

68  
2ej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

**GENERACION DE ELECTRICIDAD ESTATICA.  
RIESGOS Y MEDIDAS DE PREVENCION  
EN PLANTAS**

**TRABAJO MONOGRAFICO DE  
ACTUALIZACION**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO QUIMICO  
P R E S E N T A :

**FEDERICO CARLOS HERNANDEZ CHAVARRIA**



**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

MEXICO, D. F.

1993



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

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

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

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

## INDICE

CAPITULO	Página	
I	Introducción	
	Antecedentes	1
	Conductores y aislantes	1
	Carga inducida	2
	Ley de Coulomb	3
	Capacitancia y dieléctricos	4
	Coeficiente dieléctrico	6
	Unidades	7
II	Aplicaciones de la electrostática	
	Máquinas electrostáticas	9
	Electroforo	9
	Máquina de Wimshurst	9
	Aplicaciones de la electrostática	10
	Generador Van de Graaf	11
III	Riesgos generados por electricidad estática y medidas de prevención	
	Ejemplos típicos de inducción electrostática	12
	Trabajo con líquidos inflamables	
	Mezclas explosivas vapor-aire	15
	Capacidad de carga electrostática en líquidos	15
	Ejemplos prácticos. Riesgos y medidas de prevención	
	Transferencia de líquidos que pueden cargarse a través de tuberías y mangueras	16
	Carga o vaciado de tambores y recipientes pequeños por gravedad	17
	Transferencia de líquidos inflamables por medio de bombas para tambores	18
	Carga de recipientes con agitadores conteniendo líquidos inflamables y cargables	18
	Observaciones especiales respecto a recipientes esmaltados	19
	Operaciones en la boca de entrada abierta de un recipiente conteniendo líquido inflamable	19

	Carga de recipientes grandes de vidrio	21
	Carga y descarga de camiones y carros tanque	21
	Manejo de sólidos en forma de polvo	22
	Manejo de polvos sin gases/vapores inflamables	23
	Manejo de polvos con gases/vapores inflamables	24
	Vaciado abierto de polvos a líquidos inflamables	25
	Carga y vaciado de tambores en otros recipientes	29
	Problemas especiales respecto a cierto tipo de equipo	29
	Transferencia neumática	30
	Carga de polvos en recipientes grandes	30
	Secado por pulverización, secado por lecho fluidizado	30
	Sistemas de extracción, ventilación y aspiración de polvos	31
	Filtros de polvo	32
	Partes móviles en máquinas	32
	El hombre como portador de cargas electrostáticas	33
	Sugerencias para planificación y construcción	
	Edificios	34
	Pisos	34
IV	Conclusiones	35
V	Bibliografía	37
	Apéndice A-Mediciones en relación con electricidad estática	39
	Apéndice B-Tipos de descargas	44
	Apéndice C-Definiciones	49
	Apéndice D-Reglamento general de seguridad e higiene en el trabajo e instructivos	52
	Apéndice E-Norma técnica para instalaciones eléctricas	62
	Apéndice F-Instructivo 22 de la STPS	69

## CAPITULO I.- INTRODUCCIÓN.

### 1) ANTECEDENTES.

La palabra electricidad proviene del vocablo griego "elektron", el cual significa ambar. Esta es una resina de color amarillo claro semitransparente y los antiguos conocieron que frotándola con una piel, el ambar atraía pequeñas pedazos de hoja o polvo. A algún material frotado de manera similar en la cual se produce "efecto ambar" es conocido en nuestros días como un efecto de la electricidad estática.

Existen casos en la vida práctica, por ejemplo al hacer pasar el peine repetidas veces por el cabello seco, al usar una prenda de vestir de material sintético, o al tocar una puerta de metal después de caminar por una alfombra fabricada con material sintético como nylon. En dichos casos se presenta una manifestación de la electrostática como atracción o descargas respectivamente.

De lo anterior se puede definir que hay dos clases de carga eléctrica que son la positiva y negativa. Fueron referidas por el científico y político norteamericano Benjamín Franklin. La elección del nombre relacionado con el tipo de carga fue arbitrario. Él lo seleccionó de acuerdo a un experimento de carga por inducción, uno de ellos por frotamiento de un pedazo de plástico y otro por frotamiento de un pedazo de vidrio. A la carga que permanecía en el pedazo de vidrio la llamó positiva y a la que permanecía en la de plástico la llamó negativa.

Se dedujo también que al acercar a cada uno de estos cuerpos otro similar y frotado también se producía una repulsión. Al acercar a uno de estos materiales el otro que era diferente había una atracción, por lo que se estableció que:

"Cargas iguales se repelen y cargas opuestas se atraen".

Franklin en sus experimentos argumentó que cuando una cierta cantidad de carga es producida en un proceso, una cantidad igual de carga opuesta es producida en el otro cuerpo, considerando las cargas como algebraicas, de tal modo que el cambio neto en la cantidad de carga producida es cero.

De esa manera se estableció la ley de conservación de carga eléctrica, la cual establece que:

"La cantidad neta de carga eléctrica producida en cualquier proceso es cero".

### 2) CONDUCTORES Y AISLANTES

Supongamos que tenemos dos esferas de metal, una de ellas altamente cargada y la otra eléctricamente neutra. Si utilizamos una barra de fierro o algún otro metal de manera que toque a las dos esferas, aquella que se encuentra neutra rápidamente se carga. Por el contrario, si utilizamos para interconectar las dos esferas con un pedazo de madera o de hule no habrá algún cambio

notable en la carga de la esfera neutra. Se deduce que el fierro es un buen conductor de la electricidad y la madera junto con el hule son no conductores o aislantes.

Los metales son en general buenos conductores mientras otros son aislantes (aunque aun los aislantes conducen de una manera mínima electricidad). Todos los materiales quedan comprendidos dentro de estas dos categorías, considerando sin embargo que algunos pocos materiales como germanio, silicio o carbono son considerados en otra categoría, la cual es intermedia, conocida como semiconductores.

Desde el punto de vista atómico, los electrones en un aislante están muy fuertemente ligados al núcleo; en un conductor por el contrario, los electrones no están tan fuertemente atraídos y pueden moverse con mayor facilidad dentro del material (aunque no pueden salir fácilmente del metal).

Cuando un objeto cargado positivamente es acercado o toca un conductor los electrones libres son atraídos por esta carga positiva y se mueven rápidamente hacia él. Por el contrario, los electrones libres se alejan de una carga negativa que se acerque. En un semiconductor existen muy pocos electrones libres y en un aislante casi ninguno.

### **3) CARGA INDUCIDA**

Teniendo un metal cargado positivamente y lo acercamos a un segundo metal (eléctricamente neutro), al tocarse, los electrones libres en el metal neutro son atraídos al objeto cargado y algunos pasarán a él. El segundo metal al perder algunos de sus electrones (los cuales son eléctricamente negativos), tendrá ahora una carga positiva neta. Este proceso es llamado "carga por inducción".

Si acercáramos un objeto cargado positivamente a una barra de metal eléctricamente neutra, pero sin tocarla, los electrones del metal neutro se moverán dentro de la barra sin salir de él, hacia el objeto cargado, creando una carga positiva en un extremo de la barra, por lo tanto se han separado a las cargas, y la carga neta en la barra metálica es cero. Si la barra se dividiera en dos partes, se tendrían dos objetos cargados, uno con carga positiva y el otro con carga negativa.

Otra forma de inducir una carga neta en un objeto metálico es conectar éste con un alambre conductor a la tierra. Se dice entonces que el objeto ha sido "aterrizado". De este modo la "tierra" por su dimensión, puede fácilmente aceptar o no electrones. Si ahora acercamos un objeto eléctricamente negativo al metal conectado a tierra, los electrones libres en el metal son repelidos y muchos de ellos se mueven a través del cable hacia tierra, por lo que el metal queda eléctricamente positivo.

Un electroscopio o electrómetro, es un instrumento utilizado para detectar carga. El aparato consiste en un casco de metal (puede ser fierro por ejemplo), con dos hojas móviles dentro, comunmente de oro, las cuales se encuentran conectadas a una esfera de metal en el exterior del casco, la cual está aislada de éste. Si se acerca un objeto cargado eléctricamente habrá una inducción de

carga y las hojas se repelerán al cargarse eléctricamente. Si existiera una carga por conducción también quedará cargado eléctricamente. De ello se deduce que a mayor cantidad de carga mayor será la separación de las hojas.

Es importante comentar que no se puede determinar cual es la carga del objeto que se acerca al aparato, pero fue de gran ayuda en los primeros tiempos en que comenzó a estudiar el fenómeno eléctrico con bases científicas más sólidas. Este mismo principio es utilizado en los electrómetros modernos.

#### **4) LEY DE COULOMB**

Con lo anterior se comprende que una carga eléctrica puede ejercer una fuerza sobre otras, pero cómo la magnitud de esas cargas está relacionada con la fuerza, fue investigada primeramente por el físico francés Charles Coulomb en 1780 usando una balanza de torsión, parecida a la utilizada por Cavendish para estudios de fuerza gravitacional.

El preparó pequeñas esferas con diferentes cantidades de carga conocidas por él. De ese modo determinó que una esfera cargada con capacidad para conducir, al ponerla en contacto con otra esfera idéntica pero neutra, la carga se compartiría de igual manera debido a la simetría, por lo que se pudo producir cargas de un medio, un cuarto, etc, a partir de la carga original, por lo que pudo determinar la fuerza ejercida según la cantidad de carga, y esta fuerza se encontraba relacionada con la distancia entre las esferas así como la cantidad de carga.

Coulomb expresó entonces sus resultados en lo que hoy se conoce como Ley de Coulomb:

$$F = (K \cdot Q_1 \cdot Q_2) / r^2$$

donde:

F= Fuerza ejercida en función de la cantidad de carga y distancia entre ellas.

K= Constante de proporcionalidad.

Q1= Carga 1

Q2= Carga 2

r= Distancia , la cual se encuentra elevada al cuadrado, ya que la fuerza varía con el cuadrado de ésta.

El valor de la constante k es:

$$K = 9.988 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$$

En la cual C representa un Coulomb y es la unidad de carga en el sistema SI de unidades. Se define entonces un coulomb como la cantidad de carga de dos objetos puntuales, y que colocados a 1 metro de distancia respectivamente, ejercerán una fuerza de  $(9 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2)(1\text{C})(1\text{C})/(1\text{m})^2 = 9 \times 10^9 \text{ N}$  sobre el otro.

Para fines prácticos la unidad de carga que se utiliza es el statcoulomb (o unidad electrostática), la cual está comprendida en el sistema CGS de unidades y se define como la carga en cada uno de dos objetos puntuales que colocados a 1 cm de distancia ejercerán una fuerza de 1 dina respectivamente.

Las cargas producidas por frotamiento sobre objetos, tales como un peine o una regla de plástico, son muy pequeñas, se habla de microcoulombs o cantidades aun menores. Así la carga de un electrón es aproximadamente  $1.602 \times 10^{-19}$  (y su signo es negativo) y esta es la carga más pequeña que se conoce; es referida también como carga elemental:

$$e = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$$

Donde e es un número positivo y la carga en el electrón es -e (en el protón es +e).

La constante K es también expresada en términos de otra constante, la cual es  $E^{\circ}$ , llamada permitividad en el vacío y se relaciona con K de la siguiente manera:

$$K = 1/4 \cdot \pi \cdot E^{\circ}$$

De modo que la ley de Coulomb puede ser escrita como:

$$F = (1 \cdot Q_1 \cdot Q_2) / (4 \cdot \pi \cdot E^{\circ}) (r^2)$$

en donde:

$$E^{\circ} = 1/4 \cdot \pi \cdot K = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N}\cdot\text{m}^2$$

La ley de Coulomb describe la fuerza entre dos cargas cuando se encuentran en reposo, por lo que el estudio de ello y lo relacionado es llamado Electroestática.

Hay que hacer notar que la expresión de la ley de Coulomb presenta la fuerza ejercida sobre una carga debido solamente a otra carga presente. En el caso de que se presentaran varias cargas, la fuerza neta de cualquiera de ellas será la suma vectorial de las fuerzas debida a cada una de ellas.

## 5) CAPACITANCIA Y DIELECTRICOS

Para poder hablar de un capacitor consideraremos lo siguiente:



Si un número determinado de conductores cargados se encuentran próximos uno de otro, el potencial de cada uno es determinado no solamente por su propia carga, sino también por la magnitud y el signo de las cargas en los otros conductores y por su forma, tamaño y localización. Por ejemplo, el potencial de una esfera cargada positivamente es disminuido si una segunda esfera cargada negativamente es colocada cerca de la primera.

Un caso importante y a la vez especial en la práctica sucede cuando dos conductores en proximidad han aportado igual cantidad de carga de signo opuesto.

Esto se ve cumplido al conectar los conductores, ambos descargados inicialmente, a las terminales de una batería, lo cual resulta en una transferencia de carga desde un conductor al otro. De esta manera la energía tomada de una batería es almacenada en forma reversible en el campo eléctrico que rodea a los conductores, por lo que los conductores cargados son una base de fem y el arreglo de dos conductores es llamado capacitor.

El hecho de que cada conductor se encuentra en proximidad de otro, transportando carga de signo opuesto uno de otro, hace posible la transferencia de cantidades relativamente grandes de carga desde un conductor a otro, con diferencias relativamente pequeñas de potencial.

La capacitancia  $C$  de un capacitor es definida como la relación de la carga  $Q$  en el conductor a la diferencia de potencial  $V_{ab}$  entre los conductores:

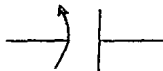
$$C = Q/V_{ab}$$

La carga neta total en el capacitor es cero. De la definición de capacitancia se observa que las unidades están expresadas en coulombs/volt. De la definición de que un volt es equivalente a  $1 \text{ Joule} / 1 \text{ Coulomb}$ , entonces  $1 \text{ Coulomb} / 1 \text{ Volt}$  es equivalente a  $1 \text{ Coulomb}^2 / \text{Joule}$ .

Una capacitancia de  $1 \text{ Coulomb/Volt}$  es llamada un Faradio (en honor a Michael Faraday). De este modo se define que:

"La capacitancia de un capacitor es un Faradio si un coulomb es transferido desde un conductor a otro, por cada volt entre los conductores".

Un capacitor es representado por el símbolo:



Los capacitores encuentran muchas aplicaciones en los circuitos eléctricos. Por ejemplo, un capacitor es utilizado para eliminar chispas cuando un circuito inductivo es abierto repentinamente. el sistema de ignición de los automoviles contiene un capacitor para este mismo propósito. Se utilizan también en los circuitos de radio para la sintonía y para "suavizar" la corriente rectificadas proveída por la fuente.

### 5.1) COEFICIENTE DIELECTRICO, PERMITIVIDAD

La mayoría de los capacitores utilizan un material no conductor entre sus placas. A este tipo de materiales se les da el nombre de dieléctricos. Un capacitor sencillo y común de este tipo es capacitor de papel y láminas, en el cual las laminas metalizadas son las placas y el papel impregnado de cera es el dieléctrico. La "jarra de Leyden" construida con una lámina metálica sobre una porción de las superficies interna y externa de una jarra de vidrio es esencialmente un capacitor de placas paralelas, siendo el vidrio el dieléctrico.

Los capacitores electrolíticos utilizan como dieléctrico una capa muy delgada de óxido no conductor entre una placa de metal y una solución conductora. Debido a que el grosor del dieléctrico es extremadamente pequeño, los capacitores electrolíticos de dimensiones relativamente pequeñas pueden tener capacitancias del orden de 50 microfaradios.

La función de un dieléctrico sólido entre las placas de un capacitor es triple. Primeramente, soluciona el problema mecánico de mantener dos hojas grandes metálicas en una separación pequeña evitando el contacto. segundo, su fortaleza dieléctrica es mayor que la del aire, por lo que la posibilidad de soportar una máxima diferencia de potencial sin ningún trastorno se incrementa. Tercero, se ha encontrado que la capacitancia de un capacitor de ciertas dimensiones es muchas veces más grande con un dieléctrico separando sus placas que si las placas estuvieran en el vacío. Esto puede ser demostrado, si se tiene un capacitor de placas paralelas cuyas placas tienen cargas iguales de magnitud  $Q$  y de signo opuesto, teniendo como dieléctrico el vacío y una diferencia de potencial  $V_0$  entre las placas, con un electroscoipo indicándola, se vería que al utilizar un dieléctrico como vidrio o bakelita entre placas, la diferencia de potencial disminuiría

Teniendo como dieléctrico al vacío, la intensidad eléctrica  $E_0$  en la región entre las placas de un capacitor de placas paralelo es:

$$E_0 = V_0/d = S/ E^*o$$

Se observa que una reducción en la diferencia de potencial cuando un dieléctrico es insertado entre las placas, implica una reducción de la intensidad eléctrica, lo que a su vez implica una reducción de la carga por unidad de área. Así, la superficie del dieléctrico adyacente a la placa positiva debe tener una carga negativa inducida y la superficie adyacente a la placa negativa una carga positiva inducida de igual magnitud. el campo uqe se ha originado por las cargas inducidas es opuesto al campo original, por lo que la intensidad eléctrica  $E$  en el dieléctrico es menor que la intensidad original  $E_0$ .

Definiendo la cantidad  $E^*$  por la siguiente ecuación:

$$E = V/d = S/ E^*$$

en donde  $E^*$  es mayor que  $E^*o$  y  $V$  es menor que  $V_0$ .

Llamaremos  $E^*$  como permitividad del dieléctrico y  $E^{\circ}$  como la permitividad en el vacío.

