

NTP 356: Condiciones de seguridad en la carga y descarga de camiones cisterna: líquidos inflamables (I)



Conditions de sécurité dans le chargement et déchargement des véhicules-citernes routiers. Liquides inflammables
Safety conditions in loading and unloading of road tankers. Flammable liquids

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 en dos Notas Técnicas. En la primera se recogen los elementos de seguridad de los camiones cisterna, reservándose la siguiente a las condiciones operativas del trasvase.

Introducción. El procedimiento operacional

El análisis de causas de los accidentes de trabajo y el conocimiento adquirido ante comportamientos y situaciones peligrosas en la actividad de carga y descarga de camiones cisterna, pone de manifiesto la necesidad de establecer un esquema sistemático de actuación que, de forma secuencial, aborde las distintas fases de que consta una tarea, al tiempo que permita introducir acciones concretas tendientes a crear unas condiciones de trabajo seguras en todas ellas. Este proceder exige un análisis minucioso previo de todas y cada una de las operaciones de que se compone una actividad.

El establecimiento de dicha sistemática de actuación en las distintas fases operativas de una tarea en su conjunto, condicionada, en forma escrita y refrendada por la Dirección, constituye el Manual o Procedimiento Operacional.

Con la implantación de programas automatizados de carga, en los que la sistemática secuencial se traduce en unos esquemas operativos de puertas lógicas, de forma que cada estadio resulta inaccesible de no haberse consumado íntegramente los sucesos del estadio precedente, se han mejorado sustancialmente las condiciones de seguridad en este tipo de operaciones.

La experiencia, sin embargo, viene a poner de manifiesto que ello no es suficiente. Así, por ejemplo, la simultaneidad de un error en una programación o el mal estado de un caudalímetro, con unos sensores de nivel contra rebosamiento deficientemente limpios o defectuosos, puede conllevar derrames y vertidos. Una señalización deficiente en los dispositivos de carga o la selección errónea de un compartimento, puede posibilitar situaciones peligrosas.

Todo ello viene a poner de manifiesto, que no obstante la avanzada tecnología incorporada a esta actividad, la fragilidad de sus esquemas la hace vulnerable, siendo preciso, pues, la adopción y el concurso de determinados criterios preventivos que la presente NTP pretende de forma sintetizada aportar.

En la confección de la presente Nota Técnica se han caracterizado con letra normal los conceptos preventivos reglamentarios, así como sus aclaraciones, a diferencia de aquellos otros criterios extraídos de la buena práctica y para los que se ha reservado la letra cursiva.

Objetivo

El establecimiento de criterios preventivos complementarios sobre las bases legales que preceptúa la normativa específica vigente en la carga-descarga de camiones cisterna destinados al transporte de productos líquidos inflamables y combustibles, en orden a la consecución de unas condiciones de seguridad operativa idóneas.

Definiciones

Se consideran materias líquidas inflamables, a los efectos del TPC (RD 74/1992 "Reglamento Nacional del Transporte de Mercancías

Peligrosas por Carretera", aquellos productos que a 50 °C tengan una tensión de vapor máxima de 300 KPa (3 bar) y un punto de inflamación máximo de 100 °C (clase 3 Líquidos Inflamables). Quedan excluidos aquellos líquidos inflamables que, a causa de otras propiedades peligrosas suplementarias, están enumerados o asimilados a otras Clases del TPC.

El punto de inflamación, que se define como la temperatura mínima a partir de la cual el producto desprende vapor en cantidad suficiente como para formar una mezcla que puede arder en el aire, se determinará según prescribe el apéndice A-3 marginales del TPC 3300 a 3302.

La presión de vapor o la volatilidad de un producto es factor determinante en la cantidad de vapor que se desprende a una determinada temperatura. Los líquidos inflamables tales como la gasolina, tienen altas presiones de vapor y un punto de inflamabilidad muy bajo (por debajo de 0 °C); sus vapores, tres veces más pesados que el aire, tienden a depositarse en los emplazamientos bajos, formando mezclas explosivas en concentraciones entre el uno y el siete por ciento de vapor en aire. Esta circunstancia, no concurre en otros líquidos combustibles como el gasóleo, fuelóleo etc..cuyas presiones de vapor son bajas y sus puntos de inflamabilidad altos (superiores a 55 °C). Estas precisiones permitirán abordar un aspecto de gran trascendencia en el almacenamiento y expedición de cierta clase de productos, como es la inertización, cuya concreción, en cuanto a inflamables se refiere, se tratará más adelante.

