

NTP 428: Paramentos débiles para el venteo de alivio de explosiones (II)



Événets de décharge d'explosions (II)
Explosion relief venting panels (II)

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:

Emilio Turmo Sierra
Ingeniero Industrial

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

Esta Nota Técnica complementa a la anterior exponiendo el método más utilizado para el dimensionado del área de venteo para los equipos normales utilizados en los procesos con atmósferas explosivas, fundamentalmente de polvos.

Introducción

En este documento se expone el método del nomograma K_{St} aplicable para presiones reducidas P_{red} superiores a 1,2 bar, considerado uno de los más útiles y divulgados. Se ha incluido también una ampliación del mismo aplicable a equipos de baja resistencia cuando la presión reducida P_{red} es inferior a 1,2 bar.

Se ha dedicado un apartado a la consideración de conductos de venteo por el aumento de presión que genera, precisando por ello una mayor área de venteo.

También se describe lo que se denomina dispositivo apagallamas, que en ciertas situaciones puede sustituir al conducto de venteo.

Método básico de cálculo del área de venteo

Existen diversos métodos para el dimensionado de las superficies necesarias de venteos de alivio, aunque no todos son aplicables en cualquier situación. El proceso de elección del método más efectivo de diseño es complejo y a mayor precisión se requiere mayor información.

Aquí se expone un método básico comúnmente utilizado, el cual requiere un mínimo de información para recipientes compactos. La práctica ha demostrado que las dimensiones obtenidas son fiables y es recomendable su utilización. Este método puede dar lugar a un sobredimensionado en algunas aplicaciones y a encontrarse con dificultades de orden económico o de imposibilidad práctica para la instalación de grandes paneles de venteo en algunos equipos en que se puedan encontrar argumentos, que justifiquen el montaje de paneles menores.

Los ensayos que forman la base de la Norma alemana VDI 3673 fruto del estudio técnico de Heinrich y de datos experimentales, se pueden asimilar a las condiciones existentes en los molinos de alta velocidad o de chorro de aire. La pauta a seguir para tener en cuenta la turbulencia del proceso se podría establecer según el siguiente orden de menor a mayor turbulencia: recintos o recipientes vacíos de baja relación L/D y turbulencia inicial baja, ciclones, filtros de mangas, los citados molinos de alta velocidad o de chorro de aire, silos de gran esbeltez con venteo en la parte superior y riesgo de ignición en la parte inferior y conductos largos, elevadores de cangilones, conducciones con transporte neumático, etc. Para las situaciones de mayor turbulencia se debería sobredimensionar el valor dado por los nomogramas K_{St} , aplicar el método de los nomogramas AFNOR o la parte dedicada a tuberías, conductos y silos alargados de la norma americana NFPA 68.

Método del nomograma K_{St} para $P_{red} > 1,2$ bar a

Datos requeridos

- Presión reducida de explosión P_{red} (bar a)
- Volumen del equipo de manipulación de polvo V (m^3)
- Explosividad: K_{St} (bar. m. s^{-1}), $P_{m\acute{a}x}$ (bar a)
- Presión estática de apertura del venteo P_{stat} (bar a). Se supone que el venteo es de inercia baja con una masa o peso por unidad de superficie menor de 10 kg/m^2 .