La relación de  $E^*$  entre  $E^{\circ}$  es llamada permitividad relativa o el coeficiente dieléctrico del dieléctrico y es representado por  $K$ :

$$K = E^*/E^{\circ}$$

A continuación se muestran algunos valores representativos de  $K$ , donde  $K = 1$  para el vacío y  $K$  es muy cercano a 1 para el aire ya que para fines prácticos un capacitor de aire es equivalente a 1 en el vacío. Se muestran también las propiedades de un capacitor de placas paralelas con el vacío como dieléctrico comparado a otro tipo de dieléctricos:

Coeficiente dieléctrico  $K$   
( $E_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ coul}^2/\text{N}\cdot\text{m}^2$ )

<u>Material</u>	<u>t(grados C)</u>	<u>K</u>
Vacío		1
Vidrio	25	5-10
Neopreno	24	6.70
Bakelita	27	5.50
	57	1.80
Polietileno	23	2.25
Teflón	22	2.1
Germanio	20	16
Agua	25	78.54
Glicerina	25	42.5
Benceno	20	2.284
Aire ( 1 atm )	20	1.00059
Aire ( 100 atm )	20	1.0548

### 6) UNIDADES

A continuación se muestra la relación de las unidades electrostáticas con sus correspondientes en el sistema mks:

<u>Cantidad</u>	<u>Nombre</u>	<u>Factor de conversión</u> (1 unidad de la columna 2 =)
Carga	Statcoulomb	$0.33 \times 10^{-9} \text{ coulomb}$
Corriente	Statampere	$0.33 \times 10^{-9} \text{ amperes}$
Diferencia de potencial	Statvolt	300 v

Fuerza del campo eléctrico	Statvolt $\text{cm}^{-1}$	30000 $\text{v m}^{-1}$
Capacitancia	Statfaradio	$0.11 \times 10^{-11}$ Faradios
Resistencia	Statohm	$9 \times 10^{11}$ ohms

## CAPITULO II.- APLICACIONES DE LA ELECTROSTATICA

### 1) MAQUINAS ELECTROSTATICAS

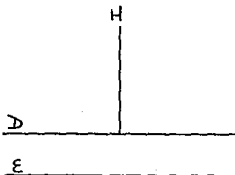
Una cantidad importante de instrumentos han sido desarrollados para la generación de carga eléctrica por medios electrostáticos. Las cantidades de carga son realmente muy pequeños, pero los voltajes pueden ser bastante grandes.

Si por ejemplo se camina sobre una alfombra cuando se tiene baja humedad y posteriormente se toca un radiador, una chispa de 0.1 mm de largo brincará del dedo hacia el radiador. Podemos mencionar que el cuerpo tiene un potencial de aproximadamente 300 V con respecto a la tierra.

Hablaremos entonces de las máquinas electrostáticas:

#### 1.1) ELECTROFORO

Es un aparato simple que se muestra a continuación:

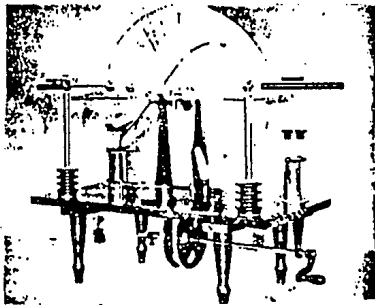


Consiste de un disco de metal, representado por D, montado sobre un mango aislante, denominado H, con un disco de ebonita, que representaremos por E.

Para su uso, el disco E es frotado vigorosamente con un pedazo de piel, por lo que se deja una cantidad considerable de carga negativa en la superficie de E. el disco D es colocado sobre la cara interna de E y aterrizado tocando este con el dedo. Al mover al disco D de su lugar se encuentra que tiene ahora una carga positiva, esto representa así una forma de carga por inducción. Aun cuando D esté apoyado sobre E, las irregularidades de la superficie ocasionan que el número de puntos de contacto sea pequeño y que por tanto la transferencia de carga desde E hasta D sea despreciable. La atracción de la carga sobre E por las cargas positivas en el metal ocasiona una separación de éstas, con cargas positivas en la parte externa de D y negativas en la cara interna. al aterrizar a D, la carga negativa acumulada se mueve hacia tierra, dejando una carga positiva neta.

## 1.2) MAQUINA DE WIMSHURST

La máquina se ilustra a continuación:



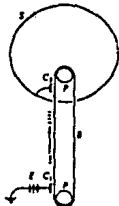
Consiste en dos discos paralelos de vidrio los cuales son girados en direcciones opuestas utilizando una manivela. Cada disco porta un número determinado de hojas de metal, los cuales al girar "desarrollan" cargas. Estas cargas se coleccionan desde las hojas por medio de cepillos cableados y son almacenadas en cilindros de vidrio, los cuales hacen el papel de capacitores. Tiene como característica particular que se pueden desarrollar diferencias de potencial muy grandes.

## 2) APLICACIONES DE LA ELECTROSTATICA

Los principios de la electrostática se pueden utilizar de manera práctica en diversidad de modos para efectuar trabajos que de otra manera parecerían muy difíciles y probablemente imposibles. Por ejemplo la xerografía ha revolucionado la industria del copiado, y los recubrimientos y el pintado electrostático han ahorrado considerables cantidades de dinero solamente en material; los separadores electrostáticos han proporcionado un sistema excelente para separar minerales y en plantas de procesamiento se utilizan precipitadores electrostáticos para reducir el nivel de la contaminación atmosférica. El generador Van de Graaff es un dispositivo con muchas aplicaciones en la ciencia y la tecnología, especialmente como acelerador de partículas elementales. El principio de blindaje electrostático es sumamente importante, pues proporciona un método de protección para instrumentos delicados contra fenómenos eléctricos indeseables que pudieran estar ocurriendo en otro sitio.

## 2.1) GENERADOR ELECTROSTATICO DE VAN DE GRAAF

R.J. Van de Graaf llevó a la práctica el generador electrostático a principios de la década de 1930. Su objetivo principal es proporcionar una gran diferencia de potencial hasta de millones de electronvolts (10 MeV), que puede utilizar para acelerar partículas, como los protones. A continuación se muestra un esquema del generador:

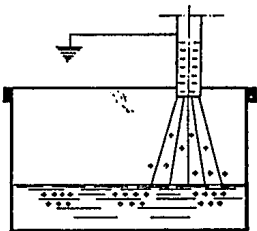


Esta es una de las máquinas electrostáticas más grandes y es actualmente una herramienta muy importante en la física nuclear. Una banda sinfín B pasa a través de dos orificios en S, corriendo sobre las poleas P, P. Esta banda está fabricada de material aislante. En la parte baja la banda pasa cerca de un peine metálico C1 de puntas afiladas, el cual se mantiene a un potencial altamente negativo debido a una fem E. La diferencia de potencial entre el peine y la banda, ayudado por el fenómeno de descarga puntual, provoca que una carga negativa que salta hacia la banda, donde es llevada hasta dentro de la esfera y es allí donde se colecciona por otro peine C2, conectado al interior de la esfera S.

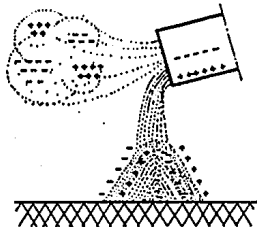
### CAPITULO III.- RIESGOS GENERADOS POR ELECTRICIDAD ESTATICA Y MEDIDAS DE PREVENCION.

#### 1) EJEMPLOS TIPICOS DE INDUCCION ELECTROSTATICA.

a) Un solvente no conductivo sale de un tubo de metal (efecto de separación). El líquido se carga, el exceso de carga en el tubo metálico deriva a tierra vía el conductor conectado a tierra.

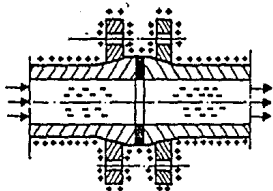


b) Un polvo se vacía de una bolsa de plástico (efecto de separación). Tanto el polvo como la bolsa y la nube de polvo se cargan. Las cargas se disipan lentamente.

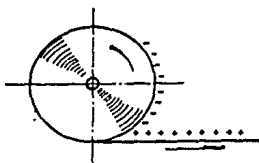




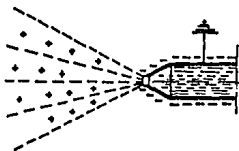
c) Transferencia de un líquido o polvo no conductivo a un tubo de vidrio o plástico (efecto de separación en la zona de las paredes). El tubo, las bridas y el contenido se cargan. La disipación de la carga es lenta.



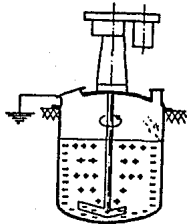
d) Se desenrolla una película de plástico o de papel (efecto de separación). La película y el rollo se cargan. La disipación de la carga es lenta.



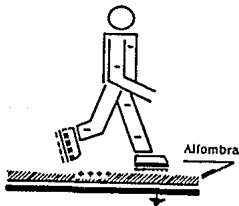
e) Un líquido es atomizado mediante una boquilla de metal (efecto de separación cuando se forman las gotitas). Las gotitas líquidas y la boquilla se cargan. La carga en exceso en la boquilla de metal se disipa v/a el conductor a tierra.



f) Agitación de un líquido no conductor en un recipiente (efecto de separación en las paredes). El agitador y el recipiente se cargan. Las cargas en el recipiente y en el agitador fluyen a tierra.

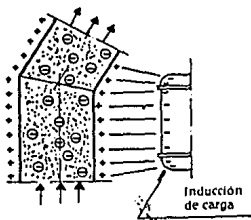


g) Un hombre camina con suelas aislantes sobre una alfombra de nylon o piso de plástico (efecto de separación entre las suelas y el piso). El hombre se carga. Las suelas aislantes dificultan la disipación de la carga.



h) Un polvo fluye a través de un tubo de plástico. se carga el polvo y el tubo (efecto de separación entre las partículas de polvo y el tubo). La carga del tubo

producirá una separación de cargas en la caja de metal contigua, lo que da por resultado una acumulación local de las cargas. Este proceso se denomina inducción electrostática.



## 2) TRABAJO CON LIQUIDOS INFLAMABLES

### 2.a) Formación de mezclas explosivas de vapor-aire.

Dependiendo de la temperatura y del punto de inflamación, los líquidos inflamables pueden formar mezclas explosivas capaces de encenderse con cualquier fuente de ignición, por ejemplo: una llama abierta, chispas por impacto, fricción, molienda o superficies calientes. El grado de riesgo inherente al líquido depende de su punto de inflamación, punto de ignición y límites de explosividad.

Además de las fuentes de ignición arriba mencionadas, las descargas o cargas electrostáticas pueden ser fuente de ignición. Aún las descargas producidas por sacudir una bolsa vacía de plástico pueden tener la energía suficiente para encender una mezcla sumamente inflamable de vapor-aire. El criterio decisivo para este riesgo es el mínimo de energía de ignición en la mezcla.

Los líquidos inflamables pueden clasificarse según su grado de riesgo, como sigue: bisulfuro de carbono, éter dietílico, gasolina, benceno, hidrocarburos, ésteres, cetonas diluidas y alcoholes, además de hidrocarburos clorinados.

### 2.b) Capacidad de carga electrostática en los líquidos.

Ciertos líquidos no polares pueden cargarse, por ejemplo, mientras fluyen por tuberías. Son de esperarse cargas detectables y peligrosas sólo en el caso de que la resistividad del líquido exceda de cien millones ohm-m.

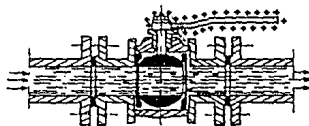
La tendencia a la acumulación de cargas estáticas puede aumentar considerablemente si el líquido contiene un componente inmiscible o un sólido en suspensión. Por ejemplo, suspensión de sólidos en esencia mineral destilada y pequeñas cantidades de agua en petróleo.

Durante los procesos de cristalización de líquidos no conductivos, es posible la formación local de cargas extremadamente altas. Por lo tanto, los procesos de cristalización de líquidos inflamables no conductivos deben efectuarse siempre bajo gas inerte.

### 3) EJEMPLOS PRACTICOS, RIESGOS Y MEDIDAS.

3.a) Transferencia de líquidos que pueden cargarse, a través de tuberías y mangueras.

**RIESGOS.**- Carga del líquido cuando este fluye a lo largo de paredes (tubos, recipiente agitados), cuando choca con partes fijas o con superficies líquidas, cuando es atomizado, cuando pasa a través de filtros, especialmente microfiltros. Carga del material del tubo o la manguera o de partes cercanas al tubo o manguera (por inducción). Chispazos entre partes metálicas, por ejemplo: conexiones de mangueras o recipientes cuando se manejan. Carga de la esfera conductiva pero aislada en ciertos tipos de válvula de bola (por ejemplo revestimiento de teflón), especialmente en mezclas no homogéneas de líquidos (por ejemplo, tolueno conteniendo más de 0.1% de agua (ver figura).



**MEDIDAS.**- La tubería (tubo, manguera), debe estar completamente llena para evitar la posibilidad de que se forme una mezcla explosiva dentro del tubo. Deben mantenerse puros los líquidos. Las partículas de polvo o gotas de agua son portadoras de carga. Si se tiene pensado emplear microfiltros, se requerirán medidas especiales, como consultar a un especialista. Las velocidades deben mantenerse bajas. Para tubos o tuberías parcialmente llenos que descargan en recipientes, la velocidad debe limitarse como sigue independientemente del material del tubo:

-Para ésteres cargables, máximo 10 m/seg.

-Para aceites minerales (por ejemplo gasolina, querosén, parafina, combustibles para motores de reacción) y para otros líquidos cargables (excluyendo bisulfuro de carbono y éter), según el tamaño de la tubería.

Si estas velocidades se mantienen no se generarán cargas peligrosas en los líquidos homogéneos. Pero cuando se transfieren suspensiones de cristales en líquidos no conductivos, deberá siempre tomarse en cuenta la formación de cargas peligrosas aún a velocidades abajo de 1 m/seg. Para el éter y el bisulfuro de carbono en tuberías con un diámetro hasta de 25 mm: máximo 1 m/seg. Las

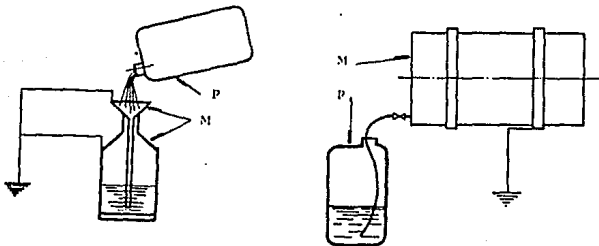
tuberías más grandes requieren velocidades más bajas. Como regla empírica, para todos los líquidos homogéneos (excepto éter y bisulfuro de carbono) y para todas las tuberías: a velocidades abajo de 1 m/seg no se generarán cargas peligrosas.

### 3.b) Carga o vaciado de tambores y recipientes pequeños por gravedad.

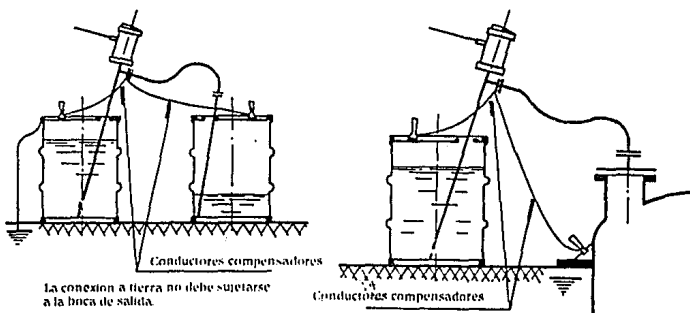
**RIESGOS.-** En superficies no conductoras-por ejemplo, la superficie interna de un recipiente de plástico no conductor- podrán acumularse altas cargas ocasionadas por procesos de fricción y separación. cuando se acerca un objeto conductor pueden producirse descargas de arco o de escobillas. Líquidos con una resistividad de  $10^8$  ohms pueden cargarse. Un potencial peligroso se forma en la superficie del líquido. Cuando se acerca un objeto conductor (embudo, agitador, manguera) pueden tener lugar descargas incendiarias de escobillas. Igualmente pueden producirse descargas de chispas en recipientes conductivos, por ejemplo, entre el embudo y el recipiente o entre el operario y el recipiente. Si dos líquidos inmiscibles (por ejemplo, agua y tolueno) están presentes en un recipiente no conductor y uno de los líquidos es conductor, el otro puede formar una capa aislada conductiva y, por consiguiente cargable.

**MEDIDAS.-** Introducir la tubería, tubo o embudo de llenado hasta el fondo del recipiente para evitar la formación de burbujas, turbulencias o salpicaduras (ver figura). Los recipientes, embudos, boquillas y tubos conductivos deben interconectarse y conectarse a tierra. El personal de operación debe conectarse a tierra por medio de zapatos y pisos conductivos. Los líquidos que contengan un componente inmiscible conductor sólo se vaciarán dentro de recipientes conductivos (ver figura), de manera que se debe conocer la aceptabilidad de los tipos de recipientes para líquidos inflamables.

P - Material plástico aislante  
M - Metal



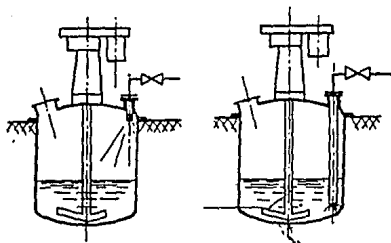
3.c) Transferencia de líquidos inflamables por medio de bombas para tambores.  
**RIESGOS.**- El líquido que fluye en la tubería de conexión y la turbulencia en la bomba pueden causar la carga del líquido, del tubo y del material del tubo. Es posible la formación de chispas entre las partes metálicas, por ejemplo, entre la bomba y el tambor, especialmente cuando la bomba se inserta o se quita.  
**MEDIDAS.**- Conectar la bomba para tambores conductivamente, tanto al recipiente que se está vaciando como al que se está llenando y conectar a tierra. Las conexiones no deben sujetarse directamente a la entrada del tambor o boca de admisión, ya que éste es el lugar en donde es más probable encontrar vapores inflamables (ver figura). Es mejor que los dos conductores compensadores se fijen permanentemente a la bomba de forma que la necesidad de interconexión y conexión a tierra se haga patente de inmediato cada vez que se utilice la bomba (ver figura).