Cuanto antecede, viene a poner de manifiesto la importancia que tiene el conocimiento de las características de esta clase de productos (peligrosidad intrínseca) no solo para las personas que lo manipulan, sino también para el público en general, dado su consumo generalizado.

Clasificación de las cisternas

El TPC describe una cisterna como un depósito especial dedicado al transporte, normalmente de sección cilíndrica o más o menos elipsoidal, de eje horizontal, con casquetes o fondos abombados en sus extremos y provisto de valvuería, conducciones y dispositivos de carga y descarga. Estas cisternas, como elemento portante, situada en la zona posterior de una cabeza tractora, unidas de forma fija (rígida), constituye un camión cisterna (C/C).

A efectos de clasificación, las cisternas pueden constituirse en remolques y semirremolques.

Remolques

Son elementos de transporte integrados por una cisterna sobre un bastidor soportado por ejes de ruedas delanteros y traseros, unidos a una parte tractora o camión cisterna por un enganche reglamentario, pudiendo ambas partes quedar separadas.

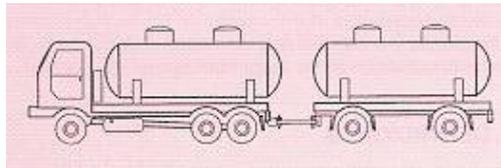


Fig. 1: Camión cisterna con remolque

Semirremolques

Al igual que los remolques, no pueden moverse por sí mismos, precisando de un elemento motriz. Carecen de ejes de rueda delanteros, materializándose la unión a la parte tractora a través de una articulación especial donde queda fijado el pivote de sujeción (pivote real) de 2 pulgadas de diámetro del que va provisto todo semirremolque. A la parte de esta unión que va fija al tractor se le denomina la quinta rueda y se localiza a unos 300 mm por delante del último eje del tractor.

Tienen un número par de ejes de ruedas (2 - 4 ejes) pudiendo sostenerse apoyados por sí mismos, aunque estén desenganchados de la cabeza motriz que los remolca.

Con independencia del sistema de tracción, los semirremolques pueden ser: con chasis (ver fig. 2), en los que la cisterna va apoyada en toda su longitud sobre un bastidor y autoportantes (ver fig. 3), sin bastidor, estando la propia cisterna calculada para resistir mecánicamente apoyada, por un lado en una placa giratoria y por otro, en los ejes traseros por medio del carretón trasero, falso bastidor auxiliar en la zona trasera. Tiene la gran ventaja de su reducido peso muerto y la de permitir la libre dilatación con productos a temperaturas distintas a la atmosférica. Mecánicamente trabaja como una viga simplemente apoyada en sus extremos. Son casi cilíndricas con fondos o casquetes semiesféricos.

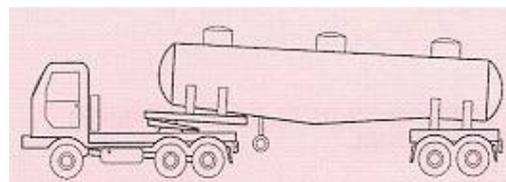
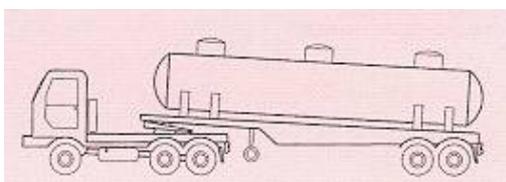


Fig. 2: Semirremolque-cisterna soportado sobre bastidor

Fig. 3: Semirremolque-cisterna autoportante

Existen otras clasificaciones de cisternas según materiales constructivos (acero, aluminio y plástico); compartimentaje

(compartimentadas y sin compartimentar); aislamiento térmico (con y sin aislamiento) y con aislamiento de vacío; energía de aportación (calentadas y refrigeradas), etc.

Elementos funcionales en las cisternas

La funcionalidad de una cisterna implica la existencia de toda una serie de dispositivos, aberturas y orificios, tanto en la parte superior como en la parte baja.

