

## **NORMAS Y MÉTODOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE ZONAS CON RIESGO DE INCENDIO Y EXPLOSIÓN.**

### **AUTOR:**

Marceliano Herrero Sinovas. E-mail: [info@seguridadindustrial.org](mailto:info@seguridadindustrial.org)

Ingeniero Técnico Industrial especialidad Eléctrica por la Escuela Universitaria Politécnica de Valladolid. Técnico de la Sección de Industria y Energía de la Junta de Castilla y León. Ha organizado e impartido ponencias en varios cursos sobre el Nuevo Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y sobre Instalaciones Eléctricas en Lugares con Riesgo de Incendio y Explosión en el Colegio de Peritos e Ingenieros Técnicos Industriales de Valladolid.

### **RESUMEN:**

Son muchas las actividades industriales en las que existen atmósferas explosivas debido a la naturaleza combustible de las sustancias que procesan manipulan o almacenan.

En estos lugares se hace necesario y obligatorio por normativa de seguridad industrial y normativa de seguridad laboral analizar los emplazamientos con riesgo de incendio y explosión para determinar una clasificación de zonas en función del riesgo de producirse una atmósfera peligrosa.

En función de esta clasificación adoptaremos medidas de seguridad para el material eléctrico y no eléctrico, así como el EPI de los operarios, para garantizar una baja probabilidad de ocurrir una explosión o incendio.

En este artículo se muestra los conceptos básicos y una metodología general para la clasificación de lugares donde puede existir atmósferas peligrosas, basado en las normas UNE-EN, IEC, CEI o NFPA existentes al respecto.

### **Exigencias normativas de la clasificación.**

La obligación de realizar las clasificaciones de locales donde puede existir atmósferas peligrosas son básicamente dos:

Entorno de la seguridad industrial: La ITC 29 de prescripciones particulares para las instalaciones eléctricas de los locales con riesgo de incendio o explosión del RD 842/2002 Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, donde se especifican las reglas esenciales

para el diseño, ejecución, explotación, mantenimiento y reparación de las instalaciones eléctricas en emplazamientos en los que existe riesgo de explosión o de incendio debido a la presencia de sustancias inflamables para que dichas instalaciones y sus equipos no puedan ser, dentro de límites razonables, la causa de inflamación de dichas sustancias.

Entorno de la seguridad laboral: RD 681/2003 (Directiva 1999/92/CE) sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo. establecer las disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores que pudieran verse expuestos a riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo,

El campo de aplicación de ambas normativas es muy amplio, ya que abarcan cualquier emplazamientos en los que se fabriquen, procesen, manipulen, traten, utilicen o almacenen sustancias sólidas, líquidas o gaseosas, susceptibles de inflamarse, deflagrar, o explosionar, siendo sostenida la reacción por el aporte de oxígeno procedente del aire ambiente en que se encuentran.

Otro reglamento que obliga a la realización de clasificación de zonas es el Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos, APQ 1, el cual indica que en ciertos almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles es necesario la clasificación de zonas en función de la capacidad y el punto de inflamación del líquido.

### **Proyectos y documentos.**

La clasificación de zonas en locales con riesgo de incendio y explosión es una parte de un proyecto o documento más amplio.

Por una parte tenemos el REBT del entorno de la seguridad industrial y de las instalaciones eléctricas, el cual nos indica que debemos realizar un proyecto en todos los casos que puedan haber atmósferas peligrosas, donde debemos de realizar la clasificación de zonas según la norma UNE-EN 60079-10 para determinar las características del material eléctrico.

Por otra parte de la normativa de seguridad laboral, la clasificación de zonas forma parte de un documento que se denomina Documento de Protección contra Explosiones que debe

de ser realizado por el empresario cuyo objetivo principal, como ya hemos apuntado, es el de proteger a los trabajadores que desarrollen su actividad laboral en estas atmósferas.

También en el almacenamiento de productos químicos es necesario realizar esta clasificación para determinar la instalación eléctrica apropiada.

En todos los casos la parte más importante y básica, a la vez que la más complicada, de estos proyectos y documentos es sin duda la clasificación de zonas con riesgo de incendio y explosión.

### **Concepto de clasificación de zonas.**

Una vez que ya se ha visto la normativa que obliga a la realización de la clasificación de zonas, y el campo de aplicación de esta, definiremos lo que se entiende por clasificación de zonas:

Es un método por el cual los emplazamientos peligrosos son divididos en zonas basándose en la frecuencia de aparición y en la duración de la presencia de una atmósfera de gas explosiva, de acuerdo a lo siguiente:

Zonas con riesgo de incendio o explosión debido a gases o vapores inflamables:

zona 0: Es un emplazamiento en el que una atmósfera de gas explosiva está presente en forma continua o por largos períodos.

Zona 1: Es un emplazamiento en el que es probable que aparezca una atmósfera de gas explosiva en funcionamiento normal.

zona 2: Es un emplazamiento en el que no es probable que aparezca una atmósfera de gas explosiva en funcionamiento normal y si aparece es probable sólo de forma infrecuente y en períodos de corta duración.

Zonas con riesgo de incendio y explosión debido a polvos combustibles:

Zona 20: Lugar en el que, durante el funcionamiento normal, el polvo combustible, en forma de nube, está presente permanente o frecuentemente en cantidad suficiente como para ser capaz de producir una concentración explosiva de polvo combustible mezclado con el aire, y/o en las que se pueden formar capas de polvo de espesor excesivo e incontrolable.

Zona 21: Lugar no clasificado como zona 20 en el que, durante el funcionamiento normal, el polvo combustible en forma de nube es susceptible de aparecer en cantidad suficiente como para ser capaz de producir una concentración explosiva de polvo combustible en mezcla con el aire.

Zona 22: Lugares no clasificados como zona 21 en los que raramente pueden aparecer nubes de polvo y subsistir solamente durante cortos períodos, o en los que las acumulaciones o las capas de polvo combustible pueden estar presentes en condiciones anormales y pueden dar lugar a un aumento de las mezclas inflamables de polvo en el aire.

En cada zona se debe de utilizar un producto con una categoría y modo de protección en concreto según indica la tabla 1.

### **Materiales eléctricos para atmósferas clasificadas.**

Las instalaciones y equipos eléctricos pueden generar posibles focos de ignición, bien por chispa, arco eléctrico o temperaturas superficiales elevadas, que pueden provocar la materialización del riesgo de incendio o explosión existente en este tipo de actividades, es por ello que estas instalaciones y equipos eléctricos deben ser especialmente diseñados según la clase y zona del emplazamiento donde estén instalados. Las instalaciones eléctricas en este tipo de emplazamientos están reguladas por la ITC 29 del REBT RD 842/2002.

La Directiva Europea 94/9/CE sobre "Equipos y Sistemas de Protección previstos para su uso en atmósferas potencialmente explosivas", también denominada directiva ATEX 100 en referencia al artículo 100 del tratado de la Unión Europea, contempla los aspectos de diseño y construcción de aparatos y sistemas de protección para su uso en atmósferas potencialmente explosivas.

