

## La ventilación

Como se ha indicado en la Hoja Técnica Ventilación en Ambientes Explosivos I al tratar de las técnicas de prevención de incendios y explosiones, la ventilación puede cumplir una importante misión evitando atmósferas potencialmente explosivas, que se encuentren por debajo del LIE. Límite Inferior de Explosión, manteniéndolas en bajo riesgo y diluyendo los aportes de gases o vapores que se vayan produciendo.



Fig. 1. Explosión

Esto es de capital importancia en procesos industriales que tienen lugar en hornos, estufas y secaderos. El cálculo resulta fácil si la cantidad de solvente es conocida.

El caudal de aire que debe aportar la ventilación es

$$Q \text{ (m}^3/\text{h)} = \frac{22,4 \times P_e \times 100 \times C \times S}{P_m \times \text{LIE} \times B}$$

donde:

- $P_e$  - Peso específico del solvente
- $P_m$  - Peso molecular del solvente
- $C$  - Coeficiente de seguridad entre 4 y 12
- $S$  - Litros/hora del solvente a diluir
- LIE - Límite Inferior Explosividad %
- $B$  - Constante igual a 1 para temperaturas hasta 120 °C. Para temperaturas superiores debe tomarse -0,7

Una vez conocido este valor hay que tener en cuenta situar las bocas de extracción de aire lo más cerca posible de los focos contaminantes, que el circuito de aire que se establezca pase por zona nociva para arrastrar los vapores perjudiciales y que lleguen al exterior sin atravesar los lugares ocupados por el personal. Finalmente, hay que procurar que el aire expulsado no vuelva a entrar, por lo que situaremos alejadas unas de otras las bocas de salida y las de entrada de aire en el local.

Este cálculo es válido para recintos en los que no estén ocupados por personal. En este caso el cálculo debe hacerse atendiendo a la máxima concentración del tóxico permitida para los humanos, es el término conocido como MAC, que depende de lo pernicioso del producto, de la uniformidad de su distribución, de la situación del ventilador que determina la dirección de arrastre del contaminante, etc. Su valor debe tomarse entre 3 y 10.

Así pues la fórmula anterior reviste la forma:

$$Q \text{ (m}^3/\text{h)} = \frac{22,4 \times P_e \times 100 \times S \times K}{P_a \times \text{MAC}}$$

en donde:

- $K$  - 3 a 10
- MAC - Máxima concentración aceptable en %

Los valores del LIE y MAC vienen recogidos en la tabla de la última página de la Hoja Técnica Ventilación en Ambientes Explosivos I. Debe efectuarse el cálculo basándose en el LIE y en el MAC haciendo prevalecer el resultado que sea más elevado.

Si hay mezcla de gases se puede considerar la mezcla como formada por un sólo componente con el LIE más bajo o sea utilizando el mayor caudal de aire. Si se desea hacer un cálculo más preciso puede usarse la fórmula de Le Chatelier:

Un ejemplo de cuanto llevamos expuesto:



Fig. 2. Estufa de secado de piezas pintadas o barnizadas

Unas piezas barnizadas deben secarse en una estufa a 175 °C. El disolvente volátil es Tolueno del que se evapora un litro por hora de forma uniforme (esto es importante: uniformemente a lo largo de una hora). ¿Qué caudal de aire exterior, puro, necesitamos para diluir los vapores de Tolueno por debajo de su Límite Inferior Explosivo?

$$Q \text{ (m}^3/\text{h)} = \frac{22,4 \times P_e \times 100 \times C \times S}{P_m \times \text{LIE} \times B} = \frac{22,4 \times 0,866 \times 100 \times 10 \times 1}{92,12 \times 1,27 \times 0,7} = 237 \text{ m}^3/\text{h}$$

Como esta fórmula se refiere a condiciones normales aplicaremos la Ley de Charles y Gay Lussac para conocer el caudal necesario a 175 °C a que trabaja la estufa:

$$Q_2 = Q_1 \frac{t_2 + 273}{t_1 + 273} = \frac{237 \times 175 + 273}{20 + 273} = 362 \text{ m}^3/\text{h}$$

Este caudal, 360 m<sup>3</sup>/h aproximadamente, es el que deberá proporcionar el sistema de ventilación de la estufa. Es decir, insuflar 360 m<sup>3</sup> de aire cada hora, de forma uniforme, continuada o bien extraer este mismo volumen horario, previendo una entrada de aire a través de un filtro en todo caso.



