

## LA ELECTRICIDAD ESTÁTICA EN LA INDUSTRIA DE PRODUCTOS INFLAMABLES Y DISOLVENTES(1)

---

Jose L. MAÑAS LAHOZ.

Dr. Ingeniero Industrial.

Jefe de Servicio de Seguridad de  
ENERGIA E INDUSTRIAS ARGONESAS, S. A.

Miembro de COSHIQ.

---

### GENERACION DE LA ELECTRICIDAD ESTÁTICA.

La electricidad estática se genera por frotamiento, o por la puesta en contacto y separación de dos sustancias diferentes, o debido a cualquier clase de movimiento de personas o materiales. Es decir, la acumulación de carga electrostática se produce en procesos de **contacto-separación o fricción-generación**.

Una explicación sencilla del fenómeno, aunque analizando el proceso en toda su complejidad las cosas no sean tan fáciles, sería: Supongamos que se ponen en contacto dos bloques de distintos materiales no conductores. En las partes donde se ponen en contacto las superficies existe una capa frontera formada por los materiales de los dos bloques (además de las impurezas que ocasionalmente se adhieren a las superficies). En la mayoría de los casos las características eléctricas de la capa frontera son diferentes de las de cualquiera de los dos materiales que están en contacto. En muchos casos las condiciones de la capa frontera son tales que ciertos electrones de algunos de los átomos situados en la *superficies de contacto de uno de los dos materiales* se traslada al otro. Si entonces, súbitamente, separamos los dos bloques, uno de ellos quedará cargado negativamente (el que ha tomado los electrones) y el otro (el que los ha cedido) se habrá cargado positivamente. La magnitud de la carga

depende de la velocidad de su separación y de su rigidez dieléctrica. Como viene indicado en el trabajo (3), véase Bibliografía, el signo de las cargas generadas depende de los siguientes parámetros:

- Estado de oxidación de la superficie de frotamiento.
- Presencia de agua.
- Naturaleza de los metales de recipientes, tuberías, etc.
- Influencia de la temperatura.
- Presencia de partículas de óxido de hierro.
- Historia anterior del producto, (edad, tratamiento, almacenamiento, etc.).

Así pues, será muy difícil predecir, a priori, la polaridad de las cargas con el nivel de conocimientos actuales. Lo que se podrá hacer es conocerla con el uso de aparatos.

Lo anterior, es debido a que todos los materiales eléctricamente neutros contienen átomos cargados de cargas positivas y negativas y dispuestos de una forma, y en cantidad tal, que las fuerzas de atracción y repulsión de sus partículas eléctricas se encuentran en equilibrio por lo que su potencial eléctrico (voltaje) es aproximadamente cero. Si se crea una capa frontera en la cual las fuerzas no están en equilibrio, las partículas cargadas harán intercambios eléctricos hasta alcanzarlo de nuevo. Debido a que las partículas cargadas (el núcleo de los átomos) no se desplazan libremente, el reajuste de posiciones de dichas partículas se logra por los electrones, que son relativamente móviles.

Si tras la unión de los dos bloques de materiales distintos (y no conductores) y su posterior separación, se juntan nuevamente, la situación original podrá repetirse trasladándose más electrones hacia el bloque primero. Si los materiales involucrados no son suficientemente conductores, no se producirá el flujo de corriente que alivie la diferencia potencial, hasta que, tras contactos y separaciones repetidas, el potencial crezca de una forma tal que venza la resistencia dieléctrica existente entre los dos bloques. Por consiguiente, como la resistencia de la capa frontera también es elevada, puede descargar una chispa, si el potencial (en voltios) es suficiente para ello.

Si la resistencia de la capa frontera es muy baja, la descarga se producirá, a través de las superficies de contacto, sin chispas. Esto ocurrirá a potenciales mucho más bajos. Si las capas fronteras tienen resis-

tancias intermedias, pueden producirse chispas, aunque como la descarga se produce a potenciales mucho más bajos, la chispa tendrá una energía menor. (Efecto corona).

No obstante, como ya se ha dicho, los fenómenos de creación de electricidad estática son más complejos y sobre todo hay que tener en cuenta la posibilidad de que muchos cuerpos se pueden cargar por influencia, es decir, por su sola presencia dentro de campos eléctricos. En todos los lugares existe, por lo menos, el campo eléctrico terrestre. No digamos ya cuando hay nubes bajas o tormentas que crean, en su desplazamiento, campos eléctricos de gran magnitud.