Esta directiva se adopta el 23 de Marzo de 1994 y entró en vigor el 1 de marzo de 1996, teniendo como propósito la eliminación barreras comerciales dentro del Área Económica Europea. Esta directiva ha sido transpuesta al ordenamiento jurídico español, mediante el Real Decreto 400/1996, de 1 de Marzo.

Los equipos y sistemas de protección para atmósferas explosivas, se clasifican según diferentes criterios. Estas clasificaciones, al ir marcadas sobre los materiales, permiten una indicación más clara al usuario para su empleo seguro.

Por el ambiente industrial en que está prevista su instalación, en Grupos

Grupo I, el correspondiente a aparatos y sistemas de protección para minería subterránea o zonas superficiales de las minas en las que se puede presentar mezclas explosivas de gases y polvos.

Grupo II para el resto de instalaciones con presencia de atmósfera explosiva. Al contrario que en las anteriores, ahora se establecen categorías de material en relación con las zonas de ubicación de los aparatos y de los sistemas de protección o de su nivel de seguridad.

Por el estado de la sustancia combustible, en Clases

Clase I: La sustancia combustible se presenta en forma de gas, vapor o niebla.

Clase II: La sustancia combustible se presenta en forma de polvo combustible.

Por la sensibilidad de la sustancia a la iniciación de la explosión por arco eléctrico o por llama, en Subgrupos

En función del IEMS (Intersticio Experimental Máximo de Seguridad) como medida de la sensibilidad a la llama, y de la EMI (Energía Mínima de Ignición) como una medida de la sensibilidad al arco eléctrico, el Grupo II se subdividen en Subgrupos:

Subgrupo IIA EMI= 250  $\mu$ J IEMS=0,92 mm, Subgrupo IIB EMI= 96  $\mu$ J IEMS=0,65 mm

Subgrupo IIC EMI= 20  $\mu$ J IEMS=0,35 mm

Por la sensibilidad de la sustancia a la iniciación de la explosión por contacto con una superficie caliente, en Clases Térmicas:

T1: 450°C; T2: 300°C; T3 200°C; T4 135°C; T5 100°C; T6 85°C.

Por la probabilidad de que los equipos aporten una fuente de energía que desencadene la explosión, en Categorías:

Categoría de aparatos: Clasificación de los equipos eléctricos o no eléctricos establecida por la Directiva 94/9/CE en función de la peligrosidad del emplazamiento en que se van a utilizar. Dentro del Grupo II (no minero) de aparatos se distinguen:

Categoría 1: Aparatos diseñados para que puedan funcionar dentro de los parámetros operativos determinados por el fabricante y asegurar un nivel de protección muy alto

Categoría 2: Aparatos diseñados para poder funcionar en las condiciones prácticas fijadas por el fabricante y asegurar un alto nivel de protección.

Categoría 3: Aparatos diseñados para poder funcionar en las condiciones prácticas fijadas por el fabricante y asegurar un nivel normal de protección.

Es importante no confundir las categorías de los productos con los modos de protección de los mismos, ya que mientras las categorías indican el nivel de protección, el modo nos indica un conjunto de medidas específicas aplicadas a un equipo eléctrico para impedir la inflamación de una atmósfera explosiva que lo circunde.

En los casos donde hay una alta probabilidad de que aparezca una atmósfera de gas explosiva la confianza debe depositarse en el uso de aparatos que tengan una baja probabilidad de originar una fuente de ignición. Por el contrario, cuando la probabilidad de presencia de una atmósfera de gas explosiva sea baja, pueden utilizarse aparatos contruidos con normas menos rigurosas.

Ver tabla 2 donde se indica el marcado de productos.

## **1º PARTE: CLASIFICACIÓN DE ZONAS CON RIESGO DE INCENDIO Y EXPLOSIÓN DEBIDO A LA PRESENCIA DE GASES O VAPORES INFLAMABLES.**

En esta primera parte se analizará la diversa normativa sobre la clasificación de lugares que han publicado diversas organizaciones con reconocido prestigio como UNE-EN, CEI, IEC o NFPA.

### **Definición de sustancias inflamable:**

La primera dificultad que se le plantea al técnico es determinar si en un local existe riesgo de formarse una atmósfera peligrosa, y por lo tanto obligatoriedad de clasificar las zonas según la normativa vigente. Para determinar si en un local puede formarse una ATEX deberemos de analizar las sustancias y preparados que se manipulan utilizan o tratan. Si estas sustancias pueden emitir gases a la atmósfera inflamables, entonces estaremos en el campo de aplicación de la normativa y deberemos entre otras cosas, de realizar la clasificación de zonas.

Para determinar si una sustancia o preparado es inflamable o no utilizaremos las definiciones que realiza el RD 363/1995 normativa sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas basadas en la temperatura o punto de inflamación, que es la temperatura Es la temperatura más baja del líquido a la que bajo ciertas condiciones normalizadas, el líquido desprende vapores en cantidad tal que puede originar la formación de una mezcla de vapor/aire inflamable.

Extremadamente inflamable Sustancias y preparados líquidos cuyo punto de inflamación sea inferior a 0 °C y su punto de ebullición (o en el intervalo de ebullición, la temperatura inicial de ebullición) sea inferior o igual a 35 °C. y sustancias y preparados gaseosos que sean inflamables en contacto con el aire a temperatura y presión normales.

Fácilmente inflamable Sustancias y preparados líquidos cuyo punto de inflamación sea inferior a 21 °C, pero que no sean extremadamente inflamables se les asignará el símbolo «F» y la indicación de peligro «fácilmente inflamable»,

Inflamables Sustancias y preparados líquidos cuyo punto de inflamación sea igual o superior a 21 °C, e inferior o igual a 55 °C.

Por lo tanto en este Real Decreto las sustancias con punto de inflamación superior a 55°C no las considera inflamables, sino las considera combustibles.

Sin embargo no en pocos procesos industriales diversas sustancias no consideradas inflamables desprenden gases a la atmósfera debida al calentamiento de dicha sustancia por encima de su punto de inflamación por el propio proceso industrial.

Otra clasificación existente sobre sustancias inflamables es la que realiza el Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos, el cual en la APQ 01 art. 4 indica lo siguiente:

Artículo 4. Clasificación de productos.

1. Clase A.- Productos licuados cuya presión absoluta de vapor a 15 °C sea superior a 1 bar.
2. Clase B.- Productos cuyo punto de inflamación es inferior a 55 °C y no están comprendidos en la clase A.
3. Clase C.- Productos cuyo punto de inflamación está comprendido entre 55 °C y 100 °C.
4. Clase D.- Productos cuyo punto de inflamación es superior a 100 °C.

Existen otras clasificaciones de sustancias inflamables según la temperatura de inflamación así por ejemplo la asociación americana *NFPA* define líquido inflamable aquellos cuya temperatura de inflamación es inferior a 38°C.