Fig. 3. Estufa de secado continuo de piezas impregnadas o pintadas

Otro ejemplo:



Fig. 4. Cabina de pintura a pistola

El pintado en cabinas y espacios cerrados con evaporación de solventes volátiles al ambiente interior, constituye un caso de atmósfera potencialmente explosiva con presencia humana cuya ventilación de dilución debe calcularse para que no sobrepase ni el LIE, Límite Inferior Explosivo, ni el MAC, Máxima Concentración Aceptable.

Una cabina de pintura a pistola para coches, manual, con los operarios pintores dentro de la misma, que evapora dos litros de xylol por hora, trabajando a temperatura ambiente, ¿Qué caudal de aire precisa para diluir el contaminante?

Para mantener el ambiente por debajo del LIE hace falta un caudal de:

$$Q = \frac{22,4 \times 0,881 \times 100 \times 8 \times 2}{106,16 \times 1 \times 1} = 300 \text{ m}^3/\text{h}$$

pero como la cabina de pintura está ocupada por seres humanos, deberemos calcular el caudal necesario para diluir el contaminante a valores de la Máxima Concentración Aceptable, el MAC, para lo que resulta:

$$Q = \frac{22,1 \times P \times 10^6 \times S \times K}{P_a \times \text{MAC}} = \frac{22,1 \times 0,881 \times 10^6 \times 2 \times 6}{106,16 \times 100} = 22.300 \text{ m}^3/\text{h}$$



Fig. 5. Vehículos

Los vehículos a motor dentro de un aparcamiento sueltan al ambiente múltiples componentes, inclusive los carburantes de gasolina y gasoil y sus vapores, si por avería o accidente se perforan los tanques, los cuales pueden acumularse y constituir una atmósfera explosiva. La ventilación obligatoria por exigencias de la salud de los ocupantes debe calcularse también para diluir los gases y vapores producidos por debajo de su MAC, Máxima Concentración Aceptable.

En este caso, como la seguridad para la salud de los operarios exige 22.300 m<sup>3</sup>/h, muy superior a los 300 que se necesitan para prevenir explosiones, ventilaremos en función de la Higiene Industrial con lo que quedará sobradamente protegida la instalación contra el peligro de explosión.



Fig. 6. Aparcamiento subterráneo

Hay que recordar que las mezclas de aire y gases inflamables pueden explotar cuando alcancen su temperatura de inflamabilidad. Basta con que una pequeña parte de la mezcla alcance esta temperatura para que se produzca la ignición o la explosión, la que se propaga por toda la mezcla a alta velocidad acelerada. Generalmente la causa de la explosión es una chispa en contacto con el gas.

