatos y Equipo de Utilización Eléctricos).
- Electrical Construction Materials Directory (Directorio de Materiales de Construcción Eléctricos).
- Hazardous Location Electrical Equipment Directory (Directorio de Equipo Eléctrico de Ubicación Peligrosa).

### I.B.- CLASIFICACIONES.

Para una descripción completa, las normas designan a los diferentes tipos de áreas peligrosas clasificandolas en base a sus características de peligrosidad de la manera siguiente:

CLASE I .-Áreas en donde existan gases o vapores flamables en el aire, en cantidades suficientes para producir mezclas flamables o explosivas.

CLASE II .-Áreas que sean peligrosas por la presencia de polvos combustibles o eléctricamente conductores.

CLASE III .-Áreas que sean peligrosas por la presencia de fibras o sustancias volátiles fácilmente flamables, pero en donde no es probable que estos materiales estén suspendidos en el aire en cantidades suficientes para producir mezclas flamables.

Para completar la descripción, cada clase de área peligrosa se subdivide en dos:

DIVISION 1.- Las localizaciones donde la condición peligrosa está continuamente presente.

DIVISION 2.- Las localizaciones donde no siempre se presenta la condición peligrosa, pero en donde existe la posibilidad de explosión o incendio.

Ademas se han agrupado varias mezclas atmosféricas sobre la base de sus características peligrosas, y sirven para una mejor clasificación de áreas peligrosas:

Grupo A.- Atmósferas que contienen acetileno.

Grupo B.- Atmósferas que contienen hidrógeno, gases o vapores de peligro equivalente, tales como los gases elaborados.

Grupo C.- Atmósferas que contienen vapores de éter etílico, etileno o ciclopropano.

Grupo D.- Atmósferas que contienen vapores de gasolina, hexano, nafta, bencina, butano, propano, alcohol, acetona, benzol, solventes de laca o gas natural.

Grupo E.- Atmósferas que contienen polvo metálico, incluyendo aluminio, magnesio y sus aleaciones comerciales.

Grupo F.- Atmósferas que contienen negro de humo, polvo de carbón vegetal o mineral.

Grupo G.- Atmósferas que contienen harina, almidón o polvos de granos.

Con el objeto de hacer pruebas a equipo eléctrico y aprobarlo para una determinada atmósfera de las ya mencionadas, se considera lo siguiente:

- 1.- Las atmósferas Grupos : A, B, C, y D corresponden a lugares Clase I.
- 2.- Las atmósferas Grupos : E, F, y G corresponden a lugares Clase II.

A continuación se mencionan las características de los lugares donde se presentan las áreas peligrosas:

#### I.B.1.- AREA CLASE I

##### a) DIVISION I

Es aquella en la cual la concentración peligrosa de gases o

vapores flamables existen continua, intermitente o periódicamente en el ambiente bajo condiciones normales de operación; también es el área en la cual la concentración peligrosa de algunos gases o vapores puede existir frecuentemente por reparaciones de mantenimiento o por fugas. Puede ser también aquella área, en la cual por falla del equipo de operación o proceso, podrían fugarse gases o vapores flamables hasta alcanzar concentraciones peligrosas y posiblemente causar simultáneamente fallas del equipo eléctrico.

Las normas internacionales (IEC) y Petroleos Mexicanos (PEMEX), por necesidades especiales de su industria, consideran necesario establecer las Divisiones 1a y 1b :

Una área Clase I División 1a es aquella en donde existen continuamente concentraciones peligrosas de gases o vapores explosivos o flamables en condiciones normales de operación.

Una área Clase I División 1b es aquella en donde:

- a) Existen intermitente ó periódicamente concentraciones de gases flamables en condiciones normales de operación.
- b) Pueden existir frecuentemente concentraciones peligrosas de los mismos gases o vapores flamables a causa de trabajos de reparación o mantenimiento.
- c) El equipo es operado y los procesos de funcionamiento se efectuarán en tal forma que la operación defectuosa o la interrupción del proceso de trabajo, puedan provocar la liberación de concentraciones peligrosas de gases o vapores flamables.

## b) DIVISION 2

Es aquella en la cual se manejan, procesan o usan líquidos volátiles o gases inflamables, pero en las que estos líquidos o gases se encuentran normalmente dentro de recipientes o sistemas cerrados, de los cuales pueden escaparse solo en caso de ruptura accidental o en caso de operación anormal del equipo, o en la cual se evitan concentraciones peligrosas de gases o vapores por medio de una ventilación adecuada, y que solo podrían ser peligrosos en caso de falla u operación anormal del equipo de ventilación; es también aquella adyacente a una Área Clase I DIVISION 1 y en la cual concentraciones peligrosas de gases o vapores podrían comunicarse, a menos de que ésta comunicación se evite por medio de una ventilación adecuada con presión positiva, tomada de una fuente de aire limpio y protección efectiva contra fallas del equipo de ventilación.

Tuberías sin válvulas, sellos, medidores y dispositivos similares normalmente no provocan condiciones peligrosas, aún cuando sean utilizados para líquidos o gases peligrosos. Los lugares utilizados para el almacenamiento de líquidos peligrosos o gases licuados o comprimidos dentro de recipientes sellados, normalmente no se consideran peligrosos, a menos que estén sujetos a otras condiciones de peligrosidad.

Cuando las tuberías eléctricas (conduit) y sus correspondientes accesorios se encuentran separadas del área de proceso por un solo sello o barrera, deberán clasificarse como División 2, siempre y cuando el exterior de la tubería y de los accesorios sea una Área no peligrosa.



## I.B.2.- AREA CLASE II

## a) DIVISION 1

Es aquella en la cual hay o puede haber polvo combustible en suspensión en el aire continua, intermitente o periódicamente en condiciones normales de operación, con cantidades suficientes para producir mezclas explosivas o flamables, o en donde debido a fallas mecánicas u operación anormal de la maquinaria o el equipo puedan producirse tales mezclas explosivas o flamables y que una falla simultanea del equipo eléctrico o de los sistemas de protección pueda originar una fuente de ignición; o en la cual polvos combustibles con características de conductividad eléctrica puedan estar presentes.

## b) DIVISION 2

Es aquella en la cual el polvo combustible no está normalmente en suspensión en el aire, ni será puesto en suspensión por la operación normal del equipo en cantidades suficientes para producir mezclas explosivas o flamables, pero donde el depósito o la acumulación de tal polvo combustible puede ser suficiente para interferir la adecuada disipación de calor del equipo o aparato eléctrico, o donde el polvo combustible acumulado o depositado sobre ó alrededor del equipo eléctrico puede quemarse por arcos, chispas o calentamiento de tal equipo.

## I.B.3.- AREA CLASE III

## a) DIVISION 1

Es aquella en la cual se manejan, fabrican o utilizan fibras

facilmente flamables (rayón, algodón, etc.), o materiales que producen combustibles volátiles.

b) DIVISION 2

Es aquella en la cual se manejan o almacenan fibras fácilmente flamables, con excepción del lugar donde se fabrican.

I.B.4.- EJEMPLOS DE AREAS PELIGROSAS.

El acatamiento a las normas del NEC ayuda a reducir considerablemente los riesgos de incendios en cualquier instalación eléctrica, pero es bueno recordar que para que haya una explosión o incendio deben reunirse tres condiciones:

- 1.- Que un líquido flamable, vapor o polvo combustible debe estar presente en el ambiente en cantidades suficientes (ver tabla 2).
- 2.-El líquido flamable, vapor o polvo combustible debe mezclarse con aire u oxígeno en las proporciones requeridas para producir una mezcla explosiva (tabla 2).
- 3.- Una fuente de energía debe aplicarse a la mezcla explosiva que rebasa la temperatura de ignición de dicha mezcla (tabla 2).

Por lo anterior deben considerarse, tanto la cantidad de líquido flamable o vapor que puede encontrarse en el ambiente, como sus características físicas. Por ejemplo, los gases más ligeros que el aire se dispersan tan rápidamente en la atmósfera que, excepto en espacios confinados, no producen mezclas peligrosas en áreas cercanas a instalaciones eléctricas. Los

vapores procedentes de líquidos inflamables tienen también una tendencia natural a dispersarse en la atmósfera y se diluyen rápidamente a concentraciones menores al límite inferior del rango explosivo (tabla 2), especialmente cuando existe movimiento en el aire.

El análisis de estas condiciones básicas es el principio para la clasificación de áreas peligrosas; así tenemos que para las áreas Clase I la clasificación toma en cuenta, principalmente, la presión máxima de explosión y la temperatura mínima de ignición de la mezcla aire-combustible. Para las áreas Clase II la clasificación toma en cuenta, básicamente, la conductividad eléctrica del polvo, su efecto sobre el equipo eléctrico cuando lo cubre completamente y su temperatura de ignición.

Las normas también determinan los factores que han de tenerse en cuenta para establecer los lugares donde se presentan las áreas peligrosas y su respectiva extensión, estos factores son:

- 1.- La cantidad que pueda escaparse, en caso de accidente, del material peligroso.
- 2.- La eficiencia del sistema de ventilación.
- 3.- El área total que se ve afectada.
- 4.- La estadística de explosiones o incendios en esa industria.

En la tabla 1 se presenta una clasificación de estos lugares.

Tabla 1 .- Casos donde quedan incluidas las distintas clases de Areas peligrosas.

CLASE 1 .- Fuente de peligro : gases o vapores flamables.	
DIVISION 1	<p>Sitios donde líquidos volátiles o gases licuados flamables son transportados de un recipiente a otro; el interior de casetas de pintura por aspersión y sus zonas aledañas; lugares en los que hay tanques abiertos con líquidos volátiles flamables; cuartos o compartimientos de secado por evaporación de solventes flamables; lugares con equipo para la extracción de grasas y aceites que usan solventes volátiles flamables; zonas de plantas de limpieza y tintorería que utilicen líquidos peligrosos. Locales de generación de gas y las demás partes de las plantas manufactureras de gas de donde pueden escaparse gases flamables; salas de bombeo de gases o líquidos volátiles no adecuadamente ventilados; interiores de refrigeradores y congeladores en los cuales se almacenan materiales flamables volátiles en recipientes abiertos, fáciles de romper o mal tapados; lugares donde puedan ocurrir concentraciones de gases o vapores flamables en el curso normal de las operaciones.</p>

DIVISION 2	<p>Sitios donde se manejan, procesan o usan líquidos volátiles o gases inflamables, pero en los que estos líquidos o gases se encuentran normalmente dentro de recipientes o sistemas cerrados, pero que, a juicio de la autoridad competente, sólo puedan hacerse peligrosos en caso de ruptura accidental o en caso de operación anormal del equipo, ó en la cual se evitan concentraciones peligrosas de gases o vapores por medio de ventilación mecánica y que solo podrían ser peligrosos en caso de falla u operación anormal del equipo de ventilación; o sitios adyacentes a una área Clase I División 1 y en la cual concentraciones peligrosas de gases o vapores podrían comunicarse, a menos de que esta comunicación se evite por medio de una ventilación adecuada con presión positiva de una fuente de aire limpio y protección efectiva contra fallas del equipo de ventilación.</p>
------------	--

CLASE II - Fuente de peligro : polvos combustibles o conductores	
DIVISION 1	Areas de trabajo de las plantas de almacenamiento o manejo de granos; locales en estas plantas que tengan moladoras o pulverizadoras, máquinas que separen la cáscara de cereales, transportadores abiertos, cajones abiertos o tolvas, mezcladoras, básculas automáticas o con tolvas, empacadoras, elevadores de material, distribuidoras a granel, colectores de polvo o material a granel (excepto los colectores totalmente metálicos y ventilados al exterior); maquinaria y equipos similares que produzcan polvo en las plantas procesadoras de granos, almidón, azúcar pulverizada, malta, picadoras de pasto y otras de despacho y entrega de naturaleza similar. Plantas pulverizadoras de carbón (excepto cuando el equipo pulverizador es especialmente hermético al polvo); áreas de trabajo donde se produzcan, manejen, procesen, empaquen o almacenen (excepto en recipientes herméticos) polvos o partículas metálicas y otros lugares donde el polvo combustible pueda, en condiciones de funcionamiento normales, estar presente en el aire en cantidades suficientes para producir mezclas explosivas o flamables.

DIVISION 2	<p>Sitios donde el polvo combustible normalmente no se encuentra en el aire, ni será puesto en suspensión en cantidades suficientes para producir mezclas explosivas o flamables por la operación normal del equipo, pero donde el depósito o la acumulación de dicho polvo puede ser suficiente para evitar la adecuada disipación de calor del equipo o aparato eléctrico; locales donde el polvo combustible acumulado o depositado sobre ó alrededor del equipo eléctrico puede incendiarse por arcos, chispas o calentamiento de tal equipo; áreas que contengan canaletas distribuidoras y transportadores, tolvas o cajones cerrados; máquinas y equipos que dejen escapar cantidades apreciables de polvo sólo en condiciones anormales de funcionamiento. Locales o áreas adyacentes a los lugares Clase II División 1, a los cuales no pueden llegar concentraciones explosivas o flamables de polvos en suspensión más que en caso de condiciones de funcionamiento anormales; o donde la formación de concentraciones explosivas o flamables de polvo en suspensión, es impedida por el funcionamiento eficaz del equipo de control de polvo. Almacenes y locales de despacho, donde los materiales que producen polvo son manejados únicamente en sacos o recipientes.</p>
---------------	---

CLASE III .- Fuente de peligro : fibras o pelusas flamables	
DIVISION 1	Sitios en donde se manejan, fabrican o utilizan fibras fácilmente flamables o materiales que producen combustibles volátiles; fábricas de rayón, algodón, y demás fábricas textiles; plantas de procesamiento y manufactura de fibras combustibles; desmontadoras de algodón y trituradoras de semilla de algodón, procesadoras de lino, fábricas de ropa, talleres de carpintería y todas las industrias o talleres con procesos o condiciones similares.
DIVISION 2	Sitios en donde se manejan o almacenan fibras y materiales volátiles fácilmente flamables tales como: rayón, algodón, henequén, ixtle, yute, fibra de coco, cañamo, estopa, lana vegetal, musgo, viruta, etc., con excepción del lugar donde se fabrican.

#### I.B.5.- ALGUNAS SUSTANCIAS PERTENECIENTES A LA CLASE I.

Como se observa los gases flamables se encuentran clasificados como Clase I, y a su vez se subdividen en dos grupos, puesto que tienen temperatura de ignición y características de explosión diferentes. A continuación se enlistan las propiedades de algunos de estos gases.



Tabla 2.- Características de algunos gases y vapores flamables pertenecientes a la Clase I.

SUSTANCIA	TEMPERATURA DE EVAPORACION (°C)	TEMPERATURA DE IGNICION (°C)	LIMITES EXPLOSIVOS EN % DE VOLUMEN EN EL AIRE		DENSIDAD RELATIVA
			MIN	MAX	
Acetaldehido	-37.7	185	4.1	55.0	1.5
Acetato amilico	25.0	380	1.1	7.5	4.5
Acetato etilico	- 4.4	430	2.5	9.0	3.0
Acetato metilico	- 10.0	500	3.1	16.0	2.6
Acetato vinilico	- 7.8	427	2.6	13.4	3.0
Aceite de olivo	220.0	342	-	-	-
Acetileno gas		298	2.5	81.0	0.9
Acetona	-17.8	538	2.6	12.8	2.0
Acido acético	42.7	427	5.4	16.0	2.1
Acido sulfhidrico gas		262	4.3	45.0	1.2
Acido oleico	188.0	362	-	-	-
Acroleina	<17.8	278	2.8	31.0	1.9
Alcanfor	64.5	466	-	-	5.2
Alcohol alilico	21.1	380	2.5	18.0	2.0
Alcohol amilico	34.4	344	-	-	3.0

Alcohol etílico	13.0	426	4.3	19.0	1.6
Alcohol metílico	11.1	462	7.3	36.0	1.1
Amoniaco gas		650	16.0	25.0	0.6
Anhidrido acético	53.8	316	2.7	10.0	3.5
Anhidrido ftálico	150.0	580	1.7	10.5	-
Anilina	57.0	620	1.3	-	3.2
Antraceno	121.0	539	0.6	-	-
Gasolina	-20.0 a 60.0	280	1.4	7.6	3.4
Glicerina	160.0	393	-	-	-
Hidracina	52.0	-	4.7	100.0	1.1
Hidrogeno gas		585	4.0	75.0	0.1
Kerosina	37.8	229	0.7	5.0	-
Laca	-17.8 a 26.7	-	-	-	-
Lanolina	238.0	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	355	1.4	11.2	2.6
N-alcohol propílico	15.0	371	2.1	13.5	2.1
Nafta	30.0	233	1.0	6.0	4.3
Naftaleno	78.0	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-eter dibulitico	25.0	194	1.5	7.6	4.5
N-heptano	4.0	222	1.2	6.7	3.5
N-hexano	-22.0	232	1.2	7.5	3.0
Nicotina	-	244	0.7	4.0	5.6
Nitrato etilico	10.0	-	4.0	-	3.1
Nitrito etilico	-35.0	90	4.1	750.0	2.6
Nitrobenzol	88.0	482	1.8	-	4.3
Nitroglicerina explosivo		270	-	-	-
N-nonano	31.1	205	0.8	2.9	4.4
Metaldehido	36.0	-	-	-	-
Metanol 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	-40.0	310	1.5	7.8	2.5
Petroleo crudo	-6.7 a 32.2	-	-	-	-
Benceno	-11.1	560	1.4	7.1	2.8
Bencina	-17.8	288	1.1	5.9	2.5
Ciclohexano	-20.0	260	1.3	8.0	2.9
Ciclohexano metilico	-4.0	285	1.2	-	3.4
Ciclopropano gas		496	2.4	10.4	1.5
Clorobenceno	32.2	635	1.3	7.1	3.9

## CAPITULO I

## AREAS PELIGROSAS

Cloruro acetilico	4.44	388	-	-	2.7
Cloruro bencilico	65.0	580	1.1	-	4.4
Cloruro etilico	-50.0	518	3.8	15.4	2.2
Cloruro metilico	gas	625	10.7	17.4	1.8
Cloruro vinilico	gas	472	4.0	22.0	2.2
Combustoleo No. 1	min. 37.8	228	0.7	5.0	-
Combustoleo No. 2 (diesel)	min. 37.8	258	-	-	-
Dicloroetileno	15.0	458	5.6	11.4	3.4
Dinitroclorobenceno	194.0	-	2.0	22.0	-
Dioxano	12.2	180	2.0	22.0	3.0
Disulfuro de carbono	-30.0	100	1.3	44.0	2.6
Dodecano	73.0	204	0.6	-	5.9
Etano	gas	515	3.0	12.5	1.0
Eter divinilico	-30.0	360	1.7	27.0	2.4
Eter etilico	-45.0	290	1.9	48.0	2.4
Eter metilico	gas	350	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 eter	-37.0	190	2.0	10.1	2.1
Etil metil cetona	6.0	515	1.8	10.1	2.5

Estireno	32.2	490	1.1	6.1	3.6
Fenol	80.0	718	-	-	3.2
Formaldehido	gas	429	7.0	73.0	1.0
Formato etilico	-20.0	455	27.0	13.5	2.6
Formato metilico	-19.0	455	5.9	20.0	2.1
Furfural	60.0	316	2.1	-	3.3
Gas natural	-	482 - 632	3.8	13.0	-
Piridina	20.0	482	1.8	12.4	2.7
Propano	gas	467	2.2	9.5	1.6
Propileno	gas	410	2.4	10.3	1.5
Tetradecano	100.0	200	0.5	-	-
Tetraetileno de plomo	-	-	1.8	-	9.2
Tolul	4.4	537	1.4	6.7	3.1
Trioxano	43.0	415	3.6	29.0	-
Vinil etil eter	<10.0	200	1.7	28.0	2.5
Xileno	17.0	464	1.8	6.0	3.7

## I.B.6.- PRODUCTOS QUIMICOS POR GRUPOS.

En la siguiente tabla se muestran los gases o líquidos inflamables volátiles, clasificados por grupos de atmósferas peligrosas en áreas de la clase 1.

Tabla 3.- Productos químicos por grupos.

ATMOSFERA	PRODUCTO QUIMICO
GRUPO A	acetileno
GRUPO B	acroleína (inhibida) butadieno óxido de etileno hidrógeno gases manufacturados que contienen más de 30% de hidrógeno (en volumen) óxido de propileno
GRUPO C	acetaldehído alcohol alílico n butiraldehído monóxido de carbono crotonaldehído ciclopropano éter dietílico dietilamina epiclorhidrina etileno etilenimina sulfuro de hidrógeno morfolina 2-nitropropano tetrahidrofurano dimetil hidrazina asimétrica (UDMHI, 1-dimetil hidrazina)

GRUPO D	<p>           ácido acético (glacial)            acetona            acrilonitrilo            amoníaco            benceno            butano            1-butanol (alcohol butílico)            2-butanol (alcohol butílico secundario)            n-acetato de butilo            acetato de isobutilo            alcohol sec-butílico            di-isobutileno            etano            etanol (alcohol etílico)            acetato de etilo            etil acrilato (inhibido)            etilen diamina (anhidra)            dicloro etileno            gasolina            heptano            hexano            isopreno            éter isopropílico            óxido de mesitilo            metano (gas natural)            metanol (alcohol metílico)            3-metil-1-butanol (alcohol isoamílico)            metil etil cetona            metil isobutol cetona            2-metil-1-propanol (alcohol isobutílico)            2-metil-2-propanol (alcohol butílico terciario)            nafta de petróleo            piridina            octano            pentano            1-pentanol (alcohol amílico)            propano            1-propanol (alcohol propílico)            2-propanol (alcohol isopropílico)            propileno            estireno            tolueno            acetato de vinilo            cloruro de vinilo            xileno         </p>
---------	---

## I.C.- DETERMINACION DE AREAS PELIGROSAS.

Para establecer que clase de área peligrosa se tiene en un determinado lugar deben fijarse las posibles fuentes de peligro, como lo pueden ser las fugas de gases por estoperos, sellos, empaques, uniones mecanicas, etc. que resultan muy dificiles de evitar en forma absoluta durante: la operación del equipo, las reparaciones o trabajos de limpieza, o bien, en sitios que liberan a la atmósfera productos flamables (purgas, valvulas de alivio, etc.)

Cada fuente de peligro se considera rodeada por un volumen de atmósfera peligrosa, que dependiendo de las condiciones del lugar (tabla 1) pertenecerá a la División 1 ó 2. A su vez las áreas de la División 1 se consideran rodeadas, a nivel de piso, por áreas de la División 2 de extensión suficiente para garantizar la dilución hasta concentraciones no peligrosas de los gases o vapores flamables contenidos en la atmósfera del área de la División 1.

Para fines prácticos los volúmenes de la División 2 que rodeen a las fuentes de peligro no necesariamente deben limitarse por círculos en los planos horizontal y vertical, sino que podrán tener la forma de paralelepipedos rectangulares, orientados según ejes que correspondan a la disposición del equipo en la planta: pero en ningún caso estos paralelepipedos podrán tener dimensiones menores a las distancias que se especifiquen posteriormente.

Para la determinación de áreas peligrosas se consideran como gases o vapores más ligeros que el aire únicamente aquellos cuya



densidad sea menor del 75% de la densidad del aire bajo condiciones normales. Los gases o vapores que tengan una densidad mayor de este valor se consideraran como productos más pesados que el aire.

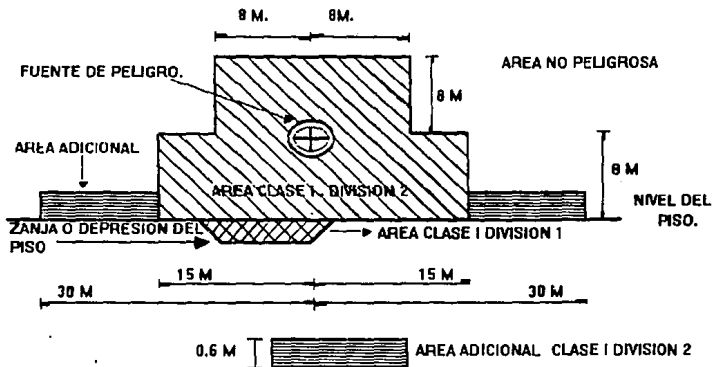
Todas las fosas, trincheras, zanjas, y en general las depresiones del piso donde pueden acumularse vapores o gases flamables más pesados que el aire, que se localicen dentro de áreas de las Divisiones 1 ó 2 se clasifican como áreas de la División 1 en su totalidad. De igual forma, en los lugares cerrados en que se manejen gases o vapores flamables más ligeros que el aire, se consideran como áreas División 1, los espacios bajo techo que carecen de ventilación.

#### I.C.1.- AREAS PELIGROSAS EN SITIOS LIBREMENTE VENTILADOS.

En terminos generales, una fuente de peligro de producto flamable más pesada que el aire en sitios libremente ventilados o a la intemperie, dará orden en todas direcciones a una área rectangular de la División 2 en el plano vertical, que se extenderá ocho metros hacia arriba y hacia los lados a partir de la fuente de peligro, y verticalmente hasta ocho metros de altura sobre el nivel del piso (figura 1). En los sitios en que se considere que el escape o liberación de productos flamables puede ser de consideración, deberá agregarse otra área de la División 2 de 60 cm. de altura, que se extenderá hasta 30 m. de la fuente de peligro.

Las fuentes de peligro de productos flamables más ligeros que el aire, en sitios libremente ventilados ó a la intemperie,

Figura 1.-Áreas peligrosas en sitios libremente ventilados o a la intemperie, en que se manejan productos más pesados que el aire.



darán origen a una área rectangular de la División 2 en el plano vertical, que se extenderá ocho metros hacia arriba y cinco metros hacia los lados y hacia abajo de la fuente de peligro, o cuando ésta se encuentre colocada a menos de cinco metros de altura, la distancia hacia abajo estará limitada por el nivel del piso (figura 2).

En los cobertizos libremente ventilados de compresoras de productos más ligeros que el aire, en que no existe posibilidad de que los gases puedan quedar atrapados en el techo de la construcción, se consideran como áreas de la División 2 los siguientes espacios, según se muestran en la figura 3:

- a) El interior del cobertizo desde el techo hasta la altura que exista otro techo.
- b) Una área rectangular que se extenderá en el plano vertical, cinco metros hacia los lados y hacia abajo de la fuente de peligro, o cuando ésta se encuentre colocada a menos de cinco metros de altura, la distancia hacia abajo se limita por el nivel del piso, extendiéndose hacia arriba de la fuente de peligro hasta la altura en que se inician las paredes de la construcción.
- c) Una área que se extenderá en el plano vertical cinco metros hacia los lados de las ventanas, ventilas o aberturas existentes en el techo del cobertizo; ocho metros hacia arriba de estas aberturas y hacia abajo del techo de la construcción.

En los cobertizos de las compresoras de productos flamables más ligeros que el aire, libremente ventilados en su parte

Figura 2.-Areas peligrosas en sitios libremente ventilados o a la intemperie, en que se manejan productos más ligeros que el aire.

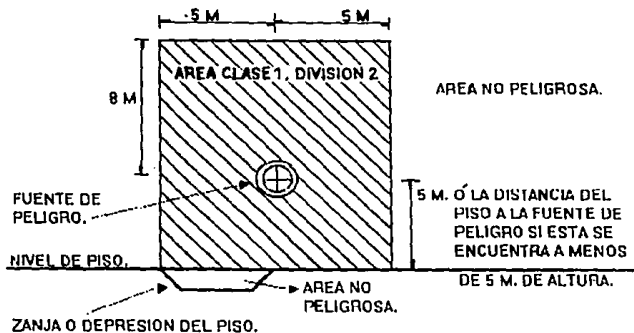
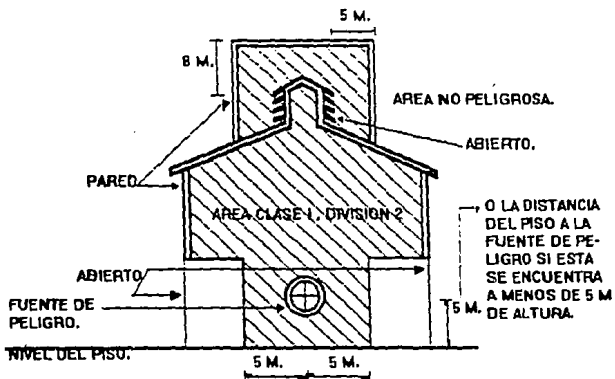


Figura 3.-Áreas peligrosas en cobertizos libremente ventilados, para compresoras de productos más ligeros que el aire.



inferior pero inadecuadamente ventilados en la parte superior de manera que permitan que los gases queden atrapados en el techo de la construcción, deberán considerarse como áreas peligrosas las siguientes (ilustradas en la figura 4):

- a) El interior del cobertizo desde el techo hasta la altura en que exista pared, pertenecerá a la División 1.
- b) Existirá una área de la División 2 hasta cinco metros en todas direcciones del exterior del techo de la construcción y hasta tres metros hacia los lados del exterior de las paredes en cualquier plano vertical.
- c) Finalmente, existirá una área rectangular de la División 2 que se extenderá en el plano vertical, cinco metros hacia los lados y hacia abajo de la fuente de peligro. O cuando ésta se encuentre colocada a menos de cinco metros de altura, la distancia hacia abajo será limitada por el nivel del piso, extendiéndose hacia arriba de la fuente de peligro hasta la altura en que se inician las paredes de la construcción.

Se considera que alrededor de los venteos o desfogues y purgas de gases o vapores flamales, bocas de respiraderos o de llenado de tanques de almacenamiento subterráneo de productos flamales, o bien, de cualquier dispositivo o mecanismo por medio del cual se trasvasen líquidos flamales a chorro abierto, existirá un volumen esférico de la División 1 de un metro de radio a partir de la salida o de la superficie descubierta del líquido, encerrado en otra esfera de la División 2 de un metro y medio de radio, a partir del mismo sitio (figura 5).

Figura 4.-Áreas peligrosas en cobertizos inadecuadamente ventilados, para compresoras de productos más ligeros que el aire.

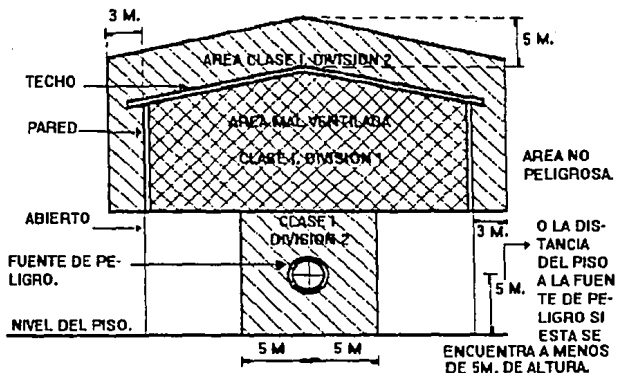
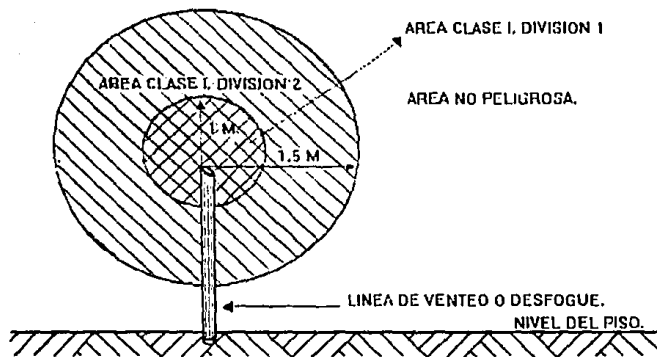


Figura 5.-Áreas peligrosas en venteos, desfogues o purgas de gases o vapores flamables.



