

VENTILACIÓN DE GARAJES. DESCLASIFICACIÓN DE LOCAL CON RIESGO DE INCENDIO Y EXPLOSIÓN

1. Introducción

Desde el momento en el que el hombre empezó a utilizar el vehículo apareció la necesidad del aparcamiento.



El avance tecnológico y social de toda la industria automovilística ha provocado la continua necesidad de adaptación de las instalaciones de ventilación y de protección contra incendios de los emplazamientos destinados a aparcamientos de estos vehículos.

La aparición el 29 de marzo de 2006 del Código técnico de la edificación (Real decreto 314/2006, de 17 de marzo de 2006), en lo sucesivo CTE, ha fijado nuevos parámetros con respecto a la construcción y diseño de instalaciones, entre otras, de los aparcamientos. El objetivo del CTE es mejorar la calidad de la edificación y promover la innovación y la sostenibilidad, a la vez que fija unas exigencias básicas de calidad de los edificios y de sus instalaciones.

Por otro lado, el Reglamento electrotécnico de baja tensión (Real decreto 842/2002, de 2 de agosto de 2002, en lo sucesivo REBT, clasifica los aparcamientos de más de cinco vehículos como locales con riesgo de incendio o explosión, según la instrucción ITC-BT-29. Aún así, deja en manos del proyectista la opción de justificar que este riesgo no existe basándose en la norma UNE-EN 60079-10-1. En este documento se darán indicaciones sobre la desclasificación de los aparcamientos como locales de riesgo.

2. Tipos de ventilación

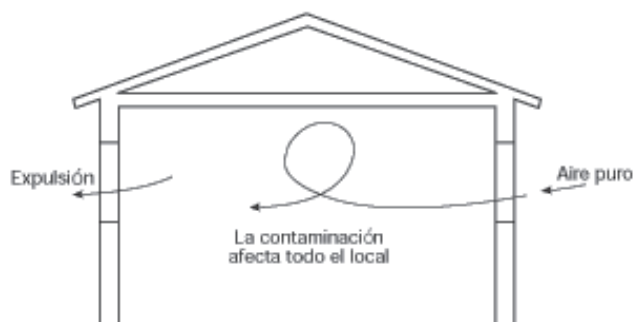
La renovación del aire en cualquier local es necesaria para renovar el oxígeno y extraer los subproductos de la actividad humana, como por ejemplo el anhídrido carbónico, y otros contaminantes como el monóxido de carbono, los óxidos de azufre o los hidrocarburos, comunes en locales en los que circulan vehículos de combustión. En determinados casos, los sistemas de ventilación también cumplen un papel importante en la seguridad de los ocupantes porque garantizan la ex-

tracción de humos en caso de incendio.

2.1. Ventilación natural, forzada o híbrida

La ventilación de un local puede ser natural, forzada o híbrida.

Se habla de ventilación natural cuando no hay aportación de energía artificial para efectuar la renovación del aire. Generalmente, la ventilación natural se consigue dejando aberturas en el local (puertas, ventanas, tragaluces, etc.) que comunican directamente con el exterior. La ventilación forzada utiliza aparatos electromecánicos para conseguir la renovación del aire.



En el caso de la ventilación natural, las diferencias de temperatura entre el exterior y el interior y los efectos del viento son el origen de las fuerzas que ocasionan el movimiento del aire necesario para lograr la ventilación. En función de estas fuerzas, y también de la superficie, orientación y situación de las puertas y ventanas, es posible lograr tasas de ventilación suficientes. El principal inconveniente de la ventilación natural es la dificultad de regulación, puesto que la tasa de renovación de cada momento depende de las condiciones climatológicas.



La ventilación forzada elimina este problema y la tasa de ventilación se puede ajustar y controlar, pero como contrapartida hay un consumo de energía eléctrica. Otra ventaja de la ventilación forzada frente a la natural es que puede ser aplicada en emplazamientos que no tienen comunicación directa con el exterior y en los que, por lo tanto, la ventilación sólo puede lograrse mediante conducciones a través de las cuales se fuer-

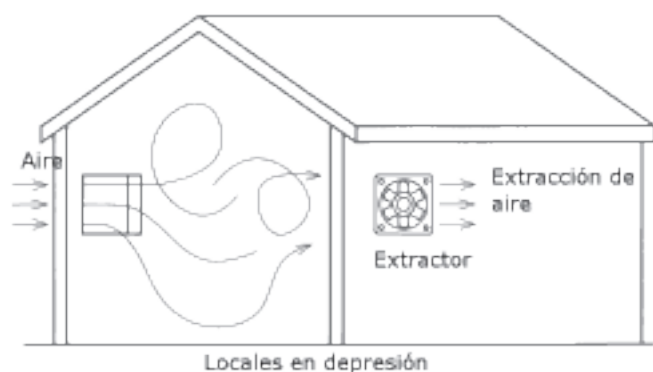
za el paso del aire mediante ventiladores.

