

NORMAS PARA INSTALACIONES ELECTRICAS  
Y DE EQUIPOS EN LUGARES PELIGROSOS

Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero  
Eléctrico en la especialización de Fuerza de la  
Escuela Politécnica Nacional.

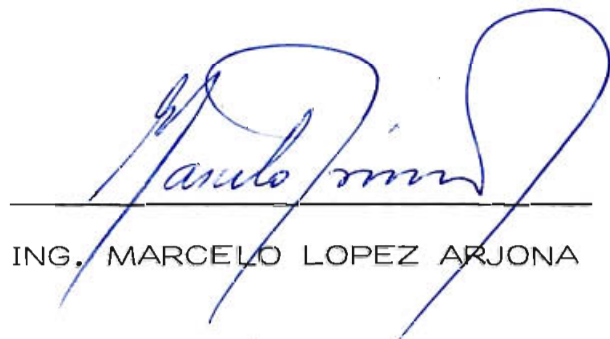
EDGAR RODRIGO CASTRO HITCHCOCK

Quito

Octubre, 1976

CERTIFICO QUE

El Sr. Edgar Rodrigo Castro Hitchcock  
ha realizado esta Tesis, bajo mi control  
como Director de la misma.



ING. MARCELO LOPEZ ARJONA

Quito,

Octubre, 1976

A MIS PADRES Y HERMANOS

## AGRADECIMIENTO

Dejo constancia de mis agradecimientos al Ing. Marcelo López A. y a todas las personas que de una u otra forma colaboraron para la realización del presente trabajo.

EL AUTOR

I N D I C E   G E N E R A LPágina N°

	INTRODUCCION .-	
1.1	Objeto	1
1.2	Alcance	3
	GENERALIDADES .-	
2.1	Aspectos Generales	4
2.2	Electricidad Estática	5
2.2.1	Generación de Electricidad Estática	7
2.2.2	Acumulación de Electricidad Estática	8
2.2.3	Descarga de Cargas Estáticas	9
2.2.4	Control de Electricidad Estática	10
2.3	DEFINICIONES .-	
	CLASIFICACION DE LOS LUGARES PELIGROSOS .-	
3.1	Locales de la Clase I	27
3.1.1	Características atmosféricas	27
3.1.2	Tipos de locales	29

<u>3.2</u>	Locales de la Clase II	46
3.2.1	Características atmosféricas	46
3.2.2	Tipos de locales	47
<u>3.3</u>	Locales de la Clase III	47
3.3.1	Características atmosféricas	47
3.3.2	Tipos de locales	47

#### MATERIALES .-

<u>4.1</u>	Conductores	53
4.1.1	Tipos de conductores	53
4.1.2	Instalación	61
<u>4.2</u>	Canalizaciones	71
4.2.1	Canalizaciones rígidas metálicas	71
4.2.2	Conductos metálicos flexibles	73
4.2.3	Instalación	75
<u>4.3</u>	Cajas metálicas	80
4.3.1	Cajas de derivación y empalme	81
4.3.2	Cubiertas metálicas	82

4.4	Tableros de Distribución	85
4.5	Compuestos aislantes	86
4.5.1	Características	86
4.5.2	Utilización	87
DISPOSITIVOS Y EQUIPOS ELECTRICOS.-		
5.1	Motores y Generadores	101
5.1.1	Tipos	102
5.1.2	Ubicación e instalación	105
5.2	Transformadores y Condensadores	108
5.2.1	Tipos	108
5.2.2	Ubicación e instalación	109
5.3	Interruptores, Conmutadores, Resistencias y Fusibles	111
5.3.1	Tipos	111
5.3.2	Instalación	114
5.4	Sistemas de Seguridad y Señalización	116
5.4.1	Instalación de conductores	116
5.4.2	Dispositivos	117

5.5	Sistemas de alumbrado	119
5.5.1	Alumbrado fijo	121
5.5.2	Lámparas portátiles	123
5.6	Equipos móviles	126
5.7	Puestas a tierra	126
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.-	133
	BIBLIOGRAFIA .-	137



## C A P I T U L O I

### 1.1 OBJETO .-

#### INTRODUCCION .-

La actual situación en la que nos encontramos en el Ecuador, ha incentivado la creación de industrias y está creando las bases para que en un futuro próximo se implanten industrias todavía más considerables en su complejidad, cantidad de producción, etc. Es también conocido que debido al descubrimiento del Petróleo en nuestro país, ha surgido la necesidad de contar con una Petroquímica que aproveche de los residuos para procesar determinados artículos.

Debemos anotar que entre otras cosas la instalación de ese tipo de nuevas industrias requiere una mayor tecnificación en las instalaciones eléctricas y en el montaje de los equipos a usarse en las mismas, para hacer de estas instalaciones seguras y adecuadas y evitar situaciones de peligro para personas y bienes.

Con el objeto de dictar normas de seguridad para la protección de personas y construcciones de los riesgos por el uso de la electricidad, el Colegio de Ingenieros Eléctricos de Pichincha elaboró en 1974, el primer Código Eléctrico Ecuatoriano, el cual sirvió de pauta

para que el Instituto Ecuatoriano de Electrificación (INECEL), el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) y las Escuelas Politécnicas de Quito y Guayaquil organicen una comisión, la cual tenía como fin revisar el primer Código Eléctrico Ecuatoriano.

Para la realización de tal revisión, la comisión creyó conveniente la división del trabajo en Capítulos que debían ser desarrollados adecuadamente para hacer del Código Eléctrico Ecuatoriano un libro de reglamentos totalmente respaldados. Para asegurar aún más el objetivo del trabajo se dió la oportunidad a los estudiantes de las Escuelas Politécnicas de presentar el trabajo como Tesis de Grado previa a la obtención del Título de Ingeniero Eléctrico, lógicamente dando al trabajo el giro necesario y la investigación conveniente que las Condiciones Académicas de la EPN lo exigen.

Uno de los temas que contiene el Código y que se desarrolla en el presente trabajo es el de INSTALACIONES ELECTRICAS Y DE EQUIPOS EN LUGARES PELIGROSOS.

#### OBJETO .-

El objeto del presente trabajo de tesis es dar los criterios fundamentales que se deben aplicar para determinar el grado de peligrosidad que presenta un local con respecto a las instalaciones eléctricas o montaje de equipos y dispositivos eléctricos a realizarse en

aquel.

Además, se establecen los requerimientos mínimos, - de seguridad que deben reunir los materiales, equipos y dispositivos eléctricos a utilizarse en las diferentes áreas clasificadas como Lugares Peligrosos.

La determinación y aplicación cuidadosa de éstos criterios traerá consigo grandes beneficios tales como la seguridad de la vida de las personas (Ingenieros, Instaladores, Operadores, etc, y otras particulares) que están expuestas a accidentes ocasionados por la electricidad y la adecuada protección a inversiones y a los - equipos instalados.

## 1.2 ALCANCE .-

Los criterios que de una manera general se exponen en el presente trabajo son aplicables a todos aquellos locales considerados peligrosos, y que se pueden encontrar en la mayoría de plantas industriales.

Además se profundiza un poco en lo que se refiere a los locales industriales relacionados con el petróleo y de manera especial a las refinerías, debido a la importancia y actualidad que éstas tienen.

## C A P I T U L O   I I

### 2.1 ASPECTOS GENERALES .-

Las instalaciones eléctricas son una realización práctica que deben permitir la eficaz conducción, conexión y protección de determinado equipo ó aparato eléctrico.

Lo primero que se debe hacer para que la instalación sea adecuada es examinar cuidadosamente los medios que permitan cumplir eficazmente la conducción de la energía eléctrica, determinándose el conductor necesario tanto en material del alambre y aislamientos, como en el calibre del mismo; además debe preverse los medios mecánicos que posibiliten ésta conducción, esto es, abrazaderas de sujeción, ductos y cajas de conexión o empalme.

Afectan en esta selección en primera instancia, la disponibilidad del mercado y por tanto los costos del conductor a escogerse, y las características del ambiente por el que se va a efectuar la instalación eléctrica; es menester por esto indagar sobre la humedad, características químicas del ambiente, temperaturas, exposición a la luz y/o al ozono así como la posibilidad de existencia de hongos, que atacarán tanto el sis

tema mecánico como al aislante del conductor.

Para fijar la sección o calibre del conductor es necesario analizar si su capacidad térmica, a las condiciones de temperatura y aglomeración dados, satisface el régimen del equipo alimentado, y si la distancia, así como la impedancia del conductor no reducen la tensión sobre el equipo en medida tal que imposibiliten su funcionamiento en cualquier circunstancia.

Luego debe escogerse el medio más adecuado para la conexión del conductor a la fuente de energía (barras de un tablero, red externa, generador, etc.,).

Por último se debe determinar que medios han de proteger la instalación diseñada, sean éstos elementos - térmicos, magnéticos, etc.; será necesario coordinar todas las protecciones escogidas a efecto de que cada una trabaje en el sector para el cual fue proyectada y no interfiera la protección en sectores más amplios de la instalación.

Los requisitos a tratarse en el presente trabajo, son sólo aplicables hasta tensiones de 600 voltios.

## 2.2

### ELECTRICIDAD ESTÁTICA .-

Debido al peligro que presenta la acumulación de cargas estáticas en los Lugares Peligrosos, se tratará

brevemente sobre este fenómeno.

#### DEFINICION .-

Electricidad Estática o Electroestática es la acumulación de cargas eléctricas en la superficie de un cuerpo.

La Electricidad estática puede ser un elemento útil, - una perturbación o un peligro en la industria. Entre sus aplicaciones tenemos que sirve para limpiar el aire de polvos o impurezas, para recuperar productos valiosos suspensos en los gases, para separar materiales, para mejorar las aplicaciones de pintura y para muchas otras finalidades. Cuando se forman cargas - estáticas en las correas, en los papeles y telas en la etapa de fabricación, en líquidos inflamables que fluyen a través de tuberías, en vehículos en movimiento y en otros casos, tales cargas constituyen una molestia y pueden interferir con los procesos de fabricación o llegar a ser un peligro de explosión.

En el presente caso trataremos a la electricidad estática como un peligro y analizaremos su formación y las maneras más comunes de proteger el fuego originado por las cargas estáticas.

Para que una carga estática sea una fuente de ignición, deberá cumplir las siguientes condiciones:

- a) Deberá existir un medio de generación estática.
- b) Deberá haber un medio de acumulación de las cargas estáticas, capaz de producir ignición.
- c) Deberá haber un medio por el cual se descarguen las cargas acumuladas.

### 2.2.1 GENERACION DE ELECTRICIDAD ESTATICA .-

La electricidad estática, puede generarse por separación de materiales, en cuyo caso las cargas eléctricas también son separadas. La energía que se requiere para separar dos cargas representa un incremento de voltaje entre dos materiales o entre dos partes del mismo material.

En los elevadores de granos y en los molinos se encuentra con frecuencia formaciones de cargas estáticas, no solamente en las correas de accionamiento de la maquinaria, sino también en las cintas de los transportadores y en los rodillos. Existe mayor generación de cargas estáticas cuando se transporta grano sucio que cuando se transporta grano limpio, quedando cargado el metal con electricidad positiva, y el grano que pasa por su superficie, con electricidad negativa.

En las fábricas textiles se ha comprobado también la formación de cargas estáticas producidas por la pre-

sión ejercida por los rodillos sobre las fibras y por la presión ejercida entre sí por las fibras, las cargas en las fibras textiles son generalmente positivas.

En la fabricación de papel y en las imprentas también existe la generación de electricidad estática, en las partes en las cuales el papel o el tejido se somete a presión o rozamiento sobre un material sólido, las cargas electrostáticas son más notables justo en el punto de separación del sólido contra el cual se ha apretado.

Cuando se vierte gasolina u otros líquidos inflamables, a gran velocidad por una boquilla dentro de un tanque aislado de tierra, se originan cargas electrostáticas en el tanque; o cuando un líquido está sometido a movimiento o agitación una pequeña parte de éste se separa dando como resultado la generación de electricidad estática.

También existe generación de electricidad estática cuando una rueda de un vehículo gira sobre el camino originando desprendimientos del material de la rueda.

#### 2.2.2 ACUMULACION DE ELECTRICIDAD ESTÁTICA.-

La acumulación de cargas estáticas está influenciada por la temperatura y las condiciones climatológicas. Las bajas temperaturas favorecen a la acumulación -



de cargas estáticas, pero en atmósferas secas se acumulan con facilidad a cualquier temperatura; por el contrario en atmósferas húmedas y calientes la acumulación de cargas electrostáticas desaparecen considerablemente.

Las cargas estáticas se acumulan solamente en cuerpos bien aislados. La cantidad de carga estática que puede ser acumulada en un cuerpo aislado depende de:

- a) La rapidez a la cual la carga estática está siendo generada.
- b) La resistencia del camino por el cual la carga puede disiparse.
- c) La capacidad del cuerpo aislado, esto es, la meda eléctrica de la cantidad de carga que puede ser acumulada en un cuerpo.

Bajo condiciones favorables grandes cargas estáticas son generadas y acumuladas rápidamente. Se ha encontrado por ejemplo potenciales de hasta 3.000 vol-tios en tanques aislados de tierra, los cuales han estado siendo llenados con gasolina a razón de 300 galo-nes por minuto.

### 2.2.3 DESCARGA DE CARGAS ESTATICAS .-

Para que una carga estática se descargue, la carga

acumulada deberá ser capaz de saltar a través de una cierta distancia.

Para una distancia dada entre dos puntos en el aire o en un gas, hay cierta presión crítica a la cual se produce la descarga con el mínimo potencial. Así, con una distancia de 3 mm. en el aire, se produce la chispa, a una presión de 1.5 mm., aproximadamente a 340 voltios.

Para que una descarga constituya peligro de fuego, el espacio deberá exceder de una mínima longitud crítica, que permita la formación de un nivel suficiente de energía tal que la descarga resulte incendiaria, y obviamente deberá existir la presencia de una atmósfera inflamable.

#### 2.2.4 CONTROL DE ELECTRICIDAD ESTÁTICA .-

El peligro de fuego que puede aparecer debido a descargas estáticas puede ser eliminado o controlado, eliminando una o más de las condiciones que previamente fueron tratadas, esto es, generación, acumulación, descarga de cargas estáticas; o también controlando las mezclas explosivas en los puntos de peligro. Hay algunos medios básicos y efectivos que pueden ser usados en la industria para controlar este peligro, entre estos tenemos: conexión a tierra de los armazones metálicos, control de la generación de cargas, control

del ambiente y recubrimiento de los equipos que pueden ocasionar peligro. La selección de cualquiera de estos métodos está determinado por su practicabilidad.

a) CONEXION A TIERRA Y CONEXION ENTRE ARMAZONES METALICOS .-

Cuando hay dos puntos entre los cuales puede ocurrir una chispa en presencia de mezclas inflamables, la solución puede ser unir un conductor entre ambos puntos, esto impide una diferencia de potencial a través del espacio debido a que provee un camino de retorno para las cargas, impidiendo que éstas se acumulen y pueda ocurrir una descarga. Por supuesto, esto es efectivo solamente entre materiales eléctricamente conductores y no es aplicable en el caso que se tenga líquidos no conductores en grandes recipientes.

La tierra puede ser usada como una parte del sistema de puentes de tal forma que todas las partes metálicas en las que se puedan acumular cargas queden conectadas a tierra.

Las correas en las que se pueden acumular cargas estáticas se pueden descargar disponiendo un peine de púas metálicas conectado a una buena tierra y suspendido cerca de la superficie de la correa. Se pueden también utilizar correas an-

tiestáticas o con recubrimiento antiestático, pero éstas soluciones no son permanentes ya que las correas pueden perder sus características antiestáticas, lo que obliga a tratar periódicamente las correas con recubrimientos especiales, resultando éste método económicamente más caro.

En la fabricación del papel y en las imprentas, en donde conforme sale el papel del cilindro impresor, lleva en su superficie una carga negativa, se puede evitar las cargas por medio del humedecimiento de la atmósfera, siempre que esto sea practicable.

b) CONTROL DE LA GENERACION DE CARGAS - ESTATICAS .-

Una carga peligrosa puede ser creada si la capacidad de generación estática excede a la capacidad de disipación a través de un camino que ofrece resistencia.

Por ejemplo, la superficie del aceite u otro líquido inflamable del petróleo, contenido en un tanque cerrado, tiende a cargarse, cuando el líquido es agitado ya sea por la turbulencia debida a un llenado rápido o por la presencia de pequeñas partículas de materiales conductivos, tal como el agua o partículas de hierro. La capacidad de

generación se ve influenciada en líquidos refinados, ya que los mismos tienen poca cantidad de agua y su superficie por lo tanto no es conductora, dando origen a la formación de cargas eléctricas en la superficie. En este caso lo que se debe hacer es evitar la turbulencia del líquido - realizando el llenado en los tanques más lentamente o introduciendo en el líquido la tubería del llenado, es también aconsejable evitar que se introduzcan al líquido partículas metálicas. Es necesario aclarar que la puesta a tierra del tanque no evita la formación o acumulación de cargas estáticas en la superficie de los líquidos del petróleo causada por la turbulencia del mismo.

c) CONTROL DE AMBIENTE .-

Si las descargas estáticas no se pueden evitar de la manera descrita anteriormente, la prevención de mezclas inflamables de vapor-aire podría ayudar a evitar incendios o explosiones. Esto es importante en el caso de líquidos del petróleo que tienen bajo punto de inflamación - (flash point) en condiciones atmosféricas normales, sobre todo cuando éstos líquidos se evaporan con facilidad.

Los métodos para controlar el ambiente pueden ser por eliminación de las mezclas inflamables

o eliminando el área donde puedan acumularse dichos vapores.

En el primer caso se puede evitar los peligros de fuego, disminuyendo la cantidad de oxígeno - contenido en la atmósfera o inyectando gas inerte en lugar de aire. En tanques de gasolina u otros líquidos volátiles el espacio que ocupa el vapor puede inflamarse en condiciones atmosféricas normales.

En el segundo caso, se puede eliminar el espacio de vapor utilizando cubiertas móviles en los tanques de almacenamiento de combustible.

Los equipos en los cuales se pueden inducir cargas estáticas debido a fenómenos atmosféricos, se pueden proteger cubriéndoles con lo que se conoce como "Caja de Faraday", las mismas que deben tener una conexión sólida a tierra.

### 2.3 DEFINICIONES .-

A continuación se definen aquellos términos más utilizados en el presente trabajo, lo cual facilitará para una mejor comprensión del mismo.

ACOMETIDA .- Conjunto de conductores y accesorios utilizados para transportar la energía

del sistema de suministro de electricidad, a la instalación eléctrica de un edificio.

**AISLADO** .- Significa que un objeto no es fácilmente accesible a las personas, a menos que utilicen medios especiales para el acceso.

**AJUSTES** .- Son aquellos accesorios, tales como -  
contratuercas, manguitos y otras partes de la instalación eléctrica, cuyo fin principal es realizar una función más bien de índole mecánica que elétrica.

**ALIMENTACION** .- La alimentación está constituida -  
por los conductores del circuito, entre el equipo del servicio o del tablero del equipo y el dispositivo contra sobrecargas de la derivación.

**ASKAREL** .- Un líquido sintético aislante no inflamable, que cuando se descompone con el arco eléctrico, produce únicamente gases no explosivos.

**AUTOMATICO** .- Significa que actúa por sí mismo, que opera por su propio mecanismo cuando se ve impulsado por alguna influencia impersonal; por ejemplo, un cambio en la intensidad de la corriente, presión, temperatura o una configuración mecánica.

A PRUEBA DE EXPLOSION.- Un aparato a prueba de explosión es un aparato encerrado en una caja que es capaz de resistir la explosión que pueda producirse dentro de ella por un gas o vapor determinado, y también evitar, cuando exista dicho gas o vapor en el exterior, su inflamación por chispas o explosiones en el interior de la caja y debe operar a una temperatura externa tal, que no provoque la ignición de una atmósfera inflamable que lo circunde.

A PRUEBA DE INTEMPERIE.- A prueba de intemperie significa, que se construye o protege de tal manera que la exposición a la intemperie no a de interferir con una operación satisfactoria.

CAJA .- Aparato que permite que un dispositivo eléctrico se aisle del medio que lo rodea; en los lugares peligrosos las cajas deben ser metálicas.

CANALIZACION .- Conducto o tubo cuyo fin es alojar conductores eléctricos.

CONDUCTOR DESNUDO.- Un conductor desnudo es aquel que no tiene ni recubrimiento ni aislamiento.



CONDUCTOR CUBIERTO .- Un conductor cubierto tiene una o más capas de materiales no conductores.

CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA.- Un conductor que sirve para conectar un equipo, dispositivo o instalación eléctrica con uno o más electrodos de puesta a tierra.

DESCONEXION, MEDIO DE .- Un dispositivo o grupo de dispositivos, mediante los cuales se puede desconectar de su fuente de alimentación los conductores de un circuito.

DISPOSITIVO .- Accesorio de un sistema eléctrico - destinado a llevar la energía eléctrica, pero no a utilizarla.

EQUIPO .- Término general en el cual quedan incluidos materiales, ajustes, dispositivos, aparatos y todo lo que se emplea como parte de una instalación eléctrica, o que tiene relación con ella.

EQUIPO DE UTILIZACION .- El equipo de utilización es aquel que utiliza la energía eléctrica para sus usos mecánicos, químicos, caloríficos, de alumbrado o similares.

EQUIPO HERMETICO AL POLVO.- Construído de tal forma que el polvo no pueda pasar a través.

INTERRUPTOR PARA USO GENERAL.- Un interruptor para uso general es destinado a ser utilizado como tal en la distribución general y circuitos derivados. Se clasifican por su capacidad en amperios y pueden interrumpir circuitos con corriente y tensiones iguales a los fijados para su clase.

INTERRUPTOR TERMICO .- Es un dispositivo de protección de sobrecargas que tiene un elemento térmico que actúa sobre una parte fusible de tipo renovable, la cual abre el circuito. No está proyectado para interrumpir cortocircuitos.

INTERRUPTOR MAGNETICO.- Es un dispositivo de protección diseñado para abrir, sin dañarse a sí mismo, en caso de cortocircuito.

LUGAR HUMEDO .- Local en el que reina un grado de humedad moderado, como sótanos, cámaras frigoríficas, etc.

LUGAR MOJADO .- Lugar saturado de humedad, bien de agua o de otros líquidos co-

mo ocurre con los situados a la intemperie.

LUGAR PELIGROSO .- Es un local o parte de un local en el cual sustancias inflamables en condiciones normales o anormales de operación pueden encontrarse presentes en cantidades suficientes capaces de formar mezclas explosivas o inflamables.

LUGAR SECO.- Local que normalmente carece de humedad.

MANDO A DISTANCIA, CIRCUITO DE.- Cualquier circuito eléctrico que gobierna a otro circuito a través de un relé o dispositivo equivalente.

MOTOR CERRADO .- Es aquel cuya carcasa impide la circulación del aire del ambiente en su interior.

MOTOR HERMETICO .- Cerrado en forma tal que no entra aire en su interior.

MOTOR A PRUEBA DE GOTEO .- Aquel que está cubierto de tal forma que está defendido de la lluvia, pero al cual puede entrar agua o humedad.

MOTOR VENTILADO .- El que está provisto de medios para circular el aire con el fin de eliminar exceso de calor, humo o vapor.

TABLERO DE DISTRIBUCION .- Un tablero único o grupo de tableros diseñados para estar agrupados en forma de tablero único, contiene barras con interruptores o dispositivos automáticos de protección contra sobrecargas, o sin ellos, para la regulación de los circuitos de alumbrado o potencia, separados y de pequeño consumo, y diseñado para ser colocado en un armario o caja, siendo accesible normalmente por el frente.

TABLERO GENERAL .- Es aquel desde el cual se alimenta y se protege toda la instalación y puede servir para cortar la corriente a ella.

TENSION DE UN CIRCUITO.- La mayor diferencia de potencial eficaz entre dos conductores cualesquiera del circuito.

TIERRA, PUESTA A .- Quiere decir conectado a tierra o algún otro cuerpo que sirve en vez de tierra.

VENTILADO .- Provisto de algún medio que permita la circulación del aire en cantidad -

suficiente para hacer desaparecer todo exceso de calor,  
humo, gas o vapor.

### C A P I T U L O   I I I

#### CLASIFICACION DE LOS LUGARES PELIGROSOS .-

El propósito de este capítulo es además de la clasificación de los lugares peligrosos el de dar las bases y procedimientos que se deben seguir para determinar con seguridad el tipo de local que se quiera clasificar.

/"Lugar Peligroso" es un local o parte de un local en el cual sustancias inflamables en condiciones normales o anormales de operación pueden encontrarse presentes en cantidades suficientes capaces de formar mezclas explosivas o inflamables.

La importancia de la determinación de un lugar peligroso radica fundamentalmente en la seguridad que debe prestar una instalación, con la utilización de equipos y materiales apropiados para dichos lugares; y en la economía de la instalación lo cual se obtiene instalando los equipos y materiales apropiados (por lo tanto más costosos) solamente en los lugares donde realmente hay peligro.

Los factores que intervienen en la determinación de un Lugar Peligroso son principalmente:

- Tipo de local o area (abierto, cerrado y grado de

ventilación.

- Ubicación de la fuente que origina la disipación o escape de las sustancias o materiales inflamables.
- Cantidad y tipo de material inflamable que es disipado.
- Temperatura ambiental y temperatura superficial de los equipos.

