

## NTP 375: Electricidad estática: carga y descarga de camiones cisterna (II)



Électricité statique: Chargement et déchargement des véhicules-citernes routiers (I)  
Static electricity: Loading and unloading of road tankers (I)

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

### Redactor:

Bernardo Méndez Bernal  
Ingeniero de Minas

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

*Dada la extensión necesaria para tratar este tema, se ha dividido su contenido entre la presente nota técnica, de significado eminentemente funcional y operativo, y la anterior de carácter conceptual.*

## Prevención contra ignición por electricidad estática

### Control de la velocidad de flujo y del sistema de llenado

Hasta fecha reciente era criterio generalizado que una velocidad de 4 a 7 m/s era la adecuada para impedir la acumulación de cargas dentro de unos límites aceptables. Sin embargo, el empleo de diámetros mayores de tubería, tendente a reducir tiempos con el empleo de tubería cada vez de mayor diámetro, ha permitido limitar la generación de cargas, siempre que:

$$v \cdot d < 0.5$$

siendo "v" la velocidad lineal de flujo en m/s y "d" el diámetro del brazo de carga en m. La tabla 1 relaciona los valores de "v" y "vd" para distintos diámetros de tubería.

**Tabla 1: Velocidades y valores de "vd" en tuberías**

DIÁMETRO NOMINAL (pulgadas)	DIÁMETRO INTERIOR (mm)	VELOCIDAD (m/s)	v.d (m <sup>2</sup> /s)
1 1/2	40.9	1.00	0.041
		7.00	0.286
2	52.5	1.00	0.053
		7.00	0.368
3	77.9	1.00	0.078
		6.41	0.500
4	102.3	1.00	0.102
		4.89	0.500
5	128.2	1.00	0.128
		3.90	0.500
6	154.1	1.00	0.154
		3.24	0.500
8	202.7	1.00	0.203
		2.47	0.500
10	254.5	1.00	0.255
		1.96	0.500
12	303.2	1.00	0.303
		1.65	0.500

No obstante esta limitación, la velocidad del flujo no debería exceder de 7 m/s. El límite de 0.5 no garantiza que no pueda desarrollarse una ignición estática, si bien reduce su probabilidad.

Puede impedirse la existencia de un campo electrostático alto, aún cuando el mecanismo potencial de carga pueda ser grande, si la conductividad del producto es lo suficientemente alta como para limitar la retención de cargas.

### Incremento de la conductividad del producto manipulado

Dado que las cargas e.e. pueden acumularse sobre la superficie de los materiales de baja conductividad, resulta posible controlar la acumulación de aquéllas, antes de que lleguen a alcanzar niveles peligrosos, mediante aditivos que incrementen la conductividad (disminución de la resistividad). Son productos polares que se mezclan a concentraciones bajas y en muy pequeñas cantidades (del orden de 1-2 g/m<sup>3</sup>), hasta conseguir resistividades inferiores a 10<sup>8</sup> Ω.m. Niveles de conductividad mayores de 50 pS/m, a temperaturas normales, se consideran como no peligrosos. La resistividad de la gasolina. auto (del orden de 10<sup>13</sup>Ω.m), puede ser reducida a 108 W. m añadiendo 1-2 g. por m<sup>3</sup> de aditivo antiestático (Teepol 530, Aerosol TT, ASA-3).

El efecto de estos aditivos decrece con la disminución de la temperatura. De ahí, que la proporción de mezcla debe ser suficiente como para asegurar una conductividad satisfactoria a los niveles de temperatura más bajos. Debe precisarse que estos aditivos no impiden la generación de e.e. Su influjo consiste en atenuar las cargas como si se combinaran con sustancias de polaridad opuesta. Consecuentemente, su uso debe complementarse con la conexión y puesta a tierra, a fin de que se establezca un drenaje y disipación de cargas. Esta aditivación requiere que el producto sea soluble en el líquido, dado que, en su defecto, la formación de gotas (por ejemplo el agua como aditivo) podría originar el efecto contrario. Conviene también tener presente que el paso del producto por filtros puede conllevar la retención de aditivo o, tratándose de suspensiones, el material sólido puede absorberlo, con independencia de que, por simple envejecimiento, puede disminuir o desaparecer el efecto antiestático del mismo.

