

1ª Edición
5ª Sesión



Protección contra explosiones de polvo

***VENTEO de
EXPLOSIONES
de POLVO***



Xavier de Gea

A PONERSE LAS GAFAS....



y a VENTEAR



¿Para qué ventear una deflagración?

Evitar que un recipiente EXPLOTE.

- Para aliviar el incremento de presión causado por la combustión extremadamente rápida de una mezcla de polvo y aire.

De una deflagración

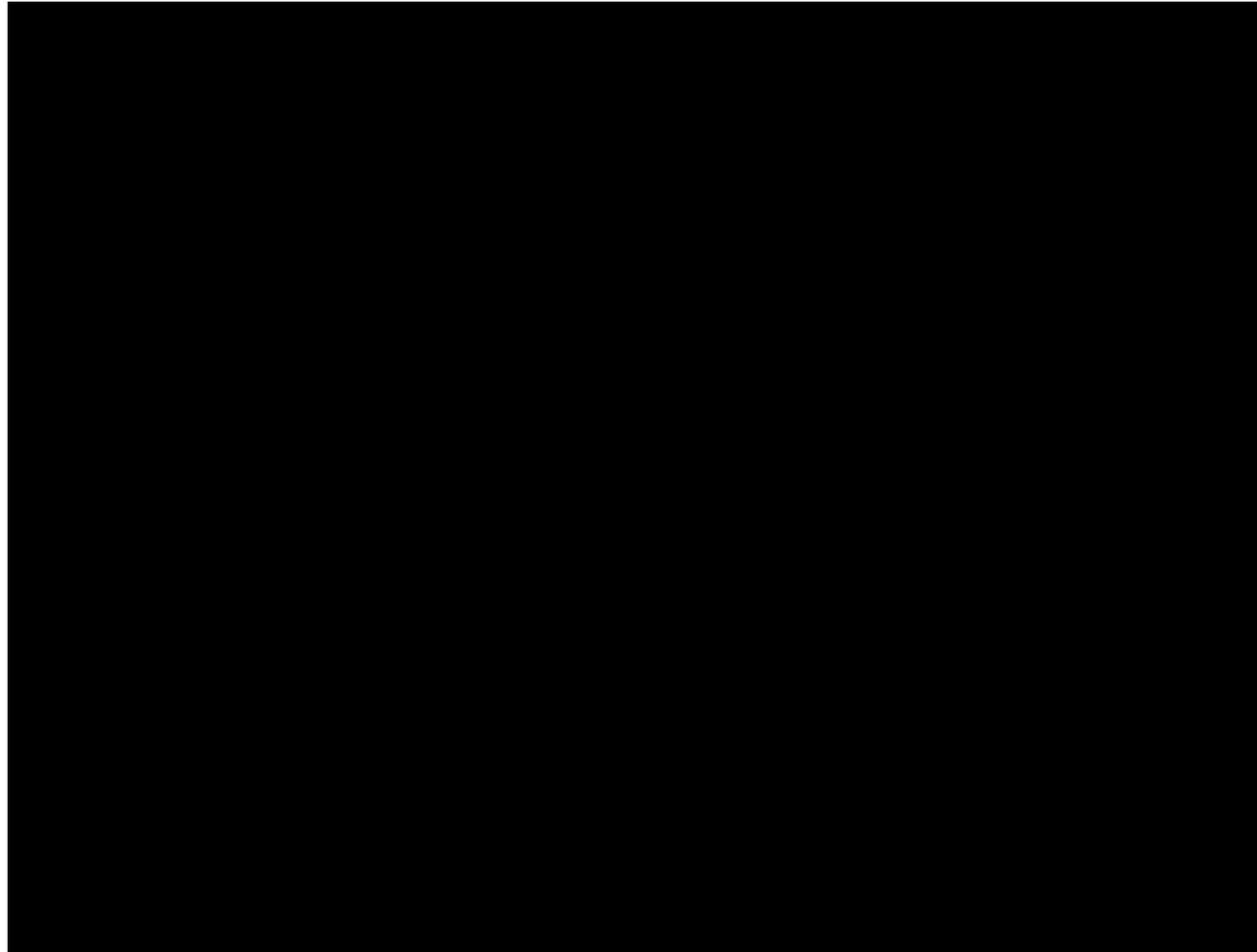
- Una deflagración es la propagación subsónica (<331,5 m/s en aire a 0°C)
- El frente de presión va por delante del de llamas.

¿Cómo se venteo?

- Disponiendo un orificio (área de venteo) que dé el caudal necesario para que la presión no aumente por encima de la resistencia del recipiente.
- P_{red} : Presión de la explosión reducida.



Venteeo de una explosión



En el tiempo como se ha venteado

Colocando un punto débil:

- Lonas
- Plásticos
- Láminas de aluminio
- Tapas encadenadas
- Tapas enjauladas
- Puertas de explosión
- Discos de ruptura grandes:
“Paneles de venteo contra explosiones”



VENTEO

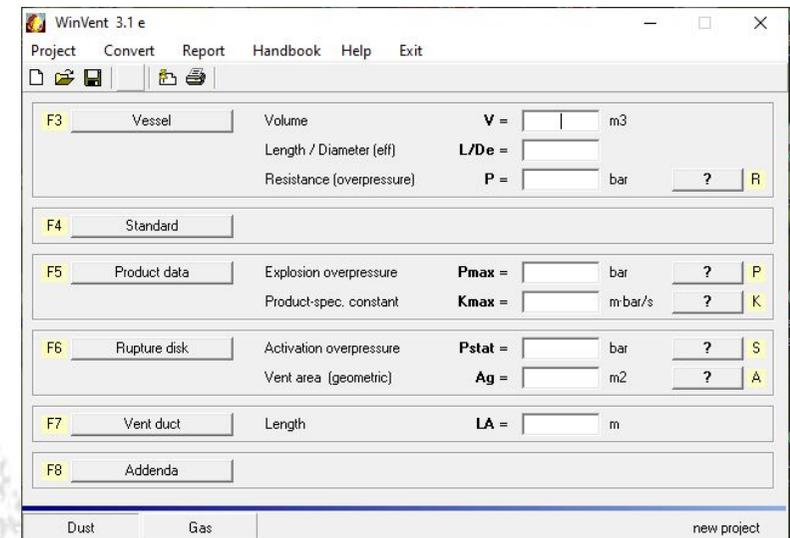
¿Cómo se calcula?

Antiguamente en Europa

- VDI 3673 ,

Actualmente

- EE.UU. NFPA 68
- Europa UNE: EN 14491:2012



WinVent 3.1 e

Project Convert Report Handbook Help Exit

F3	Vessel	Volume	V =	<input type="text"/>	m ³
		Length / Diameter (eff)	L/De =	<input type="text"/>	
		Resistance (overpressure)	P =	<input type="text"/>	bar <input type="button" value="R"/>
F4	Standard				
F5	Product data	Explosion overpressure	Pmax =	<input type="text"/>	bar <input type="button" value="P"/>
		Product-spec. constant	Kmax =	<input type="text"/>	m bar/s <input type="button" value="K"/>
F6	Rupture disk	Activation overpressure	Pstat =	<input type="text"/>	bar <input type="button" value="S"/>
		Vent area (geometric)	Ag =	<input type="text"/>	m ² <input type="button" value="A"/>
F7	Vent duct	Length	LA =	<input type="text"/>	m
F8	Addenda				

Dust Gas new project



EL VENTEO DEBE CUMPLIR

- EN 14491. Dimensionado equivalente NFPA 68
- EN 14494 venteo de gases equivalente NFPA 68
- EN 14797 dispositivos de venteo **NO** hay NFPA
- EN 15233 diseño de equipos de protección **NO** hay NFPA

The screenshot shows the LPGVent software interface. The main window is titled 'LPGVent' and has a menu bar with 'Archivo', 'Recipiente', 'Informe', 'Preferencias', and 'Ayuda'. Below the menu bar is a tab labeled 'Recipiente1'. The interface is divided into several sections:

- Diagrama:** A 3D diagram of a cylindrical vessel with a conical bottom. Dimensions are labeled: H4 (top section height), H5 (middle section height), d1 (top diameter), d2 (bottom diameter), H3 (total height), H1 (height to vent), and H2 (height to bottom). A 'Calcula' button is at the bottom left of the diagram area.
- Inputs:** A grid of input fields for various parameters. The 'Volumen (m³)' and 'L.D.' fields have a 'Calcula' button next to them.
- Ventoe / Consideraciones adicionales:** A panel with two tabs. The 'Ventoe' tab is active. It contains fields for:
 - Volumen: V = [] m³ (with a 'Llenado' button)
 - L/D: L/De = []
 - Resistencia (sobrepresión): P_{red} = [] bar (with a 'Dispersión máxima' button)
 - Constante de explosividad: K_{st} = [] bar m/s (with a 'Productos' button)
 - Sobrepresión máxima de explosión: P_{max} = [] bar
 - Presión de apertura del panel: P_{stat} = 0,10 bar
 - Longitud del conducto: long = [] m (with a 'Conducto' checkbox)
 - Diametro del conducto: d = [] m
 - Relación l/d del conducto: l/d = []
 - Para (l/d) > (l/d)_s, P_{red} no aumenta: (l/d)_s = []
 - Eficiencia: Ef = 100 %
 - Area de venteo: A_v = [] m² (highlighted in yellow, with a 'Calcular' button)
 - Longitud de la llama: L_F = [] m
- Gráfica Area/Pred:** A graph showing the relationship between Area (m²) on the x-axis and Pred (bar) on the y-axis. Both axes range from 0.00 to 1.00.
- Logotipo:** The LPG logo is displayed, with the text 'PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN DE EXPLOSIONES' below it.