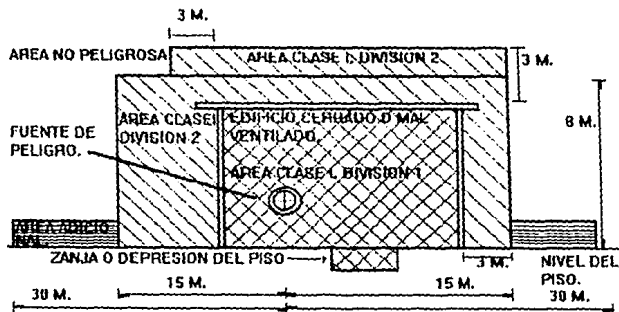


## I.C.2.- AREAS PELIGROSAS EN SITIOS CONFINADOS.

Los lugares confinados o cerrados, inadecuadamente ventilados en los que existan o puedan existir fugas de materiales flamables más pesados que el aire a través de estoperos, sellos o empaques; o donde se trasvasen líquidos de esa naturaleza, así como donde se pulvericen o esparzan líquidos flamables se consideran como áreas de la División 1 en su totalidad. A estas áreas de la División 1, las rodeará en cualquier plano vertical una área de la División 2 que llegará hasta tres 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 ocho metros de altura sobre el nivel del piso, que llegará hasta quince metros de distancia de la fuente de peligro (figura 6).

En los sitios que se considere que el escape o liberación de productos flamables puede ser de consideración, deberá agregarse otra área de la División 2 de 60 cm. de altura, que se extenderá hasta treinta metros de la fuente de peligro.

Figura 6.-Áreas peligrosas en sitios confinados donde se manejan productos más pesados que el aire.



CLASE I DIVISION 2 → [0.6 M.]

Cuando en los lugares confinados o cerrados, inadecuadamente ventilados, las fuentes de peligro sean de productos más ligeros que el aire, estos lugares se consideran en su totalidad como áreas de la División 1, y estarán rodeadas en cualquier plano vertical por una 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 (figura 7).

Cuando se manejen productos con temperaturas de ignición espontánea cercanas a la temperatura ambiente, en lugares confinados, cerrados o mal ventilados, además de las disposiciones por norma, deberá existir un sistema de ventilación forzada, diseñada en tal forma que se asegure la continuidad de su funcionamiento.

Cuando los edificios, tales como cuartos de control, cuartos de equipos eléctricos, oficinas, laboratorios, etc., se encuentren dentro de las Áreas consideradas como peligrosas, y no sean sitios libremente ventilados, se clasifican de la siguiente forma:

- a) Cuando una puerta, ventana o cualquier otra abertura en la pared o techo del edificio, quede localizada total o parcialmente dentro del volumen atmosférico considerado como peligroso, todo el interior del cuarto o edificio se considera también peligroso y pertenecerá a la misma División a que pertenezca el volumen atmosférico exterior peligroso (figura B).
- b) Cuando no existen puertas, ventanas, ni aberturas en las partes del techo y paredes localizadas dentro del volumen atmosférico considerado como peligroso, todo el interior del

Figura 7.-Areas peligrosas en sitios confinados donde se manejan productos más ligeros que el aire.

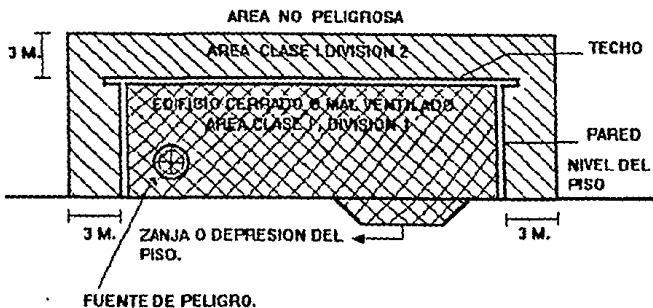
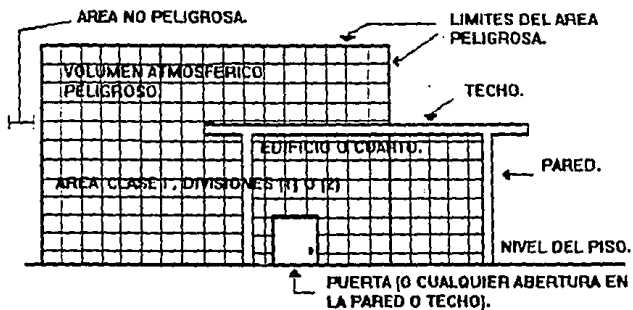


Figura 8.- Areas peligrosas de edificios con aberturas localizadas dentro de un volumen atmosferico peligroso.



cuarto o edificio se clasifica como no peligroso (figura 9).

Los lugares cerrados que por sus condiciones se clasifiquen en la División 1, cuando estén provistos de ventilación forzada con continuidad en su operación para mantener una presión positiva, serán considerados como áreas de la División 2 si el aire para la ventilación se toma de una área de esa División, o como sitio no peligroso si el aire se toma de una área no peligrosa y además se desconecta automáticamente la alimentación de la energía eléctrica del lugar, en caso de fallar dicha ventilación. Cuando el lugar cerrado se encuentre de tal modo que se clasifique en la División 2, podrá ser considerado como área no peligrosa si la presión positiva se mantiene por medio de un sistema de ventilación forzada, que asegure la continuidad de operación y el aire se toma de una área no peligrosa.

La presión positiva que se mantenga en el interior de estos lugares no deberá ser menor de 2.54 mm. (0.1 pulgadas) de una columna de agua, estando cerradas las puertas y ventanas; debiendo mantenerse una velocidad de salida del aire de 18 m/min. (60 pies/min.) en todas las salidas y aberturas. Esta última medición deberá hacerse teniendo abiertas todas las puertas, ventanas y aberturas capaces de abrirse. Antes de permitir que se energice 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 existe atmósfera peligrosa, o bien, deberá efectuarse el cambio de volumen de aire en el local por lo menos cuatro veces.

En los talleres en que se manejen cantidades pequeñas de

Figura 9.-Áreas de edificios sin aberturas localizadas dentro de un volumen atmosférico peligroso.

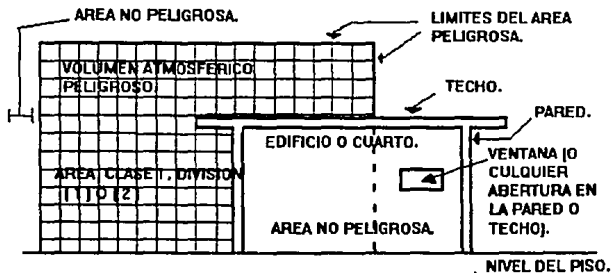


Figura 10.-Áreas peligrosas en tanques de almacenamiento de techo fijo y sin muros de contención.

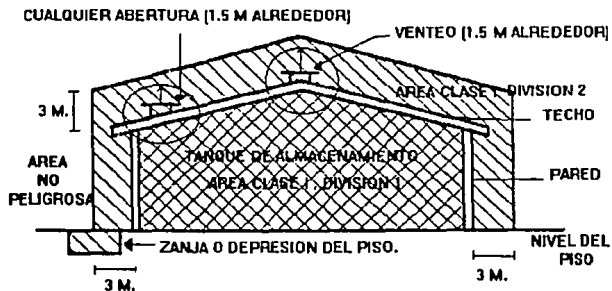
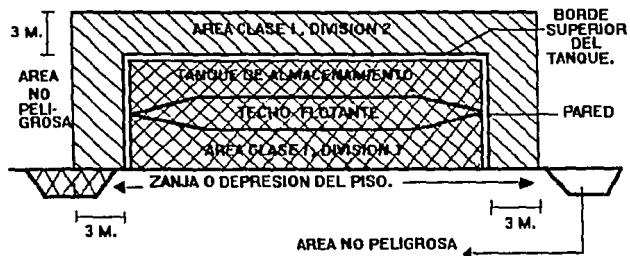




Figura 11.—Áreas peligrosas en tanques de almacenamiento de techo flotante y sin muros de contención.



liquido flamable, se considera que existe una área de la División 2 en cualquier plano vertical, hasta una altura de 50 cm. sobre el piso en todo el interior del cuarto o local en que se manejen los liquidos flamables.

#### I.C.3.- AREAS PELIGROSAS EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO.

A los tanques de almacenamiento a presión atmosférica, instalados a nivel del piso (no elevados), que contengan liquidos flamables, se les considera que tienen las siguientes áreas peligrosas:

##### a) Tanque sin muro de contención (figuras 10 y 11):

- (1) Desde la superficie exterior del tanque, hasta una distancia de 3 metros en todas direcciones, se toma como área de la División 2.
- (2) Cualquier registro abierto, venteo o boca abierta del tanque dá origen, en todas direcciones, a una área de la División 1 hasta una distancia de 1.5 metros.
- (3) Pertenece también a la División 1, todo el interior del tanque; y en el caso de los tanques de techo flotante, además del interior, el volumen situado entre el techo y el borde superior del tanque.

##### b) Tanques con muro de contención (figuras 12 y 13):

- (1) Se consideran peligrosas todas las áreas descritas en el inciso a) anterior.
- (2) Además, se considera como área de la División 2, en cualquier plano vertical, toda el área situada dentro del muro de contención, desde el nivel del piso hasta la

altura del muro.

#### I.C.4.- AREAS PELIGROSAS EN SITIOS LOCALIZADOS FUERA DE LAS PLANTAS DE PROCESO.

Cuando existen fuentes de peligro fuera de las plantas de proceso, en sitios libremente ventilados, como por ejemplo: en empaques de bombas, en juntas de medidores o mezcladores, u otros dispositivos similares que manejen gases o líquidos inflamables se considera, en cualquier plano vertical, una Área peligrosa de la División 2 que se extiende en todas direcciones hasta 1.5 metros de la superficie exterior del dispositivo, agregándole otra Área de la misma División en un metro de altura, que se extiende horizontalmente a 8 metros de distancia del dispositivo (figura 14).

Cuando se trata de sitios confinados o cerrados con mala ventilación, las Áreas que se acaban de describir deberán considerarse pertenecientes a la División 1, y estarán rodeadas por una Área de la División 2 que se extenderá hasta 3 metros en todas direcciones de la superficie exterior, dos de 1.5 metros de altura que se extenderán hasta 15 metros de distancia del dispositivo (figura 15). En los sitios confinados donde se considere que el escape o la liberación de productos inflamables puede ser de consideración, deberá agregarse otra Área de la División 2 de 60 cm. de altura, que se extenderá hasta 30 metros de la fuente de peligro.

Figura 12.-Áreas peligrosas en tanques de almacenamiento de techo fijo con muros de contención.

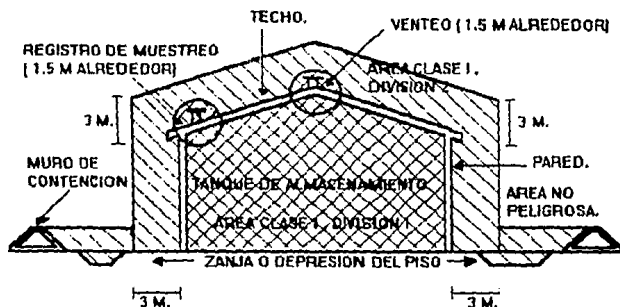


Figura 13.-Áreas peligrosas en tanques de almacenamiento con techo flotante y muros de contención.

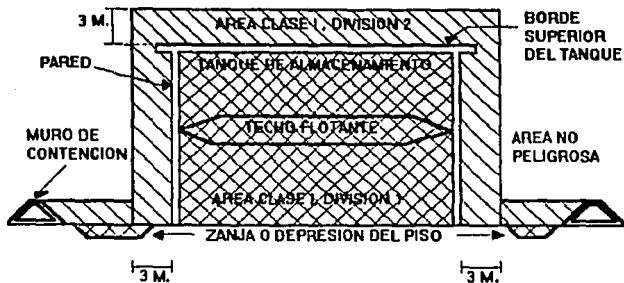


Figura 14.-Areas peligrosas en sitios libremente ventilados, fuera de las plantas de proceso.

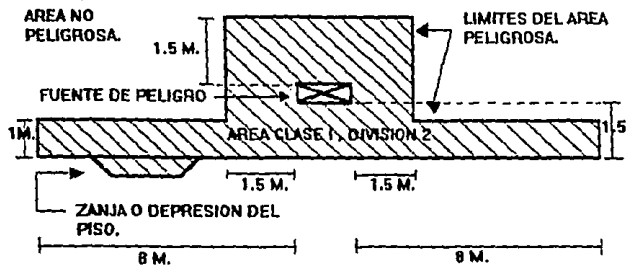
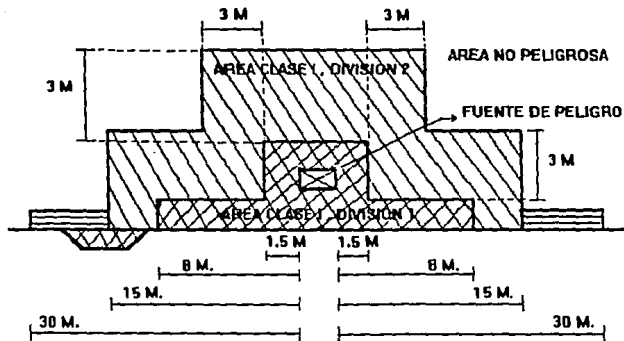



Figura 15.-Áreas peligrosas en sitios confinados, fuera de las plantas de proceso.



0.6  
M.  AREA ADICIONAL A LA CLASE 1, DIVISION 2 SOLO EN SITIOS DONDE PUEDEN OCURRIR LIBERACIONES APRECIABLES DE PRODUCTOS FLAMABLES.

Después de que una área ha sido clasificada según su Clase, División y Grupo, se selecciona el equipo eléctrico adecuado para dicha área.



**CAPITULO II**  
**SISTEMAS DE ALUMBRADO**



## II.A. - SELECCION DEL EQUIPO.

Al hablar de alumbrado, debe entenderse con dicho término, al hecho de disponer de cantidades convenientes de luz en determinadas áreas de trabajo o actividad, de tal forma que las mismas se realicen fácilmente conforme al requerimiento humano de apreciar por medio de la vista lo que sucede o se encuentra a su alrededor.

La necesidad de iluminación es factor indispensable en la industria, por lo que en sus sistemas de alumbrado son objeto de atención las áreas activas, las adyacentes a la planta industrial, las que tienen cualquier clase de equipo y todas aquellas cuyas condiciones constituyen, de una forma u otra, parte importante de la misma, pero en especial las secciones que en un momento dado pudieran presentar condiciones de inseguridad debido a la presencia de áreas peligrosas. Por lo anterior se deduce que no es fácil determinar el sistema de alumbrado óptimo, a menos que se cuente con la información y conocimientos necesarios para tal fin, ya que para poder usar equipo eléctrico de alumbrado es necesario que esté construido en forma adecuada para una área definida en base a su Clase, División y Grupo.

### II.A.1.- FACTORES.

La selección del equipo de alumbrado es una parte del diseño total. Para un mismo proyecto pueden existir diferentes soluciones, de las cuales habrá una que por sus características

debe considerarse como la mejor, y para elegirla adecuadamente se deben tener en cuenta los siguientes factores :

**CALIDAD DE LA LUZ.**- Esto es en cuanto a uniformidad, relaciones de brillantez, brillantez de la luminaria o lámpara (brillo directo o reflejado) y color de la luz.

**CANTIDAD DE LUZ.**- Que se refiere al nivel de iluminación en el plano horizontal de trabajo, y la relación del nivel de iluminación horizontal al nivel de iluminación vertical.

**SISTEMA ELECTRICO.**- Tomando en cuenta sus características de número de fases, frecuencia y volts.

**SISTEMA DE ILUMINACION.**- Que puede ser directo, semidirecto, general difuso, semi-indirecto o indirecto.

**AREA DE TRABAJO.**- Es importante conocer sus características físicas (dimensiones del cuarto y reflectancias), localización del área y plano de trabajo, uso, tiempo de operación (horas/día, horas/mes, horas/año) y nivel de ruido (radio interferencia).

**TIPO DE SERVICIO.**- Puede ser : interior, exterior, comercial, industrial o residencial, sin olvidar la temperatura y las vibraciones mecánicas.

**CARACTERISTICAS DE LAS LAMPARAS.**- Como: curva de distribución luminosa, altura, tipo de montaje, eficiencia, factor de pérdida de luz, tipo de gabinete, tipo de accesorios, dimensiones, mantenimiento, color de luz producida, vida útil, temperatura de operación, calor producido y tipo (incandescente, fluorescente,

vapor de mercurio, vapor de sodio en baja o alta presión, etc.).

**COSTO.**— Puesto que para un mismo proyecto puede haber varias soluciones, habrá una que por sus características se considere la ideal económicamente.

**TIPO DE ATMOSFERA.**— La cual puede ser: limpia, polvosa, húmeda, corrosiva o peligrosa.

En lo referente a este último punto organismos como el NEC y NTIE especifican los requisitos mínimos de seguridad para la instalación de equipo eléctrico.

#### II.A.2.— MARCAS DE IDENTIFICACION.

El equipo que se use en áreas peligrosas debe tener marcas que indiquen la Clase del lugar y Grupo de atmósfera (gas, vapor, o polvo específico) para el cual ha sido aprobado. También debe tener indicada la temperatura máxima (o rango de temperatura) de operación, basada en una temperatura ambiente de 40°C. Para esta indicación pueden utilizarse los números de identificación que se muestran a continuación:

Tabla 4.— Números de identificación.

Temperatura máxima ( °C )	Número de identificación
450	T1
300	T2
280	T2A
260	T2B
230	T2C
215	T2D

200

T3

180

T3A

165

T3B

160

T3C

135

T4

120

T4A

100

T5

85

T6

Excepción.- La indicación de la temperatura no se requiere en las partes de la instalación que no producen calor en operación normal (tubería, cajas de conexión, etc.) y equipo cuya temperatura máxima de operación no exceda de 100°C.

Cuando no se encuentre indicado en el equipo aprobado para áreas Clase I, el valor de la temperatura máxima de operación o el número de identificación según la tabla 4, se consideran los siguientes valores:

Tabla 5.- Temperatura de ignición para las cuales se debe aprobar el equipo.

Atmósfera	Grupo	Temperatura (°C)	Temperatura (°F)
A		280	536
B		280	536
C		180	356

D	280	536
E	200	392
F	200	392
G	165	329

Nota.- La temperatura asignada a cada Grupo corresponde a la más baja temperatura de ignición de los gases o vapores comprendidos en dicho Grupo; por lo que la inclusión de un nuevo gas o vapor en alguno de los Grupos, puede dar lugar a que se modifique la temperatura límite asignada a ese Grupo.

Para seleccionar el equipo en forma adecuada, se debe estudiar cuidadosamente la clasificación de las diferentes áreas, ya que una correcta clasificación proporciona instalaciones eléctricas seguras, y al mismo tiempo permite la utilización de equipo más económico.

Un problema que puede presentarse, es cómo clasificar un gas o polvo que no este listado en el NEC, una manera de resolverlo es revisar los estándares internacionales o las publicaciones de la Comisión Electrotécnica Internacional, dichas organizaciones han clasificado muchos más gases que en los Estados Unidos. En varios casos los estándares internacionales no toman en cuenta la acumulación de presión, por lo que pueden existir diferencias entre las clasificaciones de Estados Unidos y los de otros países, pero si es necesario, cualquier gas puede ser clasificado mediante los laboratorios UL.

Es importante seleccionar el equipo eléctrico indicado para el

área específica en donde va a emplearse, ya que por ejemplo, sería sumamente peligroso utilizar un equipo para Clase I Grupo D, en atmósferas de hidrógeno, también sería peligroso usar equipo para Clase I en áreas Clase II.

En áreas Clase I, los dispositivos que forman arcos eléctricos (como arrancadores e interruptores) se construyen a prueba de explosión, tanto para División 1 como para División 2, sin embargo las luminarias para División 2 son generalmente unidades selladas y provistas de empaques.

#### II.B.- EQUIPO A PRUEBA DE EXPLOSION.

Cualquier chispa producida (sea cual fuere su causa) se le debe tomar como peligrosa, y para evitar riesgos es necesario emplear dispositivos que no chispeen, lo cual se logra colocándolos en equipos apropiados para utilizarse en áreas peligrosas, de los cuales el más aceptado es el construido a prueba de explosión.

Un blindaje a prueba de explosión debe evitar que cualquier explosión producida en su interior se propague al exterior. Un requisito para tales blindajes es la resistencia mecánica. En la mayoría de estos diseños se usan factores de seguridad de cuatro, esto es, el equipo debe resistir una presión hidrostática de cuatro veces la presión máxima que pudiera desarrollar una explosión de hidrocarburos dentro del blindaje.

Debe puntualizarse que bajo condiciones de corto circuito pueden desarrollarse presiones que sean aún mayores que aquellas

comprendidas en este factor de seguridad, y en tales casos aún un blindaje a prueba de explosión puede romperse.

Además de ser fuertes, el blindaje debe ser a prueba de flama, lo cual no implica que deba quedar herméticamente sellado sino que las juntas o bridas se mantienen dentro de las estrechas tolerancias. Estas juntas cuidadosamente maquinadas enfrían los gases calientes que produce una explosión interna, de tal manera que cuando llegan a la atmósfera que lo rodea (la cual se considera peligrosa) están demasiado fríos para provocar su ignición.

#### II.B.1.- CONSTRUCCION.

Generalmente dichas envolventes se fabrican de fierro, acero o aluminio, con un diseño que impide el paso de la flama o el escape de la presión interna, y en las cuales se utilizan dos tipos de juntas: la junta plana y la tapa roscada.

En la junta plana, ambas superficies permanecen perfectamente unidas mediante tornillos. El ancho mínimo de  $3/8''$  (9.52 mm.) para el paso de la flama, y un claro máximo de  $0.0015''$  impide el escape de gases calientes al exterior (figura 16).

El otro tipo de junta que frecuentemente se utiliza es la tapa roscada, la cual se muestra en la figura 17.

En este caso se necesita que 5 hilos de la rosca, como mínimo, estén en contacto. Cuando ocurre una explosión dentro de la envolvente, los hilos de la rosca de la tapa y de la rosca del cuerpo se aprietan entre sí, obligando al gas caliente a

Figura 16.- Junta plana, el gas caliente se enfría al pasar a través de ella.

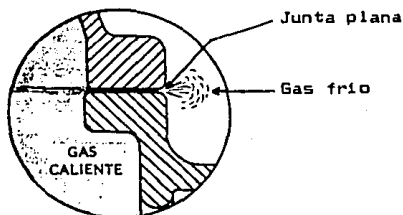
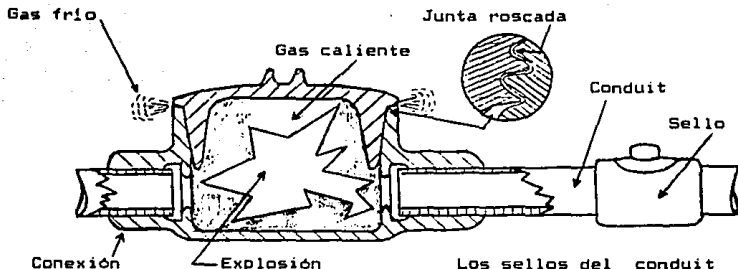


Figura 17.- Junta roscada, el gas caliente del interior de la envolvente se enfría al recorrer la trayectoria helicoidal.



Los sellos del conduit restringen la explosión al alojamiento.



recorrer toda la trayectoria helicoidal existente entre ellos, con lo que se enfría lo suficiente antes de que logre salir a la atmósfera circundante.

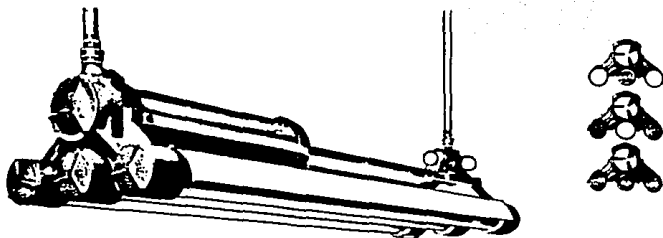
### II.B.2.- LUMINARIAS

Las luminarias que se han de utilizar en áreas peligrosas deben estar construidas de tal modo que no permitan la entrada de gas, vapor o polvo al conjunto de lámparas, además de estar aprobadas no solo para 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 circundante. Su temperatura y la de los dispositivos que produzcan calor (aún cuando esten cubiertos de polvo) durante su operación no deben alcanzar el nivel de ignición de dicha atmósfera circundante (ver tabla 5).

El NEC recomienda que las temperaturas de operación no excedan del 80% de la temperatura de ignición del vapor, gas o polvo del que se trate. Por ejemplo, la temperatura de ignición de la gasolina es de  $280^{\circ}\text{C}$  (ver tabla 2), por lo tanto la temperatura de operación de las lámparas en dicho ambiente no deberá exceder de  $224^{\circ}\text{C}$  (80% de 280).

En la figura 18 se ilustran luminarias apropiadas para instalarse en áreas peligrosas, en la tabla 6 se hace una lista de las ventajas y desventajas de los tipos de lámparas industriales usadas comúnmente, y en la tabla 7 las características según el ambiente.

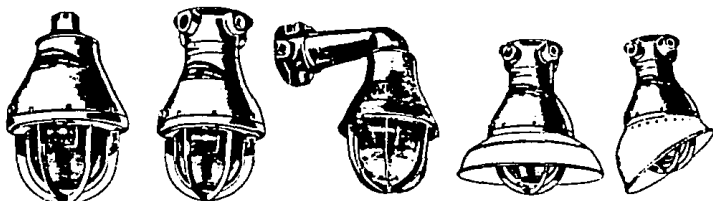
Figura 18.- Ejemplos de luminarias aprobadas para uso en áreas peligrosas.



LUMINARIA FLUORESCENTE A PRUEBA DE EXPLOSION, PARA CLASE I DIVISION 1 y 2, \*O CLASE II DIVISION 1 y 2. CON 1, 2 ó 3 TUBOS DE 40 WATTS.



LUMINARIAS INCANDESCENTES O DE DESCARGA DE ALTA INTENSIDAD (VAPOR DE MERCURIO, ADITIVOS METALICOS O VAPOR DE SODIO ALTA PRESION). PARA DONDE QUIERA QUE SE MANEJEN GASES EXPLOSIVOS O POLVOS Y COMBUSTIBLES FLAMABLES TALES COMO: FABRICAS DE PINTURAS; PLANTAS PETROQUIMICAS; CASSETAS DE PINTURA; LLENADO DE ENCENDEDORES; ETC.



MONTAJE COLGANTE

MONTAJE EN TECHO

MONTAJE EN MURO

CON REFLECTOR DOMO

CON REFLECTOR ANGULAR 30°

Tabla 6.-Ventajas y desventajas de algunos tipos de lámparas.

Tipo de lámpara	Ventajas	Desventajas
Incandescente	Bajo costo inicial, buena definición de color, buen control de luz, encendido instantaneo, no requiere balastro.	Baja eficiencia luminosa, corta vida y alto costo de operación.
Lámpara de cuarzo	Excelente definición de color, buen control del rayo de luz, buen mantenimiento de flujo luminoso, no requiere de balastro.	Baja eficiencia luminosa, vida media, alto costo de operación.
Lámpara de vapor de mercurio	Larga vida, alta eficiencia luminosa y bajo costo de operación.	Alto costo inicial control limitado, tarda 4 minutos para el encendido.
Lámpara de aditivo metálico	Vida moderadamente larga, alta eficiencia luminosa, buena definición de color, costo bajo de operación.	Alto costo inicial no enciende inmediatamente.
Lámpara fluorescente	Moderada larga vida, alta eficiencia luminosa, bajo costo de operación,	Bajo control de luz, unidades voluminosas, poca

baja brillantez.

concentración de  
potencia luminosa.

Tabla 7.-Algunos tipos de lámparas y sus características según el ambiente.

Tipo de lámpara	Ambiente	Características
Incandescente,mercurio, fluorescente concen- trada,incandescente	Gases y vapores ex- plosivos, Clase I División 1.	A prueba de explosión
Incandescente,vapor de mercurio.	Polvos combusti- bles, Clase II División 1.	A prueba de polvo
Incandescente,vapor de mercurio	Humedad, polvos incombustibles, vapores Clase I División 2.	Cerrados y fornados a prueba de vapor.

### II.B.3.- TUBERIA CONDUIT

En lo referente a la tubería que se debe utilizar en cualquier Clase de Area peligrosa, ésta debe ser conduit metálica (acero IMC) y ser roscada con cuerda NPT (excepto en los casos en que se permita la tubería sin rosca EMT). Es importante que toda la tubería esté perfectamente apretada con llave de tuercas a las cajas o coples, ya que dicha tubería es la trayectoria de

regreso para la falla de corriente y las roscas flojas pueden causar sobrecalentamiento y chispas.

De acuerdo con el NEC los requisitos que debe cumplir una tubería conduit son:

1.- En la fabricación de conduit rígido debe usarse acero dúctil, hierro forjado, una aleación de bronce y silicio (1.25% por lo menos), una aleación a base de aluminio, conteniendo un porcentaje no mayor de 0.40% de cobre y otro metal capaz de usarse para estos propósitos.

2.- Cada tubo debe tener una sección transversal que permita el corte limpio de roscas exactas, el espesor de las paredes deberá ser uniforme a través de la longitud del tubo, la soldadura de todas las costuras deberá estar perfectamente bien hecha y estar libre de rebabas metálicas y filos cortantes.

3.- Tanto la superficie interior como exterior de cada tubo de metal ferroso, deberá estar cuidadosamente limpio de toda costura y óxido. En el proceso de limpieza dejar las superficies del tubo en condiciones tales que el recubrimiento protector tenga un terminado sin asperezas.

4.- Tanto en el interior como en el exterior de un conduit rígido de metal ferroso deberá ser protegido contra la corrosión por medio de un recubrimiento galvanoplástico o por un recubrimiento equivalente. El conduit metálico hecho de metal no ferroso resistente a la corrosión no necesita ser protegido en tal forma.

## II.B.4.- SELLOS

Las instalaciones en lugares peligrosos no son completamente herméticas, y bajo ciertas circunstancias pueden penetrar gases o vapores peligrosos al sistema de tubería conduit. Cuando los gases o vapores contenidos dentro de las tuberías o de una envolvente del equipo llegan a explotar, se ejerce una presión contra los que todavía no explotan y que están presentes en el sistema de tubería que conecta con el resto de la instalación; si estos gases llegan a inflamarse por la presión de la explosión inicial, se produce otra explosión. Como estos últimos gases se encontraban ya bajo presión por efecto de la primera explosión, al explotar se producen presiones mayores que las iniciales. Si este fenómeno se repitiera, las presiones causadas por las explosiones sucesivas crecerían en intensidad hasta llegar a alcanzar valores excesivos, mayores de los que puede resistir la tubería conduit, cuya ruptura provocaría la explosión de la atmósfera que la rodea. A este fenómeno se le denomina "precompresión" o "acumulación de presiones".