### Conexiones equipotenciales y puestas a tierra

Una vez conseguido el control apropiado sobre la generación y acumulación de cargas electrostáticas, se hace necesario crear las condiciones precisas para que las cargas que se puedan formar sean fácilmente eliminadas. Ello se consigue mediante la interconexión de todas las superficies conductoras sobre las que se puede formar e.e, estando a su vez el conjunto conectado a tierra. La conexión englobaría a los compartimentos objeto de trasvase y al equipo de bombeo y sus conducciones. A tal efecto, pueden considerarse aceptables resistencias de puesta a tierra inferiores a 1 megohm (10<sup>6</sup> Ω).

Desde una perspectiva operativa, en la modalidad de carga de cisternas por arriba, donde normalmente los vapores inflamables están presentes al abrirlas bocas de carga, debe conseguirse, tal y como ha quedado referenciado, que los compartimentos estén eléctricamente conexiónados al brazo de carga, tuberías de llenado o a la estructura del cargadero. Si la unión se hace a esta última, es preciso que la tubería y la estructura estén interconexionadas. En tal supuesto, la puesta a tierra de la estructura no reporta ninguna protección adicional contra la posible ignición por electricidad estática.

La conexión debe hacerse antes de proceder a la apertura de la boca de carga, debiendo mantenerse hasta en tanto no se haya cerrado aquélla, una vez completada la carga.

De esta forma, la unión equipotencial impedirá cualquier crecimiento de los potenciales electrostáticos entre brazo de carga y

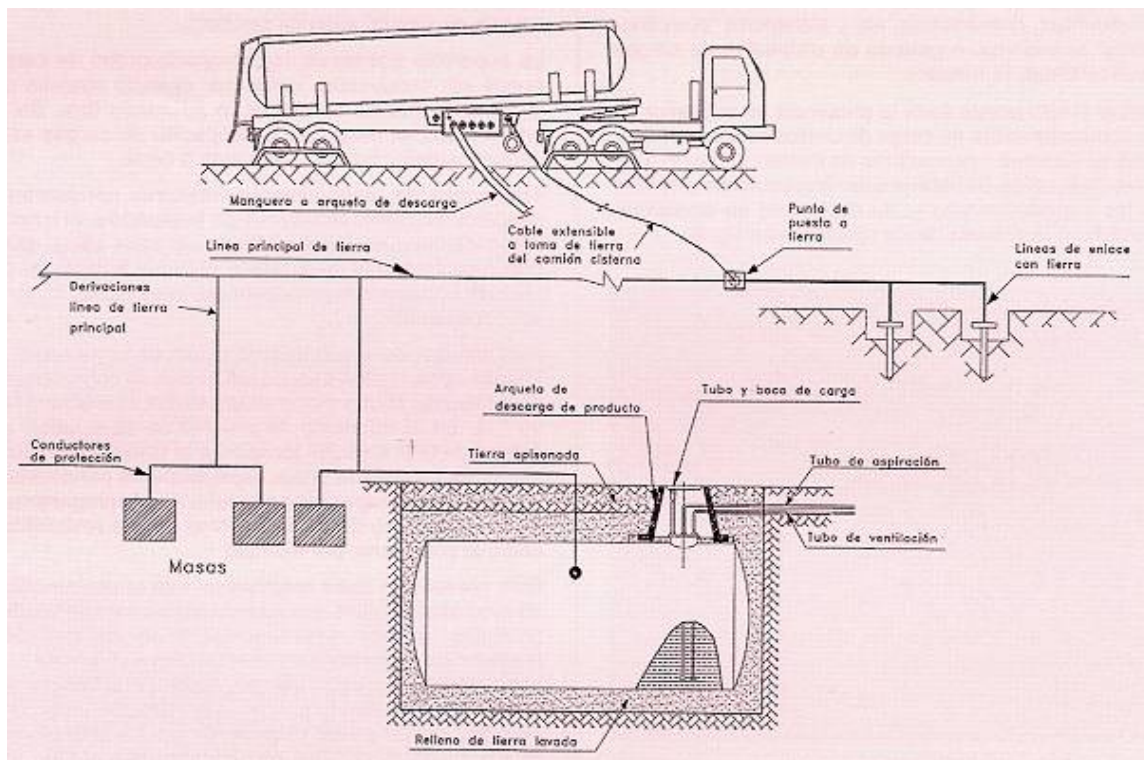
compartimento, eliminándose la posibilidad de destello en las proximidades de la abertura de la boca de carga. La importancia de una buena conexión no sólo debe procurarse con productos cuya presión de vapor sea alta o media, sino que debe hacerse extensible asimismo a los de baja, por cuanto no puede descartarse contaminaciones ocasionales con productos de alta-media presión procedentes, por ejemplo, del cargamento anterior o, sin que se incurra en estos supuestos, tratándose de productos con baja presión de vapor, por casual elevación de la temperatura y superación de la correspondiente a la de "flash point" (punto de destello), si se trata de productos con baja presión de vapor.