### **Metodología de clasificación de zonas mediante la norma UNE 60.079-10.**

La metodología de la clasificación de zonas que analizaremos en este apartado se basa en la norma UNE 60.079-10 cuyo principal objeto es la clasificación de los emplazamientos peligrosos donde los riesgos son debidos a la presencia de gas o vapor inflamables a fin de poder seleccionar e instalar adecuadamente los aparatos para usar en los citados emplazamientos. También esta clasificación de zonas se puede utilizar para formar parte del documento de protección contra explosiones del RD 681/2003.

Existen otras normas internacionales como la NFPA 497, que estudiaremos en apartados posteriores, que se podría utilizar para la clasificación de zonas con riesgo de incendio y explosión en el entorno de seguridad laboral, ya que el RD 681/2003 no indica que norma se debe utilizar. No es el caso de clasificación de zonas con objeto de diseñar la instalación eléctrica, ya que la ITC del REBT RD 842/2002 indica claramente que la norma a utilizar para la clasificación de zonas es la UNE-EN 60.079-10, sin embargo en el art. 23 del citado RD 842/2002 nos permite la utilización de otras normas de reconocido prestigio como es el caso de la NFPA siempre que se justifique en el proyecto y sea aprobado por el órgano competente de la comunidad autónoma.

Se debe tener en cuenta de que a pesar del buen diseño de las instalaciones, en la mayoría de las situaciones donde se utilizan o almacenan sustancias inflamables es prácticamente difícil garantizar que nunca va a aparecer una atmósfera de gas explosiva. También es difícil asegurar que los aparatos nunca pueden ser una fuente de ignición.

Este planeamiento requiere por lo tanto que se examine detalladamente cada equipo de proceso que contenga una sustancia inflamable y que por eso pueda ser una fuente de escape.

Los procedimientos de producción deben diseñarse y adecuarse para que los emplazamientos zona 0 o zona 1 en particular, se reduzcan en número y extensión. En



otras palabras, las plantas y las instalaciones deben ser principalmente zona 2 o no peligrosa.

Una vez que una planta haya sido clasificada y realizada toda la documentación necesaria, es importante que no se modifiquen los equipos o los procedimientos de operación, sin discutirlo con los responsables de la clasificación de emplazamientos. Cualquier acción no autorizada puede invalidar la clasificación ya realizada.

Para determinar las zonas y su extensión es necesario seguir el procedimiento indicado a continuación:

Primer paso Determinación de las fuentes de escape y su grado.

Se define fuente de escape como un punto o lugar desde el cual se puede escapar a la atmósfera gas, vapor o líquido inflamables de tal forma que se pueda formar una atmósfera de gas explosiva. Escape se podría entender como una fallo o accidente, sin embargo esta norma la palabra de escape tiene connotaciones de generador de gases explosivos, sin tener que ser necesariamente originados por un fallo.

Existen tres grados básicos de escape, que se clasifican a continuación en orden decreciente en cuanto a la probabilidad de que la atmósfera de gas explosiva esté presente:

- ◆ Grado de escape continuo: Es un escape que se produce de forma continua o presumiblemente durante largos períodos. Ejemplos: La superficie de un líquido inflamable en un depósito abierto a la atmósfera o de techo fijo sin gas inerte, separadores aceite-agua, venteos libres a la atmósfera, etc.
- ◆ Grado de escape primario: Es un escape que se produce presumiblemente de forma periódica u ocasionalmente durante el funcionamiento normal. Ejemplos: Sellos de bombas, compresores y válvulas donde se prevé fugas en condiciones normales, drenajes en recipientes que contienen líquidos inflamables, tomas de muestra de tanques, reactores de sustancias inflamables, etc.
- ◆ Grado de escape secundario: Es un escape que no se prevé en funcionamiento normal y si se produce es probable que ocurra infrecuentemente y en períodos de corta

duración. Ejemplos: Bridas, uniones, sellos y otros accesorios donde se esperan fugas en condiciones normales.

Es conveniente que cada equipo de proceso (por ejemplo un tanque, una bomba, una tubería, no soldada, un recipiente, etc.) sea considerado como una potencial fuente de escape de sustancia inflamable.

Se debe de indicar que se entiende como funcionamiento normal es aquella situación que se da cuando los equipos de proceso funcionan con sus parámetros de diseño, no son condiciones ideales ni perfectas, pueden ser situaciones no deseables, (pequeñas fugas en los cierres de las bombas, etc) no considerándose como funcionamiento normal sucesos que requieran una urgente reparación o la parada del proceso, por ejemplo la rotura del sello de un bomba, de la junta de una brida o rotura completa de una tubería o grandes derrames ocasionados por accidentes, etc. Este tipo de situaciones no es contemplado por la normas de clasificación de zonas.

La cuantificación explícita de las frecuencias y períodos que determinan el grado de la fuente no está indicado en la norma UNE-EN 60.079-10 , por ello como criterio técnico se podría considerar como una fuente de grado continuo aquella en la que el escape se produce durante más del 10 por ciento del tiempo de proceso, una fuente de grado secundario como aquella en la que el escape se produce durante menos del 0,1 por ciento del tiempo de proceso y una fuente de grado primario aquella en la que el escape este comprendido entre los dos grados anteriores.

Las aperturas emplazamientos con riesgo de explosión con otros locales se deben considerar como posibles fuentes de escape. La norma UNE 60.079-10 considera cuatro tipos de apertura, los cuales en función de la zona al otro lado de la abertura les clasifica como fuentes de grado continuo, primario o secundario.

#### Segundo paso Determinación del grado de ventilación.

La ventilación del emplazamiento es un factor muy importante para determinar, tanto del tipo como de la extensión de una zona, puesto que conjuntamente con las características del escape, nos indicará la duración y extensión del área donde la concentración de gas o vapor está dentro del rango de explosividad.

El movimiento de aire para reemplazar la atmósfera en un volumen alrededor de la fuente de escape por aire fresco favorece la dispersión del gas o vapor que se ha escapado a la atmósfera hasta que su concentración sea más baja que el límite inferior de explosión. Si existieran caudales apropiados de ventilación pueden también impedir la persistencia de una atmósfera de gas explosiva y por tanto influir en el tipo de zona, incluso llegando a la desclasificación o extensiones despreciables de las zonas.

Como podemos apreciar en la tabla 3 de la norma UNE EN 60.079-10 en función del tipo de fuente de escape, del grado de ventilación y de la disponibilidad de la misma podemos determinar clase de zona del local.

Podemos apreciar que una fuente de escape incluso de grado continuo no siempre nos genera una zonas de riesgo ya que dependiendo del grado de ventilación y de su disponibilidad podemos influir en la dilución de esta nubes hasta conseguir la extensión despreciable o descalificación de la zona. De esto la importancia a la hora de determinar el grado de ventilación.

Definiremos el grado de ventilación como sigue:

- ◆ Ventilación de grado alto. Es capaz de reducir de forma prácticamente instantánea la concentración en la fuente de escape obteniéndose una concentración inferior al "Limite Inferior de Explosividad" LIE, concentración mínima de vapor-aire por debajo de la cual el fuego no se propaga al límite inferior de explosión. Resulta así, una zona de pequeña extensión (ED: Extensión Despreciable).
- ◆ Ventilación grado medio. Es capaz de controlar la dispersión, manteniendo una situación estable, donde la concentración más allá de una zona confinada es inferior al LIE, mientras el escape se está produciendo y cuando éste cesa, la atmósfera explosiva
- ◆ Ventilación de grado bajo. Es la que no puede controlar la concentración mientras el escape está efectivo y/o cuando éste ha cesado es incapaz de evitar la permanencia de una atmósfera explosiva excesiva.