Para permitir el uso de tubería conduit no hermética en áreas peligrosas y al mismo tiempo reducir la precompresión, se utilizan los sellos de tubería conduit que aíslan el sistema por secciones, limitando el volumen de gases expuesto a una explosión y evitando que ésta se propague a través de toda la tubería.

Los sellos consisten en cajas de forma generalmente cilíndrica, en donde el tubo conduit se rosca, y una vez

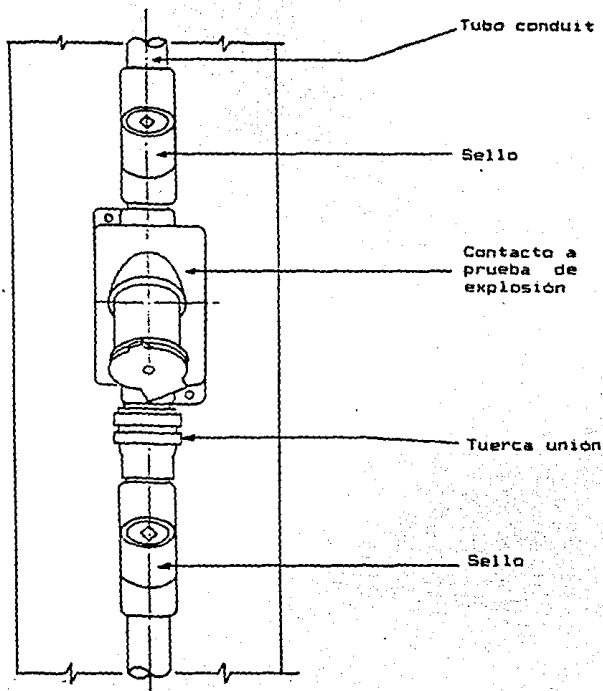
efectuado el alambrado son llenados con un compuesto especial, semejante al cemento, que al fraguar se expande y queda comprimido en la caja. Este proceso se llama "curado", y cuando se realiza correctamente impide el paso del gas, presión, explosión o flama de una área a otra. La colocación del sello sin el compuesto no ofrece seguridad a la instalación. Una vez terminada una instalación se debe revisar para asegurarse que todas las tapas y tornillos están en su lugar, ya que el dejar un solo tornillo fuera de lugar puede destruir la característica "a prueba de explosión" de dicha instalación.

En lugares clasificados como peligrosos, es necesaria la instalación de sellos en las siguientes circunstancias:

- 1.- Lugares en donde el conduit entre a un blindaje que contenga un equipo que opere a alta temperatura o que produzca arcos eléctricos o chispas (interruptores, arrancadores, contactores, etc.). El sello deberá instalarse lo más próximo posible al dispositivo que se trata de aislar (a no más de 50 cm.)
- 2.- Cuando un tubo conduit de 50.8 mm (2'') de diámetro o mayores, intercomunica una caja que contenga empalmes, derivaciones, tablillas de terminales o zapatas.
- 3.- Cuando la tubería conduit pasa de una área de la División 1 a otra de la División 2, o bien, cuando pasa de una área peligrosa a otra que no lo es.

En la figura 19 se muestra un ejemplo de instalación típica de sellos con equipo a prueba de explosión.

Figura 19.- Aplicación de sellos en contactos a prueba de explosión.





Si se requieren sellos en áreas Clase I Divisiones 1 y 2 deben cubrir los siguientes requisitos: ser accesibles, resistentes a la atmósfera o líquidos con los que pudiera estar en contacto, tener un punto de fusión no menor a 93°C, su longitud debe ser por lo menos igual al diámetro nominal del tubo (y en ningún caso menor a 16 mm.), en el interior de un accesorio para sellado no deben hacerse empalmes ni derivaciones de conductores y no debe llenarse con compuesto sellador ninguna caja o accesorio que contenga empalmes o derivaciones.

En el caso de áreas Clase II Divisiones 1 y 2, cuando una canalización comunica una cubierta que es a prueba de ignición de polvo con otra que no lo es, deben tenerse medios adecuados para impedir la entrada de polvo en la primera a través de la canalización, estos medios pueden ser: a) con un sello permanente y efectivo; b) con tramos de canalización no menores a 3 metros (si es horizontal) y a 1.5 metros si es vertical y se extiende abajo de la cubierta a prueba de ignición de polvo.

#### 11.8.5.- ACCESORIOS.

Junto con la precompresión, la humedad es otro problema que se debe prever en las instalaciones dentro de áreas peligrosas. Si se estima que puede llegar a entrar agua a las envolventes del equipo o a la tubería conduit de una instalación, ésta deberá tener determinada pendiente para que el agua acumulada pueda ser evacuada a través de un aditamento de drenaje apropiado.

Los cambios climatológicos de temperatura y presión

barométrica pueden producir otro problema en las instalaciones al cual se le llama "respiración", y que en algunos lugares puede ser también causado por las variaciones ambientales como consecuencia del proceso que se efectúa en el área.

Este fenómeno consiste en que el calor que rodea a las envolventes y la tubería calienta a éstos y al aire que contienen en su interior, que se expande y se mueve, provocando por convección y presión una circulación. Al expandirse el aire, se acrecenta su propiedad de absorber humedad y su presión aumenta, causando que la envolvente "respire". El proceso de absorción de humedad es mucho más lento que el de condensación, por lo que parte del aire sale de la envolvente antes de saturarse de humedad, y por lo tanto, parte de ésta permanece dentro de la instalación.

Para eliminar este problema y asegurar una ventilación adecuada, se instalan respiraderos y drenes adecuados al tipo de áreas en donde se apliquen, en la parte superior e inferior de los envolventes, así como en los puntos más bajos de las trayectorias de tubería conduit.

Para conectar dos tramos de tubo conduit, o bien, para conectar el tubo conduit a cajas registro o envolventes se utilizan tuercas unión, facilitan cualquier cambio de los sistemas de tubería conduit roscada y se fabrican con aluminio libre de cobre.

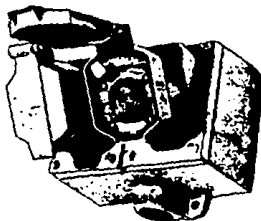
También se tienen coples flexibles que son utilizados en sistemas de tubería conduit donde se requiera una parte flexible

Figura 20.- Algunos accesorios utilizados en instalaciones eléctricas dentro de áreas peligrosas.



CPS

Contacto Sencillo



Contacto Doble



Tapones Tipo PLG

UNY  
Macho

Tuercas Unión

UNF  
Hembra

Conexión Campana

REC

ECD

Drenes y respiraderos  
estandarDren respiradero  
universal.

Codos Tipo EL



ECLK



Coples Flexibles

para permitir movimientos o vibraciones del equipo conectado. Su diseño robusto le permite soportar grandes presiones, son a prueba de agua para uso en lugares húmedos, no requiere de puentes eléctricos entre sus extremos ya que su malla metálica asegura la continuidad eléctrica. En sus extremos tiene dos roscas hembras y normalmente se suministran con dos niples removibles (coples ECGJH). Los coples ECLK tienen en un extremo una tuerca unión y en el otro extremo una rosca hembra con un niple.

Asimismo, en áreas peligrosas, las cajas, accesorios y coples que se usen deben ser roscados para su conexión con el tubo ( o con terminales de cables), no deben tener aberturas a través de las cuales pudiera entrar polvo o escaparse chispas o material en combustión (como agujeros para tornillos de fijación), deben ser a prueba de explosión y estar aprobados para la clase de área en que se vayan a instalar.

#### II.B.6.- CONDUCTORES.

El cable que se use en áreas Clase I debe ser tipo MI en División 1 y MI,SNM o MC en División 2; en Clase II será tipo MI en División 1 y MC o SNM en División 2, en el caso de áreas Clase III, Divisiones 1 y 2 se puede usar el tipo MI o MC. En todos los casos deberá tenerse cuidado que al instalarlo o soportarlo, se eviten tensiones mecánicas en los accesorios terminales, los cuales deben estar aprobados para la Clase de área de que se trate. En el caso de cordones flexibles, cuando se usen en áreas peligrosas deben:

- 1.- Ser para uso extrarruido.
- 2.- Tener un conductor de puesta a tierra adicional a los conductores del circuito.
- 3.- Estar conectados a las terminales del equipo en una forma aprobada para tal fin.
- 4.- Tener abrazaderas u otros medios de sujeción que impidan que las conexiones terminales estén sujetas a tensión mecánica.
- 5.- Que la entrada del cordón a una caja, accesorio o cubierta:
  - a) Tenga un sello adecuado (en áreas Clase I, con cubiertas tipo a prueba de explosión).
  - b) Esté convenientemente sellada contra la entrada de polvo (en áreas Clase II, en equipos que requieran ser a prueba de ignición de polvo).

#### II.B.7.- CONDULETS

Son cajas de conexión especiales, para su cierre hermético se dispone de tapas y empaques especiales para que al ser instaladas y expuestas a humedad permanente, a la intemperie o en ambientes oxidantes, explosivos, etc., no penetren al interior de las canalizaciones elementos extraños que puedan ocasionar cortos circuitos o explosiones en el peor de los casos.

En industrias donde las áreas de trabajo son de un peligro constante (por manejo o fabricación de productos corrosivos, inflamables o potencialmente explosivos, pinturas, papel, etc.) se hace necesario el uso de cajas de conexión tipo condulet como partes componentes de las instalaciones a prueba de explosión y

deben acoplarse a tuberías de pared gruesa, ya que tienen cuerdas interiores correspondientes a todas las medidas; existen en una gran variedad para diferentes aplicaciones, por lo que para instalarlos es importante asegurarse de su correcta selección, algunos de los condulets usados en áreas peligrosas son:

Serie GUA.- Su clasificación aprobada es en Áreas Clase I Grupos C y D, Clase II Grupos E, F y G y en Clase III. Facilitan hacer empalmes y derivaciones. Para mayor flexibilidad se tienen tapas con salida roscada y tapa para sello, se surten con tapa ciega y se fabrican con aluminio libre de cobre. Cumple con las pruebas UL Estándar 886.

Serie LBH.- Su clasificación aprobada es en Áreas Clase I Grupo D, Clase II Grupos E, F y G y Clase III. Se utilizan particularmente cuando se requiere jalar o doblar conductores que por su tamaño o tipo de aislamiento dificultan esta operación. Permite jalar los conductores en forma recta por ambos lados, el diseño de la tapa proporciona mayor espacio, evitando dobleces fuertes que perjudiquen el aislamiento de los conductores y se fabrican con aluminio libre de cobre. Cumple con las pruebas UL Estándar 886.

Serie EJB.- Su clasificación aprobada es en áreas Clase I Grupo D, Clase II Grupos E, F y G y en Clase III. Son apropiados para hacer empalmes y derivaciones de los conductores. Es posible encerrar dispositivos eléctricos incluyendo estaciones de control e instrumentos. Una amplia gama de entradas roscadas

para tubería conduit en tamaño y lugar, permite una gran flexibilidad de uso. Se suministran en forma normal con soportes integrales y están diseñados para montaje superficial, también se pueden suministrar con tablillas de terminales. El cuerpo y la tapa se fabrican con aluminio libre de cobre y los tornillos son de acero. Cumple con las pruebas UL Estándar 886.

Serie GUE,GUB.- Su clasificación aprobada es en áreas Clase I Grupo D, Clase II Grupos E,F y G y en Clase III. Son empleados como cajas de conexiones para hacer empalmes y derivaciones de los conductores, tienen gran flexibilidad de uso debido a la gran variedad de entradas roscadas para tubería conduit. Cuando se requiera una caja a prueba de agua, las tapas pueden ser selladas con un empaque opcional (anillo de neopreno) y se fabrican con aluminio libre de cobre. Cumple con las pruebas UL Estándar 886.

Serie EGJ.- Su clasificación aprobada es en áreas Clase I Grupo D, Clase II Grupos E,F y G y en Clase III. Están diseñados para instalarse embutidos en las islas de concreto de las bombas de gasolina en las estaciones de servicio. Tiene dos entradas roscadas para tubo conduit en el fondo y cuatro en las paredes laterales. Se deben usar sellos tipo E5 en el fondo de la caja para sellar la tubería de alimentación principal. Cuando se requiera a prueba de agua, las tapas pueden ser selladas con un empaque opcional (anillo de neopreno). Se fabrican con aluminio libre de cobre y cumple con las pruebas UL Estándar 886.

Serie EYS,EZS.- Su clasificación aprobada es en Áreas Clase I

Grupos A, B, C y D y en Clase II Grupos E, F y G. Se utilizan para sellar todas las tuberías conduit y a no más de 18" (45.7 cm.) de cajas que contengan equipos que produzcan arcos o chispas eléctricas en áreas peligrosas Clase I, Divisiones 1 y 2. En tubos conduit de 2" (50.8 mm.) o mayores que entren a cajas de conexión conteniendo empalmes o derivaciones de cables y que se encuentren en áreas peligrosas Clase I Divisiones 1 y 2. Donde un tubo conduit deja una área peligrosa Clase I División 1 o donde un tubo conduit pasa de una área peligrosa Clase I División 2 a una área no peligrosa. Los condulets para sellar impiden el paso de los gases de combustión y flamas de una parte de la instalación eléctrica a otra a través del tubo conduit. Limita cualquier explosión a la envolvente sellada, impide la compresión o presión acumulativa en los tubos conduit. El cuerpo y la tapa se fabrican con aluminio libre de cobre, el niple y tapón son de acero. Cumple con las pruebas UL Estándar 886.

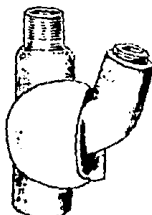
Serie EYD.- Su clasificación aprobada es en áreas Clase I Grupos C y D y en Clase II Grupos F y G. Son sellos con dren universal integrado para uso intemperie. Restringen el paso de gases, vapores o flamas de una parte de la instalación eléctrica al medio ambiente que la rodea, limita la explosión a la envolvente, impide la presión acumulativa en la tubería conduit y son instalados verticalmente en dicha tubería y en los puntos bajos del sistema para prevenir la acumulación de condensado sobre el sello. Estos sellos tienen un dren que proporciona un continuo drenado del condensado, sus entradas son



Figura 21.- Ejemplos de condulets para uso en áreas peligrosas.

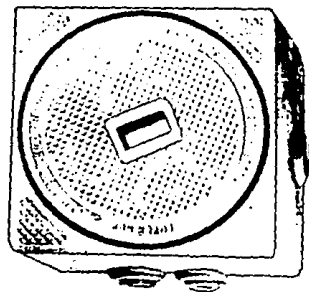


Hembra

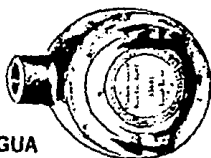


Macho-Hembra

Para sellar tubería conduit a cualquier ángulo.

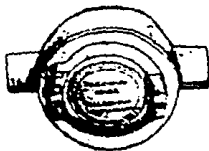


Cajas  
de Conexiones  
Para áreas  
peligrosas  
uso en gasolineras



Serie GUA

uso intemperie



GUAC

Serie EGJ



Macho-Hembra



Hembra

Para sellar tubería conduit vertical u horizontal.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA.

rosca para asegurar que el sistema conduit queda efectivamente aterrizado y tienen bushing integral que protege al aislamiento del conductor. El cuerpo se fabrica con aluminio libre de cobre, el dren de acero inoxidable y los nipples de acero galvanizado. Cumple con las pruebas UL Estándar 886.

Serie ECD.- Su clasificación aprobada es en áreas Clase I Grupos C y D, Clase II Grupos E, F y G y en Clase III. Son drenes y respiraderos. Los drenes son instalados en entradas roscadas, en la parte inferior de las envolventes para evitar la acumulación de agua en el interior de los sistemas de tubería conduit y registros, previniendo que se dañen los equipos o el alambrado. Permite drenar el agua de los equipos sumergidos en aceite sin pérdidas de aceite. Los respiraderos son instalados en la parte superior de las envolventes para proporcionar un medio de instalación al interior de estas, para evitar al máximo la condensación de agua. Se fabrican en acero inoxidable y cumplen con las pruebas UL Estándar 886.

#### II.B.8.-FIBRA PARA SELLAR

Una fibra que puede usarse en áreas peligrosas es la fibra CHICO X. Es de asbesto y sirve para taponear el espacio entre el bushing integral del sello, el extremo del tubo conduit y alrededor de los cables antes de vaciar que el compuesto CHICO A, para evitar que el compuesto se escurra por la tubería conduit ya instalada. El compuesto CHICO A es un polvo soluble, que después de mezclarse con agua puede ser vaciado para

efectuar un sello que se expande, solidifica y es capaz de resistir el ataque de productos químicos.

Tabla 8.- La cantidad aproximada de fibra CHICO X necesaria para taponear cada entrada de tubería conduit se muestra a continuación:

Diámetro de la tubería		Cantidad de CHICO X
(Pulg)	(mm)	(gr)
1/2	12.7	1
3/4	19.0	2
1	25.4	4
1-1/4	31.7	8
1-1/2	38.1	16
2	50.8	28
2-1/2	63.5	42
3	76.2	56
3-1/2	88.9	127
4	101.6	198

Figura 22.- Lubricante, sellos, compuesto y fibra para sellar.



CHICO A

Compuesto sellante



CHICO X

Fibra



MACHO-HEMBRA

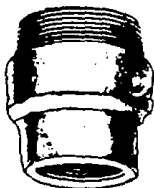
EYD



HEMBRA

Accesorios sellados son aprobados para usarse en areas peligrosas solamente cuando la fibra "X" y compuesto sellante Chico "A" sean usados para realizar el sellado

SELLO ES



## II.C. - NORMAS PARA LA INSTALACION DE LUMINARIAS.

El equipo eléctrico de iluminación para uso en áreas peligrosas debe cumplir las normas indicadas en los párrafos 501-9, 502-11 y 503-9 del NEC y la norma 844 de UL.

## II.C.1. - PRUEBAS.

Tabla 9. - Pruebas especificadas por la norma UL-844

CLASE	DIVISION	GRUPO	PRUEBAS
I	1	A, B, C y D	Temperatura, explosión, hidrostática, penetración de polvo, lluvia, envejecimiento acelerado de los empaques, rigidez de las entradas para tubo conduit, vibración.
II	1	E, F y G	
I	2	A, B, C y D	Temperatura, vibración.
II	2	G	Temperatura, penetración de polvo y vibración.

Como ya se dijo anteriormente, todo el equipo eléctrico utilizado en áreas peligrosas debe estar aprobado para la Clase, División y tipo específico de atmósfera donde se ha de instalar, asimismo, no debe tener expuesta ninguna superficie cuya

temperatura de operación exceda a la ignición del gas, vapor o polvo que se encuentre en dicha atmósfera, pero además (de acuerdo a NTIE) las luminarias deben cumplir con los siguientes requisitos:

#### II.C.2.- INSTALACION EN AREAS CLASE I.

##### II.C.2.a.- DIVISION 1.

- a.1) Sean fijas o portátiles deben estar aprobados para esta Clase, además de tener especificada y a la vista la capacidad de operación máxima de la lámpara.
- a.2) Toda luminaria fija tiene que estar protegida con un resguardo, o por su ubicación, contra daños mecánicos.
- a.3) Las luminarias de tipo colgante deben usar como soporte tubo metálico rígido (pesado o semipesado), con uniones roscadas y medios efectivos que impidan que se aflojen. Cuando la distancia a que se requiere colgar un luminario (por medio de tubo) sea mayor a 30 cm. de la caja de salida, para evitar oscilaciones excesivas, debe fijarse rigidamente el tubo a una distancia menor a 30 cm. de la luminaria, o bien, por medio de conectores o accesorios proporcionar la flexibilidad que permita el movimiento y colocarlo a una distancia no mayor a los 30 cm. de la caja de salida.
- a.4) Las cajas y accesorios utilizados en el soporte de las luminarias deben ser adecuadas para tal fin y estar aprobadas para la Clase I.

## II.C.2.b.- DIVISION 2

b.1) Las lámparas portátiles deben cumplir lo indicado en el inciso a.1).

b.2) Las luminarias fijas deben cumplir lo indicado en a.2).

Pueden no ser del tipo aprobado para lugares Clase I, pero deben tener cubiertas u otros medios efectivos que impidan la ignición de concentraciones localizadas de gases o vapores flamables, cuando haya posibilidad de que se desprendan chispas de las lámparas, o cuando esté expuesto metal caliente de las luminarias.

NOTA IMPORTANTE.- Cuando las lámparas son de un tamaño o tipo que puedan alcanzar, en condiciones normales de operación, temperaturas superficiales que excedan del 80% de la temperatura de ignición (ver tabla 2) del gas o vapor involucrado, las luminarias deben ser del tipo aprobado para lugares Clase I.

b.3) Las luminarias tipo colgante deben cumplir lo indicado en el inciso a.3).

b.4) Las cajas y accesorios usados para soportar luminarias deben ser los adecuados para tal fin.

b.5) Los apagadores que formen parte integral de luminarias o portalámparas deben tener cubiertas que al igual que los aparatos, estén aprobados para la Clase I, pero pueden usarse cubiertas de uso general si:

- 1.- Se interrumpe la corriente dentro de una cámara herméticamente sellada contra la entrada de gases o

vapores, ó

2.- Los contactos de establecimiento e interrupción de la corriente están sumergidos en aceite.

b.6) El equipo de arranque y control para lámparas de descarga eléctrica puede ir en cubiertas de uso general cuando la interrupción de corriente se efectúe en el interior de una cámara herméticamente sellada que impida la entrada de gases o vapores, o también cuando los contactos que interrumpen y establecen la corriente se encuentran sumergidos en aceite.

### II.C.3.- INSTALACION EN AREAS CLASE II.

#### II.C.3.c.- DIVISION I

c.1) Todo luminario fijo o portátil debe estar aprobado para la clase II, debe tener marcada claramente la capacidad máxima de operación de la lámpara y estar específicamente aprobado para su aplicación en lugares que puedan tener polvos de magnesio, aluminio o materiales con riesgo similar.

c.2) Cada luminaria debe estar protegida con un resguardo, o por su ubicación, contra daños mecánicos.

c.3) Los luminarios de tipo colgante deben soportarse con tubo metálico rígido tipo pesado o semipesado, cadenas provistas de los accesorios adecuados o con otros medios aprobados. Si se requiere colgar un luminario por medio de tubo a más de 30 cm. de la caja de salida, el tubo debe fijarse rigidamente a una distancia no mayor de 30



cm. del luminario para evitar oscilaciones excesivas, o bien, tener flexibilidad de movimiento por medio de una unión o conector flexible aprobado para tal fin y para lugares Clase II, que se coloque a no más de 30 cm. de la caja de salida. Cuando el alambrado entre una caja de salida y un luminario colgante no vaya alojado en tubo conduit, debe emplearse cordón flexible para uso extrarrudo. El cordón flexible no debe ser el medio de soporte del luminario.

- c.4) Las cajas o accesorios usados para soportar luminarios deben estar aprobados para tal fin y para lugares de la Clase II.

#### II.C.3.d.- DIVISION 2.

- d.1) Los luminarios portátiles deben estar aprobados para lugares Clase II y tener marcada claramente la máxima capacidad de operación de la lámpara.
- d.2) Cuando los luminarios fijos no sean del tipo aprobado para lugares Clase II deben estar provistos de cubiertas (que encierren las lámparas y portalámparas) diseñadas en tal forma que se reduzca al mínimo la acumulación de polvo sobre las mismas y se evite el escape de chispas, material en combustión o metal caliente. La temperatura de operación de la lámpara o de superficies expuestas no debe exceder de  $165^{\circ}\text{C}$  en condiciones normales de uso.
- d.3) Cada luminario fijo debe estar protegido contra daño mecánico por medio de un resguardo adecuado o por su

propia ubicación.

- d.4) Los luminarios de tipo colgante deben soportarse como se indica en el inciso c.3).
- d.5) Las cajas o accesorios usados para soportar luminarios deben estar aprobados para tal fin.
- d.6) El equipo de arranque y control para lámparas de descarga eléctrica deben tener cubiertas metálicas diseñadas para reducir al mínimo la entrada de polvo, las cuales estén provistas de tapas de cierre ajustado u otros medios efectivos para evitar el escape de chispas o material en combustión y no tengan aberturas (como agujeros para tornillos de fijación, etc.).

#### II.C.4.- INSTALACION EN AREAS CLASE III.

##### II.C.4.e.- DIVISIONES 1 y 2.

- e.1) Los luminarios fijos deben tener cubiertas (para las lámparas y portalámparas) diseñadas de tal manera que se reduzca al mínimo la entrada de fibras o pelusas y se impida el escape de chispas, material en combustión o metal caliente. Cada luminario debe estar claramente marcado con la capacidad máxima de la lámpara con que pueda operar sin que la temperatura en las superficies expuestas exceda de  $165^{\circ}\text{C}$ , en condiciones normales de uso.
- e.2) Cualquier luminario que pueda estar expuesto a daño mecánico, debe protegerse con un resguardo adecuado.
- e.3) Los luminarios de tipo colgante deben soportarse con

tubo metalico rigido roscado. Si se requiere colgar el luminario a mas de 30 cm. de la caja de salida, el tubo debe fijarse rigidamente a menos de 30 cm. del luminario para evitar oscilaciones excesivas, o bien tener flexibilidad de movimiento por medio de un accesorio o conector flexible aprobado para tal fin que se coloque a no mas de 30 cm. de la caja de salida.

- e.4) Las cajas o accesorios utilizados para soportar luminarios deben ser de un tipo aprobado para tal fin.
- e.5) Los luminarios portatiles deben estar equipados con mangos adecuados y guardas eficaces; los portalámparas no deben ser del tipo con apagador integral ni tener medios que permitan conectarles clavijas. En todos los demás aspectos, estos luminarios deben cumplir con lo indicado en el inciso e.1).

#### II.D. - MANTENIMIENTO DE EQUIPO PARA AREAS PELIGROSAS.

El mantenimiento programado para el equipo instalado dentro de áreas peligrosas debe ser realizado con especial cuidado, pues se tiene en juego la seguridad no solo del sistema electrico, sino tambien de la planta en conjunto, al tenerse riesgos de incendio o explosion de los materiales y sustancias que se manejan. Un mantenimiento adecuado de dicho equipo debe observar cuidadosamente los siguientes puntos:

## II.D.1.- RECOMENDACIONES

Antes de retirar las tapas de cualquier envolvente, unidad de alumbrado o gabinete, es muy importante asegurarse de que los circuitos no tienen energía. Cerciorarse de que todos los componentes han sido reensamblados y que las cubiertas han sido cerradas correctamente antes de conectar nuevamente la energía.

Antes de reinstalar tapas o cubiertas de equipo que haya sido abierto, es recomendable limpiar con keroseno todas las superficies de unión (sean planas o roscadas). No es recomendable el uso de gasolina o solventes similares, ya que estos aumentan los riesgos de explosión, además que facilitan la oxidación y corrosión del equipo.

Después de la limpieza conviene aplicar una capa delgada de lubricante ligero sobre las superficies de unión, con el fin de mantener lubricadas las juntas y prevenir la corrosión.

Hay que evitar el dañar las superficies pulidas de las juntas con objetos metálicos, como cinceles, martillos y limas. Durante el almacenaje se deben mantener los envoltentes con sus respectivas protecciones hasta que sean utilizados.

Si se repintan las superficies de las envoltentes, asegurarse de no cubrir con la pintura la placa de datos del dispositivo, pues contiene información importante para el personal de operación y mantenimiento.

No se deben hacer perforaciones u otro tipo de alteraciones a equipos a prueba de explosión, pues eso puede afectar sus características de seguridad.

Todos los tornillos y pernos de las tapas deben mantenerse a estas firmemente en su lugar mientras los circuitos estén conectados, y deben usarse exclusivamente los tornillos y pernos proporcionados por el fabricante del equipo, ya que la sustitución por otros tipos de materiales puede debilitar en conjunto y disminuir su seguridad.

No se deben emplear empaques en las juntas de los envolventes a prueba de explosión, a menos que el diseño original así lo indique.

En el caso de juntas roscadas, estas deberán ensamblarse con un mínimo de 5 hilos completos al contacto, las juntas deberán apretarse lo suficiente para evitar que se aflojen accidentalmente por vibración, pero no deberán forzarse. Si las roscas son conservadas limpias y lubricadas puede asegurarse una operación segura con un mantenimiento mínimo.

Los cables flexibles cubiertos de hule, para uso rudo, que generalmente se utilizan con equipo portátil, deberán examinarse frecuentemente y reemplazarse a la primera evidencia de daño o deterioro mecánico. Las conexiones terminales de estos cables deben conservarse en buenas condiciones y revisarse constantemente. En general, en dondequiera que se necesite equipo portátil, es importante evitar el mal trato e inspeccionar con frecuencia todas sus partes.

Para prevenir cualquier posible falla, es indispensable el efectuar revisiones periódicas de sellos, drenes y juntas, además del funcionamiento de todas las partes móviles.



**CAPITULO III**  
**SISTEMAS DE FUERZA**

### III A.- EQUIPO DE CONTROL INDUSTRIAL.

Para la instalación de motores en industrias de procesos en donde existan condiciones peligrosas (debido a la presencia de gases o vapores flamables, polvos combustibles, lugares muy húmedos y corrosivos, etc.) se debe proporcionar protección al motor durante su arranque, operación y paro mediante el empleo de equipo de control adecuado.

#### III.A.1.- ARRANCADORES.

Como su nombre lo indica son utilizados para el arranque de motores. Según su modo de operación pueden ser manuales o magnéticos, y de acuerdo a su tipo de arranque los hay a tensión plena, tensión reducida o reversibles. Proporcionan un medio de desconexión del motor, brindan protección a los circuitos y al motor durante su operación, protegen contra bajo voltaje y dan la ventaja en control del arranque y paro desde lugares remotos. Los utilizados en áreas peligrosas son los arrancadores magnéticos serie EPC, su aplicación aprobada es dentro de lugares clasificados como; Clase I Grupos C y D, Clase II Grupos E, F y G, y Clase III.

Para su fácil instalación está diseñado en tres secciones, una persona puede manejar la envolvente de mayor tamaño. Su construcción es a prueba de agua ya que la tapa superior tiene rosca hembra y la tapa inferior rosca macho, ambas tapas son fácilmente removibles por medio de puntos de apoyo en el cuerpo y mamelones en las tapas. Una placa de soporte adjunta a la parte posterior del cuerpo proporciona tres puntos de suspensión

para su fácil instalación y nivelación. El cuerpo tiene dos bushing integrales para entrada de tubo conduit localizados en la parte superior y otras dos más directamente abajo. El interruptor es operado por una manija externa la cual puede asegurarse en cualquier posición. El seguro no afecta al interruptor y este puede operar normalmente bajo condiciones de carga o corto circuito y controlarlos.

### III.A.2.- INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS.

Ademas de protección a circuitos de motores, los interruptores termomagnéticos serie EPC son usados para proteger acometidas, alimentadores o circuitos derivados para la iluminación, calefacción, etc., que se encuentren instalados dentro de Areas peligrosas. Proporcionan un medio de desconexión, protección contra corto circuitos y sobrecargas. Su aplicación aprobada es en lugares clasificados como Clase I Grupos C y D, Clase II Grupos E, F y G y Clase III.

Se caracterizan por estar constituidos de tres secciones fabricadas a prueba de agua, el cuerpo tiene dos entradas para tubo conduit, una en la parte superior, otra en la parte inferior y tienen una manija para ser operado desde el exterior.