Tipo de Local .- Un local cerrado y que carezca de ventilación o con una ventilación inadecuada impide la disipación de gases, vapores o polvos inflamables que podrían estar presentes en la atmósfera, por lo tanto esto influye de manera directa en la acumulación de tales sustancias y al mismo tiempo incrementa el peligro de incendio.

- La ubicación de la fuente que origina la disipación o escape de materiales inflamables determina también la peligrosidad o grado de peligro que tiene un local, ya que éstas fuentes pueden estar localizada en sitios que sean favorables para su disipación o por el contrario determinen acumulaciones en sitios cercanos a instalaciones eléctricas.
- La cantidad y el tipo de sustancias inflamables disipadas influyen en la clasificación ya que para la existencia de peligro es necesario tener presente una determinada cantidad de sustancias inflama

bles que formen mezclas explosivas. En otras palabras, las explosiones ocurren únicamente dentro de ciertos rangos de composición (Tabla 3.1).

- Temperatura ambiental y temperatura superficial de los equipos:

Es necesaria la determinación de las temperaturas ambientales y temperatura en la superficie de los equipos, debido a que una temperatura elevada en contacto con mezclas atmosféricas inflamables pueden ocasionar explosión o incendio. En forma general se recomienda que la temperatura superficial de los equipos no deba exceder al 80% del límite de ignición de la atmósfera que lo rodea.\

Se ha realizado la clasificación en Lugares Peligrosos en base a la del Código Eléctrico Nacional cuya clasificación es la más aplicada y comprende todas las posibilidades de ambientes que pueden ser encontradas en la industria.

/Lugares Clase I .- Aquellos donde gases o vapores inflamables están o pueden estar presentes en cantidades suficientes para producir mezclas explosivas o inflamables.

Lugares Clase II .- Aquellos que son peligrosos debido a la presencia de polvos com-



LIMITES DE EXPLOSIVIDAD

Tabla 3.1

Atmósferas Peligrosas	Rango de concentraciones explosivas basados en volumen.	INFERIOR	SUPERIOR
GRUPO A	2.5 %	80 %	
GRUPO B	4.1 %	74.2 %	
GRUPO C	1.85 %	36.5 %	
GRUPO D	1.3 %	6 %	

001725

bustibles.

Lugares Clase III .- Aquellos donde fibras fácilmente inflamables o materiales que produzcan partículas combustibles son manejados, fabricados o usados.

Los lugares clasificados como Clase I y Clase II se subdividen en:

Lugares Clase I División 1 .- Lugares en los cuales las concentraciones peligrosas de gases o vapores inflamables existen continuamente, intermitentemente o periódicamente bajo condiciones normales de trabajo.

Lugares Clase I División 2 .- En los cuales líquidos volátiles o gases inflamables son manejados, procesados y usados pero los cuales normalmente se encuentran confinados dentro de recipientes o sistemas cerrados de los cuales solo pueden salir o escapar en caso de una rotura accidental, avería u operación anormal del equipo.

Lugares Clase II División 1 .- Son aquellos que contienen atmósferas explosivas en condiciones normales de operación.

Lugares Clase II División 2 .- Son aquellos en los cua

les solo bajo condiciones anormales puede existir la posibilidad de incendio o explosión.

### 3.1 LOCALES DE LA CLASE I .-

#### 3.1.1 CARACTERISTICAS ATMOSFERICAS .-

Como se indicó anteriormente ésta clasificación se caracteriza por la presencia de gases o vapores inflamables que pueden proceder de líquidos volátiles inflamables o gases licuados inflamables cuando son transvasados, o están en proceso de almacenamiento.

Los líquidos inflamables se caracterizan por su volatilidad, esto quiere decir que de éstos líquidos escapan con facilidad moléculas que adquieren propiedades de gas.

La presión de vapor ejercida por las moléculas aumenta cuando aumenta la temperatura, por lo tanto al elevar la temperatura de los líquidos éstos tienden a evaporarse en mayor cantidad.

Estos gases o vapores se caracterizan por tener baja densidad de vapor, alta velocidad de propagación de la llama, alta temperatura de ignición y baja energía mínima de ignición.

Estas características determinan que los gases tengan

una gran facilidad de disipación por lo cual el área - que se ve afectada por su presencia no está solamente limitada al punto donde los mismos se disipan, sino - que alcanzan mayores distancias dependiendo de las corrientes de aire presentes. También se caracterizan estos gases porque la energía que necesitan para que se inflamen es mínima, consecuentemente esto determina que no se pueda tener en los lugares de tratamiento o almacenamiento temperaturas cercanas a la de inflamación de los gases (Ver tabla 3.2 temperatura de inflamación de los gases).

Se ha agrupado a los gases o vapores inflamables en - grupos que tengan características similares de inflamación:

- Grupo A :     Atmósferas que contienen acetileno .
- Grupo B :     Atmósferas que contienen hidrógeno o gases de peligro equivalente.
- Grupo C :     Atmósferas que contengan vapores de eter etílico, eter etileno o ciclopropano.
- Grupo D :     Atmósferas que contengan vapores de gasolina, hexano, bencina, bûtano, propano, alcohol, acetona, benzol, gas natural o vapores de disolventes de lacas.

Los equipos eléctricos además de ser aprobados para - el tipo de lugar peligroso deberán ser aprobados para

el tipo de atmósfera presente.

### 3.1.2 TIPOS DE LOCALES .-

Los locales Clase I, División 1 o División 2 que se pueden encontrar son: áreas de refinerías de petróleo, áreas de almacenamiento de líquidos volátiles inflamables, - áreas de expendio de gasolina, áreas en donde se realizan procesos de pintura, áreas donde se trabajen con disolventes volátiles inflamables, plantas de limpieza y tintorería, áreas donde se procese o almacene gas, áreas de hospitales en donde se utilicen anestésicos (Salas de Operación), áreas donde se elaboren cosméticos o productos farmacéuticos, áreas de hangares de aviación, - áreas de garages de reparación.

Los lugares utilizados para almacenar gases licuados y líquidos peligrosos contenidos en recipientes herméticamente cerrados, no se considerarán normalmente peligrosos, a menos que estén sometidos a otras condiciones de peligro.

### REFINERIAS DE PETROLEO .-

Las áreas de refinerías que deben ser clasificadas como Clase I División 1 son aquellas en donde existen válvulas que frecuentemente son operadas y que por tal razón dejan escapar a la atmósfera gases o vapores inflama-

bles , o areas en donde un equipo o parte de un equipo recibe mantenimiento periódico y que por ésta razón deja escapar cantidades apreciables de líquidos o vapores inflamables.

Las areas clase I División 1 están rodeadas de una - area Clase I División 2 debido a que por razones anormales el peligro puede extenderse más allá de los límites establecidos para la Clase I División 1, una razón anormal sería que el escape de gases o líquidos inflamables se realice bajo una fuerte presión o también debido a la presencia de corrientes de aire, alcanzando así mayores areas.

Los criterios que se deben tener en cuenta para determinar la extensión de una area clasificada son los siguientes:

1. En caso de que no existan paredes, cubiertas o cualquier otro obstáculo, y en ausencia de corrientes de aire, los vapores se dispersan en todas las direcciones dependiendo solamente de la densidad del vapor y de la velocidad de dispersión. Entonces si consideramos la fuente de dispersión como un punto, el area horizontal que cubrirían estos vapores sería un círculo.
2. Para vapores más pesados que el aire y que se disipan a un determinado nivel el area de mayor concentración de peligro estaría a niveles inferior

res al punto de disipación y a medida que la altura incrementa el peligro disminuye por cuanto la concentración de vapores también disminuye. Para vapores más livianos que el aire sucede lo contrario, es decir que el mayor peligro se encuentra a niveles superiores al punto de disipación de los vapores.

3. Los límites de una área clasificada se ven alternados cuando los vapores escapan bajo presión en cuyo caso el área se ve extendida, o en el caso de que existan ligeras corrientes de aire lo cual haría que el área se extienda en dirección de la corriente de aire.

En la práctica se ve demostrado el hecho de que vapores más pesados que el aire se dispersan rápidamente en áreas adecuadamente ventiladas, por ésta razón áreas exteriores o áreas que tienen una ventilación equivalente a un área exterior son generalmente clasificadas como División 2. Sin embargo, cuando la ventilación es inadecuada las concentraciones de vapor aumentan y ésta situación justifica para que un área sea clasificada como División 1.

Es aconsejable en el diseño de construcciones destinadas a la industria petrolera proveer de una ventilación adecuada, considerando el volumen del edificio, el área ocupada y la dimensión y número de ventanas, de esta

forma se reducen considerablemente las áreas Clase I, División 1.

### RECOMENDACIONES PARA DETERMINAR EL GRADO DE EXTENSION DE AREAS PELIGROSAS EN REFINERIAS DE PETROLEO.

Las siguientes recomendaciones se hacen en base a análisis cuidadosos hechos en la mayoría de las refinerías de petróleo.

1. En el caso de que los líquidos o vapores inflamables que son manejados o procesados son más pesados que el aire:
  - a) En sistemas cerrados dentro de áreas adecuadamente ventiladas, las figuras 3.1 y 3.2 muestran la manera como se clasifican las áreas de acuerdo a su distancia al foco de peligro.

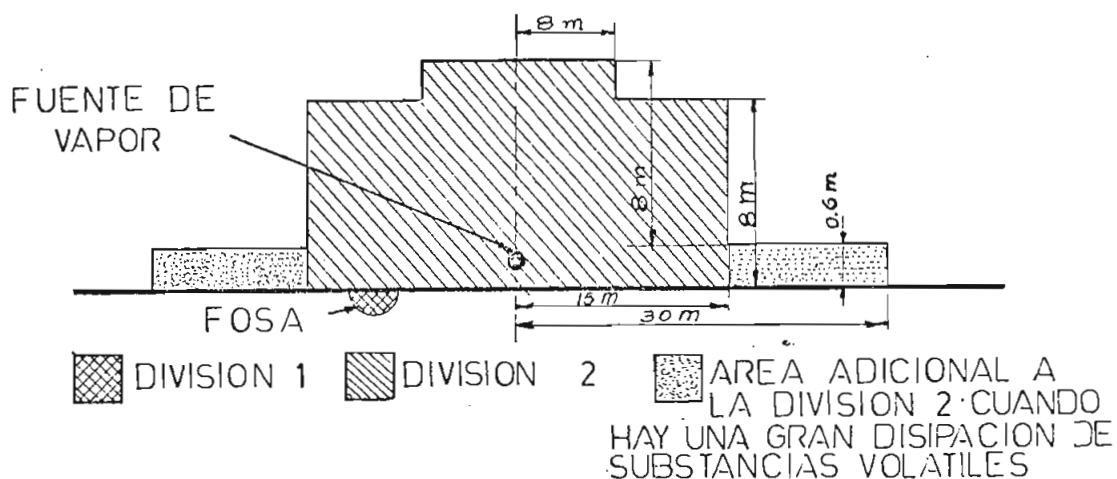


FIG 3.1 AREA ADECUADAMENTE VENTILADA (FUENTE DE PELIGRO CERCA DEL NIVEL DEL SUELO)



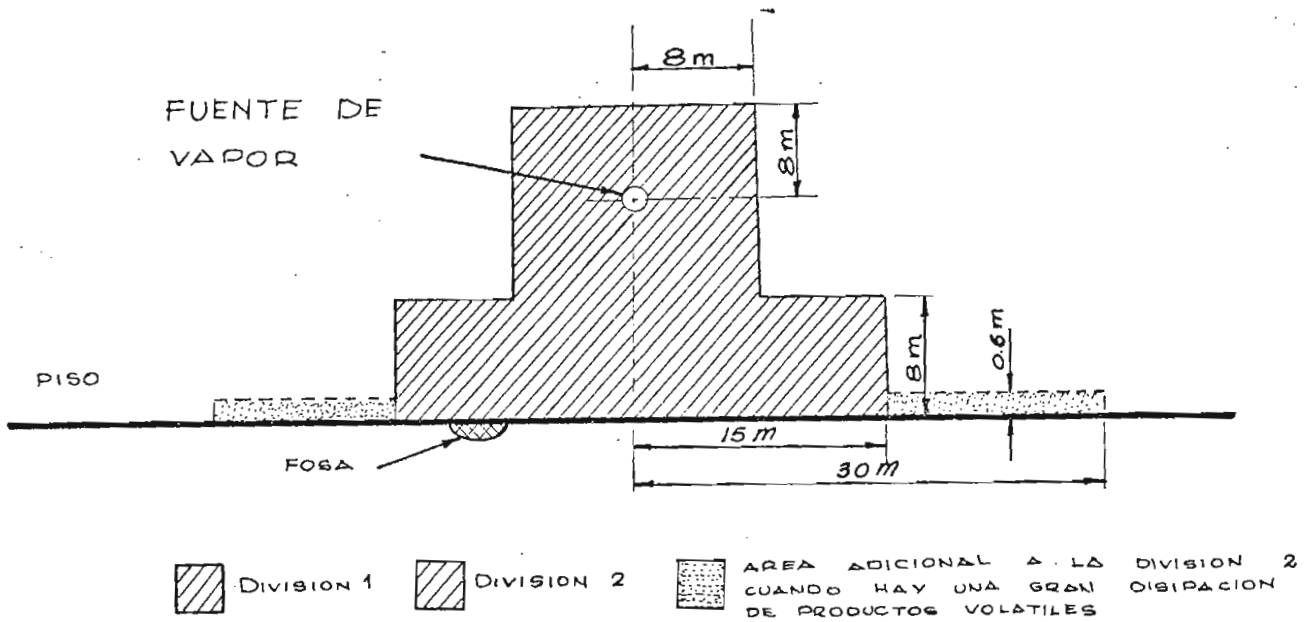


FIG 3.2 AREA ADECUADAMENTE VENTILADA (FUENTE DE PELIGRO ARRIBA DEL PISO)

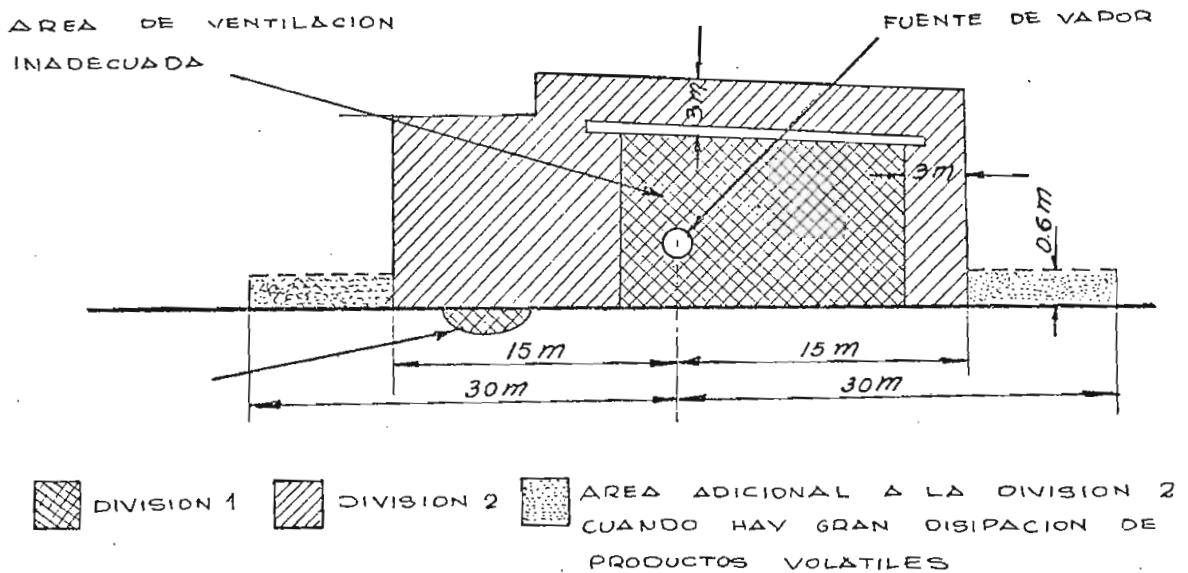


FIG 3.3 AREA CON VENTILACION INADECUADA

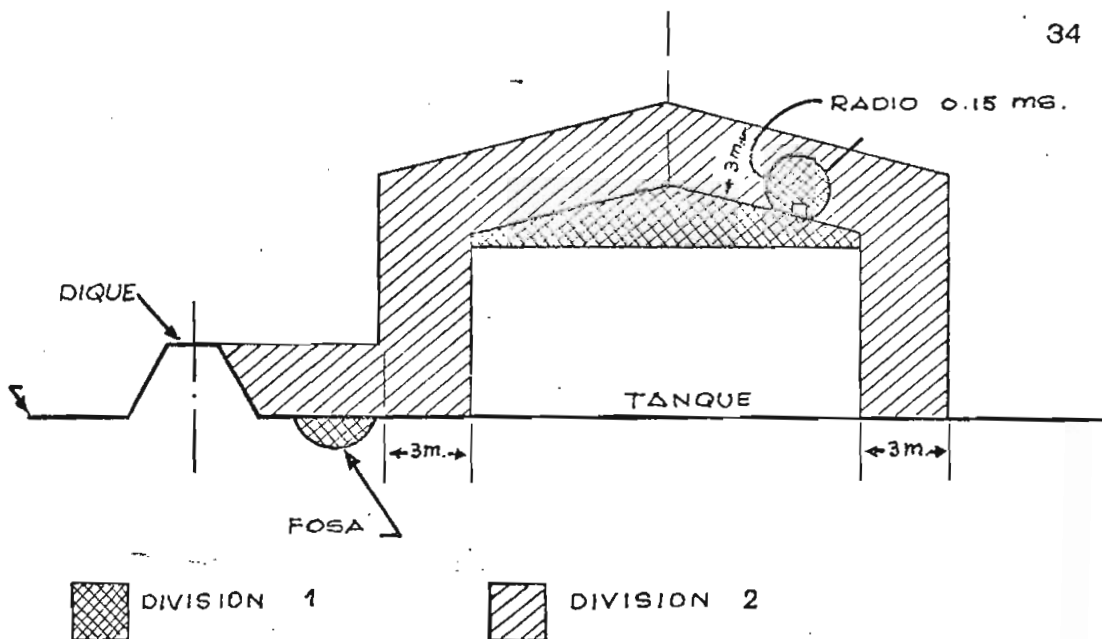


FIG 3.4 TANQUE CON VENTILACION ADECUADA

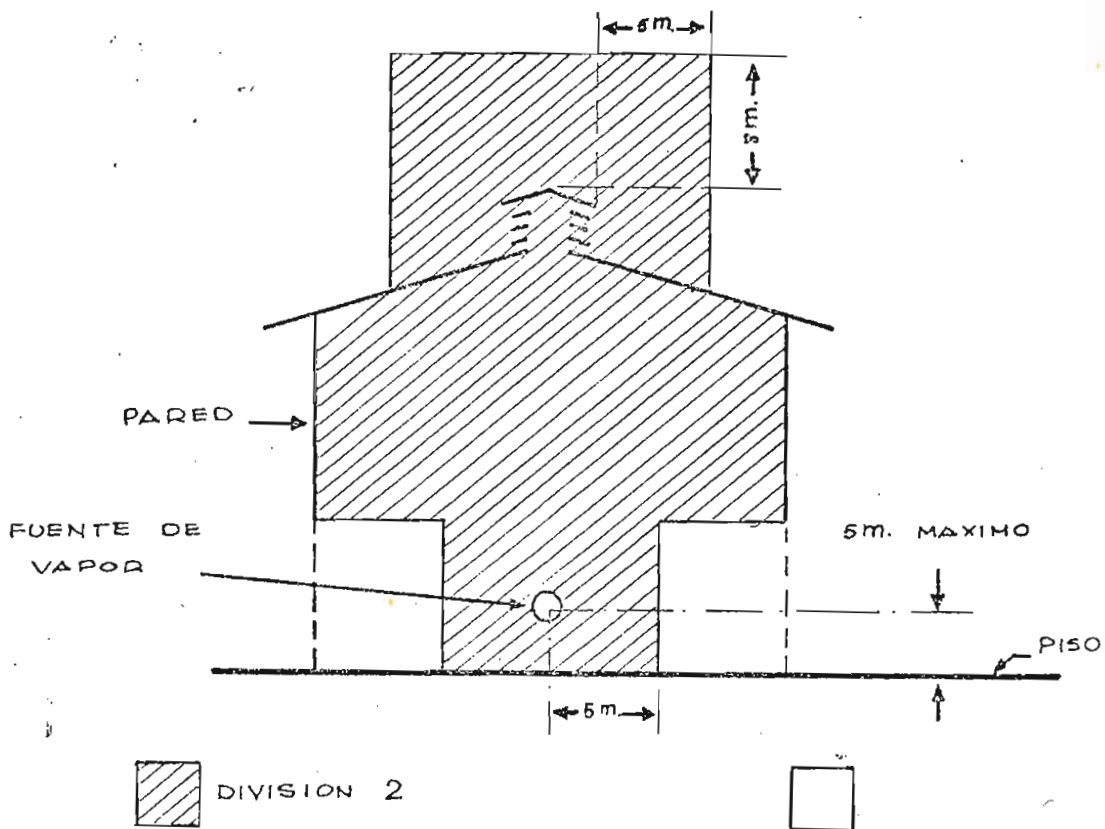


FIG 3.5 SISTEMA CERRADO CON VENTILACION ADECUADA PARA VAPORES MAS LIVIANOS QUE EL AIRE

2. En caso de que los gases inflamables manejados sean más livianos que el aire.
  - a. En sistemas cerrados, dentro del área del proceso adecuadamente ventiladas, ver la clasificación indicada en las figuras 3.1, 3.2 y 3.5.
  - b. En sistemas cerrados dentro de áreas de proceso con ventilación inadecuada, ver en las figuras - 3.3 y 3.6. Para cubiertas de compresores ver la figura 3.6

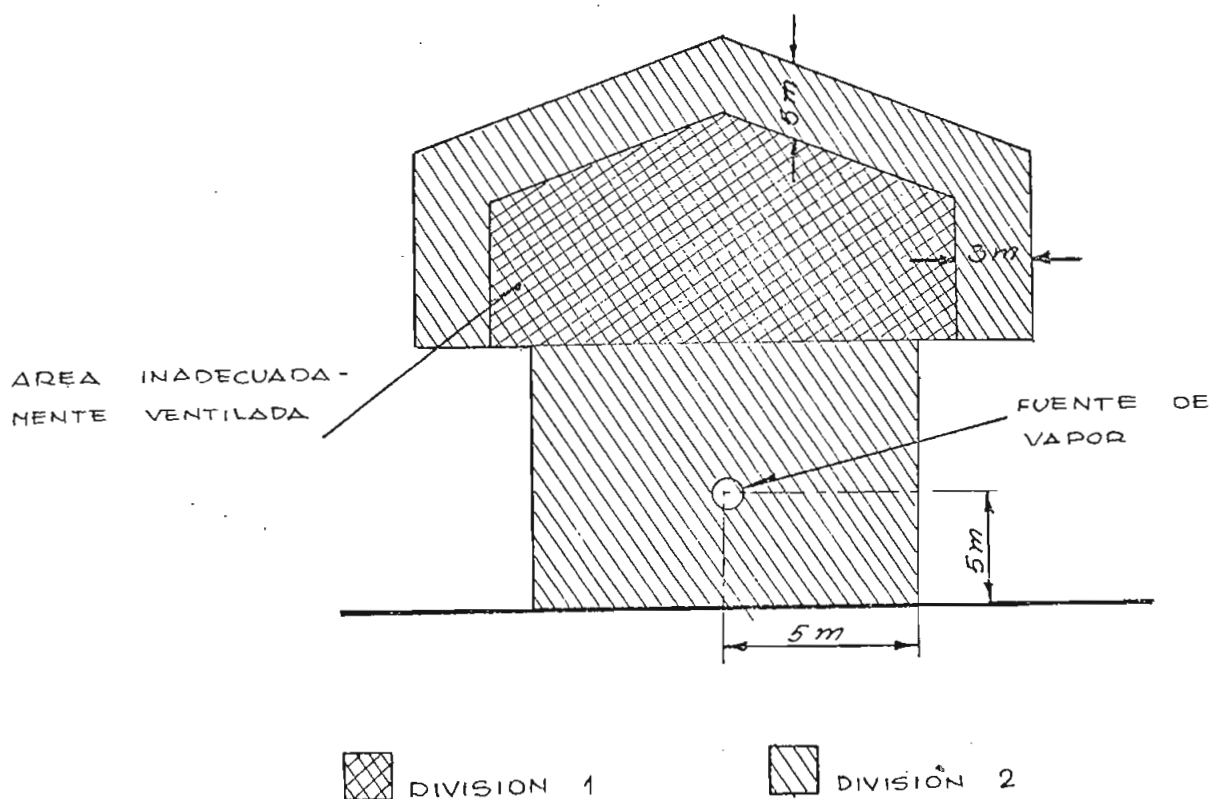


FIG 3.6 SISTEMA CERRADO CON VENTILACION INADECUADA, PARA VAPORES MAS LIVIANOS QUE EL AIRE

## PROCEDIMIENTO PARA CLASIFICACION DE AREAS EN REFINERIAS .-

El procedimiento consiste en contestar al siguiente cuestionario. Una respuesta afirmativa a cualquiera de las siguientes preguntas indica la presencia de una área clasificada, los límites de las áreas clasificadas serán determinadas de acuerdo a lo establecido anteriormente y a las figuras en referencia. Cada cuarto, sección o área deberá ser considerada individualmente en la determinación de la clasificación.