## **PELIGROS Y UTILIDADES DE LA ELECTRICIDAD ESTÁTICA.**

En un principio pudiera sorprender que, cuando se habla de electricidad estática, sólo se digan aspectos sobre su propiedad de producir incendios por las chispas que genera. Otros tipos de electricidad, sobre todo las de tipo industrial, pueden producir descargas eléctricas al hombre y generar, a veces, electrocuciones. Como es sabido, en la electricidad, lo que mata es la intensidad, no la tensión (dependiendo de las circunstancias, según la experiencia de diversos autores que han estudiado este tema, para causar la muerte a un hombre, es necesario que como mínimo, pase por sus zonas vitales una intensidad eléctrica estimada entre 30 y 300 mA). La electricidad estática se caracteriza, precisamente, porque la intensidad generada es pequeñísima. Es cierto, que, a veces, la tensión sube aquí a miles de voltios pero con una intensidad en amperios despreciable. Lo más que puede hacer la electricidad estática, al hombre, es molestarle, sobre todo si es nervioso. También puede originar otro tipo de accidentes como caídas del personal o materiales cuando, debido a descargas electrostáticas, se hacen movimientos involuntarios, que pueden originar caídas, incluso mortales.

Nos vamos pues a referir fundamentalmente a los aspectos de la electricidad estática como agente productor de incendios y explosiones.

Hay que pensar, además, que la electricidad estática es a veces una herramienta útil para muchos procesos industriales.

Veamos algunos ejemplos:

## **a) Precipitación electrostática de partículas para la purificación de los humos (Sistemas Antipolución).**

Los precipitadores del polvo del aire y de los gases originados por la combustión, con una de las aplicaciones más frecuentes de las descargas electrostáticas de alto voltaje.

En los últimos años se han logrado precipitadores electrostáticos de voltaje relativamente bajo, logrando eliminar el polvo y los humos del aire de la ventilación.

Los precipitadores electrostáticos pueden emplearse individualmente, o bien combinándolos con filtros mecánicos, para la purificación del aire, logrando eliminar del 85% hasta más del 90% del polvo existente, dependiendo de la velocidad de salida de los gases. Asimismo, se utilizan para purificar el aire en los procesos de fabricación, en las máquinas eléctricas de ventilación y para precipitar neblinas de aceite y recuperarlo, en las plantas metalúrgicas. Otra de sus muchas aplicaciones consiste en combinar un precipitador electrostático con un separador ciclón para eliminar las cenizas volantes de los gases de combustión de las instalaciones de calderas. Estas son técnicas habitualmente empleadas en Centrales Térmicas, fábricas de ácido sulfúrico, etc.

## **b) Separación electrostática de las mezclas de productos naturales (mineros) o artificiales.**

La Separación Electrostática es un proceso ampliamente empleado para separar diferentes materiales haciéndolos pasar a través de dos electrodos rotatorios de cargas eléctricas opuestas.

La mayoría de los separadores electrostáticos disponen de varios pares de electrodos separadores dispuestos en serie al objeto de proporcionar un tratamiento completo de flujo. Con dicho sistema es posible realizar una amplísima gama de separaciones, verbigracia: concentrados de plata, mineral de grafito, roca de fosfato, polvo de abrasivos, y limpieza de semillas de cacao. El potencial existente entre los electrodos separadores oscila de 5.000 a 18.000 voltios, dependiendo de los materiales que han de separarse.

## **c) Procesos de pintura por fijación electrostática.**

Las operaciones de pintado por pulverización se están mejorando notablemente, ahorrando pintura al hacer pasar las partículas a través de un campo electrostático mientras se pulveriza sobre la superficie del objeto. Las piezas que han de ser pintadas se transportan mediante una cinta transportadora fija que las lleva a través de la zona donde se pulveriza la pintura y donde se mantiene un campo electrostático. Las partículas del líquido de acabado se pulverizan en el mismo campo electrostático y resultan atraídas por las piezas que se pulverizan con pintura ya que ésta tiene un signo eléctrico opuesto a ellas. Las partículas cargadas de electricidad, que se pulverizan, se repelen entre sí y alisan cualquier ligera protuberancia de la pintura originada por un defecto en el funcionamiento de la pistola de pulverización.