Este hecho es destacable si se tiene presente que la mayoría de aparcamientos se encuentran situados en plantas bajo la rasante.

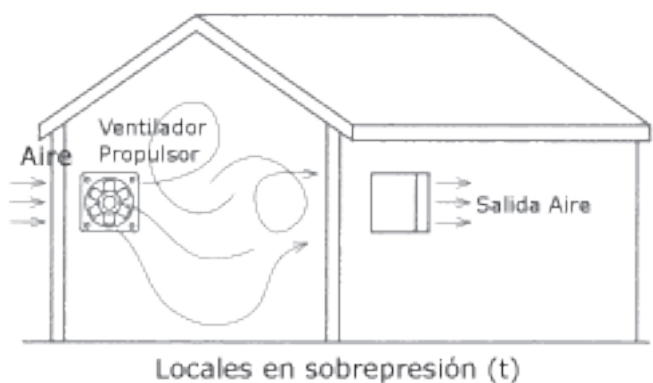
La ventilación híbrida es aquélla en la que, cuando las condiciones de presión y temperatura ambientales son favorables, la renovación del aire se produce como en la ventilación natural, y cuando son desfavorables, como en la ventilación con extracción mecánica.

2.2. Ventilación por depresión o sobrepresión

La ventilación por depresión se logra colocando el ventilador (extractor) de forma que extraiga el aire del local, lo cual provoca que éste quede en depresión respecto a su entorno. El aire penetra desde fuera por las aberturas adecuadas y hace un barrido del local.



La sobrepresión en un local se obtiene insuflando aire por medio de un ventilador. El aire fluye hacia el exterior por las aberturas y, al pasar, barre los contaminantes interiores y deja el local lleno del aire puro del exterior.



En cualquiera de los dos tipos de ventilación se debe dotar el local de suficientes aberturas para permitir la aportación (o salida, en el caso de la sobrepresión) de aire necesaria. Estas aberturas se deben situar de modo que se garantice el correcto barrido de todo el recinto, es decir, enfrentadas a los puntos de extracción (o impulsión, en el caso de la sobrepresión).

Si se coloca un extractor sin realizar ninguna abertura, este trabajará forzado y no extraerá el caudal de aire que teóricamente tendría que extraer.

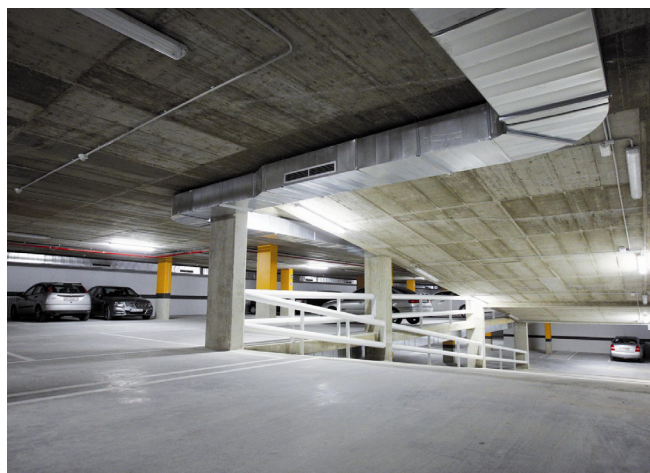
3. Ventilación en aparcamientos.

3.1. Generalidades

En general, los sistemas de ventilación deben cumplir la exigencia básica de la calidad del aire interior. En el caso de los aparcamientos, además, estos sistemas deben garantizar un control del humo en caso de incendio. Por eso se debe indicar en cada caso la normativa correspondiente y las diferentes posibilidades de ventilación existentes.

En este apartado se tendrán presentes las especificaciones que fija el RITE. Según indica éste en el apartado Exigencia de Calidad del Aire Interior:

“En los edificios de viviendas, a los locales habitables del interior de las mismas, los almacenes de residuos, los trasteros, los aparcamientos y garajes; y en los edificios de cualquier otro uso, a los aparcamientos y los garajes se consideran válidos los requisitos de calidad de aire interior establecidos en la Sección HS 3 del Código Técnico de la Edificación.”



Las instalaciones de ventilación se deben diseñar, calcular, ejecutar, mantener y utilizar de forma que se obtenga una calidad del aire interior que sea aceptable para las personas, y para que se eliminen los contaminantes que se producen de manera habitual, se aporte un caudal suficiente de aire exterior y se garantice la extracción del aire viciado. En caso de incendio, además, estas instalaciones deben garantizar la extracción de los humos generados con el fin de facilitar la evacuación y las tareas de extinción.

En el diseño de la instalación, la elección y la correcta distribución de los sensores y actuadores es fundamental para que el sistema sea eficaz y a la vez tenga una eficiencia energética elevada.