Para determinar el grado de ventilación se realizan los siguientes pasos:

1º Determinar el caudal de aire fresco necesario para diluir la nube de gas generado.

El caudal mínimo teórico de ventilación necesario para diluir un escape dado de sustancia inflamable hasta una concentración por debajo del límite inferior de explosión se puede calcular por la fórmula:

$$Q_{min.} = \frac{Q_{max} \times T}{K \times LIE \times 293} \quad (1)$$

Donde:

$Q_{mín.}$  es el caudal mínimo en volumen de aire fresco. (Volumen por unidad de tiempo  $m^3/s$ );

$Q_{máx}$  es la tasa máxima de escape de la fuente (Masa por unidad de tiempo,  $kg/s$ );

$LIE$  es el límite inferior de explosión (masa por unidad de volumen,  $kg/s$ );

$k$  es un factor de seguridad aplicado al LIE, normalmente:

$k = 0,25$  (grados de escape continuo y primario) y  $k = 0,5$  (grado de escape secundario);

$T$  es la temperatura ambiente (en grados Kelvin).

Si duda alguna la determinación de la  $Q_{max}$ . tasa de escape de la fuente es el dato más controvertido de nuestro cálculo, ya que tenemos que estimar la fuga que pudiera suceder en una fuente en concreto. En la norma de obligado cumplimiento para instalaciones eléctricas UNE-EN 0.079 -10 no indica valores tipo para fuentes de escape, así como criterios técnico podemos recurrir a la guía del Comité Electrotécnico Italiano CEI 31-35 donde nos indica una serie de valores estadísticos tasas de escape en función del tipo de fuente. Por ejemplo con unas condiciones ambientales normales la tasa de escape de una válvula automática que alimenta un aparato que utiliza gas GLP, con una tubería entre 25 y 80 mm. de diámetro se estima una tasa de escape de  $2,86 \times 10^{-8} \text{ Kg/s}$ .

2º Calcular el  $V_z$  volumen teórico de atmósfera explosiva.

Para un número dado de cambios del aire por unidad de tiempo,  $C$ , función de la ventilación general del emplazamiento, el volumen teórico,  $V_z$ , de atmósfera potencialmente explosiva alrededor de la fuente de escape puede calcularse usando la siguiente fórmula.

$$V_z = \frac{Q_{min}}{C} \quad (2)$$

Donde

C es el número de renovaciones de aire fresco por unidad de tiempo ( $s^{-1}$ ).

La fórmula (2) sirve para el caso donde hay una mezcla instantánea y homogénea debido a unas condiciones ideales de movimiento de aire fresco. En la práctica no se dan las citadas condiciones ideales, por ejemplo, ciertas partes del emplazamiento pueden estar mal ventiladas porque puede haber obstáculos en la circulación del aire. Por este hecho la renovación efectiva de aire en la fuente de escape será menor que el dado por C en la fórmula (2) lo que originará un aumento del volumen  $V_z$ . Introduciendo un factor de corrección adicional, f, la fórmula (2) quedará:

donde f expresa la eficacia de la ventilación en la dilución de la atmósfera explosiva con un valor que va de  $f = 1$  (Situación ideal) a  $f = 5$  (circulación de aire con dificultades debido a los obstáculos).

$$V_z = \frac{f \times Q_{min}}{C} \quad (3)$$

El volumen  $V_z$  representa el límite donde más allá del cual, la concentración de gas o vapor inflamables será 0,25 ó 0,5 veces el LIE, dependiendo del factor de seguridad, k, usado en la fórmula (2). Esto significa que en los límites del volumen teórico calculado, la concentración de gas o vapor será significativamente inferior al LIE, es decir, el hipotético volumen donde la concentración es mayor que el LIE será menor que  $V_z$ .

En instalaciones al aire libre incluso vientos de baja velocidad originan un alto número de cambios, por ejemplo, un viento de una velocidad de 0,5 m/s origina en un hipotético cubo de pocos metros de lado situado al aire libre, más de 100 cambios a la hora 100/h (0,03/s). Con una aproximación prudente, usando  $C = 0,03/s$  para instalaciones al aire libre, un teórico volumen de atmósfera potencialmente explosiva  $V_z$  se puede calcular usando la fórmula

$$V_z = \frac{Q_{min}}{0,03}$$

Donde:

$Q_{min}$ . m<sup>3</sup>/s son las unidades de volumen por segundo del caudal mínimo en volumen de aire fresco necesario para diluir la fuente de escape calculada en la fórmula (1).

0,03 es el número de cambios de aire por segundo.

3º Estimación del tiempo de permanencia.

El tiempo requerido para que la concentración media descienda desde un valor inicial  $X_0$  a  $k$  veces el LIE después de que el escape ha terminado puede calcularse por:

$$t = \frac{-f}{C} \ln \frac{LIE \times K}{X_0} \quad (4)$$

Donde:

- ◆  $X_0$  es la concentración inicial de sustancia inflamable expresada en las mismas unidades que el LIE, es decir en % volumen o en kg/m<sup>3</sup>. En la práctica, según la guía mencionada CEI 31-35 se toma  $X_0$  como 50%;
- ◆  $C$  es el número de cambios de aire fresco por unidad de tiempo;
- ◆  $t$  es la misma unidad de tiempo que se haya tomado para  $C$ , por ejemplo, si  $C$  es el número de cambios por segundo, el valor de  $t$  será en segundos;
- ◆  $f$  es el factor que toma en cuenta el hecho de que la mezcla no es perfecta. (Véase la fórmula (3)). Varía desde 5 para una ventilación con entrada de aire a través de una rendija y una simple abertura de descarga hasta el valor 1 para ventilaciones con entrada de aire a través de un techo perforado y con múltiples escapes;
- ◆  $\ln$  logaritmo neperiano, es decir,  $2,303 \log_{10}$ ;
- ◆  $k$  es un factor de seguridad aplicado al LIE véase fórmula (2).

La cuantificación explícita del grado de ventilación en función de el volumen teórico,  $V_z$ , de atmósfera potencialmente explosiva alrededor de la fuente de escape el tiempo requerido para que la concentración media descienda desde un valor inicial  $t$ , no está indicado en la norma UNE-EN 60.079-10, ya que solo nos indica que cuando el volumen  $V_z$  es

despreciable o muy bajo, el grado de ventilación será alto, mientras que cuando no persiste excesivamente.  $V_z$  pero  $t$  pequeño sería el grado de ventilación medio y cuando  $V_z$  y el  $T$  son grandes el grado de ventilación es bajo.