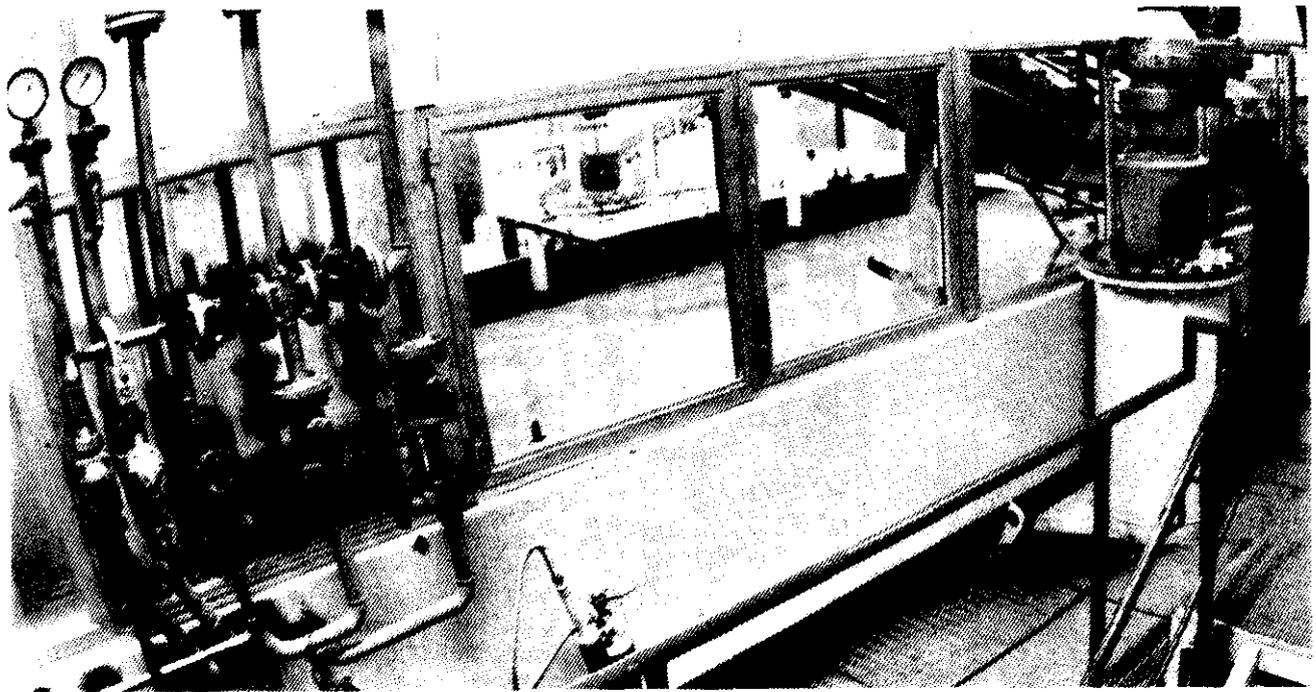
Los electrodos que han de generar el campo electrostático están constituidos de alambre fino de cobre y están sostenidos por una estructura a cada lado de la cinta transportadora. A través de dichos electrodos se hace pasar un potencial de 50.000 a 130.000 voltios de corriente continua que se obtiene mediante transformador y rectificador.

## **CARACTERISTICAS DE LA ELECTRICIDAD ESTÁTICA.**

En principio, y como norma aclaratoria, diremos que es imposible impedir la generación de electricidad estática pues es un principio físico inherente a los movimientos de los materiales. Sin embargo se pueden impedir sus efectos peligrosos, anulando la acumulación de las cargas. En este principio se basará la protección.

Existen varios aparatos utilizados para su detección y medida, que describimos sucintamente:

**a) El Electroscopio de Hojas de Oro.** Se trata de un recipiente cerrado al vacío en forma de campana de vidrio, que contiene dos tiras de lámina de oro conectadas a un conductor que se extiende hasta el exterior del recipiente. Tiene dentro dos electrodos, situados en lugares opuestos, conectados a tierra, que no tocan a las láminas de oro pero están próximos a ellas. Cuando se aproxima el primer conductor



*Sistema electrostático de aplicación de pintura.*

a un cuerpo cargado con electricidad estática, las dos láminas de oro se separan o se acercan dependiendo del tipo de carga (+ ó -). Este instrumento es sensible, pero, en comparación con otros, resulta delicado y proporciona una idea cuantitativa muy pequeña de la magnitud de la carga estática.

**b) Lámpara de Neón.** Este pequeño instrumento que también se emplea para probar bujías, está compuesto de un tubo lleno de gas neón, que al ponerse en contacto con un cuerpo que tiene una carga estática, producirá un brillo rojo en el tubo. Este dispositivo no es demasiado sensible e igualmente proporciona una indicación cuantitativa muy pequeña de la magnitud de la carga.