Las instalaciones (unidades de ventilación, conductos, rejillas, etc.) se deben diseñar de modo que todos sus elementos sean accesibles, teniendo en cuenta las operaciones de mantenimiento que se hayan de realizar o las posibles reparaciones que puedan surgir.

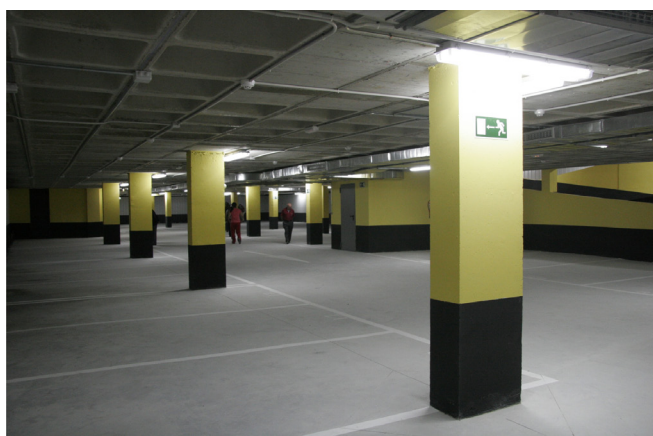
El aire de extracción de un aparcamiento se considera de categoría AE4 (nivel de polución muy alto) según el RITE: es un aire que contiene sustancias olorosas y contaminantes perjudiciales para la salud en

concentraciones mayores a las permitidas en el aire interior de una zona ocupada. El aire de esta categoría no se puede utilizar como aire de recirculación o de transferencia en otros espacios ocupados. Además, la expulsión hacia el exterior no puede ser común a la de aire de categorías AE1 y AE2 con el fin de evitar la posibilidad de contaminación cruzada.

Además, se considera que las zonas de circulación de los vehículos también forman parte de los aparcamientos.

3.2. Ventilación en aparcamientos: normativa y recomendaciones

En el caso de los aparcamientos, la normativa que se debe considerar a la hora de diseñar el sistema de control de humo en caso de incendio es el CTE, concretamente el documento básico SI 3, y la norma UNE 23585, titulada Seguridad contra incendios. Sistemas de control de temperatura y evacuación de humos.



Con respecto a las exigencias de calidad del aire interior, el caudal y las condiciones del recinto se calculan según lo que indican el CTE en el documento básico HS 3 y el REBT, en concreto la instrucción ITC-BT-29.

También se tendrá presente la norma UNE 100166, la cual, a pesar de no ser de cumplimiento obligatorio, fija unos criterios adicionales que son útiles para el diseño correcto de la instalación.

El tipo de ventilación que deben disponer los aparcamientos puede ser natural o forzada. Por lo tanto, no son válidos los medios de ventilación híbrida.

El caudal mínimo de aire exterior de ventilación (qv) está fijado en los documentos básicos HS 3 y SI 3 y no coincide en ambos documentos en relación a la ventilación por salubridad y para el control de humo en caso de incendio. Para aparcamientos corresponde lo siguiente:

En el DB-SI 3, en su apartado 8, correspondiente al Control del humo de incendio:

En zonas de uso Aparcamiento se consideran válidos los sistemas de ventilación conforme a lo establecido en el DB HS-3, los cuales, cuando sean mecánicos, cumplirán las siguientes condiciones adicionales a las allí establecidas:

- a) El sistema debe ser capaz de extraer un caudal de aire de 150 l/plaza-s con una aportación máxima de 120 l/plaza-s y debe activarse automáticamente en caso de incendio mediante una instalación de detección. En plantas cuya altura exceda de 4 m deben cerrarse mediante compuertas automáticas E300 60 las aberturas de extracción de aire más cercanas al suelo, cuando el sistema disponga de ellas.
- a) Los ventiladores, incluidos los de impulsión para vencer pérdidas de carga y/o regular el flujo, deben tener una clasificación F300 60.
- a) Los conductos que transcurran por un único sector de incendio deben tener una clasificación E300 60. Los que atraviesen elementos separadores de sectores de incendio deben tener una clasificación EI 60.

En el DB-HS,3 en su apartado 2, Caracterización y cuantificación de las exigencias establece que el caudal de ventilación mínimo para los locales se obtiene en la tabla 2.1. Aparcamientos y garajes, 120 por plaza

Uso	DB-SI	DB-HS
	l/s por plaza	l/s por plaza
Aparcamiento	150	120

Se tomará el valor más desfavorable, que es el de 150 l/s (540 m3/h) por plaza de garaje.

3.3. Medios de ventilación natural

3.3.1. Ventilación por salubridad

Con el fin de garantizar la calidad del aire establecida en el RITE se deben disponer aberturas mixtas como mínimo en dos zonas opuestas del cierre perimetral que sean fachada con el objetivo de conseguir un barrido del aire de todos los puntos del local. La distancia libre de obstáculos entre cualquier punto del local y la abertura más próxima debe ser, como máximo, de 25 m. Si la distancia entre dos aberturas opuestas es superior a 30 m se debe disponer de otra, equidistante a ambas y con una tolerancia del 5%.