3.d) Carga de recipientes con agitadores conteniendo líquidos inflamables y cargables.  
**RIESGOS.**- Carga del líquido por causa de turbulencias cuando fluye bajo presión, por remolinos o salpicaduras, especialmente si gas inerte o aire fluyen dentro al finalizar el llenado o proceso de transferencia. Pueden ocurrir descargas de escobillas entre la superficie del líquido y los aditamentos conductivos interiores.  
**MEDIDAS.**- Efectuar el llenado lentamente. Además, llenar el recipiente vía una válvula de fondo o bien, de ser posible introducir el tubo de llenado hasta el

fondo del recipiente. Una alternativa es succionar el líquido con "vacío cerrado" (para prevenir la contaminación ambiental), o purgar el recipiente con gas inerte. Como regla, debe usarse nitrógeno (puede ser peligroso inertizar con gas bióxido de carbono, ya que éste fluyendo bajo presión o en estado líquido puede formar cristales de hielo seco altamente cargados son posibles las descargas de escobillas). Se debe tener además cuidado cuando se vacíe con aire comprimido el contenido de un recipiente en otro: el escape de aire al final debe evitarse. Si esto no es posible, debe utilizarse nitrógeno para la purga y descarga (ver figuras).

\*\*Vaciar el recipiente, cerrar entonces la conexión a la bomba de vacío antes de abrir la línea de llenado. Esto asegurará que no sean aspirados vapores por la bomba de vacío.



**¡CORRECTO!**  
Favorable desde el punto de vista electrostático. Precaución: Si el líquido se vacía a otro recipiente debe prevenirse la contracorriente a través del tubo sumergido.

### 3.e) Observaciones especiales respecto a recipientes esmaltados.

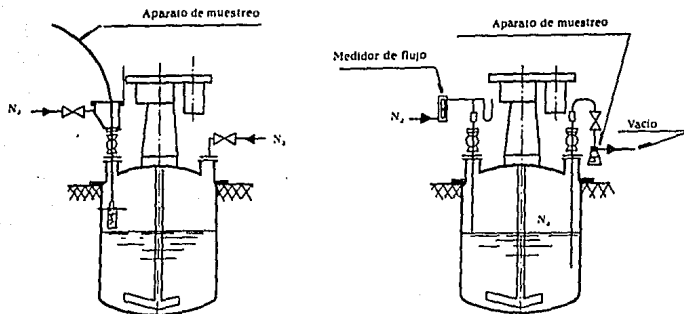
Puesto que todo el interior del recipiente es esmaltado, el exceso de cargas sólo puede escapar a tierra a través de la capa de esmalte. sin embargo, como ésta es relativamente delgada y muy extensa el área del revestimiento esmaltado, dichas cargas se disipan fácil y rápidamente (segundos o pocos minutos). Los tapones de tantalio en la pared de un recipiente se conectan a tierra vía su fijamiento y no constituyen ningún riesgo. En el caso de procesos de cristalización de solventes con conductividad sumamente baja, es factible que ocurran localmente cargas muy altas que pueden perforar la capa de esmalte. Para prevenir la ignición, dichos procesos de cristalización deben llevarse a cabo solamente bajo gas inerte. (\*Nota: las chispas que perforan la capa esmaltada pueden destruir el esmalte en muy poco tiempo).

3.f) Operaciones en la boca de entrada abierta de un recipiente con agitador conteniendo un líquido inflamable.

**RIESGOS:-** Las masas de reacción cargadas dentro del recipiente pueden descargarse vía un objeto metálico cercano (dispositivo para muestreo, varilla

de medición). El riesgo mayor de ignición está en la zona de la boca de entrada donde los vapores del solvente se mezclan con el aire. También pueden ser posibles descargas entre la brida de la boca de acceso y un objeto conductivo que ya esté en contacto con la masa de reacción.

**MEDIDAS.-** Evitar las operaciones en la boca de entrada abierta, utilizar aparatos que permitan el muestreo y verificación de pH y niveles en el recipiente cerrado (ver figuras). si es inevitable efectuar operaciones en la boca de acceso abierta, usar un vaso para muestreo ( o cuando menos la varilla del vaso) y varillas medidoras para muestreo hechas de material no conductivo. No se deben utilizar objetos de metal. son aceptables las varillas medidoras de madera. Los objetos de medición no conductivos nunca deben frotarse momentos antes de ser introducidos.



\*Notas. Debe observarse un periodo de estabilización, por ejemplo, después de apagar el agitador y de parar el flujo de entrada de las sustancias químicas, esperar tres minutos al menos antes de abrir la boca de acceso. si un proceso de cristalización está acompañado de una carga muy pronunciada, no deben verificarse muestreos durante esta fase del proceso. Si esto es inevitable, los especialistas deben medir las cargas que se han generado y el químico de la planta debe dar instrucciones especiales para el muestreo. Cuando se saquen muestras de un recipiente que no ha sido inertizado, abrir el orificio de alivio del recipiente sólo lo suficiente para prevenir que los vapores del solvente escapen al cuarto. Cada vez que se abra la boca de acceso, aún cuando sea por poco tiempo, aire (con oxígeno) penetra en el recipiente. La atmósfera arriba del



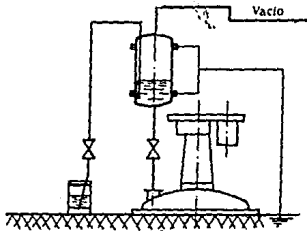
solvente, ya sea que consista de nitrógeno o de una mezcla de vapor y aire arriba del límite máximo de explosión, puede convertirse en explosiva localmente.

\*Excepción.- Por medio de un embudo especial pueden inertizarse los recipientes pequeños con boca de acceso abierta.

### 3.g) Carga de recipientes grandes de vidrio.

**RIESGOS.-** La carga del líquido y del recipiente debido al flujo y turbulencia. Posible descarga de chispas entre las partes conductoras, por ejemplo, entre la brida metálica y el personal de operación.

**MEDIDAS.-** Conexión a tierra de las bridas metálicas mayores de 50 mm e inertización del recipiente de vidrio o llenado a bajas velocidades. Otra alternativa consiste en el llenado por medio de "vacío cerrado" (ver figura). Medidas adicionales consisten en introducir el tubo de llenado hasta el fondo del recipiente. Si se emplean tuberías PTFE (politetrafluoroetileno, teflón), deberán ser de grado conductor y conectadas a tierra. Hay que hacer notar que las varillas metálicas para conexión a tierra en recipientes de cristal no tienen efectos importantes.

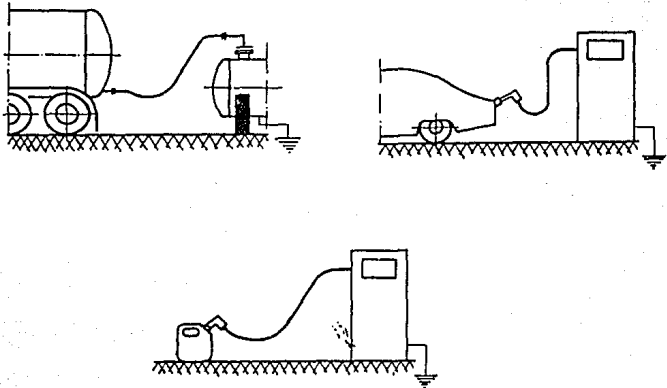


### 3.h) Carga y descarga de camiones y carros tanque, llenado del tanque de combustible de vehículos, llenado de recipientes de plástico.

**RIESGOS.-** Carga del líquido debido al flujo y carga del vehículo. El conductor puede cargarse cuando abandona la cabina. Pueden producirse chispas entre las partes conductoras, por ejemplo, entre las conexiones de la manguera y el vehículo o entre el conductor y el tanque o vehículo.

**MEDIDAS.-** Conectar el vehículo y el tanque con un conductor a tierra (solamente una cadena no es suficiente) (ver figura). Debe utilizarse manguera de material conductor y zapatos también conductivos. La boquilla metálica de suministro está conectada a tierra vía la manguera de gasolina y debe descansar firmemente en el tubo de llenado mientras se está llenando el tanque, para tener la seguridad de que el vehículo también está conectado a tierra (ver figura). Cuando se tienen recipientes de plástico, utilizar los de tamaño pequeño únicamente. Las cargas acumuladas en el líquido se eliminan

muy lentamente cuando se llenan recipientes hechos de material no conductivo (ver figura). Sin embargo, no se acumularán cargas peligrosas en recipientes con capacidad menor de 5 litros. (Excepción: bisulfuro de carbono).



### 3.1) Manejo de sólidos en forma de polvo. Consideraciones generales.

Riesgos de carga electrostática y explosión de polvos. Cuando los sólidos en forma de polvo o polvo fino se arremolinan o dispersan en el aire o cuando dichos materiales se deslizan por canalones o tuberías, por ejemplo, durante la molienda, tamizado, mezcla y vaciado o durante el transporte neumático, tienen lugar procesos de separación continuamente. Las partículas individuales pueden cargarse independientemente de que provengan de una sustancia conductiva o aislante. Asimismo, se cargarán las partes de aparatos y equipos que entren en contacto con el polvo cargado.

La mayoría de los sólidos combustibles cuando se dispersan en el aire como polvo o polvos finos, son explosivos bajo ciertas condiciones. Si se manejan como gránulos, escamas o en forma de cristales gruesos, normalmente está presente determinada fracción de finos explosivos y una vez que se inicia una explosión de éstos, el polvo grueso que normalmente no sería explosivo puede participar en la reacción explosiva. De conformidad con previas

experiencias y conceptos, los polvos finos combustibles dispersos sólo pueden incendiarse por descargas de electricidad estática cuando éstas tienen lugar en forma de chispas relativamente potentes o por descargas "Lichtenberg". Sin embargo, recientemente han sido medidos por medio de descargas de chispas de un capacitor, valores excesivamente bajos para mínimos de energía de ignición de determinados polvos finos.

En plantas o unidades donde se procesan materiales explosivos en polvo, una explosión o deflagración primaria, tal vez de poca importancia, puede dispersar e incendiar depósitos de polvos, por ejemplo, en tuberías, aparatos y vigas, dependiendo del grado de limpieza de la planta y posiblemente podrá dar lugar a una explosión secundaria mucho más seria.

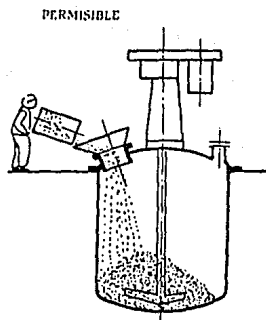
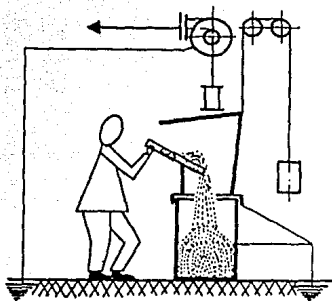
Polvos combustibles en presencia de vapores de solventes en el aire (llamados mezclas híbridas), pueden ser explosivos aun cuando la concentración del polvo (o de los finos en el polvo grueso) y el vapor del solvente se encuentre abajo de los límites inferiores de explosividad de los componentes individuales. Más aún, la presencia de gases o vapores inflamables aumentará la inflamabilidad del polvo combustible flotando en el aire, o sea, que el mínimo de energía de ignición de dichas mezclas es menor que el del polvo disperso y puede disminuir hasta el del vapor del solvente. Es sabido que las descargas de escobillas electrostáticas pueden incendiar determinadas mezclas de vapor de solvente aire y mezclas híbridas cuando la concentración de gas o vapor se encuentra arriba del límite inferior de explosividad, pero no se ha aclarado todavía si son capaces o no de incendiar mezclas híbridas en las que la concentración de gas o vapor está abajo del límite inferior de explosividad.

### 3.) Manejo de polvos sin gases/vapores inflamables.

Para el manejo de polvos (carga y descarga, mezclado, tamizado, etc.) en ausencia de gases o vapores inflamables, se tiene lo siguiente:

**RIESGOS.**- En partes conductivas relativamente grandes que no están conectadas a tierra, puede acumularse suficiente carga para finalmente producir una chispa (ver figura). Esta puede incendiar, bajo determinadas circunstancias, el polvo fino disperso.

**MEDIDAS.**- Todas las partes conductivas como tambores, embudos, tolvas, etc, deben ser conectadas a tierra. Se hace notar que se permite el uso de recipientes con revestimiento de plástico. No se restringe el material de construcción de tambores, embudos o tolvas, siempre y cuando exista la seguridad de que no están presentes vapores o gases inflamables en el área (ver figura).



El recipiente y el área circundante deben estar libres de vapores, gases y líquidos inflamables.

### 3.k) Manejo de polvos con gases/vapores inflamables.

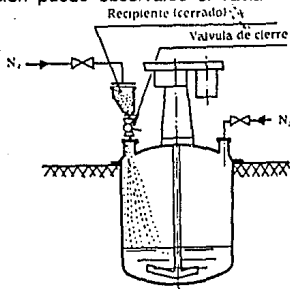
Para el manejo de polvos en presencia de gases o vapores inflamables, por ejemplo, para vaciado de polvos en solventes inflamables o manejo de sólidos humedecidos con solventes, es aplicable:

**RIESGOS.**- Debido al movimiento del material durante su vaciado o manejo, tienen lugar procesos de separación continuamente y se cargarán tanto el polvo como el recipiente (tambor, bolsa de plástico) y las piezas del equipo como tuberías, tolvas, embudos y tubos de descarga. Las cargas electrostáticas ya presentes en el polvo por manejos previos, pueden aumentar más aún este efecto. Es posible que ocurran entonces descargas de escobillas, sin la conexión a tierra puede existir la posibilidad de "chisporroteo" entre las partes metálicas. Las descargas de escobillas se producen cuando se sacude una bolsa de plástico, cuando se retira un tambor no conductivo del embudo en la boca de acceso o cuando se toca, por ejemplo con la mano, un área cargada de la superficie del tambor. Ya que durante las operaciones de carga del material, las descargas de electricidad estática siempre ocurren cerca del orificio de alimentación del aparato (donde es más probable encontrar mezclas de vapor/aire explosivas), dichas operaciones son particularmente peligrosas.

**\*\*DEBE HACERSE NOTAR QUE ESTE TIPO DE MANEJO EN FABRICAS DE PRODUCTOS QUIMICOS ES UNA DE LAS MAS FRECUENTES CAUSAS DE ACCIDENTES ORIGINADOS POR CARGAS ELECTROSTATICAS.**

Sin embargo, la experiencia a la fecha no indica que puedan ocurrir descargas incendiarias cuando se introducen polvos en un aparato precargado con solvente, si todos los recipientes, embudos, ductos de descarga, etc, son conductivos y están conectados a tierra.

**MEDIDAS.-** Manejo cerrado del producto en una atmósfera inerte, en principio, se recomienda la inertización (o sea protección contra explosión), por ser la medida más efectiva y confiable. Pero ésta requiere un manejo cerrado para tener la seguridad de que se mantiene una atmósfera inerte. Debe tenerse en mente que, especialmente con polvos de poco peso, pueden estar contenidas cantidades considerables de aire y por consiguiente, de oxígeno, en la figura que sigue a continuación puede observarse el vaciado cerrado de sólidos a un aparato inerte.



Para sólidos libres de solventes inflamables, son permisibles todos los recipientes y empaquetaduras, incluyendo bolsas de plástico.

Para sólidos conteniendo solventes inflamables, sólo son aceptables recipientes conductivos conectados a tierra, sin bolsas o revestimientos de plástico.

Para polvos libres de solventes, se permite cualquier tipo de tambor o recipiente. con esta clase de manejo, los polvos libres de solventes pueden ser vaciados aun de recipientes no conductivos o bolsas de plástico al aparato receptor.

\*\*Los polvos conteniendo menos del 1% de solvente inflamable pueden considerarse como libres de solvente en dichas operaciones.

### 3.1) Vaciado "abierto" de polvos a líquidos inflamables.

O vaciado "abierto" de polvos conteniendo líquidos inflamables a un recipiente vacío cuando no puede mantenerse una atmósfera inerte:

**RIESGOS.-** El criterio que sigue a continuación es decisivo para las situaciones peligrosas y consecuentemente, para el tipo de medidas que deben adoptarse.

-El punto de ignición del líquido inflamable que ya se encuentra en el recipiente o está presente en el polvo como humedad.

-Temperatura de trabajo, o sea la temperatura del líquido inflamable durante la operación de carga o la temperatura máxima a que puede llegar durante esa operación.

-La combustibilidad y el mínimo de energía de ignición del sólido que está siendo cargado.

#### CASO A:

El polvo, o no es combustible, o su mínimo de energía de ignición (medido para la fracción de finos del polvo), se sitúa arriba de 50 mJ\* y la temperatura de trabajo es, con seguridad, de cuando menos 5 grados Celsius

abajo del punto de inflamación del líquido inflamable (la discrepancia normal en la determinación del punto de inflamación es de +/- 5 grados Celsius). Además deben de considerarse las posibles variaciones en la calidad del líquido, las que pueden causar fluctuaciones del punto de inflamación de algunos grados (Celsius).

**MEDIDAS** para el caso A.- No se restringe la elección del material para la construcción del recipiente, embudo, tolva, etc. También se permite el uso de bolsas de plástico. todas las partes hechas de material conductivo deben interconectarse y conectarse a tierra.

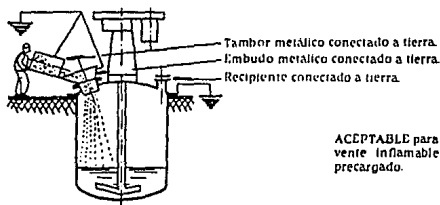
**CASO B1:** Carga abierta del polvo a un solvente precargado.

El polvo que será cargado es combustible. su mínimo de energía de ignición (medido para la fracción de finos del polvo) es mayor a 50 mJ o es desconocido y no puede garantizarse que el punto de inflamación se apegue a lo determinado para el caso A.