Las presiones implicadas

P de trabajo: Presión a la que opera habitualmente el sistema

P máxima de Trabajo: Pico máximo de presión

Vacío: Depresión a la que opera o puede operar

Vacío máximo: Pico máximo de vacío que soporta el sistema

Pstat: Presión estática de activación (rotura o apertura del panel)

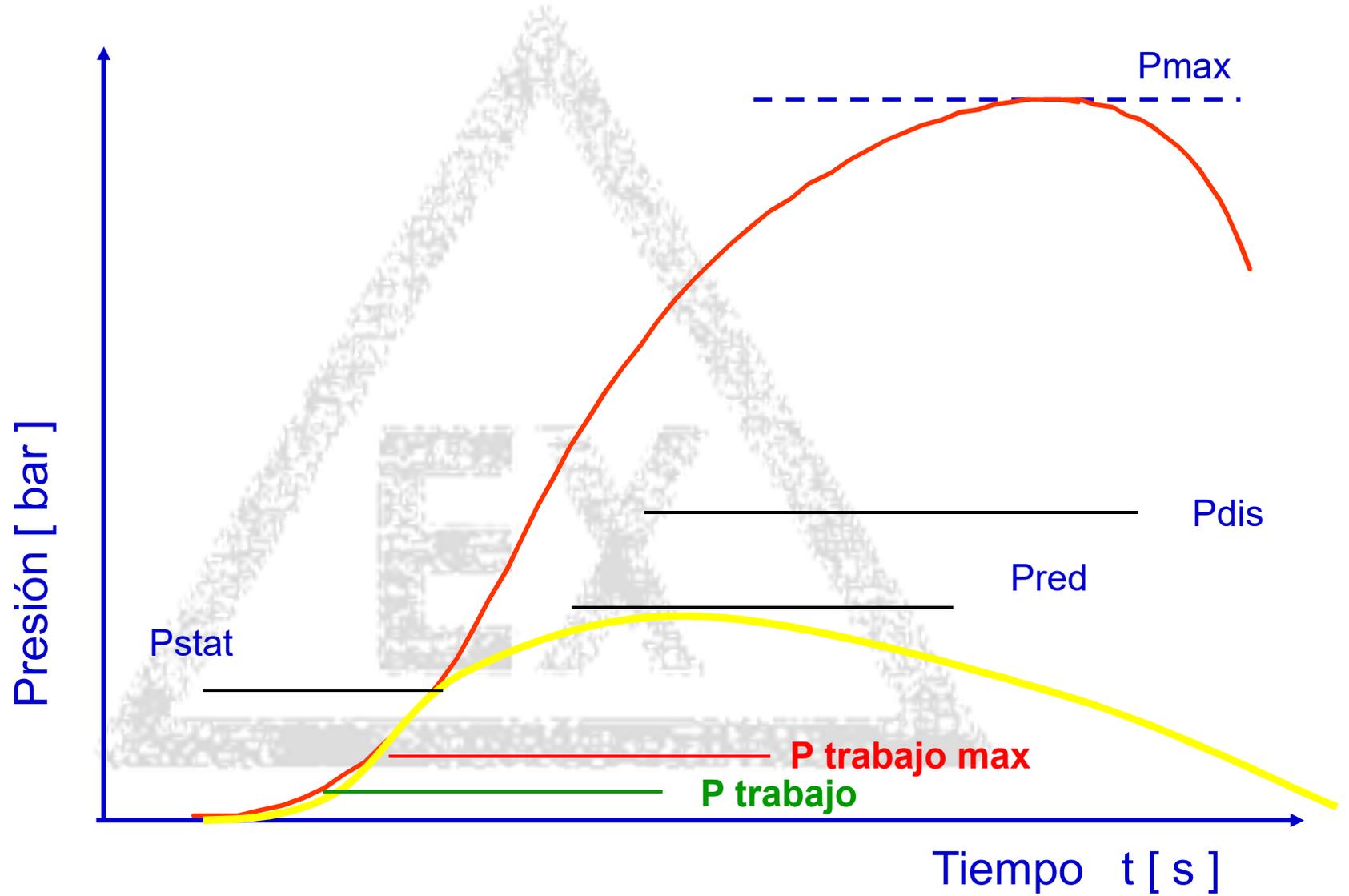
P de Trabajo máxima permitida: Presión máxima que soporta el panel sin fatigar mecánicamente

Pred: Presión que puede soportar puntualmente el sistema sin sufrir deformación

P dis: Presión a la que se ha diseñado el equipo, por encima de la cual no hay garantía de que resista

Pmax: Valor de máximo de la Presión de una explosión.

Presiones



Tiempo t [s]

Xavier de Gea

EN 14491 venteo de recipientes aislados

Silos y tolvas

Área de venteo $A_v = A \times Ef$

A es área de venteo expresada en m^2

Ef es la eficiencia del dispositivo de venteo de 0 a 100 %

Para p_{redmax} de 0,1 bar a 1,5 bar

$$A = B (1 + C \times \log L/D) \text{ [m}^2\text{]}$$

$$B = [3,264 \cdot 10^{-5} \times p_{max} K_{st} \times p_{red,max}^{-0,569} + 0,27 \times (p_{stat} - 01) \times p_{red,max}^{-0,5}] \times V^{0,753}$$

$$C = (- 4,305 \times \log p_{red,max} + 0,758)$$

Para p_{redmax} de 1,5 bar a 2,0 bar

$$A = B$$

Datos necesarios

- Dimensiones para calcular el Volumen
- L/D (Longitud / Diámetro)
- K_{max} y P_{max} (K_{st})
- P_{stat}
- P_{red}
- Eficiencia del dispositivo de venteo

unidad milimetro

H4
H5
d1
d2
H3
H1
H2

Volumen (m^3) L/D

Ventoe Consideraciones adicionales

Ventoe de recipientes aislados

Volumen: $V =$ m^3

L/D: $L/D_e =$

Resistencia (sobrepresión): $P_{red} =$ bar

Constante de explosividad: $K_{st} =$ bar m/s

Sobrepresión máxima de explosión: $P_{max} =$ bar

Presión de apertura del panel: $P_{stat} =$ bar

Longitud del conducto: $long =$ m Conducto

Diámetro del conducto: $d =$ m

Relación l/d del conducto: $l/d =$ m

Para $(l/d) > (l/d)_s$, P_{red} no aumenta: $(l/d)_s =$ m

Eficiencia: $E_f =$ %

Área de venteo: $A_v =$ m^2

Longitud de la llama: $L_f =$ m

Límites de aplicación de la ecuación

- Volumen de 0,1 m³ a 10.000 m³
- p_{stat} de 0,1 bar a 1 bar (si $p_{stat} < 0,1$ se usa 0,1 bar)
- $p_{red,max}$ de 0,1 bar a 2 bar
- K_{st} de 10 bar m/s a 800 bar m/s
- p_{max} de 5 bar a 12 bar
- L/D de 1 a 20
- Presión absoluta 110 kPa
- $O_2 < 21\%$
- Temperatura de -20°C a 60 °C

NFPA 68 DUST EXPLOSION VENT SIZING CALCULATION

- Para $L/D \leq 2$
- Atmosférico (-0,2 barg a + + 0,2 barg)

$$A_{v0} = 1 \cdot 10^{-4} \cdot (1 + 1.54 \cdot P_{stat}^{4/3}) \cdot K_{St} \cdot V^{3/4} \cdot \sqrt{\frac{P_{max} - 1}{P_{red}}}$$

- Si $> 0,2$ barg

$$A_{v0} = 1 \cdot 10^{-4} \cdot \left[1 + 1.54 \cdot \left(\frac{P_{stat} - P_{initial}}{1 + P_{effective}} \right)^{4/3} \right] \cdot K_{St} \cdot V^{3/4} \cdot \sqrt{\frac{1}{\Pi_{effective}} - 1}$$

Límites de aplicación de la ecuación

$$A_{v0}$$

- Volumen de 0,1 m³ a 10.000 m³
- $p_{stat} \leq 0,75 (1 + P_{inicial})$ cuando $P_{inicial} > 0,2$ barg
- $p_{stat} \leq 0,75$ barg cuando $P_{inicial} > 0,2$ barg
- $p_{red,max}$ de 0,1 bar a 2 bar
- K_{st} de 10 bar m/s a 800 bar m/s
- p_{max} de 5 bar a 12 bar
- L/D de 1 a 2
- $v < 20$ m/s

EN14491 llenado axial y por gravedad

Llenado hasta 10 m de altura

For vessels with a height $L \leq 10$ m:

$$A = X(1 + Y \times \log(L/D)) \quad \text{in m}^2$$

For vessels with a height $L > 10$ m:

$$A = 0,1 \times L \times X(1 + Y \times \log(L/D)) \quad \text{in m}^2$$

with

$$X = (1/D_Z \times (8,6 \times \log p_{\text{red,max}} - 6) - 5,5 \times \log p_{\text{red,max}} + 3,7) \times 0,011 \times K_{\text{St}} \times D_F$$

$$Y = 1,0715 \times p_{\text{red,max}}^{-1,27}$$

Dónde: D_F es el diámetro de llenado y D_Z es el diámetro efectivo $D_Z = \sqrt[3]{\frac{4V}{\pi}}$

Límites:

$$10 \text{ m}^3 \leq V \leq 250 \text{ m}^3$$

Caudal máximo 2500 m³/h

Velocidad aire ≤ 30 m/s

$$D_F \leq 300 \text{ mm}$$

$$P_{\text{stat}} \leq 0,1 \text{ bar}$$

$$50 \leq K_{\text{st}} \leq 300 \text{ bar m/s}$$

EN14491 llenado tangencial

Llenado tangencial

$$A = X(1 + Y \cdot \log(L/D)) \quad \text{in m}^2$$

with

$$X = \left(\frac{1}{D_Z} \right) \left(\left(\frac{8,6}{k} \right) \log p_{\text{red,max}} - \left(\frac{K_{St}}{44} \right) - 0,513 \right) - \left(\frac{5,5}{k} \right) \log p_{\text{red,max}} + \left(\frac{K_{St}}{69} \right) + 0,191 \times 0,011 \times K_{St} \times D_F$$

$$Y = 0,166 \times e^{\frac{K_{St}}{129}} \times p_{\text{red,max}}^{-1,27}$$

with

$$k = 1 \text{ for } 0,1 \text{ bar} \leq p_{\text{red,max}} \leq 1 \text{ bar};$$

$$k = 2 \text{ for } 1 \text{ bar} < p_{\text{red,max}} \leq 1,7 \text{ bar}.$$

Dónde: D_F es el diámetro de llenado ≤ 200 mm

Límites:

$$10 \text{ m}^3 \leq V \leq 120 \text{ m}^3$$

$$1 \leq L/D \leq 5$$

Caudal máximo 2500 m³/h

Velocidad aire ≤ 30 m/s

$$D_F \leq 300 \text{ mm}$$

$$P_{\text{stat}} \leq 0,1 \text{ bar}$$

$$0,1 < P_{\text{red}} < 1,7 \text{ bar}$$

$$100 \leq K_{St} \leq 220 \text{ bar m/s}$$

NFPA 68 DUST EXPLOSION VENT SIZING CALCULATION

A_{v1}

A_{v1}

- Si L/D está entre 2 y 6

$$A_{v1} = A_{v0} \cdot \left[1 + 0.6 \cdot \left(\frac{L}{D} - 2 \right)^{0.75} \cdot \exp \left(-0.95 \cdot \left(\frac{P_{red}}{1 + P_{initial}} \right)^2 \right) \right]$$

where:

A_{v0} = vent area as calculated by 8.2.1

L/D = length-to-diameter ratio

P_{red} = reduced pressure after deflagration venting (bar-g)

$P_{initial}$ = enclosure pressure at moment of ignition (bar-g)

NFPA 68 efectos adicionales

A_{v2}

- Turbulencia $v = \frac{Q}{A}$

where:

v = average axial gas velocity (m/s)

Q = volumetric air flow rate (m³/s)

A = average cross-sectional area of the flow path (m²)

A_{v2}

- Si v_{axial} o v_{tan} son mayores a 20 m/s

$$A_{v2} = \left[1 + \frac{\max(v_{axial}, v_{tan}) - 20}{36} \cdot 0.7 \right] \cdot A_{v1}$$

NFPA 68 efectos adicionales

A_{v3} y A_{v4}

- Inercia del dispositivo de venteo
 - Cuando es $M \leq 40 \text{ Kg/m}^2$

$$A_{v3} = F_{SH} \left[1 + (0.0075) \cdot M^{0.6} \cdot \left(\frac{K_{St}^{0.5}}{n^{0.3} VP_{red}^{0.2}} \right) \right] \cdot A_{v2}$$

- Volumen parcial

$$A_{v4} = A_{v3} \cdot X_r^{-1/3} \cdot \sqrt{\frac{X_r - \Pi}{1 - \Pi}}$$

EN 14491

¿Volumen de venteo?

- El área de venteo es proporcional al volumen

$$\sqrt[0,753]{V}$$

- La ecuación habla de un mínimo de 0,1 m³ hasta 10.000 m³
- Volumen pequeño:

Kmax 100 / Pmax 8 / Pred 0,5 bar / L/D 1

Kmax 200 / Pmax 10 / Pred 0,5 bar / L/D 1

Volumen	Av
0,1 m ³	0,01 m ²
0,3 m ³	0,02 m ²
0,5 m ³	0,02 m ²
0,8 m ³	0,03 m ²
1,0 m ³	0,04 m ²

Volumen	Av
0,1 m ³	0,02 m ²
0,3 m ³	0,04 m ²
0,5 m ³	0,06 m ²
0,8 m ³	0,08 m ²
1,0 m ³	0,10 m ²

¿Volumen a ventear?

- Si V es superior a 10.000 m^3 esta fuera de la aplicación de la ecuación de la EN 14491
- Existen programas de simulación que van a mayor seguridad extrapolando de ensayos reales, pero que a mi entender son exagerados.
- Yo sería partidario de dividir “virtualmente el volumen.

$0,1 \text{ m}^3$

10.000 m^3



Condiciones especiales en EN 14491

- **Llenado neumático axial**
(altura i diámetro de llenado)

For vessels with a height $L \leq 10$ m:

$$A = X(1 + Y \times \log(L/D)) \quad \text{in m}^2$$

For vessels with a height $L > 10$ m:

$$A = 0,1 \times L \times X(1 + Y \times \log(L/D)) \text{ in m}^2$$

with

$$X = (1/D_z \times (8,6 \times \log p_{\text{red,max}} - 6) - 5,5 \times \log p_{\text{red,max}} + 3,7) \times 0,011 \times K_{\text{St}} \times D_F$$

$$Y = 1,0715 \times p_{\text{red,max}}^{-1,27}$$

Condiciones especiales en EN 14491

- **Llenado neumático tangencial
(altura i diámetro de llenado)**

$$A = X(1 + Y \cdot \log(L / D)) \quad \text{in m}^2$$

with

$$X = ((1/D_Z) \left((8,6/k) \log p_{\text{red, max}} - (K_{\text{St}}/44) - 0,513 \right) - (5,5/k) \log p_{\text{red, max}} +$$

$$(K_{\text{St}}/69) + 0,191) \times 0,011 \times K_{\text{St}} \times D_F$$

$$Y = 0,166 \times e^{\frac{K_{\text{St}}}{129}} \times p_{\text{red, max}}^{\frac{-1,27}{k}}$$

...

Condiciones especiales en EN 14491

- **Llenado por gravedad = que llenado axial
(altura i diámetro de llenado)**

For vessels with a height $L \leq 10$ m:

$$A = X(1 + Y \times \log(L/D)) \quad \text{in m}^2$$

For vessels with a height $L > 10$ m:

$$A = 0,1 \times L \times X(1 + Y \times \log(L/D)) \text{ in m}^2$$

with

$$X = (1/D_z \times (8,6 \times \log p_{\text{red,max}} - 6) - 5,5 \times \log p_{\text{red,max}} + 3,7) \times 0,011 \times K_{\text{St}} \times D_F$$

$$Y = 1,0715 \times p_{\text{red,max}}^{-1,27}$$

Protección de equipos interconectados

- El incremento de presión inicial de la explosión hace que el segundo recipiente deba tener mayor área de venteo:
- Condiciones de la ecuación:

interconexión: $DN < 300$, Longitud < 6 m , $K_{st} < 200$ bar m/s

Si volúmenes son parecido +/- 10% Ecuación inicial es aceptada

- Pred de cálculo será < 1 recomendándose una Pred de 2 bar
- $P_{stat} < 0,2$ bar
- Si los recipientes tiene mas de $20m^3$

interconexión: $DN < 500$, Longitud < 15 m , $K_{st} < 150$ bar m/s

- Si K_{max} entre 150 y 250 la Pred $< 0,5$ bar
- $P_{stat} < 0,1$ bar

Protección equipos interconectados

- L/D entre 20 y 100

Kst 100 bar m/s :
$$L = D \times \left[324,8 \times \left(1 - e^{-0,1072 \times p_L} \right) \right]$$

L/D < 50

De 100 < kst < 200 bar m/s

$$L = D \times \left(83,57 - 81,99 \times e^{-0,1640 \times p_L} \right)$$

De 200 < Kst < 300 bar m/s

$$L = D \times \left(63,76 - 62,42 \times e^{-0,1484 \times p_L} \right),$$

Venteo a través de Conductos

- Tiene efecto sobre la P_{red} requerida o sobre el Av
Aparece otro parámetro el l/d

$$p'_{red,max} = p_{red,max} \times (1 + 17,3 \times (A \times V^{-0,753})^{1,6} \times l)$$

l es la longitud del conducto afecta proporcionalmente a a la P_{red} del recipiente venteado.

- Límites de aplicación:

Volumen de 0,1 m³ a 10.000 m³

l/d de 1 a 20

$l \leq 10$ m

p_{stat} de 0,1 bar a 0,2 bar

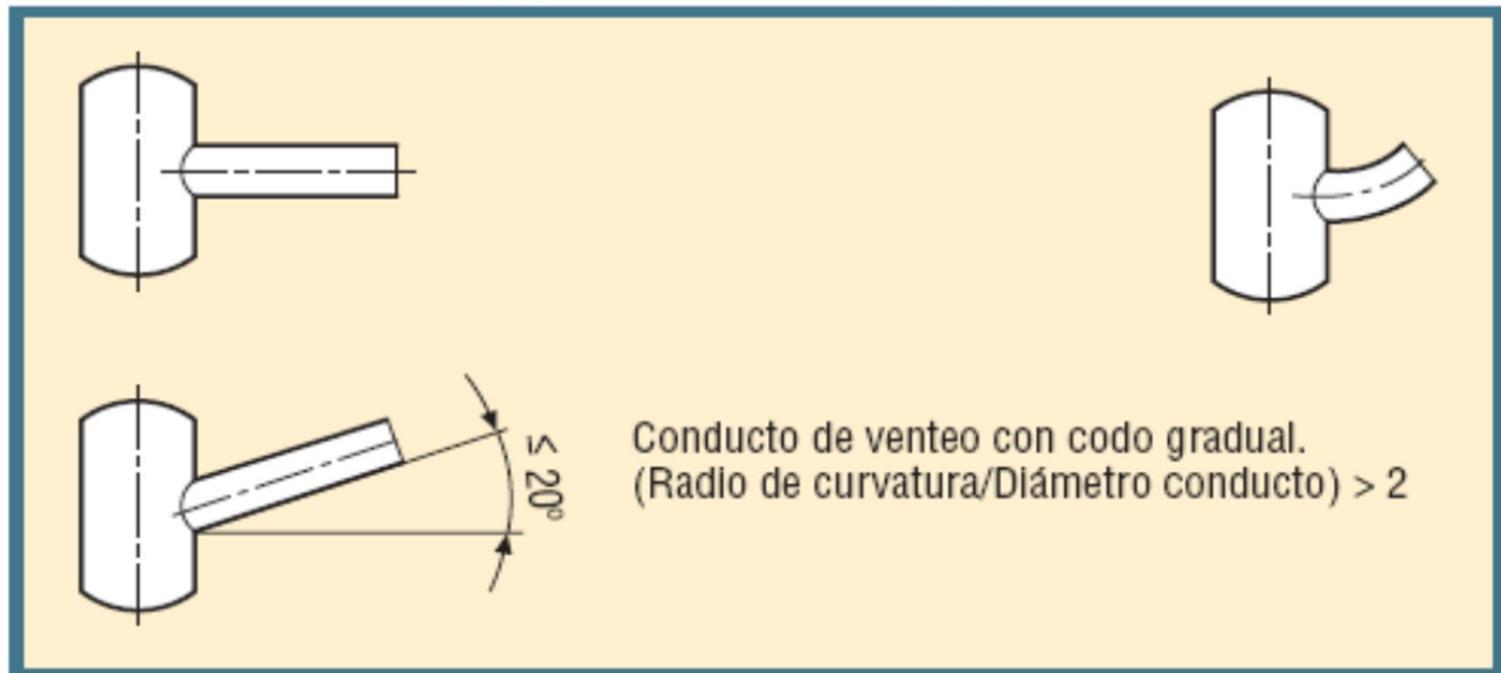
$p_{red,max}$ de 0,1 bar a 2 bar

K_{st} de 10 bar m/s a 400 bar m/s

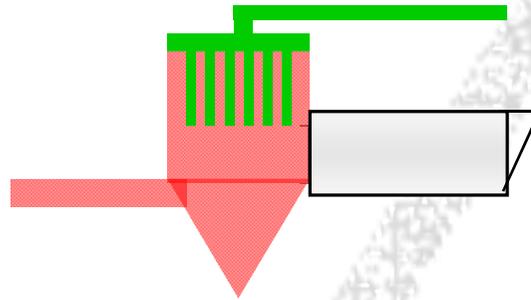
p_{max} de 5 bar a 12 bar

¿Cómo deben ser estos conductos?