El área efectiva, en cm², de estas aberturas mixtas en cada zona opuesta de la fachada y en la zona equidistante debe ser, como mínimo

$$A_{\text{mixto}} = 8 \cdot q_v$$

(en la que qv es el caudal de ventilación mínimo exigido en el local [l/s]).

Para aparcamientos de menos de cinco plazas se pueden instalar en un mismo cierre aberturas de admisión y de extracción. Las de admisión se deben colocar en la parte inferior del cierre y han de estar separadas verticalmente como mínimo a 1,5 m de las aberturas de extracción. Las aberturas de admisión y extracción se deben dimensionar según el apartado 5.3 de este documento.

3.3.2. Control de humo en caso de incendio

La ventilación natural para el control de humo en caso de incendio es posible en el caso de las zonas de uso de aparcamiento que el CTE define como aparcamiento abierto, de acuerdo con las condiciones siguientes:

- a) Las fachadas deben presentar en cada planta:
 - Una superficie total permanentemente abierta al exterior no inferior al 5% de la superficie construida.
 - Como mínimo, el área de estas aberturas equivalente a un 2,5% de la superficie construida debe estar distribuida uniformemente entre las paredes opuestas frontalmente situadas a menor distancia.
- a) La distancia desde el borde superior de las aberturas hasta el techo debe ser de $< 0,5$ metros.

El cumplimiento de las condiciones de aparcamiento abierto garantiza a la vez una ventilación por salubridad suficiente con medios de ventilación natural.

3.4. Medios de ventilación forzada

El sistema de ventilación debe ser de uso exclusivo del aparcamiento.

La ventilación debe realizarse por depresión, con un sistema de extracción mecánica o bien combinando impulsión y extracción mecánica. Los aspiradores deben situarse en lugares accesibles con el fin de limpiarlos y hacer el mantenimiento.



Cuando se proyecten extracciones de aire que puedan crear una depresión considerable dentro del local hay que asegurar la aportación de aire necesaria y verificar que el aire no entra por aberturas no deseadas. Esta aportación suficiente, además, debe garantizar el buen funcionamiento de los aspiradores mecánicos.

Por otro lado, debido al espacio que ocupan los ventiladores de impulsión y extracción, así como a sus conexiones, se recomienda, en el caso de que sea posible, que los ventiladores estén alojados en una sala

de máquinas prevista en el momento de la distribución inicial del espacio.

Además, se recomienda que todos los ventiladores estén dotados de soportes antivibradores.

El CTE indica que hay que disponer redes de extracción con su correspondiente aspirador mecánico en función del número de plazas de aparcamiento (P), a razón de:

Número de plazas	Número de redes
$P < 15$	1
$15 \leq P$	2 (mínimo)

Para el cálculo del número de redes de extracción hay que considerar el número de plazas total del aparcamiento. Sin embargo, con el objetivo de garantizar un funcionamiento correcto del sistema de ventilación en el aparcamiento se recomienda instalar, como mínimo, una red de extracción por planta.

En el caso de conductos de extracción que recojan aire de diferentes ventiladores, aguas arriba de estos se deben instalar compuertas (F400 90) de sobrepresión para evitar retornos.

El CTE regula las instalaciones con el fin de lograr niveles aceptables de ruido, de salubridad y de ahorro energético, entre otros. Siguiendo este mismo objetivo se proponen los criterios orientativos siguientes:

- Limitar el caudal de los ventiladores a 50.000 m³/h
- Instalar ventiladores de doble velocidad

En aparcamientos con un número de plazas elevado se ha de llegar a una solución de compromiso a partir de estos criterios orientativos, de forma que se cumplan los objetivos fijados en la ventilación por salubridad y para el control de humo en caso de incendio.

3.4.1. Ventilación por salubridad

El reparto de las aberturas de ventilación debe tener el objetivo de evitar la acumulación de los gases contaminantes en cualquier punto del local y garantizar un barrido perfecto de todo el recinto. Para conseguir esto las aberturas de ventilación se deben situar de la manera que se indica a continuación o de cualquier otra forma que produzca el mismo efecto:

- a) Una abertura de admisión y otra de extracción por cada 100 m² de superficie útil de aparcamiento.
- b) La separación máxima entre aberturas de extracción más próximas debe ser de 10 m.

La distancia desde el borde superior de las aberturas de extracción hasta el techo debe ser inferior o igual a 0,5 m.