**c) El Voltímetro Electrostático.** Este instrumento es un delicado voltímetro especialmente preparado para medir varios miles de voltios. Detectará la presencia de la electricidad estática e indicará la magnitud de la tensión eléctrica generada cuando estén sus terminales en contacto con el cuerpo cargado y tierra. Este tipo de aparato que funciona por la atracción electrostática que se produce entre unas paletas metálicas y móviles, puede em-

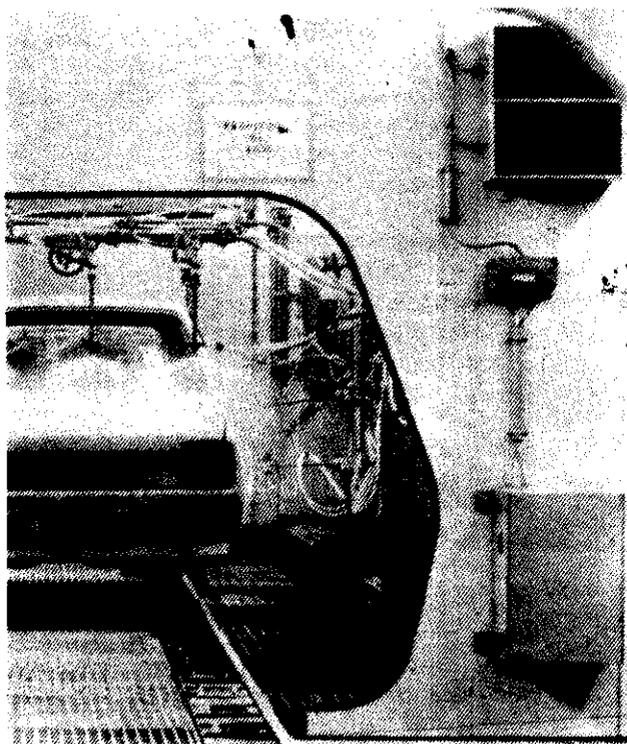
plearse para análisis electrostáticos cuantitativos de precisión.

**d) Detectores Electrónicos.** Existen detectores electrostáticos que mediante un circuito electrónico interno permiten observar, directamente, sobre un dial del que van dotados, la carga, normalmente en nano-culombios ( $10^{-9}$  Culombios). Existen de este aparato versiones de bolsillo fáciles de manejar y de muy poco peso. También existen medidores de campo eléctrico, a distancia, de cargas eléctricas (Desgraciadamente no dan medidas cuantitativas suficientemente precisas).

Tres investigadores españoles han inventado un aparato llamado DESTATOR que mide la carga de electricidad estática en los tanques de los petroleros. Es bien sabido el enorme peligro de estos barcos y los incendios que se han producido por esta causa.

Las chispas producidas por la electricidad estática pueden constituir un peligro en donde quiera que haya materiales combustibles, como los vapores o gases inflamables, polvos combustibles y otros divididos y sometidos a una rápida ignición. Estas chispas son, por lo general, de muy corta duración y no producen el calor suficiente para incendiar los materiales sólidos corrientes: **por consiguiente, es**

necesario tomar precauciones solamente en los lugares donde se encuentren presentes gases, vapores, polvos u otros materiales que sean altamente inflamables.



*Pulverización electrostática de pintura.*

## EJEMPLOS DONDE SE PRODUCE.

Las cargas estáticas se producen al fluir muchos líquidos inflamables, (particularmente los hidrocarburos que son malos conductores) hacia, o desde, los tanques u otros recipientes, a través de tuberías, mangueras o incluso a través del aire. También, al trasvasar de unos recipientes a otros, las cargas estáticas generadas de una determinada polaridad, tiende a acumularse dentro del líquido o en su superficie, mientras que la carga opuesta se acumula en las paredes del tanque, tubería o cualquier otra parte del recipiente. La diferencia de potencial entre las cargas de distinta polaridad depende de varios factores tales como las propiedades eléctricas del líquido y del recipiente, del caudal del líquido, así como de las distancias a que están separadas las cargas.

Vamos a relacionar algunas operaciones donde

se puede producir electricidad estática y que, por tanto, requieren protección.