Cuando son usados en combinación con arrancadores magnéticos para protección de circuitos derivados de motores, sirven para la protección de los conductores, componentes del control del motor y del mismo motor contra fallas de corto circuito y fallas a tierra. En las sobrecargas del motor, el relevador de sobrecarga del arrancador abrirá el circuito antes de que el



interruptor se dispare, corrientes mayores que las del motor con el rotor bloqueado serán controladas por el interruptor antes de que el relevador de sobrecarga del arrancador pueda operar y proteger en esta forma el circuito de corrientes de falla muy elevadas. El interruptor no debe dispararse con la corriente normal de arranque, por lo que debe seleccionarse para cumplir con estos requisitos para la máxima capacidad (H.P.) indicada. Una adecuada selección del interruptor de circuito para cualquier combinación en el control de motores debe considerar : voltaje del circuito, capacidad interruptiva y rango de disparo.

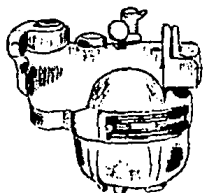
#### III.A.3.- ESTACION DE BOTONES, SWITCH SELECTOR.

Las estaciones de botones y switches selectores son utilizados en conjunto con contactores o arrancadores magnéticos para el control remoto de motores. Pueden operar en aire o sumergidos en aceite, la serie EFS es usada en áreas peligrosas y su clasificación aprobada es en Clase I Grupos C y D, Clase II Grupos E, F y G y Clase III. Tienen la ventaja de un diseño compacto con tolerancias muy pequeñas entre cuerpo y tapa para hacer junta a prueba de flama.

#### III.A.4.- LUCES PILOTO SELLADAS DE FABRICA.

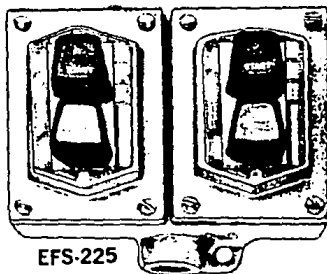
Este tipo de luces no requieren sellos externos, son usadas como indicadores visuales en puntos remotos al lugar donde la actividad se desarrolla. La serie EFS está aprobada para Areas Clase I Grupos C y D, Clase II Grupos E, F y G y Clase III.

Figura 23.- Estación de botones, switch selector y luces piloto selladas de fábrica.



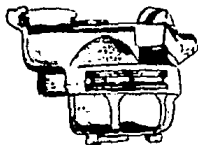
OFC-15

Estación de Botones  
Switch Selector



EFS-225

Estación de Botones



OFC

600 VCA Servicio Pesado

EFS

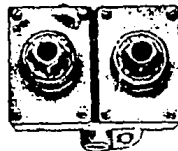


Switch Selector  
Contacto  
Sostenido



EFS Sencilla\*

Con una Luz Piloto

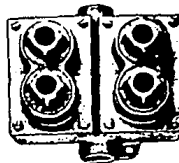


EFS Doble\*

Con Luz Piloto Sencilla



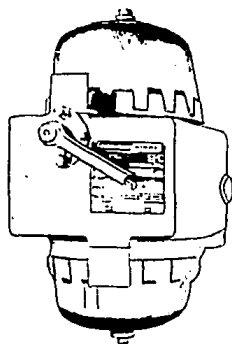
Con dos Luces Piloto



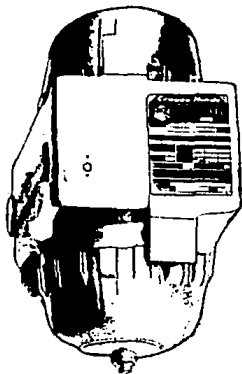
Con Luz Piloto Doble

Luces Piloto  
Selladas de Fábrica

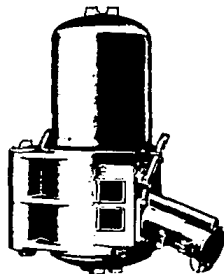
Figura 24.- Interruptor termomagnético y arrancador magnético.



**EPC**  
Interruptores  
Termomagnéticos



**EPC**  
Arrancadores  
Magnéticos



**EPC**  
Interruptor de Circuito  
con Contacto Arkite "  
Entrelazados

### III.A.5.- TABLEROS DE CONTROL.

Los tableros de control EJB se fabrican de acuerdo a las necesidades usando elementos de control tipo EMP. Se pueden utilizar como un medio para agrupar las estaciones de control y centralizar los controles de procesos dentro de áreas peligrosas utilizando un mínimo espacio.

Proporciona todos los elementos necesarios como son estaciones de botones, switches, selectores, interruptores, luces piloto, etc., los cuales pueden proporcionarse alambrados (incluso hasta tablillas terminales instaladas en la caja), con la consiguiente reducción en los costos de instalación. Estos tableros pueden ser para montaje superficial o para empotrar. En los primeros se tienen instalados los elementos de control en la tapa, lo que los hace totalmente accesibles para su mantenimiento, en el segundo caso los tienen en la parte posterior de la caja, usando la tapa ciega y embisagrada para facilitar la instalación y mantenimiento. Su clasificación aprobada es en áreas Clase I Grupos C y D. Clase II Grupos E, F y G y Clase III.

### III.A.6.- INTERRUPTORES DE PALANCA.

Son usados para control y operación de circuitos eléctricos en ambientes explosivos o flamables, tales como plantas químicas, refineries de petróleo y gas; terminales de carga y descarga de gasolina, industrias de proceso y manejo de granos, para arranque manual de motores pequeños de C.A. o de C.D., su diseño es compacto, provisto de orejas para montaje superficial

y junta a prueba de flama. Su clasificación aprobada para la serie EFS es en Áreas Clase I Grupos C y D, Clase II Grupos E, F y G y Clase III.

#### III.A.7.- INTERRUPTOR DE SEGURIDAD PARA CONTROL DE TRANSPORTADORES.

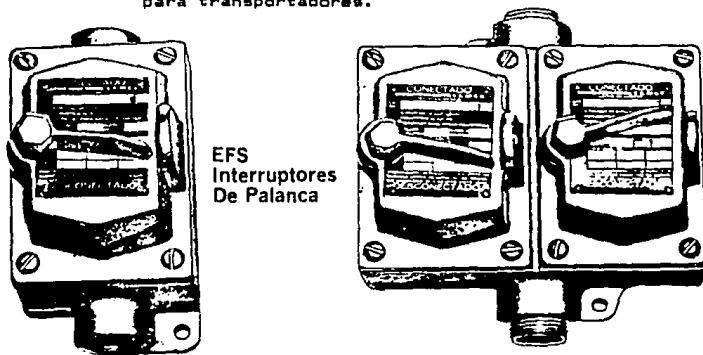
Se usan en procesos industriales, fabricas de acero, minas, en líneas de ensamble de automóviles, bodegas, andenes de carga, etc., como interruptor de "paro" normal o de emergencia para líneas de transportadores, gruas, sistemas de manejos de bultos, montacargas, etc. y en el circuito de control de arrancadores magnéticos para detener la polea motriz de transportadores u otras máquinas.

Los hay con una o dos terminales, una instalación típica deberá incluir unidades con una terminal en cada extremo del transportador y unidades con dos terminales en medio del transportador. Dependiendo del tamaño y longitud de la línea, puede ser necesario utilizar soportes espaciados a intervalos apropiados para asegurar que el peso de la línea o cable solo no accionará el interruptor. La serie AFU está aprobada para áreas Clase II Grupos E, F y G y Clase III.

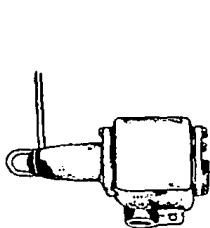
#### III.A.8.- CENTRO DE CONTROL DE MOTORES.

Los centros de control de motores (CCM) son, básicamente, tableros con un agrupamiento de interruptores y elementos de protección (fusibles), en combinación con elementos de control (arrancadores y accesorios), que en conjunto sirven para

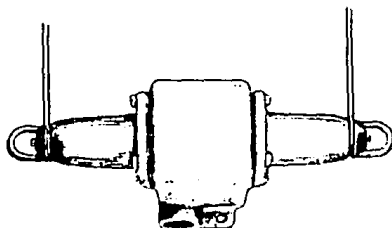
Figura 25.- Interruptores de palanca e interruptor de seguridad para transportadores.



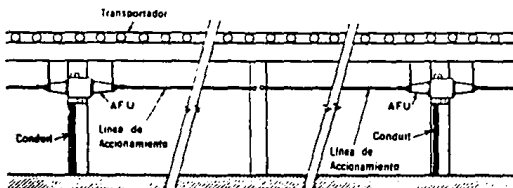
EFS  
Interruptores  
De Palanca



AFU 0333-10 Terminal izquierda



AFU 0333-11 Terminal doble



Interruptor de Seguridad  
para Control de  
Transportadores

proteger y controlar a motores y cargas que formen sistemas completos, como por ejemplo: procesos de manufactura, bombeo programado, aire acondicionado y plantas de tratamiento.

El empleo de CCM es la forma más práctica y eficiente de centralizar el control de motores cuando se usan en cantidades considerables, o cuando se requiere controlar desde un punto los diferentes equipos auxiliares o motores, aunque no formen un sistema.

Los CCM son fabricados bajo orden especial, por lo que es necesario especificar la tensión (vca), número de fases (3F-3H, 3F-4H, etc.), frecuencia, capacidad de las barras horizontales (ampers) y verticales (rnc simétricos), tipo de interruptor (termomagnético, magnético principal o derivado), arrancadores magnéticos para motores (tamaño NEMA; 1,2,3,etc.), tipo de arrancador del motor (reversible, no reversible, tensión reducida, etc.) y dimensiones.

Su instalación en áreas peligrosas implica un arreglo de tipo estructural (a base de canales de acero estructural), que debido a su alto costo, puede sustituirse por equipo de servicio normal en cuartos de control presurizados.

### III.B.- ESPECIFICACIONES PARA LA SELECCION DE EQUIPO ELECTRICO EN AREAS PELIGROSAS.

El NEC en sus artículos 501, 502 y 503 describe las normas y especificaciones a seguir para la selección e instalación de equipo eléctrico dentro de áreas peligrosas de las Clases I, II y III. En este punto se hace un resumen las principales

consideraciones e indicaciones para la adecuada selección e instalación de dichos equipos cuando se encuentren dentro de áreas clasificadas como peligrosas.

### III.11.1.- EQUIPO PARA AREAS CLASE I.

#### a.1) Transformadores y condensadores.

En áreas de la Clase I, Divisiones 1 y 2, si los transformadores o condensadores contienen un líquido flámable, deberán instalarse solamente en cámaras o compartimientos que tengan las siguientes características:

- Siempre que sea posible, se ubicarán en donde puedan estar ventiladas al aire exterior sin emplear conductos.
- Las paredes y techos de las cámaras deberán estar contruidas con materiales resistentes al fuego y con una resistencia estructural adecuada para las condiciones de empleo. Los pisos de las cámaras que estén en contacto con el terreno deberán ser de hormigón, con un espesor mínimo de 10 cm. Cuando la cámara este construida con un espacio vacío u otros pisos debajo de ella, el piso tendrá la resistencia estructural adecuada para la carga que se le aplique y una resistencia mínima de exposición al fuego de 2 1/2 Hs.
- Las puertas que conduzcan de las cámaras al exterior deberán ser de ajuste apretado, y de un tipo adecuado para abrirse fácilmente en caso de incendio; deberán tener cerraduras o cerrojos dispuestos en tal forma que la puerta pueda ser abierta con facilidad desde el interior. Estas puertas deberán permanecer cerradas, permitiendo sólo el paso a personal



autorizado. Se construirá un umbral de puerta de suficiente altura como para contener dentro de la cámara el volumen de aceite u otro liquido de enfriamiento del transformador mayor que ahí se encuentre.

- La ventilación de las cámaras deberá ser adecuada para evitar temperaturas excesivas en los transformadores.

- Se practicarán aberturas de ventilación lo más lejos posible de las puertas y ventanas. Las cámaras ventiladas por circulación natural de aire, pueden tener aproximadamente la mitad del área total de aberturas, practicadas en las paredes laterales o en el techo. Las aberturas de ventilación (por seguridad) estarán cubiertas con rejas permanentes, pantallas o persianas.

- De ser posible, en las cámaras que contengan transformadores de capacidad superior a 100 kva, se construirá un drenaje que pueda sacar cualquier acumulación de aceite u otro liquido que pueda presentarse dentro de la cámara. El piso estará inclinado hacia la abertura del drenaje.

- No deberán de almacenarse materiales en las cámaras de transformadores y condensadores.

- No habrá puerta u otra comunicación entre la cámara y el área de peligro. En caso de ser necesario, se instalará un sistema de ventilación que extraiga continuamente los gases o vapores peligrosos; existirán respiraderos o conductos que lleven a un lugar de seguridad en el exterior del edificio.

Si los transformadores o condensadores a instalar no contienen liquido que arda, podrán ser instalados en cámaras

para usos generales, que tengan las siguientes características:

- Se evitarán puertas y otras comunicaciones entre la cámara y el área de peligro.
- Se dotarán de una buena ventilación que extraiga continuamente los gases o vapores peligrosos.
- Tendrán respiraderos o conductos que lleven a un lugar de seguridad en el exterior del edificio.

Además, los transformadores y condensadores deberán estar aprobados para áreas de la Clase I (a prueba de explosión).

#### a.2) Instrumentos en general y relevadores.

Para las Áreas Clase I, División 1, los instrumentos en general, incluyendo; los de medición, relevadores, potenciómetros o watthorímetros, transformadores y resistencias de instrumentos, rectificadores y válvulas eléctricas, deberán estar dotados de cubiertas aprobadas para áreas Clase I.

Para las áreas Clase I, División 2, los instrumentos anteriormente mencionados que tengan contactos para cerrar o abrir circuitos, deberán estar provistos de cubiertas aprobadas para la Clase I, a menos que sus contactos estén sumergidos en aceite, o encerrados en una cámara herméticamente cerrada a la entrada de gases o vapores, en cuyo caso se podrán colocar cubiertas de uso general.

Las resistencias, dispositivos resistivos, válvulas eléctricas y rectificadores que se utilicen en los instrumentos de medición, instrumentos en general y relevadores, o en

conexión con ellos, deberán tener cubiertas aprobadas para la Clase 1, pero podrán tener cubiertas para uso general cuando dicho equipo carezca de contactos para abrir o cerrar circuitos, o contactos deslizantes, y cuando la temperatura máxima de funcionamiento de cualquier parte descubierta no supere el 80% de la temperatura de ignición del gas o vapor existente en el medio (ver tabla 2).

Los devanados de transformador, bobinas de impedancia, solenoides y otros devanados que no tengan contactos deslizables o para abrir y cerrar circuitos, estarán dotados de cubiertas que pueden ser del tipo indicado para uso general si se colocan respiraderos que permitan el escape rápido de cualquier gas o vapor que pudiera introducirse en la envolvente.

a.3) Interruptores, disyuntores, arrancadores de motor y fusibles.

En áreas Clase 1, División 1, los interruptores, disyuntores, arrancadores de motores y fusibles, incluyendo botones pulsadores, relevadores y dispositivos análogos, estarán provistos de cubiertas, y la cubierta en cada caso (junto con el dispositivo que contiene), deberá estar aprobada en conjunto para ser utilizada en áreas de la Clase 1.

En áreas Clase 1, División 2, el equipo deberá cumplir con lo siguiente:

- Los interruptores, disyuntores y arrancadores de motor que deban interrumpir corriente en funcionamiento normal, estarán

provistos de cubiertas aprobadas para la Clase I, sin embargo, se podrán utilizar cubiertas para uso general si la interrupción de la corriente se produce en el interior de una cámara herméticamente cerrada a la entrada de gases o vapores, o los contactos interruptores de la corriente están sumergidos en aceite y el dispositivo está aprobado para áreas de esta Clase y División.

Las cubiertas para interruptores desconectores y para aisladores sin fusibles que no estén destinados a interrumpir corriente, pueden ser del tipo para uso general.

Para protección de motores, aparatos y circuitos de alumbrado, pueden emplearse fusibles estándar de los tipos enchufable o cartucho, siempre y cuando se coloquen en el interior de cubiertas aprobadas para la finalidad y el lugar; pueden también emplearse fusibles de un tipo en el que el elemento actuante esté sumergido en aceite u otro líquido aislante, o esté encerrado en una envoltura herméticamente cerrada a la entrada de gases o vapores.

#### a.4) Equipo y transformadores de control.

En áreas Clase I, División I, los transformadores, bobinas y resistencias usados como equipo de control o asociados a él, para motores, generadores y otro tipo de aparatos, así como cualquier otro mecanismo de conmutación asociado a este equipo, estarán provistos de cubiertas aprobadas para la Clase I (a prueba de explosión).

Para áreas Clase I, División 2, las cubiertas para devanados de transformadores, válvulas solenoides o bobinas de impedancia pueden ser del tipo para uso general, pero estarán dotadas de respiraderos adecuados que permitan el escape rápido de los gases o vapores que pudieran penetrar en la cubierta. Las resistencias serán provistas de cubiertas, y el conjunto deberá ser aprobado para lugares de la Clase I, a menos que la resistencia no sea variable y que la temperatura máxima de funcionamiento no supere el 80% de la temperatura de ignición del gas o vapor en cuestión (tabla 2).

a.5) Motores y generadores.

En áreas Clase I, División 1, los motores, generadores y demás maquinaria eléctrica rotatoria, deberán ser aprobados para áreas de la Clase I (a prueba de explosión), o podrán ser del tipo totalmente cerrado, provistos con ventilación a presión positiva de una fuente de aire limpio con descarga a una área segura, dispuesto de tal manera que se evite la alimentación de energía a la máquina si no se ha establecido la ventilación, y también para que cese automáticamente el suministro de energía a dicha máquina cuando falle el sistema de suministro de aire. Este equipo podrá ser también totalmente cerrado y lleno con gas inerte, provisto con una fuente adecuada de gas inerte, para asegurar una presión positiva dentro de la cubierta, y controlados de manera que automáticamente cese el suministro de energía al equipo cuando falle la alimentación de gas. Los motores totalmente cerrados no tendrán ningún punto en su

superficie externa cuya temperatura de operación exceda al 80% de la temperatura de ignición del gas o vapor que pueda existir en la atmosfera circundante. Se tendrán también accesorios apropiados para detectar cualquier aumento de temperatura en las máquinas más allá de los límites de diseño, y automáticamente suspender la alimentación de energía al equipo. El equipo auxiliar será aprobado para esta Clase y División.

En Áreas Clase I, División 2, los motores, generadores y demás maquinaria eléctrica rotatoria en la que se empleen contactos deslizantes, mecanismos de conmutación (incluyendo los dispositivos de protección contra sobrecargas de los motores), centrífugos o de otro tipo, o dispositivos resistivos, ya sean para el arranque o para funcionar en marcha, deberán ser aprobados para áreas Clase I (a prueba de explosión), a menos que dichos contactos deslizantes, mecanismos de conmutación y dispositivos de resistencias estén dotados de cubiertas aprobadas para estos lugares.

a.6) Sistemas de señalización, alarmas, control remoto y comunicación.

Para usos en áreas Clase I, División 1, todos los aparatos y equipos de señalización, alarma, control remoto y comunicación, independientemente de su tensión de operación, deberán ser aprobados para áreas Clase I.

En áreas clase I, División 2, los sistemas de señalización, alarma, control a distancia y comunicación, tales como

interruptores, disyuntores, contactores, botones pulsadores, contactos para abrir y cerrar circuitos de control, de relevadores, de timbres o de sirenas de alarma, tendrán cubiertas aprobadas para áreas Clase I, o en el caso de que los contactos interruptores de la corriente estén sumergidos en aceite o encerrados en cámaras herméticas a la entrada de gases o vapores peligrosos, se podrán utilizar cubiertas para uso general.

### III.B.2.- EQUIPO PARA AREAS CLASE II.

#### b.1) Transformadores y condensadores.

En áreas Clase II, Divisiones 1 y 2, los transformadores deberán cumplir con lo descrito en a.1, pero si los transformadores o condensadores a instalar no contienen un líquido que arda, estarán instalados en cámaras de las características mencionadas con anterioridad, o podrán instalarse en cámaras para usos generales si están aprobados como un conjunto completo, incluyendo las conexiones terminales, para áreas de la Clase II (a prueba de polvos explosivos).

- En los lugares donde puedan estar presentes polvos procedentes de la producción de magnesio, aluminio, bronce, u otros metales de características igualmente peligrosas, no se instalará ningún transformador ni condensador.

- En áreas de la División 2, los transformadores de más de 25 kva que contengan askarel estarán provistos de extractores de aire, que comunicarán con una chimenea que expulse del edificio los gases peligrosos, o estarán provistos de medios que absorban

todos los gases generados por los arcos eléctricos que pudieran producirse en su interior.

- Los transformadores secos se instalarán en cámaras como las descritas anteriormente, o podrán ser instalados en locales de usos generales si sus devanados y conexiones están encerrados en compartimientos metálicos fijos, sin ventanillas ni aberturas de otro tipo, y si trabajan a tensiones menores de 600 v.

b.2) Interruptores, disyuntores, arrancadores y fusibles.

Cuando se instalen en áreas de la Clase II, División 1, interruptores, disyuntores, arrancadores o fusibles, incluyendo estaciones de botones, relevadores y otros equipos análogos, que deban interrumpir corriente en condiciones normales de funcionamiento, estos estarán provistos de cubiertas a prueba de ignición de polvos, que junto con los dispositivos encerrados, en todos los casos deberán ser aprobados como un conjunto completo para áreas Clase II.

En lugares en donde pueda estar presente polvo procedente de la producción de magnesio, aluminio o bronce, los interruptores, disyuntores, arrancadores y fusibles, tendrán cubiertas especialmente aprobadas para dichos lugares.

En áreas Clase II, División 2, las cubiertas para fusibles, interruptores, disyuntores y arrancadores, incluyendo dispositivos similares, estarán diseñadas para reducir al mínimo la acumulación de polvo; estarán provistas con tapas de ajuste preciso, o con otro medio eficaz para evitar el escape de



chispas o de material incandescente, y no tendrán aberturas, tales como agujeros para tornillos, a través de los cuales, después de instalados los dispositivos, puedan salir chispas o material incandescente que pueda encender acumulaciones de polvo o de material combustible adyacente.

b.3) Equipo de control.

Los transformadores, válvulas solenoides, resistencias, conmutadores, y otros equipos que se utilicen como equipo de control o como parte del equipo de control para motores, generadores, compresores y de otros mecanismos, cuando estén localizados en áreas de la Clase II, Divisiones 1 ó 2, deberán proveerse de cubiertas a prueba de ignición de polvos. No deberá instalarse ningún equipo de control en lugares en que pueda haber polvo procedente de la fabricación de magnesio, aluminio o bronce, u otros metales de características igualmente peligrosas a menos que sea dotado de cubiertas específicamente aprobadas para dichos lugares.

b.4) Motores y generadores.

En áreas Clase II, División 1, los motores, generadores, condensadores sincrónicos y demás maquinaria eléctrica rotatoria, serán totalmente cerrados y sin ventilación, totalmente cerrados y con ventilación forzada, o totalmente cerrados y ventilados por ventilador, y en todos los casos estarán aprobados como a prueba de ignición de polvos para áreas Clase II.

No se instalarán motores, generadores u otra maquinaria eléctrica rotatoria en lugares en que pueda haber polvo

procedente de la fabricación de magnesio, aluminio, bronce u otros metales de características igualmente peligrosas, a menos que las máquinas estén totalmente cerradas y refrigeradas por ventilador, y aprobadas específicamente para tales lugares.

En áreas Clase II, División 2, los motores, generadores y demás maquinaria eléctrica rotatoria, estarán cerrados totalmente y sin ventilación, cerrados totalmente y con ventilación forzada, o totalmente cerrados y refrigerados con ventilador, excepto en los lugares en donde no existan acumulaciones considerables de polvo, que no sea conductor ni abrasivo, y lugares donde el equipo sea fácilmente accesible para la limpieza rutinaria y puedan instalarse motores textiles de rotor en jaula de ardilla que se limpian automáticamente, máquinas del tipo abierto estándar sin contactos deslizantes, mecanismos de conmutación del tipo centrífugo o de otro tipo, incluyendo los dispositivos contra sobrecarga del motor, o máquinas del tipo abierto estándar que tengan contactos, mecanismos de conmutación o dispositivos a base de resistencias encerrados en alojamientos metálicos sin ventilación ni otras aberturas. En estos lugares no se instalarán motores, generadores, ni ninguna otra maquinaria eléctrica rotatoria del tipo protegido o a prueba de salpicaduras.

b.5) Sistemas de señalización, alarma, control remoto e intercomunicación.

En áreas Clase II, División 1, los interruptores,

relevadores, contactores y fusibles que interrumpan corriente, y los contactos interruptores para timbres, bocinas de alarma, sirenas, señales luminosas y otros dispositivos en los que puedan producirse chispas o arcos, estarán dotados de cubiertas aprobadas para Areas Clase II, o podrán ser cubiertas para uso general en el caso de que los contactos o elementos de desconexión de los dispositivos mencionados se encuentren sumergidos en aceite, o que la interrupción de la corriente se produzca en el interior de una cámara hermética a la entrada de polvos.

Las resistencias, transformadores de medición y control, bobinas, rectificadores, válvulas termoiónicas y otros equipos o dispositivos que puedan transportar corrientes considerables, o que puedan generar calor, estarán dotados de cubiertas aprobadas para Areas Clase II.

En Areas Clase II, División 2, los dispositivos interruptores de corriente o contactos de control, tendrán cubiertas diseñadas para reducir al mínimo posible la entrada y la acumulación de polvos, tendrán tapas de ajuste hermético y no tendrán aberturas a través de las cuales puedan salir, después de instaladas, chispas o material incandescente.

Los transformadores de medición y control, así como las conexiones terminales de transformadores, y otros equipos análogos deberán estar provistos de cubiertas metálicas apropiadas y sin aberturas de ventilación.

Los reostatos, dispositivos a base de resistencias, válvulas

eléctricas y rectificadores, podrán tener cubiertas del tipo para uso general cuando su temperatura máxima de operación no supere los 120°C (248°F), en caso contrario las cubiertas deberán ser aprobadas para Áreas Clase II.

### III.B.3.- EQUIPO PARA AREAS CLASE III.

Normalmente el equipo eléctrico instalado en este tipo de áreas, funciona a plena carga sin que llegen a desarrollarse temperaturas superficiales suficientemente elevadas como para ocasionar una deshidratación excesiva o la carbonización de las fibras o cuerpos volátiles acumulados. El material orgánico carbonizado o demasiado seco, es muy susceptible de ignición espontánea al contacto con una fuente de calor. En general, las temperaturas superficiales máximas de los equipos en las condiciones reales de trabajo no superan los 120°C (248°F) para equipos no sujetos a sobrecarga, y los 165°C (329°F) para equipos tales como motores, transformadores de potencia, etc., que pueden ser sobrecargados.

#### c.1) Transformadores y condensadores.

En áreas Clase III, Divisiones 1 y 2, si los transformadores o condensadores contienen un líquido flamable, deberán instalarse en locales ventilados al aire exterior; estos locales estarán contruidos con materiales resistentes al fuego y con resistencia estructural adecuada para las condiciones de empleo. El piso de estos locales será de hormigón, con un espesor mínimo de 10 cm. Se construirá un umbral de puerta con suficiente

altura como para contener dentro del local el volumen de liquido del transformador más grande que se localice ahí, se recomienda que en los lugares en que se instalen transformadores de capacidad mayor a 100 kva, se construya un drenaje que pueda desalojar cualquier acumulación de liquido que pueda llegar a producirse.

La ventilación de locales que alojen transformadores o condensadores deberán estar ventilados apropiadamente para evitar temperaturas excesivas en estos equipos. Las aberturas de ventilación estarán cubiertas con rejas o persianas, que deberán ser apropiadas para evitar al máximo la entrada de fibras al local. Es recomendable que estos locales se sitúen en lugares lo suficientemente alejados de las zonas en donde existan concentraciones considerables de fibras o polvos orgánicos.

Si los transformadores o condensadores a instalar no contienen un liquido que arda, estarán instalados en cámaras de las características ya mencionadas, o podrán instalarse en locales para usos generales si están aprobados como un conjunto completo para áreas Clase III (a prueba de fibras y polvos orgánicos).

#### c.2) Interruptores, disyuntores, fusibles y arrancadores.

En Areas Clase III, Divisiones 1 y 2, los interruptores, disyuntores, fusibles y arrancadores para motores, incluyendo estaciones de botones, relevadores asociados y equipo análogo, estarán dotados de cubiertas metálicas de cierre hermético,

diseñadas para reducir al mínimo la entrada de fibras y cuerpos volátiles. Las envolventes estarán equipadas con tapas de ajuste hermético, planas o roscadas, y serán adecuadas para evitar que de ellas salgan chispas o material incandescente después de su instalación, para lo cual no deberán tener ninguna abertura, tales como agujeros para tornillos.

c.3) Resistencias y transformadores de control.

Quando sean instalados en Áreas Clase III, Divisiones 1 y 2, los transformadores de control, resistencias, bobinas y otros dispositivos similares usados como equipo de control de motores, generadores y otras máquinas, o asociados a dicho equipo de control, tendrán cubiertas a prueba de ignición de polvo y material orgánico.

c.4) Motores y generadores.

En áreas Clase III, División 1, los motores, generadores y demás maquinaria eléctrica rotatoria, serán del tipo totalmente cerrados y no ventilados, totalmente cerrados y ventilados por tubería, o totalmente cerrados con ventilador.

Se puede hacer una excepción en los lugares en donde tan solo sean probables acumulaciones moderadas de pelusa y de cuerpos volátiles en el interior o sobre la envolvente de la máquina rotatoria, y donde dicha máquina sea accesible para el mantenimiento y limpieza corrientes, en cuyos casos pueden utilizarse motores textiles de autolimpieza del tipo de rotor en jaula de ardilla, máquinas estándar de tipo abierto sin contactos deslizantes, mecanismos de conmutación centrifugos o de otros tipos, o máquinas estándar de tipo abierto que tengan dichos contactos, mecanismos de conmutación o dispositivos de resistencias en alojamientos metálicos herméticos sin aberturas de ventilación o de otros tipos.

En Areas de la Clase III, División 2, los motores, generadores y demás maquinaria eléctrica rotatoria, serán de los tipos totalmente cerrados no ventilados, totalmente cerrados y ventilados por tubería, o totalmente cerrados con ventilador.

No deberán instalarse motores, generadores y demás maquinaria eléctrica rotatoria del tipo protegido a prueba de salpicaduras en áreas Clase III, Divisiones 1 y 2.

c.5) Sistemas de señalización, alarmas, control remoto e intercomunicación.

Los contactos interruptores para timbres, bocinas de alarma, sirenas, luces indicadoras, interruptores, relevadores y otros dispositivos de control, señalización, alarma o intercomunicación, en los cuales puedan producirse chispas o

arcos, deberán estar alojados en envolventes aprobadas para áreas Clase III, cuando dichos dispositivos sean instalados en áreas de esta Clase, Divisiones 1 y 2. Las cubiertas podrán ser para uso general en el caso de que los contactos o elementos de desconexión de los dispositivos mencionados se encuentren sumergidos en aceite, o en el caso de que la interrupción de la corriente se produzca en el interior de una cámara hermética a la entrada de fibras y otros polvos volátiles.