Los cables de conexión pueden ser aislados o no. El uso de estos últimos permite visualizar la continuidad eléctrica. En el caso de utilizar los aislados se precisa de una comprobación que constate su continuidad. Estos registros, en modalidad de continuo, operan en conjunción con señales luminosas o de parpadeo, impidiendo la selección y puesta en marcha de los grupos de bombeo ante deficiencias de un contacto idóneo.

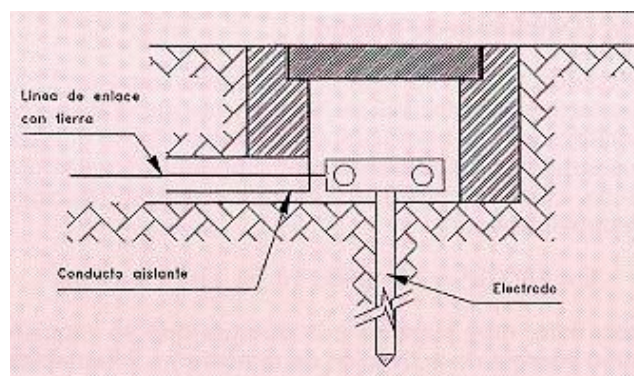
La conexión equipotencial para el control de electricidad estática no resulta procedente en los casos siguientes:

- En cargas de producto carentes de capacidad para acumular e.e. (asfaltos y la mayoría de aceites de petróleo crudo).
- Con productos en los que, en su transporte, no se alcanza el punto de destello, así como en aquellos terminales de carga en los que sólo se manipulan líquidos con "flash point" igual o superior a 38°C (combustibles líquidos).
- Operaciones en las que el acoplamiento del dispositivo de carga se hace antes de que el caudal de flujo se inicie y la desconexión se efectúe después de que el flujo se haya extinguido.

La figura 1 y la figura 1.1 resultan ilustrativas en cuanto a esquema de instalación de puesta a tierra.



**Fig. 1: Esquema instalación de puesta a tierra**



**Fig. 1.1: Detalle arqueta puesta a tierra**

A tal efecto son de interés las definiciones siguientes:

- Línea principal de tierra: es el conductor que, partiendo del punto de puesta a tierra, conecta con las derivaciones necesarias para la puesta a tierra de las masas.
- Punto de puesta a tierra: punto que sirve de unión entre la línea de enlace con tierra y la línea principal de tierra. Está

constituido por un dispositivo de conexión (regleta, placa, borne, etc.) que permita la separación entre los conductores de las líneas de enlace y la línea principal de tierra y haga posible la medida de las resistencias de tierra.