En la parte superior van emplazadas las bocas de carga (en la modalidad de carga superior, actualmente en regresión), compuestas por un cuello fijado al cuerpo de la cisterna y una tapa o elemento de cierre. También se localizan en el domo de las cisternas, las guías de sonda, boca de hombre, plataforma de tránsito y bandejas de apoyo y recogida de producto.

Las bocas de carga son, como su nombre indica, las aberturas a las que se adapta el brazo de carga instalado en la plataforma fija de los terminales de carga. El número de bocas de carga serán tantos como compartimentos tenga la cisterna.

Cuando el llenado se hace por abajo, las bocas de carga y descarga son coincidentes, localizándose a nivel inferior, normalmente en un lateral de la cisterna.

Cada compartimento dispondrá de una boca de hombre (de inspección y ventilación de emergencia), de las dimensiones precisas para facilitar el acceso al interior del mismo, en orden a su mantenimiento, limpieza, reparación o inspección. Suelen ser ovaladas de 400 x 600 mm o bien circulares de superficie equivalente.

Las bocas de hombre poseen aberturas circulares de 200 a 300 mm de diámetro, para carga y control, actuando su tapa de cierre como válvula de emergencia ante sobrepresiones cuando en el interior del depósito se alcanzan los 250 ± 15 milibares. Este tipo de cierre es hermético, estando provisto de mecanismos de apertura y cierre rápido.

Las guías de sonda para medición por alturas (alturas en mm alcanzado por el producto en cada compartimento) permiten el control de producto por varilla milimetrada y tabla de calibración, ambas homologadas.

Las bocas de descarga están dotadas de las correspondientes válvulas de vaciado y tapas roscadas. Estas válvulas se identifican con el mismo número de depósitos a los que están conectados, siendo la numeración, colores distintivos y disposición de las mismas, correlativas y en el mismo orden y sentido que los compartimentos de la cisterna.

Las válvulas de descarga, junto con las tapas roscadas, no permiten la salida de producto existente en la tubería de salida, a partir de las válvulas de fondo de la cisterna. Un buen funcionamiento de estas válvulas de fondo impide la salida del contenido existente dentro de la cisterna o compartimento ante una disfunción de las válvulas de descarga o un eventual rotura de las mismas por impacto-empotramiento. Esta última eventualidad debe preverse, estableciendo (tal y como queda reglamentado en el TPC), una distancia mínima de 100 mm entre la pared posterior de la cisterna y la parte trasera del parachoques, elemento éste que protegerá, asimismo, los tramos de tubería de descarga situados bajo la cisterna, provenientes de cada compartimento.

Para una mayor protección, las válvulas de vaciado o descarga, se alojan dentro de una caja metálica cerrada donde se localizan otros dispositivos de control (conexión de recogida de gases, convertidor de descarga, manómetros, etc.) (ver fig. 4).

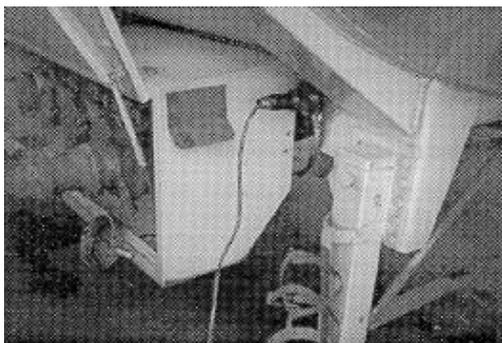


Fig. 4: Caja metálica de protección en la que se localizan las válvulas de carga. Contigua a esta caja se observa el dispositivo de conexión de la puesta a tierra

Todo este equipo e instalación específica incorporada, debe, a su vez, posibilitar su funcionalidad en las distintas isletas de los terminales de carga, en las que se localizan los elementos y dispositivos de llenado para los diferentes productos, conformando, en su conjunto, una unidad estructural operativa cubierta, llamada cargadero.

Dispositivos de seguridad en las cisternas

Con independencia de las válvulas y elementos propios de llenado y vaciado, las cisternas suelen ir provistas de otros dispositivos, cuya misión es conferir seguridad intrínseca a las operaciones de carga y descarga. A título simplemente de reseña, los más importantes son los siguientes.