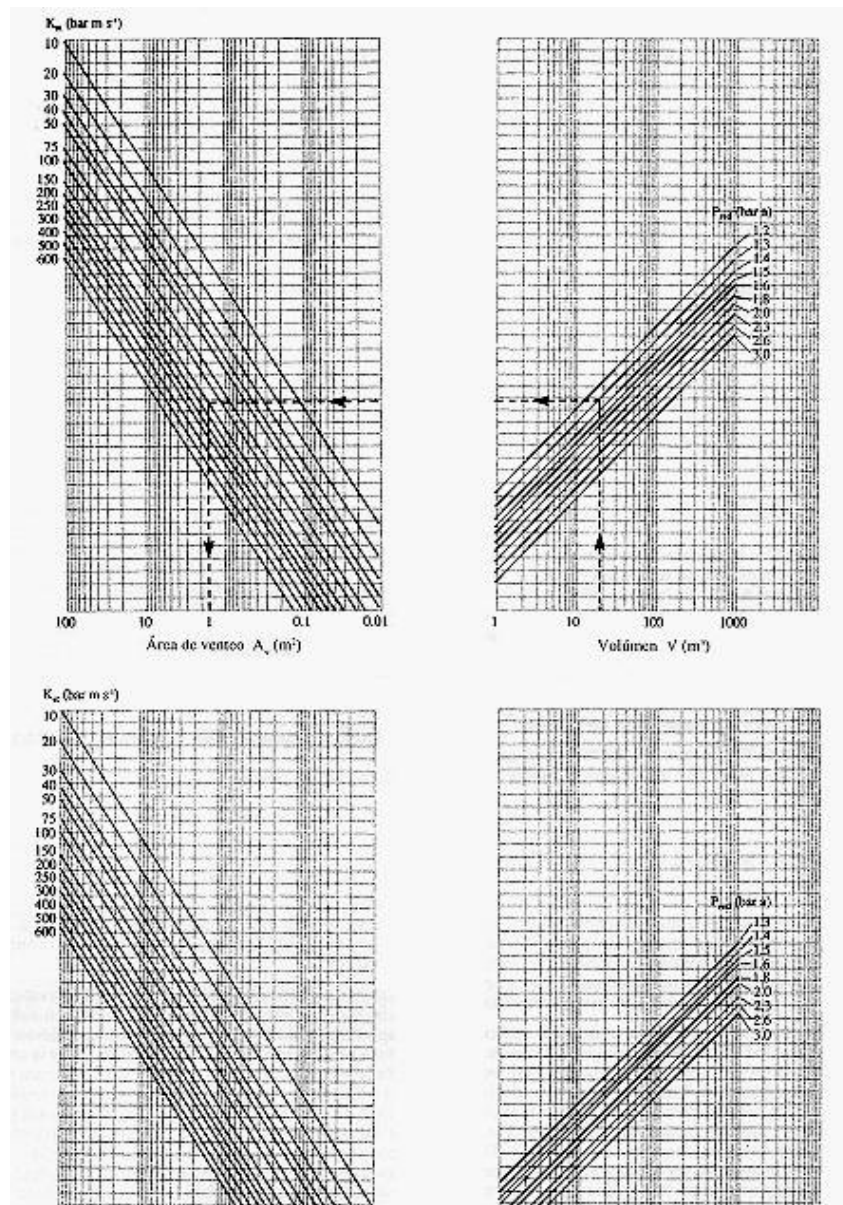
Los monogramas de la Norma VDI 3673 son válidos cada uno de ellos para una determinada presi3n estática de apertura del venteo P_{stat} y para diversos valores usuales de la presi3n reducida de explosi3n P_{red} y de la constante de explosividad K_{St} . La forma de utilizaci3n para el cálculo del área de venteo se indica en el siguiente gráfico. Se parte del volumen $V \text{ m}^3$ que se quiere proteger y que contiene un polvo combustible de constante K_{St} conocida y de forma que la presi3n alcanzada no supere un valor predeterminado P_{red} (bar a) impuesto por las características de resistencia del recipiente para obtener el área de venteo A_v (m^2).

Para polvos de baja explosividad ($K_{St} < 50 \text{ bar.m.s}_{-1}$) es importante medir el valor máximo de K_{St} realizando varias medidas con la concentraci3n 3ptima. Estos nomogramas se han ampliado para polvos de $K_{St} < 50$ y su utilizaci3n directa para estos valores da un factor de seguridad bajo, por lo que en este caso se recomienda un factor de seguridad extra, multiplicando el área de venteo calculada por 1,5.

Condiciones de aplicaci3n

- Presi3n de apertura del venteo: $1,1 \text{ bar a} \leq P_{stat} \leq 1,5 \text{ bar a}$
- Presi3n reducida de explosi3n: $1,2 \text{ bar a} \leq P_{red} \leq 3 \text{ bar a}$
- Constante de explosividad K_{St} : $10 \text{ bar. m.s}_{-1} \leq K_{St} \leq 600 \text{ bar. m. s}_{-1}$
- Presi3n máxima de explosi3n: $P_{m\acute{a}x} < 11 \text{ bar a}$ para polvos St 1 y St 2; $P_{m\acute{a}x} < 13 \text{ bar a}$ para polvos St 3
- Volumen del recipiente: $V < 1000 \text{ m}^3$
- Raz3n longitud L /Diámetro $D < 5$
- El venteo, no tiene. conducto de salida

Los nomogramas de cálculo se presentan agrupados en la figura 1.