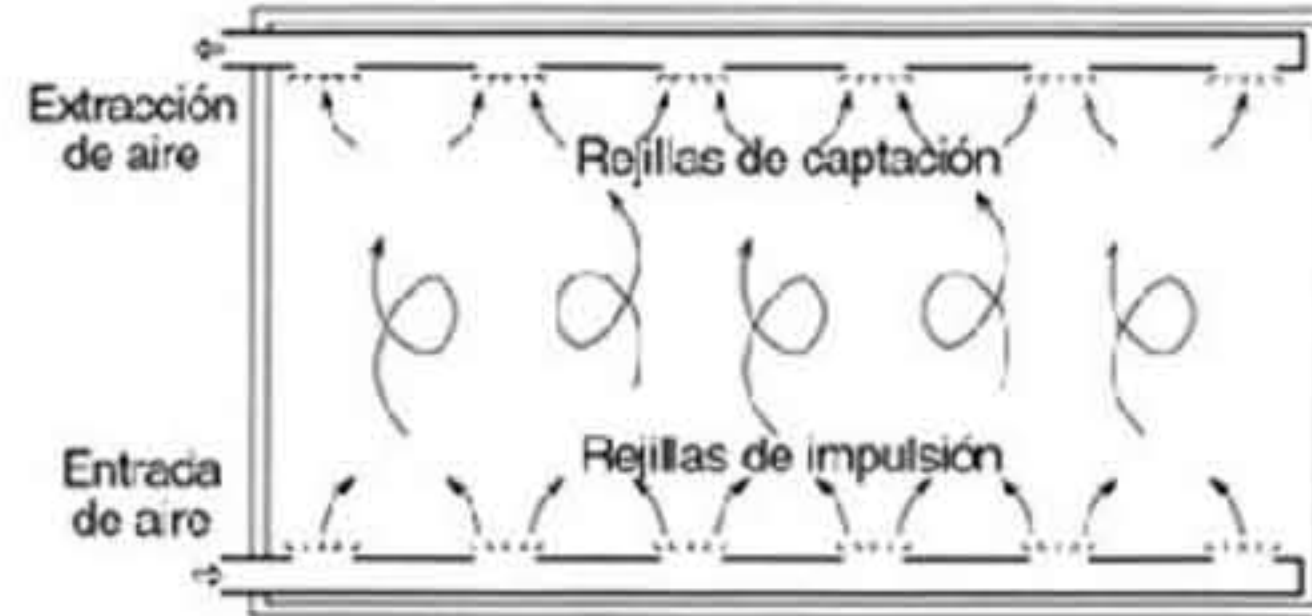


Fig. 7. Distribución de la ventilación

Planta de un aparcamiento subterráneo con indicación de la entrada E y la salida S.

El ejemplo de cálculo de la ventilación de un aparcamiento subterráneo está desarrollado en la Hoja Técnica Casos de Aplicación, Ventilación de Aparcamientos I y Ventilación de Aparcamientos II.

La explosión solamente ocurre cuando el gas inflamable está presente en una proporción determinada en el aire o el oxígeno. Por ejemplo:

- Una mezcla de aire y metano (grisú) solamente es explosiva si el contenido de metano sobrepasa el 5,3 %
- Una de hidrógeno y aire lo es cuando el contenido es mayor del 4,1 %
- El acetileno sólo explota en el aire cuando su contenido está comprendido entre el 2,8 y el 65 %
- Los límites de detonación para una mezcla de aire y monóxido de carbono son 15 - 75 %
- Aire y gas del alumbre: 10 - 20 %
- Aire y benceno: 1 - 60 %
- Aire y amoníaco: 16 - 27 %

Cuando los vapores de muchos disolventes volátiles se mezclan con el aire en determinadas proporciones, también son inflamables y pueden ocasionar explosiones. Se vaporizan grandes cantidades de disolventes cuando se pinta a pistola objetos grandes y pequeños, cuando se desengrasan objetos metálicos, etc.