Sistema de ventilación

Cada compartimento del camión cisterna dispone en su parte superior de un sistema de ventilación mecánico, de accionamiento en sobrepresión y depresión, a fin de evitar las deformaciones en las paredes de la cisterna en caso de carga o descarga al máximo régimen. La válvula de ventilación actúa tanto durante el transporte como durante la carga y descarga.

Como función transporte, la válvula responde con apertura automática a las variaciones de presión y temperatura entre el interior y el exterior de la cisterna, cuando la presión interior supera un determinado valor (± 10 milibares). Como función servicio evita las sobrepresiones que puedan producirse sobre una presión máxima de tarado en sobrepresión (± 20 milibares). Con independencia de los valores de presión establecidos en la función transporte, responde a las pequeñas variaciones que se producen por presión y temperatura entre el interior y el exterior de la cisterna.

Simultáneamente, sobre los valores de presión correspondientes a la función de servicio, tienen una capacidad de ventilación en sobrepresión y depresión de 3.000 y 1.500 l/min respectivamente. Una doble protección, finalmente, incorporan estas válvulas: contra la propagación de la llama y contra el vertido de producto cuando la inclinación del vehículo supera un determinado valor (27°C).

Actualmente, la moderna tecnología incorpora gran parte de estas prestaciones, concurriendo en un único elemento, en las denominadas válvulas de aireación de cinco efectos.

Las nuevas condiciones de funcionamiento de estas válvulas, están definidas por:

- Contribuir a la protección del medio ambiente ante los casos de caída o vuelco del vehículo-cisterna.
- Evitar que la presión interna alcance un valor demasiado elevado.
- Permitir las operaciones de carga en origen con la boca de hombre cerrada.
- Permitir las operaciones de descarga mediante bomba.

Los valores correspondientes a cada una de estas funciones son:

- En caso de caída o vuelco, la válvula de ventilación deberá permanecer hermética hasta que el vehículo haya tomado un ángulo de inclinación de 27° (tolerancia + 101).
- La presión máxima de tarado de la válvula cuando está en funciones de servicio será de 90 mbar.
- La presión máxima de tarado de la válvula cuando está en funciones de seguridad será de 250 mbars (según TPC).
- La presión de tarado de la válvula de depresión para la descarga por gravedad o mediante bomba será de 5 mbars.
- La capacidad de ventilación de las válvulas deberá permitir respetar la presión máxima de 90 mbar durante la carga con la boca de hombre cerrada, si bien asegurando las otras funciones descritas.

Existen otros tipos de válvulas: de seguridad propiamente dicho frente a sobrepresiones de tarado, con zona de fractura frágil (válvula Phonix) etc, concebidas con criterios cualitativos (gases licuados, tóxicos, etc.) y que tienen una funcionalidad específica en el transporte en sí.

Adaptador normalizado de recuperación de vapores

El acoplamiento o adaptador macho para cargadescarga API (American Petroleum Institute), de 4 pulgadas de diámetro (101.6 mm) situado en el vehículo, cumple con lo establecido en las normas API "Recuperación de Vapores", para camiones cisternas. Este adaptador está diseñado para presiones de trabajo de 5.27 Kg/cm^2 (ver fig. 5).

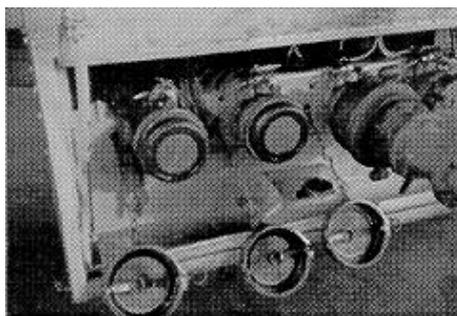


Fig. 5: Conexión de carga inferior provisto de adaptador de recuperación de vapores API en su extremo, acoplado a una boca de carga

En el momento de la conexión de los brazos de carga provistos del adaptador API, éste ejerce presión sobre un mando de accionamiento neumático, común para las válvulas de fondo y de recuperación de vapores. De esta forma, abren simultáneamente ambas, permitiendo, por un lado, la entrada de producto en el compartimento y por otro, canalizando los vapores, a través del colector general que discurre a lo largo del domo de la cisterna hacia una boca lateral, desde la cual son conducidos a un tanque de almacenamiento de la instalación de carga.