PASO 1.- La necesidad de clasificación está indicada por una respuesta afirmativa a una de las siguientes preguntas:

- a.- Es la presencia de líquidos o vapores inflamables, probable?
- b.- Están los líquidos a una temperatura de 60°C o más, cuando son manejados, procesados o almacenados?

PASO 2.- Asignación de clasificación.

Asumiendo una respuesta afirmativa a las preguntas del Paso 1, el siguiente cuestionario será usado para determinar la asignación de clasificación.

Locales DIVISION 1 podrán distinguirse por una respuesta afirmativa a una de las siguientes preguntas:

- a.- Es la concentración de gases o vapores inflamables probable bajo condiciones normales de operación?
- b.- Es probable la concentración de una atmósfera inflamable frecuente debido a mantenimiento o reparación ?
- c.- Será probable que una falla en el sistema eléctrico suceda simultáneamente a una falla en el equipo de proceso o almacenamiento con disipación de gas o líquido inflamable ?
- d.- Está el líquido o vapor inflamable en un sistema de tubería dentro de una área con ventilación inadecuada, y está el sistema de tubería (conteniendo válvulas, medidores, tornillos) pobremente mantenido ?
- e.- Está el área rodeada por una elevación o bajo el nivel del suelo de tal suerte que los vapores se acumulen en ella ?

Locales DIVISION 2 podrán distinguirse por una respuesta afirmativa a una de las siguientes preguntas:

- a.- Está el líquido o vapor inflamable en un sistema de tubería dentro de una área con ventilación inadecuada, y está el sistema de tubería (conteniendo válvulas, medidores y tornillos) bien mantenido?
- b.- Contiene el sistema líquido o vapor inflamable y además está dentro de una área bien ventilada, y puede escapar líquido o vapor del sistema solamente bajo condiciones anormales como una falla accidental como una ruptura de la tubería ?
- c.- Está el local adyacente a un local DIVISION 1, o puede el vapor ser conducido al local a través de un ducto o tubería ?
- d.- Si se usa ventilación mecánica positiva, puede ésta fallar o una operación anormal en el equipo de ventilación permitirá la concentración de mezclas explosivas ?

### PASO 3 .- Extensión de áreas clasificadas

La extensión de una área clasificada puede determinarse aplicando con buen criterio de ingeniería las distancias recomendadas en las figuras 3.1 a 3.6.

### HANGARES DE AVIACION .-

Son lugares empleados para estacionamiento o servicio

de aviones en los cuales se emplea gasolina, combustible para propulsión a chorro u otros líquidos volátiles, o gases inflamables.

Toda fosa o depresión bajo el nivel del suelo del hangar se considerará un lugar de la Clase I, División 1 hasta el nivel de hangar.

El área total del hangar, incluyendo cualquier área adyacente que tenga comunicación con él y no esté adecuadamente aislada del hangar, se considerará un lugar de la Clase I, División 2 hasta un nivel de 0.5 m. por encima del nivel del suelo.

El área comprendida dentro de 1.5 mts. de las estructuras de aviones y hasta una altura de 1.5 mts. por encima de la superficie superior de las alas, como se indica en la figura 3.7 se considerará lugar Clase I, División 2.

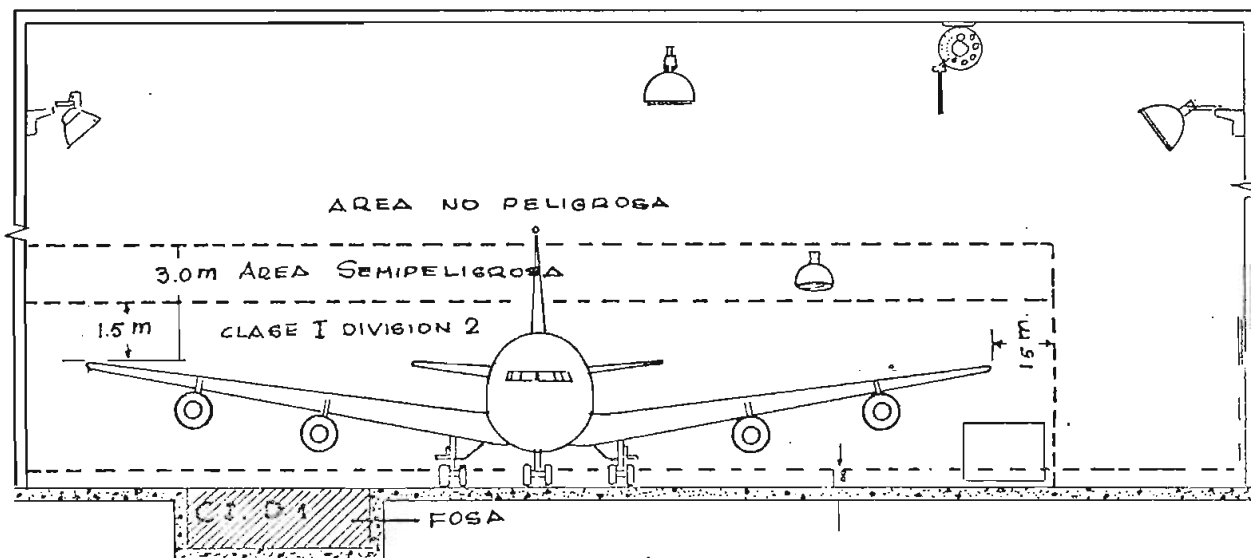


FIG 3.7

Las áreas adyacentes en las cuales no es probable que se liberen vapores peligrosos, tales como almacenes, salas de mando eléctrico, y otros lugares análogos, no se clasificarán como peligrosos si están adecuadamente ventiladas, y si están aisladas del hangar por paredes o tabiques que sean esencialmente impermeables al vapor.

#### ESTACIONES DE EXPENDIO DE GASOLINA (Gasoline rás .-

Esta clasificación comprenderá lugares donde se efectúa transferencia de gasolina u otros líquidos volátiles inflamables o gases licuados inflamables, ya sea a tanques de combustible fijos o a tanques de combustible de automotores.

El área comprendida dentro de los 0.5 mts. en todas las direcciones alrededor de la bomba surtidora será considerada como local Clase I, División 1, y en el sentido vertical se extenderá hasta una altura de 1,20 mts del nivel del suelo que comprenderá además cualquier instalación bajo el nivel de suelo.

Cualquier área exterior (excluyendo la de Clase I División 1, pero que incluya edificios no aislados adecuadamente) dentro de los 5 mts. medidos horizontalmente desde la bomba surtidora y hasta una altura de 0.5



mts. sobre el nivel del suelo se considerará lugar Clase I, División 2.

La instalación eléctrica y el equipo eléctrico que se encuentran localizados bajo la superficie de áreas clasificadas como Clase I, División 1 o División 2, se considerarán como ubicados dentro de locales Clase I División 1. (como se indica en la figura 3.8 ).

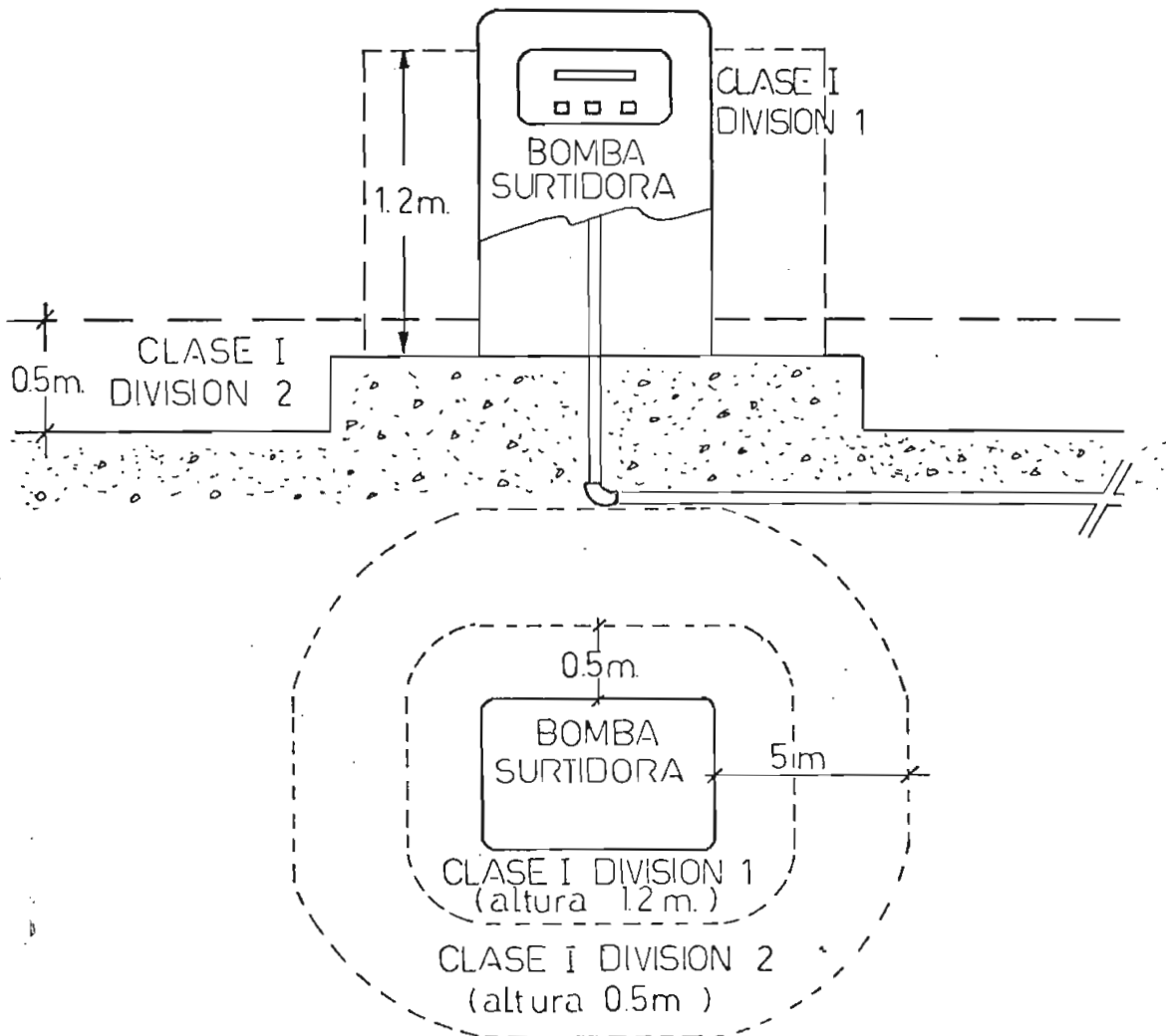


FIG 3.8 PLANTA DE ALMACENAMIENTO

## PLANTAS DE ALMACENAMIENTO .-

Esta clasificación comprenderá lugares donde se almacene gasolina u otros líquidos volátiles inflamables en tanques que tengan una capacidad total igual o mayor a la de un vehículo de carga, y de cuyos tanques se distribuye el combustible.

Serán considerados locales Clase I División 1 las áreas interiores inadecuadamente ventiladas que contengan bombas o accesorios de extracción de líquidos volátiles inflamables y las cuales contengan válvulas o tuberías por las cuales circulen tales líquidos. Estas áreas si tienen una ventilación adecuada serán consideradas como locales de la Clase I División 2.

Areas interiores en las cuales se realice transferencia de líquidos volátiles inflamables a recipientes individuales deberán ser considerados Locales Clase I División 1.

Areas exteriores adyacentes a rampas o plataformas de carga o descarga de líquidos volátiles inflamables, o adyacentes a tanques exteriores deberán ser consideradas locales Clase 1 División 2. Tales áreas se extenderán hasta una longitud de 7.5 mts. medidos horizontalmente desde las rampas, plataformas o tanques y hasta una altura de 4.5 mts. sobre el nivel de las mismas.

La electricidad estática que se acumula en un camión-tanque (tanquero) debido al movimiento de los líquidos que transporta es un gran peligro y puede ser causante de explosiones cuando el vehículo está descargando combustible. Para evitar explosión debido a ésta causa se debe conectar la parte metálica del vehículo a tierra, a una distancia mayor de la que abarca la zona de peligro de tal suerte que no ocurra una descarga - (chispa) durante la operación de carga o descarga.

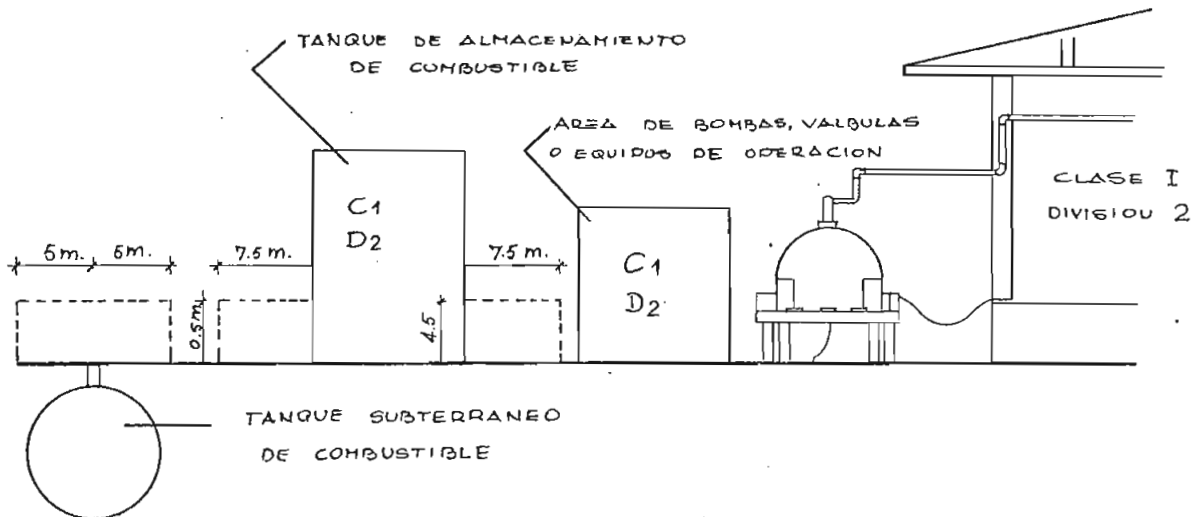


FIG 3.9

## PLANTA DE ALMACENAMIENTO

Locales en donde se encuentren tanques de almacenamiento de combustibles y garages de vehículos que transporten combustible, deberán ser considerados locales de la Clase I División 2 sin límite con respecto a la altura sobre el nivel del suelo.

Edificios para oficinas u otros locales similares que se encuentren fuera de los límites de áreas peligrosas que se han definido, y los cuales no sean usados para manejar o almacenar líquidos volátiles inflamables no deberán ser considerados locales peligrosos.

#### PLANTAS DE PINTURA Y DE PROCESOS DE ACABADO .-

Esta clasificación comprenderá los lugares en donde frecuentemente se aplique pinturas, lacas u otros acabados inflamables por pulverización, inmersión, pintado con brocha o por otros medios, donde se utilicen disolventes volátiles inflamables, o donde puedan producirse residuos fácilmente inflamables de dichas pinturas, lacas o acabados.

Se considerarán locales de la Clase I División 1 áreas interiores y que estén dentro de los 5 mts, medidos horizontalmente de tanques de inmersión, o donde se realicen trabajos de esmaltado.

Se considerarán locales de la Clase I División 2 los espacios que rodeen los locales Clase I División 1 y que cubran toda el área interior donde se realicen los procesos de pintado o esmaltado.

Las areas adyacentes que estén adecuadamente aisla--

das, que no sea probable que en ellas se acumulen residuos inflamables y que no permitan el paso de vapores inflamables no se deberán considerar áreas peligrosas. (Ver figura 3.10 ).

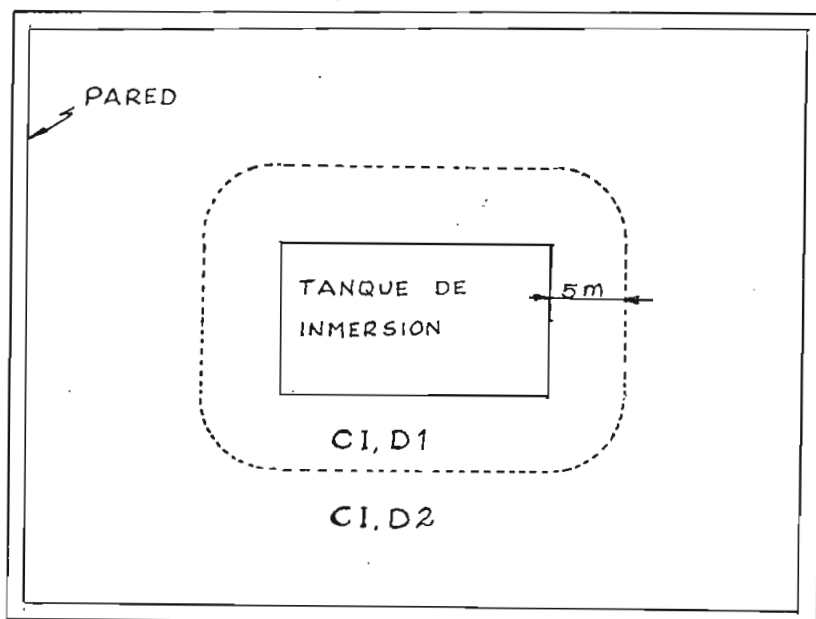


FIG 3.10  
PLANTA DE PINTURA

LOCALES EN DONDE EXISTAN ANESTESICOS COMBUSTIBLES .-

Los anestésicos combustibles son gases o vapores que pueden formar mezclas explosivas con el aire, oxígeno u óxido nitroso; estos pueden ser el ciclopropano, éter divinilo, cloruro de etilo, éter etílico y etileno .

Se considerarán lugares peligrosos y serán clasificados como locales Clase I División 1 toda el área de un local en donde se encuentran almacenados anestésicos, combustibles o agentes desinfectantes volátiles inflamables.

Los lugares de hospitales en donde se administre anestésicos combustibles tales como: quirófanos, salas de parto y anestesia serán considerados locales Clase I División 1 hasta una altura de 1.5 m. sobre el nivel del suelo.

### 3.2 LOCALES DE LA CLASE II .-

#### 3.2.1 CARACTERISTICAS ATMOSFERICAS .-

Estos locales se caracterizan por la presencia de polvos combustibles, los cuales pueden producir mezclas inflamables o explosivas.

Se han agrupado polvos que tengan las mismas características de explosividad, y son los siguientes:

GRUPO E : Atmósferas que contengan polvo metálico, incluyendo aluminio, magnesio y sus aleaciones comerciales.

GRUPO F : Atmósferas que contengan negro de humo, polvos de carbón o de coque.

GRUPO G : Atmósferas que contienen harina, almidón o polvo de granos.

### 3.2.2 TIPOS DE LOCALES .-

Los locales de la Clase II División 1 o División 2 que se pueden encontrar son los siguientes: plantas donde se procesan o almacenan granos, plantas pulverizadoras de azúcar, plantas pulverizadoras de carbón y - otros lugares análogos en las cuales en condiciones normales de funcionamiento, puede haber en el aire - polvo combustible en cantidad suficiente para producir mezclas explosivas o inflamables.

### 3.3 LOCALES DE LA CLASE III .-

#### 3.3.1 CARACTERISTICAS ATMOSFERICAS .-

Estos locales se caracterizan por la presencia de fibras volátiles inflamables tales como el algodón, rayón, yute y otras fibras textiles, fibras y polvo de madera.

#### 3.3.2 TIPOS DE LOCALES .-

Los locales en los cuales se puede encontrar fibras o pelusas de esta clase son: fábricas textiles, fábricas para el proceso y fabricación de fibras combustibles, - plantas desmotadoras de algodón, plantas de fabricación de tejidos, aserríos y establecimientos e industrias que

contengan análogas condiciones o procesos de peligro.



## PROPIEDADES DE LAS SUBSTANCIAS INFLAMABLES

Tabla 3.2

Sustancias peligrosas usadas en la Industria.

Substance	Flash Point Degrees Fahrenheit	Ignition Temperature Degrees Fahrenheit	Explosive Limits Per Cent by Volume		Vapor Density (Air Equals One)
			Lower	Upper	
Acetaldehyde	-36	365	4	57	1.52
Acetic acid (Glacial)	104	800	4.0		2.07
Acetic Anhydride	121	600	2.67	10.13	
Acetone	0	1000	2.55	12.8	2.00
Acetyl Chloride	40				2.70
Acetylene	Gas	635	2.5	80	.91
Acrolein	<0	532			1.91
Allyl Alcohol	7	713	3.0	18.0	2.00
Ammonia (Anhydrous.)	Gas	1201	16	25	0.587
Amyl Acetate (pure)	77	750	1.1		4.19
Amyl Alcohol	94	650			3.01
Aniline	168	1000			3.22
Anthracene	250	881	0.63		6.15
Benzofrine	>80				
Benzene	12	1000	1.5	8.0	2.77
Benzine	0 or less		1.1	4.8	4.48
Benzyl Chloride	153	1161	1.1		4.36
Bronzing Liquid	May be <80				
Butane - n	-76	806	1.6	6.5	2.016
Butyl Acetate - n	72	790	1.7	15	4.00
Butyl Alcohol - n	81	650	1.7	18	2.55
Camphor	150	871			5.24
Camphor Oil (light)	117				
Carbon Disulfide	-22	212	1.0	50	2.61
Carbon Monoxide	Gas	1201	12.5	74	0.967
Carbon Remover, Liquid	<80				
Carnauba Wax	510		(Note: Melting point 185°)		
Castor Oil	445	840			
Cellosolve	104	460	2.6	15.7	3.10
Chlorobenzene	85	1100	1.8	9.6	3.88
Cleaning Solvents of Kerosene Class	100-110	450	1.1	6.0	
Colloidion	0 or less				
Cresote Oil	165	637			
Cyanamide	285				1.45
Cyclohexane	1	514	1.31	8.35	2.90
Cyclopropane	Gas	928	2.40	10.4	1.45
Denatured Alcohol	60	750			1.60
Di-butyl Ether - n	77	382			4.48
Dichloroethylene	57	856	5.6	11.4	3.35
Dinitro Chlorobenzene	382		1.97	22	6.98
Dioxan	51	356	1.97	22.2	3.03
Divinyl Ether	< -22	680	1.85	36.5	2.41
Dodecane	165	993	0.6		5.86
Ethane	Gas	950	3.2	12.5	1.035
Ethyl Acetate	24	800	2.2	11.5	3.01
Ethyl Alcohol	55	793	3.5	19	1.59
Ethyl Chloride	-58	966	3.7	12.0	2.22
Ethylene	Gas	812	2.75	28.6	0.975
Ethylene Glycol	232	775	3.2		2.14
Ethylene Oxide	<0	804	3.0	80	1.52
Ethyl Ether	-49	356	1.85	36.5	2.56
Ethyl Formate	-4	1071	2.75	16.4	2.55
Ethyl Mercaptan	<80	570	2.8	18.2	2.11
Ethyl Methyl Ether	-35	374	2.0	10.1	2.07
Ethyl Methyl Ketone	30	960	1.81	11.5	2.48
Ethyl Nitrate	50		3.8		3.14
Ethyl Nitrite	-31	191	3.0	>50	2.59
Formaldehyde	130	806	7.0	73	1.03
Fuel Oil No. 1	100 Minimum	490			
Fuel Oil No. 2 (Diesel)	100 Minimum	494			
Furfural	140	600	2.1		3.31
Gas, Coal		1200	5.3	31	
Gas, Natural			4.8	13.5	
Gasoline	-45	495	1.3	6.0	3.4
Glycerine	320	739			3.17