Cualquier dispositivo de los sistemas de señalización, alarmas, control remoto e intercomunicación que pueda transportar cantidades considerables de corriente o que sea generador de calor, deberá estar provisto de una envolvente aprobada para lugares de la Clase III.

c.6) Grúas, polipastos y equipo similar.

Cuando se instalen grúas, polipastos, malacates viajeros u otros equipos similares en áreas de la Clase III, Divisiones 1 ó 2, y que tengan que operar sobre fibras combustibles o acumulaciones de viruta, se deberán observar los siguientes puntos:

- La alimentación de energía a los conductores de contacto estará aislada de todos los demás sistemas y no estará conectada a tierra; estará equipada con un indicador de falla a tierra adecuado que mande una señal de alarma y automáticamente desconecte la tensión de los conductores de contacto, en caso de una falla a tierra; o bien, que mande una señal de alarma



audible, y que mantenga la alarma operando mientras persiste la falla a tierra y se tenga energía en el sistema.

- Los conductores de contacto estarán localizados o protegidos de tal manera que no sean accesibles a personas no idóneas, y estarán protegidos contra contacto accidental de objetos extraños y contra daños mecánicos.

- Los colectores de corriente estarán dispuestos o protegidos de tal manera que la producción normal de chispas quede confinada, evitándose el escape de chispas o partículas calientes. Para evitar el chisporroteo, se contará con dos o más superficies de contacto por cada conductor en contacto. Se dispondrá de un medio adecuado para mantener los conductores y colectores de corriente libres de acumulaciones de pelusa, fibras o partículas orgánicas sueltas.

Se recomienda que, en donde lo permita la distancia de recorrido, la corriente que va a la grúa se suministre a través de un cable flexible aprobado para uso extrarruido, y que esté equipado con un tipo aprobado de carrete o dispositivo colector.

#### III.B.4.- ASPECTOS ECONOMICOS.

Siempre que se presenten varias opciones para la selección de equipo eléctrico, deberá efectuarse un cuidadoso análisis técnico-económico en el cual se consideren todos los factores y requerimientos necesarios para el funcionamiento eficiente del sistema de energía eléctrica, y particularmente, la economía de su instalación, operación y mantenimiento.

Para comenzar, deberá elaborarse una tabla comparativa en la que se indiquen, por una parte, los requerimientos más importantes que deba satisfacer el equipo que haya de ser seleccionado, y por otra parte, las características que ofrecen cada una de las variantes que se tengan disponibles, así como sus desviaciones de lo especificado por la ingeniería de proyecto.

La condición fundamental para la selección de un determinado tipo de equipo, será el cumplimiento con los requerimientos establecidos por el proyecto, requerimientos que son necesarios e indispensables para el eficaz funcionamiento de todo el sistema eléctrico.

Frecuentemente se presenta la situación de que se dispone de dos o más opciones para la selección de equipo, y que cumplen todas con las condiciones solicitadas. En este caso, la selección de la variante más efectiva se hace comparando las características económicas de cada una de las variantes, tomando en cuenta los factores que influyen en este aspecto, como :

- Costo inicial.- Es la inversión que se hace por la compra del equipo. En este punto se deben incluir los gastos por fletes y embarques cuando no sean cubiertos por el proveedor.
- Costo de refacciones.- Es necesario considerar las refacciones o los accesorios intercambiables que sean necesarios, cuando menos para un período de un año de operación.
- Costo de instalación.- Es el costo que representa la instalación y prueba del equipo, hasta quedar listo para su

operación.

- Costos de operación, mantenimiento y por demoras.- Estos costos varían de acuerdo al tipo de equipo que se considere; por ejemplo, son mayores en equipo dinámico que en equipo estático, y dependen de varios factores, como tipo de instalación, demanda de operación, parámetros del equipo, paros programados o eventuales por servicio o fallas en el equipo, condiciones ambientales, etc.

- Costos por pérdida de energía.- En este tipo de costos se incluyen los gastos de la energía que consume el equipo por unidad de tiempo, estos gastos pueden variar con las características del equipo en cuestión, por ejemplo, con el factor de potencia.

Una vez realizada la comparación de los factores, y después de efectuada una evaluación de los costos, se tomará como la alternativa más económica la que presente y requiera los gastos anuales totales mínimos.

### III.C.- SISTEMAS PRESURIZADOS.

Los sistemas a presión se emplean como un método para permitir la operación segura del equipo eléctrico en áreas donde existan condiciones de gran peligrosidad, principalmente en las Clase I, Divisiones 1 y 2, y en donde no se tiene disponible, comercialmente, equipo adecuado para tales lugares, como pueden ser algunos tableros de distribución, transformadores y grandes motores que no puedan obtenerse en diseños aprobados para áreas

Clase I. Existen dos formas de utilizar los sistemas a presión:

- La aplicación continua de aire limpio o algún gas inerte a las envolventes o blindajes en los que se aloje el equipo, o sea, el uso de equipo con presión positiva.
- La presurización de los locales en donde se encuentre el equipo eléctrico, que de esta manera puede ser equipo para uso general.

### III.C.1.-EQUIPO CON PRESION POSITIVA.

Básicamente consiste en la inyección continua de aire limpio o de gas inerte a la envolvente que aloja el equipo eléctrico. El uso de este tipo de sistema tiene como objetivo impedir la entrada de cualquier gas o vapor con características peligrosas, lograndose manteniendo una presión positiva y sin interrupción en la envolvente de los equipos.

El NEC indica que en algunos casos el grado de peligrosidad puede ser reducido, o las áreas peligrosas pueden ser limitadas por medio de una ventilación adecuada con presión positiva de una fuente de aire limpio, en combinación con los elementos necesarios que aseguren una protección efectiva en contra de fallas en el sistema de ventilación.

Los equipos a presión requieren de lo siguiente:

- Una fuente de aire limpio.
  - Un compresor para mantener la presión necesaria en el sistema.
- La magnitud de la presión del sistema es un valor que no está estandarizado, sin embargo, generalmente es aceptado como

valor mínimo 2.5 mm. columna de agua.

- Válvulas de control para evitar que se aplique la energía antes de que las envolventes sean purificados o purgados, y para quitar la energía del sistema en el caso de que la presión disminuya hasta valores menores del mínimo establecido.

Además de lo anterior, se requieren interconexiones o seguros en las puertas o tapas, para evitar el acceso al equipo mientras los circuitos tengan energía. Se puede apreciar que todos estos accesorios pueden representar gastos considerables.

La Instrument Society of America (I.S.A) recomienda el uso de los sistemas presurizados, y en algunas de sus publicaciones sugiere procedimientos seguros y económicos para instalar instrumentos eléctricos en atmósferas peligrosas. Básicamente la técnica para reducir la clasificación de peligrosidad, consiste en la adición constante de aire o gas inerte a una envolvente para usos generales.

Las llamadas "purgas", son las adiciones de aire o gas inerte dentro de una envolvente alrededor del equipo eléctrico, con una presión y flujo suficiente para eliminar o evacuar cualquier gas o vapor peligroso, y para evitar su regreso a la envolvente. Las purgas se clasifican, de acuerdo a la I.S.A., en los siguientes grupos:

Purga tipo X.-Que comprende los requisitos necesarios para reducir la clasificación del área dentro de un blindaje, de la División I, a una área no peligrosa (peligrosa a no peligrosa).

Purga tipo Y.- Que comprende los requisitos necesarios para cambiar la clasificación del área dentro de un blindaje, de la División 1, a la División 2 (peligrosa a normalmente no peligrosa).

Purga tipo Z.- Que comprende los requisitos para reducir la clasificación dentro de una envolvente, de la División 2 (normalmente no peligrosa), a no peligrosa.

Los blindajes a presión también llegan a usarse porque, el aire seco y limpio dentro de las cajas, previene contra daños y fallas en el equipo debidos a la humedad o corrosividad de la atmósfera circundante.

Usar equipo a presión tiene algunas desventajas; su complejidad, pues debido a la gran variedad de equipos que pueden ser alojados, la mayor parte de las instalaciones tendrían que ser estudiadas y diseñadas individualmente. Por otra parte se tiene la necesidad de contar con personal especializado para el diseño, construcción y mantenimiento de tales instalaciones.

### III.C.2.- PRESURIZACION DE LOCALES.

Un método efectivo para reducir el grado de peligrosidad de determinado lugar, es la construcción de locales que cuenten con un sistema de presurización, destinados a alojar el equipo eléctrico, que en este caso puede ser para usos generales.

Se optará por este tipo de instalación si se determina que económica y técnicamente es mejor solución que el uso de equipo

presurizado y equipo a prueba de explosión, tomando en cuenta los gastos totales que representa, en cada una de las alternativas, el equipo, los accesorios adicionales, la instalación y el mantenimiento.

Los locales asignados para contener equipo eléctrico, como por ejemplo, cuartos de arrancadores y de control de motores, salas de control, casas de bombas, etc., y que se encuentren total o parcialmente dentro de los límites de una atmósfera peligrosa, deberán estar previstos de un sistema de aire acondicionado apropiado que permita que el equipo que ahí se aloje sea del tipo para uso general.

Un sistema de presurización para un local requiere básicamente de los componentes mencionados para los equipos a presión, aunque con algunas particularidades.

Con el fin de mantener una presión constante de 5mm columna de agua dentro del local, o la presión que se requiera de acuerdo con el tipo de equipo y área, se recomienda el uso de dos ventiladores del tipo centrífugo, de una sola entrada, con capacidad para desalojar  $100 \text{ m}^3$  por minuto cada uno, adecuados para trabajar contra la presión estática que exista en el local. El valor de la presión estática de un local está en función de sus dimensiones y de la forma en que se expulse el aire hacia el exterior. Un valor promedio de esta presión para locales comunes es de 18 mm. columna de agua. Cada ventilador estará acoplado por un medio mecánico a un motor eléctrico de capacidad apropiada, de acuerdo a las condiciones de servicio y a las

características de los ventiladores. Generalmente se usan para estos casos motores de inducción trifásicos, tipo jaula de ardilla, con un rango entre 0.5 y 2 H.P., con carcasa para uso intemperie o totalmente cerrados, y se conectan normalmente a 220 ó a 440 volts.

El objeto de utilizar dos ventiladores con sus respectivos motores, es el de asegurar el funcionamiento sin interrupciones del sistema de aire a presión, de tal manera que cuando falle uno de los motores, inmediatamente entre en operación el otro y no se pierda la continuidad del servicio, para lo cual, una vez conectados los motores a sus respectivos arrancadores, se utilizarán dos compuertas motorizadas, una normalmente abierta y otra normalmente cerrada, conectadas a las bocinas de cada uno de los arrancadores, para efectuar la transferencia automática de la inyección de aire, en caso de falla de uno de los motores. Además se contará con un interruptor de veleta, colocado en el ducto principal de suministro de aire, para que en el caso de ausencia de flujo por la rotura de una banda o una polea del ventilador, se detecte la falla por medio de una señal a una alarma sonora y visual.

Para efectuar la unión de los ductos de inyección y succión con los ventiladores, se deberán utilizar conexiones flexibles a base de lona tramada con hule, fijada con tornillos para lámina, el espesor de la lona deberá ser de 3.18 mm.

Con el propósito de contar con una distribución adecuada y uniforme de aire, se deberán construir ductos a base de lámina



lisa, hasta llegar a rejillas uniformemente distribuidas en el techo y/o paredes del local de que se trate, según las necesidades particulares del caso.

La succión del aire se hará por medio de un ducto, que deberá instalarse a una altura mínima de 8 m. sobre el nivel del piso terminado, para evitar la entrada de gases o vapores.

Las rejillas de inyección y difusión del aire deberán ser de aluminio estruado, y estar provistas de una compuerta con operación manual para el control del volumen de aire.

Para soportar los ductos del sistema de presurización, se utilizarán soportes contruidos de la misma lámina que la utilizada para la fabricación de ductos, fijados a la construcción por medio de anclas apropiadas; los soportes serán más robustos si el peso de los ductos así lo requiere. Se usará fierro canal o fierro ángulo para el último tipo de soportes.

Para la expulsión del aire de los locales presurizados, se deberán utilizar rejillas del tipo persianas de gravedad, fabricadas con aluminio estruado ligero, las cuales se instalarán en la parte baja de los muros, preferentemente, con el fin de obtener una circulación de aire conveniente dentro del local. Este tipo de rejillas se mantienen abiertas durante la operación normal del sistema de aire a presión, y se cierran cuando se interrumpe la circulación del aire a través de ellas, debido a la fuerza gravitacional y a su baja inercia.

### III.D.- SISTEMAS DE CONEXION A TIERRA.

La instalación de los sistemas de conexión a tierra en áreas peligrosas, tienen como finalidad el lograr la protección de personas, equipos, aparatos y de toda la instalación en general, contra descargas atmosféricas, cargas estáticas o choques eléctricos, producidos por diferencias de potencial, que pueden ser originados por el contacto de conductores "vivos" con partes metálicas, o bien, por el paso de las corrientes de falla. Se considerará que un equipo está satisfactoriamente conectado a tierra cuando la estructura metálica sobre la cual está soportado esté conectada al sistema de tierras. El sistema de tubería conduit se considera aterrizado a través del equipo al que se conecta.

#### III.D.1.- SISTEMA DE TIERRAS.

El sistema de tierras consistirá de un anillo (circuito cerrado) de cable de cobre desnudo semiduro y trenzado que generalmente rodea a cada uno de los edificios, áreas de proceso exteriores y subestaciones, el cual estará conectado a tierras artificiales. Todos estos anillos deberán interconectarse formando una malla ininterrumpida, para que cualquier carga tenga por lo menos dos trayectorias a tierra.

Las tierras artificiales consistirán de varillas copperweld de 3m. de longitud y 19mm. de diámetro. El número de varillas se determinará mediante cálculos, considerando la resistividad del terreno y que todas las conexiones a tierra deberán tener una

resistencia igual o menor a 25 ohms; si debido a la resistividad del terreno no se logra esto ultimo es necesario aplicar un tratamiento quimico al terreno.

El cable de los anillos debera ser calibre N° 2/0 AWG como minimo y las derivaciones calibre N° 6 AWG como minimo, cuando vayan enterradas directamente en el piso. El cable de tierra ira enterrado aproximadamente a 50 cm. bajo el nivel del piso.

#### III.D.2.- INSTALACION DEL SISTEMA DE TIERRAS.

El equipo que se encuentre alejado o aislado debera ser conectado a tierra mediante un sistema independiente, el cual no es necesario conectar a la malla general. El sistema de tierras debera diseÑarse de manera que permita pruebas periodicas.

En lugares en donde el cable de tierras este expuesto a daÑo mecánico, se protegera con tubo conduit y en areas corrosivas las partes expuestas con pintura epoxica.

Si la resistencia al ser medida sobrepasa el valor maximo especificado se debera instalar más varilla o aplicar un tratamiento quimico al terreno, si no se ha hecho.

Para conexiones, uniones y derivaciones de cable de tierras deberan usarse conexiones tipo soldable, excepto a equipo que regularmente se desconecta para mantenimiento. La conexión de este equipo debera hacerse con conectores tipo mecánico, atornillado a la superficie metálica. Las anclas y cubiertas de equipo no deberan usarse para soportar los cables de tierra.

Por seguridad, los equipos y elementos que se enlistan en

seguida, deben conectarse a tierra con cable de cobre suave desnudo, con el fin de evitar que en algún momento puedan quedar a un potencial diferente del de tierra y ser tocados por alguna persona: estructuras de edificios, estructuras de subestaciones a la intemperie, cercas metálicas de las subestaciones, recipientes metálicos, equipo industrial o de proceso, cubiertas metálicas que contengan o protejan equipo eléctrico, carcazas de motores o generadores de cualquier tamaño, estaciones de botones, ductos y charolas metálicas para cables, cubiertas de plomo, blindajes y flejes de armado de los cables y carcazas del equipo eléctrico portátil.

Para evitar la formación de cargas estáticas que puedan incrementarse y descargarse dando lugar a chispas, deben conectarse a tierra las bombas para suministro de combustibles, sobre cuyas mangueras se debe colocar en forma espiral un cable de conexión a tierra calibre N° 10 AWG, conectando a través de este cable tanto el maneral o boquilla como el cuerpo de la bomba.

El equipo mecánico en movimiento, tal como volantes, cadenas, bandas, etc., siempre que sea posible deberá conectarse a tierra, así como 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 20 m. con cable calibre N° 2 AWG. Debe haber continuidad eléctrica en los sistemas de canalizaciones metálicas y sus accesorios. Cuando se

instalen cajas metálicas o tubos unidos con tuercas y contra tuercas, debe asegurarse la continuidad con puentes de unión.

Las llenaderas que cargan líquidos inflamables de la Clase I por el domo de los carros tanque o autos tanque, o las que cargan líquidos de las Clases II y III por el domo de carros tanque o autos tanque que hayan contenido de la Clase I en cargas anteriores, deberán contar con un sistema de protección que conecte a tierra todas las partes de la instalación susceptibles de generar o acumular electricidad estática. La protección consistirá de un conductor de cobre, que conecte permanentemente, a un pozo de tierra, la tubería de llenado y la estructura de la llenadera, con un extremo libre provisto de una grapa, para conectarlo al tanque del camión. Esta conexión deberá hacerse antes de abrir el domo del auto tanque o carro tanque y deberá permanecer hasta que terminen las operaciones de llenado y el domo se haya cerrado.

Se usará una barra de cobre de 6.5 mm. de espesor por 50 mm. de ancho, colocada convenientemente sobre pared o columna y a 15 cm. de altura sobre el piso para hacer en ella las conexiones de la red de tierra, mediante conectores soldables o mecánicos, con el objeto de poder tomar las mediciones requeridas para conocer la resistencia de distintas secciones de la red de tierra.

Se emplearán tramos de tubo galvanizado de 19 mm. de diámetro para proteger mecánicamente a los cables que pasen de enterrados a la parte exterior, para evitar que queden ahogados en la losa del piso. Los tubos tendrán una altura entre 10 y 20

cm. sobre el nivel del piso.

Se emplearán tramos de tubo de concreto o arcilla vitrificada de 20 cm. de diámetro por 45 cm. de longitud, con el lado de la campana hacia arriba y con tapa de concreto para hacer accesible la conexión de cada varilla a la red de tierra.

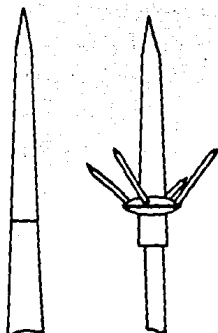
#### III.D.3.- SISTEMA DE PARARRAYOS.

El principio fundamental de la protección contra rayos es proporcionar un medio por el cual la descarga pueda entrar o salir de la tierra, sin pasar a través de partes no conductoras del edificio o estructura, para prevenir daños causados por el calor y las fuerzas mecánicas generadas por la descarga en partes no conductoras, en las partes metálicas estos efectos son despreciables. Al diseñar un sistema de pararrayos deberán analizarse los puntos o partes que con mayor probabilidad estarán sujetos a descargas, con el objeto de instalar puntas para recibirlas, proporcionándoles una trayectoria directa a tierra. Las puntas pararrayos deben colocarse con la suficiente altura sobre la estructura para evitar el peligro de fuego causado por arco.

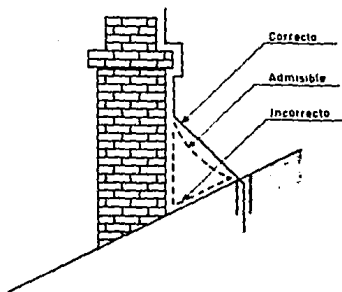
#### III.D.4.- INSTALACION DEL SISTEMA DE PARARRAYOS.

El NEC especifica que las varillas y conductores del sistema de pararrayos no serán empleados en sustitución de los electrodos del sistema general de tierras. Esto no significa la prohibición de entrelazar los electrodos de tierra de los

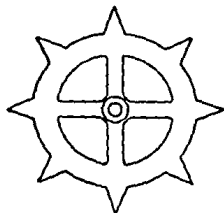
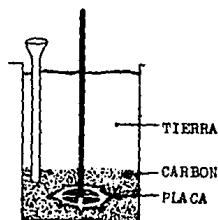
Figura 26.- Elementos del sistema de pararrayos.



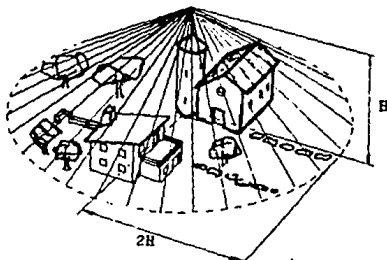
LANZA DEL PARARRAYOS



CONDUCTORES PARA PARARRAYOS



TOMAS DE TIERRA DE PARARRAYOS



Un pararrayos bien instalado y conectado a tierra, protege una zona incluida dentro de un cono de protección cuyo vértice está en la punta del pararrayos y que tiene por base un círculo de radio igual al doble de la altura del pararrayos.

diferentes sistemas requeridos en la planta, pues el mismo NEC recomienda esa interconexión para mantener los diferentes electrodos al mismo potencial. Es decir, que no existe ningún peligro por el hecho de que el equipo eléctrico que deba aterrizar se encuentre también conectado a los electrodos de tierra del sistema de pararrayos. Si en el área donde se localiza la estructura a proteger no existe red de tierras, el diseño del sistema de pararrayos incluirá la determinación del número y localización de electrodos de tierra.

Las puntas pararrayos se fijarán solidamente a su base o formarán parte de ella. El área transversal conductora de la base será al menos equivalente al área transversal de la punta. Serán equivalentes en peso y rigidez a un tubo de cobre de diámetro exterior de 5/8 pulg. y espesor de pared de 0.032 pulg. y serán de sección transversal tubular o sólida.

La altura de las puntas será como mínimo de 24 cm. sobre el objeto protegido. Una superficie plana posiblemente requiera más de 25 cm. de altura; en general, la altura dependerá del carácter y contorno del objeto a proteger.

Si alguna parte del sistema de pararrayos está expuesta a la acción directa de gases corrosivos, se protegerá dependiendo de la naturaleza de dichos gases corrosivos. En el caso de gases provenientes de chimeneas, la capa de pintura anticorrosiva se extenderá al menos 60 cm. abajo de la parte superior de la chimenea.

Si alguna parte del sistema esta expuesta a daño mecánico,



debera protegerse preferentemente con moldes o tubos no metalicos, tal como madera o tubo de PVC; si por alguna causa no es posible esto y se emplea tubo metalico, el conductor sera conectado a la tuberia en ambos extremos.

En general, las puntas de pararrayos se colocaran en todas las partes que sean probables puntos de recepcion y se colocaran a intervalos no mayores de 7.5 m., considerando una altura comercial de 40 cm. Si existen partes que sobresalen y elevaciones en el techo de un edificio, se localizaran en ellas las puntas con la misma distancia maxima de 7.5 m., en estos casos deberan proyectarse los conos de proteccion para eliminar las puntas del plano inferior que no sean necesarias, en cualquier caso, cada punta debera tener al menos dos trayectorias a tierra.

El borde del techo es la parte que tiene mayor probabilidad de recibir descargas en edificios de techo plano; si este es ademäs de gran extension, es conveniente colocar puntas adicionales inferiores, de tal forma que no existan mäs de 15 m. entre dos adyacentes; en tal caso, los conductores adicionales proporcionaran al menos dos trayectorias a tierra cada punta.

Los conductores se llevaran sobre los techos y hacia abajo por las esquinas y los lados, en tal forma que constituyan una red que encierre al edificio en el mayor grado posible y se conectaran de manera que formen un circuito cerrado.

Las puntas pararrayos localizadas en ventilas cubiertas o con caperuza que emiten polvos, gases o vapores explosivos se

extenderán no menos de 1.5 m. arriba de la abertura. Si los polvos, gases o vapores son emitidos por tiro forzado, las puntas se extenderán un mínimo de 4.5 m. arriba de la abertura de la ventanilla.

Deberán protegerse con el sistema de pararrayos las estructuras que contienen líquidos y gases inflamables contra descargas atmosféricas; particularmente las estructuras que contienen alcohol, bencol, petróleo, derivados del petróleo, aguarras y otros líquidos que producen mezclas explosivas de aire y vapor a temperaturas atmosféricas. Los conductores del sistema de pararrayos para estas estructuras serán seleccionadas en cuanto al material, forma y tamaño.

Los mástiles que soportan un hilo de guarda estarán separados de la estructura a proteger, como mínimo 2 m. para una estructura de 15 m. o menos de altura; por cada 3 m. más de altura de dicha estructura se aumentarán 30 cm. a la distancia mínima de separación.

Los tanques que contienen líquidos inflamables o gas de petróleo licuado, ambos bajo presión, no requieren protección contra descargas atmosféricas.



**CAPITULO IV**  
**SUBESTACIONES ELECTRICAS**

## IV.A.- DEFINICION.

Una subestacion electrica es un conjunto de dispositivos que nos permiten cambiar las características de la energia eléctrica en los sistemas electricos de potencia, o bien, conservarle dentro de ciertas características de voltaje, corriente, frecuencia, etc.

## IV.A.1.- CLASIFICACION.

Existen varias formas de clasificar a las subestaciones eléctricas, estas pueden ser:

Por su operacion: De corriente alterna y de corriente continua.

Por su servicio: Primarias (elevadoras, receptoras reductoras, de enlace o distribucion, de switcheo o de maniobra, convertidoras, rectificadoras).  
Secundarias (receptoras reductoras, receptoras elevadoras, distribuidoras, de enlace, convertidoras, rectificadoras).

Por su construcción: Tipo intemperie, tipo interior y tipo blindado.

## SUBESTACION ELEVADORA.

Este tipo de subestaciones se localizan cerca de las plantas generadoras de electricidad, con el propósito de cambiar los parámetros de la potencia suministrada por los generadores y así permitir la transmisión, en alta tensión, a través de las líneas. Cabe mencionar que los generadores comúnmente suministran la potencia entre 5 y 25 kv, y la transmisión,

dependiendo del volumen de energía y la distancia, se puede efectuar a 69, 85, 115, 138, 238 ó 400 kv.

#### SUBESTACION RECEPTORA PRIMARIA.

Son alimentadas directamente de las líneas de transmisión y se encargan de reducir la tensión a valores menores para proporcionar alimentación a los sistemas de subtransmisión o a las redes de distribución.

#### SUBESTACION RECEPTORA SECUNDARIA.

Este tipo de subestaciones por lo general son alimentadas de las redes de subtransmisión, y proveen la energía eléctrica a las redes de distribución a tensiones comprendidas entre 34.5 y 6.9 kv.

#### SUBESTACION TIPO INTEMPERIE.

Es el tipo convencional (o abierta) que se instalan generalmente en lugares expuestos a la intemperie, requieren de un diseño (en todos sus accesorios) que le permitan operar en condiciones atmosféricas adversas. Tienen una estructura en donde se colocan los equipos tipo intemperie, protegidos normalmente por una cerca metálica. La estructura puede ser de fierro galvanizado, madera o aluminio, esta última tiene mejor apariencia y mayor resistencia a la intemperie, pero es la más costosa; la de fierro galvanizado es un poco más económica, pero necesita mayor mantenimiento, por lo regular se utiliza pintura para evitar la oxidación al momento de fallar el galvanizado. La

de madera es la más económica, pero ha caído en desuso por su poca rigidez, mala apariencia y menor vida.

#### SUBESTACION TIPO COMPACTA.

En este tipo de subestaciones todos los accesorios, aparatos y máquinas se encuentran compactados y protegidos dentro de gabinetes metálicos, los cuales pueden ser tipo interior o tipo intemperie. Los de tipo interior generalmente se utilizan en el interior de fábricas, hospitales, auditorios, edificios y centros comerciales que disponen de poco espacio para este tipo de instalaciones.

Se recomienda que las partes integrantes de la estructura de una subestación se diseñen para atornillarse y no para que se solden, ya que de esta manera se facilita el montaje, cambio o adición de partes.

#### IV.A.2.- LOCALIZACION.

El lugar ideal para instalar una subestación es la más cercana posible al centro de cargas del sistema, esto generalmente no es aplicable, ya que también debe ser alojada inmediatamente a la colindancia por donde esté la acometida del servicio. Debe estar fuera de zonas que puedan contener gases o sustancias flammables que originen ATMOSFERAS PELIGROSAS y también fuera de zonas con riesgo de inundaciones.

Los lugares donde se instalen las subestaciones deben estar resguardadas con respecto a su acceso; si son del tipo interior, por medio de divisiones o muros, o bien, en locales especiales;

si son del tipo intemperie, por medio de cercas de tela de alambre o bardas, esto con el fin de evitar la entrada a personas no familiarizadas con el funcionamiento del equipo.

Los locales donde se instalen las subestaciones deben cumplir con ciertos requisitos, por ejemplo: Deben estar hechos (en lo posible) de materiales no combustibles, no deben utilizarse para una actividad ajena al funcionamiento, mantenimiento y operacion del equipo, no debe tener polvo o pelusas combustibles en cantidades peligrosas ni gases flamables o corrosivos, de preferencia deben estar secos, deben tener muy buena ventilación (ya sea natural o mecánica), el piso debe tener pendiente (mínima del 2.5%) hacia el drenaje, y este debe ser de 101mm de diámetro, debe tener base de concreto de 10 cm. de altura para montar el equipo, la puerta del local debe tener 2.50 m. de ancho libre mínimo y 3.00 m. de altura libre mínima, las hojas deberán abatir hacia afuera, si la subestación es subterránea deberá tener dispositivos que permitan el uso de poleas o plumas para elevar el transformador al nivel de la banqueta.

Las áreas (interiores o exteriores) donde este alojado el equipo eléctrico, deben tener medios de iluminación artificial con intensidades adecuadas para cada función específica, deben estar listos para utilizarse en cualquier momento y por el tiempo que sea necesario. Algunos niveles de iluminación recomendados para locales interiores son:

Al frente de tableros de control.....	300 luxes
Parte posterior de los tableros o áreas dentro de tableros duplex .....	60 luxes
Fupitres de distribución o de trabajo.....	300 luxes
Cuarto de baterías.....	200 luxes
Pasillos y escaleras (a nivel del piso).....	100 luxes
Alumbrado de emergencia.....	20 luxes

#### IV.B.- ELEMENTOS DE UNA SUBESTACION.

Como elementos principales de una subestación tenemos a: el equipo de medición, apartarrayos, cuchillas (desconectoras, de prueba y fusible), transformador, interruptor de potencia, restaurador, tableros duplex de control y condensadores. Como elementos secundarios se pueden mencionar: los cables de potencia y de control, su alumbrado, la estructura, herrajes, equipo contra incendio, equipo de filtrado de aceite, sistema de tierras, carrier, intercomunicación, trincheras, ductos, conducto, drenajes y cercas.

##### IV.B.1.- EQUIPO DE MEDICION.

Es el equipo instalado por la compañía que se encarga de suministrar el servicio de energía eléctrica.

##### IV.B.2.- APARTARRAYOS.

Es un dispositivo que se encuentra conectado permanentemente en el sistema, opera cuando se presenta una sobretensión de determinada magnitud, descargando la corriente a tierra y de



esta manera protege a las instalaciones contra sobretensiones de origen atmosférico (directas o indirectas) o de origen interno, debidas a maniobras de conexión o desconexión.