- Líneas de enlace con tierra: conductor de unión del electrodo, placa o pica con el punto de puesta a tierra.
- Conductores de protección: conductor que une eléctricamente las masas de una instalación con ciertos elementos, con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos. En condiciones normales, no se produce por él circulación de corriente alguna, circunstancia que lo diferencia del neutro y cualquier otro conductor de fase.

Las secciones de los diferentes conductores deben ajustarse al REBT. MIBT.039.

El Proyecto de Norma Española PNE 109.108, que regula la pinza de puesta a tierra, establece en cuanto a especificación de dimensiones y materiales, lo siguiente:

- Fuerza del muelle: un peso de 4 Kg suspendido de una de las partes de la mordaza, no deberá abrir más de 3 mm el extremo de la pinza.
- Pinza: dentada, para así mejorar el agarre sobre la superficie de la borna.
- Conductor: flexible, con protección aislante y resistente a los requerimientos mecánicos por roces y cortaduras. La sección mínima del conductor será de 6 mm<sup>2</sup>.

Los materiales serán inoxidable, como por ejemplo el latón UZ33 y el conjunto pinza-conductor flexible deberá ser revisado periódicamente para comprobar su continuidad eléctrica (incluida la posible discontinuidad debida a suciedad, pintura, corrosión, etc.) y el buen estado del revestimiento aislante del cable.

## Continuidad eléctrica de la línea de llenado

Cuando la carga de cisternas se efectúa por arriba, todas las partes metálicas de la tubería de alimentación y brazo de carga deben tener continuidad eléctrica a partir del punto de conexión. En tal sentido, las mangueras, en general, dispondrán de alma metálica continua, debiendo evitarse situaciones tales como la intercalación de una manguera no conductora equipada con acoplamientos metálicos, si éstos no están conexiados a la tubería de alimentación y tanque receptor. Las uniones de tubería del tipo reducciones, manguitos, etc.) forman un todo, eléctricamente hablando, por lo que no es necesario imprimirle continuidad eléctrica, ya que su resistencia es tan baja que no existe posibilidad de acumulación de electricidad estática. Tratamiento diferente presentan accesorios tales como embridados, válvulas, etc., en las que el puenteado eléctrico es imprescindible.

En cualquier caso, es conveniente controlar las especificaciones de tales uniones, dado que algunas son fabricadas con superficies aislantes.