**MEDIDAS** para el caso B1.- el tambor o recipiente, embudo, tolva de descarga, etc, deben ser de material conductivo y conectados a tierra. Se acepta plástico "conductivo" solamente si la conductividad ha sido verificada por medición. el piso debe ser conductivo electrostáticamente y el personal de operación debe usar zapatos conductivos.

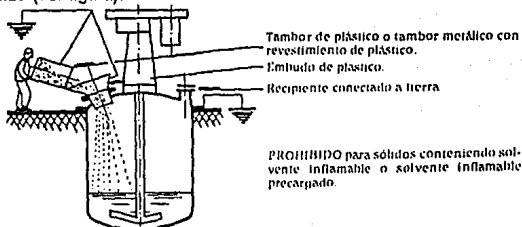
**Aceptable.-** Para sólidos conteniendo solvente inflamable o solvente inflamable precargado (ver figura)

\*El valor de 50 mJ es un límite que se fijó arbitrariamente como medida temporal. Se están llevando a cabo investigaciones para verificar su validez.



**ACEPTABLE** para sólidos conteniendo solvente inflamable o solvente inflamable precargado.

**Prohibido.- Para sólidos conteniendo solvente inflamable o solvente inflamable precargado (ver figura).**



Se prohíbe el uso de recipientes (sean conductivos o no) con revestimientos sueltos de plástico o recipientes, empaques, etc. con capa no conductiva. Sin embargo, son aceptables recipientes conductivos con revestimiento o capa aislante, siempre que se cumplan las siguientes condiciones:

- 1) Que el grosor del material aislante no exceda de 2 mm.
- 2) Que el material aislante esté en íntimo contacto con la superficie del recipiente conductivo y no pueda desprenderse.

Para todas las operaciones de transferencia del producto debe asegurarse una conexión a tierra confiable de la parte conductiva del recipiente.

- Deben excluirse todas las fuentes externas de ignición (por ejemplo llamas abiertas, chispas por frotaciones o impacto)
- Las palas que se utilicen para la carga deberán ser de madera con mango de madera o bien de metal conectado a tierra.
- La carga debe llevarse a cabo en lotes de no más de 50 kg con intervalo de aproximadamente 0.5 minutos entre cada carga.
- Se prohíbe la carga abierta cuando estén presentes bisulfuro de carbono, hidrógeno o acetileno.

**ESTE PROCEDIMIENTO DEMANDA GRAN CONFIABILIDAD EN EL PERSONAL DE OPERACION Y SUPONE UN ALTO GRADO DE RESPONSABILIDAD DEL PERSONAL DE SUPERVISION Y DIRECTIVOS DE LA PLANTA.**

**CASO B2: Carga abierta de sólidos humedecidos con solventes a un recipiente vacío.**

Quando se efectúa la transferencia de un producto conteniendo solventes a un recipiente vacío, la carga electrostática acumulada en el producto puede constituir un riesgo mayor que el de las cargas en el recipiente y partes del equipo o de la planta. Cuando el producto se va apilando puede ocurrir una acumulación peligrosa de carga electrostática (dependiendo del comportamiento

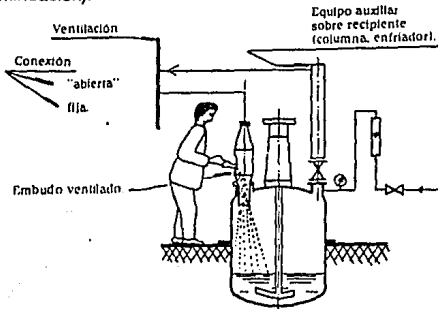
individual de disipación del producto en cuestión) y cuando se aproxima un objeto metálico conectado a tierra (por ejemplo, la paleta movible de un secador), pueden ocurrir descargas de escobillas. En consecuencia, es aceptable la carga abierta de productos humedecidos con solventes bajo las condiciones descritas para el caso B1, siempre y cuando la resistividad del producto "como se obtiene" (es decir, humedecido con solvente), sea menor de  $10^8$  ohm.m, en el caso de un polvo orgánico libre de carbono y un solvente no polar (por ejemplo esencias minerales destiladas, heptano, diisobutileno, tolueno). En caso de solventes polares (por ejemplo metanol, isopropanol) ese valor es casi siempre menor de  $10^8$  ohm.m.

Debe hacerse notar que actualmente no existe una clasificación extensiva de polvos según su capacidad de carga electrostática y comportamiento de disipación, pero se están efectuando estudios para establecer medidas de seguridad lo más amplias que sea posible. Cárguese primero el material sólido y después el solvente, siempre que sea posible.

La transferencia del material humedecido con solvente, de un recipiente de plástico o de un recipiente aislado a un recipiente conductivo, se efectúa empleando una pala. Se requiere que ésta sea de madera con mango de madera, o una pala de metal conectada a tierra. La transferencia por vertimiento se permite únicamente cuando existe una buena extracción. Los sacos de plástico no deben sacudirse.

Cada vez que se abre un aparato inertizado, aun cuando sea por corto tiempo, siempre entrará aire y por consiguiente oxígeno. La atmósfera en el interior del equipo podrá entonces volverse explosiva. Solamente cuando se utilizan recipientes pequeños de reacción, es posible (con la ayuda de un embudo especial, ventilación del equipo y regulación exacta de la purga de nitrógeno) mantener abierta la boca de carga y aun así conservar una inertización perfecta.

(ver la figura a continuación).





### 3.m) Carga y vaciado de tambores en otros recipientes.

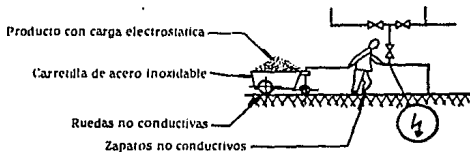
**RIESGOS.-** En superficies no conductoras (superficie interior de un recipiente de plástico no conductor o revestimiento de plástico) los procesos de fricción y separación pueden conducir a la acumulación de cargas altas. Cuando se acerca un objeto conductor o durante determinados procesos de separación particularmente rápidos (como polvos resbalando por un canal de descarga), pueden originarse descargas de arco o de escobillas. Estas descargas son capaces de incendiar polvos humedecidos con solventes. Recipientes conductivos pueden cargarse por procesos de separación cuando se les añaden o se les descargan polvos. Es posible la ocurrencia de chispas.

**MEDIDAS.-** Deben utilizarse recipientes conductivos sin revestimiento de plástico para materiales humedecidos con solventes. El recipiente conductor debe conectarse a tierra o ser colocado sobre un piso conductor. Los polvos secos pueden vaciarse de recipientes no conductivos solamente cuando no estén presentes gases o vapores inflamables (Caso A mencionado anteriormente).

### 3.n) Problemas especiales respecto a ciertos tipos de equipo; cargas electrostáticas encerradas.

**RIESGOS.-** Cuando se vacía un producto altamente cargado a un recipiente conductor, éste último se cargará también si no está conectado a tierra. Cuando se aproxima un objeto conectado a tierra (que puede ser un operario calzando zapatos conductivos) pueden ocurrir chisporroteos. Si el operario que maneja dicho recipiente usa zapatos no conductivos (ver figura a continuación), aun es posible que se produzcan chispas cuando toque un objeto conductor conectado a tierra (por ejemplo una tubería conectada a tierra).

**MEDIDAS.-** Deben utilizarse recipientes de transporte con ruedas conductoras; usar zapatos conductivos. Deben mantenerse limpios las ruedas y los zapatos. Se debe verificar periódicamente la conductividad por medición.



### 3.n) Transferencia neumática.

**RIESGOS.-** Cargas intensas del material transportado, así como de la tubería debidas a los procesos de separación que ocurren constantemente a altas velocidades entre el material transportado y la tubería. Chispas entre las paredes conductivas, por ejemplo, entre las bridas de metal y alguna parte de la estructura de acero del edificio. Cargas considerables aprisionadas dentro de los receptores (silos).

**MEDIDAS.-** Siempre que sea posible, utilizar para transferencia neumática tuberías hechas de metal de parte\* y asegurar una buena conexión a tierra. No deberá haber revestimientos aislantes en la superficie interior de los recipientes y tuberías metálicos. Líneas transportadoras hechas de plástico requieren bridas de plástico. Si se utilizan bridas metálicas, deberán ser conectadas a tierra. Los tornillos individuales en las bridas de plástico no necesitan conectarse a tierra. De ser posible, las tuberías de transferencia neumática no deben conectarse directamente a recipientes o silos; en vez de eso, el polvo debe separarse primero en un ciclón de material conductivo (sin embargo, de haber escapes de la carga se reducirán las velocidades).

\*Es aceptable material de plástico solamente si la medición muestra que la conductividad es satisfactoria.

### 3.o) Carga de polvos en recipientes grandes (silos).

**RIESGOS.-** Durante el vaciado se forma una nube de polvo con carga electrostática; si la intensidad del campo es suficientemente alta y los volúmenes muy grandes pueden esperarse descargas relámpago. en la práctica no se ha sabido éstos casos.

En polvos de baja conductividad, las cargas se acumularán en el depósito del producto provocando continuamente pequeñas descargas de escobillas. Bajo determinadas circunstancias, también tendrán lugar descargas con un valor de energía más alto en la superficie del polvo depositado. los objetos conductivos aislantes que hayan quedado encerrados inadvertidamente en el silo, se cargarán formando un capacitor con el silo. ( por ejemplo, herramientas caídas en el silo, limaduras metálicas en el polvo entrante).

**MEDIDAS.-** No se permiten revestimientos internos aislantes. La pintura conductiva deberá verificarse por medición. En silos con un diámetro mayor a 3 m, la intensidad del campo deberá ser siempre menor a  $500 \text{ kV/m}^{-1}$  (no hay restricción para silos con diámetro menores o iguales a 3m, ya que es imposible una descarga relámpago). Esto debe verificarse midiendo la intensidad del campo. Evítense que queden encerradas piezas metálicas.

### 3.p) Secado por pulverización, secado por lecho fluidizado.

**RIESGOS.-** Altas cargas de las substancias (polvos y posiblemente gránulos) debidas a la separación de las partículas con altas velocidades en una atmósfera extremadamente seca, tanto en el propio secador como en el separador de polvo (ciclón) o filtro. Carga de las partes del aparato que entren en contacto con el polvo, ocasionando descargas de chispas incendiarias,

especialmente si se encuentran presentes simultáneamente polvo combustible y vapores o gases inflamables. Los gases o vapores inflamables se incendiarán con una milésima a una décima de la energía requerida para incendiar polvos.

Las mezclas de polvos combustibles con gases o vapores inflamables en el aire pueden ser explosivas aun cuando la concentración de los componentes individuales sea menor que los respectivos límites inferiores de explosividad.

**MEDIDAS.-** Todas las partes metálicas de la caja del aparato deben estar interconectadas y conectadas a tierra, las instalaciones internas de metal, como por ejemplo, cribas, arcos de cierre, boquillas de pulverización, soportes de filtro y accesorios tales como receptores y transportadores continuos deben estar conectados a tierra.

Si se utilizan filtros conductivos ( que solo son necesarios cuando están presentes simultáneamente polvos combustibles y vapores o gases inflamables), la tela del filtro debe contener fibras metálicas finas ( mayor a 5% distribuidas uniformemente) que se entretrejen en los hilos individuales de la tela. Son peligrosas las telas de filtro con alambres separados o trenzados, pues si se rompe el alambre o la trenza se crea un espacio para el desarrollo de las chispas.

Si para el propósito de inertización de secadores se emplean gases de combustión en lugar de nitrógeno, su composición (concentración de oxígeno, concentración de componentes inflamables) debe ser supervisada y controlada por instrumentos y medidas de seguridad adecuadas.

### 3.c) Sistemas de extracción, ventilación y aspiración de polvos.

**RIESGOS.-** Carga de depósitos de polvo, tuberías, filtros, etc. Descargas en forma de chispas entre las partes conductivas, por ejemplo, entre las bridas metálicas y una persona que se aproxime.

**MEDIDAS.-** Siempre que sea posible, las líneas de ventilación de succión, etc, deben ser de metal o de material plástico conductor. Deberá evitarse la instalación de secciones no conductoras. Si esto no es posible, estas secciones deberán estar conectadas por conductores. No se utilicen revestimientos interiores de pintura no conductiva.

Deben usarse bridas de plástico para las líneas de ventilación hechas de material plástico. Las bridas metálicas en tuberías de más de 50 mm (2 pulg) deberán ser conectadas a tierra si se esperan gases o vapores inflamables fuera de la tubería. En caso de duda, un especialista en electricidad estática deberá decidir si es necesaria la conexión a tierra.

Debe hacerse notar que cuando se libera repentinamente la presión de un aparato presurizado pueden generarse cargas muy altas en una línea de ventilación no conductiva; lo mismo sucede cuando se extraen polvos a través de una línea de aspiración no conductiva.

### 3.r) Filtros de polvo.

**RIESGOS.**- Acumulación de cargas electrostáticas en el depósito de polvo, en el material del filtro y en los soportes del mismo. Hay posibilidad de descargas incendiarias cuando cae el polvo o se le sacude o cuando se manejan los filtros.  
**MEDIDAS.**- Deberán conectarse a tierra los soportes conductivos del filtro, incluyendo aros de cierre, bridas de sujeción, etc, si se sospecha la presencia de solventes inflamables (por ejemplo, en filtros de polvo con secadores de paletas, aparatos de lecho fluidizado) deberán utilizarse filtros conductivos (mayor a 5% de fibras metálicas entretrejidas con los filtros de la tela).

Debe hacerse notar que, cuando en casos excepcionales se tiene que abrir la caja del filtro estando presentes todavía vapores inflamables, es recomendable verificar con un medidor si hay cargas electrostáticas y disipar esas cargas con una punta metálica conectada a tierra antes de que se efectúe alguna manipulación, este procedimiento debe dejarse a cargo de un especialista en electricidad estática.

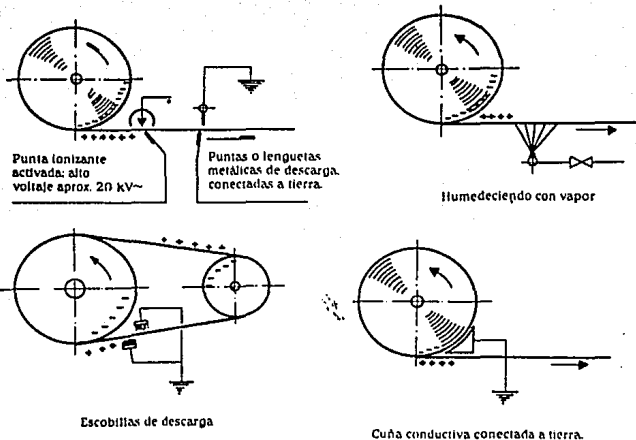
### 3.s) Partes móviles en máquinas y aparatos. Correas de transmisión, correas transportadoras, rodillos, etc.

**RIESGOS.**- Dependiendo del material, anchura y velocidad de las partes rotatorias, la separación continua de dos superficies en contacto genera cargas electrostáticas que pueden causar chispas incendiarias.

**MEDIDAS.**- Deben utilizarse correas de transmisión, poleas de transmisión por correas, correas transportadoras, cilindros, poleas-guías, etc, hechas de material conductor. Debe considerarse lo siguiente como una regla: cuando las flechas y correas de transmisión de recipientes con agitadores, amasadores, secadores, etc, estén en movimiento no necesitan conectarse a tierra, ya que es suficiente la conexión a tierra vía los cojinetes y cajas de empaquetaduras. Los lubricantes con mezclas de grafito o sulfuro de molibdeno ayudan a mejorar la conductancia. En casos de duda, se debe verificar las partes móviles para su conexión a tierra (medida de su resistencia a la tierra).

Las cargas en papel, textiles o tejidos abiertos de plástico se disipan mejor por medio de aire ionizado, de puntas ionizantes, lengüetas metálicas, escobillas de conductor, cuñas metálicas, o bien incrementando mucho la humedad local.

Es poco probable que se incendien mezclas explosivas cuando las cargas electrostáticas se han disipado por medio de puntas o lengüetas metálicas conectadas a tierra (ver figuras a continuación).



### 3.t) El hombre como portador de cargas electrostáticas.

**RIESGOS.-** Carga del cuerpo humano, producción de chispas cuando se aproxima a un objeto conectado a tierra (por ejemplo, recipiente con agitador, tubería de metal).

**MEDIDAS.-** Usar zapatos conductivos (resistencia de escape a través de las suelas menor a  $10^8$  ohms). Es correcto utilizar zapatos de seguridad con suelas conductivas e incorrecto son los zapatos de plásticos o con suelas de crepé. Es necesario también efectuar periódicamente la medición de la conductividad del calzado. Debe hacerse notar que al quitarse ropa hecha de fibras sintéticas, pueden generarse cargas extremadamente altas y chispas consecuentemente (efecto de separación). Por lo tanto, no deben cambiarse prendas de ropa en una atmósfera explosiva.

### 4) Sugerencias para planificación y construcción.

Las cargas electrostáticas constituyen un peligro, especialmente en lugares donde bajo ciertas circunstancias, pueden provocar incendios. Pero aun en áreas en las que no existe determinado peligro de incendio, pueden ser una molestia y causa de accidentes o dificultades técnicas. Es esencial por lo tanto dar atención necesaria a los problemas de electricidad estática desde el principio, cuando se está planificando un nuevo edificio o planta. La elección correcta de los materiales y tipo de construcción por ejemplo, permitirá evitar inconveniencias posteriores, prácticamente sin costo alguno.

#### 4.a) Edificios.

La estructura propiamente dicha del edificio (armadura) puede considerarse suficientemente conductiva para electricidad estática en los siguientes tipos de edificios:

- Estructura de acero.
- Estructura de concreto con ladrillo.
- Estructura de madera.