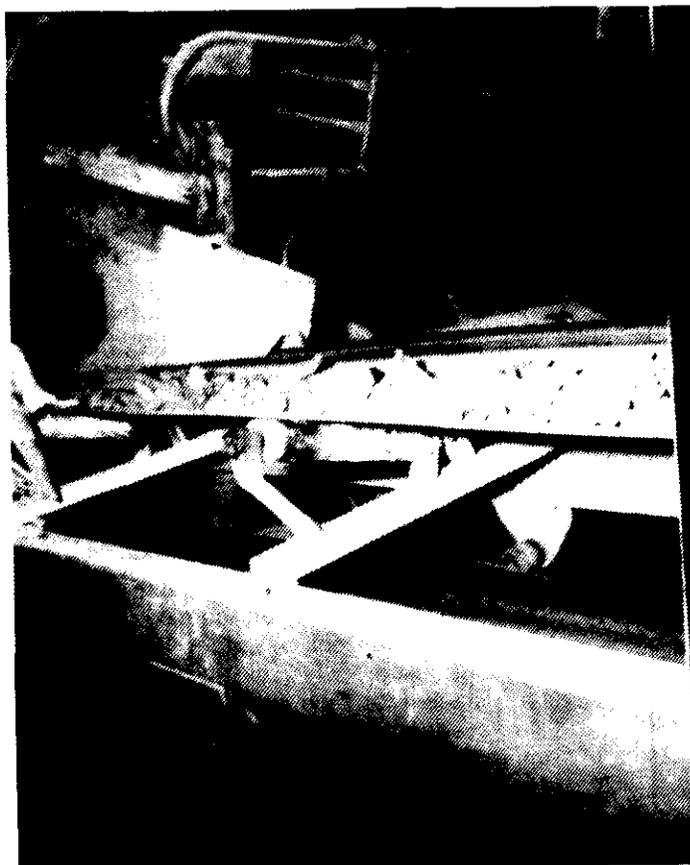
- Circulación de caudales de vapor, aire o gas combustible a través de cualquier orificio en una tubería, manguera o tanque. Por ejemplo en las pistolas de pintura o pulverización.
- El movimiento de cualquier vehículo equipado con neumáticos, no conductores, -que son los habituales- sobre una carretera, o suelo, no conductor.
- El movimiento de correas de potencia como las que accionan los compresores. También las correas transportadoras de materiales granulados, sobre todo si se mueven a elevada velocidad. Se han llegado a medir 29.500 V. (Información NFPA-77).
- En la fabricación de pasta de papel e impresión. Siempre que se someta al papel o tejido a una presión o fricción contra un material sólido, existe la posibilidad de que se originen cargas estáticas. Se han logrado medir potenciales de hasta 250.000 voltios. A veces dichas cargas originaron incendios siempre apartados por la capacidad combustible del papel.
- Procesos de trasiego, mezclado, molido y manipulación, de materiales pulverulentos o granulados combustibles. Las partículas se suelen cargar electrostáticamente por empujes y fricciones entre sí o con las paredes.

## CONDICIONES DE EXPLOSION O INCENDIO Y MEDIDAS DE SEGURIDAD CONTRA LOS PELIGROS DE IGNICION.

Podrán producirse explosiones o incendios, siempre que se cumplan, conjuntamente, las tres siguientes condiciones:

- La existencia de una mezcla combustible-comburente susceptible de explosión o incendio.
- La presencia de una carga electrostática lo suficientemente alta.
- La producción de la chispa electrostática iniciadora.

Las protección contra la explosión se alcanza cuando, por lo menos, una de estas tres condiciones haya quedado descartada con toda seguridad. Cuando no fuera posible eludir la formación de la mezcla susceptible de explosión ni alejarla del lugar



donde se acumula la carga electrostática, ni tampoco fuese posible hacerla incombustible mediante el cambio de aire por gas inerte, será preciso adoptar ciertas medidas especiales de protección a las que luego nos referiremos.

## FORMAS DE EVITAR LOS PELIGROS DE IGNICION.

### Anular la mezcla explosiva.

Al relacionar la producción de un fuego con su ignición, producida por una chispa, es preciso recordar que la mayoría de las veces el fuego supone la oxidación (combustión) de un vapor.

Considerando el "triángulo del fuego" con sus tres lados constituidos por "combustible", "oxígeno" y "calor", si el combustible no es todavía un vapor, el calor debe, primeramente, vaporizar al combustible y luego elevar al vapor a su temperatura de ignición.