Así debemos de buscar criterios explícitos para determinar el grado de ventilación en la recurrida guía del Comité Italiano Electrotécnico CE 31-35 (ver diagrama 1) Donde:

$V_z$  irrelevante respecto de  $V_0$  cuando  $V_z$  son unos pocos  $\text{cm}^3$ , y ninguna instalación eléctrica se instalará en un volumen igual a  $V_z$  alrededor de la fuente de escape.

$V$ : ventilación.

$nt$ :  $t$  es el tiempo de emisión por  $n$  número de emisiones.

$V_0$ : volumen del local.

### 3º Disponibilidad de la ventilación

La disponibilidad de la ventilación influye en la presencia o formación de una atmósfera explosiva. Así es necesario considerar la disponibilidad (así como el grado) de la ventilación para determinar el tipo de zona.

Deben considerarse los tres niveles de disponibilidad de la ventilación

– Muy buena: La ventilación existe de forma prácticamente permanente. Una disponibilidad muy buena requeriría normalmente, en caso de avería, el arranque automático de las soplantes de reserva. No obstante, si cuando la ventilación ha fallado se adoptan medidas para evitar el escape de sustancia inflamable (por ejemplo, por parada automática del proceso).

– Buena: La ventilación se espera que exista durante el funcionamiento normal. Las interrupciones se permiten

siempre que se produzcan de forma poco frecuente y por cortos períodos.

– Mediocre: La ventilación no cumple los criterios de la ventilación muy buena o buena, pero no se espera que haya interrupciones prolongadas.

La ventilación que no satisfaga los requerimientos de una disponibilidad mediocre no contribuye a la renovación del aire.

En emplazamientos en el exterior la evaluación de la ventilación se realiza asumiendo una velocidad del viento de 0,5 m/s el cual se espera de forma permanente. En este caso la disponibilidad de la ventilación puede considerarse como "buena".

4º Extensión de la zona.

Encontrar la forma y extensión o límite de las zonas es quizá la parte más delicada de la clasificación de zonas.

La extensión de la zona depende fundamentalmente de los siguientes parámetros físicos y químicos, alguno de los cuales son propiedades intrínsecas de la sustancia inflamable, otras son específicas del proceso.

Cuantía del escape de gas o vapor. La extensión de la zona aumenta al hacerlo la cuantía del escape, que a su vez, depende de otros parámetros, a saber:

- a) Geometría de la fuente de escape. Está ligada a las características físicas de la fuente, por ejemplo, una superficie abierta, una fuga de una brida, etc
- b) Velocidad de escape. Para una fuente de escape dada, la tasa de escape aumenta con la velocidad de éste.
- c) Concentración. La tasa de escape aumenta con la concentración de vapor o gas inflamable en la mezcla de la fuga.
- d) Volatilidad de un líquido inflamable. Esto depende fundamentalmente de la presión de vapor y del calor de vaporización. Si un líquido inflamable tiene un punto de inflamabilidad por encima de la máxima temperatura a que se manipula no puede existir atmósfera explosiva. Cuanto más bajo sea el punto de inflamabilidad mayor debe ser la extensión de la zona.
- e) Temperatura del líquido. La tensión de vapor aumenta con la temperatura, y se incrementa la tasa de escape debido a la evaporación.

Límite inferior de explosión. (LIE). Para un volumen de escape dado, la extensión de la zona aumenta cuanto más bajo sea el LIE.

Ventilación. Con aumento de la ventilación, la extensión de la zona se reducirá. Los obstáculos que impiden la ventilación aumentan la extensión de la zona. Por otra parte, algunos obstáculos, por ejemplo diques, paredes o techos pueden limitar la extensión.



Densidad relativa del gas o vapor fugados. Si un gas o vapor es significativamente más ligero que el aire tenderá a elevarse. Si es sensiblemente más pesado tenderá a acumularse a nivel del suelo. La extensión de la zona a nivel del suelo aumenta con el incremento de la densidad relativa y la extensión vertical a partir del escape se incrementará con la disminución de la densidad relativa.

Dado que estos conceptos no son explícitos debemos de recurrir de nuevo a la norma CEI 31-35 donde nos indica una serie de fórmulas explícitas basadas en teorías de difusión de gases para determinar la extensión de la zona clasificada, en función del tipo de zona abierta o cerrada, y en función de la sustancia inflamable, líquido o gas.

Como primera regla técnica y sugerencia que nos apunta la guía CEI 31-35, podemos considerar que si  $V_z > V_0/8$  deberíamos establecer todo el local como zona clasificada.

#### **Metodología de clasificación de zonas mediante la norma NFPA-497.**

La metodología que se apunta en esta norma NFPA 497 (Nacional Fire Protection Association) americana es más práctica y menos explícita que la normas europeas basadas en la IEC 79, como es el caso de la UNE-EN 60.079-10.

Como método general se apunta una serie de diagramas tipo que pretende abarcar todas las posibles situaciones de clasificación de zonas.

Estos diagramas se ordenan en función de la situación de la fuente de escape, (interior o exterior, en superficie o en altura), en función de una adecuada o no ventilación, de la dimensión de la instalación, de la presión y de la tasa de escape, clasificando estas tres últimas variables en baja, moderado y alto.

Este método de clasificación es poco explícito y deja al técnico responsable de la clasificación demasiados parámetros a determinar sin una concreción clara.

## **2º PARTE: CLASIFICACIÓN DE ZONAS CON RIESGO DE INCENDIO Y EXPLOSIÓN DEBIDO A LA PRESENCIA DE POLVOS COMBUSTIBLES.**

Son numerosas los procesos industriales donde se manipulan productos que pueden originar nubes de polvo combustibles capaces de originar una explosión, las industrias alimentarias manipulan granos, textiles, farmacéuticas, etc.

En este caso la norma que se utiliza es la UNE 202004-3 Clasificación de los lugares donde hay o puede haber polvos combustibles.

Para la clasificación de zonas con riesgo de polvos combustibles la norma UNE 202004-3 nos indica un procedimiento similar a la clasificación de zonas con riesgo de incendio y explosión debida a gases inflamables UNE 60.079-10 pero con varias diferencias fundamentales,

1º La ventilación general no es aconsejable para la eliminación de zonas es más podría ser contraproducente porque podría generar nubes de polvo desde los depósitos de polvo en capas. Por lo tanto debemos recurrir a la ventilación localizada para la extracción de polvo combustible que pudiera dar origen a una zona clasificada.

2º Los polvos combustibles a diferencia de los gases no se diluyen en el ambiente y se acumulan en capas que se deben considerar como fuentes de escape.

Teniendo en cuenta estas dos diferencias importante se resume a continuación el procedimiento a seguir para la clasificación de zonas con riesgo de incendio y explosión debido a polvos combustibles:

Se entiende por atmósfera de polvo explosivo como aquella mezcla de aire, en condiciones atmosféricas, con sustancias inflamables bajo la forma de polvo o de fibras en las que, después de su ignición, la combustión se propaga al resto de la mezcla no quemada.