Las estructuras de madera, sin embargo, no deben utilizarse como conductores a tierra. Es aconsejable aun para cuartos sin riesgos especiales (oficinas, corredores, cafeterías, bibliotecas, cuartos de computadoras, etc.) utilizar pisos y alfombras con acabado antiestático. También pueden conseguirse sillas para oficina con un acabado antiestático adecuado. Los pasamanos y barandillas deben ser conductivos.

#### 4.b) Pisos.

**RIESGOS.-** Las personas pueden generar cargas cuando caminan sobre un piso no conductivo debido al efecto de separación constante entre los zapatos y el piso. Es posible la producción de chispas cuando se acercan a un objeto conectado a tierra.

**MEDIDAS.-** Debe utilizarse material conductivo para los pisos. Deben mantenerse húmedos o mojados los pisos de asfalto o de material plástico. En casos especiales, un piso puede hacerse suficientemente conductivo lavándolo con con glicerina acuosa(1% de glicerina en agua). Sin embargo, este tratamiento debe repetirse en lapsos de pocas semanas. Si se desea un piso de resina epoxy, utilizar material para pisos Araldite con efecto antiestático a largo plazo.

Los siguientes pisos que a continuación se ennumeran, pueden considerarse como suficientemente conductivos:

- Pisos de concreto (limpios).
- Pisos de cerámica o ladrillo holandés, siempre que no sean colocados con cemento o mano de fondo aislante.
- Pisos de madera sin tratar o encerados simplemente.
- Todos los pisos de lámina o rejillas de metal.

Los siguientes pisos deben considerarse como no conductivos:

- Pisos de concreto pintados o con capa de plástico.
- Pisos de concreto muy contaminados con lacas, resinas, polvo o aceite.
- Pisos secos de asfalto cuando la humedad relativa de los alrededores es menor del 40%.
- Pisos de azulejo de plástico o resinas sintéticas.
- Pisos de parquet sellados.
- Pisos alfombrados.

## CAPITULO IV.-CONCLUSIONES

De acuerdo con los casos expuestos en el capítulo tres, que es la parte medular del presente trabajo se llegó a las conclusiones siguientes, las cuales relacionan los riesgos y sus medidas de prevención a éstos:

a) Deben conectarse a tierra todos los conductores. un gran número de riesgos causados por cargas electrostáticas puede eliminarse mediante esta sugerencia:

- a.1) Conectar a tierra todas las piezas de un equipo.
- a.2) Interconectar las estructuras de los edificios con los conductores.
- a.3) Conectar a tierra las partes metálicas aisladas, como pueden ser bridas sobre material aislante en tuberías de plástico, etc.
- a.4) Colocar los tambores de metal sobre pisos conductivos o éstos conectarse a tierra.

b) Conectar a tierra al personal. El cuerpo humano es un conductor respecto a la electricidad estática, puede llevar cargas a su alrededor:

- b.1) Instalar cubiertas conductivas para pisos.
- b.2) Utilizar calzado conductivo.

c) Pueden prevenirse y reducirse las cargas utilizando materiales conductivos:

- c.1) De ser posible utilizar soluciones acuosas, alcoholes y solventes polares.
- c.2) Tratar de evitar el uso de recipientes y bolsas de plástico altamente aislantes.
- c.3) Utilizar correas de transmisión conductivas.
- c.4) Utilizar tuberías conductivas.
- c.5) Utilizar materiales conductivos para los filtros de polvos si se sospecha que hay presencia de vapores inflamables.

d) Mantener un control sobre las velocidades en fluidos.

- d.1) Limitar la velocidad del flujo de líquidos y de gases conteniendo partículas de polvo y líquidos.
- d.2) Evitar turbulencias en líquidos cargables.

e) Evitar mezclas explosivas.

- e.1) Eliminar gases, vapores y polvos por succión en el origen.
- e.2) Procurar trabajar con líquidos inflamables a temperaturas de cuando menos 5 grados Celsius abajo de su punto de inflamación (si hubieran nubes de polvo o polvos combustibles hay que tomar en cuenta el fenómeno de descarga tipo

relámpago-ver en apéndice-B).

e.3) Cargar los líquidos inflamables en los recipientes por succión y descargar (por expulsión) mediante presión de nitrógeno.

e.4) Trabajar con líquidos inflamables bajo gas inerte.

f) Orientar adecuadamente al personal sobre las medidas que deben seguirse respecto a los riesgos latentes en los centros de trabajo.

f.1) Comentar la publicación de instructivos.

f.2) Realizar con determinada periodicidad simulacros para evitar posibles problemas.



## CAPITULO V- BIBLIOGRAFIA.

- 1) Asociación Mexicana de Higiene y Seguridad A.C., Normas para seguridad de las plantas, México.
- 2) Colección científica de Time-Life, Fascículo Energía, Wilson Mitchell, Ed. Lito Offset Latina, 1978, México.
- 3) Colección científica de Time-Life, Fascículo Fenómenos Atmosféricos, Wilson Mitchell, Ed. Lito Offset Latina, 1978, México.
- 4) Curso Teórico-Práctico de electricidad, Parte 2, Ed. de Métodos y Sistemas, 1981, México.
- 5) Diario oficial de la Federación, Miércoles 3 de julio de 1991.
- 6) Dawes Chester J, Tratado de electricidad, 4 ed, McGraw-Hill, 1986, Vol 2, México.
- 7) Fitzgerald A. E., Fundamentos de Ingeniería Eléctrica, 4a ed, McGraw-Hill, 1975, México.
- 8) Gartenhaus Solomon, Física, 1a ed, Ed. Interamericana, 1979, México.
- 9) Instituto Mexicano del Seguro Social, Reglamento General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2a ed, 1989, México.
- 10) Resnick Robert and Halliday David, Physics, 2nd ed, John Wiley and sons, 1962, Vol 2.
- 11) Ruiz Iturregui José M, Conocimientos Básico de Higiene y Seguridad en el Trabajo, Ed Deusto, 1979, Bilbao.

- 12) **Sears Francis W., Zemansky Mark W., Física Universitaria, 6a ed en español, Sistemas técnicos de edición, 1986, México.**
  
- 13) **SECOFI- Dirección General de Normas- Instituto Politécnico Nacional, Dirección de publicaciones del I.P.N., 1985, México.**

## APENDICE A.- MEDICIONES EN RELACION CON LA ELECTRICIDAD ESTÁTICA.

Las técnicas de medición de electricidad estática se aplican en voltajes relativamente altos. Las corrientes de carga, sin embargo, son muy débiles. Correspondientemente, las cargas producidas son también de baja magnitud. Ello puede explicarse por el hecho de que los capacitores disponibles para producir cargas son extremadamente pequeños comparados con los de la ingeniería eléctrica.

En la práctica, la cuestión más importante por lo general concierne a la posibilidad de descargas (cuando se alcanza la tensión de descarga del aire) y si dichas descargas son capaces de actuar como fuente de ignición (energía de descarga). Se requiere, por tanto, conocer la intensidad del campo y la energía acumulada. Siempre que se lleven a cabo mediciones, deben registrarse las condiciones ambientales (temperatura, humedad) y el tipo de instrumento utilizado.

Si la medición se efectúa en una planta durante su operación debe tomarse en cuenta que la medición por sí misma puede producir una descarga capaz de ocasionar ignición. Esto puede ocurrir, por ejemplo, si el instrumento se acerca demasiado a una parte cargada del equipo, lo que puede derivar en una explosión.

### a) Voltaje.

El método más sencillo para medir voltaje es el uso de voltímetros. No se disipa ninguna carga durante la medición. Sin embargo, el rango de medición de un instrumento de bolsillo en la mayoría de los casos es inadecuado para los altos voltajes que se presentan en la práctica. La varilla de medición debe moverse cuidadosamente hasta las partes cargadas del equipo.

### b) Intensidad del campo.

Los instrumentos para medir la intensidad del campo (estaómetros) se utilizan para determinar la intensidad del campo en un punto determinado y con una geometría específica. Sin embargo, hay distorsiones en el campo por el hecho de que el instrumento se conecta a tierra vía la persona que efectúa la medición.

En intensidades de campo mayores a  $200-300 \text{ kV.m}^{-1}$ , son de esperarse descargas de escobillas con la geometría y colocación apropiadas de los objetos ( por ejemplo, cuando la punta de un dedo se acerca a una superficie cargada).

### c) Descargas.

En piezas grandes de equipo, por ejemplo, silos de almacenamiento, con frecuencia no es posible efectuar mediciones en el estatómetro durante la operación. En esos casos es posible detectar descargas (corona, escobillas),

por medio de un receptor de ondas largo cuando su varilla de medición sea insertada en el recipiente de que se trate.

d) Resistencias (general).

La mayoría de los casos implica determinaciones sobre si una parte de un edificio o de una planta está o no conectada a tierra o alternativamente, sobre el valor de su resistencia de disipación. Básicamente, la magnitud del voltaje de prueba tiene cierto efecto en la medición de la resistencia, ya que se requiere un mínimo de voltaje para vencer resistencias de transferencia o de contacto. Por lo tanto, las mediciones efectuadas a 60-100 v aproximadamente, dan valores de resistencia más bajos que aquellas efectuadas, por ejemplo, a 1.5 V. Un voltaje de prueba adecuado para mediciones de estática es de 100 V.

e) Resistencia de tierra.

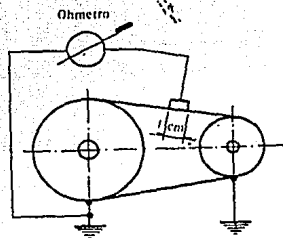
Las mediciones más sencillas se hacen utilizando un ohmmetro. El voltaje de circuito-medición de 1.5 a 6 V que se encuentra en dichos instrumentos, es el adecuado para verificar conexiones a tierra. Un polo del instrumento está conectado a tierra. La resistencia permitida para conexiones a tierra hechas de cobre es de 1 ohm como máximo. Si se encuentran valores más altos, probablemente existe en alguna parte una ruptura en la conexión.

f) Resistencia de disipación (resistencia de descarga).

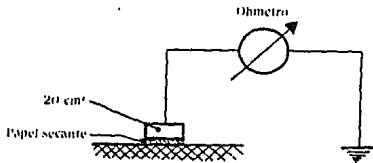
Partes de estructuras de edificios y equipos. No se cargarán los equipos y estructuras cuando su resistencia no exceda de  $10^6$  ohms. Las mediciones deberán hacerse empleando de preferencia un verificador de aislamiento operando con 100-500 V.

Bridas en las tuberías. La resistencia de disipación de las bridas sólo puede medirse con un teraohmmetro, ya que los valores arriba de  $10^{12}$  ohms no son extraños.

Correas de transmisión. La resistencia de disipación se mide como sigue. Ambas poleas motrices deben estar conectadas a tierra. El electrodo de aproximadamente 1 cm de ancho se coloca sobre la correa de transmisión a media distancia entre las poleas. El producto de la resistencia medida en ohms y la anchura de la correa de transmisión en m, no debe exceder de  $10^5$  ohms. En el caso de bandas V. debe usarse el doble de la anchura del lado de la V en m. Puede efectuarse la medición utilizando, por ejemplo, un verificador de aislamiento (ver figura).



**Superficie de pisos.** La medición de la resistencia de disipación se hace de acuerdo con la norma alemana DIN 51953. Un electrodo de metal con área de 20 cm<sup>2</sup> se coloca sobre la superficie del piso limpio. Para asegurar un contacto perfecto se inserta un pedazo de papel mojado entre el electrodo y el piso. Los pisos con una resistencia de disipación menor de 10<sup>6</sup> ohms se consideran como conductores electrostáticos. Este límite se fija lo suficientemente bajo con el fin de tener un margen de seguridad que permita la ocurrencia de resistencias adicionales (por ejemplo, a causa de suciedad o por calzado poco conductivo). De hecho las cargas son disipadas con relativa rapidez en el rango de 10<sup>8</sup> a 10<sup>9</sup> ohms (ver figura a continuación).



**Calzado.** Se llevan a cabo pruebas de rutina en la forma más sencilla utilizando un verificador de "zapatos". La persona calzando los zapatos que van a ser sometidos a prueba, se coloca sobre una plataforma siendo con sus manos dos electrodos. La resistencia de disipación puede medirse a un bajo voltaje y no debe exceder de 10<sup>8</sup> ohms. Normalmente no aumenta la resistencia de disipación cuando se usan medias o mallas. La resistencia de las suelas no deberá ser menor de 10<sup>4</sup> ohms a fin de tener cierta protección en caso de que haya contacto con equipo eléctrico con conexión a tierra o aislamiento defectuosos. Sin embargo, en áreas en que exista peligro de explosión, la cuestión electrostática (suelas conductivas) debe tener prioridad sobre la protección contra el contacto con equipo eléctrico defectuoso. Se

recomienda una rutina de doble verificación de la conductividad del calzado.

g) Tabla de datos obtenidos en la práctica.

<u>Potenciales</u>		<u>kV</u>
Persona caminando con suelas de caucho	hasta	1
Persona caminando con suelas de caucho sobre una alfombra	hasta	20
Correa de transmisión, velocidad 3 a 15 m/seg	hasta	80
Superficie de un combustible ligero en un recipiente grande que ha sido llenado rápidamente	hasta	100
Brida en una tubería de vidrio cuando fluye tolueno a través de la misma	hasta	15
Brida en un eyector de vapor	hasta	15
Rollo de papel desenrollándose a una velocidad superior a 10 m/seg	hasta	150
Capacitancia (a tierra)		pF
Tornillos sencillos (pernos)	aprox	1
Brida con ancho nominal de 100 m	aprox	12
Ciclón aislado con altura de 1 m		40
Persona		150
Camión-tanque	aprox	1000
Resistencia de disipación(resistencia de descarga)		Ohms
Calzado conductivo		$10^4-10^8$
Calzado aislante		$10^8-10^{13}$
Piel humana seca		$10^4$
Piel humana húmeda	menor a	$10^2$
Piso PVC sin aditivos conductivos		$10^{11}$
Piso de concreto, seco		$10^6$
Piso de madera sin tratar, seco		$10^7$
Brida en tubería de vidrio		$10^{11}-10^{13}$
Resistividades de algunos sólidos		
Ohm.m		
Metales		$10^{-5}-10^{-8}$
Madera seca	aprox	$5 \cdot 10^9$
Polvos	hasta	$10^{13}$

<u>Potenciales</u>		<u>kV</u>
Vidrios de ventana	aprox	10 <sup>11</sup>
Vidrio Pyrex	aprox	6.10 <sup>11</sup>
Plexiglas	aprox	2.10 <sup>12</sup>
PVC	aprox	2.10 <sup>13</sup>
Teflón	aprox	2.10 <sup>13</sup>
Resistividades de algunos líquidos		Ohm.m
Bisulfuro de carbono		10 <sup>16</sup>
Tetracloruro de carbono		10 <sup>15</sup>
Acetiles diesel		10 <sup>13</sup>
Dicloroetano		10 <sup>7</sup>
Etanol		10 <sup>6</sup>
Acido acético		10 <sup>5</sup>
Acido fórmico		10 <sup>2</sup>
Intensidades de campo		kV.m <sup>-1</sup>
Nube de polvo en el aire	aprox	400
Tensión de descarga del aire	aprox	3000
Tensión de descarga del petróleo	aprox	1000
Mínimo inferior de energía en el aire		mJ
Bisulfuro de carbono		0.009
Hidrógeno		0.011
Acetileno		0.017
Etileno		0.07
Etanol		0.14
Eter dietílico		0.19
Ciclohexano		0.22
Isopropanol		0.65
Acetona		1.15
Azufre		15
Polvos normales		Mayor a 1
Sensibilidad humana a descargas de electricidad estática		
0.002 J	Perceptible	
0.010 J	Distintivamente perceptible	
0.25 J	Choque severo	
10 J	Posiblemente letal	

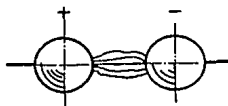
## APENDICE B.- TIPOS DE DESCARGAS.

Dependiendo de la geometría de la colocación de los materiales y de otras determinadas condiciones se pueden señalar cinco tipos diferentes de descargas:

- Descarga de chispa.
- Descarga de escobillas.
- Descarga de corona.
- Descarga Lichtenberg.
- Descarga tipo relámpago.

### a) Descarga de chispa.

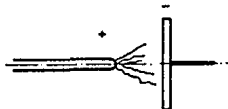
- Descarga en un campo virtualmente homogéneo.
- Descarga entre dos conductores.
- Un fenómeno luminoso conecta los dos conductores.
- La descarga ocurre en súbito estallido.
- Radio típico de curvatura de los conductores: mayor o igual a 5 cm (ver figura)



Radio de curvatura  $\geq 5$  cm

### b) Descarga de escobillas.

- Descarga en un campo no homogéneo.
- Descarga entre un conductor y una superficie cargada, conductiva o no conductiva, o nube cargada estacionaria.
- Un fenómeno luminoso se emite desde el conductor colocado en el lugar de más alta intensidad del campo, pero no alcanza a cubrir el espacio.
- Varias descargas en rápida sucesión dan la impresión de una "escobilla".
- Radio típico de curvatura: aproximadamente 0.5 cm (ver figura a continuación).



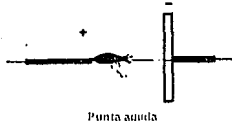
Radio de curvatura  $\sim 0.5$  cm

### c) Descarga de corona.

- Descarga en un campo extremadamente no homogéneo.



- Descarga entre una punta conductiva y una superficie cargada, conductiva o no conductiva, o nube cargada estacionaria.
- Fenómeno luminoso en forma de corona alrededor de la punta conductiva y en ninguna otra parte.
- Descargas continuas.
- Radio típico de curvatura: menor a 1 mm (ver figura a continuación).



Punta aguja

#### d) Descarga Lichtenberg.

Otro tipo de descarga es la que se conoce como Lichtenberg. Se puede observar a lo largo de superficies altamente cargadas y se acompaña de efectos luminosos (ver figura).