Para que el fuego continúe, la relación combustible aire-calor debe ser tal que el calor de la combustión continúe vaporizando y encendiendo cantidades de combustible suficientes como para mantener y aumentar la temperatura de la reacción. Si el calor se disipa debido a una cantidad excesiva de combustible, a demasiado oxígeno o a un agente refrigerante extraño, no podrá mantenerse la combustión y el fuego se extinguirá rápidamente.

Los combustibles sólidos o líquidos habituales no pueden ser simultáneamente vaporizados y encendidos por la pequeña energía que normalmente produce una chispa electrostática, a menos que se encuentren finamente divididos en forma de nieblas o polvos. **Por consiguiente, si no hay vapores inflamables, existe poca o ninguna posibilidad de que se produzca un fuego por electricidad estática.**

Por lo tanto, el primer paso para prevenir la ignición debido a una chispa electrostática, debe consis-

tir en evitar la acumulación de vapores en concentración suficiente como para crear un peligro de incendio.

Para evitar que se acumulen vapores, nieblas o polvos dentro de sus límites de inflamabilidad, se puede emplear algún método de ventilación.

En algunos casos, aunque muy pocos, es posible eliminar el oxígeno del ambiente adyacente a un combustible. El purgar con una gas inerte, -principalmente nitrógeno puesto que el CO<sub>2</sub> no está aconsejado ya que, "per se", genera mucha electricidad estática cuando circula y, aunque es un buen neutralizador de la ignición, resulta malo por la propiedad de generar grandes cargas estáticas-, es un método muy conocido para esta clase de control. Para la mayoría de los combustibles no es necesario la eliminación total del oxígeno. **El bajar la proporción de oxígeno del aire a un 11% es generalmente suficiente para crear una atmósfera ininflamable.**

Cualquiera de las formas apuntadas anteriormente de evitar la formación de la mezcla explosiva, puede ser válida, a saber:

**No permitir que haya vapores del material combustible** (retirándolo); anular la incidencia de energía (calor, etc.) de tal manera que no sea suficiente como para vaporizar el líquido o dividir al sólido. También confinar el líquido para evitar su evaporización.

**Eliminar o reducir el oxígeno del ambiente**, puede ser suficiente para -al no permitir la formación de la mezcla explosiva: O<sub>2</sub> + combustible- evitar que se pueda generar el incendio o la explosión.

**Evitar o reducir la formación de cargas electrostáticas.**

Como ya se ha dicho en páginas anteriores, no se puede evitar totalmente la generación de la electricidad estática. Ahora bien, mediante una serie de técnicas sí que se puede reducir su formación y, mediante otras que luego indicaremos, también se pueden disipar las cargas antes de que se acumulen y alcancen un potencial lo suficientemente alto como para que descargue una chispa.

Durante mucho tiempo los investigadores han estado tratando de descubrir combinaciones de materiales que no generen cargas electrostáticas. Este camino, aunque algo se ha avanzado, ha sido casi abandonado por la dificultad de encontrarlas. Incluso casos tan aparentemente sencillos como

anular las cargas entre las dos capas de las bolsas de plástico, **no ya de materiales distintos sino cuando las dos capas físicas puestas en contacto tiene la misma composición química**, han fracasado ya que se han llegado a la conclusión de que las características de generación de cargas están influenciadas por los campos eléctricos actuantes en el lugar y, por supuesto, en todo lugar existen, como ya se ha dicho, campos eléctricos: como mínimo, el campo eléctrico creado por la tierra.

Vista la casi imposibilidad de **evitar** la generación, relacionaremos unas cuantas técnicas que reducen su formación:

1. Deberán evitarse las líneas de descarga, o llenado de líquidos (sobre todo si son inflamables), a tanques y recipientes, situados por encima del nivel del líquido, por el peligro que representa la tendencia a generar cargas estáticas por la turbulencia creada al caer el chorro sobre el líquido ya existente en el tanque. Será pues aconsejable que las tuberías de carga y descarga entren por las partes bajas del tanque o depósito.
2. La agitación de productos a base de insuflar aire o vapor así como las operaciones que impliquen añadir, a alta velocidad o presión, hidrocarburos, aceites, agua, etc., son potencialmente peligrosos y sería preciso reducir las al mínimo.
3. La reducción de la velocidad de los fluidos a través de tuberías o de una boquilla, disminuyen a su vez, el coeficiente de generación de electricidad estática. Distintas investigaciones han sugerido emplear una velocidad máxima de circulación de aproximadamente, 1 m/s. para reducir la generación estática hasta un punto en el que sea imposible que las cargas generadas en el líquido produzcan chispas que pudiesen ocasionar su ignición.