Se deberán clasificar como zona 20, 21 o 22 los lugares en el que el polvo combustible está, o puede preverse su presencia, bajo la forma de nube o de capa, en cantidades tales que sea necesario tomar precauciones específicas para la construcción y la utilización de materiales eléctricos para evitar la ignición de una mezcla de polvo/aire explosiva o de una capa de polvo combustible.

### **1º determinar las características del polvo combustibles.**

La primera etapa consiste en la determinación de las características del polvo combustible para poder determinar los modos de protección que sean necesarios.

### **2º Identificación de las fuentes de escape y su grado.**

El polvo combustible suele aparecer como un residuo del proceso, carpinterías, almacenamiento de sustancias polvorientas, talleres de confección y en otras ocasiones puede ser el producto en sí mismo, harineras.

Dependiendo sea el local a clasificar de un modo u otro tendremos que tratar el proceso para evitar que haya atmósferas explosivas.

En primer lugar se debe de cuida que el diseño de la instalación o proceso industrial debe de ser tal que reduzca al mínimo la generación de polvo combustible a través de procesos cerrados, almacenes en silos, o aspiración local de la que hablaremos posteriormente.

Fuentes continuas de una nube de polvo: lugares en los que puede existir una nube de polvo de forma continua o puede preverse su presencia durante largos períodos o durante cortos periodos que se repiten frecuentemente. Darán lugar a zonas 20. Como por ejemplo los interiores de los equipos de proceso tales como silos, mezcladoras y molinos, en los que se introduce o se forma polvo.

Grado de emisión primaria: una fuente que puede preverse que tenga emisiones periódica u ocasionalmente, durante el funcionamiento normal. Normalmente darán lugar a zonas 21. Ejemplo: En el interior de ciertos equipos de extracción, o en las proximidades a un punto de llenado de sacos abiertos.

Grado de emisión secundaria: una fuente que no se prevé que tenga emisiones durante el funcionamiento normal y, si tiene emisiones, es susceptible de hacerlo de forma poco frecuente y durante cortos períodos. Normalmente darán lugar a zonas 22. Ejemplo: las bocas de inspección que necesitan estar abiertas ocasionalmente y sólo durante periodos muy cortos, y locales de manipulación de productos pulverulentos en donde hay depósitos de polvo.

### **3º Identificación de la posibilidad de formación de capas de polvo potencialmente peligrosas.**

En la mayoría de los casos, una capa de polvo contiene suficiente polvo como para crear mezclas explosivas de polvo/aire. Todas los lugares en las que se forman capas de polvo con espesor suficiente y en las que, debido a operaciones del proceso, se pueden remover para constituir mezclas explosivas de polvo/aire el *lugar, por lo tanto, debe clasificarse.*

Se debería tener en cuenta el hecho de que con el tiempo, es igualmente posible la formación de capas de polvo peligrosas a partir de nubes de polvo muy diluidas.

El lugar se clasificará como seguro solamente si la capa se elimina por medio de limpieza, antes de que se pudieran formar mezclas peligrosas de polvo/aire, y además tener un diseño adecuado para que el proceso de limpieza sea adecuado y permita la eliminación de todas las posibles capas de polvo.

En función de la frecuencia de las perturbaciones se clasificarán las zonas donde existan capas como zona 21 si las perturbaciones son frecuentes o zona 22 si las perturbaciones son ocasionales.

#### **4º Extensión de Zonas:**

La extensión de zonas e este tipo de locales es más sencilla que en los locales con gases o vapores inflamables, ya que no se aplica la teoría de difusión de gases.

Las zonas 20 normalmente se extienden al interior de los recipientes contenedores de polvo o granos.

La extensión de la zona 21 normalmente una fuente de escape de grado primario origina zonas 21 y se extiende 1 m alrededor del perímetro de la fuente (tal como una boca abierta) y se debe extender verticalmente hasta el suelo o hasta el nivel de una plataforma sólida; además hay que recordar lo que se ha visto en el apartado 3º, capas de polvo. Si una fuente de grado primario posee extracción localizada podría pasar a zona 22.

La zona 22 en general, se generará por una fuente de grado secundario y se extenderá horizontalmente una amplitud de 1 m alrededor de la fuente de escape y se debe extender verticalmente hasta el suelo, o hasta el nivel de una plataforma sólida

Una zona 21 no confinada (no limitada por estructuras mecánicas, tales como recipiente con boca abierta) situada en el interior, debe estar siempre rodeada por una zona 22. Esto se debe a la formación de capas de polvo.

### **3º PARTE: SISTEMAS DE CABLEADO REBT. ITC 29**

Existe una controversia generalizada entre los técnicos e instaladores eléctricos sobre el sistema de cableado que se debe de colocar en estos locales con riesgo de incendio y explosión.

La norma que lo regula, REBT, ITC 29 art. 9 no indica de manera clara que modo de instalación de cables se pueden instalar, ya que solo nos prescribe una serie de condiciones que deben de cumplir los cables, como sobredimensionarles un 15%, protegidos contra sobrecargas y cortocircuitos todos los de longitud superior a 5 m., y una serie de características mínimas para los tubos y canales, pero sin embargo el modo de instalación parece que solo permite con protección mecánica adicional.

No parece lógico dotar al sistema de cableado de un modo de protección, ya sea con cable armado, tubo o canal, si no existe riesgo, ya que puede ser contraproducente para otros riesgos, como el sobrecalentamiento de los conductores, la acumulación de polvo en capas o la difusión de gases inflamables a través de estas canalizaciones.

La norma UNE EN 60.079 -14 nos indica lo siguiente:

*9.1.1 Protección contra daños. Los cables y accesorios se deberían instalar, siempre que sea posible, en posiciones tales que no estén expuestos a daños mecánicos, a influencias de corrosión y químicas (por ejemplo disolventes), y a los efectos del calor (pero véase también 12.2.2.5 para circuitos de seguridad intrínseca). Cuando un exposición de esta naturaleza es inevitable, se deben tomar medidas de protección, tales como instalación bajo tubos, o seleccionar cables adecuados (por ejemplo, para minimizar el riesgo de daño mecánico, se puede usar cable armado, apantallado, con cubierta de aluminio sin soldadura, con cubierta de aislamiento mineral o con cubierta metálica semirígida).*

Como conclusión podríamos dotar de protección mecánica adicional siempre que la instalación lo requiera, y si no se coloca esta protección se deberá demostrar la imposibilidad de daños mecánicos, sin embargo para evitar problemas de interpretación y debido a que estas instalaciones debe de pasar una inspección inicial por un Organismo de Control Autorizado, se deberá antes de ejecutar la instalación de consultar y acordar el modo de instalación tanto con este Organismo de Control Autorizado como con la Administración Competente.

**Bibliografía:**

Norma UNE-EN 60079-10 Clasificación de emplazamientos peligrosos debido a gases o vapores combustibles.

Norma UNE-EN 202004-3 Clasificación de lugares donde puede haber polvos combustibles.

Real Decreto 400/1996 de 2 de Febrero (relativo a ATEX 100)

ATEX Guidelines (First Edition).

Directiva 1999/92/CE de 16 de Diciembre de 1999 (relativo a ATEX 137).

Norma NFPA 497 (Nacional Fire Protection Association).