- Deben cumplir con la EN 14460 equipos resistentes a la explosión:
 - Presión de diseño \geq Pred del recipiente
- Forma:



EL VENTEO a través de conducto



**Configuraciones No evaluadas
por la UNE EN 14491**

Área del conducto de venteo menor al área de venteo.

Codo de 90°.

Área del conducto de venteo mayor al área de venteo.

Codo de 45°.

A yellow rectangular box containing four technical diagrams of duct configurations. Each diagram shows a fan housing on the left connected to a duct on the right. The first diagram shows a straight duct with a smaller diameter than the fan housing. The second shows a 90-degree elbow. The third shows a straight duct with a larger diameter than the fan housing. The fourth shows a 45-degree elbow. Labels in Spanish describe each configuration.

NFPA 68

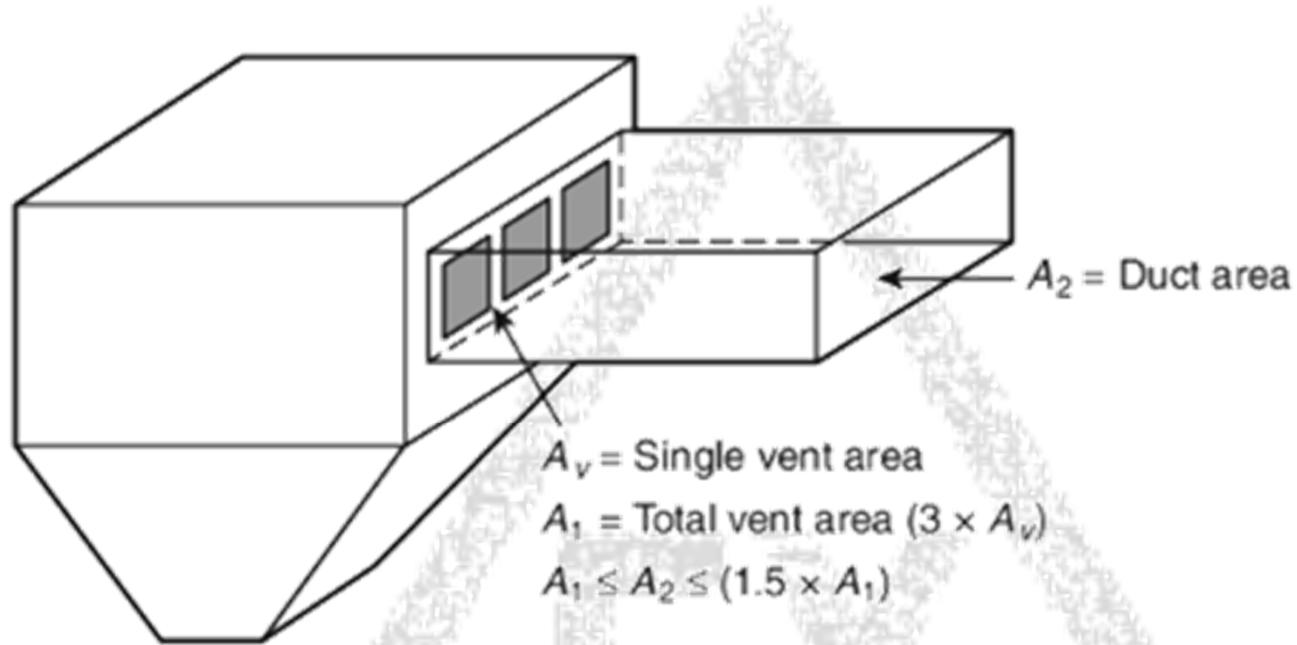
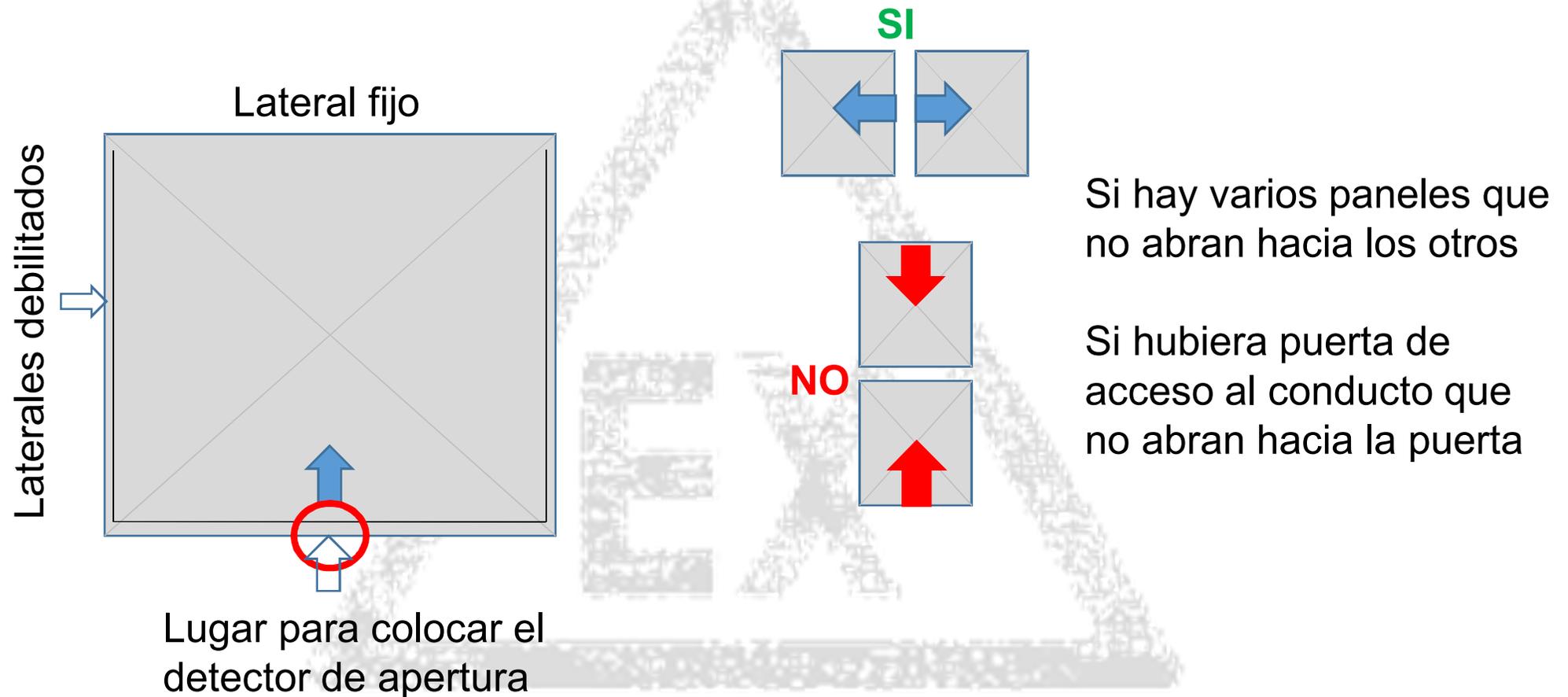


FIGURE 6.8.3 Example Range of Vent Duct Area for Manifolded Vent Duct.

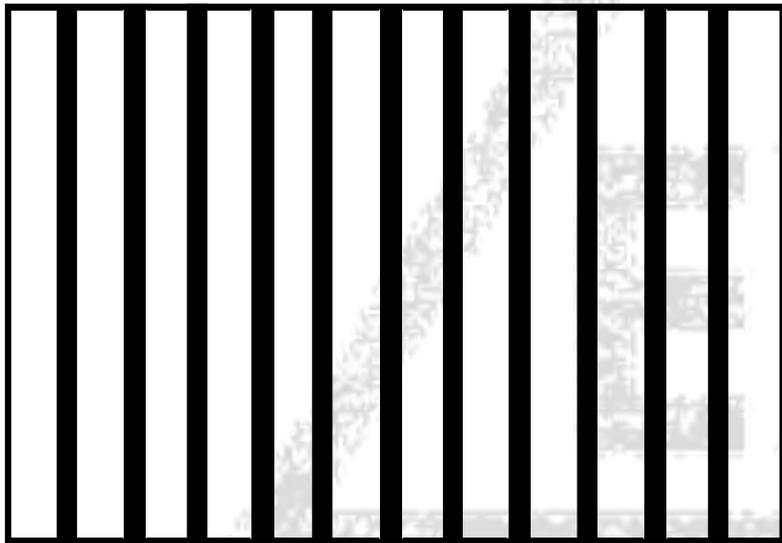
Sentido de apertura de los paneles

- Hay que tener en cuenta hacia dónde abren los paneles:



Si tenemos barras interiores

- Afectaran a la A_{vef} de venteo
 - $A_{vef} = A_v - A_{barras}$



Protección de edificios

- Se requieren venteos con P_{stat} 0,02 bar
- Distribución simétrica, paredes y techo