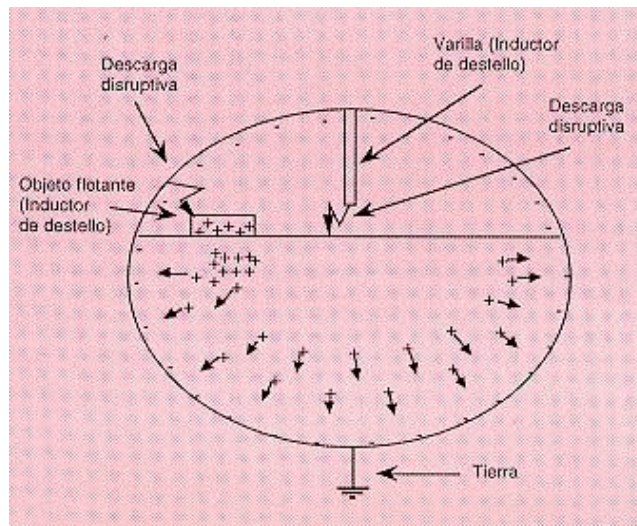
## Brazos de carga

La turbulencia de flujo que originan los brazos de carga en el llenado de cisternas por arriba, puede contribuir asimismo a la generación de cargas. A tal efecto, el brazo de carga debe alcanzar el fondo del compartimento, entrando en contacto físico con él, a cuyo fin, debe dotarse a su extremo de material blando antichispa, al tiempo que se evitan las turbulencias y remolinos con la presencia de deflectores o biseles. El brazo de carga a potencial de tierra hace partícipe al líquido de este potencial. Consecuentemente, en el momento de la medición e introducción de la varilla de sonda, se minimiza cualquier posibilidad de descarga estática en la aproximación de aquélla a la superficie del líquido, al haberse reducido el gradiente de tensión sobre esta superficie y por ende la del líquido inmediato a la varilla, merced al influjo del brazo. De no mantenerse el brazo en contacto con el fondo, necesariamente se tiene que limitar la velocidad de flujo del producto a 1 m/s, hasta en tanto no quede el extremo de aquél sumergido en el producto objeto de la carga, pudiéndose entonces elevar el caudal dentro de los límites que se indicaban en la tabla 1.

Las velocidades de carga pueden controlarse haciendo uso de dos regímenes de velocidades, uno de los cuales limita las velocidades inicial y final al valor anteriormente referenciado de 1 m/s.

La carga por el fondo viene a reducir los riesgos de electricidad estática que pueden darse por un inapropiado posicionamiento del brazo de llenado. Sin embargo, en su fase inicial, la proyección ascendente del producto puede incrementar la generación de electricidad estática, efecto que puede impedirse reduciendo la velocidad de llenado o usando deflectores u otros dispositivos contra esta proyección, la cual, tratándose de productos con baja presión de vapor, origina o puede originar una niebla o atmósfera susceptible de ignición. Asimismo, en esta modalidad de carga, al introducirse la varilla de medición en el espacio libre puede originarse un destello de electricidad estática, al no poderse contar con el influjo del brazo de carga. Para evitar esta posibilidad, la varilla debería hacerse solidaria o conectarse con la cisterna por medio de cadena o cable conductor, asegurándose así la equipotencialidad. Complementariamente, se hace preciso que con carácter previo a la introducción de cualquier objeto metálico conductor (varillas metálicas de medición, sacamuestras, termómetros, densímetros, etc.), transcurra "cumplidamente" el intervalo o periodo de disipación de cargas electrostáticas (1 minuto).

Similar efecto puede surtir la presencia en el interior de los compartimentos de carga de ciertos objetos conductores (inductores o promotores de destellos), por lo que, antes de la carga, se hace preciso inspeccionar el interior de los compartimentos y, de detectarse su presencia, proceder a la retirada de los mismos (ver fig. 2).



**Fig. 2: Ejemplos de inductores de destellos en la carga de camiones cisterna**

Con independencia de que las mangueras de suministro (de descarga) sean o no conductoras, no se precisa la conexión equipotencial, en los suministros a vehículos en las Estaciones de Servicio, siendo igualmente innecesaria en las descargas a los tanques de aquéllas, en cuanto a riesgo de ignición se refiere, siempre que esté asegurado un contacto continuo entre los dispositivos metálicos de acoplamiento de la manguera con el tanque receptor y éste disponga de toma de tierra idónea.

De ahí, la importancia que merece la disponibilidad y uso de los referidos dispositivos de acoplamiento y la problemática inherente a su ausencia o falta de utilización o idoneidad.

### **Compartimentos no conductores. Revestimientos y recubrimientos internos en cisternas**

El amplio abanico de posibilidades que en su funcionalidad ofrecen los materiales sintéticos derivados del petróleo, así como la diversificación en sus prestaciones y reducción de costes adicional, ha consagrado la incorporación de estos materiales en la fabricación de cisternas para el transporte de mercancías peligrosas en general, no constituyendo una excepción los productos inflamables.

El comportamiento de estos materiales en cuanto a los riesgos inherentes a la electricidad estática, no los hacen especialmente recomendables, a menos que desde criterios de diseño y procedimientos operacionales pueda constatar su inocuidad.