Substance	Flash Point Degrees Fahrenheit	Ignition Temperature Degrees Fahrenheit	Explosive Limits Per Cent by Volume		Vapor Density (Air Equals One)
			Lower	Upper	
Heptane—n . . . . .	25	452	1.1	7.2	3.45
Hexane—n . . . . .	-15	500	1.2	6.90	2.97
Hydrazine . . . . .	.....	518	.....	.....	1.1
Hydrocyanic Acid . . . . .	0	1000	6	40	0.932
Hydrogen . . . . .	Gas	1085	4.1	74.2	0.069
Hydrogen Sulphide . . . . .	Gas	500	4.3	46	1.189
Kerosene . . . . .	100-165	490	1.16	6.0	4.5
Lacquer . . . . .	0-80	.....	.....	.....	.....
Laetol Spirits . . . . .	7 or less	590	.....	.....	.....
Lanolin . . . . .	460	833	.....	.....	.....
Lard Oil (Commercial) . . . . .	363	650	.....	.....	.....
Lead Tetramethyl . . . . .	.....	.....	1.8	.....	9.20
Leather Cement . . . . .	0 or less	.....	.....	.....	.....
Leather Dressing . . . . .	<80	.....	.....	.....	.....
Linseed Oil, raw . . . . .	432	650	.....	.....	.....
Liquid Metal Polish . . . . .	<80	.....	.....	.....	.....
Metaldehyde . . . . .	97	.....	.....	.....	6.06
Methyl Chloride . . . . .	11	.....	3.2	8.1	3.1
Methylene . . . . .	Gas	999	5.3	14.0	0.554
Methyl Acetate . . . . .	14	850	4.1	13.9	2.56
Methyl Alcohol . . . . .	52	867	6.0	36.5	1.11
Methyl Chloride . . . . .	Gas	1170	8.0	19	1.78
Methyl Cyclohexane . . . . .	25	.....	1.15	.....	3.38
Methyl Ether . . . . .	-42	662	3.15	18.1	1.59
Methyl Formate . . . . .	-2	810	4.5	22.7	2.07
Methyl Salicylate . . . . .	214	850	.....	.....	5.21
Mustard Oil . . . . .	115	.....	.....	.....	3.42
Naphtha, High Flash . . . . .	100-110	900-950	.....	.....	.....
Naphtha, Solvent . . . . .	100-110	450-500	1.1	6.0	.....
Naphthalene . . . . .	176	1038	0.9	5.9	4.42
Nicotine . . . . .	.....	471	0.75	4.0	5.61
Nitrobenzol . . . . .	190	900	1.8	.....	4.25
Nitrocellulose . . . . .	30	.....	.....	.....	.....
Nitroglycerine . . . . .	Explodes	518	.....	.....	7.81
Nonane—n . . . . .	88	545	0.74	2.9	4.31
Octane . . . . .	60	450	.84	3.2	3.86
Oleic Acid . . . . .	372	685	.....	.....	.....
Olive Oil . . . . .	437	650	.....	.....	.....
Paint Eradicant . . . . .	0-80	.....	.....	.....	.....
Paint, Liquid . . . . .	0-80	.....	.....	.....	.....
Paraffin Wax . . . . .	390	473	.....	.....	.....
Paraldehyde . . . . .	63	460	1.3	.....	4.55
Parting Liquid . . . . .	<80	.....	(Note: Properties of parting liquids vary)		.....
Pentane . . . . .	<-30	588	1.45	7.5	2.48
Petroleum, Crude . . . . .	20-90	.....	.....	.....	.....
Phenol . . . . .	175	1319	.....	.....	3.21
Phthalic Anhydride . . . . .	305	1083	1.7	10.4	5.10
Picric Acid . . . . .	Explodes	<572	.....	.....	7.90
Propane . . . . .	Gas	871	2.37	9.5	1.56
Propyl Acetate—n . . . . .	58	842	1.77	8.0	3.52
Propyl Alcohol—n . . . . .	59	700	2.15	13.5	2.07
Propyl Chloride—n . . . . .	<0	.....	2.6	10.5	2.71
Propylene . . . . .	Gas	927	2.0	11.1	1.49
Propylene Glycol . . . . .	210	790	2.62	12.55	2.62
Pyridine . . . . .	68	900	1.8	12.5	2.73
Rubber Cement . . . . .	50 or less	.....	(Note: Hazard depends upon solvent)		.....
Styrene . . . . .	90	914	1.1	6.1	3.60
Tetradecane . . . . .	212	.....	0.5	.....	6.83
Thiabine . . . . .	290	.....	.....	.....	5.63
Toluol . . . . .	40	1026	1.27	7.0	3.14
Triethylene Glycol . . . . .	350	700	0.89	9.20	5.17
Trioxane . . . . .	113	777	3.57	28.7	.....
Turpentine . . . . .	95	461	0.8	.....	.....
Varnish . . . . .	<80	.....	.....	.....	.....
Varnish Shellac . . . . .	40-70	.....	.....	.....	.....
Vinyl Acetate . . . . .	18	800	.....	.....	.....
Vinyl Chloride . . . . .	<0	.....	4	22	2.15
Vinyl Ethyl Ether . . . . .	<-50	395	.....	.....	2.5
Whiskey . . . . .	82	.....	.....	.....	.....
Wines, High . . . . .	60-80	.....	.....	.....	.....
Xylene—o . . . . .	63	900	1.0	6.0	3.66

## C A P I T U L O   I V

### MATERIALES .-

Todos los materiales que se utilicen en instalaciones eléctricas en Lugares Peligrosos, tales como: conductores, canalizaciones, cajas metálicas, cajas de derivación, empalmes, etc., deberán ser aprobados para su utilización en dichos lugares.

Las recomendaciones que se emiten en el presente trabajo se concretarán exclusivamente a instalaciones eléctricas paravoltajes de hasta 600 voltios.

A continuación tenemos distintos tipos de servicio que pueden ser suministrados normalmente por las Empresas Eléctricas en nuestro país, siempre en corriente alterna y de 60 c/s.

a)	Monofásicos:	120	voltios	2 hilos
		120/240	voltios	3 hilos
b)	Trifásicos:	240	" (triángulo)	3 "
		208	" (estrella)	3 "
		120/240	" (triángulo)	4 "
		120/208	" (estrella)	4 "

De acuerdo a las necesidades es probable una instalación eléctrica a un voltaje distinto al indicado en el -

cuadro anterior, pero en ningún caso, éstos deberán ser superiores a 600 voltios; como se indicó anteriormente.

En el caso de suministro de energía a lugares donde se administre o utilice anestesia, tales como Quirófanos, Salas de Parto, Salas de Anestesia y otras salas y/o habitaciones que puedan utilizarse para administrar - anestésicos combustibles a los pacientes, el circuito deberá estar protegido por interruptores monopolares adecuados para cada conductor, el voltaje entre conductores no será mayor de 300 voltios, y además se alimentará de un sistema de distribución sin puesta a tierra, el cual deberá estar aislado de todo el resto del sistema de alimentación a otras áreas.

Para la protección de éstos circuitos, es necesario la instalación de un "indicador de tierra", cuyo propósito es prevenir un cortocircuito eléctrico peligroso y la posibilidad de una falla en el sistema debido a una puesta a tierra accidental de más de un conductor. Por ejemplo, si un conductor de un sistema aislado - llega a tierra en un punto, los equipos normales de - protección (fusibles o interruptores) podrían no operar debido a que no existe un camino de retorno y por lo tanto no fluya una corriente de falla de cortocircuito. Si además otro conductor accidentalmente hace contacto con tierra podría ocasionar un cortocircuito que - ocasionaría consecuencias desastrosas inflamando los vapores de ether presentes en dichos lugares.

#### 4.1 CONDUCTORES .-

En general los conductores deberán ser sólidos o cableados, y aislados para 600 voltios.

Los conductores cableados se utilizan para aumentar la flexibilidad, por tanto su instalación es más cómoda que la instalación con conductores sólidos.

La capacidad de conducción de corriente eléctrica en conductores aislados está limitada por la temperatura que soporta el aislamiento, pero al mismo tiempo el tipo de aislamiento habilita al conductor a soportar la humedad, el ozono, la luz, la acción de hongos, podredumbre, aceites minerales, llamas, agua, ácidos, álcalis, así como la intemperie y la abrasión.

Los conductores que se usan en instalaciones eléctricas en áreas peligrosas deberán ir dentro de canalizaciones metálicas rígidas, y en el caso de utilizarse conductores vistos, éstos deberán tener las características térmicas y mecánicas necesarias para evitar cualquier tipo de accidente por contacto con materiales inflamables, altas temperaturas o grandes esfuerzos mecánicos.

##### 4.1.1 TIPOS DE CONDUCTORES .-

Los materiales de uso común en la elaboración de los conductores eléctricos son el cobre y el aluminio.

Con el objeto de tener un mejor criterio de comparación entre las características del cobre y del aluminio se ha incluido la tabla 4.1.

La mayoría de los conductores eléctricos emplean el cobre como material conductor debido principalmente a su buena conductividad, además de su facilidad de ser trabajado y su ventaja económica.

Con las aleaciones de cobre es posible obtener conductores de mejores características mecánicas a cambio de una disminución de la conductibilidad, es así como las aleaciones en general, comparadas con el cobre duro presentan una mayor resistencia a la tracción.

El aluminio completamente puro es blando y tiene una carga de rotura muy pequeña. Con el fin de aumentar su resistencia a la tracción se forman aleaciones de aluminio que generalmente tienen el 90 al 95% de aluminio. Una aleación importante es aquella conocida como "Almelec" ó "Aldrey", cuya composición es la siguiente:

Magnesio	0.5	%
Hierro	0.3	%
Silicio	0.5	%
Aluminio	98.7	%

CARACTERISTICAS DE LOS METALES MAS UTILIZADOS COMO  
CONDUCTORES ELECTRICOS

Tabla 4.1

	Conductividad a 20°C.	Peso especif. a 20°C.	Resistividad
Cobre suave	100 % 1ACS	8.89 gr/cm <sup>3</sup>	0.01724 / $\frac{m}{mm^2}$
Cobre duro	97,3% 1ACS	8.89 gr/cm <sup>3</sup>	0.1772 / $\frac{m}{mm^2}$
Aluminio	61 % 1ACS	2.703 gr/cm <sup>3</sup>	0.02828 / $\frac{m}{mm^2}$
Aleación de Al.	53 % 1ACS	2.703 gr/cm <sup>3</sup>	0.03223 / $\frac{m}{mm^2}$

Como resultado de la pequeña porción de elementos extraños, la aleación presenta una conductibilidad similar a la del aluminio y en cambio, mejora sus características mecánicas y su resistencia a la corrosión.

Solamente la plata tiene una conductibilidad mayor que la del cobre pero no se la utiliza debido a su alto costo.

Por otro lado, algunos metales de baja conductibilidad podrían ser utilizados, si un incremento en las dimensiones y precio de los conductores fueran aceptables. La tabla 4.2 muestra los valores de conductibilidad eléctrica relativa de algunos metales.

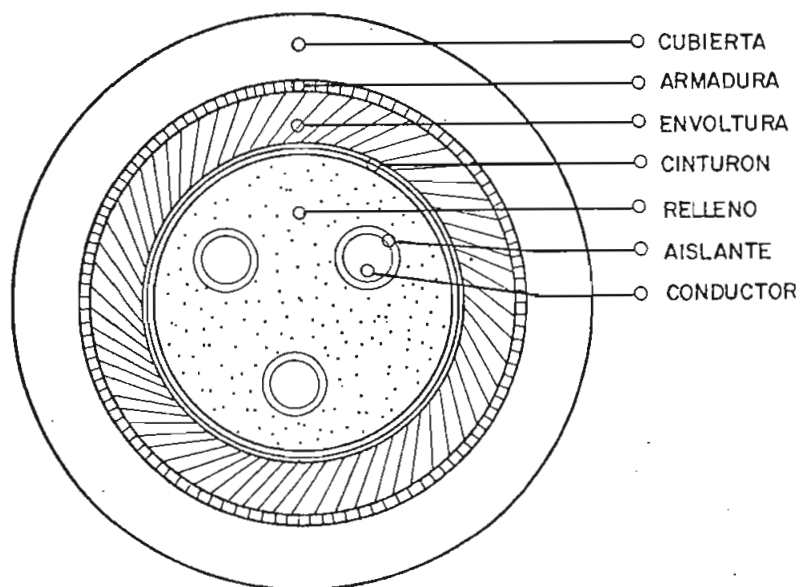
Los conductores se clasifican además por el tipo de aislamiento. Para el aislamiento de los conductores se emplean básicamente productos sintéticos, caucho natural y papel impregnado. La tabla 4.3 muestra una clasificación de los distintos tipos de aislamientos de los conductores.

Cuando parte de la instalación eléctrica en un local peligroso no se realiza dentro de canalizaciones o conductos, se recomienda la utilización del cable tipo MI.

Por tratarse de un cable especial, analizaremos brevemente sus características.



El calbe tipo MI es un cable con blindaje metálico y aislamiento mineral, puede ser de uno o más conductores de cobre, aislados con un aislamiento mineral refractario (óxido de magnesio), altamente comprimido y encerrado en una cubierta tubular metálica, estanca a líquidos y gases. Para los terminales, conexiones o cajas o salidas se deberán emplear accesorios aprobados para el lugar donde se instalen. La cubierta exterior será de cobre, continúa, para proveer la protección mecánica y una trayectoria adecuada para la conexión a tierra.



CONDUCTOR BLINDADO

Figura 4.1

CONDUCTIBILIDAD ELECTRICA RELATIVA DE ALGUNOS  
METALES

Tabla 4.2

Metal	Conductibilidad eléctrica Relativa (Cobre 100)
Plata	106
Cobre	100
Aluminio	62
Zing	29
Estaño	15
Acero	12
Plomo	8

TABLA 4.3

CLASIFICACION DE AISLAMIENTOS

NOMBRE COMERCIAL	SIMBOLO	AISLANTE	CUBIERTA	EXTERIOR
Código	R	Goma Código	Cubierta no metálica, resistente a la humedad retardadora de la llama.	
Resistente a la humedad	RH RHH	Goma resistente de calor	Cubierta no metálica, resistente a la humedad, retardadora de la llama.	
Resistente a la humedad	RW	Goma resistente a la humedad.	Cubierta no metálica, resistente a la humedad, retardadora de la llama.	
Resistente a la humedad y al calor	RH - RW	Goma resistente al calor y a la humedad.	Cubierta no metálica, resistente a la humedad, retardadora de la llama.	
Resistente a la humedad; y al calor	RHW	Goma resistente al calor y a la humedad.	Cubierta no metálica, resistente a la humedad, retardadora de la llama.	
Goma Latex	RU	Goma sin grano, no molida, 90%	Cubierta no metálica, resistente a la humedad, retardadora de la llama.	
Goma latex resistente al calor	RUH	Goma sin grano, no molida, 90%	Cubierta no metálica, resistente a la humedad, retardadora de la llama.	
Goma latex resistente a la humedad	RUW	Goma sin grano, no molida, 90%	Cubierta no metálica, resistente a la humedad, retardadora de la llama.	
Termoplástico resistente a la humedad.	TW	Termoplástico resistente a la humedad, retardadora de la llama.	NINGUNA	

TABLA 4.3

CLASIFICACION DE AISLAMIENTOS ( Continuación )

NOMBRE COMERCIAL	SIMBOLO	AISLAMIENTO	CUBIERTA EXTERIOS
Termoplástico resistente a la humedad y al calor	THW	Retardador de la llama, resistente a la humedad y al calor	NINGUNA
Termoplástico resistente a la humedad y al calor	THWN	Retardador de la llama, resistente al calor y a la humedad termoplástico	Cubierta de Nylon
Mineral comprimido	MI.	Mineral	Blindaje metálico

#### 4.1.2 INSTALACION .-

A continuación se dan las principales normas a seguir se para la instalación de los conductores en Lugares Peligrosos.

La mano de obra deberá ser ejecutada por obreros especializados y con las herramientas adecuadas para cada caso.

- a) Los conductores deberán instalarse dentro de ductos o canalizaciones. Para una fácil identificación los conductores deberán tener un aislamiento de color a lo largo de toda la instalación.
- b) En caso de que un conductor, por razones técnicas de fabricación no pueda cumplir con este requisito, deberá usarse un método adecuado para una fácil identificación, como por ejemplo marcas de color colocadas en los terminales.
- c) Los conductores deberán ser de sección suficiente para conducir sin peligro la corriente de máxima demanda de la instalación que va a servir, considerando posibles aumentos futuros en el uso de la energía eléctrica. (Capacidad de conducción de los conductores Tabla 4.4 y 4.5).
- d) Cuando la temperatura ambiente varía, consecuen

temente varía la capacidad admisible de conducción, por lo que en la tabla 4.6 tenemos los factores de corrección, por los cuales se debe multiplicar los valores de las tablas 4.4 y 4.5 de acuerdo a la temperatura ambiente existente.

- e) En las instalaciones con neutro, el conductor neutro debe tener una capacidad suficiente para llevar la corriente originada por la máxima condición de desequilibrio del sistema.
- f) No deberá usarse ningún conductor en condiciones tales que su temperatura exceda la temperatura especificada para el tipo de aislante que se emplea.
- g) Cada conductor activo de un sistema debe tener en serie con él, un dispositivo de protección de sobrecarga regulado a un valor de corriente no mayor que la capacidad del conductor en amperios.
- h) Los conductores deben ser contínuos de derivación a derivación y no debe haber empalmes intermedios dentro de la canalización. En el caso que se requiera empalmar los conductores debe usarse una caja de empalmes.
- i) Ningún conductor será instalado con un radio de curvatura inferior al especificado en sus normas

respectivas de fabricación, así mismo ningún conductor deberá ser sometido a esfuerzos mecánicos de tensión mayores que los especificados.

- j) En las aristas, esquinas y otras partes semejantes, donde hay la posibilidad de que el cable roce y se produzca por este motivo un daño en el aislante, deberá colocarse una protección adecuada.
- k) Después de que se han colocado todos los conductos se introducen en ellos los conductores. Para ello es ventajoso introducir previamente aire desde las cajas de revisión o de conexión y un poco de talco a fin de que las paredes sean resbaladizas, o también se debe frotar con talco o parafina el propio conductor. Después se introduce una cinta de acero de 3 a 5 mm. de ancho; aun cuando no sea preciso utilizar cajas de derivación son necesarias en todo caso algunas cajas intermedias. El conductor se sujeta del extremo de la cinta de acero y después se pasa por el tubo tirando hacia atrás de dicha cinta; se debe pasar siempre a la vez todos los conductores que corresponden a un conducto, para lo cual se los sujetará simultáneamente a la cinta de acero.
- l) Cuando se trate de un solo conductor grueso, conviene pasar con la cinta metálica un bramante fuerte, por medio del cual se arrastra al conduc-

tor. Los empalmes de los conductores no se harán nunca dentro de los conductos, sino en una de las cajas de conexión.

- m) Si se emplea conductos con envolvente de acero y en caso de corrientes monofásicas se introducirán necesariamente los dos conductores o, si se trata de corriente trifásica, los tres conductores en un mismo conducto, ya que, de no hacerlo así, la envolvente se calienta por efecto de las corrientes de inducción que en ella se producen.
- n) Se cuidará en particular, de que no haya defectos en el aislamiento de los conductores, pues éstos dan lugar fácilmente a que se produzcan cortocircuitos y que salten los fusibles afectados, con lo cual la línea queda sin corriente.
- o) Si el número de conductores en la canalización - excede de tres, la capacidad de corriente permisible de cada conductor, debe reducirse en los porcentajes indicados a continuación.

Números de Conductores	Porcentajes de los valores de las Tablas 4.3 y 4.4
	%
4 a 6	80
7 a 24	70
25 a 42	60
43 ó más	50



- p) El cable con funda metálica y aislante mineral tipo MI se puede utilizar en instalaciones en Lugares Peligrosos Clase I, Clase II y Clase III, tanto en instalaciones ocultas como a la vista.
- q) En el caso en que el cable tipo MI se instale a la vista, éste debe estar soportado firmemente por grapas, bridas, abrazaderas, soportes, colgantes, o ajustes similares, diseñados e instalados de tal forma que no ocasionen daño al cable. El cable tipo MI debe estar asegurado a intervalos no mayores de 1.8 mts. excepto cuando el cable vaya metido por un conducto.
- r) Los codos deben hacerse de modo que el cable no se dañe, el radio de curvatura de la parte interior del cable tipo MI no debe ser menor de cinco (5) veces el diámetro del cable.
- s) En todos los puntos donde termine el cable con funda metálica y aislante mineral, debe disponerse inmediatamente después de la parte encintada una junta hermética para impedir la entrada de la humedad en el aislamiento mineral, la junta deberá ser aprobada para el lugar donde se instale.
- t) En ningún caso el cable tipo MI deberá estar expuesto a temperaturas de trabajo superiores a 250 ° C.

CAPACIDADES DE TRANSPORTE PERMISIBLE PARA CONDUCTORES AISLADOS DE  
COBRE EXPRESADOS EN AMPERIOS

Tabla 4. 4

(no más de tres conductores en conducto, basado en una temperatura ambiente media de 30°C.

Tamaño	Goma tipos		Goma tipo RH, RUH		Cable tipo MI RHH (1)
	R, RW, RU, RUW Tipo RH-RW ( * ) termoplástica tipo TW	Tipo RH-RW ( * ) termoplástica tipo TW	tipo RH-RW ( * )	tipo RHW, termoplástico Tipo THW, THW	
14	15	15	15	15	25
12	20	20	20	20	30
10	30	30	30	30	30
8	40	40	45	45	50
6	55	55	65	65	70
4	70	70	85	85	90
3	80	80	100	100	105
2	95	95	115	115	120
1	110	110	130	130	140
0	125	125	150	150	155
00	145	145	175	175	185
000	165	165	200	200	210
0000	195	195	230	230	235
250	215	215	255	255	270
300	240	240	285	285	300
350	260	260	310	310	325
400	280	280	335	335	360

Tabla 4.4

(Continuación)

Tamaño	Goma tipos R, RW, RU, RUW, tipo RH-RW ( * ) termoplástica tipo TW	Goma tipo RH, RUH tipo RH-RW ( * ) tipo RHW, termoplástico tipo THW, THN	Cable tipo MI. RHH (1)
600	355	420	455
700	385	460	490
750	400	475	500
800	410	490	515
900	435	520	515
1000	455	545	585
1250	495	590	645
1500	520	625	700
1700	545	650	735
2000	560	665	775

CAPACIDADES DE TRANSPORTE DE CORRIENTE PERMISIBLE PARA CONDUCTORES  
AISLADOS DE ALUMINIO, EXPRESADOS EN AMPERIOS

Tabla 4.5

(no más de tres conductores en conducto, se basa en una temperatura ambiente de 30 ° C.

Tamaño AWG	Gomas tipos R, RW, RU, RUW Tipo RH-RW ( * ) termoplástico tipo TW.	Goma tipo RH, RUH tipo RH-RW ( * ) Tipo RHW, termoplastico Tipos THW, THWN	Cable Tipo MI RHH. (1)
12	15	15	25
10	25	25	30
8	30	40	40
6	40	50	55
4	55	65	70
3	65	75	80
2	76	90	95
1	85	100	110
0	100	120	125
00	115	135	145
000	130	155	165
0000	155	180	180

Tabla 4. 5

( Continuación )

Tamaño AWG MCM	Goma tipos R, RW, RU, RUW, Tipo RH-RW (*) Termoplástico tipo TW.	Goma tipo RH, RUH Tipo RH-RW (*) Tipo RH-W, termoplástico Tipos THW, THWN	Cable Tipo MI RHM (1)
250	170	205	215
300	190	230	240
350	210	25Q	260
400	225	270	290
500	260	310	330
600	285	340	370
700	310	375	395
750	320	385	405
800	330	395	415
900	355	425	455
1000	375	445	480
1250	405	485	530
1500	435	520	580
1750	455	545	615
2000	470	560	650

Notas: (\*) Si se emplea en lugares mojados un conductor con aislante de forma Tipo RH-RW, las características de transporte permisibles serán las de la columna 2 en la tabla. Si se emplea en lugares secos, las capacidades de transporte a corriente permisibles serán las de la columna 3 en la tabla.

(1) Las capacidades de transporte de corriente para los conductores RHM, en tamaños AWG, 12, 10 y 8 serán las mismas, señaladas para conductores tipo RH en la tabla.

FACTORES DE CORRECCION DE CORRIENTE PARA  
TEMPERATURAS AMBIENTES SUPERIORES A

30 °C.

Tabla 4. 6

Temperatura Ambiente	Goma, Tipos R, RW, RU, RUW	Goma tipos RH, RUH	%	%
	Tipo RH-RW termoplástico TW	Tipo RH, RW tipo RHW, termoplást. tipo THW, THWN		
40	82		88	90
45	71		82	85
50	58		75	80
55	41		67	74
60			58	67
70			35	52
75				43
80				30
90				
100				
120				
140				

## 4.2 CANALIZACIONES .--

El trazado de los circuitos estará condicionado al tipo de canalización y al hecho de que esta canalización de be ser a la vista, por lo tanto, es necesario definir estos aspectos conjuntamente con la ubicación de las salidas.

La canalización a la vista cuenta hoy en día con una extensa línea de accesorios que le permiten incluso en numerosos casos competir con la empotrada, como por ejemplo tomacorrientes, accesorios de alumbrado y fuerza para talleres e instalaciones industriales, etc.; naturalmente que el trazado de los circuitos deberá ajustarse con la mayor fidelidad posible al sentido y detalle de la estructura, paredes u otros elementos so bre los que deba ser fijada.

La canalización a la vista provee gran flexibilidad pa ra alteraciones en la ubicación o magnitud de la carga, aunque inicialmente es más costosa y no es adecuada en el sentido decorativo.

### 4.2.1 CANALIZACIONES RIGIDAS METALICAS .--

- a) Todas las tuberías y ductos para canalizaciones, deberán ser metálicas. Por ningún motivo se aceptarán de material plástico.

- b) En la construcción de los tubos rígidos debe usarse acero dúctil, hierro o acero forjado, una aleación de bronce y silicio, conteniendo por lo menos 1.25% de silicio, una aleación a base de aluminio conteniendo un porcentaje no mayor de 0.4% u otro metal capaz de usarse en Lugares Peligrosos.
- c) Cada tubo deberá tener una sección transversal que permita el corte limpio de roscas exactas, y el espesor de las paredes deberá ser uniforme a través de la longitud del tubo. En el caso de existir soldaduras, éstas deberán estar perfectamente bien hechas, libres de rebabas - metálicas y filos cortantes.
- d) Tanto la superficie interior como la superficie exterior de cada tubo de metal ferroso, deberá estar cuidadosamente limpio de toda costra y óxido. El proceso de limpieza deberá dejar las superficies del tubo en condiciones tales que el recubrimiento protector tenga un terminado sin asperezas.
- e) Tanto el interior como el exterior de un tubo rígido de metal ferroso deberá ser protegido contra la corrosión por medio de un recubrimiento galvanoplástico o por un recubrimiento equivalente. Los conductos metálicos hechos de metal -



no ferroso y resistente a la corrosión no necesitan estar protegidos en tal forma.