Apagallamas para tubos de escape de camiones cisterna

Se entiende por apagallamas o cortafuegos, un dispositivo montado al final del tubo de escape del motor que, sin modificación apreciable del rendimiento del mismo, consiga recoger o apagar en su caso las partículas sólidas en ignición de carbonilla o cualquier llama que pudiera despedir el tubo de escape del vehículo cisterna en combustiones incompletas del motor.

A tal efecto y como medida preventiva, en el registro control de entrada de acceso a la instalación, se le proveerá de tal dispositivo, el cual será retirado y reintegrado al abandonar la misma.

Otros componentes de seguridad en las cisternas

Plataformas superiores

Consisten en un pasillo metálico formado por un entramado a lo largo de la parte superior de la cisterna y cuya funcionalidad reside en el tránsito y en la operatividad precisa para efectuar con seguridad las maniobras de apertura y cierre de bocas de carga, controles e inspección del interior de los compartimentos. (ver fig. 6).

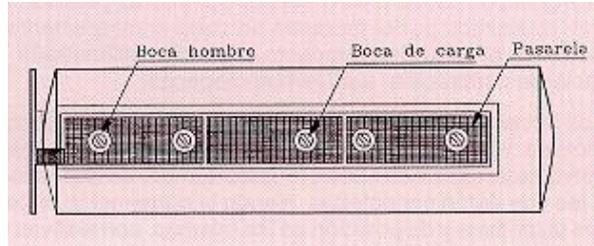


Fig. 6: Dispositivos en cúpula de cisterna correspondientes a bocas de hombro, bocas de carga y pasarela con plataforma de desembarco desde la escala de acceso

Su disposición relativa es la de un pasillo central de anchura constante a lo largo de la generatriz superior de la cisterna, de longitud comprendida entre el último peldaño de la escala o desde la plataforma de desembarque hasta un mínimo de 40 cm aproximadamente, sobrepasada la última boca de carga.

La anchura de la pasarela a ambos lados de las bocas de carga debería ser como mínimo de 40 cm. Las plataformas estarán exentas de obstáculos que emerjan a lo largo de su recorrido y su diseño posibilitará la operatividad de las bocas de carga, de forma que éstas cierren en sentido contrario al de la marcha. Estas plataformas carecerán de plintos en sus laterales, debiendo estar fuertemente ancladas, firmes y perfectamente asentadas.

Todos estos elementos están formados por trama antideslizante (ver fig. 6), constituyendo su ausencia circunstancia propicia a todo un cúmulo de situaciones de riesgo por deslizamientos, torceduras, esguinces y caídas, llegando a poder revestir caracteres de gravedad, si la caída se produce desde el C/C, dado el carácter resbaladizo de gran número de productos.

Escalas de acceso a cisternas

Consiste en una escala vertical de peldaños antideslizantes situada en la parte posterior de la cisterna y que permite el acceso a la plataforma de ésta (ver fig. 7).

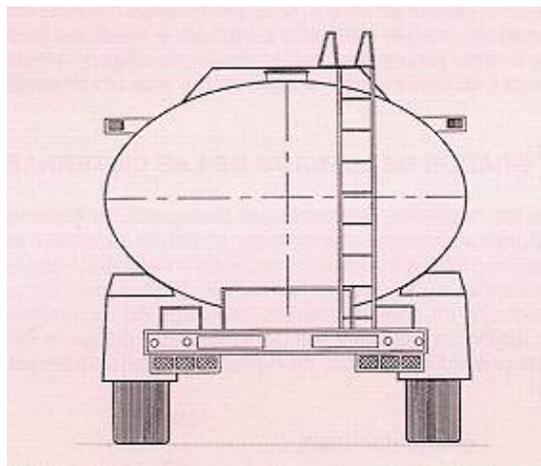


Fig. 7: Escala antideslizante de acceso al domo de la cisterna, provista de barandillas en la plataforma de desembarco a la pasarela

La altura máxima desde el suelo al primer peldaño de la escala debería ser como máximo de 50 cm, a vehículo vacío y en orden de marcha.