Área de venteo: $A = C \cdot A_s \cdot p_{red,max}^{-0,5}$

Donde

$$C \quad 0 < K_{st} \leq 100 : C = 0,018 \text{ bar}^{0,5}$$

$$100 \leq K_{st} \leq 200 : C = 0,026 \text{ bar}^{0,5}$$

$$200 \leq K_{st} \leq 300 : C = 0,030 \text{ bar}^{0,5}$$

A_s es el área interna del edificio en m^2 paredes + techo restándose el área ocupada por equipos

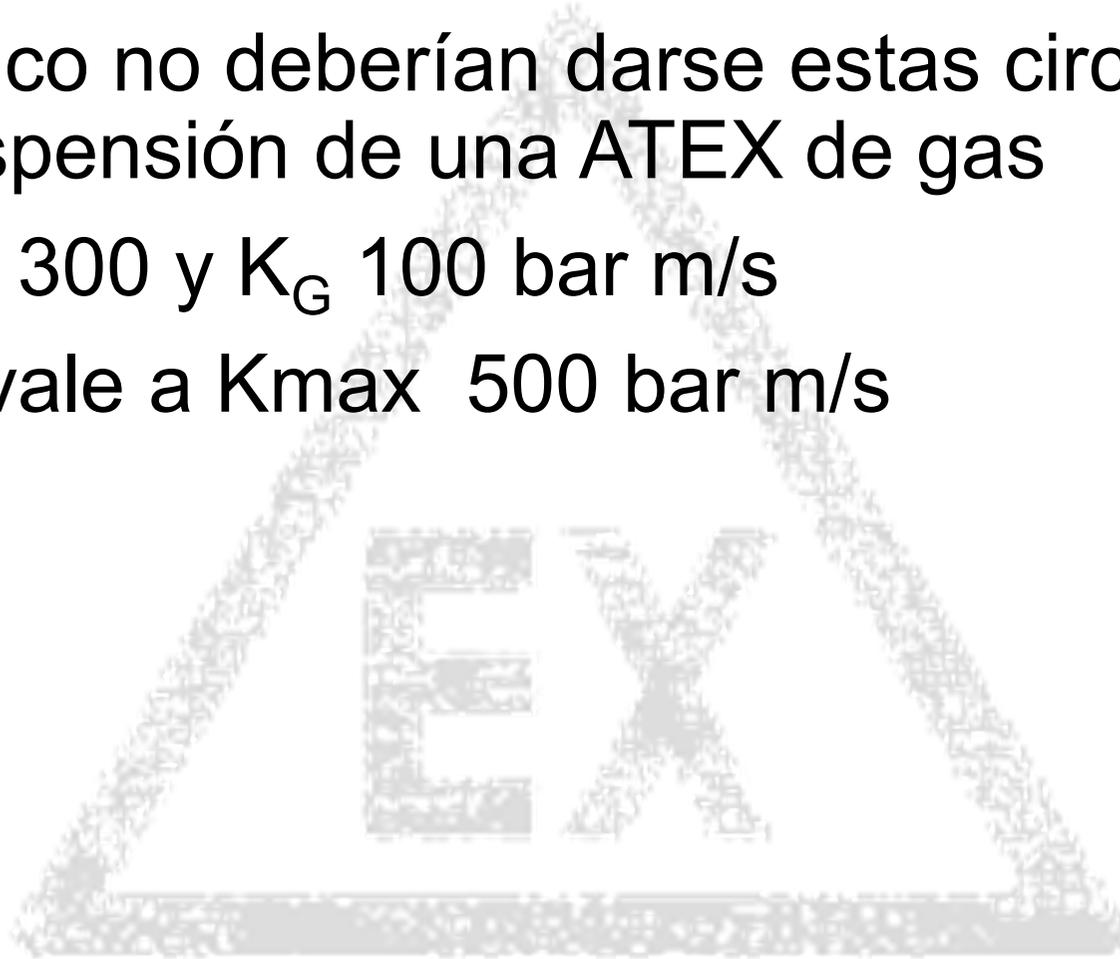
$p_{red,max}$ es la máxima presión alcanzada y será $\leq 0,1$ bar

Naves alargadas no se pueda ventear por todas la caras:

$$L < 12 \cdot A_c \cdot L_p^{-1}$$

Venteo de mezclas híbridas

- Es algo teórico no deberían darse estas circunstancias polvo en suspensión de una ATEX de gas
- Se toma K_{st} 300 y K_G 100 bar m/s
- Lo que equivale a K_{max} 500 bar m/s



Área de venteo Efectiva

- En Europa los dispositivos deben ser marcados ATEX y esto implica que deben cumplir con la norma específica de dispositivos de venteo la EN14797: 2007, además en el caso del venteo sin llamas deben cumplir con la EN 16009:2011.
- Estas normas exigen que un dispositivo debe incluir en su certificado la eficiencia del venteo o el área efectiva.
- NO EXISTE equivalente en NFPA, sólo en la NFPA 68 dice muy por encima como deben mantenerse los venteos.

Resultados de ensayos y Marcado según EN 14797

Cantidad del lote: 1
Número de ensayos de ruptura: 2
Temperatura durante el ensayo [°C]: 20
Resultados de los ensayos de ruptura [bar g] :

0,048	0,045

Marcado de los discos de ruptura/
paneles de venteo de explosion:

Tipo:	KE
Tamaño Nominal:	586 x 920
N° de Serie:	1207154
Area de Venteo AE:	5350 cm ²
Sobrepresión de apertura Pstat:	0,04bar @ 20°C
Tolerancia +/-:	0,01 bar
Resistencia al vacío :	20 mbar
Temperatura max.:	120°C
Material:	304
Opciones:	
Opciones:	

Dispositivos de venteo

Certificado

EN 14797:2007
especifique:

- p_{stat}
- Test de rotura:
con tolerancia
- Av: Área de
venteo
- Otros datos

PANELES DE VENTEO CONTRA EXPLOSIONES

PRESIONES

- 110 mbarg (+ 10 % tolerancia)

- P stat

100 mbarg

- 90 mbarg (-10 % tolerancia)

100 mbarg

- Ratio operativo (ejemplo 60 %)

ZONA FATIGA MECÁNICA

60 mbarg

- P máxima de trabajo (ejemplo 60 mbarg)

Paneles de venteo Pstat

prEN 14797:2006 (E)



Table 2 — Number of tests of explosion venting devices with non-reusable elements

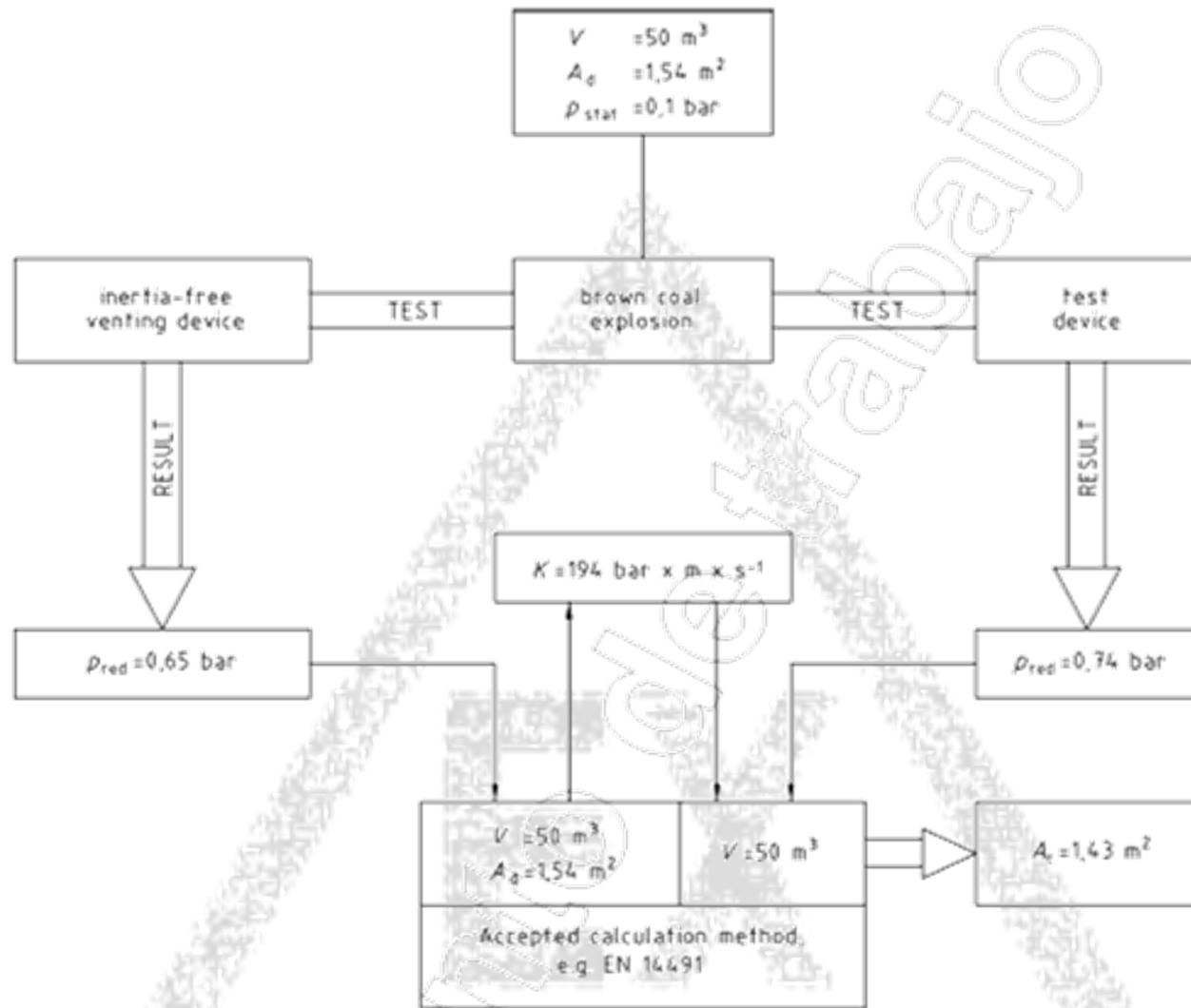
Total number in a batch	Number to be tested
Less than 10	2
10 to 15	3
16 to 30	4
31 to 100	6
101 to 250	4 % but not less than 8
251 to 1 000	3 % but not less than 10

All the test results shall fall in the tolerance range for the static activation pressure specified by the manufacturer. Otherwise the batch shall be deemed to have failed the test.