Guía CEI 31-35. Comité Electrotécnico Italiano.

	Presencia de atmósfera explosiva	Categoría de equipo según RD 400/96	MODOS DE PROTECCIÓN	Duración de la atmósfera explosiva CEI 31-35.
Zona 0 o 20	de modo continuo o períodos prolongados de modo frecuente	Categoría 1	ia	Más de 1.000 h. Al año.
Zona 1 o 21	de modo poco frecuente	Categoría 2	d,e,ia,ib,m,o,p,q	Entre 10 y 1000 h. Al año.
Zona 2 o 22	muy poco frecuente ó por períodos breves	Categoría 3	n	Entre 0,1 y 10 h. Al año.

Tabla1. Categoría y modo de protección para cada zona.



<p>Conformidad con las directivas europeas Marcado CE</p> 	<p>Nº del organismo notificado para otorgar un certificado CE</p> <p>2341</p>	<p>Marcado Epsilon x para un material eléctrico no eléctrico en ambientes explosivos.</p> 	<p>Categoría de aparatos. G: Gases. D: Polvo, M1 M2 1 G o 1 D 2 G o 2 D 3 G o 3 D. I minas. II: superficie. RD 400/1996</p>	<p>Símbolo específico de protección contra las explosiones para un material eléctrico que corresponde a uno o varios de los modos de protección objeto de las normas Europeas. "d": antideflagante. (EN 50018) "e": Seguridad aumentada. (EN 50019) "i": Seguridad intrínseca. (EN 50020) "m": Encapsulado. (EN 50028) "n": No incendiario. (EN 50021) "o": Inmersión en aceite. (EN 50015) "p" Sobrepresión Interna. (EN 50016) "q": Llenado Polvoriento. (EN 50017)</p>	<p>MODOS DE PROTECCIÓN</p>	<p>GRUPOS DE MATERIAL</p>	<p>CLASES DE TEMPERATURA</p>
					<p>EExd</p> <p>IP 65</p>	<p>IIC</p>	<p>T4</p> <p>T 150°C</p>
<p>Grado de protección del revestimiento para una clase de temperatura dada.</p>				<p>Temperatura máxima de superficie limitada a la presencia de nubes de polvo.</p>			
<p><b>Ambientes polvorientos.</b></p>							

Tabla 2. Marcado de los equipos que se pueden utilizar en ambientes explosivos.

Grado de la emisión	Grado de la ventilación						
	Alto			Medio			Bajo
	<i>Disponibilidad de la ventilación</i>						
	MUY BUENA	BUENA	MEDIOCRE	MUY BUENA	BUENA	MEDIOCRE	MUY BUENA, BUENA O MEDIOCRE
<b>Continuo</b>	Zona 0 ED Zona no peligrosa (1)	Zona 0 ED + Zona 2(1)	Zona 0 NE + Zona 1(1)	Zona 0	Zona 0 + Zona 2	Zona 0 + Zona 1	Zona 0
<b>primario</b>	Zona 1 ED Zona no peligrosa (1)	Zona 1 ED + Zona 2(1)	Zona 1 NE + Zona 2(1)	Zona 1	Zona 1 + Zona 2	Zona 1 + Zona 2	Zona 1 o Zona 0 (3)
<b>Secundario(2)</b>	Zona 2 ED Zona no peligrosa (1)	Zona 2 ED Zona no peligrosa (1)	Zona 2	Zona 2	Zona 2	Zona 2	Zona 1 E igual Zona 0(3)

(1) Zona ONE , 1 NE o 2 NE indica una zona teórica despreciable en condiciones normales.

(2) La Zona 2 creada por un escape de grado secundario puede ser excedida por las zonas correspondientes a los escapes de grado continuo o primario; en este caso debe tomarse la extensión mayor.

(3) Será Zona 0 si la ventilación es tan débil y el escape es tal que prácticamente la atmósfera explosiva esté presente de manera permanente, es decir, es una situación próxima a la de ausencia de ventilación.

NOTA – “+” significa significa "rodeada por".

Tabla 3. Determinación del tipo de zona en función de la ventilación y de la fuente de escape.