Como primer peldaño podrá utilizarse, previo acondicionamiento, la parte superior del dispositivo de protección contra empotramientos (parachoques trasero). El nivel del último peldaño debe coincidir con el de la plataforma superior de desembarque.

La separación mínima de cualquier punto de la escala a la cisterna no debería ser inferior a 16 cm. La pletina antideslizante soldada a cada peldaño de la escala debería tener una anchura mínima de 6 cm. Para facilitar el acceso a la plataforma es recomendable que las barandillas laterales de la escala se eleven un mínimo de 50 cm sobre aquella.

Ningún elemento de la escala debe obstaculizar la introducción o retirada de las mangueras en los portamangueras laterales correspondientes.

Desde un punto de vista preventivo, en el acceso a cisternas se deben adoptar las precauciones siguientes:

- El acceso a los domos de las cisternas debe hacerse únicamente por las escalas fijas antideslizantes o por las pasarelas abatibles de acceso que deben disponer las plataformas elevadas de los cargaderos.
- El desplazamiento en los domos se circunscribirá exclusivamente a las pasarelas antideslizantes, poniendo especial cuidado y atención a fin de evitar caídas, tropiezos, resbalones etc. Sería recomendable en tales desplazamientos, el uso de dispositivos de sujeción personal homologados (cinturones de seguridad), sujetos a cable-guía.
- Los brazos o elementos de carga, deben poder manejarse de forma totalmente controlada, evitando golpes y previendo las reacciones violentas que puedan deparar las presiones de bombeo.

Si en el acceso al domo resulta preciso portar instrumentos de control y medición (toma de muestras, temperatura, densidad, etc.), se irá provisto del correspondiente maletín portainstrumentos, adosado en bandolera, de forma que, en todo momento, se disponga de manos libres.

Electricidad estática

En presencia de líquidos inflamables debe prestarse especial atención a las cargas electrostáticas que se generan en los trasvases y que son producidas fundamentalmente por la separación y/o fricción mecánica de aquéllos en contacto directo con la superficie sólida por la que fluyen o sobre la que se depositan o agitan. Cuando tales cargas se producen, es relativamente fácil que se originen incendios, dado que la energía de activación inherente a las descargas electrostáticas con chispa suele ser superior a la que se precisa para la combustión de gases y vapores (del orden de 0.25 mJ). El peligro de inflamación existe cuando la chispa es generada por una diferencia de potencial superior a 1.000 V.

Debe pues prevenirse la generación y acumulación de cargas estáticas al tiempo que se adoptan las precauciones precisas para minimizar los riesgos derivados de las que puedan crearse.

Control de la generación de la electricidad estática

La inflamabilidad de esta clase de productos y su manipulación, trasiego y transporte, propicia la generación y existencia de electricidad estática (e.e.). Tal generación, es debida a las siguientes causas:

- Movimiento del producto por el interior de la red de tuberías, incluyendo accesorios.
- Salpicaduras y turbulencias durante el llenado de las cisternas.
- Movimiento superficial del líquido durante el transporte.
- Rozamiento de la superficie exterior de la cisterna con el aire y de los neumáticos con el pavimento durante el transporte.

Adicionalmente, la propia resistividad (ρ) del producto constituye también un factor de riesgo. Los líquidos de estructura química polar ($\rho < 10^8 \Omega.m$): alcoholes, aldehidos, cetonas, amidas, aminas, etc., permiten la disipación rápida de las cargas estáticas acumuladas; los no polares, en cambio, ($\rho > 10^8 \Omega.m$), como los hidrocarburos aromáticos, alifáticos, éteres, ésteres de ácidos de alto peso molecular, etc., encierran una mayor peligrosidad y por ello requieren tiempos de disipación o relajación que pueden alcanzar a varios minutos, antes de efectuar la apertura e intervención en la descarga de la cisterna.

Esta circunstancia permite disponer de un medio eficaz para limitar la acumulación de electricidad estática en productos inflamables y consistente en reducir su resistividad a base de aditivos antiestáticos (dietilhexilsulfato de sodio o dinonftaleno sulfonato de etilendiamina) en pequeñas cantidades (del orden de 1 mg/m³) hasta un valor de $10^{10} \Omega.cm$.