- f) Para locales peligrosos Clase I con atmósfera - peligrosas del Grupo D, se deberá utilizar conductos de hierro o acero galvanizado con una cubierta de PVC.
- g) Para determinar el número de conductores que deben ir en una canalización, se debe tener en cuenta que el porcentaje de la sección interior total de la canalización ocupada por los conductores no deba ser mayor que la que permita meter y sacar fácilmente los conductores, así como que el calor producido en el interior no cause deterioros en el aislamiento de los conductores.

La Tabla IV-7 nos indica el número máximo de conductores que deberán ir dentro de las canalizaciones o ductos.

#### 4.2.2 CONDUCTOS METÁLICOS FLEXIBLES .-

Los conductos metálicos flexibles se utilizan conjuntamente con sistemas de canalizaciones metálicas rígidas para proporcionar conexiones flexibles a los terminales de motores, lámparas u otros equipos eléctricos, o en lugar de conductos metálicos rígidos que serían difíciles de instalar en el caso de existir abun

NUMERO MAXIMO DE CONDUCTORES EN TAMAÑOS COMERCIALES DE  
CONDUCTOS O TUBOS

Tabla 4. 7

Tamaño AWG ó MCM	Número máximo de conductores en conductos o tubos											
	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	3 1/2"	4"	5"	6"
18	7	12	20	35	49	80	115	176				
16	6	10	17	30	41	68	98	150				
14	4	6	10	18	25	41	58	90	121	155		
12	3	5	8	15	21	34	50	76	103	132	208	
10	1	4	7	13	17	29	41	64	86	110	173	
8	1	3	4	7	10	17	25	38	52	67	105	152
6	1	1	3	4	6	10	15	23	32	41	64	93
4	1	1	1	3*	5	8	12	18	24	31	49	72
3		1	1	3	4	7	10	16	21	28	44	63
2		1	1	3	3	6	9	14	19	24	38	55
1		1	1	1	3	4	7	10	14	18	29	42
0			1	1	2	4	6	9	12	16	25	37
00			1	1	3	5	8	11	14	22	32	42
000			1	1	3	4	7	9	12	19	27	37
0000			1	1	2	3	5	8	11	16	23	32
250			1	1	1	2	3	5	8	13	19	27
300			1	1	1	1	3	4	6	10	16	23
350			1	1	1	1	3	4	6	10	16	23
400			1	1	1	1	3	4	6	10	16	23
500			1	1	1	1	3	4	6	10	16	23

dancia de curvas a la proximidad de núcleos de trabajo, etc. Hasta donde sea posible se debe evitar el uso de los conductos metálicos flexibles, sustituyendo éstos por instalaciones permanentes y más seguras de conductos metálicos rígidos. Las instalaciones de los conductores se realiza después de haber colocado los conductos.

- a) Los conductos metálicos flexibles utilizados para trabajo pesado, deberán ser examinados frecuentemente y reemplazarse a la primera indicación de daño o deterioro mecánico.
- b) En general, en cualquier Lugar Peligroso que se necesita la utilización de este tipo de conducto es necesario evitar el maltrato e inspeccionar frecuentemente sus partes.

#### 4.2.3 INSTALACION .-

A continuación se dan las normas principales que se deberá seguir para la instalación de canalizaciones - en Lugares Peligrosos.

- a) Los conductos deben colocarse sobre el enlucido, teniendo cuidado de que sea fácil colocar y cambiar los conductores. Por ésta razón debe colocarse primero toda la red de conductos y después se introducen los conductores.

- b) Ninguna tubería por delgada que sea, se sujetará de otra tubería o elementos de otras instalaciones, tales como: tuberías de plomería, ductos de aire, etc.,.
- c) Siempre que la longitud lo permita, se instalarán tubos enteros de 3 metros.
- d) Deberán instalarse conductos adecuados para alojar los conductores, de tal forma que su instalación no sea difícil. La tabla 4.7 nos indica el conducto adecuado para cada calibre y número de conductores.
- e) Las canalizaciones eléctricas deberán colocarse en tal forma que no reciban esfuerzos provenientes de la estructura del edificio.
- f) Los conductos se colocarán en tal forma que no pueda depositarse en ellos agua.
- g) Se tendrá cuidado de que un mismo conducto no lleve conductores de distintos circuitos, pues entonces, si se avería alguno de éstos, también pueden resultar afectados los otros.
- h) Con frecuencia se han de doblar los conductos debido a que los codos disponibles no se adaptan bien al radio exigido, en tal caso se utilizan

tenazas especiales para doblar, como la que se indica en la figura siguiente.

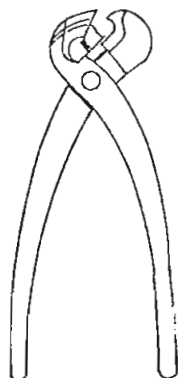


Figura 4.2

Una de las mandíbulas tiene un bisel adaptado al perímetro del conducto, mientras que la otra tiene una concavidad adaptada al diámetro del mismo. En consecuencia se han de usar para cada diámetro unas tenazas especiales. Según el radio que se requiera - dar a la curva del conducto, se le hace con las tenazas una serie de muescas más o menos próximas. Si la temperatura es baja, conviene calentar algo al tubo antes de doblarlo para evitar que salte el aislamiento.

- i) Los tubos usados en la fabricación de canalizaciones (o conductos) metálicos rígidos deberán soportar una doblez de cuarto de círculo alrededor de una polea cuyo radio sea 4 veces el diámetro nominal del tubo, sin sufrir fracturas en

ninguna sección y sin rasgar la soldadura.

- j) Para curvas de  $90^\circ$  en diámetros de tuberías de 25 mm. o mayores, deberán utilizarse curvas hechas por los fabricantes de tuberías.
- k) En tendidos de tuberías muy largas se colocarán cajas de registro o de conexión cada quince (15) metros, debiendo éstos quedar en lugares accesibles.
- l) En la instalación de tuberías entre dos registros consecutivos, no se permitirán más de 3 curvas de  $90^\circ$  o su equivalente.
- m) Todas las tuberías para alimentaciones a motores o equipos que pudieran tener vibraciones deberán rematarse en las cajas de conexiones con conductos flexibles y sujetarse por medio de conexiones especiales.
- n) Los tubos deberán ser roscados en sus extremos para unirse a otros tubos por medio de juntas roscadas o acoples, o bien para sujetarse a las cajas de unión o salidas, así como a tableros de control.

Por su construcción este tipo de junta tiene la ventaja de que la flama o los gases producidos

por una explosión en el interior tienen que recorrer una trayectoria mayor para salir al exterior.

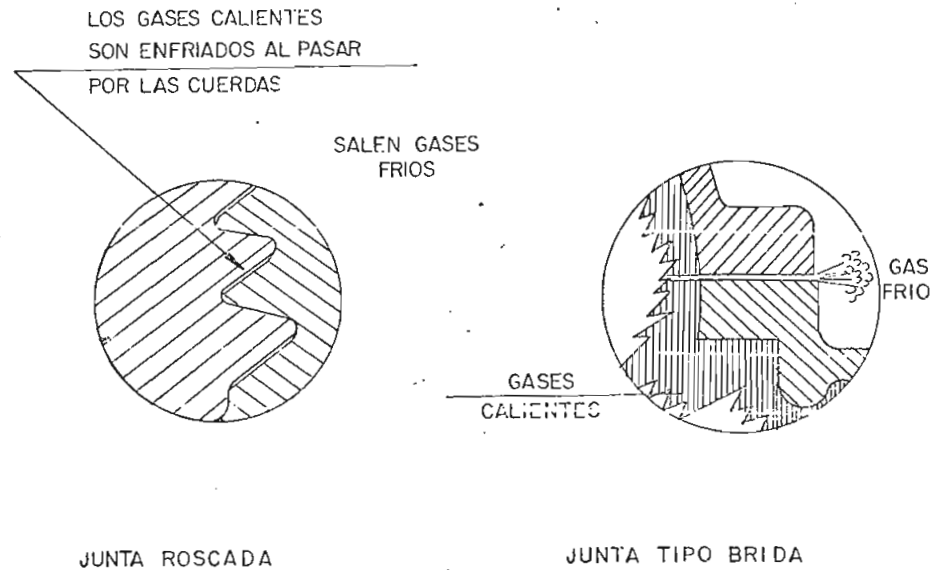


Figura 4.3

- o) Para la instalación de canalizaciones en Lugares Peligrosos Clase I se aconseja que una junta roscada tenga por lo menos 5 hilos en contacto y para Lugares Peligrosos Clase II, 3 hilos.

En vista de lo anterior, cuando ocurre una explosión en el interior de la caja de conexión, los gases encendidos son forzados a pasar a través de la junta roscada con lo que se logra obtener una transmisión de calor de los gases al cuerpo y tapa de la caja y al salir la temperatura de los gases está por debajo del punto de ignición de la atmósfera presente en el área.

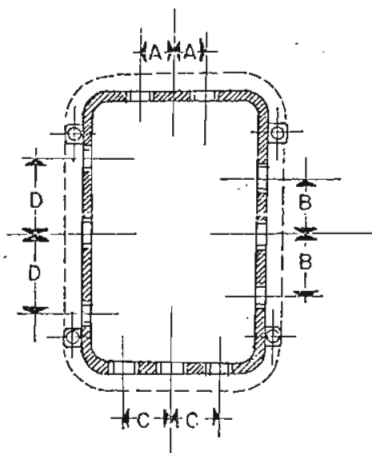
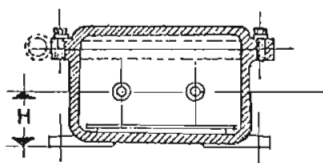
Los cambios alternos de temperatura y presión barométrica provocan entrada de aire del ambiente a través del sistema de canalización con lo que la humedad del ambiente penetrará al interior formándose depósitos de condensados en las cajas o líneas del conducto. Esto podría provocar fallas de aislamiento de los conductores, cortocircuitos, etc,. Para eliminar esta condición deberán ser instalados accesorios de inspección que permitan tener acceso a los conductores, dichos accesorios deberán estar equipados con drenes a prueba de explosión. La instalación deberá tener cierta pendiente para que el agua acumulada pueda ser drenada a través de estos accesorios de drenaje.

#### 4.3 CAJAS METÁLICAS .-

Las cajas metálicas (figura 4.4 y 4.5) en general son aquellas que se utilizan para alojar equipos y dispositivos eléctricos, uniones de tuberías, deriva



ciones, cajas para drenaje, etc, las cuales permiten una operación segura en áreas bajo condiciones de peligrosidad extrema; por lo que las cajas metálicas deberán ser a prueba de explosión.



Caja Metálica a Prueba de Explosión

Figura 4.4

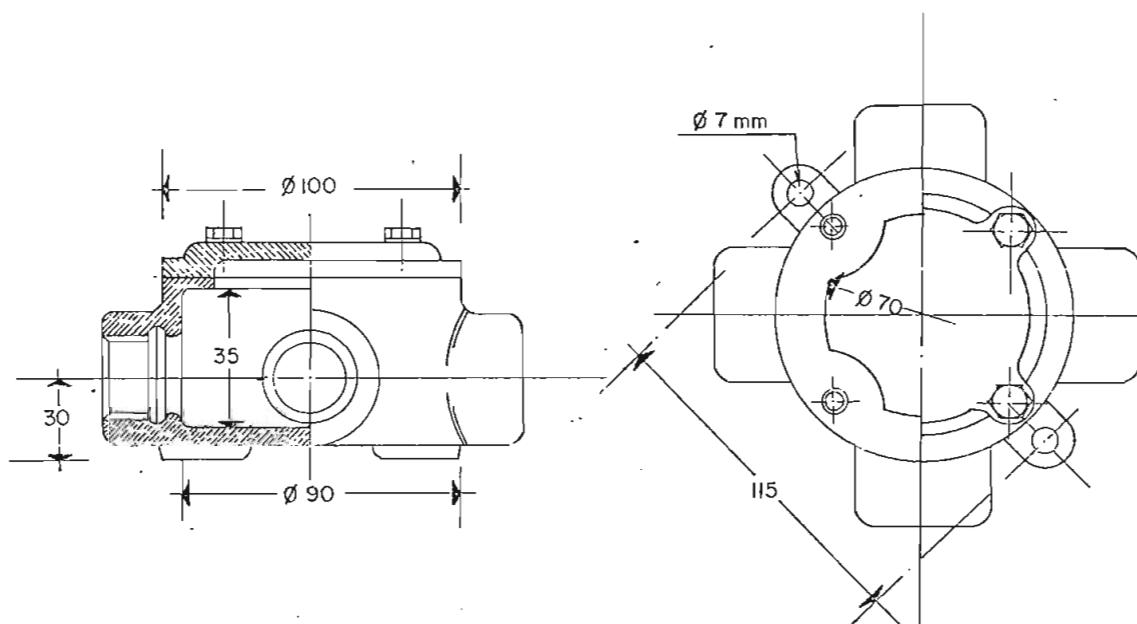
#### 4.3.1 CAJAS DE DERIVACION Y EMPALME .-

Son aquellas en las cuales se deberán realizar las conexiones de los conductores.

a) Serán de metal fundido, con tapas, empaques ,

selladores y accesorios adecuados, aprobados para su instalación en Lugares Peligrosos.

- b) Las uniones de las cajas con los conductos metálicos se realizarán con juntas roscadas que tengan por lo menos 5 hilos de rosca.



Caja de Derivación o Empalme

Figura 4.5

#### 4.3.2 CUBIERTAS METÁLICAS .-

Las cubiertas metálicas son blindajes dentro de los cuales se alojarán dispositivos eléctricos sean estos de medida o de control.

- a) Para su interconexión con los conductos se re-

quiere que tengan juntas roscadas y deberán tener una resistencia mecánica adecuada, que soporte una explosión en su interior sin destruirse.

Para los diseños de estos dispositivos y en general de todos los equipos " a prueba de explosión" se recomienda la utilización de un factor de seguridad de 4, esto es que el equipo deba resistir una presión hidrostática de 4 veces la presión máxima que pudiera desarrollar una explosión de hidrocarburos dentro de la cubierta. Para obtener la resistencia adecuada, generalmente se usa hierro fundido o aleaciones apropiadas de aluminio.

Los valores de las presiones se ha obtenido por experiencias previas o múltiples ensayos. Las presiones interiores dependen hasta cierto grado de la forma de la cubierta, de la turbulencia del gas al momento de explotar y de las obstrucciones que encuentran con los equipos alojados en el interior y en la proximidad de las paredes de la cubierta.

En cajas de prueba, la presión producida con la explosión llega hasta  $8.8 \text{ Kgrs/cm}^2$  (125 lbs.) por lo que considerando el factor de seguridad de 4 los equipos deberán soportar presiones de  $35 \text{ Kgrs/cm}^2$  (500 lbs.).

Cuando se aplica una presión en el interior de un recipiente cerrado, éste tiende a tomar una forma esférica, por lo tanto, mientras más se aproxima el diseño

a la forma esférica, más fuerte será la cubierta para un determinado peso de material.

Se ha mencionado que las cubiertas a prueba de explosión deben limitar una posible explosión en su interior y evitar que ésta se propague al exterior, por lo que deberá ser lo suficientemente hermética para impedir que las llamas salgan al exterior. Esto significa que deberán tener tolerancias muy reducidas entre sus uniones, tapas, etc., en tal forma que impidan la salida de las llamas aunque no impidan la entrada de los gases, ya que esto resulta impráctico.

En juntas planas la superficie de contacto entre la caja y la tapa debe tener un ancho mínimo de 9.5 mm. y la tolerancia máxima de ajuste entre estas dos superficies rectificadas deberá ser de 0.0381 mm.

Las juntas planas cuando se produce una explosión en el interior, tienden a aumentar la magnitud de los espacios libres donde se unen, por tal motivo deben dotarse de tornillos convenientemente distribuidos que aseguren su perfecta unión.

Existen otros tipos de juntas y una de las más usadas además de la junta plana es la junta roscada.

Se ha indicado anteriormente que el tipo de junta roscada tiene la ventaja de que la llama o los gases pro

ducidos por una explosión en el interior tienen que recorrer una trayectoria mayor para salir al exterior.

La temperatura de operación de las cajas metálicas - para los equipos a prueba de explosión es un punto importante que se debe considerar en el diseño de ésta, ya que sería inútil construir un equipo capaz de soportar presiones internas originadas por una explosión si la temperatura de operación es tal que pueda incendiar la atmósfera que lo rodea.

La figura 4.3 muestra los dos tipos de junta que se utiliza en las cajas metálicas a prueba de explosión.

#### 4.4 TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN .-

En cuanto sea posible se recomienda la instalación de Tableros de Control junto a las áreas peligrosas y no dentro de ellas.

Si esto no es posible, se instalarán los tableros de distribución cuyos componentes sean a prueba de explosión.

- a) Todos los tableros de distribución deben tener - una capacidad no inferior a la mínima exigida al alimentador para la carga que ha sido calculada.
- b) Deberán ser aprobados para su utilización en -

Lugares Peligrosos, es decir serán "a prueba de explosión".

- c) Las cubiertas metálicas de los tableros de distribución deben satisfacer los requerimientos que se indican en el punto 4.3, es decir deberán ser "a prueba de explosión".
- d) El espacio detrás de los tableros debe conservarse libre de material extraño.
- e) No deberán instalarse más de 42 dispositivos contra sobrecarga en un solo gabinete.

Se considerará un interruptor de circuito de dos polos como dos dispositivos de sobrecarga; un interruptor de tres polos se considerará como tres dispositivos contra sobrecarga.

#### 4.5 COMPUESTOS AISLANTES .-

Los compuestos aislantes son aquellos con los cuales se llenan los sellos para aislar tramos de tubería o cajas que alojan equipos o dispositivos eléctricos.

##### 4.5.1 CARACTERISTICAS .-

- Los compuestos aislantes deberán ser aprobados para su uso en Lugares Peligrosos, y no deberán ser afec-

tados por la atmósfera o líquidos que los rodeen.

- Los compuestos al fraguar deberán expandirse, evitando así el paso de vapores y gases.
- El punto de fusión no será inferior a 90°C.

#### 4.5.2 UTILIZACION .-

Se deberá utilizar sellos con compuestos aislantes cuando la canalización entre o salga de un lugar peligroso, o junto a un dispositivo eléctrico que se encuentre dentro de una cubierta metálica.

Cuando el gas dentro de una caja metálica a prueba de explosión explota, se ejerce una presión contra los gases que todavía no se inflaman y que se encuentran presentes en la tubería que conecta con el resto en la instalación. Cuando estos gases ya bajo la presión de la explosión inicial se inflaman, también producen una explosión.

Debido a que estos gases se encontraban bajo la presión debido a la primera explotación, al inflamarse o explotarse producen presiones mayores que las iniciales. Si este fenómeno se repite, las presiones crecen en intensidad hasta llegar a alcanzar presiones mayores de las que puede resistir el tubo conduit cuya ruptura provocaría la explosión de la atmósfera que lo rodea.

A este fenómeno se llama precompresión o acumulación de presiones.

En vista de que las instalaciones son roscadas hace que las mismas no sean necesariamente herméticas a los gases, por lo que la acumulación de presiones o precompresiones deberá necesariamente existir, y para reducir este efecto se deberá usar sellos apropiados en la instalación aislando así las secciones de tubo conduit.

Los sellos consisten en cajas metálicas donde el tubo conduit se rosca y las cuales una vez hecho el alambrado son llenadas con un compuesto aislante.

Los sellos y los compuestos aislantes son necesarios en los locales peligrosos en las siguientes circunstancias:

- a) En una canalización metálica rígida o conduit que entra a una caja metálica a prueba de explosión que contiene un equipo de temperatura alta o que produce arco eléctrico, a no más de 45 cm. de la caja metálica o blindaje a prueba de explosión.
- b) En un conduit que entra a cajas que contienen empalmes o derivaciones, cuando el conduit tiene un diámetro de 5 cm. o más.



- c) Cuando el tubo conduit sale de un área peligrosa a otra menos peligrosa.

Junto con el fenómeno de la precompresión, la humedad es otro enemigo de las instalaciones eléctricas a prueba de explosión. Si se presume que el agua pueda entrar a las cubiertas metálicas o tuberías de una instalación, éstas deberán tener cierta pendiente para que el agua acumulada pueda ser drenada a través de un aditamento de drene a prueba de explosión.

Como parte final del presente capítulo se adjunta varias ilustraciones de instalaciones de fuerza y alumbrado en Lugares Peligrosos Clase I y II, en las que se puede apreciar la utilización de los distintos dispositivos de que se han tratado.

SELLOS

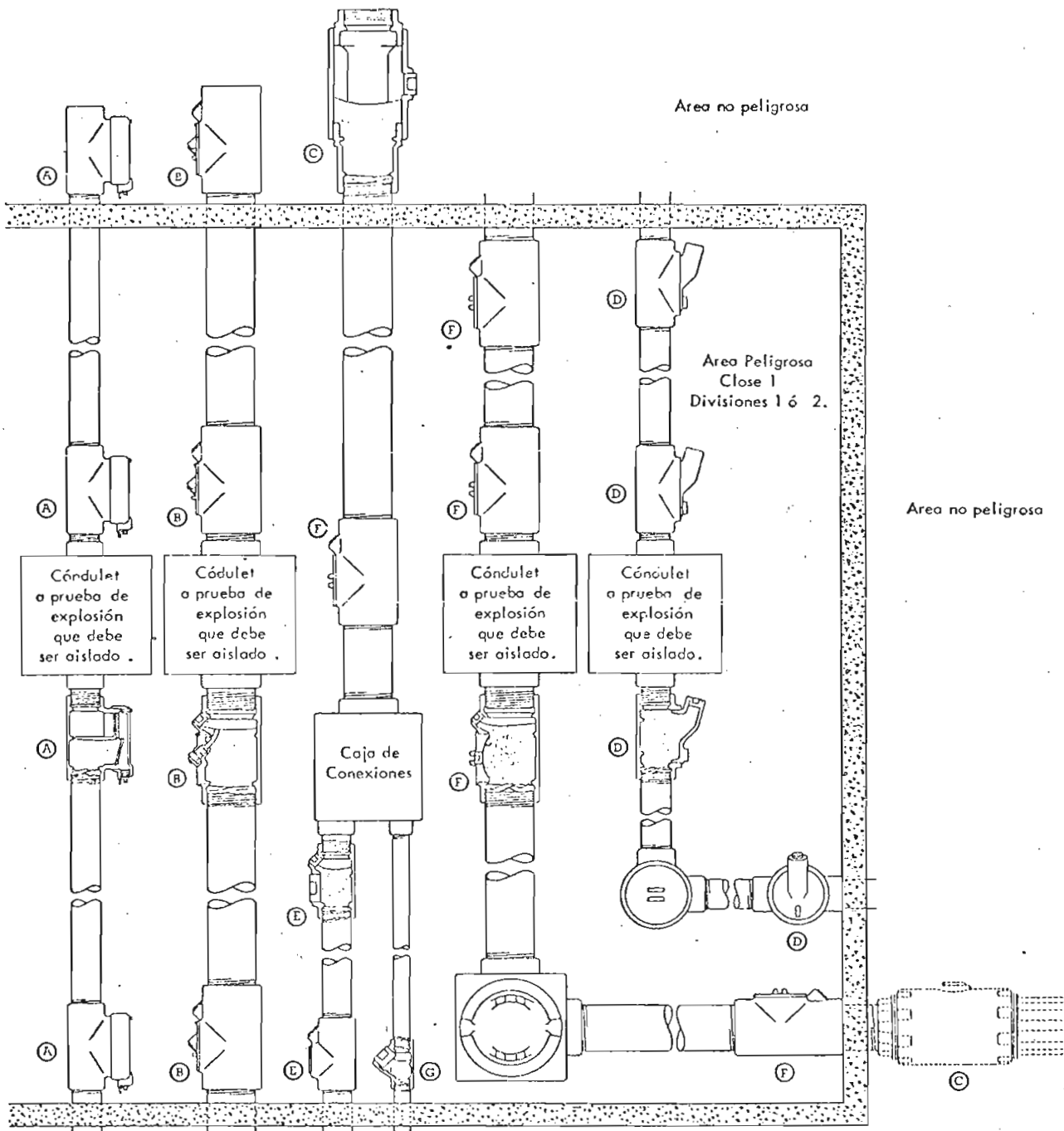


Figura 4.6

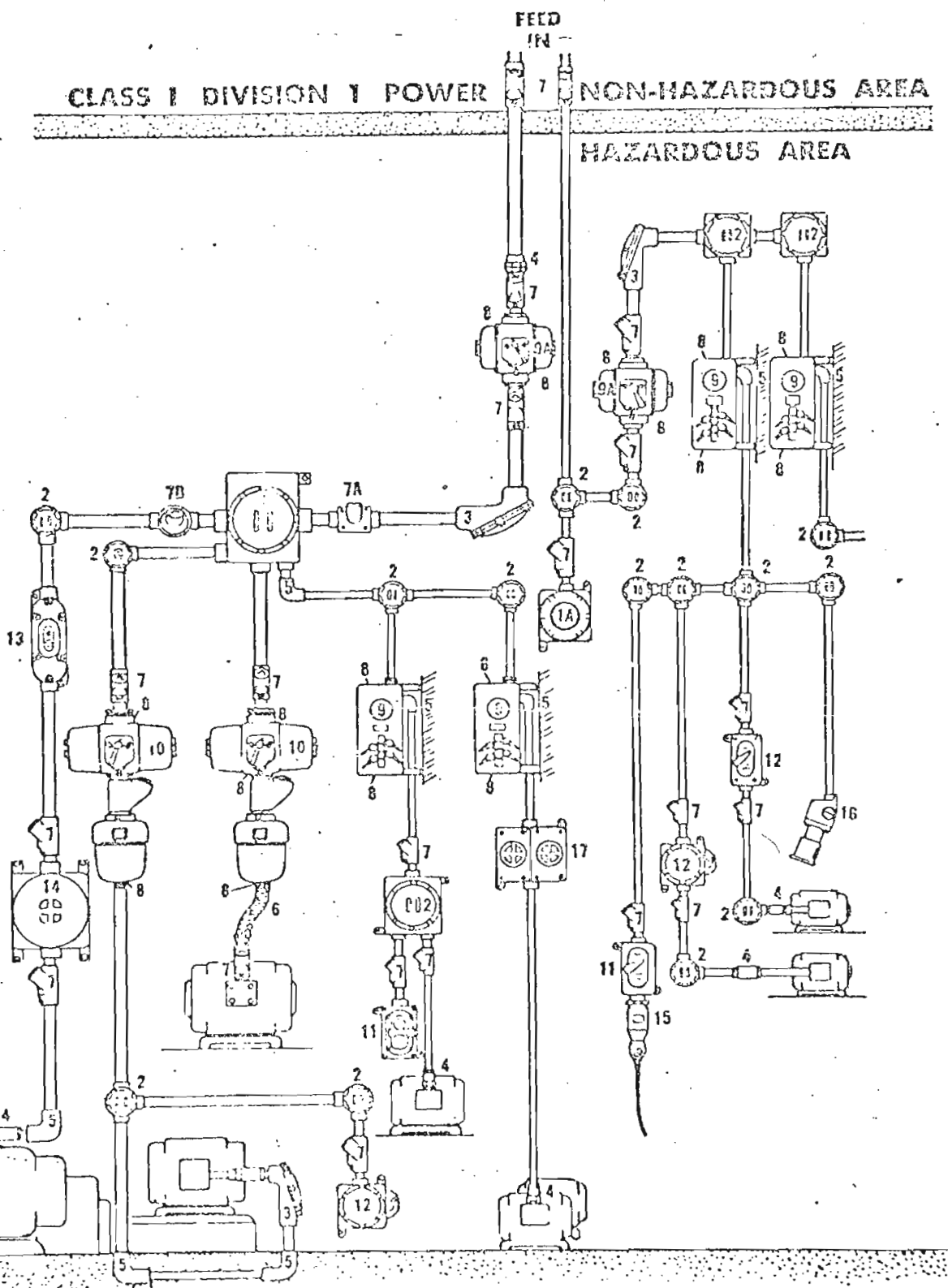


Figura 4. 7

INSTALACION DE FUERZA EN CI, D1.