- Recomendaciones de la norma UNE 100166: se deben colocar rejillas de extracción a razón de cada 100 m² y no tiene que haber más de 10 m entre rejillas. La velocidad del aire en los conductos interiores no puede ser superior a 10 m/s, y el nivel de presión sonora en el aparcamiento no puede exceder los 55 dB(A).
- Para aparcamientos públicos con rotación de vehículos es recomendable instalar sistemas que com-

binen impulsión y extracción mecánica. También es recomendable instalar sistemas de ventilación forzada, tanto de impulsión como de extracción en aparcamientos privados a partir de la tercera planta subterránea para asegurar la salubridad del aire.

- En caso de tener impulsión mecánica, el sistema se debe diseñar de tal forma que el aire impulsado llegue a 2/3 de la distancia de separación entre la red de impulsión y la de extracción más próxima. En aquel punto, la velocidad mediana del aire debe ser, como mínimo, de 0,25 m/s.
- Con el fin de evitar al máximo el ruido y la entrada de polvo, las rejillas exteriores se deben dimensionar de forma que la velocidad de paso del aire sea como máximo de 2,5 m/s.

En aparcamientos de más de cinco plazas se debe colocar un sistema de detección de monóxido de carbono (CO) que active automáticamente la extracción mecánica cuando se llegue a una concentración de 50 ppm en aparcamientos con empleados y una concentración de 100 ppm en otros casos.

En aparcamientos con plazas compartimentadas con ventilación conjunta se deben disponer las aberturas de admisión en los compartimentos y las de extracción en las zonas de circulación comunes. Cada compartimento debe tener, como mínimo, una abertura de admisión.

3.4.2. Control de humo en caso de incendio

Las instalaciones eléctricas que alimenten las instalaciones de protección contra incendios deben estar protegidas en todo su recorrido de forma que no queden inutilizadas a causa de un incendio en el interior del aparcamiento.

El lugar de control de las instalaciones de protección contra incendios debe estar situado cerca de los accesos de vehículos, libre de obstáculos y claramente visible por los servicios de intervención. En concreto, los interruptores de control del sistema de ventilación (pulsadores parada/marcha, tanto del sistema de extracción como de impulsión) deben estar en zonas de fácil localización por los servicios de emergencia.

El CTE propone dos posibles soluciones para el control de humo en caso de incendio en zonas de uso de aparcamiento con sistemas de ventilación forzada. En primer lugar, propone una solución basada en la norma UNE-23585:2004, en la que el sistema es capaz de regular y controlar la capa de humos y asegurar una altura que quede libre.

Dado que la altura media libre de los aparcamientos es de unos 2,30 m, no es útil la aplicación de esta norma UNE puesto que no hay margen de control, y en caso de utilizarla aparecen caudales de extracción muy elevados. Por lo tanto, se desestima el uso de esta norma para el desarrollo de este documento.

En segundo lugar, se propone un sistema de ventila-

ción con extracción mecánica que cumpla las condiciones siguientes:

- Las aberturas de admisión deben garantizar el funcionamiento correcto del sistema de extracción mecánica.
- El borde superior de las aberturas de extracción debe estar a una distancia del techo inferior o igual a 0,5 m.
- Debe extraer un caudal de aire (qv) de 150 l/s/plaza y se debe activar automáticamente en caso de incendio mediante un sistema de detección automática.
- Los ventiladores deben tener una clasificación F400 90.
- Los conductos de extracción dentro del mismo sector de incendio deben tener clasificación E600 90. En caso de que traspasen elementos separadores de sectores de incendio, deben tener clasificación EI 90.

Para un funcionamiento correcto de este tipo de instalaciones se debe definir la estrategia del barrido del aire en el interior del aparcamiento y prestar atención, principalmente, a tres aspectos:

1. Definir los puntos de entrada de aire fresco e intentar que estén próximos a las salidas peatonales de escape.
2. Definir los puntos de extracción y procurar alejarlos lo máximo posible de los puntos de entrada de aire fresco.
3. Prever el recorrido interior del fluido aire-humo de forma que viaje en la dirección proyectada y sin retornos.

A nivel europeo y para aparcamientos de grandes dimensiones se están desarrollando nuevas técnicas para definir el recorrido interior del aire en caso de incendio. Es el caso, por ejemplo, de los ventiladores de impulsos, cuya instalación permite guiar el flujo del aire entre la entrada y la salida y asegurar de este modo un buen barrido, tal y como prevén las normas europeas siguientes: BS 7346-7, NBN S 21-208-2, y el proyecto de norma prEN-12101-11.

- Si el aparcamiento dispone de un sistema de impulsión mecánica por salubridad, en caso de incendio éste debe parar para evitar el enfriamiento y la dispersión de los humos.
- Los conductos de admisión natural deben ser independientes para cada planta.
- Los ventiladores de extracción deben vencer tanto las pérdidas de carga de los conductos de extracción como las de los conductos o aberturas previstas para la admisión natural del aire.
- En caso de que no haya entradas de aire natural, las puertas de acceso de vehículos del aparcamiento deben ser caladas, como mínimo, en un 50% de su superficie.
- En estos momentos no se conoce ningún fabricante de conductos de chapa con homologación E600 90. Por lo tanto, se recomienda instalar conductos de chapa E400 90 hasta que aparezcan nuevas homologaciones.
- La distancia máxima entre cualquier punto del apar-

camiento y la abertura de extracción más próxima debe ser de 25 m.