Paneles de venteo certificado ATEX

- **Todos son certificados como sistemas de protección según 2014/34 UE.**
- El rango de tamaños
 - Mayor y menor y si hay más de 5 tamaños 1 intermedio.
- Test de explosión:
 - Determinar máximas:
 - Kmax
 - Pmax
 - Pred
 - Eficiencia de venteo (**AREA EFECTIVA**) $E_r = A_E \times 100 \times A_d^{-1} \%$
 - **No fragmentable** al menos dos explosiones.

Paneles de venteo Test explosión ATEX



PANELES DE VENTEO

Fabricados según EN 14797

Marcado:

Nombre y dirección del fabricante

Modelo

Tamaño Nominal

Nº de Serie o lote

Masa específica

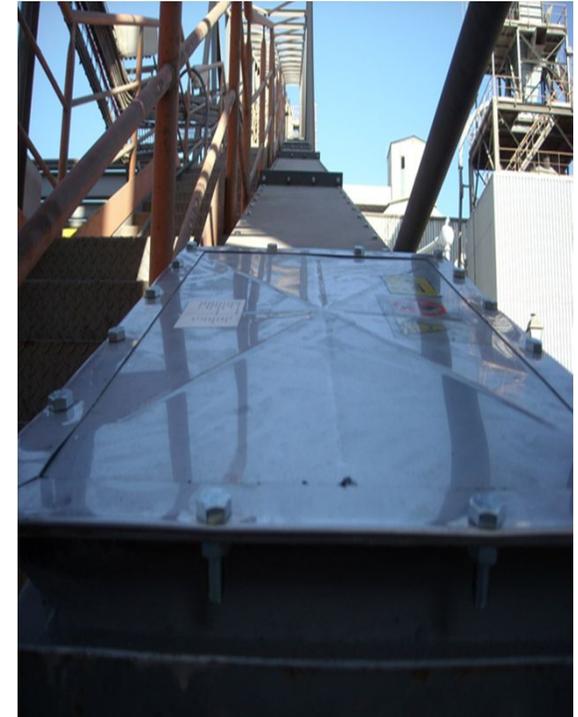
Pstat máxima y mínima i temperatura coincidente

Indicación de la dirección de flujo

Marcado específico Categoría, para polvo D o/y gas G

Los valores de Kmax y Pred max.

Nº del Standard EN 14797



Eficiencia de venteo

ÁREA DE VENDEO [m²] en función de la Pred del recipiente protegido

Pred max (bar)	Eficiencia %	266 EVN2.0	320 EVN2.0	420 EVN2.0	480 EVN2.0	565 EVN2.0	645 EVN2.0	735 EVN2.0
0,20	54	0,027	0,040	0,068	0,090	0,124	0,161	0,211
0,25	55	0,027	0,040	0,069	0,092	0,127	0,164	0,215
0,30	56	0,028	0,041	0,071	0,093	0,129	0,167	0,219
0,35	57	0,028	0,042	0,072	0,095	0,131	0,170	0,223
0,40	58	0,029	0,042	0,073	0,097	0,133	0,173	0,226
0,45	59	0,029	0,043	0,074	0,098	0,136	0,176	0,230
0,50	59	0,029	0,043	0,074	0,098	0,136	0,176	0,230
0,55	60	0,030	0,044	0,076	0,100	0,138	0,179	0,234
0,60	60	0,030	0,044	0,076	0,100	0,138	0,179	0,234
0,65	61	0,030	0,045	0,077	0,102	0,140	0,182	0,238
0,70	62	0,031	0,045	0,078	0,103	0,143	0,185	0,242
0,75	63	0,031	0,046	0,079	0,105	0,145	0,188	0,246
0,80	64	0,032	0,047	0,081	0,107	0,147	0,191	0,250
0,85	65	0,032	0,048	0,082	0,108	0,150	0,194	0,254
0,90	65	0,032	0,048	0,082	0,108	0,150	0,194	0,254
0,95	66	0,033	0,048	0,083	0,110	0,152	0,197	0,258
1,00	67	0,033	0,049	0,084	0,112	0,154	0,200	0,262
1,05	68	0,034	0,050	0,086	0,113	0,156	0,203	0,266
1,10	68	0,034	0,050	0,086	0,113	0,156	0,203	0,266
1,15	69	0,034	0,051	0,087	0,115	0,159	0,206	0,269
1,20	69	0,034	0,051	0,087	0,115	0,159	0,206	0,269
1,25	70	0,035	0,051	0,088	0,117	0,161	0,209	0,273
1,30	70	0,035	0,051	0,088	0,117	0,161	0,209	0,273
1,35	71	0,035	0,052	0,089	0,118	0,163	0,212	0,277
1,40	72	0,036	0,053	0,091	0,120	0,166	0,215	0,281
1,45	73	0,036	0,053	0,092	0,122	0,168	0,218	0,285
1,50	73	0,036	0,053	0,092	0,122	0,168	0,218	0,285
1,55	74	0,037	0,054	0,093	0,123	0,170	0,221	0,289
1,60	74	0,037	0,054	0,093	0,123	0,170	0,221	0,289
1,65	75	0,037	0,055	0,095	0,125	0,173	0,224	0,293
1,70	75	0,037	0,055	0,095	0,125	0,173	0,224	0,293
1,75	76	0,038	0,056	0,096	0,127	0,175	0,227	0,297
1,80	77	0,038	0,056	0,097	0,128	0,177	0,230	0,301
1,85	78	0,039	0,057	0,098	0,130	0,179	0,233	0,305
1,90	78	0,039	0,057	0,098	0,130	0,179	0,233	0,305
1,95	79	0,039	0,058	0,100	0,132	0,182	0,236	0,308
2,00	79	0,039	0,058	0,100	0,132	0,182	0,236	0,308
Volumen máx vál. m ³		1,60	1,48	2,43	3,09	4,22	5,32	6,00
Volumen máx 4 vál. m ³		6,40	5,92	9,72	12,36	16,88	21,28	24,00



Venteo

- **Área de venteo según EN 14491**
+
- **Dispositivo de venteo acorde a EN 14797**

Siguiente paso
DISTANCIA DE SEGURIDAD
a las llamas y la presión

Distancia de seguridad LLAMAS

- LONGITUD DE LA LLAMA

Horizontal

$$L_F = 10 V^{1/3}$$

Verticales

$$L_F = 9 V^{1/3}$$

- AMPLITUD DE LA LLAMA

Horizontal y Vertical

$$W_F = 2,8 V^{1/3}$$

La máxima distancia es de 60 m

Condiciones:

$$0,1 \text{ m}^3 < V < 10.000 \text{ m}^3$$

$$0,1 \leq p_{stat} \leq 0,2 \text{ bar}$$

$$0,1 \leq p_{red} \leq 2 \text{ bar}$$

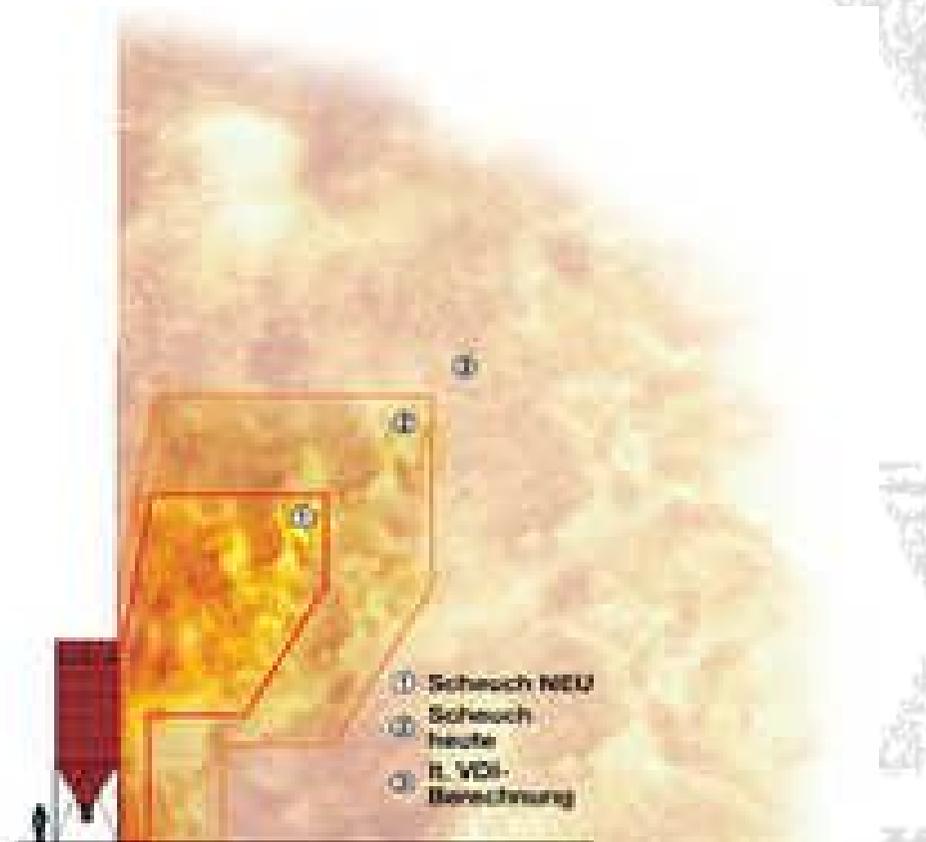
$$10 \leq K_{st} \leq 300 \text{ bar m/s}$$

- $L/D < 2$

Venteo a ZONA SEGURA



Ventoe a ZONA SEGURA



Distancia de seguridad PRESIÓN

La presión máxima será función de A_v de la Pred y del Volumen:

$$P_{ext,max} = 0,2 \times p_{red,max} \times A_v^{0,1} \times V^{0,18}$$

La distancia dónde se espera la mayor presión es a $\frac{1}{4}$ de la L_F : **$R_s = 0,25 \times L_F$**