Este comportamiento cobra especial interés, si cabe, en la manipulación de líquidos inflamables con baja conductividad.

Desde una perspectiva de diseño, debe lograrse la consecución de una puesta a tierra eficiente de todos los componentes conductores, incluido el brazo de llenado y tubería de alimentación de producto.

La superficie interior de los compartimentos de carga puede ser conductora, como por ejemplo láminas de aluminio o plástico conductor, o no conductora. En el primer caso, el riesgo en la disipación de cargas está intrínsecamente ligado a la puesta a tierra.

Tratándose de recubrimientos interiores parcialmente conductores, debe estudiarse en la elección, el amplio rango de conductividad existente en cada caso, dado que la acumulación de cargas que puede tener lugar en relación con recubrimientos conductores puede llegar a ser considerable.

Si el espesor del recubrimiento es pequeño y a base de resinas epoxi o fenólicas, su influjo puede considerarse despreciable, siempre que su resistividad no supere los  $10^{11}\Omega$ . En el supuesto de alcanzarse este valor, se deberá prestar especial atención a la utilización de brazos de carga o tubos buzos especialmente conductores y a su correcta disposición con relación al compartimento. Tal es el caso de revestimientos de alta resistividad como el polietileno, por ejemplo.

Esta prevención debe enfatizarse ante la concurrencia de efectos sinérgicos que incrementan las posibilidades de riesgo. Ejemplo: revestimientos de alta resistividad y la existencia de microfiltros intercalados en flujos de baja conductividad. En estos casos, constituye un imperativo, desde una operativa funcional, la inertización en circuito cerrado, de no poder disponerse de los tiempos de disipación de cargas que se generen entre el filtro y el compartimento a cargar.

### **Riesgos de electricidad estática en relación con el vestuario de trabajo**

El cuerpo humano puede considerarse como un buen conductor de la electricidad, llegando en atmósfera seca a acumular un potencial del orden de los 10.000 V. Dado que su capacidad actuando como condensador eléctrico es de, aproximadamente 200 pF, la energía de carga electrostática es:

$$E = 1/2 CU^2 = 1/2 (200 \cdot 10^{-12}) \cdot (10^4)^2 = 10 \text{ mJ}$$

Este valor es muy superior a la energía que se requiere como energía de activación de atmósferas inflamables, si bien la intensidad de corriente que se genera es, no obstante, muy pequeña e imperceptible.

Aunque no existen evidencias concluyentes sobre el riesgo que pueda constituir las prendas interiores a base de seda, fibras artificiales y otro material sintético, sí puede entrañar riesgo las prendas externas a base de este material, en el momento en que el personal manipulador se desprenda de ellas. Esta circunstancia conduce a la adopción de las medidas preventivas siguientes:

- Evitar el uso de prendas a base de fibras, botas de goma, zapatos con suela de goma o material sintético similar no conductor.
- Propiciar el uso de calzado conductor y suelos del mismo carácter.

## Resumen de precauciones en el trasvase de cisternas

Las principales precauciones a adoptar para impedir la acumulación de cargas en función de las características del líquido a trasvasar se resumen en la tabla 2.

**Tabla 2**

PRESIÓN DE VAPOR DEL PRODUCTO TRANSPORTADO EN CARGA ANTERIOR	PRESIÓN DE VAPOR DEL PRODUCTO A CARGAR					
	BAJA <sup>a</sup>		INTERMEDIA <sup>b</sup>		ALTA <sup>c</sup> (ver nota 3)	
	C.S.	C.I.	C.S.	C.I.	C.S.	C.I.
BAJA	nota 2	nota 2	A,B,C,E,F,G	B,D,E,F,G	A,F	D,F
INTERMEDIA	A,B,C,E,F,G	B,D,E,F,G	A,B,C,E,F,G	B,D,E,F,G	A,F	D,F
ALTA	A,B,C,E,F,G	B,D,E,F,G	A,B,C,E,F,G	B,D,E,F,G	A,F	D,F