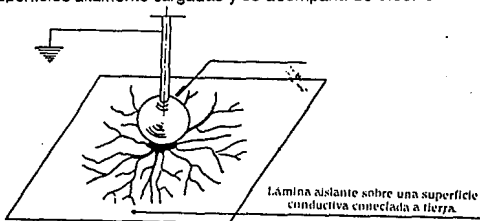


Lámina aislante sobre una superficie conductiva conectada a tierra.

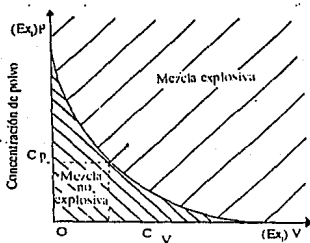
#### e) Descarga tipo relámpago.

Nunca se ha probado que este tipo de descarga pueda ocurrir en operaciones industriales. Se piensa que al igual que al fenómeno que se observa en la naturaleza, una descarga relámpago podría ocurrir, por ejemplo, entre una nube de polvo altamente cargada en un silo grande y la pared del silo o tal vez entre dos nubes de polvo de diferente polaridad por sedimentación o en un silo alto. De acuerdo con estudios se sabe actualmente, que este tipo de descarga no puede ocurrir en recipientes de menos de 60 m<sup>3</sup> o en silos de cualquier altura cuando su diámetro sea menor de 3 metros.

Una descarga electrostática es capaz de causar un incendio cuando la energía liberada es mayor que el mínimo de energía de ignición de cualquier mezcla combustible presente en ese momento. Para que una mezcla de gas/aire o vapor/aire sea inflamable, la proporción de la concentración del material inflamable y la concentración del aire (oxígeno) debe estar entre los límites inferior y superior de explosividad. La mezcla de vapor presente arriba de un líquido, solamente es inflamable si la temperatura del líquido sobrepasa el punto de inflamación. Debe hacerse notar, sin embargo, que debido a su baja

capacidad de calor, la temperatura de gotas líquidas en aerosoles puede elevarse rápidamente arriba del punto de inflamación. Aún cuando se conocen los límites de explosividad de las mezclas de gas, la información correspondiente a los polvos es casi desconocida. El límite inferior de explosividad de los polvos normalmente se encuentra en el rango de 20-50 g.m3, aunque para polvos muy sensibles a la ignición, puede ser alrededor de 5 g.m3. Los límites superiores son difíciles de determinar.

Las mezclas híbridas (es decir, mezclas de polvo combustible, gas o vapor y aire) pueden ser inflamables aun cuando las concentraciones del polvo y del vapor o gas se encuentren abajo del límite inferior de explosividad aplicable al componente individual. el mínimo de energía de ignición de una mezcla híbrida se encuentra en algún lugar entre el mínimo de energía de ignición del polvo y el del gas o vapor (ver figuras a continuación). Hasta el momento no es posible hacer aclaraciones de validez general.



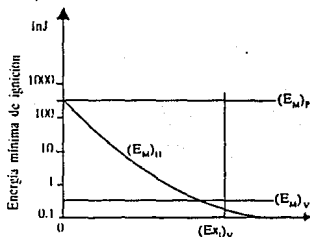
Concentración de vapores inflamables

(Ex)<sub>p</sub> Límite inferior explosión de polvo

(Ex)<sub>v</sub> Límite inferior explosión de vapores inflamables

C<sub>p</sub> Concentración de polvo

C<sub>v</sub> Concentración de vapores inflamables



Concentración de vapores inflamables

(E<sub>m</sub>)<sub>r</sub> Energía mínima de ignición para polvos (sin vapor inflamable).

(E<sub>m</sub>)<sub>v</sub> Energía mínima de ignición para vapores

(E<sub>m</sub>)<sub>h</sub> Energía mínima de ignición para mezclas híbridas con concentraciones de vapor en flammable creciente

Podemos decir que en general, hay pocas probabilidades de que se presenten simultáneamente una atmósfera explosiva y una descarga que libere suficiente energía para causar un incendio. Por lo tanto, no es raro que operaciones con riesgos de cargas electrostáticas se lleven a cabo durante años sin ninguna dificultad antes de que, de improviso, sobrevenga un accidente.

La cantidad de energía liberada durante la descarga depende, entre otras cosas, del tipo de descarga. La corona o descarga de punta es la menos peligrosa, ya que la descarga se inicia cuando la punta se encuentra todavía a considerable distancia del objeto. Como resultado, la energía liberada momentáneamente es bastante baja. Por otra parte, cuando dos esferas grandes se aproximan una a la otra, ambas descargan instantáneamente (descarga de chispa liberando de una sola vez prácticamente toda la energía acumulada, proporcionando una fuente potencial de ignición para una mezcla de gas o algún polvo). La energía liberada en las descargas de escobillas se encuentra entre estos extremos.

Hay que hacer notar que los polvos solo se incendian por chispas que liberen una cantidad suficiente de energía. Si no hay presentes conductores aislados, no es de esperarse la ignición de polvos, o sea que no se incendiarán por sus propias cargas acumuladas.

Actualmente están todavía pendientes las siguientes cuestiones: aun no está claro si las descargas Lichtenberg, que son posibles en las operaciones de las plantas (por ejemplo, en los sistemas de ventilación), son capaces de incendiar polvos. Todavía no se conocen los efectos que puedan causar las descargas en la superficie de un depósito de polvos con un bajo comportamiento de disipación en un recipiente o silo. Aun queda pendiente de establecerse la posibilidad de que ocurran descargas relámpago en los silos con un volumen mayor de 60 m<sup>3</sup>.

Tabla de probabilidades de ignición causada por descargas electrostáticas.

Mínimo energía ignición en aire mJ	0.01-0.025	0.025-10	0.025-10	Mayor a 10
Sustancias combustibles	Hidrógeno, Sulfuro de carbono	Hidrocarburos saturados carburos y derivados	Mezclas híbridas	Polvo
Chispa	+		+	+
Lichtenberg	+	+	+	+
Escobilla	+	+	+	--
Corona	(+)	--	--	--

+ Ignición prevista

-- Ignición no prevista

\*\*Algunos polvos tienen valores más bajos.

## **APENDICE C.- DEFINICIONES.**

A través del presente trabajo se ha comentado sobre riesgos y medidas, debidos a la electricidad estática. Los incendios constituyen uno de los aspectos más referidos aquí, por lo que hablaremos un poco sobre sus bases principales:

El fuego se define químicamente como la oxidación rápida de una sustancia combustible con desprendimiento de luz, calor, humo y gases. esta reacción química se produce por la unión de 4 elementos:

- Sustancia combustible.
- Sustancia comburente.
- Fuente de calor.
- Reacción en cadena.

Estos elementos forman lo que se conoce como el tetraedro del fuego y tiene como característica principal que la eliminación de cualquiera de estos 4 elementos provoca la extinción. De ello se deduce que un fuego puede extinguirse por 4 formas:

- Por eliminación del combustible (separación).
- Por eliminación del comburente (sofocación).
- Por eliminación de la energía de activación (enfriamiento).
- Por eliminación de la reacción en cadena (inhibición).

### **a) Combustible.**

Es cualquier sustancia susceptible de combinarse con el oxígeno en una reacción rápida y exotérmica. El combustible debe volatilizarse para poder arder.

Comentaremos a partir de lo anterior, que las características más importantes de la mezcla combustible/aire son:

1) Límite de inflamabilidad.- Debido a que no todas las mezclas combustible/aire son inflamables, cada combustible tiene dos límites entre los cuales la concentración de estos dos factores es inflamable:

1.1) Límite inferior de inflamabilidad.- Corresponde a la mezcla más pobre o de menor concentración de combustible en el aire que pueda inflamarse.

1.2) Límite superior de inflamabilidad.- Determina la mezcla más rica en combustible, es decir, de mayor concentración en el aire que es capaz de inflamarse.

b) Temperatura de inflamación (flash point).- Temperatura mínima en grados Celsius y a 760 mm de mercurio de presión atmosférica, a la cual un combustible emite suficiente volumen de vapor para formar con el oxígeno del aire una mezcla inflamable en él.

c) **Temperatura de autoignición o autoinflamación (autoignition point).**- Es la temperatura mínima en grados Celsius a 760 mm de mercurio de presión atmosférica a la que una sustancia sólida, líquida o gaseosa, al entrar en contacto con el oxígeno del aire, arde espontáneamente sin necesidad de ningún aporte energético.

d) **Potencia calorífica.**- Se mide en megacalorías/kg, es la cantidad de calor o energía térmica que genera un combustible por unidad de masa, al quemarse totalmente por combustión completa.

e) **Reactividad.**- Algunos materiales pueden desarrollar reacciones de gran potencial energético por choque, frotamiento, o reacción con sustancias incompatibles, pudiendo causar explosiones.

El conocimiento y control de las anteriores propiedades, puede reducir los riesgos de incendio, o de desgracia en caso de presentarse el siniestro.

#### f) **Comburente**

Es una sustancia fuertemente oxidante, necesaria para que arda el combustible. Debido a su abundancia, el principal comburente es el oxígeno, aunque cualquier otra sustancia oxidante puede ocupar el lugar del oxígeno en el tetraedro del fuego (por ejemplo, un combustible puede arder en una atmósfera de cloro).

La combustión consume oxígeno en grandes volúmenes, por lo que necesita el aporte continua de éste a la zona de fuego y de su contacto con el combustible, sin embargo, si se reduce la concentración de oxígeno de 21% a 16% en la atmósfera, el fuego se extingue.

#### g) **Fuente de calor.**

Proporciona la energía necesaria para que el combustible reaccione con el comburente. El foco térmico puede ser:

- Flama abierta.
- Foco mecánico (por ejemplo fricción).
- Foco eléctrico (chispas).
- Focos químicos (reacciones químicas exotérmicas).

Parte de la energía térmica liberada en la combustión se disipa en el ambiente y el resto se convierte en energía de activación, inflamando nuevos combustibles y propagando el incendio. Al eliminar dicha energía, se extingue el fuego por enfriamiento.

#### h) **Reacción en cadena.**

Por una parte, una fracción del calor liberado por la reacción, proporciona la energía de activación necesaria para que la reacción exotérmica se sostenga hasta terminar con el combustible o el comburente.

Además en la interfase combustible-atmósfera, se producen cadenas arborescentes consistentes en radicales libres, principalmente  $\text{-CH}_2$ ,  $\text{=CH}$ .

i) Tipos de incendio.

Existen seis tipos de incendios:

i.1) Clase A.- Materiales combustibles sólidos. Tienen como característica que arden de adentro hacia afuera, produciendo brasas y cenizas. Se identifican con un triángulo verde.

i.2) Clase B.- Combustibles líquidos o gaseosos. Tienen como característica que arden en espejo, es decir, en la superficie. Se identifican con un cuadrado rojo.

i.3) Clase C.- Fuegos de equipo eléctrico con carga viva. Al cortar la corriente, se convierten en cualquiera de los fuegos anteriores. Se identifica con un círculo azul.

i.4) Clase D.- Metales en ignición. Cada metal tiene su método de extinción. Se identifica con una estrella amarilla.

i.5) Clase E.- Incendios de materiales radiactivos. Se identifica con un modelo de átomo.

i.6) Clase F.- Incendios termonucleares. Se identifica con una cruz de malta.

## **APENDICE D-REGLAMENTO GENERAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO E INSTRUCTIVOS**

Publicado en el diario oficial de la federación el 5 de junio de 1978.

### **TITULO PRIMERO.**

#### **CAPITULO UNICO. DISPOSICIONES GENERALES.**

ARTICULO 1. Este reglamento rige en todo el territorio nacional y tiene por objeto proveer en la esfera administrativa a la observancia de la Ley Federal del Trabajo en materia de Seguridad e Higiene y lograr de este modo disminuir los accidentes y enfermedades que se producen u originan en los centros de trabajo.

ARTICULO 2. La aplicación de este Reglamento corresponde a la Secretaría del Trabajo y Previsión Social. Las autoridades federales coordinarán sus acciones en materia de seguridad e higiene con las autoridades de los Estados y del Departamento del Distrito Federal, en la forma y términos que el mismo establece. La aplicación de este Reglamento se hará coordinadamente con las Secretarías de Salubridad y Asistencia de acuerdo a las facultades que sobre higiene ocupacional otorgan a esta última las leyes en vigor.

Para los efectos de este ordenamiento, las secretarías mencionadas integrarán una comisión permanente, con tres representantes de cada una de ellas, a fin de proponer en los casos que lo juzguen necesario, la forma específica de operar la coordinación, con la finalidad de que las propias dependencias puedan cumplir con las funciones que los diversos ordenamientos legales atribuyen a cada una de ellas.

Asimismo, se establecerá la coordinación necesaria con la Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial, para la expedición, actualización e interpretación de las normas oficiales mexicanas, relacionadas con la seguridad e higiene en el trabajo.

### **TITULO SEPTIMO. DEL MANEJO, TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DE SUSTANCIAS INFLAMABLES, COMBUSTIBLES, EXPLOSIVAS, CORROSIVAS, IRRITANTES O TOXICAS.**

#### **CAPITULO I. DE LAS SUSTANCIAS INFLAMABLES Y COMBUSTIBLES.**

ARTICULO 122. Las sustancias inflamables y combustibles deberán ser almacenadas, transportadas y manejadas de tal manera que se disminuyan los riesgos de incendio, de conformidad con lo que establezcan los instructivos correspondientes.



**ARTICULO 124.** Los tanques de almacenamiento y transporte deberán estar conectados eléctricamente a tierra.

## **INSTRUCTIVOS DEL REGLAMENTO GENERAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO.**

### **INSTRUCTIVO No. 2 RELATIVO A LAS CONDICIONES DE SEGURIDAD PARA LA PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS EN LOS CENTROS DE TRABAJO.**

#### **DISPOSICIONES GENERALES.**

##### **I. PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.**

1.-Los patrones deben disponer la prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo, de conformidad con lo que establece el presente instructivo.

2.-El patrón está obligado a informar a los trabajadores sobre los riesgos de incendio en su centro de trabajo y las medidas específicas para prevenirlos.

3.-El patrón debe proporcionar a sus trabajadores la capacitación y adiestramiento para los procesos, operaciones y actividades que se realicen con materias primas, productos y subproductos que impliquen un alto riesgo de incendio.

##### **II. AISLAMIENTO DE LAS ÁREAS, LOCALES O EDIFICIOS DONDE SE MANEJEN MATERIAS PRIMAS, PRODUCTOS O SUBPRODUCTOS QUE IMPLICAN ALTO RIESGO DE INCENDIO.**

4.-Los procesos, operaciones y actividades que implican alto riesgo de incendio para los trabajadores son aquellos en los que se fabriquen, almacenen o manejen cualquier materia

prima, producto o subproducto comprendidos en la clasificación siguiente:

4.a) Líquidos o gases con punto de inflamación igual o menor a 37.8 grados C (método de copa cerrada).

4.b) Sólidos altamente combustibles.

4.c) Pirofóricos.

4.d) Explosivos.

5.-Las materias primas, productos o subproductos que aceleren la velocidad de reacción química que generen calor, o aquellas otras que al combinarse impliquen riesgo de incendio o de explosión, se consideran también de alto riesgo.

6.-Las materias primas, productos o subproductos que impliquen alto riesgo de incendio, deben mantenerse identificadas con letreros y señalados con avisos de seguridad, de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-S-15 o su

correspondiente en vigor.

Condiciones de aislamiento de las áreas, locales o edificios con alto riesgo de incendio.

7.-Las áreas, locales o edificios en donde se fabrique, almacene o maneje cualquier materia prima, producto o subproducto que implique alto riesgo de incendio, deben estar aislados, de conformidad con lo dispuesto en este instructivo.

8.-El aislamiento de las áreas, locales o edificios, señalados en el punto anterior, debe hacerse separando éstos por distancia o por pisos, muros o techos resistentes al fuego. Uno u otro tipo de separación, deben seleccionarse y determinar sus dimensiones tomando en cuenta los procesos o actividades y las materias primas, los productos o subproductos que se fabriquen, almacenen o manejen.

9.-Las áreas, locales o edificios destinados a la fabricación, almacenamiento o manejo de materias primas, productos o subproductos que impliquen alto riesgo de incendio, deben cumplir con lo siguiente:

9.a) Ser de materiales resistentes al fuego.

9.b) Con la ventilación que técnicamente se requiera para evitar el riesgo de explosión.

9.c) Aislados de cualquier fuente de calor, que técnicamente evite el riesgo de incendio o explosión.

9.d) Con instalación y equipos eléctricos de conformidad con lo que establece la Norma Técnica de instalaciones eléctricas.

9.e) Los equipos capaces de generar electricidad estática deben estar conectados eléctricamente a tierra.

9.f) En la entrada y en el interior de los locales, colocar avisos en lugares visibles que indiquen los riesgos específicos, así como con advertencias de "no fumar" ni emplear ningún tipo de elementos inflamables, de conformidad con la Norma Oficial Mexicana NOM-S-15 o correspondiente en vigor.

#### IV. EQUIPO PARA LA EXTINCIÓN DE INCENDIOS.

30.-Los centros de trabajo deben estar provistos de equipos para la extinción de incendios en relación al grado de riesgo y la clase de fuego que entrañen las materias primas, productos o subproductos que se almacenen o manejen en ellos y de conformidad con lo que establece este instructivo.

31.-Para la determinación del equipo de extinción de incendios, los centros de trabajo se clasifican en tres grados de riesgo:

- 31.a) Bajo
- 31.b) Medio
- 31.c) Alto

32.-Para la determinación del equipo de extinción de incendios en los centros de trabajo, los fuegos se clasifican en relación a las materias combustibles involucradas, en cuatro clases, de conformidad con lo que establece la Norma Oficial Mexicana NOM-S-5-1972.

33.-Los equipos de extinción de incendio en los centros de trabajo pueden ser portátiles y fijos. Los portátiles pueden ser manuales o sobre ruedas y los fijos pueden ser manuales o automáticos.