A mayor distancia la presión se va reduciendo rápidamente pero puede calcularse con:

$$P_{ext,r} = P_{ext,max} \times (R_s/r)^{1,5}$$

Y si **$R_s < 0,25 \times L_F$**

Tomar la Pred del recipiente

Codiciones:

$$0,1 \text{ m}^3 < V < 250 \text{ m}^3$$

$$p_{stat} \leq 0,1 \text{ bar}$$

$$0,1 \leq p_{red} \leq 1 \text{ bar}$$

$$K_{st} \leq 200 \text{ bar m/s}$$

- $L/D < 2$

Xavier de Gea

Reducción de los efectos externos

- Distancia de seguridad

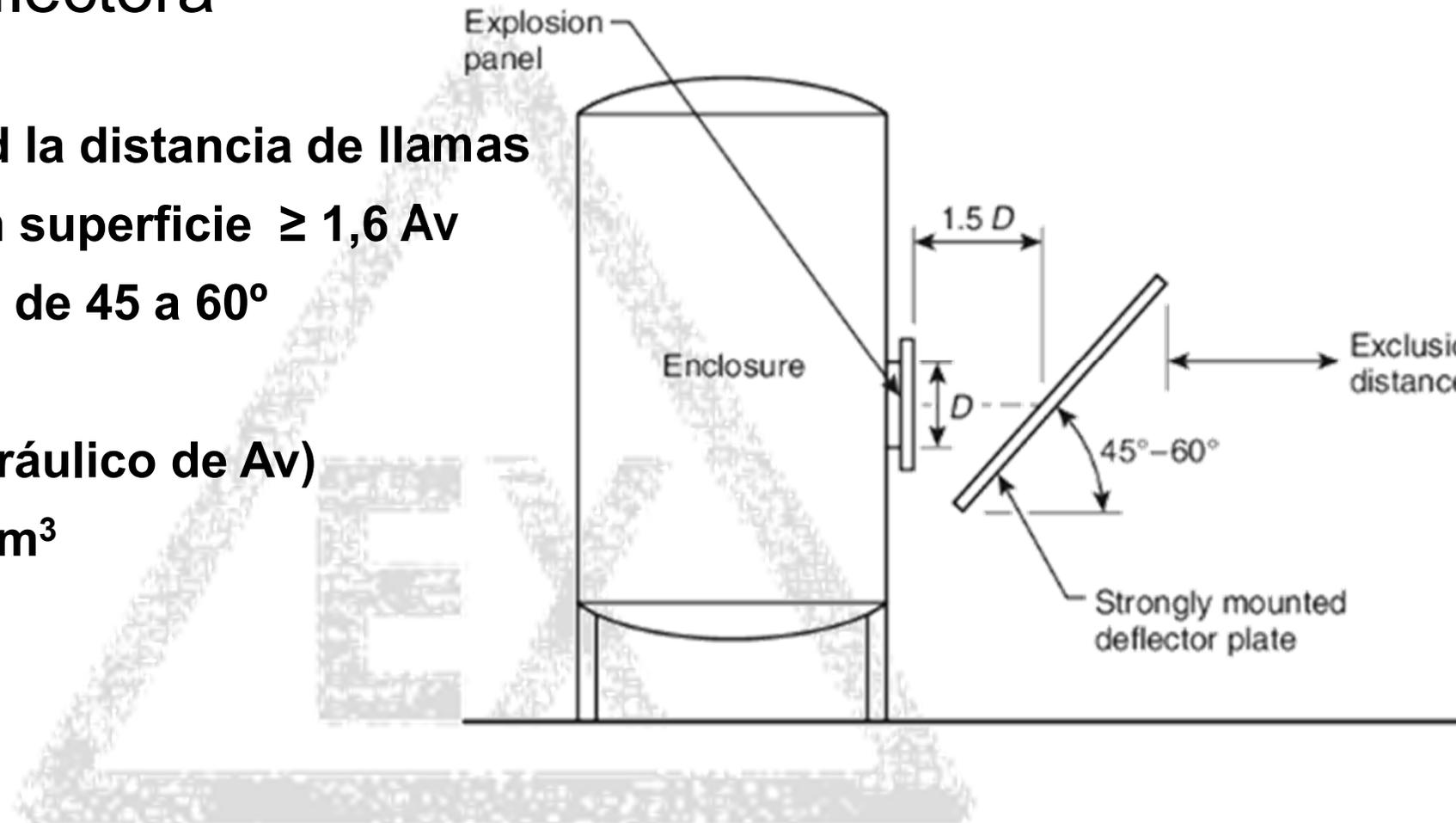
Pantalla deflectora

Reduce a la mitad la distancia de llamas

- El deflector con superficie $\geq 1,6 A_v$
- Una inclinación de 45 a 60°
- Situado a 1,5 D

(D = diámetro hidráulico de A_v)

- Válido hasta 20m³



Venteo sin llamas EN 16009

Tener en cuenta los límites del dispositivo de venteo

$p_{red\ FV}$

$V_{max\ FV}$

Además de la EN14797 deben cumplir con EN16009

Efectos en el exterior:

Temperatura (en superficie y a 1 m)

Presión

Ruido

Nota: NFPA 68 los cita pero no profundiza sobre los venteos sin llama

Venteo sin llamas en el interior

VENTEO SIN LLAMAS

- Si el volumen de la habitación circundante es inferior a 300 veces el volumen venteado, el aumento de presión en la habitación a través del proceso de ventilación se puede calcular de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\Delta p = 1,74 \cdot p_0 \cdot \frac{V_{\text{vented}}}{V_{\text{building}}}$$

Δp	incremento de presión [mbar]
P_0	presión ambiente (1013mbar)
V_{vented}	Volumen del recipiente venteado [m ³]
V_{building}	Volumen del edificio [m ³]

Por ejemplo tolva de 2 m³ en sala de 12x12x 5 m = 720 m³

$$\Delta p = 4,89 \text{ mbar}$$

Volumen mínimo del edificio: resistencia de 10 mbar

The minimum volume required to prevent damage to a room containing a piece of equipment vented through a quenching device is to be determined according to a formula that relates the maximal pressure rise in the room/building, Δp , to the volume of the room/building, V_0 , and the volume of the equipment, V :

$$\frac{V_0}{V} = \alpha \frac{p_0}{\Delta p}$$

where

p_0 is ambient pressure;

Δp is maximal pressure rise in the room/building;

α is expansion constant, empirically derived from the volume and temperature of the gases external to the protected equipment;

V_0 is volume of the room/building;

V is volume of the equipment.

Considering the typical design strength of standard industrial buildings is 0,01 bar, reinforcing or venting of the surrounding area (building/room) should be considered when this room or building is smaller than 300 times the vented volume, or a ratio which is determined by testing and/or calculation as per above.

Fuente: EN 16009: 2011

Dónde α es entre 1,74

La relación debe ser de 300 veces el volumen protegido sino la presión puede superar los 10 mbar y empezar a dañar partes del edificio como falsos techos ventanales, etc...

• Del manual de los venteos sin llamas de Hoerbiger

5.1.1 Temperatura máxima superficial

Después de una prueba de explosión, se observó la temperatura máxima de la superficie en los apagallamas de las válvulas de alivio de explosión:

Temperatura máxima superficial **Tmax = 270°C**

5.1.2 Temperatura máxima en el exterior

Durante las pruebas de explosión se midió la temperatura de la nube de polvo exterior. Se observó que a una distancia de 2,0 m en dirección radial al apagallamas, la temperatura máxima de la nube de polvo no superaba los 200 ° C. Hay que destacar que la duración del evento es muy corta (milisegundos).

5.1.3 Presión exterior

Durante las diferentes pruebas de explosión se midió la presión dinámica en el exterior del apagallamas. La medición se tomó a una distancia de 0,8 m en la dirección del flujo. La presión dinámica máxima que se registró:

Presión dinámica máxima **p_{dyn} = 430Pa**

Adicional a la presión se midió el nivel de sonido. Tenga en cuenta que este valor es solo una guía debido al hecho de que el ruido emitido depende en gran medida de la forma y el diseño del equipo en peligro de explosión.

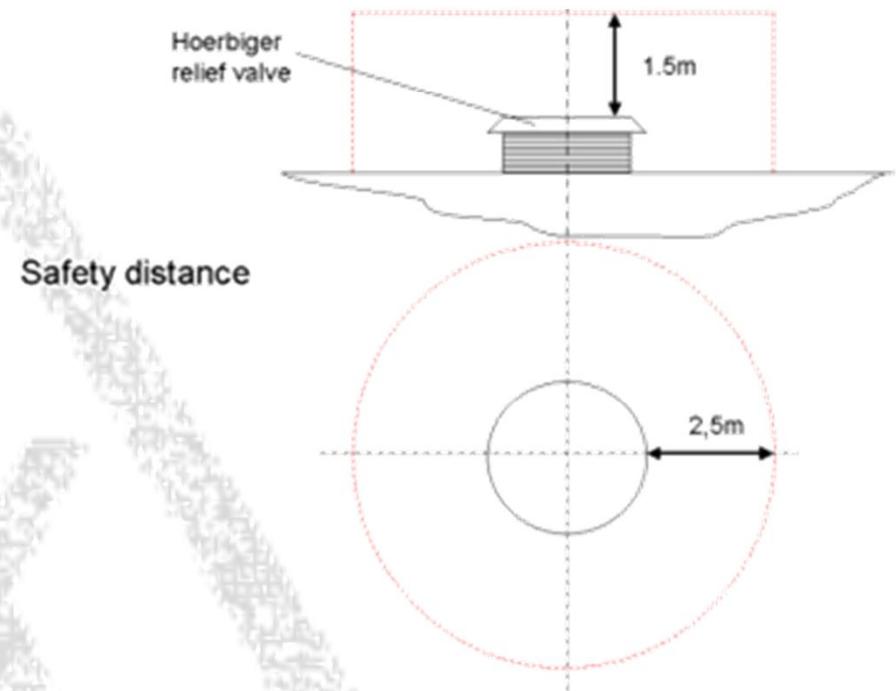
Máximo nivel de ruido (distancia 15m) 115 dB(A)

5.1.4 Nube de polvo

El entorno se puede llenar con una nube de polvo se puede estimar con un **radio de un máximo de 2,5 m** en dirección radial hacia el apagallamas y **1,5 m en dirección axial** hacia la válvula. Dentro de esta área no debe haber fuentes efectivas de ignición y el acceso durante la operación del equipo debe estar prohibido

5.1.5 Observaciones adicionales

Durante diferentes pruebas de explosión, se trató de determinar especialmente la influencia térmica en el entorno mediante la fijación del cabello humano a una distancia de 0,5 m en dirección radial al apagallamas. Se observó que el cabello permaneció sin influencia a esta distancia durante las pruebas de explosión con un polvo del valor más alto de KSt



Consideraciones del venteo

- **Inspección anual mínima, consiste:**
 - **Verificar estado del panel (exterior e interior).**
 - **Verificar el estado del detector de apertura.**
 - **Si se mantienen distancias de seguridad.**
 - **Si no hay obstáculos en la apertura.**
 - **¿Se han adicionado accesorios?, verificar si son ATEX**
 - **Está correctamente señalizado panel y zona de venteo**
 - **Existe barreras que eviten caídas accidentales**

Panel Roto, !Polvo combustible en el conducto!