Esta norma de reducir la velocidad a 1 m/s. da buenos resultados -reduciendo la generación de electricidad estática- en aquellas líneas que entran por debajo del nivel del líquido, pero no se aplica a las líneas de llenado situadas por encima de dicho nivel. Según el trabajo de INRS referencia (4). Para los productos petrolíferos puede utilizarse aproximadamente la fórmula:

$$v^2d = 0,64 \frac{m^3}{s^2}$$

Donde  $v$  es la velocidad máxima, en metros por segundo, aconsejada para reducir la formación de las cargas estáticas y  $d$  el diámetro de tubería, en metros.

4. Resulta especialmente importante reducir la velocidad de llenado hasta el momento en el que hay unos 2 m. aproximadamente, de altura por encima del punto de entrada al tanque. Para los tanques de techo flotante se iniciará el proceso de llenado a baja velocidad hasta el momento en el que dicho techo empiece efectivamente a flotar sobre el líquido.

Con la fórmula dada en el punto 3 se obtienen las siguientes velocidades máximas permisibles:

$d$ en cm.	$v$ en m/s.
1	8
2,5	4,9
5	3,5
10	2,5
20	1,8
40	1,3
60	1,0

5. En los casos de materiales pulverulentos combustibles habrá también que tomar unas medidas de protección especiales por la facilidad con que estos materiales generan electricidad estática cuando son soplados, a presión, a través de boquillas difusoras o tuberías, o son transportados mediante transportadores neumáticos.

6. Debido a que más adelante describiremos los sistemas de "puesta a tierra" no los trataremos en este apartado a pesar de que es el método más común, sencillo y barato de los usuales para desviar hacia tierra las corrientes electrostáticas.

7. Del trabajo (3) de R. LAMOUCHE, citaremos algunas recomendaciones importantes a aplicar, sobre todo, en productos petrolíferos:

- Reducir, en lo posible, las largas conducciones.
- Evitar canalizaciones muy oxidadas.
- Utilizar tuberías con poca rugosidad (si es posible dar un recubrimiento interior en PVC, resinas, etc. de las tuberías aplicado en caliente).

- Utilizar dispositivos eliminadores de cargas estáticas (Interposición de "cámaras de tranquilización" antes de proceder a su almacenamiento). Son cámaras de gran sección que reducen la velocidad de paso, a través de ellas, con lo que las cargas estáticas tienen tiempo en la fase "de tranquilización" de descargarse a través de la línea de tierra a la que están conectadas dichas cámaras.

#### Impedir la formación de la chispa iniciadora de la combustión.

Como ya se ha dicho anteriormente, cuando no sea posible anular la mezcla explosiva ni evitar la presencia de las cargas electrostáticas habrá que tratar, como último recurso, de impedir que se produzca la chispa iniciadora de la ignición. Este es un camino que sí ha dado excelentes resultados y en los que se basan buena parte de los sistemas preventivos. En el capítulo siguiente se describen las medidas generales de Protección encaminadas a impedir la formación de las chispas electrostáticas.

#### CLASIFICACION Y PROTECCION ESPECIAL DE ZONAS CON PRODUCTOS

**COMBUSTIBLES** (Disolventes, gases combustibles, productos orgánicos, etc.).

De nuestro trabajo, con referencia (6) véase Bibliografía, entresacamos las, a nuestro juicio, más importantes ideas que hay que tener en cuenta para proteger las partes de las instalaciones industriales, donde se manipule este tipo de productos, de las posibles chispas que se pueden generar (tanto de la electricidad estática como de la electricidad industrial, chispas, fuegos abiertos, fuentes de calor importantes, etc.).

Como es sabido, la norma española UNE 009 "Clasificación de zonas en Plantas con Ambientes Inflamables y Explosivos", describe los principios de clasificación, por zonas de peligrosidad y su correspondiente tipo de protección, en las Industrias Químicas, Petroquímicas, Refinado de Petróleo y en todas aquellas otras que produzcan o manejen gases, vapores o líquidos inflamables (Clase I), polvos inflamables (Clase II), y fibras inflamables (Clase III).

Simplificando y ciñéndonos ahora en especial a los productos de la Clase I (gases, vapores y líquidos inflamables) aunque los criterios de clasificación se pueden extender a las otras dos Clases, diremos que

en las áreas de trabajo de la Clase I hay que distinguir los tres siguientes tipos de zonas o emplazamientos.