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

Si bien en un principio resultaba admisible que una velocidad de 4 a 7 m/s era la adecuada para impedir la acumulación de cargas dentro de unos límites aceptables, nuevas experiencias, tendentes a reducir tiempos, al emplearse diámetros mayores de tubería, han permitido desarrollar, sin embargo, una simple expresión que relaciona la velocidad lineal de flujo "v" (en m/s) y el diámetro del brazo de carga "d" (en m):

$$v \cdot d < 0.5$$

Además de 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.

Interconexiones equipotenciales y puesta a tierra

En la modalidad de carga por arriba, donde normalmente los vapores inflamables están presentes, los compartimentos deben estar eléctricamente conexiónados al brazo de carga, tuberías de llenado y a la estructura del cargadero. Si la unión se hace a esta última, es preciso que la tubería y la estructura estén interconexionadas.

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

En cualquier caso, una resistencia de conexión de hasta 1 megohmio, es recomendable a los efectos de disipación de la electricidad estática. De usarse las pinzas, es importante el establecimiento de aletas para la conexión equipotencial, tanto en la cisterna como en el recipiente de llenado o vaciado.

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.

Continuidad eléctrica de la línea de llenado

En la modalidad de carga superior, todas las partes metálicas del dispositivo de alimentación, deben tener continuidad eléctrica a partir del punto de conexión. Es decir, deben evitarse situaciones como la intercalación de una manguera no conductora equipada con acoplamientos metálicos, a menos que el acoplamiento esté conectado a la tubería de alimentación.

Brazos de carga

La descarga por electricidad estática, puede incluso presentarse, aún estando correctamente conectado un camión cisterna, proveniente de la superficie libre del líquido.

La turbulencia de flujo que originan los brazos de carga, puede contribuir, asimismo, a la generación de cargas. Por ello, en la carga superior de líquidos de baja o intermedia presión de vapor, y antes de que se inicie la carga, el brazo o tubo buzo, cuyo extremo será de material blando (antichispa), debe alcanzar el fondo del compartimento, si bien utilizando deflectores o biseles a fin de evitar turbulencias y remolinos. En su defecto, necesariamente se tiene que limitar la velocidad de flujo a 1 m/s, hasta en tanto no quede el extremo de aquél sumergido en el producto objeto de carga, pudiéndose entonces elevar el caudal.

Las velocidades de carga pueden controlarse usando dos regímenes de velocidades, uno de los cuales limita la velocidad inicial al valor anteriormente referenciado (1 m/s). Esta dualidad, actualmente la incorporan los sistemas automatizados de carga.

La reducción de los riesgos dimanantes de un inapropiado posicionamiento del elemento de llenado en relación con el fondo del compartimento, viene a resolverlo la carga por el fondo. No obstante, en las fases iniciales de llenado, la proyección ascendente del producto, puede incrementar la generación de cargas, efecto que debe impedirse reduciendo la velocidad de llenado o usando deflectores.

Estas proyecciones originan, en tal modalidad de carga por el fondo y tratándose de productos con baja presión de vapor, una niebla o atmósfera susceptible de ignición. En esta modalidad de carga por el fondo, en la superficie del líquido pueden originarse potenciales más altos que en la modalidad de carga superior, dado que en ésta el brazo de carga actúa como elemento conductor que coadyuva a la disipación de cargas. Es importante, pues, que en la carga inferior los originadores de fuentes de ignición (varilla de control de alturas u otros conductores metálicos) hagan extensivo su influjo al fondo del compartimento (conectándolos o introduciéndolos previo a la carga), de forma similar al ejercicio por el brazo de carga.

Grados de llenado de las cisternas

En los depósitos destinados al transporte de materias líquidas a temperatura ambiente, no deben superarse los grados de llenado. Para las materias inflamables que no presentan otros riesgos (toxicidad, corrosividad etc.), cargados en compartimentos provistos de dispositivos de aireación o de válvulas de seguridad (incluso si ésta está precedida de disco de ruptura), el grado de llenado es:

$$\text{grados de llenado} = \frac{100}{1 + \alpha (50 - t_i)}$$

Este valor representa el % de capacidad, siendo α el coeficiente medio de dilatación cúbica del líquido entre 15 y 50 °C, es decir para una variación máxima de t_i de 35 °C y t_i la temperatura media del líquido en el momento de llenado. El valor de α viene dado por la expresión:

$$\alpha = \frac{d_{15} - d_{50}}{35 \cdot d_{50}}$$

siendo d_{15} y d_{50} las densidades del líquido a 15 °C y 50 °C respectivamente.