- En caso de instalar un sistema de extracción mecánica únicamente para la extracción de humos (que soluciona la exigencia de calidad del aire interior con ventilación natural), es recomendable activar el sistema de aspiración mecánica de manera periódica con el fin de mantener la instalación en buenas condiciones.
- En aparcamientos con plazas compartimentadas, los cierres deben permitir la visibilidad del interior y facilitar la extinción en caso de incendio. Deben tener como mínimo la mitad superior calada en un 70%.
- Los aparcamientos robotizados deben disponer de un sistema de extracción mecánica de humo capaz de realizar tres renovaciones/hora.



3.5. Dimensionado de las aberturas de ventilación en aparcamientos

El área efectiva mínima de las aberturas de admisión y extracción en contacto con el exterior se debe calcular a partir de la tabla siguiente, donde q_v es el caudal de ventilación mínimo exigido del local [l/s]. Esto equivale a dimensionar estas aberturas de forma que el aire pase, como máximo, a una velocidad de 2,5 m/s.

Aberturas de ventilación	Área efectiva [cm ²]	Velocidad aire [m/s]
Aberturas de admisión	$4 \cdot q_v$	2,5
Aberturas de extracción	$4 \cdot q_v$	2,5

4. Desclasificación de los aparcamientos como locales con riesgo de explosión

El REBT, en concreto el apartado 4 de la instrucción técnica ITC-BT-29, establece que la clasificación de emplazamientos con atmósferas potencialmente explosivas la debe efectuar un técnico competente que debe justificar los criterios y procedimientos aplicados. El apartado 4.2 de esta instrucción técnica pone como ejemplo de emplazamiento peligroso los aparcamientos y los clasifica de manera general como emplazamientos

de clase I, excepto si el proyectista puede justificar que no hay el riesgo correspondiente.

La instrucción técnica ITC-BT-29 remite a la norma UNE EN 60079-10 con el fin de establecer el procedimiento para la clasificación de emplazamientos en los que los riesgos son causados por la presencia de vapor o gas inflamable, clasificación que está condicionada por el grado de la fuente de escape y la ventilación del local.

Con respecto al grado de la fuente de escape, hay que indicar que nos encontramos ante un escape que se puede considerar infrecuente y de corta duración, puesto que procede de ventilaciones (venteos), del deterioro de juntas y materiales de los depósitos o de las emisiones de los tubos de escape de los vehículos. Por lo tanto, según la norma UNE EN 60079-10, se puede clasificar como un escape de grado secundario.

Para la ventilación del local hay diferentes normas que fijan los criterios de cálculo y diseño de los sistemas de ventilación en aparcamientos, tanto por evacuación de humos como por dilución del CO a niveles aceptables para la salud de las personas.

La ventilación, en todo caso, es superior a la necesaria para diluir o dispersar los vapores inflamables hasta que su concentración esté por debajo del límite inferior de explosión (LIE), lo cual implica que si se asegura la ventilación y se tiene en cuenta el grado secundario de la fuente de escape se puede considerar, a efectos de la norma UNE EN 60079-10, que la zona clasificada como peligrosa sea, en general, menosprezable.

4.1. Procedimiento para la eliminación del riesgo

El análisis y posible eliminación del riesgo se debe hacer de forma escalonada siguiendo los siguientes pasos:

1º Eliminar la fuente ATEX. Antes de comenzar a realizar una clasificación de zonas se debe analizar si es posible eliminar la fuente de origen de gas inflamable a través de un diseño de la instalación o la posible sustitución de un producto o sustancia peligrosa por otra.

Si se consigue que no exista fuentes de escape o cuando el producto por su baja concentración no es peligroso la zona será no peligrosa, sin duda la mejor seguridad. Cuando no es posible eliminar el origen de la atmósfera peligrosa se debe desclasificar la zonas.

2º Eliminación de fuentes de ignición. Si la formación de la atmósfera peligrosa no puede impedirse, una vez clasificada la zona, se debe intentar eliminar de la zona peligrosa las fuentes de ignición, como por ejemplo instalaciones eléctricas, como cuadros, luminarias, interruptores, etc.

3º Probabilidad aceptable. Cuando no se puede eliminar las fuentes de escape o las fuentes de ignición

según los apartados anteriores la seguridad debe basarse en la baja probabilidad de que coincida la fuente de ignición con la atmósfera explosiva. Esto se consigue eligiendo el material eléctrico y no eléctrico en función de la clasificación de zonas, los cuales deben cumplir unas prescripciones de seguridad adecuadas al entorno donde se ubiquen según el RD 400/1996 sobre Equipos y Sistemas de Protección previstos para su uso en atmósferas potencialmente explosivas.