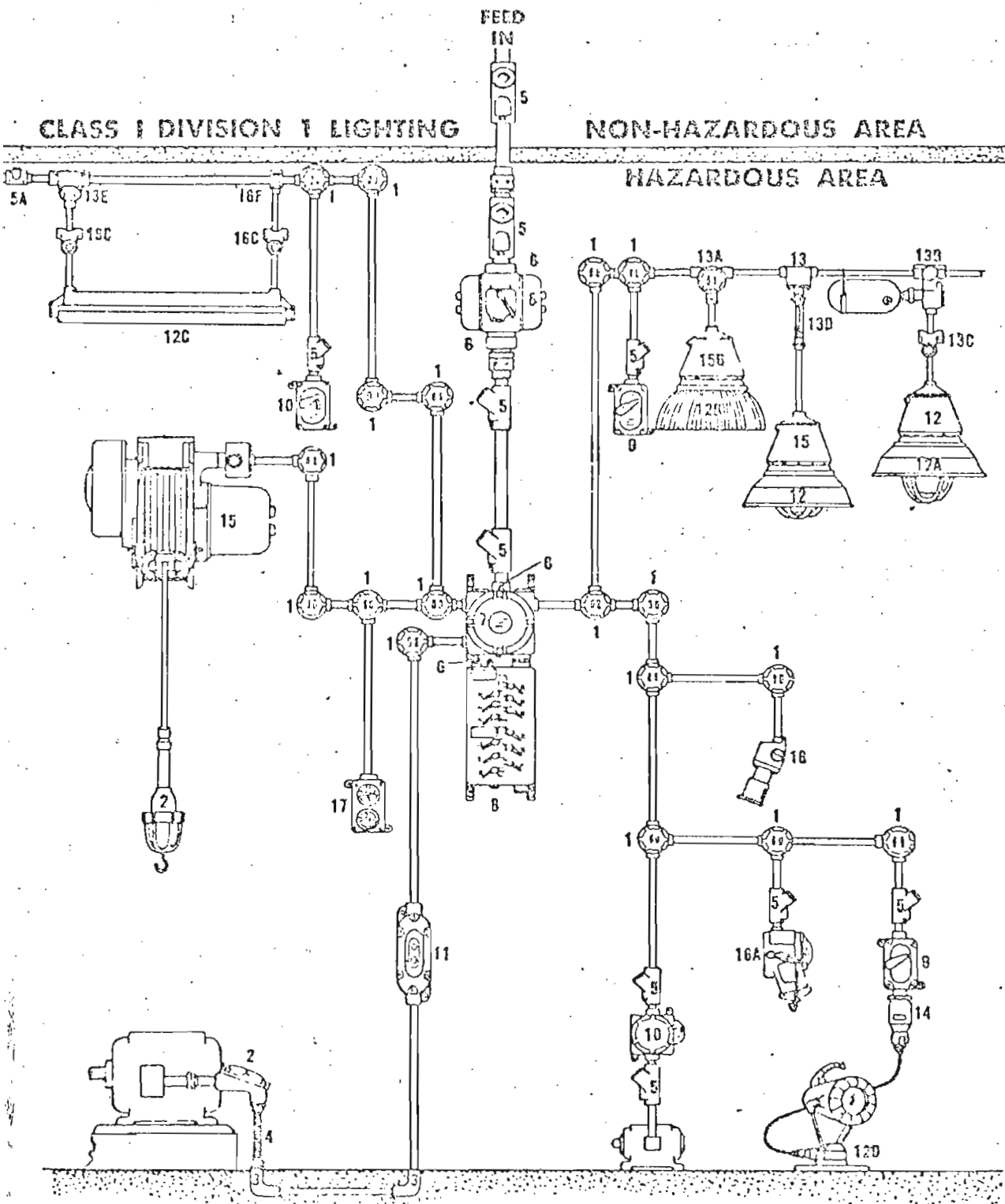


Figura 4. 8

INSTALACION DE ALUMBRADO EN CI, D1

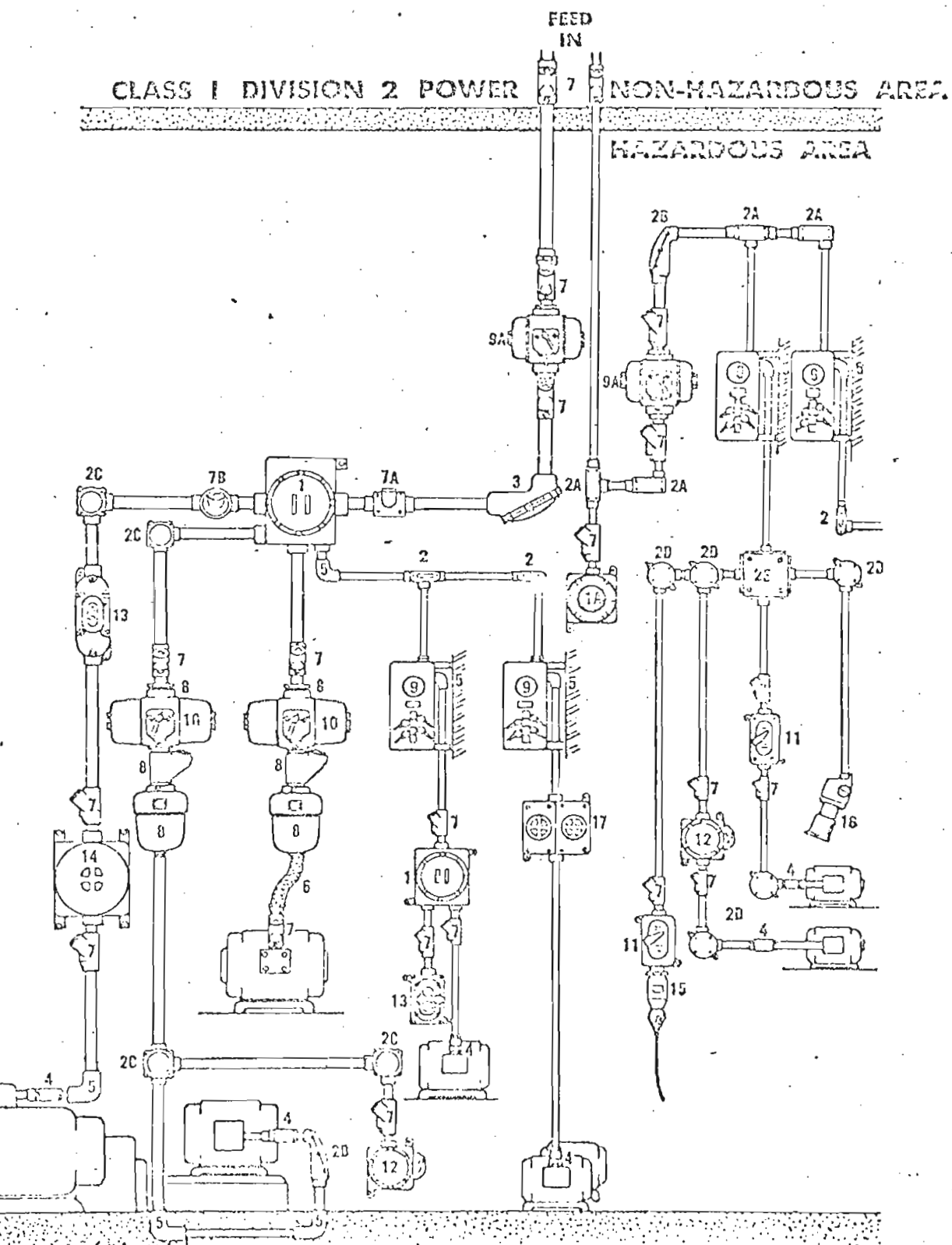


Figura 4.9  
INSTALACION DE FUERZA EN CI, D2

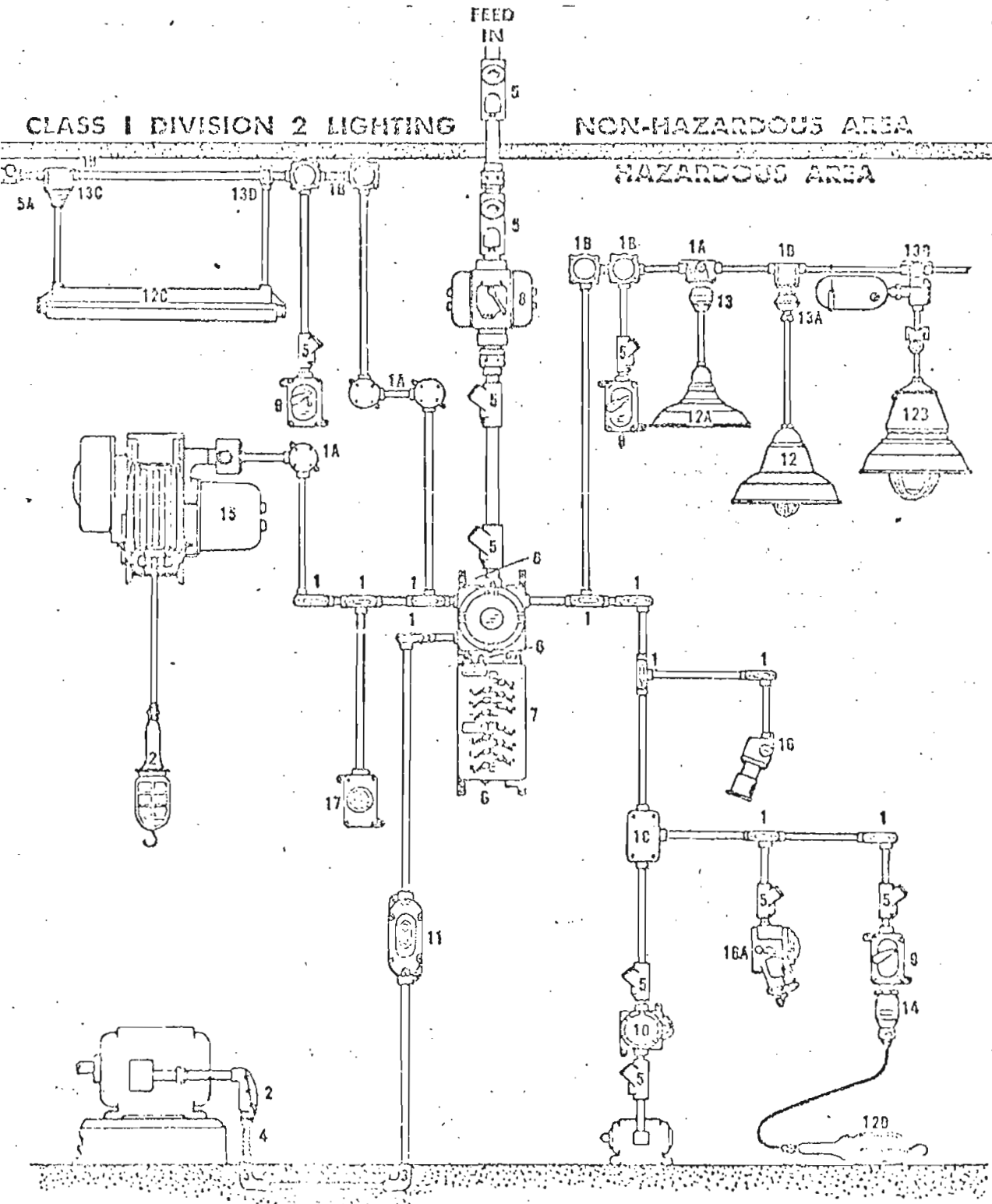


Figura 4. 10  
INSTALACION DE ALUMBRADO EN CI, D2

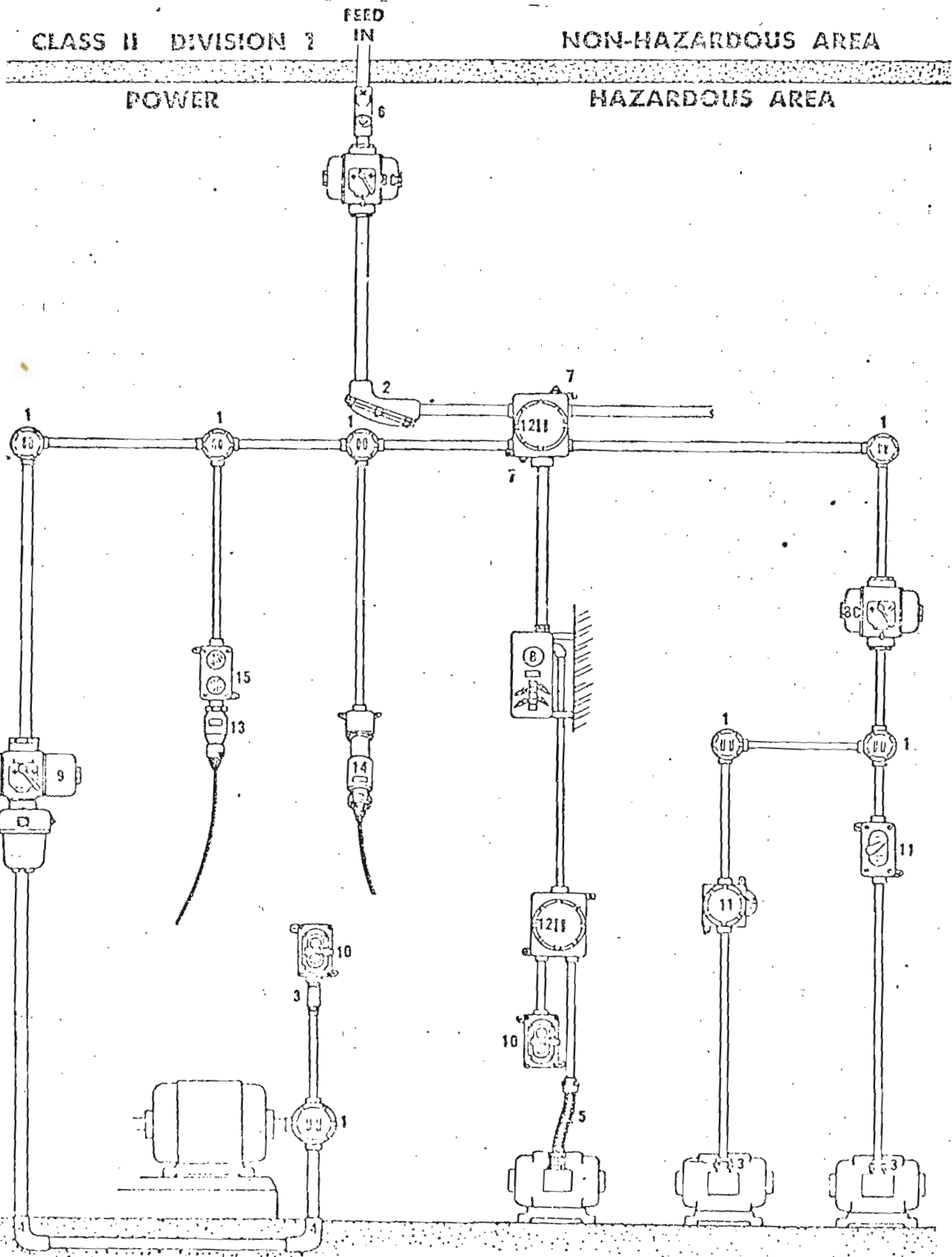


Figura 4. 11  
 INSTALACION DE FUERZA EN CII, D1

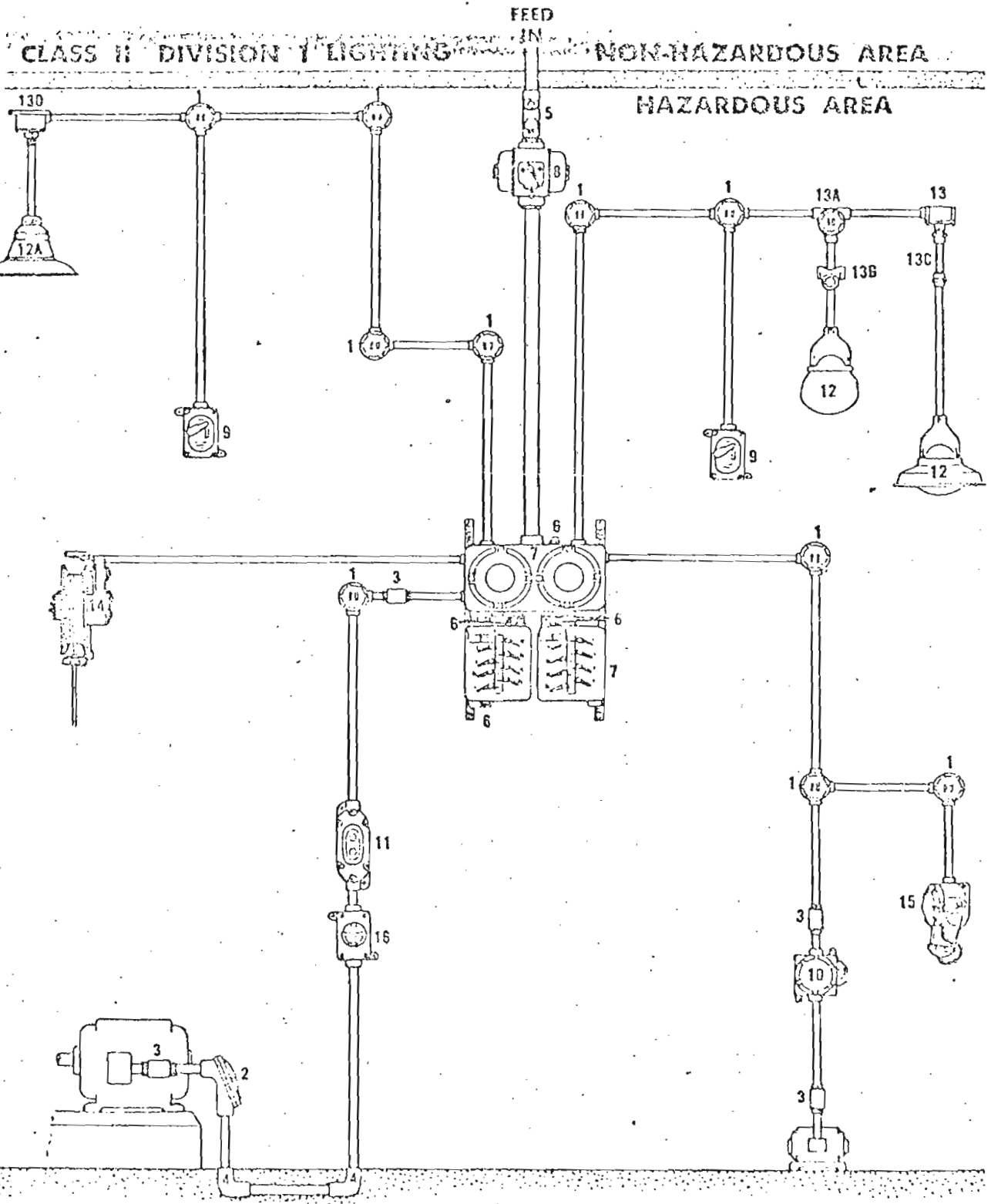


Figura 4.12.  
INSTALACION DE ALUMBRADO EN CII, D1



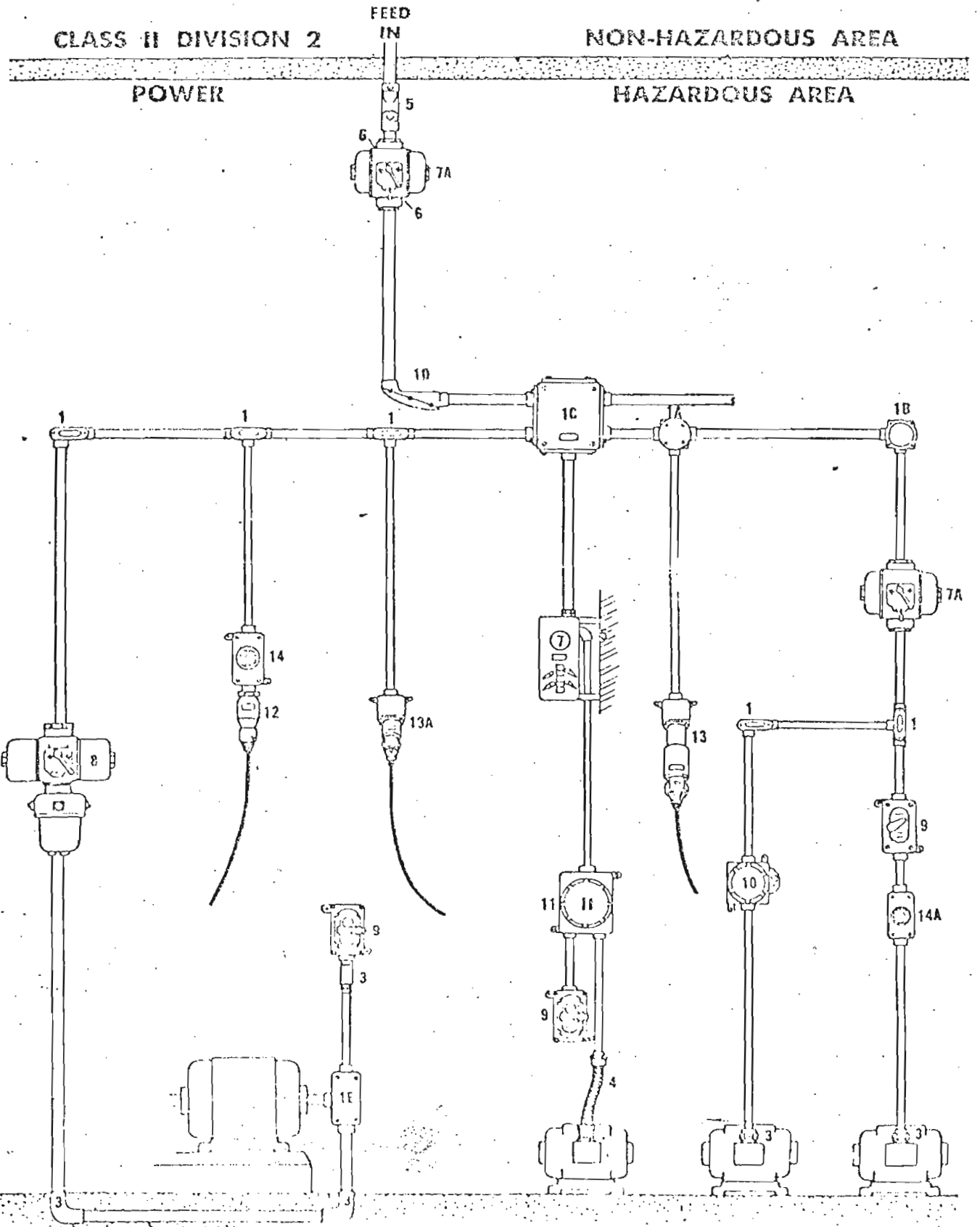


Figura 4. 13.