34.-Los equipos de extinción de incendios portátiles manuales, son los extintores cuyo contenido está en relación con las clases de fuego:

-Clase A, que contiene agua, polvos ABC o halones 1211 y 1301 o sustancias específicas para esta clase.

-Clase B, que contienen polvos BC, polvos ABC, CO<sub>2</sub> o halones 1211 y 1301 o sustancias específicas para esta clase.

-Clase C, que contienen polvos BC, polvos ABC, CO<sub>2</sub> o halones 1211 y 1301 o sustancias específicas para esta clase.

-Clase D, que contienen polvos especiales para cada caso en particular.

Los equipos portátiles sobre ruedas son los extintores cuyo contenido es igual a los anteriores, pero su peso es superior a lo que puede cargar un trabajador.

35.-Los equipos para la extinción de incendio en los centros de trabajo, fijos manuales, son los que están instalados en forma de sistemas, que proporcionan agua, bióxido de carbono u otras sustancias específicas y que requieren ser operados manualmente.

36.-Los equipos para la extinción de incendio en los centros de trabajo, fijos automáticos, son los que están instalados en forma de sistemas que proporcionan agua, bióxido de carbono, nitrógeno, halones 1211 y 1301, polvos, espumas, agentes AFFF u otras sustancias específicas y que operan en forma automática.

37.-En los centros de trabajo, por cada área, local o edificio, el patrón debe determinar los grados de riesgo y las clases de fuego, para seleccionar los equipos de extinción de incendio, de conformidad con lo que se establece en los puntos 31, 38, 39 y 40 de este instructivo.

38.-En las áreas, locales y edificios con grado de riesgo bajo, por cada 600 m<sup>2</sup> de superficie o fracción se debe instalar, como mínimo, un extintor portátil de la capacidad y tipo requeridos para los riesgos específicos. Cuando el centro de trabajo ocupe una superficie construida de 4000 m<sup>2</sup> o más, o que tenga construcciones de 25 m de altura o más, se debe instalar además, un sistema de equipo fijo.

39.-En las áreas, locales y edificios con grado de riesgo medio, por cada 300 m<sup>2</sup> de superficie o fracción se debe instalar como mínimo, un extintor portátil de la capacidad y tipo requeridos para los riesgos específicos. Cuando el centro de

trabajo ocupe una superficie construida de 2000 m<sup>2</sup> o más, o que tenga construcciones de 10 m de altura o más, se debe instalar, además, un sistema de equipo fijo.

40.-En las áreas, locales y edificios con grado de riesgo alto, por cada 200 m<sup>2</sup> de superficie o fracción se debe instalar como mínimo, un extintor portátil de la capacidad y tipo requeridos para los riesgos específicos. En todos los centros de trabajo clasificados de alto riesgo, independientemente de la superficie construida o de su altura, se debe instalar además un sistema de equipo fijo.

41.-En la instalación de los equipos para la extinción de incendios portátiles manuales se debe cumplir con lo siguiente:

41.a) Colocarse a una distancia no mayor de 30 m de separación entre uno y otro.

41.b) Colocarse a una altura máxima de 150 m medidos del piso a la parte más alta del extintor.

41.c) Sujetarse en tal forma que se puedan descolgar fácilmente para ser usados.

41.d) Colocarse en sitios donde la temperatura no exceda de 50 grados C y no sea menor de 0 grados C.

41.e) Colocarse en sitios visibles, de fácil acceso y conservarse sin obstáculos.

41.f) Señalarse en donde esté colocado, de acuerdo con las Normas Oficiales Mexicanas NOM-S-14-1971 y NOM-S-15-1971.

41.g) Estar sujetos a mantenimiento y control que aseguren su funcionamiento llevando registro con la siguiente información: fechas de adquisición, inspección, revisión de cargas, recargas y pruebas hidrostáticas.

42.-Los equipos para la extinción de incendios portátiles sobre ruedas, deben cumplir con lo siguiente:

42.a) Estar protegidos de la intemperie.

42.b) Colocarse en lugares visibles, de fácil acceso y libres de obstáculos.

42.c) Colocarse en sitios donde la temperatura no exceda de 50 grados C y no sea menor de 0 grados C.

42.d) Señalarse, en donde se coloque, de acuerdo con las Normas Oficiales Mexicanas NOM-S-14-1971 y NOM-S-15-1971.

42.e) Estar sujetos a mantenimiento y control que aseguren su funcionamiento llevando registro con la siguiente información: fechas de adquisición, inspección, revisión de cargas, recargas y pruebas hidrostáticas.

43.-Los equipos fijos para la extinción de incendios deben cumplir con lo siguiente:

43.a) Tener sus especificaciones de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana correspondiente.

43.b) Colocar los dispositivos que deban operarse manualmente, en sitios de fácil acceso y libres de obstáculos para su uso inmediato.

43.c) Proteger de la intemperie.

43.d) Estar sujetos a mantenimiento y control que aseguren su funcionamiento

llevando registro con la siguiente información: fechas de instalación, inspección, revisión y pruebas.

43.e) El sitio donde se coloquen los dispositivos de operación debe estar señalado para su fácil localización de acuerdo a las Normas Oficiales Mexicanas NOM-S-14, NOM-S-15 o sus correspondientes en vigor.

43.f) Tener una fuente autónoma para el suministro de energía eléctrica.

44.- El patrón debe dar capacitación y adiestramiento a los trabajadores en su centro de trabajo, sobre el uso y manejo del equipo de extinción de incendios.

## DEFINICIONES DE LOS TERMINOS TECNICOS EMPLEADOS EN ESTE INSTRUCTIVO.

**AGENTE AFFF**(aqueous film forming foam): Agente que disuelto en agua forma espuma, que a su vez establece una película sobre los combustibles líquidos.

**AGENTE EXTINGUIDOR**: Agente en estado sólido, líquido o gaseoso, que en contacto con el fuego en la cantidad adecuada apaga a éste.

**CONSTRUCCION RESISTENTE AL FUEGO**: Tipo de construcción en la cual los miembros estructurales, muros de carga, columnas, trabes, losas, incluyendo muros, divisiones y cancelas, son de materiales incombustibles con grados de resistencia al fuego de 3 a 4 horas para elementos estructurales en edificios de más de un piso, y de 2 a 3 horas para elementos estructurales en edificios de un piso.

**COMBUSTIBLES**: son las materias sólidas, líquidas o gaseosas que arden al combinarse con una comburente y en contacto con una fuente de calor.

**DISPOSITIVOS DE RELEVO DE PRESION**: Son mecanismos o aparatos que permiten liberar la sobrepresión de un recipiente.

**EQUIPO CONTRA INCENDIO**: Elementos necesarios para controlar o combatir incendios tales como: hidrantes, mangueras, extintores de cualquier tipo o tamaño, válvulas, accesorios, etcétera.

**EXPLOSION**: Expansión violenta de gases que se produce por una reacción química, por ignición o por calentamiento de algunas materias que dá lugar a fenómenos acústicos, térmicos y mecánicos.

**EXPLOSIVOS**: Las materias que por reacción química, por ignición o calentamiento, producen una explosión.

**EXTINTOR**: Equipo autónomo para arrojar al fuego un agente extinguidor.

**INFLAMABLE**: Se asigna a un material líquido o gaseoso que tenga un punto de inflamación menor de 93 grados C, método de copa cerrada.

**MATERIAL RESISTENTE AL FUEGO**: Se asigna a un material incombustible que sujeto a la acción del fuego, no lo transmite ni genera humos o vapores tóxicos, ni falla mecánicamente por un periodo de 2 a 3 horas.

**PIROFORICOS**: Son todos aquellos que en contacto con el aire o la humedad del mismo reaccionan violentamente con desprendimiento de grandes cantidades de luz y calor como son: fósforo

blanco, rubidio, cesio, litio, sodio, potasio, etc.

**SOLIDOS COMBUSTIBLES ORDINARIOS:** Son todos aquellos que arden al sujetarse a un precalentamiento de 800 grados C durante 5 minutos en contacto con una fuente externa de calor.

**SOLIDOS ALTAMENTE COMBUSTIBLES:** Son aquellos que por su forma o composición pueden arden sin un precalentamiento apreciable.

## **INSTRUCTIVO No.5 RELATIVO A LAS CONDICIONES DE SEGURIDAD EN LOS CENTROS DE TRABAJO PARA EL ALMACENAMIENTO, TRANSPORTE Y MANEJO DE SUSTANCIAS INFLAMABLES Y COMBUSTIBLES.**

### **I. DISPOSICIONES GENERALES.**

1.-En los centros de trabajo donde se almacenen, transporten o manejen sustancias inflamables o combustibles, los patronos deben disponer las medidas para prevenir y proteger a los trabajadores contra el riesgo de incendio, de conformidad con lo que establece el presente instructivo, teniendo en consideración lo siguiente:

1.a) Las características físicas y químicas de las sustancias.

1.b) Los procesos y procedimientos de trabajo.

1.c) Las instalaciones, maquinaria y equipo.

1.d) El equipo de protección personal correspondiente, que se debe proporcionar a los trabajadores con las características que señalen las Normas Oficiales Mexicanas respectivas.

1.e) Las temperaturas del medio ambiente laboral.

### **II. DE LOS LOCALES.**

2.-En los locales donde se almacenen, manejen o transporten sustancias inflamables o combustibles se deben adoptar las medidas siguientes:

2.a) Las paredes, pisos y techos deben ser de materiales resistentes al fuego.

2.b) Instalar la ventilación que técnicamente se requiera para evitar el riesgo de incendio.

2.c) Aislarlos de cualquier fuente de calor.

2.d) Instalar los equipos y las líneas eléctricas que se requieran con las características que señale la Norma Técnica para Instalaciones Eléctricas en vigor.

2.e) Colocar avisos en lugares visibles que indiquen los riesgos específicos, así como con advertencias de no fumar y evitar la presencia de cualquier otro tipo de ignición. Estos letreros deben cumplir con la Norma Oficial Mexicana NOM-S-15 en vigor.

3.-En los locales donde se almacenen, manejen o transporten sustancias inflamables o combustibles, no se debe permitir la acumulación en el piso de

desperdicios impregnados de dichas sustancias, éstos deben ser eliminados de inmediato o depositados en recipientes cerrados resistentes al fuego, cuyo contenido debe eliminarse por lo menos diariamente.

4.-En los locales donde se almacenen, manejen o transporten sustancias inflamables o combustibles se debe tener el equipo para la extinción de incendios, de conformidad con lo que se establece en el artículo 15 del Reglamento General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

### **III. DEL ALMACENAMIENTO.**

5.-El almacenamiento de sustancias inflamables o combustibles debe hacerse en edificios o locales aislados y resistentes al fuego, de conformidad con lo que establece el artículo 12 del Reglamento General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

6.-En los edificios o locales a que se refiere el punto anterior, se debe evitar que las sustancias o combustibles puedan calentarse por exposición a fuentes naturales o artificiales de calor, así como por la presencia de fuentes de ignición.

7.-Los recipientes fijos de almacenamiento de sustancias inflamables o combustibles deben colocarse sobre cimentaciones de material resistente al fuego.

8.-Los recipientes fijos de almacenamiento y las tuberías, conexiones, válvulas y accesorios para sustancias inflamables o combustibles deben tener las características y especificaciones que señalan las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes.

9.-Los recipientes fijos de almacenamiento de sustancias inflamables o combustibles deben estar identificados con letreros que indiquen lo que contienen y el riesgo específico. Estos letreros deben cumplir con la Norma Oficial Mexicana NOM-S-15 en vigor.

10.-Los recipientes fijos de almacenamiento y las tuberías que conducen las sustancias inflamables y combustibles deben tener sistemas que interrumpen el flujo y permitan su aislamiento en el caso de que se requiera hacer reparaciones o mantenimiento, para evitar fugas o derrames.

11.-En los recipientes fijos de almacenamiento de sustancias inflamables o combustibles el llenado debe hacerse a un máximo del noventa por ciento de su volumen y estar provistos de dispositivos que eviten que se rebase el límite establecido.

12.-Los recipientes fijos donde se almacenen sustancias inflamables o combustibles deben contar con dispositivos arrestadores de flama y de relevo de presión, que descarguen hacia otros lugares donde no provoquen riesgos de incendio o explosión.

13.-Los recipientes portátiles para el almacenamiento de sustancias inflamables o combustibles deben tener las características siguientes:

13.a) Mantenerse herméticamente cerrados hasta el momento de vaciarse.

13.b) Estar identificados con letreros que indiquen su contenido y peligrosidad.

#### **IV. DEL TRANSPORTE.**

14.-El transporte de las sustancias inflamables, combustibles y de líquidos a altas temperaturas en los centros de trabajo, debe hacerse mediante sistemas de tuberías, en recipientes portátiles o equipos similares herméticamente cerrados, con las características que señalen las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes.

15.-Los sistemas de tuberías que conduzcan sustancias inflamables, combustibles o líquidos a altas temperaturas y que estén expuestos al tránsito de trabajadores o maquinaria, deben contar con la protección necesaria para evitar que sean dañados. La protección no debe impedir la inspección y el mantenimiento de dichos sistemas de tubería.

16.-Los sistemas de tuberías que conduzcan sustancias inflamables o combustibles no deben colocarse cerca de motores, conmutadores, flamas descubiertas o cualquier equipo que pueda producir chispas.

17.-Los sistemas de tuberías que conduzcan sustancias inflamables, combustibles o líquidos a altas temperaturas deben ser identificados y señalar su peligrosidad por medio del código de colores que establezcan las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes.

#### **V. DEL MANEJO.**

18.-En los centros de trabajo donde se almacenen, transporten o manejen sustancias inflamables o combustibles que desprendan vapores, polvos o fibras, los patrones deben establecer los sistemas de aspiración que técnicamente se requieran para la captación de los mismos.

19.-Los recipientes portátiles en donde se transporten o manejen sustancias inflamables o combustibles y que por sus características físicas no puedan ser operados manualmente por los trabajadores, se deben operar con los dispositivos mecánicos que se requieran.

20.-El patrón debe hacer del conocimiento de los trabajadores los procedimientos necesarios para el almacenamiento, transporte y manejo de sustancias inflamables y combustibles para prevenir el riesgo de incendio.

21.-En los locales de trabajo, donde se manejen sustancias inflamables o combustibles, las cantidades de dichas sustancias que se requieran para el proceso productivo, deben limitarse a lo necesario para un día de trabajo.

22.-Las sustancias inflamables o combustibles no deben descargarse al drenaje municipal. En caso de derrame accidental, debe proveerse de instalaciones de fosas o áreas cerradas colectoras de dichas sustancias para contenerlas; las dimensiones de dichas fosas deben estar de acuerdo con el volumen del líquido almacenado.

23.-En los locales de trabajo donde se manejen sustancias inflamables o combustibles se debe vigilar el uso de herramienta y evitar que los trabajadores



porten objetos personales, ropa y zapatos que puedan producir chispas.  
24.-El patrón debe proporcionar a los trabajadores el equipo de protección personal, de acuerdo con el riesgo específico, de conformidad con lo que establecen las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes.

## APENDICE E-NORMA TECNICA PARA INSTALACIONES ELECTRICAS

### INSTALACIONES ESPECIALES

#### LUGARES PELIGROSOS, CLASIFICACION Y REQUISITOS GENERALES

##### A.- GENERALIDADES.

###### 1.1) APLICACION.

Los requisitos de la presente sección se aplican a las instalaciones y equipos eléctricos ubicados en áreas o locales que, convencionalmente, se designan en estas normas técnicas como "lugares peligrosos" y en los cuales dichas instalaciones y equipos quedan expuestos a las condiciones que más adelante se indican, según la clasificación que se hace de tales lugares.

Salvo lo modificado en estas secciones, las instalaciones y los equipos eléctricos para lugares peligrosos deben cumplir con los requisitos de otras secciones de estas normas técnicas, que sean aplicables.

###### 1.2) DEFINICIONES.

Para la aplicación de la sección, los siguientes términos se entienden como sigue:

**Equipo a prueba de explosión.**-Encerrado y protegido de manera que sea capaz de resistir la explosión de un gas o vapor específico, que pueda ocurrir en su interior; y de impedir, en forma efectiva, que la explosión o disturbio internos (chispas, destellos, etc.) produzcan una explosión en el exterior del equipo, si éste se encuentra en una atmósfera explosiva o inflamable.

**Equipo a prueba de ignición de polvo.**-Encerrado de manera que se impida la penetración, a su interior, de polvo en cantidades tales que hagan a éste susceptible de inflamarse o que afecten el funcionamiento o capacidad del equipo; y protegido en tal forma que la generación de arcos, chispas o calor en su interior no provoque ignición de acumulaciones o suspensiones, del polvo de que se trate, en la atmósfera externa al equipo mismo, sobre o en las cercanías de la cubierta.

**Equipo presurizado.**-Provisto de una cubierta dentro de la cual se mantiene permanentemente una ventilación de presión positiva con aire o gas inerte, que no permite la entrada de gases o vapores inflamables al interior de la cubierta.

**Mezcla explosiva o inflamable.**-Es la mezcla de aire y vapores o gases, o de aire y polvos combustibles en tales proporciones que, en contacto con una energía calorífica, ocasiona una explosión o fuego.

**Temperatura de Ignición.**-Es la más baja temperatura que, aplicada a una mezcla explosiva puede producir el encendido de dicha mezcla, ocasionando una explosión o fuego continuo.

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

### 1.3) EQUIPO INTRINSECAMENTE SEGURO.

El equipo intrínsecamente seguro es aquel incapaz de producir calor o chispeo suficientes para causar ignición de una determinada mezcla atmosférica peligrosa, ya sea en condiciones normales o en condiciones anormales de operación; éstas últimas incluyen el daño accidental del equipo, fallas del aislamiento o de otras partes eléctricas, sobretensiones, operaciones de ajuste o mantenimiento y condiciones similares. Este equipo (y alambreado relacionado) puede ser instalado en aquellos lugares peligrosos para los cuales ha sido aprobado, sin que sea necesario satisfacer otros requisitos especiales que se fijan en este capítulo para las instalaciones en los citados lugares.