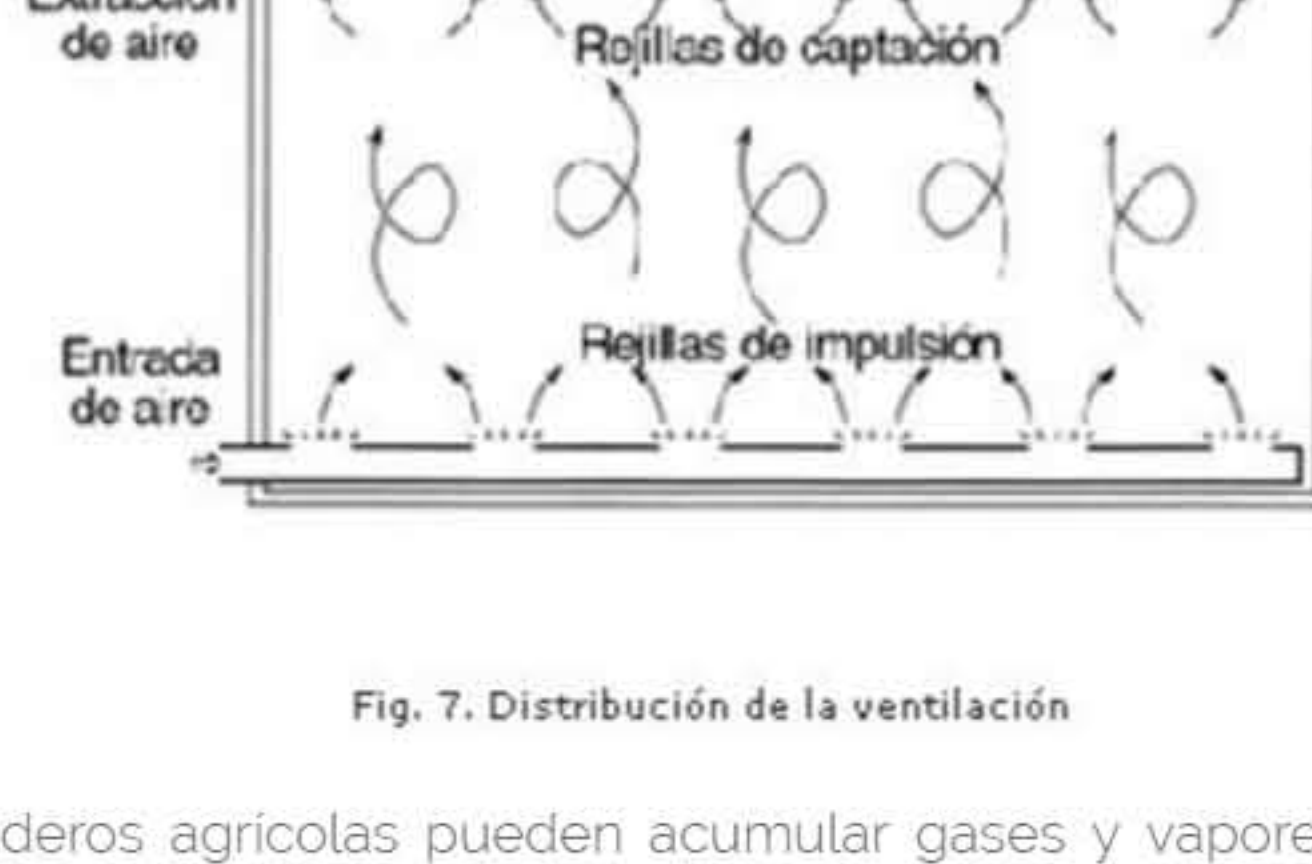


Fig. 7. Distribución de la ventilación

Las granjas de animales y los invernaderos agrícolas pueden acumular gases y vapores que pueden calificarse de atmósferas potencialmente explosivas por lo que expelen los animales y las plantas y, sobre todo, por los gases de los carburantes, líquidos o gaseosos, de los sistemas de calefacción.

Por ello, en el cálculo de la ventilación necesaria para la salud de bestias y plantas debe atenderse además a la prevención de una posible existencia de una atmósfera potencialmente explosiva.

Debe tenerse en cuenta lo que llevamos dicho para controlar atmósferas potencialmente explosivas para que se encuentren por debajo del LIE, Límite Inferior Explosivo, evitando con la ventilación que se sobrepase este límite. Pero cuando una atmósfera está entre el LIE y el LSE basta una fuente de energía, llama, chispa, calor, etc., para provocar la explosión y su control escapa de la simple ventilación, debiendo intervenir especialistas, bomberos, expertos en seguridad, etc. para proceder:

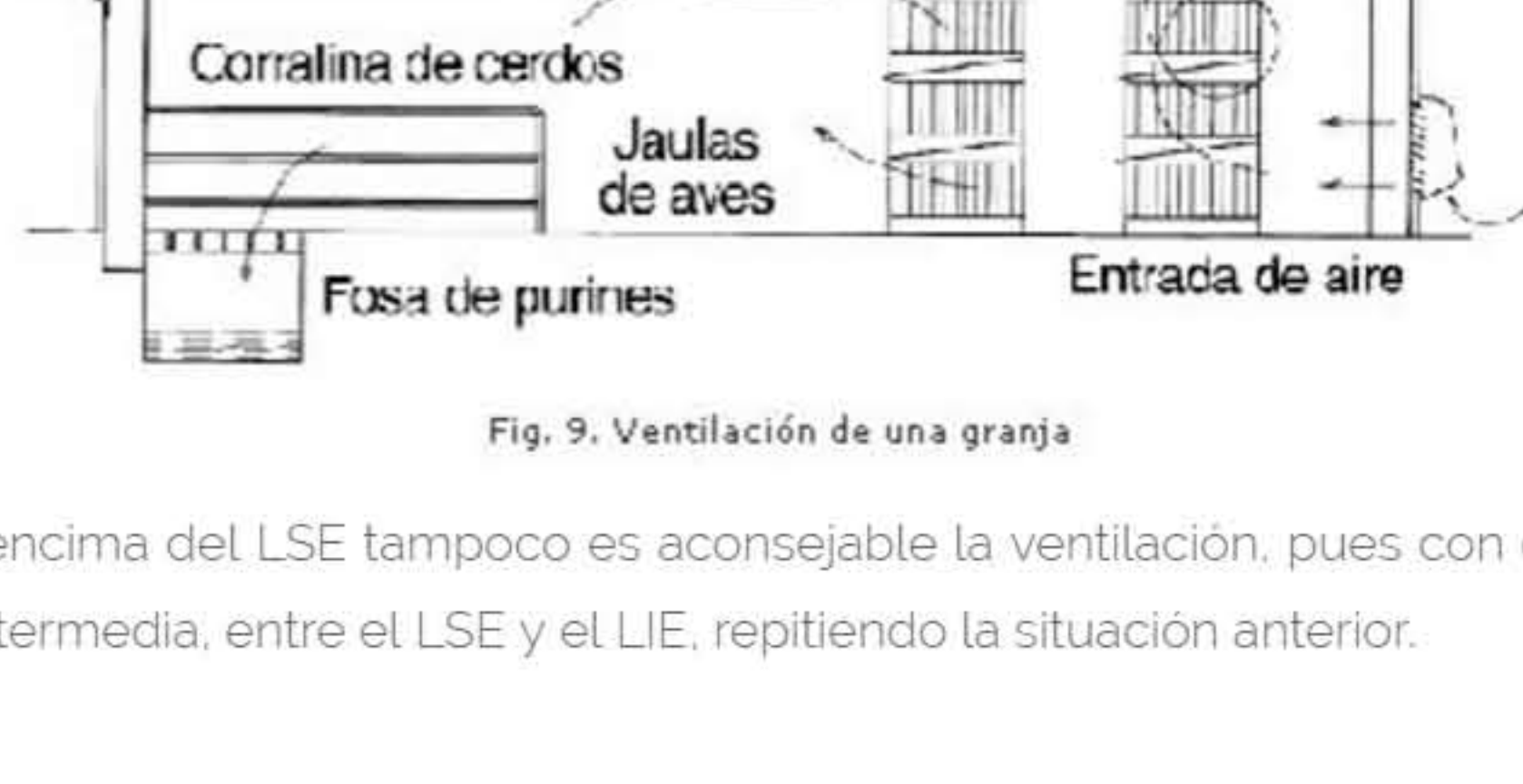


Fig. 9. Ventilación de una granja

Y cuando la atmósfera está por encima del LSE tampoco es aconsejable la ventilación, pues con el aire aportado sólo se consigue bajar el LSE y entrar en la zona intermedia, entre el LSE y el LIE, repitiendo la situación anterior.