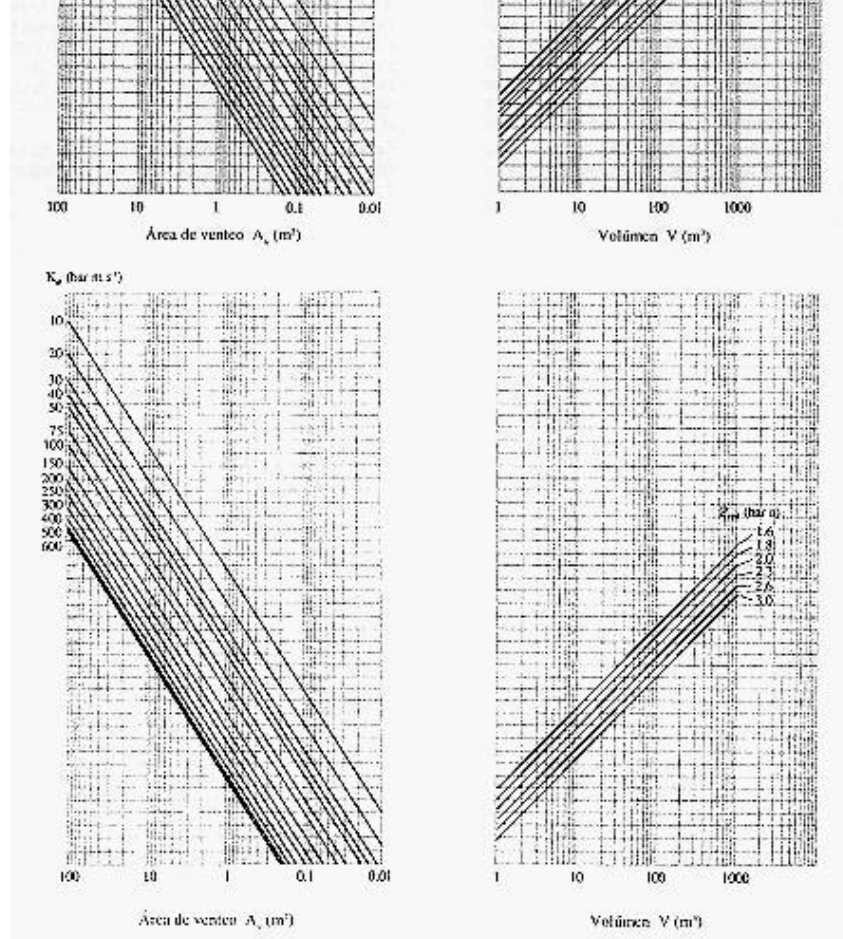


Fig. 1: Nomogramas K_{St} para P_{stat} de 1,1, 1,2 y 1,5 bar (absolutos) respectivamente, para el cálculo del área de venteo

Método del nomograma K_{St} para $P_{red} < 1,2$ bar a

Se aplica mediante el siguiente gráfico que relaciona la presión reducida, de explosión P_{red} con la relación $A_v/V^{2/3}$ sin dimensiones, en que A_v es el área de venteo y V el volumen total del recipiente.

Condiciones de aplicación:

- Presión reducida de explosión: $1,05 \text{ bar a} < P_{red} < 1,2 \text{ bar a}$
- Presión estática de apertura del venteo: $P_{stat} < 1 + (P_{red} - 1)/2 \text{ bar a}$
- Inercia del panel de venteo: lo más baja posible, $\leq 10 \text{ kg/m}^2$
- Volumen del recipiente: $V \leq 1000 \text{ m}^3$
- Razón $L/D \leq 5$
- No tiene en cuenta la existencia de conductos de venteo.

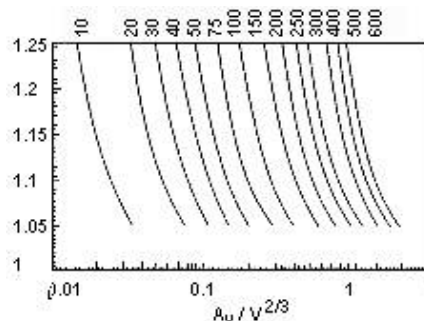


Fig. 2: Nomograma K_{St} ampliado para $1,05 \text{ bar a} < P_{red} < 1,2 \text{ bar a}$. Cálculo del área de venteo A_v en función del volumen del recipiente V y de la constante de explosividad K_{St}

Aplicación práctica. Dimensionado de paramentos débiles

Se trata de diseñar un paramento débil de venteo para un colector de polvo de volumen 5 m^3 que se emplea para recoger polvo de almidón de arroz cuya constante K_{St} es 190 bar.m.s^{-1} y su presión máxima de explosión es de 10 bar g . La presión estática de apertura

del venteo P_{stat} se elige a 1,2 bar a (0,2 bar g). Calcular el área de venteo requerida para limitar la presión reducida de explosión P_{red} a 1,3 bar a (0,3 bar g).