La norma UNE 60079-10 propone un procedimiento de clasificación que en determinados momentos se necesita unos datos que no son facilitados por dicha norma. Por ello acudimos a la Guía Técnica de la ITC-29 para conseguir estos datos.

4.2. Procedimiento de clasificación de zonas con riesgo de incendio y explosión

A continuación se muestra el esquema de desclasificación propuesto por la norma UNE 60079-10-1 indicando en el mismo los momentos y datos que podemos obtener de la guía del REBT.

1º Determinar las fuentes y grado de escape

La norma UNE 60.079-10 no indica la tasa de emisión ni los posibles orificios de escape. En la guía del REBT se indican unos valores por vehículo.

2º Determinar el grado de ventilación

La norma UNE 60.079-10 no determina los parámetros sobre V_z y t para determinar el grado de ventilación. Si bien en la última revisión de la norma UNE 60.079-10 nos indica que si $V_z < 0,1 \text{ m}^3$ la ventilación es de grado alto.

3º Determinar la disponibilidad de ventilación

La norma UNE 60.079-10 nos define la disponibilidad de la ventilación.

4º Determinación del tipo de zona

Según la norma UNE 60079-10 se determina el tipo de zona, en función del grado de la fuente de emisión, el grado de ventilación y la disponibilidad de la misma.

5º Calcular la extensión de zona

La norma UNE 60.079-10 no indica fórmulas para determinar con exactitud la extensión de zonas. Este es el punto más conflictivo ya que se debe determinar la zona con riesgo de incendio y explosión. El método indicado en la Guía del REBT, a través de una serie de fórmulas nos indica con exactitud la posible zona con riesgo de incendio y explosión.

A continuación analizaremos cada uno de los pasos de este procedimiento.

4.2.1. Determinar las fuentes de escape y su grado

La norma UNE EN 60.079-10 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 un 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 de escape, que se clasifican 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 NO se esperan fugas en condiciones normales.

4.2.2. Grado de ventilación

Para determinar el grado de ventilación se emplearán tres parámetros de los que depende el grado de ventilación. Los podemos calcular de la siguiente forma:

a) Cálculo de V_z

Para determinar el V_z o volumen peligroso calculado teóricamente, se utiliza la fórmula siguiente, recogida de la norma UNE 60079-10.

$$V_z = \frac{f \cdot \left(\frac{dV}{dt}\right)_{\min}}{C} [m^3]$$

Donde:

V_z se define como el volumen peligroso teóricamente calculado.

f factor de ventilación del 1 al 5.

C renovaciones hora del local.

$\left(\frac{dV}{dt}\right)_{\min}$ cantidad de aire fresco para diluir el escape.

b) Cálculo de $\left(\frac{dV}{dt}\right)_{\min}$

Para calcular la cantidad de aire fresco necesario

para diluir la tasa de escape se utiliza la fórmula recogida de la norma UNE 60079-10.

$$\left(\frac{dV}{dt}\right)_{\min} = \frac{\left(\frac{dG}{dt}\right)_{\max}}{k \cdot LIE} \cdot \frac{273 + T}{293} [m^3/s]$$

Donde:

$\left(\frac{dV}{dt}\right)_{\min}$ cantidad de aire fresco para diluir el escape.

$\left(\frac{dG}{dt}\right)_{\max}$ 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/m³);

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

k = 0,25 (grados de escape continuo y primario)

k = 0,5 (grado de escape secundario).

T es la temperatura ambiente (en grados Kelvin).

c) Determinación de $\left(\frac{dG}{dt}\right)_{\max}$ (guía CEI 31-35)

Para determinar la tasa de emisión de gas inflamable que se emite a la atmósfera se utiliza una serie de fórmulas de mecánica de fluidos, recogidas de la norma CEI 31-35.

4.2.3. Determinación de la disponibilidad de la ventilación

La disponibilidad e ventilación es un dato que podemos obtener directamente de la norma UNE 60079-10, sin embargo las definiciones de grado de disponibilidad buena o mediocre no son demasiadas precisas, por ello debemos de intentar conseguir el grado de ventilación muy bueno, el cual se logra enclavando la ventilación cuando es forzada, al funcionamiento de la actividad o equipo, por ejemplo a través del corte de suministros

energéticos, tanto gas como energía eléctrica.

Las definiciones de grado de ventilación se indican a continuación:

> **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.

4.2.4. Determinación del tipo de zona

Una vez que hemos determinado el grado de emisión, el grado de ventilación y la disponibilidad de ventilación, se debe acudir a la tabla de la presente página, recogida en la norma UNE 60079-10, para determinar el tipo de zona del emplazamiento peligroso.