105

## C A P I T U L O V

### DISPOSITIVOS Y EQUIPOS ELECTRICOS .-

El equipo eléctrico de una instalación en Lugares Peligrosos, puede ser causa de explosiones, pues sus componentes son susceptibles de generar calor o arcos eléctricos al cerrar o abrir los circuitos.

En vista de que el equipo eléctrico, motores y sus - controles, lámparas, interruptores, etc., y la energía para operarlos, son esenciales para el funcionamiento de plantas industriales es imprescindible que el sistema eléctrico de distribución, así como el equipo, estén protegidos de tal manera que los arcos eléctricos o la temperatura no constituyan un problema que pueda causar una explosión. Solamente aquel equipo diseñado específicamente para Lugares Peligros debe utilizarse. El equipo y en general toda la instalación eléctrica deberá recibir además un mantenimiento cuidadoso.

Los equipos a prueba de explosión logran dar seguridad adecuada en dos formas: (1) disipando el calor generado, hasta un grado aceptable, mediante el uso de superficies diseñadas para este propósito, y (2) aislando de la atmósfera peligrosa todo el alambrado, componentes eléctricos y elementos susceptibles de -

producir arcos, tales como interruptores, mediante "blindajes a prueba de explosión" o dentro de "sistemas a presión".

Los blindajes a prueba de explosión deben evitar la inflamación de cualquier gas o vapor que lo rodee.

Requisitos de los blindajes a prueba de explosión:

1. Resistencia mecánica adecuada.
2. A prueba de flama, esto es que las juntas o bridas deben mantener ciertas tolerancias de tal forma que los gases calientes producidos por una explosión interna sean enfriados al pasar a través de éstas al exterior.

Los sistemas a presión permiten la operación segura de los equipos eléctricos en Lugares Peligrosos y para los cuales no hay equipos adecuados disponibles.

Los sistemas a presión requieren:

1. Una fuente de aire limpio
2. Un compresor para mantener la presión necesaria en el sistema.

3. Válvulas de control, para evitar que se aplique la energía antes de que los blindajes sean purgados y para quitar la energía del sistema si la presión cae debajo de un valor mínimo establecido.

Otro método seguro de prevenir que el equipo eléctrico que puede producir arcos inflame los gases o vapores en un lugar peligroso, es el de aislar el equipo eléctrico, localizándolo lo suficientemente lejos de la fuente de los gases o vapores peligrosos, para que no puedan entrar en contacto con el equipo eléctrico, cuando un interruptor se opere o se arranque o se pare un motor. Pero este método tiene varias desventajas, una de ellas es el costo elevado de la instalación.

A continuación se analizan los principales equipos que son instalados en plantas industriales, y por lo tanto en Lugares Peligrosos.

#### 5.1 MOTORES Y GENERADORES .-

Como se necesitan motores eléctricos para mover bombas, compresores, ventiladores, sopladores, transportadores y herramientas, su presencia en atmósferas peligrosas es frecuentemente inevitable.

### 5.1.1 TIPOS .-

La clasificación general de los motores es la siguiente:

1. Motores de Corriente Contínua (c.c.)
2. Motores de Corriente Alterna (c.a.)

Debido a que la corriente alterna se encuentra en casi todas partes, ha hecho que los motores de C.A. ocupen actualmente el lugar principal en el campo de la utilización de los motores eléctricos.

Los motores de C.A. se dividen en:

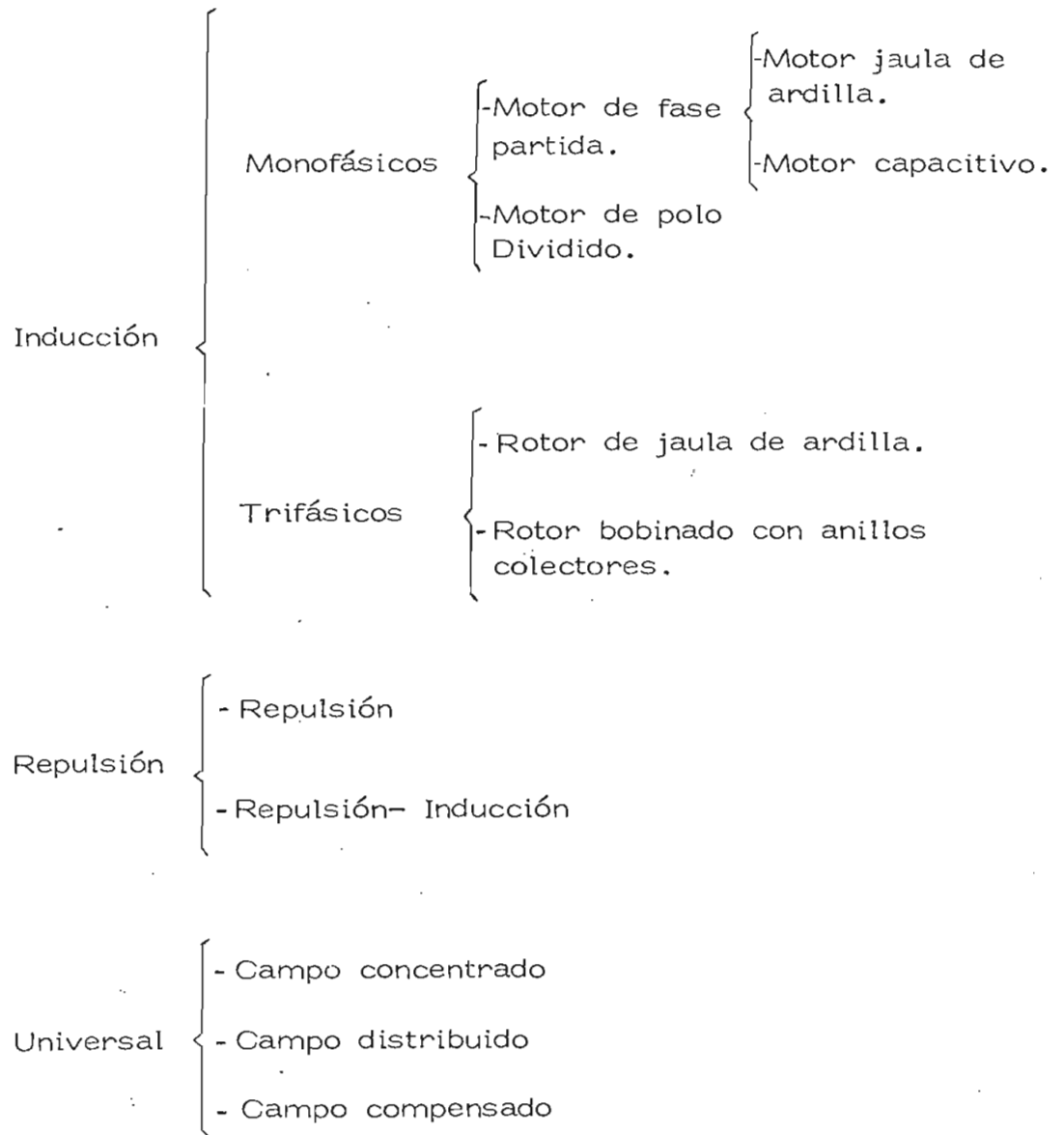
#### I) MOTORES SINCRONICOS .-

Rotor gira a igual velocidad que el campo magnético.

#### II) MOTORES ASINCRONICOS .-

Rotor gira a velocidad inferior que el campo magnético.

Los motores asincrónicos se subdividen en:



La selección del tipo adecuado de motor es muy importante ya que ésta tiene una influencia considerable en el costo inicial. El tipo de atmósfera peligrosa y las condiciones corrosivas son factores principales en esta selección ya que dictan el grado de protección necesaria para evitar costos excesivos de mantenimiento y de interrupción.

Las condiciones de peligrosidad y de corrosión varían en las distintas áreas de una planta industrial; consecuentemente, ningún tipo único de construcción de motor es adecuado para todas las aplicaciones. Los tipos que se recomiendan varían desde el "a prueba de goteo" al "a prueba de explosión" que es totalmente cerrado y enfriado por ventilador.

Los motores y generadores que se usen en locales Clase I, División 1, deben ser (1) del tipo a prueba de explosión, apropiados para operación bajo las condiciones específicas que se encuentran en el lugar - del trabajo; (2) del tipo totalmente cerrado, provistos de un compresor para ventilación a presión positiva, desde una fuente de aire limpio con descarga a un área segura, deberá tener además un dispositivo de protección que suspenda la alimentación de energía a la máquina en el caso de falla en la ventilación; o (3) del tipo totalmente cerrado y lleno con gas inerte, provisto con una fuente adecuada de gas inerte para mantener una presión adecuada del gas en el in



terior, y con un dispositivo de protección que suspenda automáticamente el suministro de energía a la máquina cuando falle la alimentación de gas. Se tendrán también accesorios apropiados para detectar cualquier aumento de temperatura en la máquina más allá de los límites de diseño y que suspendan automáticamente la alimentación de energía a la máquina. La utilización de este tipo de motores está limitada por cuestiones económicas.

En los motores y generadores totalmente cerrados de los tipos (2) y (3) la temperatura de la superficie exterior cuando éstos se encuentren en operación no excederá al 80% de la temperatura de ignición del gas, vapor o cualquier mezcla explosiva que los rodee.

En los locales Clase II y Clase III se permite la instalación de Motores de inducción de rotor en jaula de ardilla del tipo abierto y aprobado para el lugar de operación.

#### 5.1.2 UBICACION E INSTALACION .-

- En forma general los motores y generadores deben colocarse de modo que tengan una ventilación adecuada y las operaciones de mantenimiento tales como limpieza y lubricación, pueda efectuarse fácilmente.
- Es importante tener información completa de las con

diciones del local donde va a funcionar el equipo - eléctrico, tales como: elementos o material que se - encontrará presente en la atmósfera y en que grado, con lo cual se define el tipo de local, temperatura máxima, grado de humedad, cimentación, posibilidad de vibración, sistema de acoplamiento a la carga, dispositivos de control y mando, etc.

De éstas condiciones las que más nos interesan son las relativas a la clasificación del local y la clasificación de la atmósfera. Encontradas estas condiciones convendrá seleccionar el equipo que ofrezca las mayores ventajas económicas, instalando ya sea un equipo a presión o a prueba de explosión.

La clasificación de las áreas de acuerdo a las características de las mezclas atmosféricas se dan en las tablas 3.1.1 y 3.2.1.

Como ejemplo se puede indicar que, si una instalación tuviera muchos instrumentos que pudieran ser encerrados en un solo blindaje de lámina de metal, la instalación se prestaría para sujetarla a presión; sin embargo, si los instrumentos, debido a su naturaleza tuvieran que ser instalados en cajas separadas, entonces los blindajes a prueba de explosión resultarían seguramente más económicos.

- Los fundamentos para las máquinas grandes con sus

canalizaciones para cables y conductos de ventilación deben realizarse de acuerdo a los planos de construcción. La cimentación a de ser firme , sólida y nivelada, asegurando que no se produzca ningún movimiento durante el funcionamiento. Los mejores materiales para cimentación son el hormigón y la piedra, pero como el primero de ellos es más fácil de modelar y permite el empotramiento de los pernos de fijación, es casi el único empleado universalmente.

- Si la máquina es pequeña, menos de 50 HP, las condiciones son razonablemente buenas, existe la posibilidad de ahorrarse la cimentación utilizando principalmente un buen pavimento en el que se empotran los pernos de fijación practicando agujeros sobre el mismo.
- La vibración de la máquina se amortigua (así como el ruido) utilizando por ejemplo amortiguadores de muelles de acero (figura 5.1) o algún otro tipo conocido de amortiguamiento.

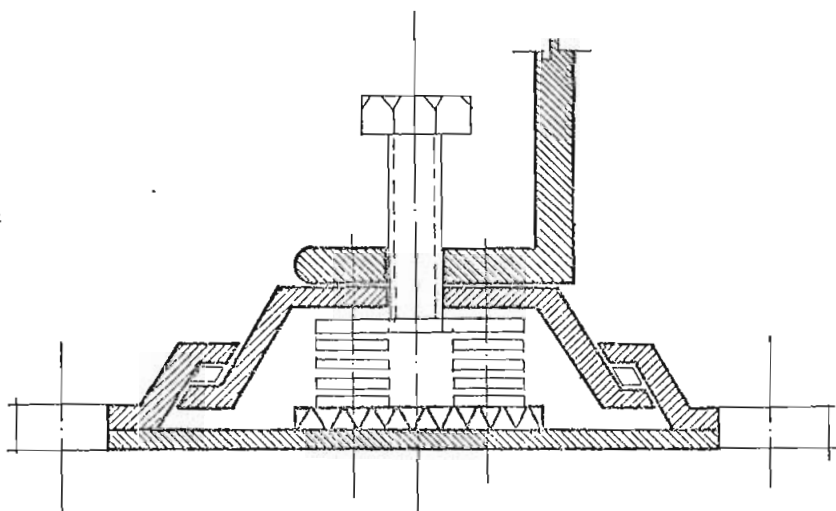


FIG. 5.1 FORMA DE AMORTIGUAMIENTO PARA LA ELIMINACION DE VIBRACIONES

- En general para evitar sobrecalentamientos por acumulación de polvo, en los Lugares Peligrosos Clase II, donde el polvo u otros materiales volátiles son captados por las máquinas perturbando la ventilación o refrigeración de los mismos, se emplearán tipos de motores y generadores cerrados que no se sobrecalienten en las condiciones reinantes. En condiciones especialmente severas se puede exigir el uso de motores y generadores cerrados, ventilados mediante tuberías o tabiques que separen la sala cerrándola herméticamente al polvo, debiendo ser ventilada en forma adecuada desde una fuente de aire limpio.
- Los motores de combustión interna o grupos termoelectrónicos no deberán ser instalados en los Lugares Peligrosos.

## 5.2 TRANSFORMADORES Y CONDENSADORES .-

### 5.2.1 TIPOS .-

Transformadores de voltaje para instalación interior existen en los siguientes tipos:

- Seco
- con contenido de aceite
- con contenido de askarel

Los condensadores a los que se hace referencia son

aquellos que se instalan dentro de edificaciones. Los condensadores que sean componentes de otros equipos tendrán que ajustarse a los requisitos aplicables a dichos equipos.

### 5.2.2 UBICACION E INSTALACION .-

- a) En general los transformadores y condensadores deberán estar ubicados dentro de celdas de tal modo que sean accesibles solo al personal que realizará inspección o mantenimiento y no permitirán la entrada de gases explosivos, o polvos volátiles.
- b) Las celdas deberán situarse donde puedan ser ventiladas al aire exterior sin emplear conductos; en el caso de no existir esta posibilidad se utilizarán conductos dotados de buena ventilación que permitan la extracción de gases o vapores peligrosos.

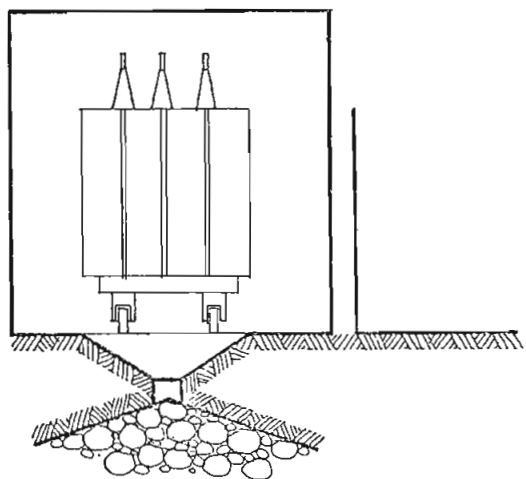


FIG. 5.2  
CELDA PARA TRANSFORMADOR

- c) Las paredes y techos de las celdas o cámaras, estarán construídas de hormigón reforzado, ladrillo, bloque de hormigón u otros materiales resistentes al fuego, que tengan una resistencia estructural adecuada para las condiciones de empleo. Se recomienda que los materiales de las paredes tengan una resistencia mínima al fuego de 2 1/2 horas. Los pisos deberán ser de hormigón, con un espesor no menor de 0.10 metros.
- d) La ventilación deberá ser adecuada para evitar temperaturas excesivas dentro de las celdas, y además deberá extraer continuamente los gases o vapores peligrosos.
- e) En el caso de que sea necesario utilizar conductos de ventilación, éstos se construirán de material resistente al fuego. Las aberturas de ventilación estarán cubiertas de rejillas para evitar condiciones de inseguridad.
- f) En las celdas que contengan transformadores de capacidad superior a 100 KVA, se construirá un drenaje que pueda sacar cualquier acumulación de aceite o agua que pueda recogerse en la celda. El suelo deberá tener una inclinación hacia la abertura del drenaje. Los transformadores deberán tener las protecciones eléctricas

adecuadas contra sobrecarga y cortocircuito.

- g) Los condensadores estarán dotados de un sistema de descarga de la carga acumulada. El circuito de descarga estará conectado permanentemente a los terminales del condensador, o estará dotado de un medio automático de conexión que lo conecte a los terminales del banco de condensadores al suprimir la tensión de la línea. No se debe utilizar medios manuales para conectar el circuito de descarga.
- h) Las celdas de los transformadores o condensadores no tendrán ninguna puerta que comunique a la celda con una área peligrosa Clase I.
- i) En áreas peligrosas Clase II y III se permiten la comunicación entre las celdas de los transformadores y las áreas peligrosas, siempre que las puertas sean a prueba de incendio con cierre automático.

### 5.3 INTERRUPTORES, CONMUTADORES, RESISTENCIAS Y FUSIBLES .-

#### 5.3.1 TIPOS .-

Esta parte comprende todos los tipos de interruptores y disyuntores de línea y de las derivaciones, -

conmutadores de motor, incluyendo botones pulsadores, interruptores piloto e interruptores para el mando de circuitos de alumbrado y aparatos.

En la figura 5.3 se muestran algunos dispositivos de control apropiados para utilizarse en áreas peligrosas.

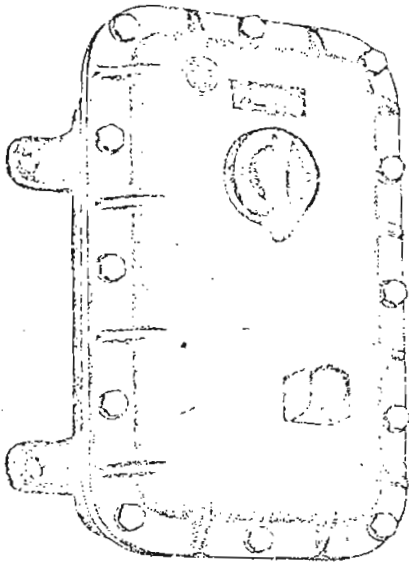
Los interruptores que se utilicen para proteger conductores, equipo de control y motores, contra cortocircuitos y fallas de tierra deberán seleccionarse con mucho cuidado, considerando:

- 1) Que el voltaje especificado del interruptor sea el mismo o mayor que el voltaje del circuito.
- 2) Que la capacidad de interrupción del interruptor sea mayor que la que pudiera producirse por un cortocircuito a los terminales del mismo.

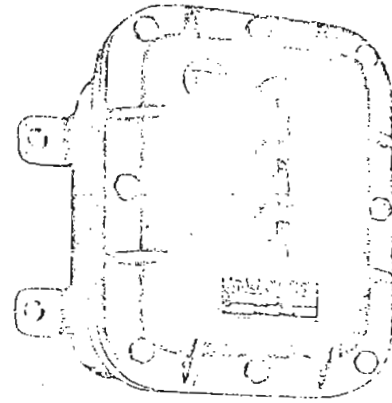
Cuando se utilicen interruptores termo-magnéticos en circuitos de motores, éstos deberán dispararse cuando menos al 115% de la corriente a plena carga..

Cuando los interruptores se utilicen en lugares donde la temperatura ambiente es muy alta, deberán ser especialmente calibrados a la carga de disparo disminuída para compensar por la temperatura ambiente más alta.

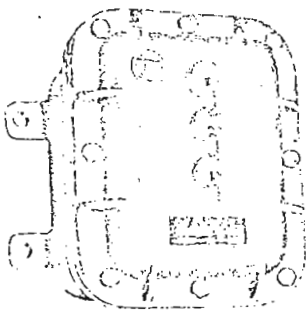




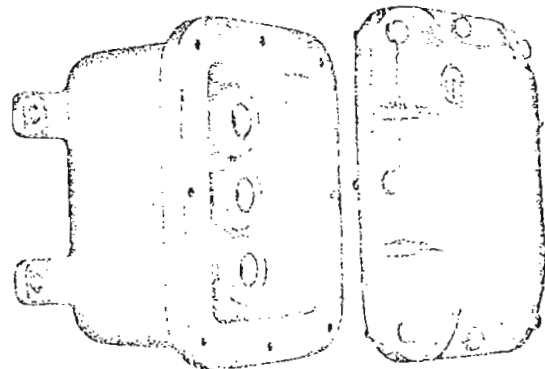
CONTACTOR CON RELE



INTERRUPTOR



DISYUNTOR



FUSIBLES

FIG 5-3 DISPOSITIVOS ELECTRICOS PARA INSTALACION EN L.P

Los conmutadores son utilizados en las plantas industriales cuando se requiere obtener corriente continua de sistemas de corriente alterna.

La utilización de resistencias en las plantas industriales ya sea para la obtención de calor o para regulación de voltaje se la debe realizar, evitando en lo posible ubicarlas dentro de las áreas peligrosas, por cuanto la producción de calor constituye uno de los mayores peligros de explosión en los lugares que contienen concentraciones atmosféricas explosivas. Los fusibles deberán ser escogidos cuidadosamente en cuanto a su capacidad, con el objeto de tener una adecuada protección de las instalaciones eléctricas, su instalación dentro de Lugares Peligrosos, cumplirá con las disposiciones que se dan a continuación:

#### 5.3.2 INSTALACION .-

- a) Los interruptores, conmutadores, resistencias, fusibles, etc., incluyendo botones pulsadores, relés y dispositivos análogos estarán provistos de cubiertas metálicas y la cubierta metálica en cada caso, junto con el aparato que contiene, deberá ser a prueba de explosión si se instala Lugares Clase I, División 1.
- b) En locales Clase I, División 2 los interruptores estarán provistos de cubiertas metálicas apro-

badas para lugares de la Clase I, pero pueden instalarse en 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 y vapores.

- c) Para los locales Clase I, División 2 pueden emplearse fusibles standar de los tipos enchufable o de cartucho, siempre y cuando se instalen dentro de cubiertas aprobadas para la finalidad y el lugar; o pueden emplearse fusibles de un tipo en que el elemento actuante esté sumergido en aceite u otro líquido aprobado, o esté encerrado en una cámara herméticamente cerrada a la entrada de gases o vapores, siempre y cuando estén - aprobados para la finalidad correspondiente, y situados en el interior de cubiertas para uso general.
- d) Para locales Clase II, División 1 y Clase II, División 2 éstos dispositivos estarán provistos de cubiertas a prueba de la ignición de polvo, y - junto con los dispositivos encerrados deberán ser aprobados como un conjunto completo para locales de la Clase II.
- e) Para locales Clase II, División 1 y 2, éstos dispositivos estarán dotados de cubiertas metálicas herméticas diseñadas para reducir al mínimo la

entrada de fibras y cuerpos volátiles; estarán equipados con tapas de ajuste que eviten la salida de chispas o material incandescente, tales que inflamen la atmósfera que los rodea.

#### 5.4 SISTEMAS DE SEGURIDAD Y SEÑALIZACION .-

En los Lugares Peligrosos y en lugares especiales tales como áreas de Hospitales, Hangares de Aviación, Hoteles, etc., es necesario la instalación de sistemas de seguridad y señalización adecuados que permitan detectar fallas en las instalaciones o accidentes tales como incendio.

##### 5.4.1 INSTALACION DE LOS CONDUCTORES .-

El número de conductores contenidos en un conducto será limitado solamente por el requisito de que el área de la sección recta de todos los conductores no supere el 40% de la sección del conducto. Cuando sea conveniente una flexibilidad limitada, o cuando el peligro de avería mecánica no sea muy grande, podrá emplearse cordón flexible aprobado para condiciones de trabajo - extraordinariamente duras.

Los conductores de los sistemas de seguridad y señalización no podrán ocupar la misma canalización en la cual se instalan los conductores del sistema eléctrico general, el sistema de cableado cumplirá con lo dis

puesto en la sección 4.1.