Se fabrican de varios tipos, los más empleados son el apartarrayos tipo autovalvular y el apartarrayos de resistencia variable, el primero consta de varias capas de explosores conectados en serie por medio de resistencias variables cuya función es dar una operación más sensible y precisa. Se emplea en los sistemas que trabajan con grandes tensiones por su gran seguridad de operación. El segundo funciona con dos explosores y se conecta en serie con una resistencia variable. Se emplea en tensiones medianas y tiene mucha aceptación en sistemas de distribución.

#### IV.B.3.- CUCHILLAS DESCONECTORAS.

También conocidas como cuchillas de paso o seccionadoras, sirven para desconectar físicamente a la subestación del sistema alimentador (acometida).

Pueden ser accionadas individualmente o en grupo y generalmente operan sin carga. En la actualidad se prefieren de operación en grupo, tanto en subestaciones compactas como en subestaciones tipo intemperie, ya que para su operación se elimina el uso de pertiga. La selección de las cuchillas se hace de acuerdo con la tensión de trabajo y la corriente en el lado de alta tensión y para servicio interior o intemperie.

Las cuchillas que operan con voltajes mayores de 161 kv son de fabricación especial, con aditamentos que reciben el nombre

de " cuernos de arqueo " y " conexión de puesta a tierra ".

Las cuchillas que permiten desconectar circuitos con carga (seccionadores) son casi siempre de operación vertical, con accesorios especiales para desconexión rápida, se fabrican para interrumpir corrientes hasta de 1000 amperes a tensiones no mayores de 34.5 k.v.

Los datos que se deben proporcionar para el pedido de las cuchillas desconectoras son, basicamente, los siguientes: tensión nominal de operación, corriente nominal, corriente de cortocircuito simétrica, corriente de cortocircuito asimétrica, tipo de montaje (vertical u horizontal) y forma de mando.

#### IV.B.4.- CUCHILLAS DE PRUEBA.

Lo componen seis cuchillas unipolares o dos juegos de cuchillas de operación en grupo. Uno de los juegos lo emplea la compañía suministradora para conectar su equipo de medición y el otro para conectar los transformadores y aparatos necesarios para verificar en un momento dado la exactitud de este equipo sin tener que interrumpir el servicio.

#### IV.B.5.- INTERRUPTOR DE POTENCIA.

Cuando un interruptor opera sin carga (corriente) recibe el nombre de "cuchilla desconectora", en cambio, cuando opera con carga (corriente nominal) o con corriente de cortocircuito (por alguna perturbación) recibe el nombre de "interruptor de potencia", el cual debe tener alguna de estas funciones:

- Proteger contra sobretensiones, bajos voltajes o fallas de

fase.

- Interrumpir un cortocircuito.
- Conexión o desconexión de la línea (o fuente de alimentación).
- Proteger contra sobrecargas.

Se fabrican, generalmente, de los siguientes tipos:

- 1.- De aceite ; a) Con gran volumen de aceite (monofásicos y trifásicos).  
b) Con pequeño volumen de aceite.  
c) Con gran volumen de aceite y con cámara de extinción.
- 2.- Neumático ; a) Interior (monofásico y trifásico).  
b) Exterior (monofásico y trifásico).
- 3.- De expansión ; a) Para tensiones medianas, 15 a 30 kv.

Los interruptores con gran volumen de aceite originan fuertes presiones internas, que en algunos casos pueden provocar explosiones. Este riesgo se disminuye mediante el uso de "camaras de extracción" para reducir las presiones a un menor volumen.

Debido al peligro de explosión e incendio que representan los interruptores en aceite, se fabrican los interruptores neumáticos, en los cuales la extinción del arco se efectúa por medio de un chorro de aire a presión. Otras ventajas de los interruptores neumáticos sobre los interruptores en aceite son:

- Interrumpe las corrientes de falla en menos ciclos (de 3 a 5).
- Reduce la posibilidad de reencebados de arco.
- Es más económico.

Los interruptores de expansión, al igual que los neumáticos, evitan las explosiones e incendios, ya que los contactos se encuentran dentro de una cámara de expansión. Antes de poner en

servicio los interruptores, se les deben efectuar algunas pruebas, que son las siguientes:

- Prueba de prestación.- Determina el valor de la corriente de apertura o de la corriente de cierre en algunos casos (corriente de falla).
- Prueba de sobrecarga.- Para comprobar si el interruptor soporta la corriente de sobrecarga establecida.
- Prueba de temperatura.- Para observar el comportamiento del interruptor con corrientes mayores a la nominal o con temperaturas elevadas.
- Prueba de aislamiento.- Con la cual se verifica el comportamiento del interruptor a la tensión nominal y se comprueba la calidad de los aislantes utilizados.
- Prueba mecánica.- Para comprobar si el interruptor es lo suficientemente fuerte de acuerdo con su capacidad de diseño (en MVA).
- Prueba de presión.- Para verificar la resistencia del tanque a las presiones internas generadas en una falla.
- Prueba de funcionamiento.- Comprueba la operación correcta de los dispositivos de control y mecánico y en especial la operación simultánea de los polos de desconexión.

Para la compra de interruptores de potencia se debe especificar: su función en la subestación (y si esta es tipo interior o intemperie), si es de accionamiento manual o automático, tensión normal de operación, corriente nominal, corriente de ruptura (en KA), capacidad de ruptura (en MVA) y capacidad de ruptura para S SRG, de duración de falla.

**IV.B.6.- CORTACIRCUITO FUSIBLE.**

Es un elemento de conexión y desconexión del circuito eléctrico, tiene dos funciones: como cuchilla desconectadora y como dispositivo de protección.

El elemento de protección lo constituye un fusible que se localiza dentro del cartucho de conexión y desconexión, y el cual se selecciona de acuerdo con el valor de corriente nominal que va a circular por él, se fabrican con el correspondiente valor de corriente de ruptura para cualquier valor de corriente nominal. Los elementos fusibles se fabrican de cobre aleado con estaño, de cobre electrolítico con aleación de plata, o en casos especiales se hacen de plata.

**IV.B.7.- TRANSFORMADOR.**

Es un dispositivo que transfiere la energía eléctrica de un circuito a otro (principio de inducción electromagnética), conservando la frecuencia constante, tiene circuitos eléctricos eslabonados magnéticamente y aislados eléctricamente, normalmente lo hace con un cambio de voltaje y corriente (aunque esto no es necesario). Los elementos que forman parte del transformador son: Tanque (o recipiente), aislantes, aislamiento, devanados, núcleo de circuito magnético, boquillas, ganchos de sujeción, válvula de carga de aceite, válvula de drenaje, tanque conservador, tubos radiadores, base para rolar, placa de tierra, placa de datos, termómetro, manómetro y taps (Cambiador de derivaciones).

Existen varias formas de conectar los transformadores, estas pueden ser:

- Delta-Delta.** - En transformadores trifásicos se usa para tensiones relativamente bajas, en sistemas de distribución se utiliza para alimentar cargas trifásicas a tres hilos.
- Delta-Estrella.** - Se usa en sistemas de transmisión en los que se requiere elevar los voltajes de generación, para sistemas de distribución permite tener 2 voltajes diferentes entre fase y neutro.

En transformadores monofásicos las conexiones se hacen para formar bancos trifásicos y se utilizan principalmente para :

- 1.- Circuitos de muy alto voltaje.
- 2.- Circuitos en los que se requiera continuidad en el servicio, normalmente se dispone de tres transformadores en operación y uno de reserva.

Las conexiones que se hacen son:

- Estrella-Estrella.** - Para tensiones muy elevadas (ya que reduce la cantidad de aislamiento) aunque tiene la desventaja de no presentar oposición a las armónicas impares. Puede conectarse a hilos de retorno.
- Estrella - Delta .-** Se emplea en los sistemas de transmisión de las subestaciones receptoras cuya función es reducir voltajes. En sistemas de distribución solo se emplea, en algunas ocasiones, para distribución rural a 20 kv.
- Delta abierta-Delta abierta.** - Se puede considerar como una conexión de emergencia en transformadores trifásicos, ya que si en un transformador se quema o sufre una avería cualquiera de sus fases, se puede seguir alimentando carga trifásica operando el transformador a dos

fases, pero su capacidad disminuye a un 59% aproximadamente.

Los transformadores cuyos primarios están conectados a una misma fuente y secundarios a una misma carga, están operando en paralelo. Los transformadores se conectan en paralelo cuando las capacidades de generación son muy elevadas y se requeriría un transformador demasiado grande, o para lograr un aumento en la capacidad de una instalación, así en lugar de comprar un transformador más grande, se instala en paralelo con el ya existente, lo cual resulta económicamente más conveniente.

Los requisitos para la operación de transformadores en paralelo son:

- Deben tener la misma relación de transformación.
- Desplazamiento angular nulo.
- Variación inversa de las impedancias respecto a las capacidades de los transformadores.
- Relaciones equivalentes de resistencias y reactancias.

#### IV.C.- SISTEMA DE TIERRAS EN SUBESTACIONES

El sistema de tierras es una malla que ayuda a establecer un potencial uniforme dentro y alrededor de la estructura de una planta o edificio. En el caso de las subestaciones, estas deben contar con un adecuado sistema de tierras.

##### IV.C.1.- FUNCIONES.

Las funciones principales de un sistema de tierras son:

- a) Proteger a las máquinas y aparatos de las sobretensiones, proporcionándoles un circuito de muy baja impedancia para

la circulación de corrientes de tierra, provocadas por una falla a tierra del sistema eléctrico o a la operación de un apartarrayos, fijando el nivel de potencial de todas las masas metálicas con respecto al suelo.

- b) Evitar que la circulación de dichas corrientes de tierra formen diferencias de potencial entre diversos puntos de la subestación, ya sea sobre el piso o respecto a partes metálicas puestas a tierra, que pueden resultar peligrosas para el personal.
- c) Dar mayor confiabilidad y continuidad al servicio eléctrico, eliminando mediante la operación de elementos adecuados, las fallas a tierra.

#### IV.C.2.- CLASIFICACION.

De acuerdo a su función se pueden clasificar de la siguiente manera:

- 1.- De protección.- Limitan el valor de la tensión con respecto a tierra a las partes del sistema eléctrico, que no deben mantenerse ni en tensión ni aisladas, por ejemplo : la carcasa de una máquina, herrajes, fierros de sostén de los aisladores, etc.
- 2.- De funcionamiento.- Conecta a tierra, por necesidad de funcionamiento, a determinados puntos del circuito eléctrico, por ejemplo: el neutro de transformadores y generadores, apartarrayos, aparatos para la conexión de



la tensión contra tierra, etc.

- 3.- De trabajo.- Son sistemas de tierras de protección provisionales, se utiliza para poner a tierra una parte de la instalación eléctrica normalmente en tensión, a los cuales debe llegar para llevar a cabo determinado trabajo o reparación.

#### IV.C.3.- COMPONENTES.

Los principales elementos del sistema de tierras son:

- a) Red o malla.- La forman conductores enterrados a una profundidad que varía de 0.5 a 1.0 metros, estos conductores son de cobre desnudo, solido o trenzado. Se usa el cobre por ser económico, buen conductor (térmico y eléctrico), y resistente a la corrosión. El conductor tiene dos tipos de aplicación:

- Como conductor de puesta a tierra, y se utiliza para conectar la estructura del equipo y las canalizaciones metálicas al sistema de tierras, se recomienda un calibre mínimo del 2 AWG ( $33.6 \text{ mm}^2$ ).
- Como conductor del sistema de tierras, que es el principal y se coloca alrededor de la planta, subestación, edificio, etc. Su diámetro es mayor al conductor de puesta a tierra, se recomienda un calibre mínimo de 4/0 awg ( $107.2 \text{ mm}^2$ ).

La malla se debe formar con un cable continuo en todo su perímetro exterior, de manera que encierre toda el área donde se

encuentra el equipo de la subestación, dentro del perímetro los cables se pueden colocar paralela o perpendicularmente formando rectángulos, por ejemplo, de 3 x 6 metros. Cuando sea posible, dichos cables deben colocarse a lo largo de las hileras de estructuras y/o equipo, para facilitar la conexión a los mismos.

b) Conectores.- Son los elementos que nos permiten unir a los conductores de la malla entre si, con los electrodos (varillas) y con los conductores derivados de estructuras y equipo. Los conectores pueden ser mecánicos, soldables o de presión.

- El conector mecánico generalmente lo forman dos piezas unidas por medio de tornillos, por lo que son fáciles de instalar y desconectar de la malla para realizar mediciones.

Pueden presentar problemas de corrosión, lo cual se evita dándole un tratamiento especial a la junta. En la medida de lo posible deben ser accesibles para su mantenimiento e inspección.

- El conector soldable es la conexión permanente, por lo que no se puede separar para hacer mediciones en el sistema de tierras, lo que obliga a utilizar conectores mecánicos en algunas partes de la malla para poder realizar dichas mediciones. Tiene la ventaja de eliminar la resistencia de contacto, permite usar calibres menores en los conductores debido a su máxima limitación de temperatura (450°C contra 250°C de los conectores mecánicos) y está libre, relativamente, de los efectos de la corrosión. También se

usan en áreas donde el conductor de tierra no va a ser separado de los equipos, debido al cambio o mantenimiento de los mismos. Con este tipo de conector se pueden realizar un gran número de conexiones ahorrando tiempo y dinero. NO SE DEBEN UTILIZAR EN PRESENCIA DE ATMOSFERAS EXPLOSIVAS.

- El conector de presión es el más económico y de mayor facilidad para instalar, pero tiene problemas de corrosión y de no poderse desconectar para realizar mediciones.

- c) Electrodo.- Son varillas de acero con cubierta de cobre o de cobre sólido, las cuales se introducen verticalmente en el terreno y se conectan a la malla para ponerla en contacto con las zonas más húmedas del subsuelo, esto con el fin de mantener a potencial de tierra los conectores unidos a ellos y así disipar en el terreno las corrientes que recoge.



**CASO PRACTICO**

Para satisfacer la demanda de gas doméstico (gas LP), hace tiempo se creó la planta denominada UNIGAS S.A., la cual utiliza equipo que permite el almacenamiento y envase de dicho gas. El área que ocupa tiene 75m de ancho por 250m de largo (18750 m<sup>2</sup>) y contempla: estacionamiento para automoviles del personal y visitas, cuarto de subestación, oficinas generales, comedor, caseta de vigilancia, entrada y salida de camiones, andén de llenado de tanques, cuarto de tableros, zona de llenado de carros tanque, zona de bombas, tanques de almacenamiento, zona de compresoras y caseta de bombas contra incendio. Para fines prácticos de ejemplificar lo referente al tema, sólo se analizarán las zonas que requieren, por su importancia, un estudio especial por tratarse de áreas peligrosas.

Como primer paso para la selección del equipo eléctrico a utilizar, se procede a clasificar las áreas del lugar en donde se realizarán las instalaciones. En este caso el producto que se maneja es gas L.P., que pertenece a la categoría de atmósferas con acetileno (grupo A), y en consecuencia a la Clase I. Como se encuentra dentro de recipientes cerrados y sólo puede representar peligro en caso de ruptura accidental u operación anormal del equipo, pertenece a la División 2. En la figura 27 se ilustra la clasificación de áreas, en donde se observan algunas que no son peligrosas, tales como: oficinas, comedor, estacionamiento, caseta y cuarto de bombas, las cuales no se analizarán por estar fuera del objetivo de este trabajo.

Figura 27.- Clasificación de áreas peligrosas de la planta envasadora de gas.

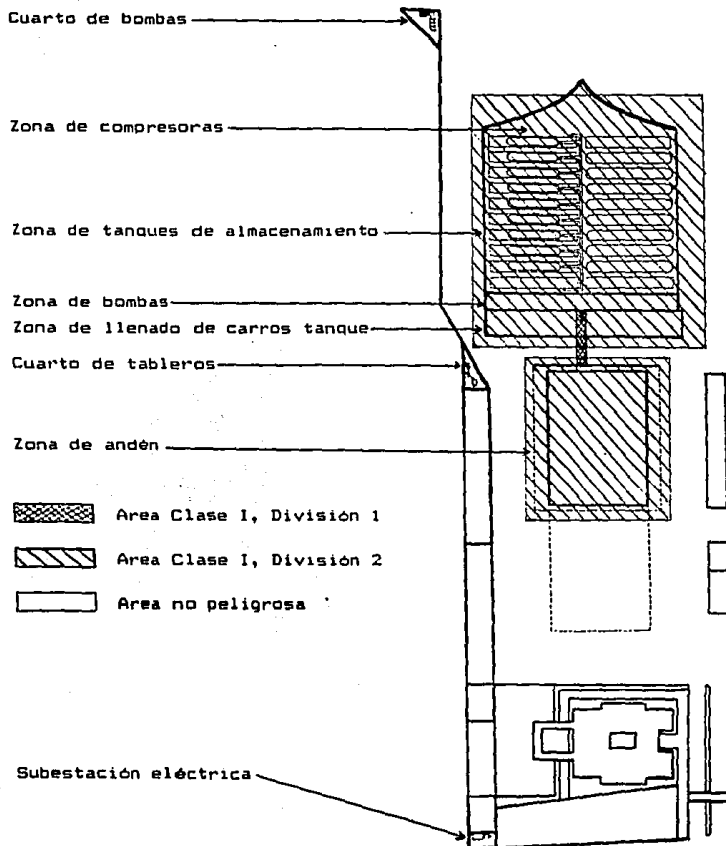


Figura 28.- Elevación zona de tanques de almacenamiento.

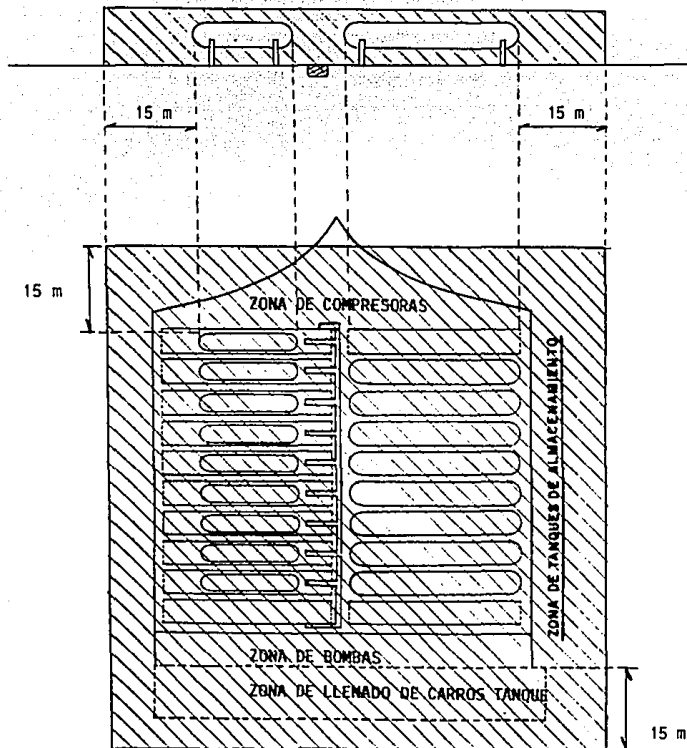
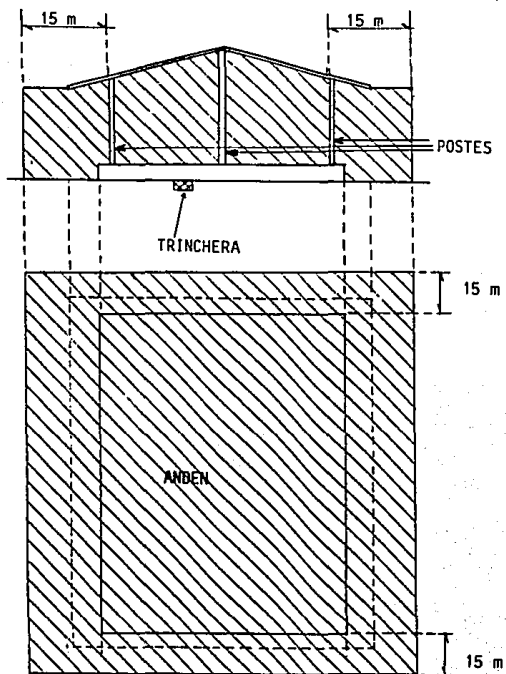


Figura 29.- Elevación zona de andén.





Para el desarrollo del proyecto, el primer problema es determinar la ubicación que debe tener la subestación, ya que se presentan dos opciones:

1.- Instalar la subestación a la entrada del predio. El centro de distribución y control quedarían a 100 m. de la subestación cerca del centro de carga, con la solución de colocar dicho centro de control en un local para tableros y con estaciones de control a prueba de explosión en cada motor.

2.- Instalar la subestación, centros de distribución y control lo más cercano al centro de carga. En esta otra alternativa todo el equipo debería ser a prueba de explosión y quedaría instalado a 120 m. de la acometida.

La segunda opción representa el problema de llevar el cable de alta tensión a lo largo de 120 m., atravesando áreas peligrosas, además de que presenta dificultad para la compañía suministradora al hacer sus visitas de inspección, toma de lecturas y pruebas de equipo de medición, en el aspecto económico el utilizar equipo adicional a prueba de explosión elevaría demasiado el costo.

La primera opción tiene la ventaja de que la subestación sería del tipo convencional, localizada en una área no peligrosa totalmente independiente de las áreas de trabajo, sin problemas para la compañía suministradora y con menor costo al utilizar

equipo para uso general y no a prueba de explosión, por lo que es la alternativa que se decide llevar a cabo.

#### A.- SISTEMA DE ALUMBRADO.

##### A.1.-CALCULO DE ALUMBRADO.

El calculo de la iluminación se hizo con el método de lumen considerando un alumbrado directo, ya que es el indicado para este tipo de industria, y para realizarlo se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$IC = \frac{\text{Area}}{\text{altura de montaje} \times (\text{largo} + \text{ancho})} \quad \text{---(1)}$$

$$NL = \frac{NI \times \text{Area}}{N^{\circ} \text{ de lámparas por luminaria} \times \text{lúmenes iniciales por lámpara} \times CU \times FM} \quad \text{---(2)}$$

En donde:

IC = Índice de cuarto

NL = Número de luminarias

NI = Nivel de iluminación (en luxes)

CU = Coeficiente de utilización

FM = Factor de mantenimiento

Para las relaciones del local se utilizaron los siguientes valores:

Indice del local	Valor	Punto central
J	menos de 0.70	0.60
I	0.70 a 0.90	0.80
H	0.90 a 1.12	1.00
G	1.12 a 1.38	1.25
F	1.38 a 1.75	1.50
E	1.75 a 2.25	2.00
D	2.25 a 2.75	2.50
C	2.75 a 3.50	3.00
B	3.50 a 4.50	4.00
A	más de 4.50	5.00

#### A.1.1.- Cálculo de alumbrado en la zona de andén.

Datos : Area Clase I División 2 Grupo A Largo (L) = 43.5m  
 Ancho (A) = 31.5 m Altura de montaje (AM) = 3.74m  
 Nivel de iluminación requerido (NI) = 200 luxes

Equipo : Se tienen varias alternativas, pero considerando que se requiere un servicio continuo, encendido instantáneo y que básicamente no se tienen variantes para la selección, se escoge el equipo que representa un costo menor : luminaria incandescente modelo EVA - 220 a prueba de explosión, con foco de 300 watts, 50 Hz., 5900 lúmenes por lámpara, con globo, guarda y reflector semiprofundo.

Cálculo : Sustituyendo datos en la ecuación (1):

$$IC = (43.5 \times 31.5) / 3.74 \times (43.5 + 31.5) = 4.88$$

Al consultar este valor en la tabla de relaciones del local se obtiene : IC = A. Con este dato vamos a las tablas proporcionadas por el fabricante donde se obtienen el CU (cuyos valores están tomados al 70%) y el FM medio (cuando existen condiciones atmosféricas menos limpias, la limpieza de las luminarias no es frecuente y sólo se sustituyen las lámparas cuando se funden). Por lo que: CU = 0.68 y FM = 0.65

Sustituyendo valores en la ecuación (2):

$$NL = 200 \times (43.5 \times 31.5) / (1 \times 5900 \times 0.68 \times 0.65)$$

$$NL = 105 \text{ luminarias}$$

Distribución: 12 hileras de 9 luminarias, que dan un total de 108 luminarias (ver plano IE-2).

A.1.2.- Cálculo de alumbrado en la zona de llenado de carros tanque.

Datos: L = 60m A = 11m NI = 200 luxes AM = 3.50m

equipo = idem al utilizado en A.1.1.

$$IC = (60 \times 11) / 3.50 \times (60 + 11) = 2.66$$

IC = D por lo que : CU = 0.62 y FM = 0.65

$$NL = 200 \times (60 \times 11) / (1 \times 5900 \times 0.62 \times 0.65)$$

$$NL = 56 \text{ luminarias}$$

Que se distribuyen en 3 hileras de 19 luminarias (57 en total).

## A.1.3.- Calculo de alumbrado en la zona de bombas.

Datos: L = 25m      A = 8m      NI = 200 luxes      AM = 3.50m

equipo = idem al utilizado en A.1.1.

$$IC = (25 \times 8) / 3.50 \times (25 + 8) = 1.73$$

IC = F por lo que: CU = 0.58 y FM = 0.65

$$NL = 200 \times (25 \times 8) / (1 \times 5900 \times 0.58 \times 0.65)$$

NL = 18 luminarias

Que se distribuyen en 2 hileras de 9 luminarias (18 en total).

## A.1.4.- Alumbrado en tanques de almacenamiento.

A cada uno de los tanques se le instaló una luminaria a prueba de explosión modelo EVA-220 con guarda y reflector semiprofundo EV-581 y foco de 200 watts.

Las luminarias se colocaron en el extremo del tanque en donde se tiene instalado el equipo de muestreo. Aún cuando esta iluminación es localizada, es suficiente para iluminar el pasillo que facilita el acceso a los operarios.

## A.1.5.- Calculo de alumbrado en la zona de compresoras.

Datos: L = 15m      A = 5m      NI = 200 luxes      AM = 3.5m

equipo = idem al utilizado en A.1.1.

$$IC = (15 \times 5) / 3.5 \times (15 + 5) = 1.07$$

IC = H por lo que: CU = 0.45 y FM = 0.65

$$NL = 200 \times (15 + 5) / (1 \times 5900 \times 0.45 \times 0.65)$$

NL = 8 luminarias

Que se distribuyen en 2 hileras de 4 luminarias (8 en total).

## A.1.6.- Cálculo de alumbrado en cuarto de tableros.

Datos: Área no peligrosa que tiene forma de triángulo cuya base es de 8m y su altura de 16m, por lo que:

$$\text{Área} = (b) \times (h) / 2 = (8) \times (16) / 2 = 64 \text{ m}^2$$

$$\text{NL} = 300 \text{ luxes} \qquad \qquad \qquad \text{AM} = 2.5\text{m}$$

equipo = luminaria fluorescente de 2 x 74 w, reactor doble de 2 x 74 w, 254 volts, 50/60 Hz y 6300 lúmenes por lámpara.

$$\text{IC} = 64 / (2.50 \times 12) = 2.1$$

IC = E por lo que: CU = 0.70 y FM = 0.65

$$\text{NL} = (300 \times 64) / (2 \times 6300 \times 0.70 \times 0.65)$$

$$\text{NL} = 3 \text{ luminarias}$$

## A.2.- DETERMINACION DE LOS CIRCUITOS DERIVADOS Y CALCULO DE CABLES DE ALIMENTACION.

De acuerdo con el RDIE debe tenerse presente que :

- La caída de tensión, desde la entrada del servicio hasta el último punto de la canalización, no debe ser mayor del 3% para cargas de alumbrado.
- Para circuitos derivados en sistemas de alumbrado se permite como carga máxima 3000 watts por circuito.

Para los cálculos se utilizó la siguiente fórmula:

$$S = \frac{4 L I}{\text{En } e\%} \quad (\text{Para circuitos monofásicos a 2 hilos})$$

En donde: S = sección transversal del conductor en  $\text{mm}^2$  ó cm.

L = longitud en metros.

I = corriente en amperes por conductor.

En = tensión entre fase y neutro.

e% = caída de tensión en %.

#### A.2.1.- Circuitos en la zona de andén.

La zona de andén se ha dividido en 12 circuitos, cada uno con 7 luminarias de 300 w., dando un total de 2700 w. por circuito, el control se realizará desde el tablero concentración de apagadores a prueba de explosión (ver plano IE-2). A su vez, la alimentación de esta zona se hace desde el cuarto de tableros como se muestra en el plano IE-1.

#### Cálculo de cables alimentadores:

##### Circuito N° 1

$L_1 = 76\text{m.}$      $P = 2700\text{ w.}$      $En = 254\text{ v.}$      $I = 10.6\text{ amp.}$      $e = 3\%$

$$S_1 = (4)(76)(10.6) / (3)(254) = 4.22\text{ mm}^2$$

Comercialmente no existe esta sección del cable conductor, por lo que se elige la sección inmediata superior que es de  $4.23\text{ mm}^2$  y que corresponde al conductor calibre 12 AWG.

NOTA; Para los circuitos del 2 al 12 sólo cambia la longitud, pero los demás datos son iguales.

##### Circuito N° 2

$$L_2 = 73\text{ m.} \Rightarrow S_2 = (4)(73)(10.6) / (3)(254) = 4.06\text{ mm}^2$$

se utiliza conductor calibre 12 AWG.

Circuito N° 3

$$L_3 = 70 \text{ m.} \Rightarrow S_3 = (4)(70)(10.6) / (3)(254) = 3.89 \text{ mm}^2.$$

se utiliza conductor calibre 12 AWG.

Circuito N° 4

$$L_4 = 67 \text{ m.} \Rightarrow S_4 = (4)(67)(10.6) / (3)(254) = 3.72 \text{ mm}^2.$$

se utiliza conductor calibre 12 AWG.

Circuito N° 5

$$L_5 = 64 \text{ m.} \Rightarrow S_5 = (4)(64)(10.6) / (3)(254) = 3.56 \text{ mm}^2.$$

se utiliza conductor calibre 12 AWG.

Circuito N° 6

$$L_6 = 61 \text{ m.} \Rightarrow S_6 = (4)(61)(10.6) / (3)(254) = 3.39 \text{ mm}^2.$$

se utiliza conductor calibre 12 AWG.

Circuito N° 7

$$L_7 = 58 \text{ m.} \Rightarrow S_7 = (4)(58)(10.6) / (3)(254) = 3.22 \text{ mm}^2.$$

se utiliza conductor calibre 12 AWG.

Circuito N° 8

$$L_8 = 55 \text{ m.} \Rightarrow S_8 = (4)(55)(10.6) / (3)(254) = 3.06 \text{ mm}^2.$$

se utiliza conductor calibre 12 AWG.



Circuito N° 9

$$L_9 = 55 \text{ m.} \Rightarrow S_9 = (4)(55)(10.6) / (3)(254) = 3.06 \text{ mm}^2.$$

se utiliza conductor calibre 12 AWG.

Circuito N° 10

$$L_{10} = 58 \text{ m.} \Rightarrow S_{10} = (4)(58)(10.6) / (3)(254) = 3.22 \text{ mm}^2.$$

se utiliza conductor calibre 12 AWG.

Circuito N° 11

$$L_{11} = 61 \text{ m.} \Rightarrow S_{11} = (4)(61)(10.6) / (3)(254) = 3.39 \text{ mm}^2.$$

se utiliza conductor calibre 12 AWG.

Circuito N° 12

$$L_{12} = 64 \text{ m.} \Rightarrow S_{12} = (4)(64)(10.6) / (3)(254) = 3.56 \text{ mm}^2.$$

se utiliza conductor calibre 12 AWG.