Solución

Se toma el nomograma K_{St} del primer gráfico: correspondiente a $P_{stat} = 1,2$ bar a. Se parte de $V = 5$ m³. Línea vertical hasta cortar a línea correspondiente a $P_{red} = 1,3$ bar a. Línea horizontal desde el punto de corte hasta cortar a la línea $K_{St} = 190$. Por aproximación se puede tomar la línea $K_{St} = 200$. Línea vertical desde el punto de corte hasta línea base horizontal que da un área de venteo $A_v = 0,85$ m².

Conductos de venteo

Son unas conducciones al exterior para evitar los efectos sobre las personas de los chorros de llama y la onda de choque que salen por el orificio de venteo. La sección transversal del conducto debe ser como mínimo la del área de venteo y se instalan entre el venteo y un lugar exento de peligros. Un ejemplo de instalación se expone en la figura 3.

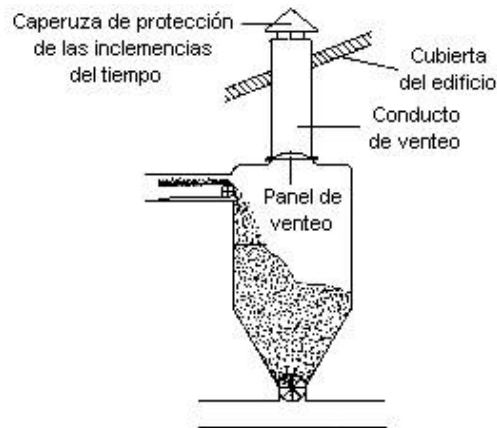


Fig. 3: Ilustración del empleo de un conducto de venteo para la conducción de la nube de polvo no quemada y las llamas a un lugar seguro

Los conductos de venteo aumentan la resistencia a la evacuación de la explosión. La consecuencia es un incremento de la presión máxima de explosión generada en el recipiente venteado, esto es, la presión reducida P_{red} . Por lo tanto, la presión aumenta con la longitud del conducto, con el número de curvas o codos instalados y con la disminución del diámetro. La figura 4 indica las presiones máximas de explosión obtenidas en ensayos en la esfera de 20 l, para mostrar la influencia de la longitud del conducto con tres productos, virutas de aluminio, polvo de tóner y polvo de aspirina.

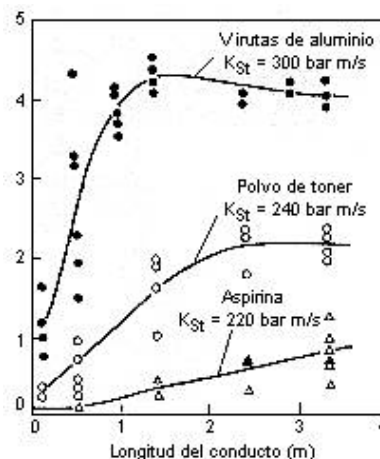


Fig. 4: Influencia de la longitud de un conducto de venteo recto de diámetro 130 mm sobre la presión máxima con explosiones de tres polvos diferentes en aire, en un recipiente esférico de 20 litros. Cubierta de venteo de diámetro 130 mm y presión de apertura de venteo 0, 1 bar g entre el recipiente y el conducto (Crowhurst, 1988).

Un nomograma (figura 5) propuesto por Walker (1982) basándose en datos disponibles en esa fecha da una relación general para obtener la presión máxima de explosión en un recipiente con venteo y conducto de venteo.

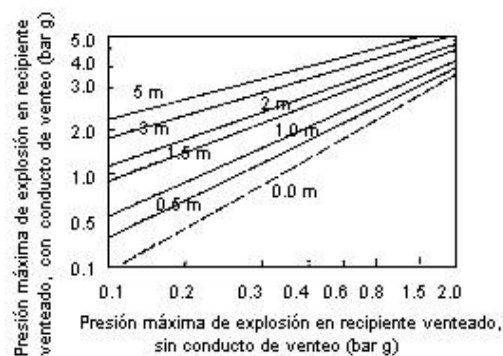


Fig. 5: Presión máxima en un recipiente venteadado, con conducto de venteo en función de la presión máxima de explosión sin conducto de venteo, para varias longitudes del mismo. Diámetro del conducto igual a diámetro del venteo. Sin curvas o codos de pequeño radio de curvatura (Walker, 1982).

Otros investigadores han llevado a cabo experiencias en recipientes de hasta 100 m³ y en general se han confirmado las tendencias observadas en los ensayos a pequeña escala. Como conclusión se recomiendan unos conductos de venteo lo más cortos posibles y con el mínimo de curvas de cambio brusco de dirección o de radio de curvatura pequeño.