## DIVISION 1.

- 1) **Aquellos en los que existen concentraciones peligrosas de gases o vapores inflamable continuamente**, intermitente o periódicamente en condiciones normales de servicio.
- 2) Otros lugares en los que pueden existir **frecuentemente** concentraciones peligrosas de estos gases o vapores por causas de trabajos de reparación o mantenimiento, o de fugas, con el equipo eléctrico circundante en funcionamiento.
- 3) En los que la rotura o funcionamiento defectuoso del equipo que libere concentraciones peligrosas de gases o vapores inflamables, pueda causar, simultáneamente, fallos del equipo eléctrico.

El criterio a seguir para determinar si un emplazamiento es División 1, es averiguar si en él existe la posibilidad de encontrar gases o vapores inflamables en condiciones normales. Por ejemplo: la presencia de vapores inflamables en las cercanías de los cargaderos de camiones de cisterna es normal y requiere clasificación como División 1.

## DIVISION 2.

Se suelen clasificar en esta División los siguientes tipos de emplazamientos:

- 1) En los que se manipulen, almacenen o utilicen líquidos volátiles inflamables o gases inflamables, pero en los que estos líquidos, vapores o gases peligrosos, están contenidos en depósitos o sistemas cerrados de los que solamente se pueden escapar en el caso de rotura o avería accidental de estos recipientes o de funcionamiento anormal del equipo.
- 2) En los que se evitan normalmente las concentraciones peligrosas de gases o vapores por medio de ventilación forzada, pero que pueden convertirse en peligrosos, por fallo o funcionamiento anormal del equipo de ventilación.
- 3) Que son adyacentes a emplazamientos División 1, y a los que pueden desplazarse ocasionalmente concentraciones peligrosas de gases o vapores a menos que este desplazamiento se impida por medio de una ventilación por

presurización adecuada, procedente de una fuente de aire limpio y se prevean salvaguardas efectivas contra fallos en esta ventilación.

El criterio a seguir para determinar si un emplazamiento es División 2, es averiguar si existen vapores inflamables en condiciones anormales.

## ZONAS SIN CLASIFICAR.

Son aquellas que no pueden clasificarse ni como División 1 ni 2.

Analicemos ahora, desde el punto de vista de la protección contra los peligros derivados de las cargas estáticas, algunas normas preventivas específicas para ser tenidas en cuenta en las instalaciones donde existan dichos peligros.

- 1) En las zonas clasificadas como de División 1, es decir, donde puedan existir gases o vapores inflamables en **condiciones normales de servicio**, deberán evitarse, dentro de lo que sea posible, las cargas electrostáticas peligrosas usando la adecuada combinación de técnicas **específicas** anti electricidad estática de entre las que vamos a describir más adelante (Interconexión y Puesta a Tierra, Aumento de la humedad relativa, Ionización, Incremento de la conductividad eléctrica, Prendas de Protección personal, medios de protección colectiva antiestática, etc.)
- 2) A las zonas de la División 2 (donde se pueden producir atmósferas inflamables en **condiciones anormales de servicio**) se las deberá dotar de unas medidas de protección antiestática **generales**. No obstante, en caso de averías, paradas, reparaciones, etc., puede requerirse también el uso de técnicas específicas de protección antiestática.

Como una medida específica tomada de la referencia (12) hay que citar, por su peligrosidad y por la gran cantidad de accidentes que viene creando, que en las zonas de Divisiones 1 y 2 **NO DEBERAN UTILIZARSE MANGUERAS NI TUBERIAS FLEXIBLES DE MATERIALES SUSCEPTIBLES DE CARGARSE ELECTROSTATICAMENTE.**

En la mangueras flexibles y en sus uniones se empleará, en lo posible, goma conductora o goma con armadura de tejido de alambre. Se colocará una unión conductora de las armaduras de alambre con las piezas de acoplamiento. La resistencia entre las



*Tubería con malla metálica y un conductor anillado.*

dos piezas de acoplamiento en los extremos de la manguera no rebasará el valor de  $10^6 \Omega$ .

Cuando se empleen sobre mangueras no conductoras racores y bocas de descarga conductoras, éstas se unirán eléctricamente. Cuando se empleen mangueras de materiales no conductores y se rebase la resistencia de  $10^6 \Omega$  entre las dos piezas de acoplamiento en los extremos de la manguera, se deberán interconectar las piezas de unión, de acoplamiento y las bocas de carga/descarga. Además de la interconexión se conectarán a un toma de tierra.