Malas prácticas de venteo

- **Panel no certificado.**
- **Panel Fragmentable**
- **Área insuficiente**
- **No se permite apertura del panel**
- **Venteo “cara a la pared”**
- **Venteos encarados**
- **Venteo en zonas de paso o interior**
- **Distancias de seguridad de llamas**
- **No se han retirados elementos de envío**
- **No está correctamente señalizado panel y zona**
- **Evitar caídas accidentales**

EJEMPLOS de malas prácticas

Panel no es certificado: fragmentable, sin fabricante



EJEMPLOS de malas prácticas

Área de venteo insuficiente



EJEMPLOS de malas prácticas

No se permite la apertura del panel



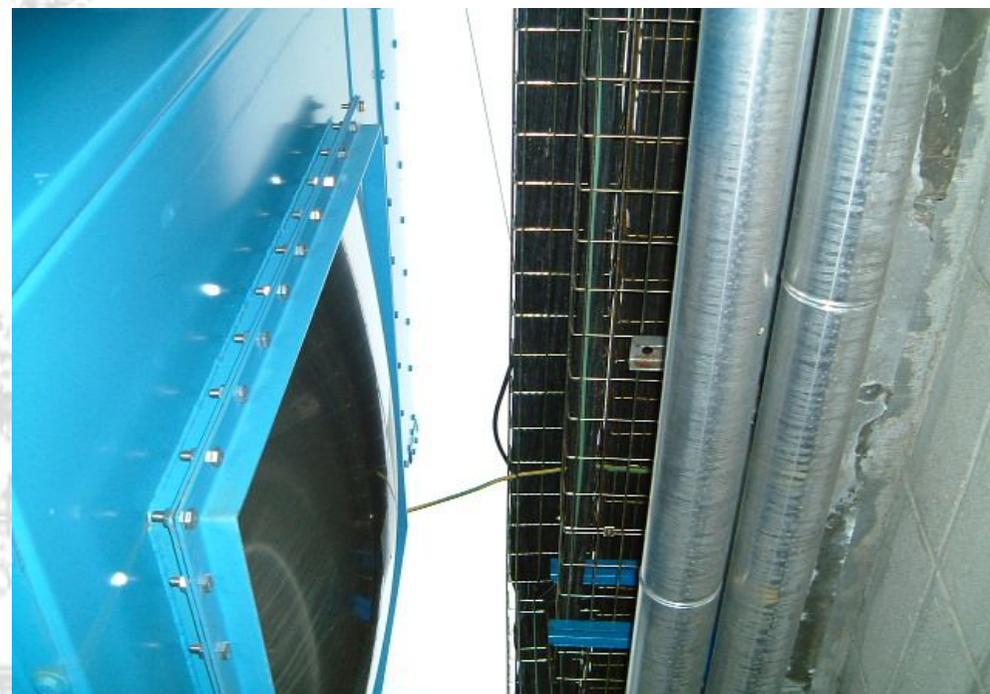
EJEMPLOS de malas prácticas

No se permite la
apertura del panel



EJEMPLOS de malas prácticas

Ventilo “cara a la pared”



EJEMPLOS de malas prácticas

Venteo en zonas de paso o interior



EJEMPLOS de malas prácticas

Distancias de seguridad de llamas



EJEMPLOS de malas prácticas

No se han retirado los embalajes de transporte



Mantenimiento

ANEXO B (Informativo)

SERVICIO Y MANTENIMIENTO

B.1 Generalidades

Los sistemas de venteo de explosión deberían inspeccionarse por una persona competente al menos una vez al año. Pueden ser necesarias inspecciones más frecuentes, dependiendo del proceso y/o las condiciones ambientales.

- **Inspección anual mínima, consiste:**

Fuente EN 14797

- **Verificar estado del panel (exterior e interior).**
- **Verificar el estado del detector de apertura.**
- **Si se mantienen distancias de seguridad.**
- **Si no hay obstáculos en la apertura.**
- **¿Se han adicionado accesorios?, verificar si son ATEX**
- **Está correctamente señalizado panel y zona de venteo**
- **Existe barreras que eviten caídas accidentales**
- **Se mantienen las condiciones de diseño**

Panel Roto



Panel roto “lo han soldado”



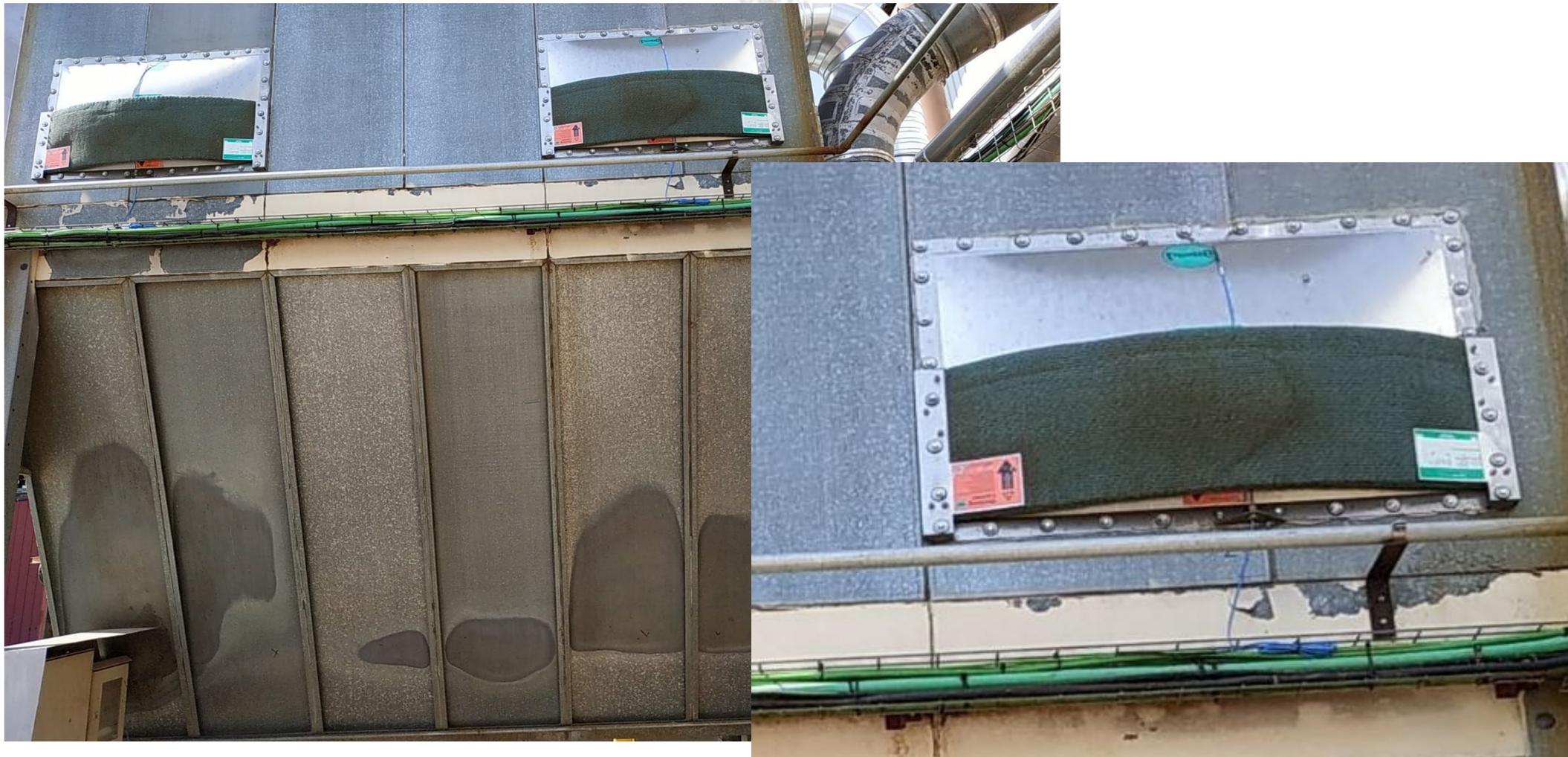
Cubierta no certificada



Cubierta no certificada y encadenada



Deflector mal instalado



Esta seria la manera correcta

Without TARGO-VENT
the flame creates a dangerous
situation in operating areas.



With TARGO-VENT
the flame is deflected
into safe areas.



Simplified image

A mi me gusta más así



- **Preguntas por el Chat !!!!**



Muchas gracias
Pero que muchas
gracias

Xavier de Gea

Licenciado en Ciencias Químicas

MBA por ESADE

Master de especialización en ATEX por UPM-LOM

DIRECTOR de ATEXPREVEN SL

www.atexpreven.com

Miembro del comité Europeo CEN/CN 305 WG3

Miembro del comité Nacional AEN/CTN 163

Email: xdegea@atexpreven.com

608095222