Las investigaciones más recientes de Lunn, Crowhurst y Hey (1988) en la esfera de 20 L y en gran escala en un recipiente de 18,5 m³ con polvos de carbón, aspirina, táner, polietileno y aluminio han dado resultados similares a los de la institución holandesa TNO. La presión máxima de explosión en el recipiente con venteo aumenta sistemáticamente con la longitud del conducto de venteo o con la razón longitud L/diámetro D de éste. La teoría desarrollada por estos investigadores es un método útil para estimar la influencia de diversos tipos de conductos sobre la presión máxima de explosión que en muchos nomogramas aparece como P_{red}. En los nomogramas publicados por Lunn se toma como dato de explosividad de los polvos el K_{St} medido en el recipiente normalizado ISO de 1m³.

Conducto apagallamas

Es un nuevo dispositivo que puede sustituir al conducto de venteo y cuyo fundamento se esquematiza a continuación. Al ocurrir una explosión en un recipiente con venteo, el panel de explosión o disco de ruptura que constituye un componente del conjunto del conducto apagallamas, estalla y la explosión se ventea a través de toda la superficie comparativamente grande de la pared del tubo apagallamas. Esta pared, constituida por una masa porosa está diseñada para dar una caída de presión baja pero de gran eficacia para retener partículas de polvo y conseguir un enfriamiento eficaz de los gases de combustión. Esto significa que se evita la proyección de la llama por el venteo y se reducen de forma notable los efectos de la onda de presión. Adicionalmente masas aglomeradas de polvo ardiendo y otros pequeños objetos que podrían salir disparados por el venteo abierto, quedan retenidos en el tubo apagallamas. Sin embargo, su inconveniente es que los gases tóxicos producto de la combustión escapan a la atmósfera circundante.

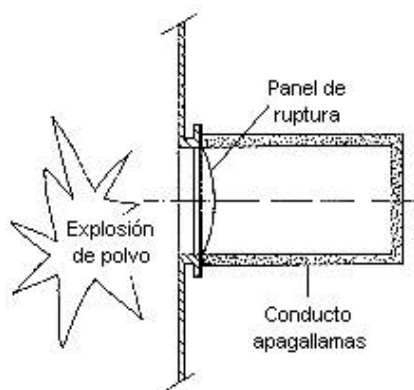


Fig. 6: Esquema de un cortocircuito apagallamas para el venteo de explosiones de polvo, libre de escape de polvo y llama

El incremento de la presión máxima de explosión en el recipiente con venteo, debido a la resistencia al paso del flujo a través de la pared porosa es moderado y se puede compensar con un cierto incremento del área de venteo. Parece razonable esperar que este dispositivo tendrá mejoras en los próximos años y ganará aplicación en las situaciones en que los conductos de venteo son la única solución o cuando se utilizan venteos abiertos a interiores a pesar del peligro asociado. Instalaciones apropiadas para su instalación pueden ser por ejemplo, elevadores de cangilones y silos en zonas congestionadas. Para el caso de polvos metálicos (magnesio, aluminio, silicio, etc ...) las altas temperaturas alcanzadas en la explosión, demandan grandes exigencias en el diseño de la pared apagallamas. En cuanto al problema de la emisión de gases tóxicos, se debe estudiar cada situación particular.

Bibliografía

- (1) BARTKNECHT, W.
Explosions Course Prevention Protection
 Berlin, Springer-Verlag, 1981, 251 págs.

(2) ECKHOFF, R. K.

Dust explosions in the process industries

Oxford, Butterworth-Heinemann Ltd., 1991, 599 págs.

(3) LUNN, G.

Dust explosion prevention and protection. Part 1-Venting

Rugby, Institution of Chemical Engineers, 1992, 214 págs.

(4) SCHOFIELD, C., y ABBOTT, J. A.

Guide to dust explosion prevention and protection. Part 2-Ignition prevention, containment, inerting, suppression and isolation.

Rugby, Institution of Chemical Engineers, 1988, 79 págs.

(5) LUNN, G.

Guide to dust explosion prevention and protection. Part 3-Venting of weak explosions and the effect of vent ducts.

Rugby, Institution of Chemical Engineers, 1988, 184 págs.

(6) FIELD, P.

Dust explosions

Amsterdam, Elsevier Scientific Publishing Company, 1982, 243 págs.

(7) N.F.P.A.

Guide for venting of deflagrations. N.F.P.A. 68. National Fire Codes. 1989. Vol. 9.

Quincy, Massachusetts, 1989.