C.S.: carga superior; C. I.: carga inferior;

a : flash-point > / = 38 °C (fuelóleo ligero, keroxeno, diesel, fuel, jet - A)

b: flash-point < 38 °C . P.V.Reid < 31KPa (jet - B, jp - 4, benceno, tolueno)

c: flash-point < 38 °C . P.V.Reid > 31KPa (gasolina 100 LL, gna. auto, nafta)

A. Establecer conexión equipotencial entre brazo de llenado y compartimento antes de abrir tapas bocas de carga. Cerrar tapas antes de retirar conexión equipotencial (ver nota 1).

B. Inspeccionar el interior del compartimento ante posible existencia de objetos inductores de destello, procediendo, en su caso, a la retirada de los mismos.

C. Cargar a través de brazo de llenado, estando éste en conexión con el fondo del compartimento. En su defecto, limitar la velocidad de llenado a 1 m/s hasta que el extremo del brazo quede sumergido en el líquido objeto de carga, evitando turbulencias.

D. En la modalidad de carga por el fondo, limitar la velocidad de llenado o utilizar deflectores que impidan la formación de nieblas, minimizando la turbulencia superficial en el producto.

E. Limitar la velocidad de carga del brazo de llenado por debajo de 7 m/s ó  $V = 0,5 / d$ , siendo -V-, la velocidad máxima en m/s y -d- el diámetro interior del brazo de llenado en m.

F. Como medida preventiva, esperar al menos 1 minuto antes de efectuar mediciones con varilla metálica o tomar muestras en cúpula, una vez cargado el compartimento, asegurándose previamente de la existencia de equipotencialidad entre varilla y cisterna.

G. Establecer tiempos de relajación superiores a 30 segundos antes de trasvasar el producto inmediatamente después de haber sido filtrado o que éste haya circulado a través de filtros de malla con tamaño de poro inferior a 150 micras.

NOTAS:

1. Todas las partes metálicas del entramado de alimentación deben tener continuidad eléctrica desde el punto de conexión equipotencial.

2. Los productos de baja presión de vapor manipulados a temperaturas por encima de sus puntos de inflamación o contaminados con productos de presión de vapor intermedia o alta deben tratarse como productos con presión de vapor intermedia, evitándose, además, velocidades de flujo que puedan generar turbulencia o nieblas inflamables.

3. Los productos con alta presión de vapor manipulados a temperaturas suficientemente bajas, pueden acumular en el espacio vacío vapores dentro incluso del rango de inflamabilidad. En estas condiciones, deben cargarse como si fueran productos de presión de vapor intermedia.

4. Esta sistemática de actuación no resulta de aplicación tratándose de crudos, asfaltos, aceites residuales, productos solubles en agua, como alcoholes, o productos que contengan aditivos antiestáticos. (Estos materiales no acumulan cargas estáticas peligrosas).

## Especificaciones para conexiones fijas de tomas de tierra. Reglas y datos prácticos

A fin de evitar posibles tomas a tierra defectuosas o no efectivas, pueden resultar de utilidad los criterios siguientes:

- Los conductores deberán tener una sección transversal adecuada. Tratándose de cobre desnudo su sección mínima será de 35 mm<sup>2</sup>.
- El alambre deberá ser fijo o soportado de forma segura. Si es de acero, tendrá como mínimo 20 mm<sup>2</sup> de sección, cubiertos con una capa de cobre de 6 mm<sup>2</sup>.
- Los conductores puente entre bridas deberán ser de cobre plano de 35 mm<sup>2</sup> y 2 mm de espesor. Si son de acero dulce galvanizado de 10 x 3 mm y atornillados firmemente a una brida.
- Los terminales para toma a tierra en las bridas, válvulas etc., deberán estar en contacto perfecto con el objeto metálico que

deba tener toma a tierra.