Los interruptores, disyuntores, relés, contactores y fusibles que puedan interrumpir corrientes que no sean las de altavoces y los contactos interruptores - para timbres, sirenas y otros dispositivos en los que puedan producirse chispas o arcos, estarán dotados de cubiertas metálicas aprobadas para el lugar de su utilización, a menos que los contactos interruptores estén sumergidos en aceite, o que la interrupción de la corriente se produzca en el interior de una cámara hermética, en cuyo caso las cubiertas pueden ser de uso general.

#### 5.4.2 DISPOSITIVOS .-

Entre los dispositivos o sistemas de seguridad y señalización tenemos: sistemas de alarma de incendio, detectores térmicos, detectores de humo, sistemas intercomunicadores.

#### SISTEMA DE ALARMA DE INCENDIO .-

Debe estar dotado de supervisión automática que indique cualquier caso que pudiera hacer fallar la alarma cuando más se necesita.

Debería tener medios audibles y visibles (anunciadores) que permitan ubicar al detector de fuego donde -

se originó la señal de alarma.

El sistema incluye detectores de fuego automáticos, de temperatura fija o con regulador de temperatura. Las señales pueden ser del tipo de campanilla o trompeta aprobados para Lugares Peligrosos.

### DETECTORES TERMICOS .--

El detector consiste en un fuelle que tiene una pequeña abertura que recibe el aire que se expande al calentarse, si la temperatura del aire aumenta rápidamente ( $15^{\circ}\text{C}$  por minuto o más), el fuelle se expande cerrando los contactos eléctricos.

Los detectores térmicos de temperatura fija de  $60^{\circ}\text{C}$  se podrán utilizar donde existen fluctuaciones normales de temperatura y donde la misma no exceda los  $40^{\circ}\text{C}$ .

Sin embargo, existen detectores de temperaturas que pueden utilizarse en ambientes de temperaturas más elevadas.

En áreas grandes los detectores térmicos deberán instalarse a no más de 15 mts. y en ningún caso estará a más de 7.5 mts. de cualquier pared o división.

### DETECTORES DE HUMO .-

Actúan con la concentración de humo en el aire y tienen incorporados una unidad detectora de temperatura. Los detectores de humo no deben montarse a más de 18 mts. de distancia entre sí.

### SISTEMA DE INTERCOMUNICADORES .-

Fundamentalmente existen dos sistemas: el llamado "radial", que cuenta con una estación central desde la cual se puede llamar a todos y cada uno de los anexos, pudiendo a la vez los anexos hacerlo únicamente a la estación y el sistema " en estrella" en el que es posible la comunicación entre dos cualquiera de los anexos del sistema.

Todos los dispositivos deben ser aprobados para el local donde deban ser instalados.

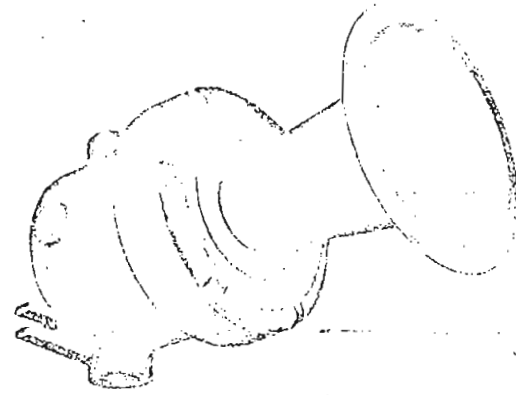
La figura 5.4 muestra una campanilla y una bocina de alarma para su utilización en áreas peligrosas y, la figura 5.5. muestra dispositivos de medida a prueba de explosión.

### 5.5 SISTEMAS DE ALUMBRADO .-

El alumbrado en Lugares Peligrosos se localiza principalmente en donde se necesita, sin importar la si-



CAMPANILLA



BOCINA

FIG 5-4 DISPOSITIVOS DE ALARMA

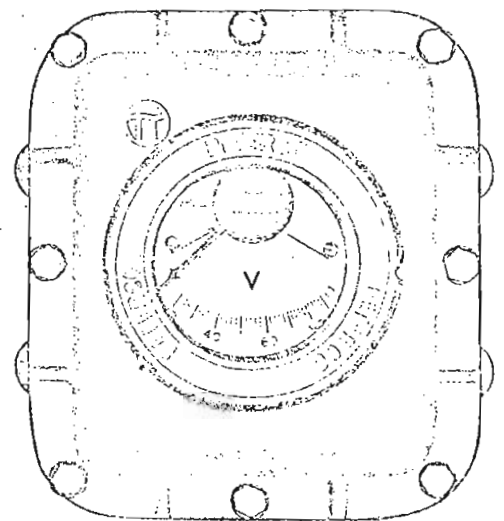
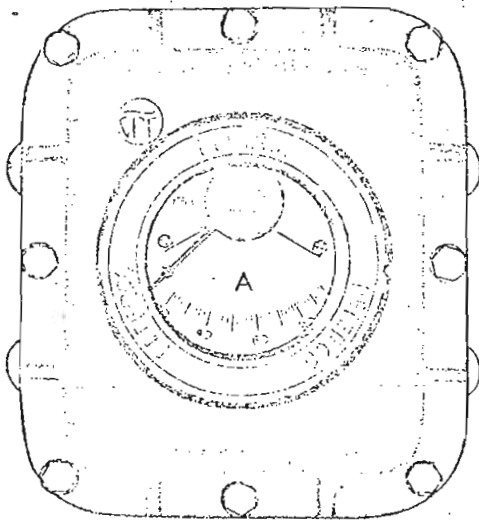


FIG 5-5 MEDIDORES Y SEÑALIZADORES



metría de la instalación.

Una tendencia reciente es la de clasificar la mayoría de las áreas de alumbrado como Clase I, División 2.

Aún cuando el alumbrado incandescente es todavía ampliamente utilizado, existen luminarias fluorescentes y de mercurio aprobadas para Lugares Peligrosos y que tienen mayor eficiencia lumínica. El costo inicial mayor de éstas luminarias se compensa con el menor costo de operación.

#### 5.5.1 ALUMBRADO FIJO .-

Cada aparato de alumbrado deberá ser aprobado como un conjunto completo para los lugares de instalación, y llevarán una indicación clara indicando la potencia máxima en watt de las lámparas para las que está aprobado.

Todo aparato de alumbrado se protegerá contra daños mecánicos mediante una protección o ubicación convenientes. Cuando haya peligro de que las chispas o metal caliente que pueda caer de las lámparas o de los aparatos de alumbrado puedan inflamar el ambiente que rodea, se colocarán cubiertas u otros medios protectores eficaces.

Las lámparas de alumbrado a prueba de explosión -

son dispositivos que producen calor, y por lo tanto las temperaturas de operación resultan muy importantes.

La temperatura exterior de la cubierta de una lámpara no debe exceder los  $180^{\circ}\text{C}$  para locales Clase I, División 1, Grupo C y  $280^{\circ}\text{C}$  para Clase I, División 1, Grupo D. Estos límites están basados en una temperatura ambiente de  $40^{\circ}\text{C}$ .

Un requisito especial de diseño para lámparas de alumbrado en todos los locales Clase I, División 1, es que la cámara de explosión para la lámpara debe estar separada o aislada del compartimento de la lámpara.

En locales Clase I, División 2 se exige que las temperaturas de operación no excedan del 80% de la temperatura de ignición del vapor o gas inflamable de que se trate. Por ejemplo, la temperatura de ignición de la gasolina es  $280^{\circ}\text{C}$ , por lo tanto la temperatura de operación de las lámparas no deberán exceder del 80% o sea  $224^{\circ}\text{C}$ .

Para asegurarse que las temperaturas de operación de las lámparas no son sobrepasadas es indispensable usar siempre los focos especificados en cada aparato de alumbrado.

Las temperaturas máximas de seguridad establecidas para los tres grupos de polvos Clase II son las siguientes: Grupos E y F, 200°C; Grupo C, 165°C.

Las cajas o ajustes utilizados para soportar aparatos de alumbrado fijo (fig. 5.6) deberán ser aprobados para su utilización en Lugares Peligrosos.

Los aparatos colgantes de alumbrado estarán suspendidos de barras con rosca (fig. 5.7) que harán las veces de conducto metálico rígido a través del cual se introducirán los conductores a la lámpara. Las barras de más de 30 cm. estarán dotadas de amarras permanentes y eficaces que eviten el desplazamiento lateral y que estarán fijas a un nivel de no más de 30 cm. por encima del extremo inferior de la barra.

#### 5.5.2 LAMPARAS PORTATILES .-

Los aparatos de alumbrado portátil (fig. 5.8) deberán ser aprobados como un conjunto para dicho uso y deberán cumplir con lo dispuesto en 5.5.1.

Los cordones flexibles que se empleen en la conexión a una lámpara portátil, deberán ser del tipo aprobado para trabajo pesado; contendrán además de los conductores del circuito un conductor para conexión a tierra con una marca continua que lo distinga fácilmente del otro conductor o conductores.



FIG 5-6 LAMPARAS DE ALUMBRADO FIJO

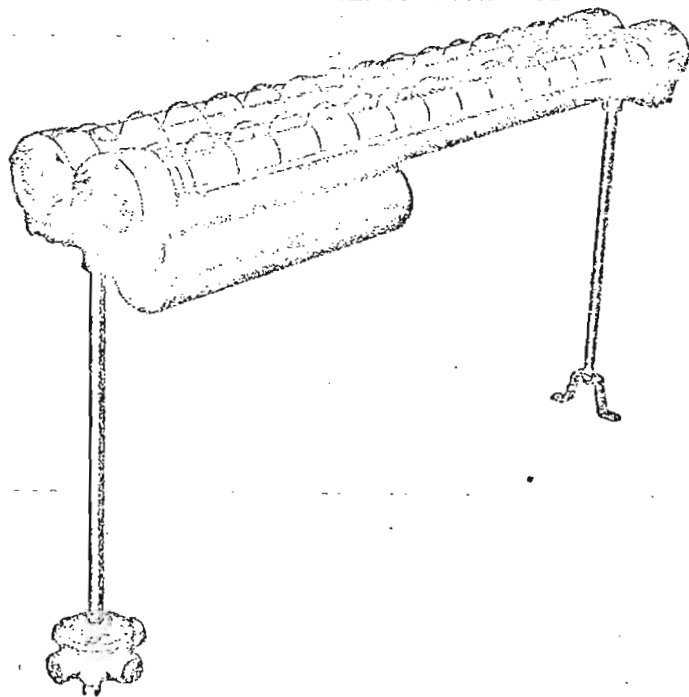


FIG 5-7 LAMPARA COLGANTE DE ALUMBRADO



FIG 5-8 LAMPARA PORTATIL DE ALUMBRADO

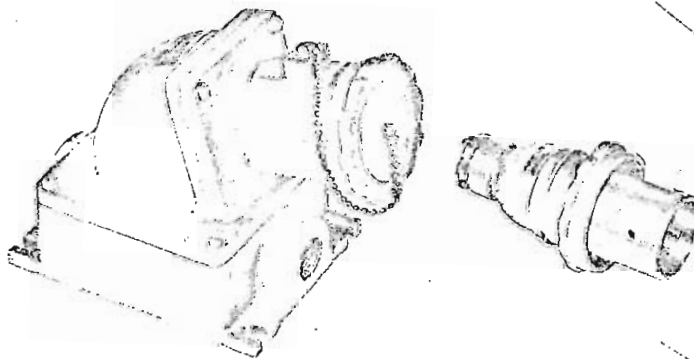


FIG 5 - 9 TOMA CORRIENTE Y RECEPTACULO

Los conductores utilizados en los cordones flexibles deberán ser herméticos para su conexión a los toma corrientes o receptáculos (fig. 5.9).

#### 5.6 EQUIPOS MOVILES .-

Todos los equipos móviles como calentadores o motores que se desplazan con frecuencia, deberán ser aprobados para la clase de lugar en donde van a ser utilizados, por lo tanto, cumplirán con las disposiciones que para el efecto se han dado en el presente capítulo.

Los cordones flexibles para trabajo pesado que deben usarse con éstos equipos, deberán examinar frecuentemente y reemplazarse a la primera indicación de daño o deterioro mecánico. Las conexiones así mismo, cumplirán con las disposiciones indicadas anteriormente. En general, donde quiera que se necesite equipo portátil o móvil, es necesario evitar el mal trato e inspeccionar frecuentemente sus partes.

#### 5.7 PUESTAS A TIERRA .-

Las partes metálicas descubiertas, que no transporten corriente, como por ejemplo, las armaduras o exteriores metálicos de los motores, transformadores, condensadores, aparatos o lámparas fijas o portátiles, aparatos de alumbrado, armarios, celdas

y conductos u otro equipo de utilización, fijo o portátil, se conectarán a tierra, en la forma que se especifica más adelante.

Los circuitos se ponen a tierra con el fin de limitar la tensión que pudiera aparecer en el circuito, al estar expuestos a descargas de rayos u otras tensiones mayores que las que pueden soportar, o para limitar el potencial máximo con respecto a tierra producido por la tensión normal.

Las canalizaciones que encierren conductores, las - cubiertas metálicas de equipos y dispositivos, se ponen a tierra, con el fin de evitar un potencial respecto a tierra en las cubiertas o en el equipo.

#### CONEXION A TIERRA EFICAZ .-

El camino a tierra en los circuitos, equipos o cubiertas conductores, debe ser permanente, contínuo, tener amplia capacidad de carga para conducir con toda seguridad cualquier corriente que vaya a circular por él, y una impedancia lo suficientemente baja para - restringir el potencial respecto a tierra y para facilitar el accionamiento de los dispositivos contra sobrecargas del circuito.

### CONDUCTORES DE PUESTA A TIERRA .-

Se recomienda para puesta a tierra la utilización del conductor de cobre desnudo, ya sea sólido o trenzado. Si el conductor no es de cobre, su resistencia eléctrica por unidad de longitud no deberá exceder a la permisible para el conductor de cobre.

Los conductores de puesta a tierra no deben tener en toda su longitud ningún empalme o unión.

### TAMAÑO DEL CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA.-

El conductor neutro de la acometida de un sistema de corriente alterna, deberá ponerse a tierra en el punto de entrada, antes de cualquier equipo de desconexión, y su calibre no debe ser inferior al dado en la tabla 5.1.

El conductor que se ha puesto a tierra deberá ser identificable a lo largo de toda la instalación, a fin de evitar errores en las conexiones.

### ELECTRODOS DE PUESTA A TIERRA .-

Cuando se tiene disponible un sistema metálico subterráneo de agua, puede utilizarse como electrodo de puesta a tierra.



En caso de que no se pueda utilizar un sistema subterráneo de agua como electrodo de tierra, se utilizará electrodos fabricados para este fin.

Siempre que sea posible, los electrodos de fabricación deben tener una resistencia con respecto a tierra no superior a  $25 \Omega$ , caso contrario se deben utilizar dos o más electrodos conectados en paralelo.

El conductor de puesta a tierra, debe estar unido al electrodo de puesta a tierra, por medio de una mordaza de latón o bronce fundido o de fundición de hierro, conectores de presión u otros medios adecuados. No debe conectarse más de un conductor de puesta a tierra al electrodo de puesta a tierra por medio de una abrazadera o ajuste, a menos que sean aprobadas para este uso.

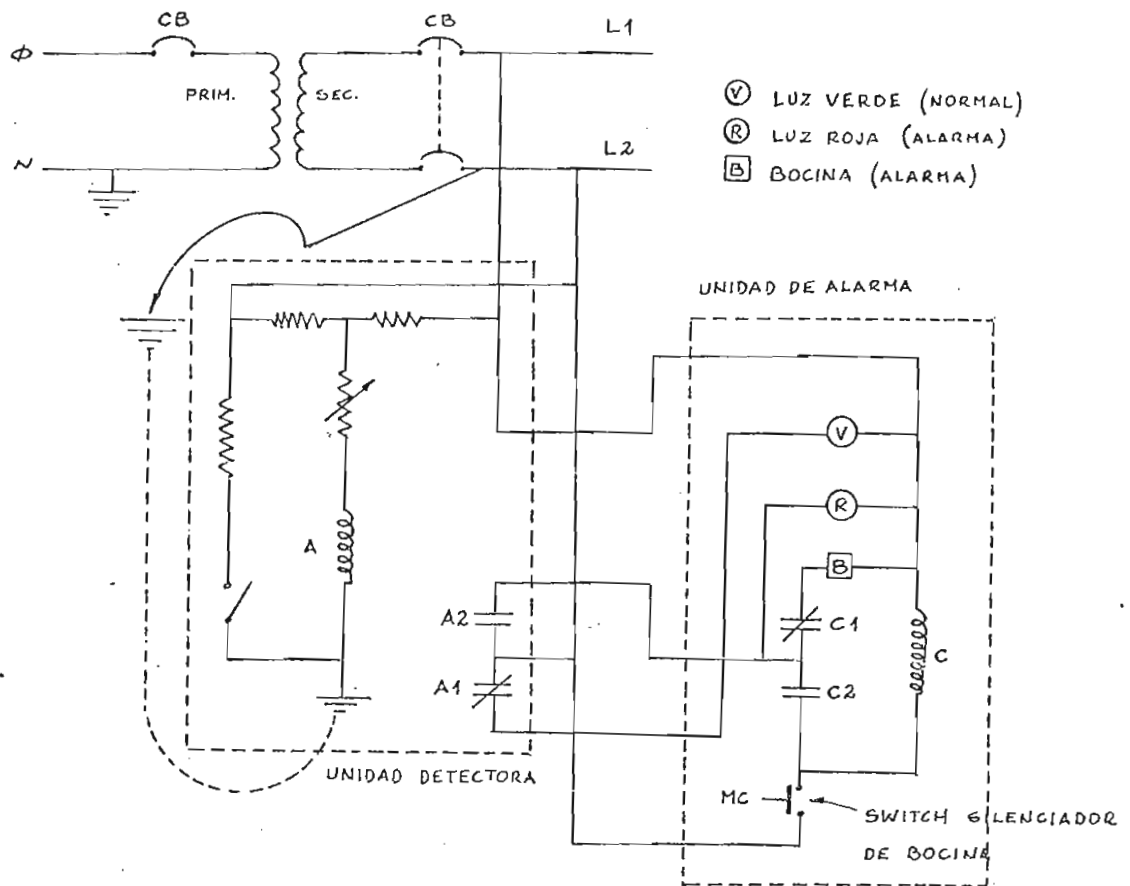
#### APLICACION ESPECIAL .-

Un local de anestesia debe ser clasificado como Clase I, División 1. Estos locales deberán estar alimentados de sistemas eléctricos no puestos a tierra, los cuales deben estar aislados de los otros sistemas de distribución que alimenten otras áreas por medio de uno o más transformadores que no tengan conexión eléctrica entre los bobinados primario y secundario, y tendrán un interruptor en cada conductor del circuito.

Los circuitos que alimenten los primarios de los transformadores no trabajarán a más de 300 voltios entre conductores, y estarán dotados de una adecuada protección contra sobrecargas. La tensión del secundario de dichos transformadores no superará los 300 voltios entre conductores.

Los transformadores junto con los dispositivos contra sobrecarga, estarán instalados en lugares no peligrosos.

El sistema secundario estará dotado de un indicador de fugas a tierra (fig. 5.10), que responda si algún conductor del sistema tocara a tierra y que limite a 2 miliamperios la corriente de fuga en tales condiciones. Mientras el sistema esté aislado de tierra, se encenderá la lámpara verde situada en un lugar bien visible, y cuando el indicador responda a una corriente de fuga se encenderá la luz roja y sonará una señal audible de alarma. El indicador y las señales de alarma asociadas no se instalarán dentro del área peligrosa.



DETECTOR DE FUGA A TIERRA

FIG 5.10

El propósito del indicador de fuga a tierra es el de prevenir cortocircuitos peligrosos y la posibilidad de una falla en el sistema, debido a que más de un conductor se pone en contacto con tierra accidentalmente.

# TAMAÑOS DE CONDUCTORES A TIERRA

Tabla 5.1

Tamaño del Conductor de Fase	Tamaño del Conductor de Puesta a Tierra	Hilo de Cobre AWG n.º
2 ó más delgado		3
1 ó 0		6
00 ó 000		4
Mayor de 000 hasta 350.000 CMi.		2
Mayor de 350.000 CM hasta 600.000		0
Mayor de 600.000 CM hasta 1'100.000		00
Mayor de 1'100.000 CM		000

## C A P I T U L O VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .-

#### CONCLUSIONES .-

1. En vista de que en nuestro país no existe una reglamentación para instalaciones eléctricas en Lugares Peligrosos, adecuada y lo suficientemente difundida entre el medio de Ingenieros de proyectos como para uniformizar criterios, las clasificaciones y los requerimientos que se exigen en el presente trabajo, basado en el Código Eléctrico Nacional y en normas de fabricación reconocidas internacionalmente pueden ser una base sólida para el establecimiento de dicha reglamentación, y mientras tanto podrá ser una guía para resolver los posibles problemas para la determinación de áreas peligrosas.
2. El uso de equipo a prueba de explosión en instalaciones eléctricas en Lugares Peligrosos y su adecuada selección y aplicación es un punto de vital importancia, tanto para la seguridad de los equipos de proceso como para el personal que las opera.
3. Al considerar en el diseño de las Plantas Industriales las instalaciones eléctricas con los equipos que mayor seguridad proporcionen evitando en un moment

to dado la propagación de incendios o explosiones, - dará como resultado Plantas que operen dentro de límites más amplios de seguridad.

4. Cabe destacar que las diferentes disposiciones y exigencias que se anota, constituyen las normas míni-mas de seguridad, consecuentemente las más econó-micas y que son el resultado de muchos años de ex-periencia en ésta rama de la Ingeniería Eléctrica que se han logrado sintetizarlas.
  
5. La experiencia indica que en la realización de las instalaciones eléctricas en Lugares Peligrosos es a me-nudo posible situar gran parte del equipo en áreas de menor o nulo peligro, disminuyendo así la cantidad de equipo especial requerido. En algunos casos puede disminuirse el peligro o se pueden limitar las áreas peligrosas por medio de una ventilación adecuada consistente en inyectar a presión aire limpio procedente de un manantial puro, junto con dispositivos eficaces de seguridad contra fallas de la ventilación.

## RECOMENDACIONES .-

1. A quien se interese en el presente trabajo, recomendamos trate de coordinar el empleo de las normas dadas para Instalaciones Eléctricas y de Equipos en Lugares Peligrosos, con todas aquellas normas aplicables y que han sido tratadas y discutidas en otros capítulos en la revisión del Código Eléctrico Ecuatoriano.
  
2. Una vez que los equipos a prueba de explosión han sido instalados y se encuentren en operación correcta, es necesario mantener la instalación en tales condiciones, para lo cual deberán seguirse planes y programas de mantenimiento adecuados; en forma general se dan algunos puntos que hay que tener presentes:
  - No se hagan perforaciones u otro tipo de alteraciones a equipos a prueba de explosión. Cuando se repinten las cubiertas, asegúrense de no pintar la placa de características.
  
  - Desconéctese la alimentación de corriente antes de abrir cualquier componente de la instalación. Cerciórese de que todos los componentes han sido reensamblados y cerrados correctamente antes de conectar la alimentación a los circuitos.

- Un mantenimiento y vigilancia adecuados se requieren para mantener todos los cierres de las cajas metálicas a prueba de flama. Evítese el lastimar las superficies de las juntas de brida con objetos metálicos. Las superficies de los contactos deben limpiarse con un cepillo suave y algún solvente con un punto de ignición superior a 40°C. Una capa de aceite delgado deberá ponerse tanto al envoltente como a su tapa.
3. Cuando el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) de acuerdo con INECEL oficialicen la aplicación del Código Eléctrico Ecuatoriano, estaremos obligados y aquí mi recomendación para que todos los Ingenieros, Proyectistas, Instaladores, Supervisores de mantenimiento, etc., cumplan con éstas disposiciones y nos permitan reducir costos de operación y mantenimiento de los sistemas eléctricos interiores de baja tensión, a la vez que garantizarán continuidad y seguridad de servicio.



BIBLIOGRAFIA

- Código Eléctrico Nacional 1962 (Normas Americanas)
- Código Eléctrico Ecuatoriano
- Protection Against Ignitions Arising out of Static, Lightning, and Stray Currents (American Petroleum Institute, New York, 1956).
- Recommended Practice for Classification of Areas - for Electrical Installations in Petroleum Refineries (American Petroleum Institute. API RP 500A 1966).
- Instalaciones Eléctricas Interiores por: Ing. Amadeo Prado, 1971, Lima-Perú.
- Sistemas Eléctricos a Prueba de Polvo. Como evitar las explosiones en Molinos, por John B. Crosby, 1961.
- Equipo a Prueba de Explosión, por John W. Jenkins, New York, 1962.
- II Seminario de Ingeniería Petrolera por Ing. Jorge - Ramírez A.
- Guía para la seguridad en áreas con procesos peligrosos o con atmósferas explosivas. Crouse-Hinds.
- Instalaciones Eléctricas en Areas Peligrosas. Crouse-Hinds.

NORMAS.-

- British Standard Code 4683. Parte 1. 2 y 3. 1972.  
Aparatos Eléctricos para uso en atmósfera explosiva.
- UNE 20319. Material Eléctrico utilizado en atmósferas que contengan gases o vapores inflamables.
- UNE 20326. Material eléctrico sumergido en aceite para uso en Lugares Peligrosos.
- IRAM 2028. Masa aislante de naturaleza bituminosa.
- NFPA 235 M. Propiedades de los líquidos inflamables.