A.2.2.- Circuitos en la zona de llenado de carros tanque.

Esta zona se dividió en 6 circuitos de 8 luminarias de 300 w cada uno (2400 w. por circuito), y un circuito de 9 luminarias de 300 w. (2700 w.).

Calculo de cables alimentadores:

Circuito N° 13

$$L_{13} = 76 \text{ m.} \quad P = 2700 \text{ w.} \quad E_n = 254 \text{ v.} \quad I = 10.6 \text{ amp.} \quad e = 3\%$$

$$S_{13} = (4)(76)(10.6) / (3)(254) = 4.22 \text{ mm}^2.$$

se utiliza conductor calibre 12 AWG.

## Circuito N° 14

$$L_{14} = 63 \text{ m.} \quad P = 2400 \text{ w.} \quad E_n = 254 \text{ v.} \quad I = 9.44 \text{ amp.} \quad e = 3\%$$

$$S_{14} = (4)(63)(9.44) / (3)(254) = 3.12 \text{ mm}^2.$$

se utiliza conductor calibre 12 AWG.

NOTA; En los circuitos del 15 al 19, con respecto a este circuito 14, sólo cambia la longitud.

## Circuito N° 15

$$L_{15} = 82 \text{ m.} \Rightarrow S_{15} = (4)(82)(9.44) / (3)(254) = 4.06 \text{ mm}^2.$$

se utiliza conductor calibre 12 AWG.

## Circuito N° 16

$$L_{16} = 60 \text{ m.} \Rightarrow S_{16} = (4)(60)(9.44) / (3)(254) = 2.97 \text{ mm}^2.$$

se utiliza conductor calibre 12 AWG.

## Circuito N° 17

$$L_{17} = 66 \text{ m.} \Rightarrow S_{17} = (4)(66)(9.44) / (3)(254) = 3.27 \text{ mm}^2.$$

se utiliza conductor calibre 12 AWG.

## Circuito N° 18

$$L_{18} = 78 \text{ m.} \Rightarrow S_{18} = (4)(78)(9.44) / (3)(254) = 3.86 \text{ mm}^2.$$

se utiliza conductor calibre 12 AWG.

## Circuito N° 19

$$L_{19} = 73 \text{ m.} \Rightarrow S_{19} = (4)(73)(9.44) / (3)(254) = 3.61 \text{ mm}^2.$$

se utiliza conductor calibre 12 AWG.

## A.2.3.- Circuitos en la zona de bombas.

Esta zona se dividió en dos circuitos, cada uno con 9 luminarias de 300 w., con un total de 2700 w. por circuito y controladas como se muestra en el plano IE-2.

Calculo de cables alimentadores:

## Circuito N° 20

$$L_{20} = 62 \text{ m.} \quad P = 2700 \text{ w.} \quad E_n = 254 \text{ v.} \quad I = 10.6 \text{ amp.} \quad e = 3\%$$

$$S_{20} = (4)(62)(10.6) / (3)(254) = 3.44 \text{ mm}^2.$$

se utiliza conductor calibre 12 AWG.

## Circuito N° 21

$$L_{21} = 65 \text{ m.} \Rightarrow S_{21} = (4)(65)(10.6) / (3)(254) = 3.61 \text{ mm}^2.$$

se utiliza conductor calibre 12 AWG.

## A.2.4.- Circuitos en la zona de tanques de almacenamiento.

Esta zona de iluminación localizada se dividió en dos circuitos, cada uno de 10 luminarias de 200 w., con un total de 2000 w. por circuito, controladas desde el mismo tablero de los circuitos en la zona de bombas.

Calculo de cables alimentadores:

## Circuito N° 23

$$L_{23} = 100 \text{ m.} \quad P = 2000 \text{ w.} \quad E_n = 254 \text{ v.} \quad I = 7.87 \text{ amp.} \quad e = 3\%$$

$$S_{23} = (4)(100)(7.87) / (3)(254) = 4.13 \text{ mm}^2.$$

se utiliza conductor calibre 12 AWG.

Circuito N° 24

$$L_{24} = 102 \text{ m.} \Rightarrow S_{24} = (4)(102)(7.87) / (3)(254) = 4.21 \text{ mm}^2.$$

se utiliza conductor calibre 12 AWG.

## A.2.5.- Circuitos en la zona de compresoras.

En esta zona se tiene un sólo circuito de 8 luminarias de 300 w. (2400 watts en total).

Cálculo de cables alimentadores:

Circuito N° 25

$$L_{25} = 118 \text{ m.} \quad P = 2400 \text{ w.} \quad E_n = 254 \text{ v.} \quad I = 9.44 \text{ amp.} \quad e = 3\%$$

$$S_{25} = (4)(118)(9.44) / (3)(254) = 5.84 \text{ mm}^2.$$

se utiliza conductor calibre 10 AWG.

## A.2.6.- Circuito en cuarto de tableros.

En este cuarto se tiene un solo circuito de 3 luminarias con un total de 600 watts. De acuerdo a las normas la sección de los conductores no deberá ser menor que la correspondiente al calibre 14 para los circuitos de alumbrado, por lo que éste será el calibre del conductor a utilizar.

## A.3.- TABLERO DE ALUMBRADO.

Suma de cargas:

Zona de andén -----	32,400 w.
Zona de llenado de carros tanque -----	17,100 w.
Zona de bombas -----	5,400 w.
Zona de tanques de almacenamiento -----	4,000 w.

Zona de compresoras -----	2,400 w.
Cuarto de tableros -----	600 w.
Carga futura -----	3,100 w.
<b>CARGA TOTAL -----</b>	<b>65,000 w.</b>

El tablero de alumbrado fue colocado en el cuarto de tableros (plano IE-1), por lo que se utiliza uno de usos generales. El cálculo del interruptor principal se hace con la siguiente fórmula:  $I = P / (\sqrt{3}) (V)$

$$I = 65000 / (\sqrt{3}) (254) = 147.92 \text{ amp.}$$

finalmente ;  $147.92 \times 1.25 = 184.9 \text{ amp.}$

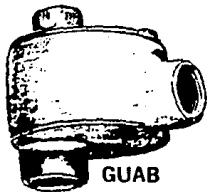
Por lo que el interruptor termomagnético principal será de 3P x 225 amp.

La corriente máxima por circuito fue de 10.6 amp., y para su protección hay interruptores termomagnéticos cuya calibración mínima es de 15 amp., de manera que todos los interruptores serán de 1P x 15 amp. (ver diagrama unifilar en plano IE-2).

#### A.4.- LISTA DE MATERIALES A UTILIZAR (PLANO IE-2).

- 191 Lámparas incandescentes a prueba de explosión, cat. EVA-220 marca CROUSE HINDS DOMEX con foco de 300 watts, 254 volts.
- 20 Lámparas incandescentes a prueba de explosión, cat. EVA-220 marca CROUSE HINDS DOMEX con foco de 200 watts, 254 volts.
- 3 Lámparas fluorescentes de 2 x 74 watts, 50/60 Hz, construida con lámina de acero calibre 20 rolando en frío con difusor K-5. Reactor doble de 2 x 74 watts, 50/60 Hz, 254 volts y tubos fluorescentes de 74 watts SLIM-LINE.

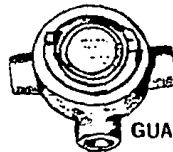
Figura 30.- Parte del equipo seleccionado de acuerdo al proyecto



GUAB



GUAX



GUAT

Cajas  
Registro  
Para áreas  
peligrosas  
uso intemperie



Cople Flexible ECGJH



Macho-Hembra

EYS



Hembra

R E



Reducción Bushing

Condulet  
para sellar  
tuberías conduit

- 1 Tablero de alumbrado marca SQUARE D, tipo NYIB, 3 fases, 4 hilos, 254-440 volts, con interruptor principal de 3P x 225 amperes, conteniendo 25 interruptores termomagnéticos de 1P x 15 amp.
- 24 Apagadores a prueba de explosión marca CROUSE HINDS DOMEX cat. EFSC.
- 185 Condulets a prueba de explosión, marca C.H. DOMEX, cat. GUAT 16 de 13 mm.
- 9 Condulets idem cat. GUAT-26 de 19 mm.
- 4 Condulets idem cat. GUAT-36 de 25 mm.
- 4 Condulets idem cat. GUAT-49 de 32 mm.
- 80 Condulets idem cat. GUAB-16 de 13 mm.
- 13 Condulets idem cat. GUAB-26 de 19 mm.
- 5 Condulets idem cat. GUAB-36 de 25 mm.
- 5 Condulets idem cat. GUAB-49 de 32 mm.
- 16 Condulets idem cat. GUAX-26 de 19 mm.
- 5 Condulets idem cat. GUAX-36 de 25 mm.
- 8 Condulets idem cat. GUAX-49 de 32 mm.
- 6 Sellos a prueba de explosión, marca C.H. DOMEX, cat. EYS-16 de 13 mm.
- 7 Sellos idem cat. EYS-36 de 25 mm.
- 8 Sellos idem cat. EYS-46 de 32 mm.
- 2 Latas de compuesto sellador CHICO A 5.
- 2 Paquetes de fibra para sellar CHICO X 7.
- 20 Reducciones tipo bushing, marca C.H. DOMEX, cat. RE-21 de 19 a 13 mm.
- 17 Reducciones idem cat. RE-31 de 25 a 13 mm.

- 2 Reducciones idem cat. RE-32 de 25 a 19 mm.
- 8 Reducciones idem cat. RE-41 de 32 a 13 mm.
- 4 Reducciones idem cat. RE-42 de 32 a 19 mm.
- 430 Tramos de tubería conduit pared gruesa, cédula 40 de 3 m. de longitud, marca PEASA de 13 mm. de diámetro.
- 20 Tramos idem de 19 mm.
- 15 tramos idem de 25 mm.
- 15 tramos idem de 32 mm.
- 75 abrazaderas de aluminio, tipo uña, cat. AF-2.
- 50 Abrazaderas idem cat. AF-3.
- 50 Abrazaderas idem cat. AF-4.
- 1000 Abrazaderas idem cat. AF-1.
- 60 Cintas de aislar marca Scotch N° 33.
- 1500 Pernos de 1/4 x 1 1/2 para fierro, con tuerca hexagonal.
- 1500 Cargas moradas calibre 22.
- 4200 Metros de cable de cobre Vinanel 900, marca CONDUMEX, calibre 14 AWG.
- 3200 Metros idem pero calibre 10 AWG.

#### B.- SISTEMA DE FUERZA

##### B.1.- CALCULO DE CABLES ALIMENTADORES DE CADA MOTOR DESDE EL CENTRO DE CONTROL.

De acuerdo con el ROIE, la caída de tensión para la instalación de motores y aparatos eléctricos no deberá ser mayor del 4 %. En este caso todos los motores son trifásicos a 440 v., los cálculos se desarrollarán según la siguiente fórmula :



$$S = (2)(\sqrt{3})(L)(I) / (E_f)(e\%)$$

En donde: S = sección transversal del conductor en mm<sup>2</sup>.

L = longitud en metros.

I = corriente a plena carga del motor.

E<sub>f</sub> = tensión entre fases.

e% = caída de tensión (para los cálculos se consideró del 3%).

Los datos se obtienen de la placa del motor.

#### B.1.1.- Zona de andén.

Motor N° 2

L<sub>2</sub> = 64 m.    HP = 5    E<sub>f</sub> = 440 v.    I = 6.5 amp.    e = 3%

$$S_2 = (2)(1.732)(64)(6.5) / (440)(3) = 1.09 \text{ mm}^2.$$

comercialmente no hay conductores con esta sección, la inmediata superior es de 1.309 mm<sup>2</sup> para un conductor calibre 16, que permite conducir una corriente de 7 amp.

El ROIE especifica que la corriente permitida a los conductores que alimenten a un motor individual, con régimen de trabajo continuo y carga constante no será menor del 125% de la corriente nominal a plena carga del motor.

De acuerdo a lo anterior: 6.5 x 1.25 = 8.125 amp., que corresponde al conductor calibre 14. Pero el mismo ROIE también especifica que la sección de los conductores no deberá ser menor del calibre 12 para circuitos que alimenten aparatos de más de 3 amperes, por lo tanto, para la alimentación de todos los motores será utilizado conductor del calibre 12 como mínimo.

Siguiendo el mismo procedimiento se llego a los siguientes resultados:

En motor N° 4 (5.0 HP) se utiliza conductor calibre 12 AWG.  
 En motor N° 5 (7.5 HP) se utiliza conductor calibre 12 AWG.  
 En motor N° 6 (5.0 HP) se utiliza conductor calibre 12 AWG.  
 En motor N° 7 (7.5 HP) se utiliza conductor calibre 12 AWG.  
 En motor N° 8 (7.5 HP) se utiliza conductor calibre 12 AWG.  
 En motor N° 9 (7.5 HP) se utiliza conductor calibre 12 AWG.  
 En motor N° 10 (5.0 HP) se utiliza conductor calibre 12 AWG.  
 En motor N° 11 ( 10 HP) se utiliza conductor calibre 12 AWG.  
 En motor N° 12 (2.0 HP) se utiliza conductor calibre 12 AWG.  
 En motor N° 13 (5.0 HP) se utiliza conductor calibre 12 AWG.  
 En motor N° 14 (1.0 HP) se utiliza conductor calibre 12 AWG.  
 En motor N° 15 (5.0 HP) se utiliza conductor calibre 12 AWG.

#### B.1.2.- Zona de bombas.

Motor N° 16

$$L_{16} = 52 \text{ m.} \quad \text{HP} = 10 \quad \text{Ef} = 440 \text{ v.} \quad \text{I} = 12.6 \text{ amp} \quad \text{e} = 3\%$$

$$S_{16} = (2) (1.732) (52) (12.6) / (440) (3) = 1.66 \text{ mm}^2$$

se utiliza conductor calibre 12 AWG.

Siguiendo el mismo procedimiento se llego a los siguientes resultados:

En motor N° 17 (10 HP) se utiliza conductor calibre 12 AWG.  
 En motor N° 18 (10 HP) se utiliza conductor calibre 12 AWG.  
 En motor N° 19 (10 HP) se utiliza conductor calibre 12 AWG.

En motor N° 20 (25 HP) se utiliza conductor calibre 8 AWG.  
 En motor N° 21 (25 HP) se utiliza conductor calibre 8 AWG.  
 En motor N° 22 (25 HP) se utiliza conductor calibre 8 AWG.  
 En motor N° 23 (10 HP) se utiliza conductor calibre 12 AWG.  
 En motor N° 24 (10 HP) se utiliza conductor calibre 12 AWG.  
 En motor N° 25 (10 HP) se utiliza conductor calibre 12 AWG.  
 En motor N° 26 (10 HP) se utiliza conductor calibre 12 AWG.

#### B.1.3.- Zona de compresoras.

Motor N° 27

$L_{27} = 100 \text{ m.}$      $HP = 10$      $E_f = 440 \text{ v.}$      $I = 12.6 \text{ amp.}$      $e = 3\%$

$S_{27} = (2)(1.732)(100)(12.6) / (440)(3) = 3.61 \text{ mm}^2.$

se utiliza conductor calibre 10 AWG.

Si siguiendo el mismo procedimiento se llegó a los siguientes resultados:

En motor N° 28 (10 HP) se utiliza conductor calibre 10 AWG.

En motor N° 29 (10 HP) se utiliza conductor calibre 10 AWG.

En motor N° 30 (10 HP) se utiliza conductor calibre 10 AWG.

#### B.1.4.- Cuarto de bombas contra incendio.

Aquí se colocaron 4 motores, y para su alimentación se instaló un Centro de Control de Motores (ver plano IE-1). Debido a que la distancia máxima del centro de control a los motores es de 10 m., los cables alimentadores se seleccionan por su capacidad en amperes de acuerdo a las tablas especificadas por los fabricantes, quedando así:

En motor N° 31 ( 3 HP) se utiliza conductor calibre 12 AWG.

En motor N° 32 ( 3 HP) se utiliza conductor calibre 12 AWG.

En motor N° 33 (50 HP) se utiliza conductor calibre 4 AWG.

En motor N° 34 (50 HP) se utiliza conductor calibre 4 AWG.

Los conductores de alimentación al CCM si se calculan en virtud de que la distancia desde el cuarto de tableros al cuarto de bombas es de 132 m. :

corriente del sistema de alumbrado -----	1.58 amp.
corriente del motor N° 31 -----	4.10 amp.
corriente del motor N° 32 -----	4.10 amp.
corriente del motor N° 33 -----	60.00 amp.
corriente del motor N° 34 -----	60.00 amp.

$$\begin{aligned} \text{corriente total} &= (60 \times 1.25) + 1.58 + 4.1 + 4.1 + 60 \\ &= 144.79 \text{ amp.} \end{aligned}$$

$$\text{Cálculo: } L = 132 \text{ m. } \quad I = 144.78 \text{ amp. } \quad E_f = 440 \text{ v. } \quad e = 3\%$$

$$S = (2) (1.732) (132) (144.78) / (440) (3) = 50.15 \text{ mm}^2.$$

comercialmente no existe esta sección de conductor, por lo que tomando el inmediato superior (70.43 mm<sup>2</sup>) que corresponde al conductor calibre 1/0, con una capacidad de 155 amp.

## B.2.- TABLERO 1.

Para el cálculo del interruptor principal se toma en cuenta que la capacidad del transformador es de 500 KVA, por lo que:

$$I = (\text{KVA}) / (\sqrt{3}) (\text{KV}) = (500) / (1.732) (0.440) = 656.099 \text{ amp.}$$

Por lo que el interruptor termomagnético se selecciona de 3P x 700 amp., cuya capacidad interruptiva es de 30 KV.

La alimentación desde el transformador al tablero I, localizado en el cuarto de tableros a una distancia de 100m, se hace con conductor de 500 mcm. Las canalizaciones de alimentación desde la subestación a los centros de control y de los centros de control a los motores, así como el diagrama unifilar y diagramas de control se muestran en los planos IE-1, IE-2 e IE-4.

### 6.3.- PROTECCION MANUAL CONTRA INCENDIO.

Para mayor protección del sistema eléctrico en caso de falla, las bobinas de todos los motores son alimentados a través de un contactor con estación de botones arrancar-parar, y en serie con el botón de paro van conectadas ó estaciones a prueba de explosión denominados botones de pánico, distribuidos estratégicamente en los siguientes lugares: caseta de vigilancia, andén de llenado de tanques, zona de llenado de carros tanque, zona de bombas, zona de compresoras y en el cuarto de bombas contra incendio. Cualquiera de ellas puede ser accionada en caso de emergencia, con lo cual queda sin energía todo el sistema de fuerza.

Por otra parte, las bombas del sistema contra incendio, aunque operan automáticamente a través de un Mercoid-Control, tienen conectadas en paralelo con éste y el botón de arranque ó estaciones de botones denominadas válvulas de diluvio, distribuidas igual que los botones de pánico y que deben ser accionados simultáneamente, poniendo en funcionamiento todo el sistema de riego de agua por asperción sobre los tanques de

almacenamiento, ver planos IE-1, IE-3 e IE-4.

#### B.4.- CALCULO DE CORTO CIRCUITO.

Se tienen los siguientes datos:

- Impedancia de la red ----- 2.47% , 30 MVA
- Impedancia del transformador ----- 5.70% (dato de placa)
- Impedancia media de los motores ----- 25 % (dato de placa)
- Impedancia del generador de 300 KVA --- 7 % (dato de placa)

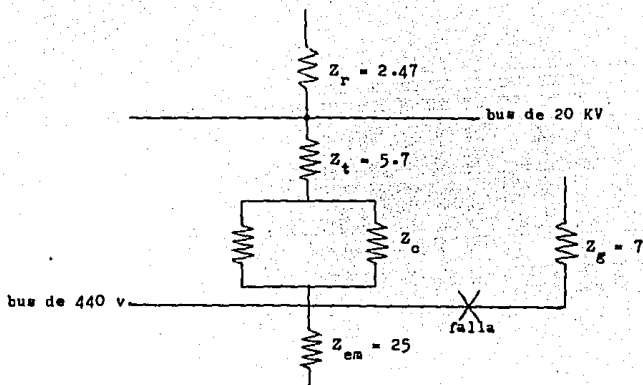
Nota: El primer dato lo proporciona la Compañía suministradora.

- La distancia del transformador al tablero de control es de 100 metros y se utilizo cable de 500 mcm., por lo que :

$$x = 0.00295 \text{ ohms por cada } 100 \text{ pies.}$$

- Se considera una falla en el bus de 440 v. de la red.

#### B.4.1.- Diagrama de impedancias.



## B.4.2.- Cambio de impedancias a una base común.

Tomando como base 1000 KVA y refiriendo todas las impedancias a una base común se tiene que:

$$Z_{r_{base\ 2}} = (KV_{base})(Z_r) / (KVA) = (1000)(2.47) / (30,000) \\ = 0.082 \%$$

$$Z_{t_1} = (1000)(5.7) / (500) = 11.4 \%$$

$$Z_c = (0.00295)(100) / (30.5) = 0.00967 \text{ ohms.}$$

Transformando esta impedancia del conductor de ohms a porcientos:

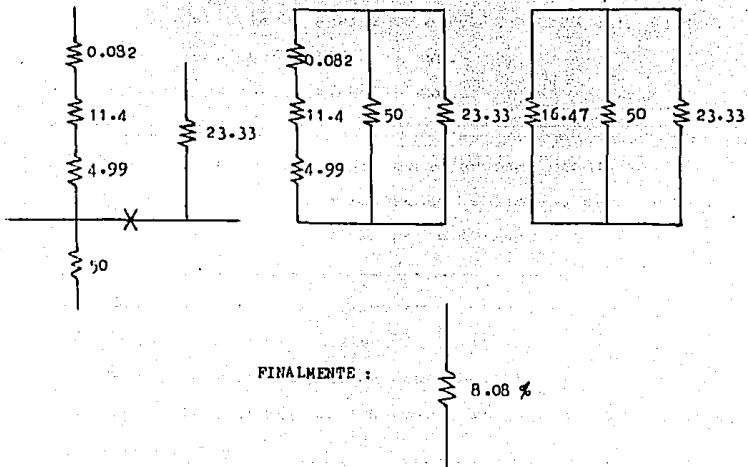
$$Z_c = (Z_c \text{ en ohms})(KVA_{base}) / (KV)^2 (10) \\ = (0.00967)(1000) / (0.44)^2 (10) = 4.99 \% \text{ (por conductor)}$$

Para dos conductores en paralelo:  $Z_c = 4.99 / 2 = 2.495 \%$

$$Z_{c_{base\ 2}} = (1000)(2.495) / (500) = 4.99 \%$$

$$Z_{g_{base\ 2}} = (1000)(7.0) / (500) = 23.33 \%$$

$$Z_{em_{base\ 2}} = (1000)(25.0) / (500) = 50 \%$$



## B.4.3.- Cálculo de la corriente y la potencia de corto circuito.

- Corriente de corto circuito:

$$I_{cc} = (100) (\text{kVA base}) / (\% Z_{eq}) (\sqrt{3}) (\text{kV})$$

$$= (100) (1000) / (8.08) (1.73) (0.44) = 16,260 = 16.26 \text{ KA.}$$

$$I_{cc \text{ asimétrica}} = 1.25 \times 16.26 \text{ KA} = 20.32 \text{ KA.}$$

- Potencia de corto circuito:

$$P_{cc} = (100) (\text{kVA base}) / (Z_{eq})$$

$$= (100) (1000) / (8.08) = 12,376 = 12.37 \text{ MVA}$$

$$P_{cc \text{ asimétrica}} = 1.25 \times 12.37 \text{ MVA} = 15.46 \text{ MVA.}$$

En el punto B.2 , el interruptor termomagnético seleccionado tiene una capacidad interruptiva de 30 KA a 440 v., que como se observa, cumple con tal finalidad.

## B.5.- LISTA DE MATERIALES A UTILIZAR (PLANO IE-3).

- 8500 Metros de cable Vinanel 900, marca CONDUMEX cal. 14 AWG.
- 11500 Metros idem pero calibre 12 AWG.
- 1800 Metros idem pero calibre 10 AWG.
- 500 Metros idem pero calibre 8 AWG.
- 735 Tramos de tubería conduit pared gruesa, cédula 40, de 3 metros de longitud, marca PEASA, de 13 mm. de diámetro.
- 60 Tramos idem pero de 19 mm. de diámetro.
- 225 Tramos idem pero de 25 mm. de diámetro.
- 38 Tramos idem pero de 32 mm. de diámetro.
- 45 Tramos idem pero de 38 mm. de diámetro.
- 12 Tramos idem pero de 51 mm. de diámetro.
- 75 Condulets a prueba de explosión, marca C.H. DOMEX, cat. GUAL-16 de 13 mm.



- 35 Condulets idem cat. GUAL-26 de 19 mm.
- 10 Condulets idem cat. GUAT-26 de 19 mm.
- 4 Condulets idem cat. GUAX-26 de 19 mm.
- 75 Sellos a prueba de explosión, marca C.H. DOMEX, cat. EYS-16
- 20 Sellos idem cat. EYS-26
- 5 Sellos idem cat. EYS-66
- 16 Cajas de conexiones a prueba de explosión, marca C.H. DOMEX, cat. EJB-241808.
- 30 Coples flexibles a prueba de explosión, marca C.H. DOMEX, cat. ECGJH-115 de 38 cm. de longitud.
- 15 Coples flexibles a prueba de explosión, marca C.H. DOMEX, cat. ECGJH-215 de 38 cm. de longitud.
- 2 Latas de compuesto sellador CHICO A 5.
- 2 Paquetes de fibra para sellar CHICO X 7.
- 30 Estaciones de botones arrancar-parar a prueba de explosión cat. BR-38.
- 1500 Abrazaderas de aluminio tipo uña, cat. AF-1.
- 200 Abrazaderas idem cat. AF-2.
- 700 Abrazaderas idem cat. AF-3.
- 100 Abrazaderas idem cat. AF-4.
- 150 Abrazaderas idem cat. AF-5.
- 150 Abrazaderas idem cat. AF-6.
- 1000 Abrazaderas tipo U de 13 mm. con 2 tuercas hexagonales de 1/4.
- 100 Abrazaderas idem pero de 19 mm.
- 300 Abrazaderas idem pero de 25 mm.

50 Abrazaderas idem pero de 32 mm.

50 Abrazaderas idem pero de 38 mm.

50 Abrazaderas idem pero de 51 mm.

- 1 Centro de Control de Motores tipo ML-PANEL marca SQUARE D', 440 v., 3 fases 4 hilos, construido en lamina de acero rolado en frio, pintado y acabado al horno color gris perla conteniendo en su interior:

- 1 interruptor termomagnético principal de 3P x 700 amp., con interloc mecánico, llave y candado para operación con alimentación de la subestación o a través del generador de 300 KVA, en este caso operando sólo una sección de motores de acuerdo a la capacidad del mismo.

- 1 interruptor termomagnético de 3P x 500 amp., con interloc mecánico para trabajar en combinación con el interruptor de 3P x 700 amp.

- 1 interruptor termomagnético de 3P x 225 amp. que alimentará al tablero de alumbrado.

- 3 combinaciones interruptor-arrancador cat. BQ-2 para motor de capacidad de 1 a 2 HP, incluyendo elementos térmicos, estación de botones arrancar-parar y luz piloto.

- 7 combinaciones interruptor-arrancador cat. BQ-2 para motor con capacidad de 5 HP, incluyendo elementos térmicos, estación de botones arrancar-parar y luz piloto.

- 3 combinaciones interruptor-arrancador cat. CQ-4 para motor con capacidad de 7.5 HP, incluyendo elementos térmicos, estación de botones arrancar-parar y luz piloto.

- 3 combinaciones interruptor-arrancador cat. DQ-7 para motor

con capacidad de 25 HP, incluyendo elementos térmicos, estación de botones arrancar-parar y luz piloto.

1 interruptor termomagnético de 3P x 200 amp. para alimentación del tablero II.

1 contactor tipo PO-1 de 2P x 60 amp. con interruptor de 2P x 50 amp. con estación de botones arrancar-parar y luz piloto, este contactor alimentará las bobinas de todos los arrancadores para motores y llevará estaciones de control-parar distribuidos estratégicamente en toda la planta, de donde podrán ser operados manualmente en caso de emergencia dejando sin energía todos los motores.

3 espacios futuros para combinaciones interruptor-arrancador con estación de botones arrancar-parar para motores hasta una capacidad de 25 HP.

3 espacios futuros para interruptores de 3P x 50 amp.

1 Centro de Control de Motores autosoportado en el piso tipo ML-PANEL marca SQUARE D., 3 fases 4 hilos, 440 volts, conteniendo en su interior:

1 interruptor termomagnético principal de 3P x 200 amp.

2 combinaciones interruptor-arrancador cat. EO-2 para motor con capacidad de 3 HP, incluyendo elementos térmicos, estación de botones arrancar-parar y luz piloto.

2 combinaciones interruptor-arrancador cat. EO-1 para motor con capacidad de 50 HP, incluyendo elementos térmicos, estación de botones arrancar-parar y luz piloto.

1 interruptor termomagnético de 3P x 15 amp.

3 espacios futuros para interruptores de 3P x 15 amp.

## C.- SISTEMAS DE CONEXION A TIERRA.

## C.1.- CALCULO DEL SISTEMA DE TIERRAS.

Se tienen los siguientes datos:

Resistividad medida del terreno ( $\rho$ ) ----- 45 omhs/metro.  
 Corriente de corto circuito ( $I_{cc}$ ) ----- 20,320 amperes.  
 Ancho del terreno (a) ----- 75 metros.  
 Largo del terreno (l) ----- 250 metros.  
 Perimetro (P) =  $2a + 2l = (2)(75) + (2)(250) = 650$  metros.

Considerando que la malla disperse un 60 % y los electrodos un 40 % de la corriente total de dispersión, se tiene:

corriente de dispersión de malla =  $0.60 \times 20320 = 12192$  amp

corriente de dispersión de electrodos =  $0.40 \times 20320 = 8128$  amp

C.1.1.- Cálculo de la longitud del conductor que constituirá la malla.

Para una tensión de contacto de 125 volts se tiene:

$$V_c = (0.7)(\rho)(I) / (L) \Rightarrow L = (0.7)(\rho)(I) / V_c$$

$$L = (0.7)(45)(12,192) / (125) \Rightarrow L = 3,072 \text{ m.}$$

Se instalarán 17 conductores a lo ancho y 7 conductores a lo largo del terreno, con una longitud total de:

$$16 \text{ conductores} \times 75 \text{ m.} = 1,200 \text{ m.}$$

$$6 \text{ conductores} \times 250 \text{ m.} = 1,500 \text{ m.}$$

$$\text{total} = 2,700 \text{ m.}$$

El conductor será enterrado a una profundidad (h) de 0.50 metros, por lo que la tensión de paso es:

$$V_p = (0.16)(\rho)(I) / (h)(L)$$

$$V_p = (0.16)(45)(12,192) / (0.5)(2,700) = 65.02 \text{ volts.}$$

$$\begin{aligned} \text{Resistencia de la malla} &= (2)(\rho) / (P) = (2)(45) / (650) \\ &= 0.138 \text{ ohms.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Resistencia de los electrodos} &= (R_{\text{malla}})(\% I_{\text{malla}}) / (\% I_{\text{elec.}}) \\ &= (0.138)(60) / (40) = 0.207 \text{ ohms} \end{aligned}$$

C.1.2.- Cálculo de la Gradiente de tensión de la periferia.

$$G_p = (4)(\rho)(I) / D^2$$

$$\text{donde } D = \sqrt{a^2 + l^2} = \sqrt{(75)^2 + (250)^2} = \sqrt{5625 + 62500}$$

$$D = \sqrt{68125} \Rightarrow D = 261 \text{ por lo que:}$$

$$G_p = (4)(45)(20,320) / (68,125) \Rightarrow G_p = 53.68 \text{ v/m}$$

C.1.3.- Cálculo del calibre del conductor de la malla.