- La resistencia de toma a tierra de las partes conductoras individuales deberá ser inferior a  $10^6 \Omega$  (partes más pequeñas hasta  $10^9 > \text{SYMBOL} = W <$ ). La resistencia superficial de materias aislantes deberá ser inferior a  $10^{11} \Omega$ .
- Las válvulas y las bridas completamente esmaltadas (pintadas) deben ser puenteadas conductivamente y conectadas a tierra.
- La conductividad del aire crece muy poco con el incremento de la humedad atmosférica, por lo que al no poder disiparse las cargas estáticas con el aire húmedo, el incremento de la humedad de éste no es una medida efectiva reconocida como tal.

Deben considerarse como puestas a tierra:

- Los zunchos de acero y tubos metálicos de las estructuras de los cargaderos.
- Los tanques de almacenamiento metálicos con tubos metálicos fijos.

Como colofón a lo anterior, quizás resulte oportuno convenir, teniendo en cuenta las diferentes modalidades de carga, la diversidad de productos objeto de manipulación, cada uno con sus propiedades y parámetros específicos y las distintas variables que, en definitiva ha sido preciso contemplar, la necesidad de disponer de un procedimiento o sistemática de actuación escrita que englobe los distintos conceptos vertidos, al tiempo que se arbitran las limitaciones y prescripciones que, en cada caso, las condiciones de seguridad aconsejen. En la tabla 3 se da un conjunto de datos prácticos de interés en relación con el problema de la electricidad estática.

**Tabla 3**

DATOS PRÁCTICOS			
<b>POTENCIALES</b>		<b>KV</b>	
Persona que camina sobre suela de goma .....	hasta	1-10	
Persona que camina con suelas de goma sobre una alfombra .....	hasta	20	
Superficie de un fuel ligero en un contenedor grande que haya sido llenado rápidamente .....	hasta	100	
Brida en un eyector de vapor .....	hasta	15	
<hr/>			
<b>CAPACITANCIA (respecto a tierra)</b>		<b>pF</b>	
Tornillos solos (pernos) .....	aprox.	1	
Brida, anchura 100 mm. nominal .....	aprox.	12	
persona .....		200	
Camión Cisterna .....	aprox.	1000	
			<b>RESISTENCIA DE FUGA (Resistencia de descarga)</b>
			<b><math>\Omega</math></b>
			Zapatos Conductores .....
			$10^4 - 10^8$
			Zapatos aislantes .....
			$10^8 - 10^{15}$
			Piel humana: seca .....
			$10^4$
			Piel humana: húmeda .....
			por debajo de $10^2$
			Suelo de hormigón, seco .....
			$10^6$
			Suelo de madera, no tratado, seco .....
			$10^7$
			<hr/>
			<b>INTENSIDAD DE CAMPO</b>
			<b>kV. m<sup>-1</sup></b>
			Intensidad del campo de ruptura del aire .....
			aprox. 3000
			Intensidad del campo de ruptura del aceite .....
			aprox. 10.000

## Bibliografía

(1) NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION  
NFPA 77  
**Static Electricity, 1988 Edition.**

(2) AENOR-ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN  
Proyecto de Norma Española, PNE-109.100.90  
**Control de la electricidad estática en atmósferas inflamables. Procedimientos prácticos de operación. Carga y descarga de líquidos en vehículos cisterna, contenedores-cisterna y vagones cisterna**  
Abril 1990

(3) API PUBLICATION 1003. THIRD EDITION. MARCH 1986.  
**Precautions Against Electrostatic Ignition During Loading of Tank Motor Vehicles. Safety and Fire Protection**

(4) **Seguridad. Serie de la comisión de expertos de seguridad en la industria química suiza. Nº 2 de la serie Electricidad Estática. Reglas para la Seguridad en Planta.**  
Volumen 7, Nº 1, Enero 1988