Lo anterior no resulta de aplicación a los depósitos cuyo contenido se mantiene a una temperatura superior a 50 °C durante el transporte, mediante dispositivos de recalentamiento. En tal supuesto, el grado de llenado en la carga debe ser tal y la temperatura controlada de tal manera que el depósito durante el transporte no esté nunca más lleno del 95% y no se supere la temperatura de llenado.

En el caso de productos petrolíferos, los grados de llenado son:

PRODUCTO	% VOLUMEN TOTAL DEL DEPÓSITO
GASOLINAS DE AVIACIÓN DISOLVENTES LIGEROS	95
PETRÓLEO GASOLINAS AUTO NAFTAS LIGERAS DISOLVENTES MEDIOS	96
GASÓLEOS FUELÓLEOS NAFTAS PESADAS DISOLVENTES PESADOS	97

Estos porcentajes de llenado permiten disponer de un elemento de seguridad adicional, al poder hacer uso de los sensores de nivel contra rebosamiento, fijándolos, interior y solidariamente a los compartimentos, a la altura correspondiente al grado máximo de llenado. De esta forma, al superar el líquido este nivel máximo, se activa el indicador de nivel que detiene de forma automática el flujo de carga por cierre de las válvulas de alimentación.

Uno de los sistemas de detección consiste en utilizar una resistencia, sensible a la temperatura, que se calienta con una señal eléctrica, intrínsecamente segura, procedente de la isleta de carga. Cuando el producto, a temperatura menor, entra en contacto con la sonda, ésta se enfría, produciéndose una variación en el valor de la resistencia eléctrica, variación que provoca el cierre de la válvula de carga.

En el contexto de este apartado resulta oportuno poner de manifiesto, finalmente, que los depósitos destinados al transporte de materias líquidas (viscosidad cinemática a 20 °C inferior a 2.680 mm²/s), que no estén compartimentados para una capacidad máxima de 7.500 l. por medio de tabique de separación o rompeolas, deberán llenarse, por lo menos, al 80 % de su capacidad, salvo que circulen prácticamente vacíos.

Bibliografía

(1) JOSÉ LUIS MAÑAS LAHOZ.

Manual de prevención del riesgo en el transporte de mercancías peligrosas

I. N. S. H. T. 1982.

(2) JOSÉ LUIS MAÑAS LAHOZ.

Tratado sobre transporte de mercancías peligrosas

Ministerio de Obras Públicas y Transportes. 1992.

(3) NORMA UNE-109-100-90

Control de la electricidad estática en atmósferas inflamables. Procedimientos prácticos de operación. Carga y descarga de vehículos-cisterna, contenedores-cisterna y vagones-cisterna.

Abril 1990

(4) NORMA API (AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE)

Precautions Against Electrostatic Ignition During Loading of Tank Motor Vehicles. Safety and Fire Protection

Publication 1003. Third Edition March 86.

(5) NORMA NFPA 77 (NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION)

Recommended Practice on Static Electricity 1988 Edition.

(6) MINISTERIO DE INDUSTRIA

Reglamento sobre Almacenamiento de productos químicos

ITC-MIE-APQ-001. **Almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles**

(7) MINISTERIO DE INDUSTRIA

Reglamento de seguridad de refinerías y parques de almacenamiento de productos petrolíferos

(8) Mº DE RELACIONES CON LAS CORTES Y SECRETARÍA DEL GOBIERNO. RD 74 / 92.

Mº DE LA PRESIDENCIA. RD 599 / 94 Y RD 1333 / 94

Mº DE OBRAS PÚBLICAS, TURISMO Y MEDIO AMBIENTE. O. 23.11.94

Reglamento nacional del transporte de mercancías peligrosas por carretera

(9) MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGÍA. RD 2085/95

Reglamento de instalaciones petrolíferas