Para una duración de la falla de 0.5 seg. y uniones con conectores, de acuerdo a tablas se tiene:

Área del conductor =  $8.5 \times 20,320 \text{ amp.} = 172,720 \text{ circular mils}$ ,  
que corresponde a un conductor calibre 2/0.

Serán instaladas 68 varillas Copperweld de 3 m. de longitud por 3/8" de diámetro distribuidas en toda la superficie. Los motores, tanques de almacenamiento y partes metálicas se conectarán al sistema de tierras.

C.2.- SISTEMA DE PARARRAYOS.

Pruebas realizadas demuestran que los pararrayos protegen una superficie cónica, con un diámetro de la base del cono de aproximadamente el doble de la altura del pararrayos.

Con el fin de proteger edificios y equipo instalados en la planta se instalarán 16 puntas de pararrayos, distribuidos en

toda el área montadas en las partes más altas y sobre postes de 15 metros de altura, conectado al sistema general de tierras, siguiendo una trayectoria sin curvas muy pronunciadas.

### C.3.- LISTA DE MATERIALES A UTILIZAR.

- 68 Varillas Copperweld de 3 m. de longitud x 3/8" diámetro.
- 2700 Metros de cable de cobre desnudo semiduro calibre 2/0 AWG.
- 400 Metros de cable de cobre desnudo semiduro calibre 4 AWG.
- 75 Conectores cat. KPA4C.
- 30 Conectores cat. KSU22.
- 60 Conectores cat. YA4CL.
- 16 Puntas de pararrayos de cobre estañado con base para sujetarse.

### D.- MATERIAL COMPLEMENTARIO.

#### D.1.- LISTA DE MATERIAL Y EQUIPO PARA LA SUBESTACION GENERAL.

1 Subestación interior tipo compacta marca SQUARE D' de 500 KVA, 3 fases 4 hilos, 50/60 Hz, que contiene:

- a) Gabinete de medición.- Construido con lámina de acero estirado en frío, con estructura y perfiles del mismo material, especial para dar rigidez interna y autosoportarse en el piso, acabado con pintura anticorrosiva y esmalte color gris perla, llevará una puerta frontal de dos hojas con seguro, pasador y chapa, tendrá 200 cm. de frente, 270 cm. de altura y 200 cm. de fondo.
- b) Gabinete de cuchillas.- De igual material que el anterior excepto el frente que tendrá 180 cm., alojará 3 juegos de

cuchillas desconectoras de operación en grupo, 3 polos, simple tiro, 400 amp., 23 KV, necesarias para desconexión y verificación de medidores.

c) Gabinete de interruptor.- Similar al anterior en construcción y acabado con puertas al frente con cremón y chapa, mirillas en las puertas para observar el interior, con estructura propia para montar un interruptor de carga marca DIESCHER, tipo LDTH 20/400 SA, servicio interior, 3 polos, 23 KV, 400 amp., operación manual desde el frente del tablero por medio de una manija, con portafusible, en una sola unidad para fusibles de alta capacidad interruptiva, 800 MVA simétricos con disparo tripolar en caso de fundirse un fusible, 3 apartarrayos autovalvulares con neutro a tierra para 23 KV marca IUSA-WESTINGHOUSE. Dimensiones: frente 130 cm., altura 270 cm., fondo 200 cm.

1 Transformador de distribución de aceite enfriamiento propio, 3 fases 4 hilos, 500 KVA, 20-23 KV / 440-254 volts, conexión delta-estrella neutro fuera del tanque, 4 derivaciones para operación desenergizada (2 arriba y 2 abajo) de 500 volts c/u en ambas tensiones nominales, 55<sup>o</sup>C de sobre elevación de temperatura sobre un ambiente de 40<sup>o</sup>C a 3000 MSNM con ductos a los costados para acoplarse a gabinetes de alta y baja tensión, marca IESA.

1 Tarima aislante de 6.0 m. de longitud por 0.60 m. de ancho, construida en madera de pino, totalmente ensamblada con pernos de madera y base de madera sin partes metálicas, cubierta con hule estriado en su parte superior.

- 4 Varillas Copperweld de 3 m. de longitud por 5/8" diámetro.
- 30 Metros de cable de cobre desnudo semiduro calibre 500 mcm.

D.2.- LISTA DE MATERIAL PARA ALIMENTADORES PRINCIPALES.

- 600 Metros de cable de cobre Vinanel 900, marca CONDUMEX calibre 14 AWG.
- 150 Metros de cable idem pero calibre 2 .
- 500 Metros de cable idem pero calibre 1/0 .
- 1000 Metros de cable idem pero calibre 500 mcm.
- 100 Tramos de tubo conduit galvanizado, pared gruesa, de 3 metros de longitud y 13 mm. de diámetro, marca PEASA.
- 50 Tramos idem pero de 51 mm. de diámetro.
- 40 Tramos de tubo conduit de asbesto-cemento, de 3 metros de longitud y 101 mm. de diámetro.
- 1 Lote de guías, talco, grasa, fierro ángulo, pernos, cargas, etc.



## CONCLUSIONES

Para la elaboración de un proyecto con equipo eléctrico en áreas peligrosas (selección, instalación, operación y mantenimiento), se requiere de una selección precisa de dichas áreas, ya que su correcta clasificación y determinación de los límites de las Divisiones 1 y 2, proporcionan instalaciones eléctricas seguras y permiten el uso de equipo confiable más económico.

Además de comprensión y atención a los requisitos específicos de dicho equipo y de los sistemas eléctricos, no se deben descuidar factores como: seguridad del personal, condiciones propicias para facilitar el mantenimiento, limpieza, reposición o cambio de equipo y un posible crecimiento (a futuro) de la planta.

Una amplia variedad de equipos está disponible para uso en todo tipo de áreas peligrosas. En nuestro país no existen compañías que se dediquen formalmente a la investigación de equipo a prueba de explosión, ya que su financiamiento es muy costoso, por lo tanto, para instalaciones eléctricas dentro de áreas peligrosas se tiene que depender en gran medida de la tecnología extranjera.

El Código Nacional Eléctrico (NEC), las Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas (NTIE), el Reglamento de Obras e

Instalaciones Electricas (ROIE) y la Norma Oficial Mexicana (NOM), son comunmente aceptados como una guia para la práctica de seguridad en la selección e instalación correcta de equipo eléctrico, pero debe tenerse en cuenta que estos son los requisitos mínimos de seguridad y que se pueden añadir otros adicionales para obtener instalaciones todavía más seguras.

El utilizar, hasta donde sea posible, locales donde alojar equipo de fabricación convencional, alejados de las zonas de peligro y apegandose a los reglamentos y leyes establecidas para tal fin, hace que las instalaciones eléctricas reduzcan su alto costo.

La secuencia recomendada para la elaboración de un proyecto de instalación eléctrica en áreas peligrosas es:

- 1.- Recabar toda la información posible del lugar en los siguientes aspectos: proceso que se realice, condiciones ambientales, construcciones civiles, localización del equipo, expansiones futuras, previsiones para el mantenimiento, requerimientos y demanda de energía.
- 2.- Hacer la clasificación de áreas, tratando de tener la información técnica más reciente al respecto.
- 3.- Determinar el método de instalación de acuerdo a las características del lugar en cuestión.
- 4.- Elaborar un estudio comparativo para la selección de equipo y materiales a utilizarse considerando los siguientes

puntos: seguridad, confiabilidad, sencillez de operación, economía, flexibilidad y facilidad de mantenimiento.

Es conveniente elaborar programas de mantenimiento, considerando las condiciones específicas del lugar y el tipo de equipo que se tenga, teniendo presente los siguientes puntos y objetivos:

- 1.- Limpieza.- De la acumulación de tierra, basura y polvo que afecte la ventilación del equipo y puedan causarle un sobrecalentamiento excesivo.
- 2.- Control de humedad.- Ya que esta reduce la capacidad de soportar esfuerzos dieléctricos de muchos materiales aislantes.
- 3.- Ventilación adecuada.- Cuando se usen filtros de aire en los equipos, deberán ser reemplazados con la frecuencia recomendada por los fabricantes, los ventiladores se deben inspeccionar periódicamente.
- 4.- Corrosión.- Tan pronto como se detecten evidencias de corrosión se deben limpiar las superficies afectadas, ya que es un problema que puede llegar a destruir la integridad del equipo o de sus envolventes.
- 5.- Conductores.- La inspección de su aislamiento puede revelar daños por sobrecalentamiento, desgaste o desalineamiento. Si se detectan estas condiciones se deben corregir inmediatamente, reparando o sustituyendo los conductores. Los únicos conductores que se deben utilizar en áreas

peligrosas (fuera de tuberías conduit) son los que tienen aislamiento mineral (MI).

- 6.- Inspecciones del equipo.- Programadas en base a sus necesidades y requerimientos de proceso.
- 7.- Pruebas regulares.- Verificar el color y grado de acidez de los aceites aislantes y comprobar el funcionamiento de los equipos de desconexión de la energía. Los ajustes necesarios o reparaciones pueden ser efectuados antes de que las fallas ocurran.
- 8.- Registros y estadísticas.- Un sistema organizado de registros y estadísticas de: inspecciones, mantenimiento, pruebas y reparaciones, proporciona bases para la prevención de problemas posteriores, lo cual permite introducir mejoras, así como una mejor selección de equipo y materiales para usos futuros o posibles ampliaciones del sistema.

Dada la gran variedad de posibilidades y la amplitud de factores a considerar en los proyectos de instalaciones eléctricas dentro de áreas peligrosas, este trabajo no ha pretendido abarcar todos y cada uno de los aspectos que se pueden presentar, pero sí indicar los lineamientos básicos seguidos en el desarrollo del proyecto, construcción, operación y mantenimiento de dichas instalaciones, y considerar los principales elementos que afectan el funcionamiento y seguridad de las mismas.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- Calculo de redes de tierra.  
Ing. J. V. Schmill.  
Cla. de Luz y Fuerza del Centro S.A.
- 2.- Crouse Hinds Code Digest, Bulletin 2797.  
Crouse Hinds Company, Syracuse, N.Y.
- 3.- Guia para la seguridad en areas peligrosas o con atmosferas explosivas.  
Editado por Crouse Hinds Domex S.A. de C.V., 1988.
- 4.- IEEE Recommended practice for electric power distribution for industrial plants.  
The Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1991.
- 5.- IEEE Recommended practice for auxiliary devices for motors in Class 1, Groups A, B, C and D, Division 2 locations.  
The Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1991.
- 6.- Instalaciones electricas en areas peligrosas.  
Articulo publicado en la memoria del 'Il Seminario de ingenieria electrica petrolera', por el Ing. Jorge Ramirez.  
Editado por el Instituto Mexicano del Petróleo, 1975.
- 7.- National Electrical Code.  
National Fire Protection Association, 1990.
- 8.- Norma PEMEX 2.346.13 'Clasificación de areas peligrosas y selección de equipo electrico'.  
Petroleos Mexicanos, 1975 segunda edición.
- 9.- Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas.  
Editado por el Instituto Politécnico Nacional, 1985.
- 10.- Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas para la

República Mexicana.

Ediciones Guajardo.

- 11.- Revistas técnicas, secciones C, F, G y P.

Editadas por Crouse Hinds Domex S.A. de C.V., 1988.

- 12.- Selección y aplicación de equipo eléctrico para áreas peligrosas.

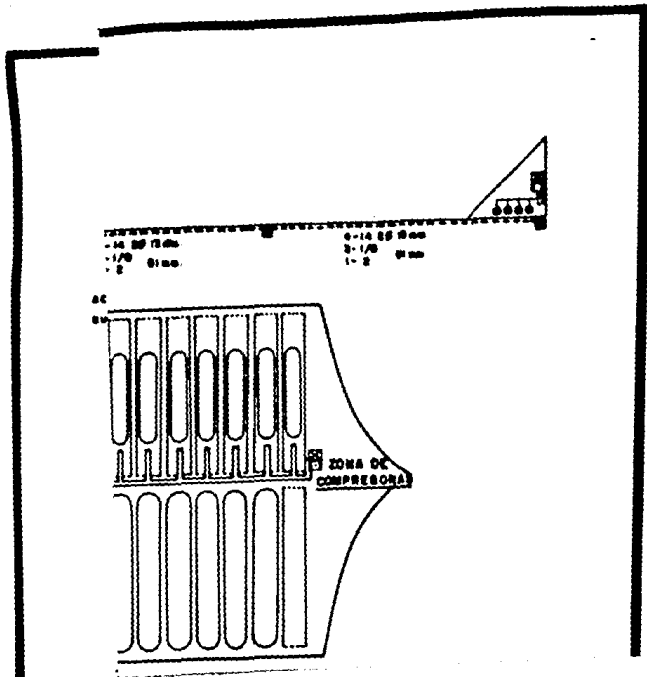
Artículo publicado en la memoria del "IV Seminario de ingeniería eléctrica", tomo I, por el Ing. Jorge Zurita.

Editado por el Instituto Mexicano del Petróleo, 1977.

- 13.- Subestaciones Eléctricas, apuntes 2<sup>a</sup> edición.

Ing. Gilberto Enriquez Harper.

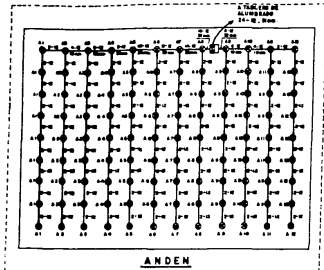
E.S.I.M.E.





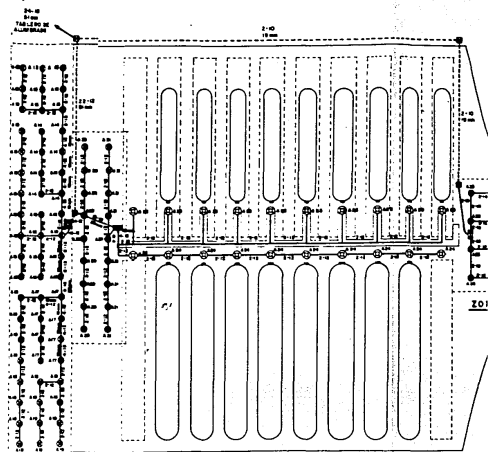






**CUADRO DE CARGA TABLERO DE ALUMBRADO**

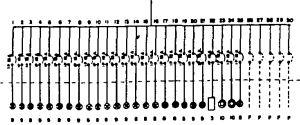
TABLERO DE ALUMBRADO TIPO NY18 440-220V.		DESCRIPCIÓN		CANTIDAD		P. ASES		WATTS	
W		LAMP.		CABLE		A		B	
W		LAMP.		CABLE		A		B	
W		LAMP.		CABLE		A		B	
1	I	18	B					2700	2700
2	I	18	B					2700	2700
3	I	18	B					2700	2700
4	I	18	B					2700	2700
5	I	18	B					2700	2700
6	I	18	B					2700	2700
7	P	18	B					2700	2700
8	I	18	B					2700	2700
9	I	18	B					2700	2700
10	I	18	B					2700	2700
11	I	18	B					2700	2700
12	I	18	B					2700	2700
13	I	18	B					2700	2700
14	I	18	B					2700	2700
15	I	18	B					2700	2700
16	I	18	B					2700	2700
17	I	18	B					2700	2700
18	I	18	B					2700	2700
19	I	18	B					2700	2700
20	I	18	B					2700	2700
21	I	18	B					2700	2700
22	I	18	B					2700	2700
23	I	18	B					2700	2700
24	I	18	B					2700	2700
25	I	18	B					2700	2700
26	I	18	B					2700	2700
27	I	18	B					2700	2700
28	I	18	B					2700	2700
29	I	18	B					2700	2700
30	I	18	B					2700	2700
31	I	18	B					2700	2700
32	I	18	B					2700	2700
33	I	18	B					2700	2700
34	I	18	B					2700	2700
35	I	18	B					2700	2700
36	I	18	B					2700	2700
37	I	18	B					2700	2700
38	I	18	B					2700	2700
39	I	18	B					2700	2700
40	I	18	B					2700	2700
41	I	18	B					2700	2700
42	I	18	B					2700	2700
43	I	18	B					2700	2700
44	I	18	B					2700	2700
45	I	18	B					2700	2700
46	I	18	B					2700	2700
47	I	18	B					2700	2700
48	I	18	B					2700	2700
49	I	18	B					2700	2700
50	I	18	B					2700	2700
51	I	18	B					2700	2700
52	I	18	B					2700	2700
53	I	18	B					2700	2700
54	I	18	B					2700	2700
55	I	18	B					2700	2700
56	I	18	B					2700	2700
57	I	18	B					2700	2700
58	I	18	B					2700	2700
59	I	18	B					2700	2700
60	I	18	B					2700	2700
61	I	18	B					2700	2700
62	I	18	B					2700	2700
63	I	18	B					2700	2700
64	I	18	B					2700	2700
65	I	18	B					2700	2700
66	I	18	B					2700	2700
67	I	18	B					2700	2700
68	I	18	B					2700	2700
69	I	18	B					2700	2700
70	I	18	B					2700	2700
71	I	18	B					2700	2700
72	I	18	B					2700	2700
73	I	18	B					2700	2700
74	I	18	B					2700	2700
75	I	18	B					2700	2700
76	I	18	B					2700	2700
77	I	18	B					2700	2700
78	I	18	B					2700	2700
79	I	18	B					2700	2700
80	I	18	B					2700	2700
81	I	18	B					2700	2700
82	I	18	B					2700	2700
83	I	18	B					2700	2700
84	I	18	B					2700	2700
85	I	18	B					2700	2700
86	I	18	B					2700	2700
87	I	18	B					2700	2700
88	I	18	B					2700	2700
89	I	18	B					2700	2700
90	I	18	B					2700	2700
91	I	18	B					2700	2700
92	I	18	B					2700	2700
93	I	18	B					2700	2700
94	I	18	B					2700	2700
95	I	18	B					2700	2700
96	I	18	B					2700	2700
97	I	18	B					2700	2700
98	I	18	B					2700	2700
99	I	18	B					2700	2700
100	I	18	B					2700	2700
WATTS TOTALES								80700 80900 80300 81800	



**ZONA LLENADO DE CARROSTANQUE**

**ZONA TANQUES DE ALMACENAMIENTO**

**TABLERO DE ALUMBRADO TIPO NY18**



**SIMBOLOGÍA**

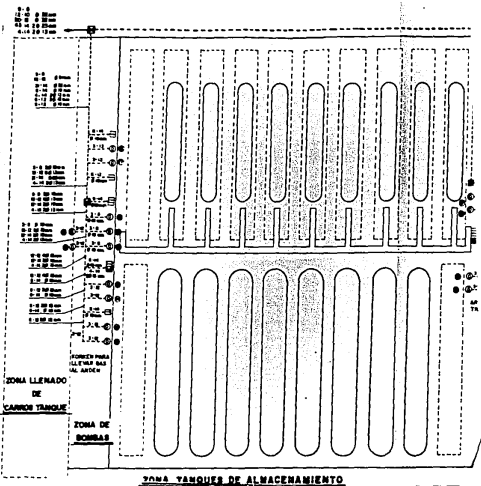
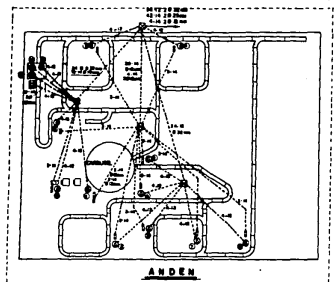
- ⊙ LAMPARA INCANDESCENTE A
- ⊙ LAMPARA INCANDESCENTE A
- ⊙ LAMPARA INCANDESCENTE B
- ⊙ TABLERO CONCENTRACION D
- ⊙ INTERRUPTOR TERMOMAGN

- NOTAS: 1.- LA TUBERIA NO SERA  
 2.- LA TUBERIA SERA 1  
 3.- OPERADA Y MOVIC  
 4.- LA TUBERIA ANTERO  
 5.- NO EXPLORADA E.L.I  
 6.- PARA LA SERVIDOR

**ESCUELA NACIONAL**  
**INSTALACION ELECTRICA I**  
**T E S I S**  
**JOSE ALEJAND**  
 IDENTIFICACION: BIM 02541



TAQUERO  
N.º 1



CUADRO DE ESPECIFICACIONES DE MAQUINARIA Y EQUIPO										
CANTIDAD	MOTORES	DESCRIPCION	MARCA	POT. (CV)	VOLTAJE (V)	FREQ. (CY)	TIPO	MARCA	AUT. B.I.C. - S.E.E.	OBS.
02	2	2400 3	INDUSTRIAL	2400	220	50	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
02	2	2400 3	INDUSTRIAL	2400	220	50	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
04	4	2400 3	INDUSTRIAL	2400	220	50	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
06	6	2400 3	INDUSTRIAL	2400	220	50	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
08	8	2400 3	INDUSTRIAL	2400	220	50	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
10	10	2400 3	INDUSTRIAL	2400	220	50	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
12	12	2400 3	INDUSTRIAL	2400	220	50	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
14	14	2400 3	INDUSTRIAL	2400	220	50	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
16	16	2400 3	INDUSTRIAL	2400	220	50	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
18	18	2400 3	INDUSTRIAL	2400	220	50	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
20	20	2400 3	INDUSTRIAL	2400	220	50	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
22	22	2400 3	INDUSTRIAL	2400	220	50	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
24	24	2400 3	INDUSTRIAL	2400	220	50	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
26	26	2400 3	INDUSTRIAL	2400	220	50	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
28	28	2400 3	INDUSTRIAL	2400	220	50	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
30	30	2400 3	INDUSTRIAL	2400	220	50	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
32	32	2400 3	INDUSTRIAL	2400	220	50	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
34	34	2400 3	INDUSTRIAL	2400	220	50	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
36	36	2400 3	INDUSTRIAL	2400	220	50	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
38	38	2400 3	INDUSTRIAL	2400	220	50	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
40	40	2400 3	INDUSTRIAL	2400	220	50	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
42	42	2400 3	INDUSTRIAL	2400	220	50	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
44	44	2400 3	INDUSTRIAL	2400	220	50	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
46	46	2400 3	INDUSTRIAL	2400	220	50	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
48	48	2400 3	INDUSTRIAL	2400	220	50	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
50	50	2400 3	INDUSTRIAL	2400	220	50	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
52	52	2400 3	INDUSTRIAL	2400	220	50	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
54	54	2400 3	INDUSTRIAL	2400	220	50	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
56	56	2400 3	INDUSTRIAL	2400	220	50	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
58	58	2400 3	INDUSTRIAL	2400	220	50	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
60	60	2400 3	INDUSTRIAL	2400	220	50	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
62	62	2400 3	INDUSTRIAL	2400	220	50	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
64	64	2400 3	INDUSTRIAL	2400	220	50	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
66	66	2400 3	INDUSTRIAL	2400	220	50	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
68	68	2400 3	INDUSTRIAL	2400	220	50	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
70	70	2400 3	INDUSTRIAL	2400	220	50	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
72	72	2400 3	INDUSTRIAL	2400	220	50	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
74	74	2400 3	INDUSTRIAL	2400	220	50	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
76	76	2400 3	INDUSTRIAL	2400	220	50	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
78	78	2400 3	INDUSTRIAL	2400	220	50	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
80	80	2400 3	INDUSTRIAL	2400	220	50	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
82	82	2400 3	INDUSTRIAL	2400	220	50	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
84	84	2400 3	INDUSTRIAL	2400	220	50	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
86	86	2400 3	INDUSTRIAL	2400	220	50	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
88	88	2400 3	INDUSTRIAL	2400	220	50	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
90	90	2400 3	INDUSTRIAL	2400	220	50	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
92	92	2400 3	INDUSTRIAL	2400	220	50	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
94	94	2400 3	INDUSTRIAL	2400	220	50	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
96	96	2400 3	INDUSTRIAL	2400	220	50	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
98	98	2400 3	INDUSTRIAL	2400	220	50	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
100	100	2400 3	INDUSTRIAL	2400	220	50	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL	INDUSTRIAL

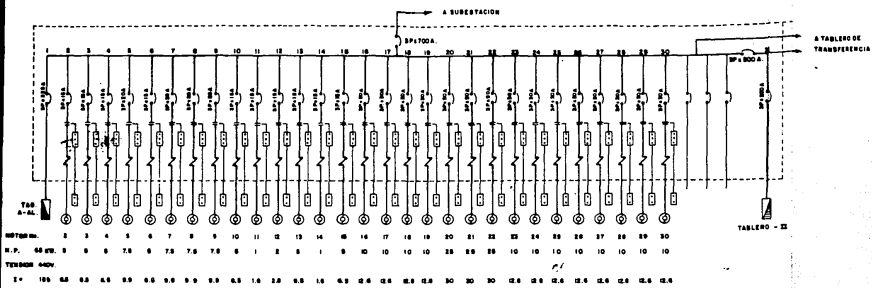
**SIMBOLOGIA**

- TUBERIA POR PISO
- TUBERIA POR PLAFON, O EN
- ⊙ TUBERIA DE CONDUCCION DE
- ⊙ MOTOR
- ⊙ MOTOR OPERACION DE VULCANIZACION
- ⊙ MOTOR DE PULIDO
- ⊙ ESTACION DE BOTONES ARRANCADOR
- ⊙ REGISTRO A PUNTERA DE ESCOPETA
- ⊙ REGISTRO DE RED GENERAL

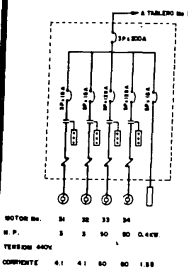
NOTAS: 1.- VER TABLERA DE CONTROL EN EL PLANO 12-0  
 2.- LA TUBERIA NO ESPECIFICADA ES DE 1 1/2 IN. Ø.  
 3.- PARA LA SIMBOLOGIA VER PLANO 12-0

**ESCUELA NACIONAL**  
**INSTALACION ELECTRICA**  
**YES 51**  
**JOSE ALEJANDRO**  
 AUTORIZACION: SIN ESCALA

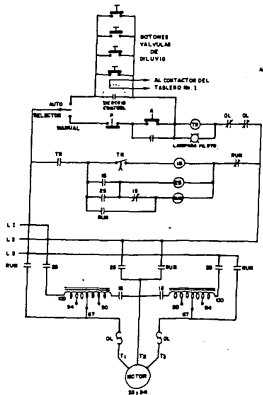




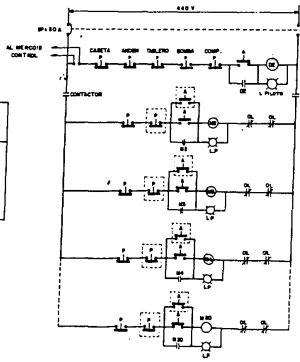
**DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL TABLERO I**



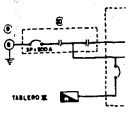
**CASETA DE BOMBAS CONTRA INCENDIO**



**DIAGRAMA DE CONTROL MOTOR UTILIZANDO UN ARRANCADOR A TENSION REDUCIDA**



**DIAGRAMA DE CONTROL DE MOTORES**

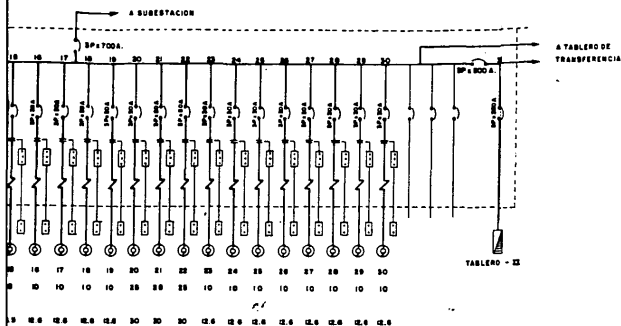


**DIAGRAMA UNIFILAR DE I**

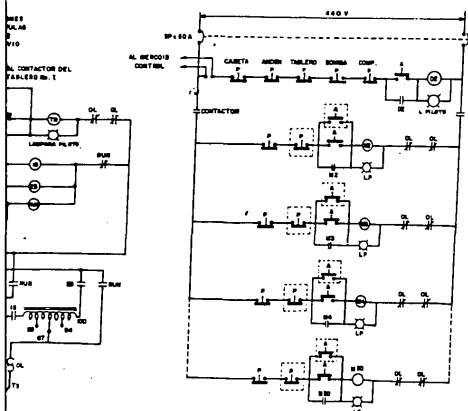
**SIMBOLOGIA**

- ① ADMITENTE DE LA C.A. SUBESTACION
- ② EQUIPO DE MEDICION
- ③ TRES AJUSTES DE DIFERENCIAL DE
- ④ APARTADOR AUTOMATICO DE
- ⑤ INTERRUPTOR EN AIRE
- ⑥ TRANSFORMADOR DE 800 KVA
- ⑦ INTERRUPTOR TERMOMAGNET
- ⑧ TABLERO GENERAL No. I
- ⑨ GENERADOR DE 300 KVA. 38.
- ⑩ TABLERO AUTOMATICO DE TR

<b>ESCUELA NACIONAL</b>	
DIAGRAMA UNIFILAR	
T E R M I N O	
JOSE ALEJAN	
FECHACION: 31/11	ESCALA:



## LAR GENERAL TABLERO I



UTILIZANDO UN UCIDA

DIAGRAMA DE CONTROL DE MOTORES

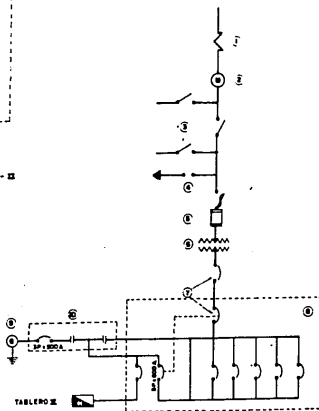


DIAGRAMA UNIFILAR DE LA SUBESTACION

### SIMBOLOGIA

- ① ACCOMETIDA DE LA CIA. SUMINISTRADORA.
- ② EQUIPO DE MEDICION.
- ③ TRES JUEGOS DE CUCHILLAS DE OPERACION EN BPO PARA SERVICIO NORMAL Y DE PRUEBA.
- ④ APARTARATOS AUTOVALVULARES PARA 25 KV.
- ⑤ INTERRUPTOR EN AIRE.
- ⑥ TRANSFORMADOR DE 300 KVA. 20-23 KV./740-284 V. 50, 60 HZ., CONEXION  $\Delta$ -Y.
- ⑦ INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO DE 3P 1700 A.
- ⑧ TABLERO GENERAL No. 1.
- ⑨ GENERADOR DE 300 KVA. 38, 440 V. 60 HZ.
- ⑩ TABLERO AUTOMATICO DE TRANSFERENCIA.

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON			
DIAGRAMA UNIFILAR Y DIAGRAMAS DE CONTROL			
YESIS PROFESIONAL L			
JOSE ALEJANDRO BUTIERREZ MEDINA.			
ACOTACION:	BIM	ESCALA	BIM
		PLANO No	IE-4