## B.- CLASIFICACION DE LUGARES PELIGROSOS.

### 1.4) CLASIFICACION.

Para el fin de establecer medidas de seguridad y las características necesarias en instalaciones y equipo en las áreas y locales peligrosos, estos lugares se clasifican como sigue, de acuerdo con la naturaleza de su peligrosidad:

**a) Clases I.**-Lugares en los cuales se encuentra o puede encontrarse en el aire una cantidad de gases o vapores inflamables suficientes para producir mezclas explosivas o inflamables.

**b) Clase II.**-Lugares que son peligrosos debido a la presencia de polvos combustibles o eléctricamente conductores.

**c) Clase III.**-Lugares que son peligrosos a causa de la presencia de fibras o pelusas fácilmente inflamables, pero en los que no es probable que dichas fibras o pelusas estén suspendidas en el aire en cantidades suficientes para producir mezclas inflamables.

Cada una de las clases anteriores comprende las divisiones que se indican a continuación, que corresponden a la frecuencia o permanencia y grado de las condiciones de peligro y que se definen en los artículos que siguen.

### 1.5) DIVISIONES DE LOS LUGARES CLASE I.

a) **División I**, que corresponde a los lugares Clase I en los cuales:

-Existen continúa, intermitente o periódicamente, en condiciones normales de operación, concentraciones peligrosas de gases o vapores inflamables; o

-Pueden existir frecuentemente concentraciones peligrosas de gases o vapores inflamables a causa de trabajos de reparación o mantenimiento o a causa de escapes; o

-Una interrupción o el funcionamiento defectuoso del equipo o los procesos pueden provocar la formación de concentraciones peligrosas de gases o vapores inflamables y simultáneamente provocar también la falla del equipo eléctrico.

**b) División 2**, que corresponde a los siguientes casos en la Clase I:

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

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

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

## 1.6) DIVISIONES DE LOS LUGARES CLASE II.

**a) División 1**, que comprende los lugares Clase II siguientes:

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

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

-Lugares donde puedan estar presentes polvos eléctricamente conductores.

**b) División 2**, que comprende los lugares Clase II en donde los polvos combustibles no están normalmente en suspensión en el aire, ni es probable que sean puestos en suspensión por la operación normal del equipo, en cantidades suficientes para formar una mezcla explosiva o inflamable, pero donde:

-Los depósitos o acumulación de polvos puedan ser suficientes para interferir con la disipación efectiva del calor del equipo o aparatos eléctricos; o donde:

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

#### 1.7) DIVISIONES DE LOS LUGARES CLASE III.

a) **División 1**, que comprende lugares Clase III en los cuales se manejan, fabrican o usan fibras o materiales fácilmente inflamables que producen pelusas combustibles.

b) **División 2**, que comprende los casos en que, fuera del proceso de manufactura, se manejan o almacenan las fibras fácilmente inflamables.

#### 1.8) GRUPOS DE ATMOSFERAS PELIGROSAS.

a) **Atmósferas grupos A,B,C y D** que corresponden a lugares Clase I y que contienen los gases o vapores de líquidos volátiles que se indican en la tabla 1.11.a), u otros de características peligrosas semejantes.

**NOTA\***.- La peligrosidad de una atmósfera no sólo depende de la temperatura del gas o vapor ( o, en su caso, polvo) que contiene, sino también de las características explosivas del mismo gas o vapor y del grado de concentración de éste que se requiere para formar una mezcla explosiva.

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

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

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

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

**Tabla 1.8 a).**- Grupos de atmósferas peligrosas en lugares Clase I y gases o vapores de líquidos volátiles que contienen:

**Grupo A:**

-Acetileno.

**Grupo B:**

-Butadieno.

- Oxido de etileno.

- Hidrógeno.

- Gases manufacturados que contienen más de 30% de hidrógeno (por volumen).

- Oxido de propileno.

**Grupo C:**

- Acetaldehído.

- Ciclopropano.

- Dietiléter.

- Etileno.

- Dimetilhidrazina asimétrica(UDMH-1,1-dimetilhidrazina).

Grupo D:

- Acetona.

- Acrilonitrilo.

- Amoniaco.

- Benceno.

- Butano.

- Butanol-1 (alcohol butílico).

- Butanol-2(alcohol butílico secundario).

- Acetato n-butílico.

- Acetato isobutílico.

- Etano.

- Etanol(alcohol etílico).

- Acetato etílico.

- Dicloroetileno.

- Gasolina.

- Heptanos.

- Hexanos.

- Isopreno.

- Metano(gas natural).

- Metanol(alcohol metílico).

- 3-metil-1-butanol(alcohol isoamílico).

- Metil etil cetona.

- Metil isobutil cetona.

- 2-metil-1-propanol(alcohol isobutílico).

- 2-metil-2-propanol(alcohol butílico terciario).

- Petróleo nafta.

- Octanos.

- Pentanos.

- 1-pentanol(alcohol amílico).

- Propano.

- 1-propanol(alcohol propílico).

- 2-propanol(alcohol isopropílico).

- Propileno.

- Estireno.

- Tolueno.

- Acetato vinílico.

- Cloruro vinílico.

- Xilenos.

NOTA\*.- Ciertas substancias químicas pueden tener características que requieran mayor protección en el equipo, que la correspondiente a los grupos aquí señalados. Tal es el caso, por ejemplo, del disulfuro de carbono, por su baja temperatura de ignición (100 grados C) y por el espacio entre uniones tan pequeño que se requiere para detener su flama.

### 1.12) MARCAS DE IDENTIFICACION.

a) El equipo aprobado para usarse en lugares peligrosos debe tener marcas que indiquen la Clase del lugar y grupo de atmósfera (o gas, vapor o polvo específico) para el cual ha sido aprobado.

b) El equipo aprobado para una determinada clase de lugar peligroso debe tener, además, la indicación de la temperatura máxima (o rango de temperatura) de operación, basada en una temperatura ambiente de 40 grados C. Para ésta indicación, pueden usarse los números de identificación que se muestran en la tabla 1.12 b; o bien deben considerarse los valores que se mencionan en el inciso c que sigue:

\*Excepción.- La indicación de la temperatura no se requiere en las partes de la instalación que no producen calor en operación normal, como son la tubería, las cajas de conexiones y otros accesorios, así como en el equipo cuya temperatura máxima de operación no exceda de 100 grados C.

c) Cuando no se encuentre indicado en el equipo aprobado para lugares Clase I, el valor de la temperatura máxima de operación o el número de identificación según la tabla 1.12 b), deben considerarse los siguientes valores:

- Atmósferas Grupo A, 280 grados C.
- Atmósferas Grupo B, 280 grados C.
- Atmósferas Grupo C, 180 grados C.
- Atmósferas Grupo D, 280 grados C.

\*NOTA.- La temperatura asignada a cada grupo corresponde a la más baja temperatura de ignición de los gases o vapores comprendidos en el grupo; por lo que la inclusión de un nuevo gas o vapor en alguno de los grupos, puede dar lugar a que se modifique la temperatura límite asignada a ese grupo.

Temperatura máxima (grados C)	Núm. de identificación
450	T1
300	T2
280	T2A
260	T2B
230	T2C
215	T2D
200	T3
180	T3A
165	T3B
160	T3C
135	T4
120	T4A
100	T5
85	T6

## **APENDICE F-INSTRUCTIVO NUMERO 22-SECRETARIA DEL TRABAJO Y PREVISION SOCIAL**

INSTRUCTIVO No. 22 "RELATIVO A LAS CONDICIONES DE SEGURIDAD EN LOS CENTROS DE TRABAJO EN DONDE LA ELECTRICIDAD ESTATICA REPRESENTA UN RIESGO."

### **I. DISPOSICIONES GENERALES**

1. En los centros de trabajo donde por la naturaleza de los procedimientos se emplean materiales, sustancias y equipo capaz de almacenar cargas eléctricas estáticas, el patrón está obligado a instrumentar los dispositivos de seguridad necesarios para prevenir y proteger a los trabajadores contra los posibles riesgos de trabajo, de conformidad con el presente instructivo.

2. En los centros de trabajo a que se refiere este instructivo, los patrones en la adopción de medidas preventivas deben tomar en cuenta la naturaleza del trabajo y en su caso lo siguiente:

a) Características físico-químicas de las sustancias manejadas en los procesos y en el mantenimiento.

b) Las características físicas de la maquinaria, en cuanto a temperatura de funcionamiento y ventilación.

c) Las características de ambiente en lo que se refiere a humedad, temperatura y estática.

3. El patrón deberá informar a los trabajadores de los riesgos que representa el contacto a la electricidad estática, así como capacitarlos en las técnicas para evitarlos.

### **II. LOCALES Y EDIFICIOS DE LOS CENTROS DE TRABAJO.**

4. En los locales donde se produzcan, almacenen o manejen sustancias explosivas, las paredes, pisos y techos deben ser de material tal que evite la generación y acumulación de cargas de electricidad estática.

5. En los centros de trabajo donde puedan existir atmósferas peligrosas en el ambiente laboral se debe dar cumplimiento a lo establecido en el instructivo No. 16. se tomará como precaución mantener la humedad relativa del aire entre 50% y 60% para eliminar la acumulación de electricidad estática, exceptuando los valores mencionados, en las áreas de los centros de trabajo en donde por la naturaleza de las sustancias almacenadas y/o manejadas la humedad del aire represente un riesgo por la reacción que tiene con dichas sustancias.

6. Todos los centros de trabajo, locales y tanques donde se almacenen sustancias inflamables, deben estar dotados con protección de pararrayos, contra descargas atmosféricas y sistema de tierras contra la electricidad estática, de acuerdo a la NOM correspondiente.

7. Los locales de los centros de trabajo donde se manejen, transporten o



almacenen explosivos, específicamente los de alta sensibilidad como el caso de la producción de fulminantes, deben quedar protegidos dentro del radio de acción de un sistema de pararrayos, de tal manera que cubra toda el área expuesta a riesgo, de acuerdo a la NOM correspondiente.

Para dar cumplimiento al presente instructivo, se deben utilizar los pararrayos tipo franklin(convencional) o el tipo reactivo, ambos en cualquiera de sus modalidades. No deben emplearse los pararrayos cuyo principio de funcionamiento sea a base de materiales radiactivos.

8. Los centros de trabajo donde se incluyan instalaciones metálicas que no estén destinadas a conducir la energía eléctrica, tales como cercas perimétricas, estructuras metálicas, etc. deben ser conectadas eléctricamente a tierra, cuando se localicen en áreas clasificadas como peligrosas.

### III. MAQUINARIA Y EQUIPO

9. El equipo y maquinaria metálicos que no están destinados a conducir la energía eléctrica, localizados en áreas clasificadas como peligrosas, deben ser conectadas eléctricamente a tierra para la eliminación de la electricidad estática.

10. Cuando puedan saltar chispas entre las poleas y correas de tal manera que representen riesgo para los trabajadores, la acumulación de cargas de electricidad estática se reducirá utilizando poleas antiestáticas o por medio de cepillos metálicos conectados a tierra y emplazados si es necesario a ambos lados y tan cerca como sea posible de las correas en el punto donde éstas salen de las poleas.

11. Cuando el equipo no está eléctricamente en contacto con los marcos de fierro, las partes sueltas del metal deben de ligarse al armazón estructural del edificio o a una barra de tierra. Todo el equipo tal como sopladores, bombas y vibradoras, secadores motores, etc. debe ser individual y permanentemente puesto a tierra.

12. En los centros de trabajo donde por la naturaleza sea necesario elevar tambores horizontales sobre la plataforma de las básculas, para ser pesados, éstas deben ser también conectadas eléctricamente a tierra para eliminar la electricidad estática que se pudiera acumular.

13. Todas las tuberías metálicas aéreas donde se transporten sustancias inflamables, así como sus accesorios deberán ser puenteados y conectados eléctricamente a tierra para la eliminación de la electricidad estática.

14. En las instalaciones de pintura por pulverización los objetos metálicos que han de ser pintados o barnizados y las paredes metálicas de las cabinas, cubículo, recipientes y el sistema de aspiración serán conectados a tierra.

15. En los centros de trabajo donde se requiera llevar a cabo transvase de sustancias inflamables de un recipiente a otro, éstos deberán ser puenteados junto con los accesorios y dispositivos y a su vez conectados a la línea de tierra para eliminar la electricidad estática que se pudiera acumular.

16. Para eliminar la electricidad estática que es generada por el manejo de

sustancias inflamables en la carga y descarga de los autotanques, carrotanques, éstos deberán ser conectados eléctricamente a tierra, así como sus accesorios y dispositivos que puedan acumular electricidad estática, deben ser puenteados y conectados a la línea de tierra.

17. Para evitar la generación de electricidad estática en los tanques de almacenamiento y recipientes, se deberá de utilizar un tubo de descarga que esté en contacto con el fondo del recipiente o tanque de almacenamiento.

18. Los conductores de puenteo y de línea a tierra deben ser de una resistencia eléctrica máxima de 25 ohms. En el circuito de puesta a tierra donde se pudiera acumular en el mismo cargas de electricidad estática, la resistencia máxima será de 5 ohms, el circuito debe seguir el camino más corto posible a tierra; se debe inspeccionar periódicamente para verificar su buen estado y que estén correctamente conectados eléctricamente a tierra.

#### IV. MEDICION Y CONTROL

19. El patrón deberá llevar un registro y mostrarlo a la autoridad laboral cuando lo solicite, con las características siguientes:

- a) Tipo de equipo para la evaluación.
- b) Registro semestral de los valores medidos de resistencia eléctrica.
- c) Croquis que indique los puntos de medición.
- d) Procedimiento de muestreo de calibración.

#### V. EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL.

20. Cuando en los centros de trabajo los trabajadores estén expuestos a riesgos particulares creados por la manipulación de sustancias inflamables, explosivas o detonadoras deberán usar ropa y calzado antiestático y herramientas para evitar los riesgos de fricción de electricidad estática.

**ANEXO I. AL INSTRUCTIVO No. 22 QUE FORMA PARTE INTEGRANTE DEL MISMO. DEFINICIONES DE LOS TERMINOS TECNICOS EMPLEADOS EN ESTE INSTRUCTIVO.**

#### **ELECTRICIDAD ESTATICA.**

Para efectos del presente instructivo, se entenderá como electricidad estática a la acumulación de carga eléctrica en un cuerpo.

#### **PARARRAYOS DE EDIFICIOS O INSTALACIONES.**

Dispositivo de protección contra descargas atmosféricas que constituye

un medio de conducir a tierra las descargas que inciden sobre los puntos más elevados de un edificio o de una estructura de cualquier tipo.

Los parámetros a considerar para la determinación de tipo de pararrayos a emplear serán:

- 1.- Nivel isocerámico.
- 2.- Materiales a proteger.
- 3.- Materiales empleados en la construcción del edificio o instalación.
- 4.- Características del terreno.
- 5.- Altura del edificio en relación con las elevaciones adyacentes.
- 6.- Lugares críticos del edificio o instalación.

#### **PUESTA A TIERRA ( o conexión a tierra).**

Acción y efecto de conectar a tierra efectivamente a ciertos elementos de un equipo o de un circuito, en la forma y por los métodos establecidos en las normas técnicas para instalaciones eléctricas.

#### **SISTEMA DE TIERRA.**

Conjunto de conductores, electrodos, accesorios, etc., que interconectados eficazmente entre sí, tienen por objeto conectar a tierra las cubiertas y otras partes metálicas de los equipos eléctricos, así como aquellos elementos de la maquinaria y de los circuitos que así lo requieran.

#### **PUNTEO.**

Para efectos del presente instructivo, se entenderá como punteo la interconexión eléctrica entre sí de dos o más elementos, por medio de un conductor de baja resistencia.

#### **CEPILLOS METALICOS.**

Instrumento que ayuda a eliminar la acumulación de las cargas de electricidad estática.

-CARGA.- Es la pérdida o ganancia de electrones en un material ( carga positiva o negativa).

-DESCARGA.-Es la transferencia de carga eléctrica, por conducción, en materiales de potencial eléctrico diferente.

#### **ANEXO II.**

##### **I. INTRODUCCION.**

Este anexo presenta ejemplos para conectar a tierra los dispositivos, equipos, maquinaria y demás elementos que así lo requieran para evitar los riesgos que por electricidad estática se presenten en los centros de trabajo ( no son limitativas).

## II. METODOS PARA DISIPAR LA ELECTROSTATICA.

En las operaciones industriales, es necesario utilizar conductores de puesta a tierra y puenteo de baja resistencia con objeto de obtener un margen apreciable de seguridad y reducir al mínimo el riesgo de daños por electricidad estática.

Debe tenerse en cuenta que las canalizaciones y cubiertas metálicas de conductores o equipos (ajenos al circuito eléctrico) son puestas a tierra con el objeto de evitar que estos tengan un potencial mayor que el de tierra en un momento dado y representen riesgos para la persona.

Los conductores para los puentes de unión deben ser de cobre o de otro material resistente a la corrosión y deben ser de una sección tal, que su capacidad de conducción no sea menor que la requerida para el conductor de puesta a tierra correspondiente.

La conexión entre el conductor de puesta a tierra o los puentes de unión y los tubos, gabinetes, equipo, maquinaria, etc., requiera ser puesto a tierra, lo cual debe hacerse por medio de zapatas, conectores de presión, abrazaderas u otro accesorio semejante. No debe utilizarse ningún medio de conexión que incorpore uniones hechas con soldadura suave, como la aleación del estaño.

Las abrazaderas u otros accesorios de conexión a tierra a menos que sean destinados para uso general sin protección, deben colocarse donde no queden expuestos a daño mecánico, o bien protegerse por medio de una cubierta de metal, madera u otro material adecuado.

Cuando se utilicen recubrimientos protectores tales como pinturas o barniz en el equipo, en las tuberías, en los coples, etc., éstos recubrimientos deben ser eliminados de las roscas y de otras superficies de contacto para asegurar una buena conexión eléctrica.