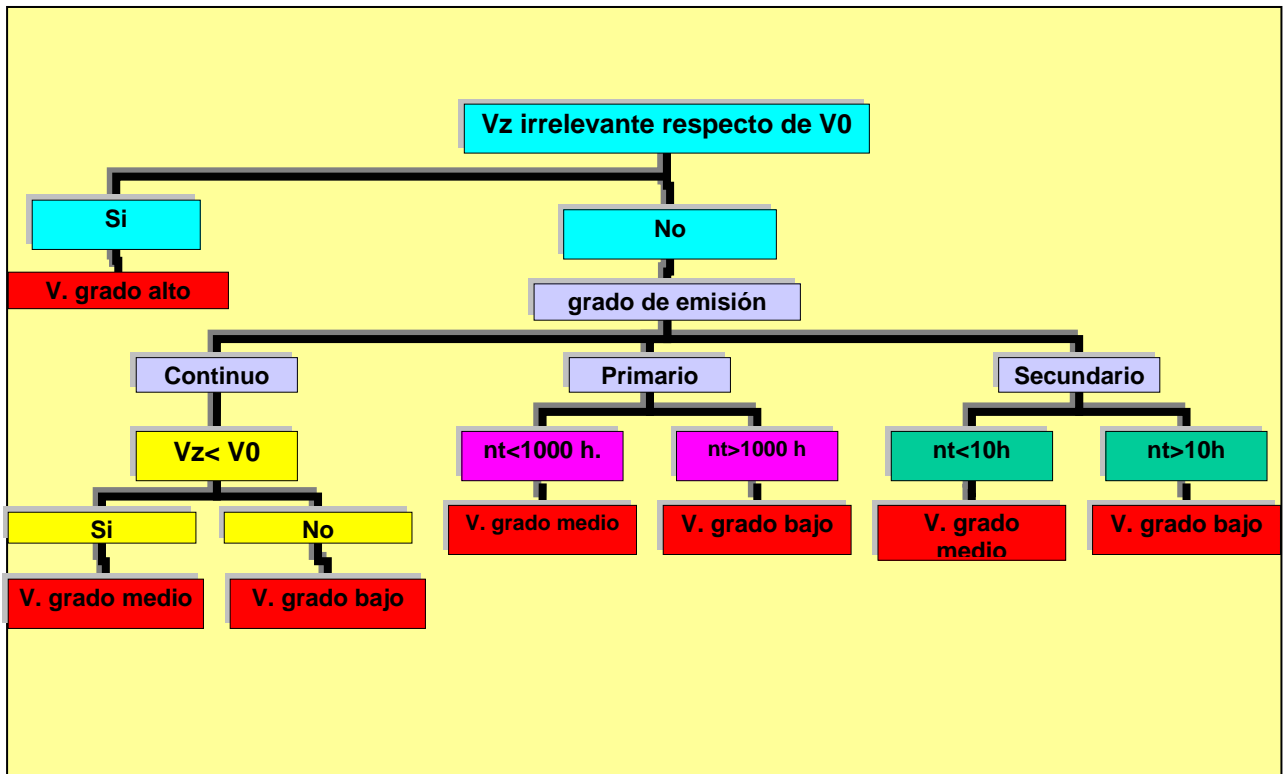
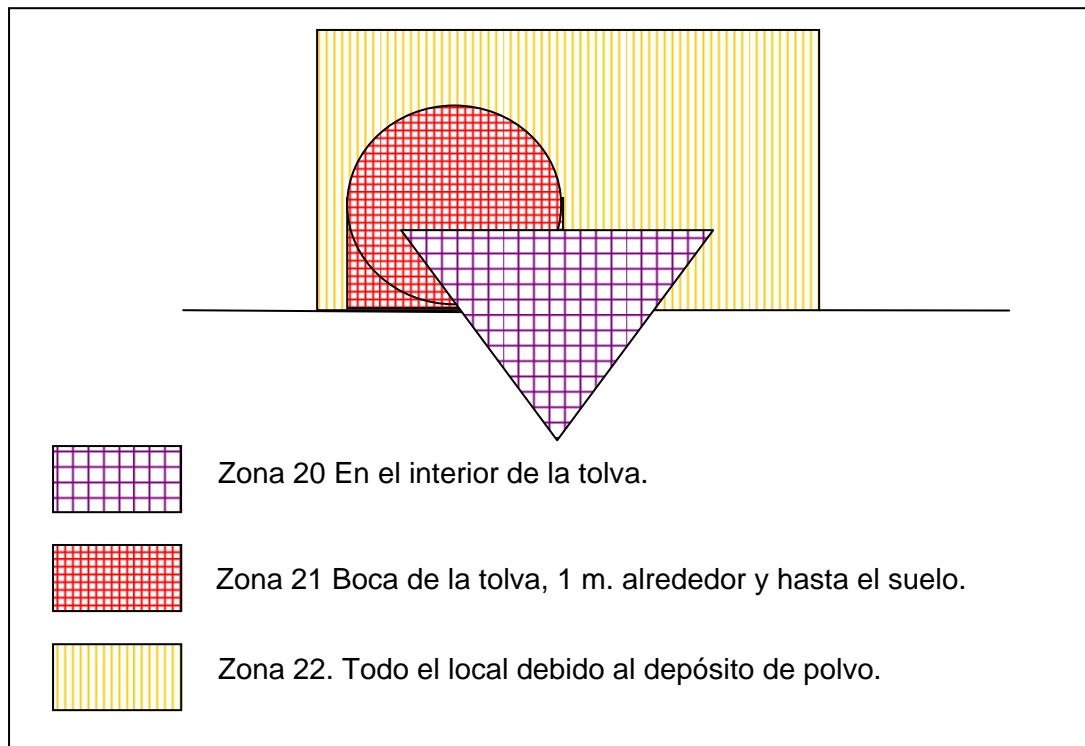
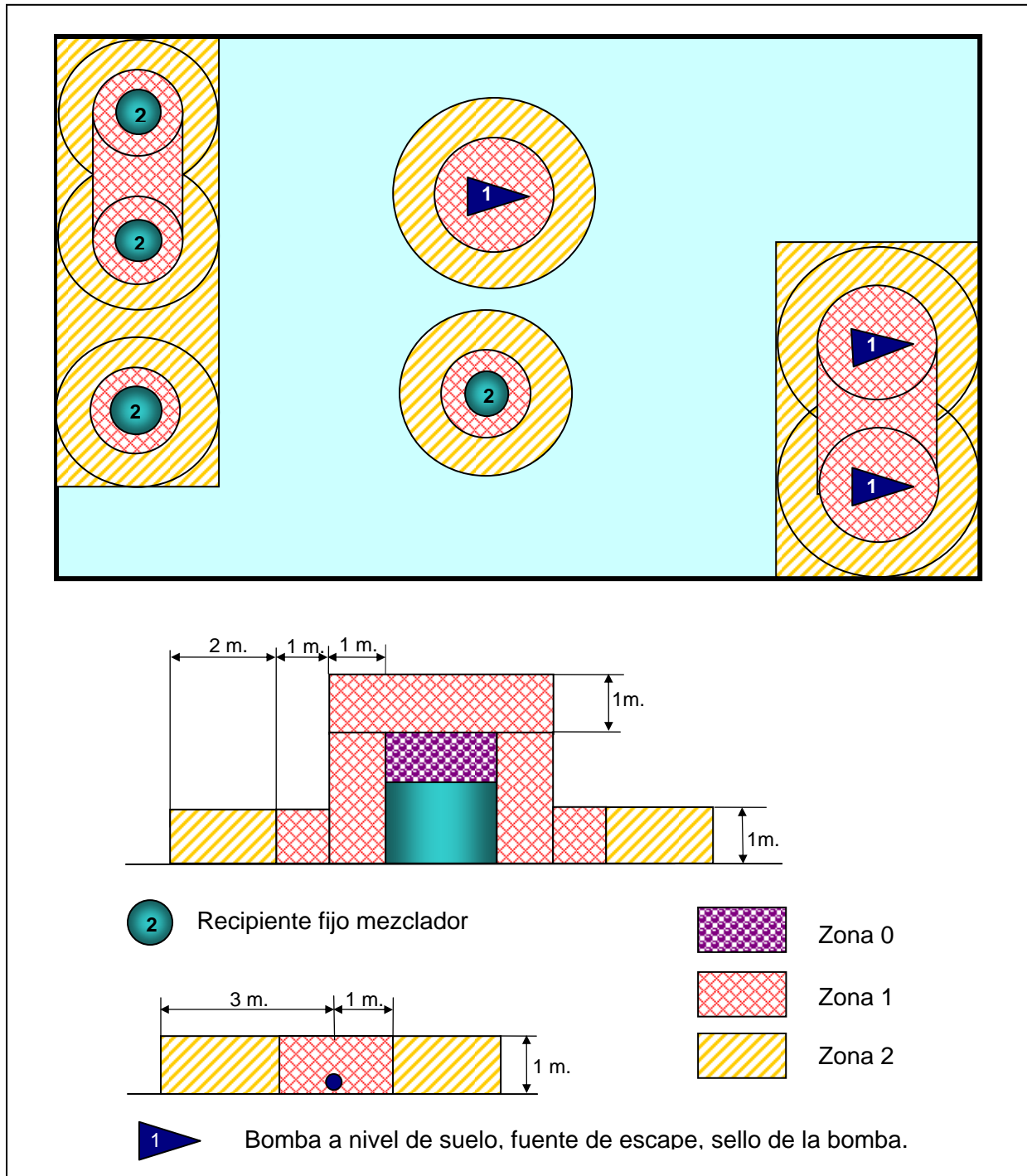


Diagrama 1. Determinación del grado de ventilación según CEI 31-35.



**Ejemplo de aplicación de la Norma UNE 202004-3. Punto de vaciado de sacos de grano o harina sin ventilación en el interior de un edificio.**



Ejemplo de clasificación de fábrica de pinturas. EN UNE 60079-10.