Lo ideal es obtener un tipo de zona de extensión despreciable, (ED). Si tenemos grado de ventilación medio y disponibilidad de ventilación buena, el primer tipo de zona está rodeada por un segundo tipo de zona, indicado por el símbolo "+", el cual se debería de calcular la extensión de zonas considerando que la ventilación forzada está fuera de uso, si fuera ventilación natural, se rodearía el primer tipo de zona por otro de igual extensión.

Tabla 1. Influencia de la ventilación independiente en el tipo de zona

Grado de la emisión	Grado de la ventilación						
	Alto			Medio		Bajo	
	Disponibilidad de la ventilación						
	Muy Buena	Buena	Mediocre	Muy Buena	Buena	Mediocre	Muy Buena, Buena o Mediocre
Continuo	Zona 0 ED Zona no peligrosa ¹	Zona 0 ED Zona 2 ¹	Zona 0 ED Zona 1 ¹	Zona 0	Zona 0 + Zona 2	Zona 0 + Zona 1	Zona 0
Primario	Zona 1 ED Zona no peligrosa ¹	Zona 1 ED Zona 2 ¹	Zona 1 ED Zona 2 ¹	Zona 1	Zona 1 + Zona 2	Zona 1 + Zona 2	Zona 1 o Zona 0 ³
Secundario ²	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 0 ED, 1 ED o 2 ED 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.

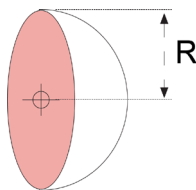
Nota. "+" significa "rodeada por".

4.2.5. Extensión de zonas

Para determinar la extensión de zonas se utilizan las fórmulas de mecánica de fluidos que vienen recogidas en la guía CEI 31-35. Dentro de los posibles casos de fuentes de emisión y sus extensiones, se indican en la tabla nº 12 tres casos por ser los más habituales: fuente de emisión en régimen subsónico, caso típico de una emisión por venteos, fuente de emisión sónica: caso típico de un escape de gas por una brida, y por último fuente de emisión producido por un charco de líquido inflamable, caso típico de un derrame accidental. Para otros casos, como gas líquido por refrigeración o por presión, por ejemplo GLP, se aconseja al lector acudir a la guía CEI 31-35.

4.2.6. Forma de la zona peligrosa

Cuando una de las direcciones de emisión es entorpecida (por ejemplo un muro) se puede asumir una semiesfera de radio "R".



4.3. Método de desclasificación según la Guía Técnica del la ITC-29 del REBT

El procedimiento seguido en el citado documento en su apartado III.3.2, **no realiza el procedimiento de clasificación (o desclasificación) de forma rigurosa conforme a la UNE-60079-10**, pero llega a un resultado válido para realizar dicha desclasificación de la atmósfera explosiva.

El procedimiento determinará lo siguiente:

- Para el parque móvil actual (considerando vehículos ligeros que en general, no superen 3500 kg) se determina el valor medio de emisión de gasolina en estado gaseoso en el ambiente de un garaje, realizándose para un vehículo. Es la Tasa de escape.
- A partir de un valor del Límite Inferior de Explosividad (LIE) dado en %, se calcula el equivalente en Kg/m³.
- Se calcula el caudal teórico mínimo de ventilación para diluir el escape. Si se ventila de forma que la concentración del combustible gaseoso alrededor del punto de escape se reduce a una zona peligrosa muy pequeña, estaremos limitando el riesgo. En la zona ventilada, la concentración de la mezcla estará por debajo del LIE.
- La zona peligrosa se reduce a diferentes volúmenes en el que el escape toma forma de semiesfera con un radio arbitrario. Se estiman varios radios y se comparan los resultados de ventilación.
- Se obtiene, en función al volumen correspondiente a cada vehículo en el garaje, el caudal de ventilación necesario para diluir la atmósfera explosiva por debajo del LIE, calculando el número de renovaciones por hora.

Se parte de las siguientes premisas de cálculo:

4.3.1. Tasa de escape existente

Puesto que los vehículos, por si mismos, poseen fuentes de ignición no controladas, en la medida de lo posible se debe dotar a los garajes de la suficiente ventilación permanente que permita desclasificarlos frente al riesgo de presencia de atmósferas explosivas.

Los vehículos existentes en el parque automovilístico de vehículos ligeros en España (que no superan los 3500 Kg) actualmente se distribuyen de la siguiente manera en función a su combustible:

Vehículos de gas-oil	≈ 54 %
Vehículos de gasolina	≈ 45 %
Vehículos de GLP y GN	< 1 %
Vehículos eléctricos	< 1 %

Punto de inflamación:

Gasolina < 20 °C

Gas-oil > 55 °C

GLP (Gases Licuados del Petróleo) y GN << 0 °C

De los vehículos de gasolina, actualmente el 75% tienen fecha de fabricación posterior a 1992. Este detalle será tenido en cuenta para la tasa de escape.

En función de esta distribución deberán tenerse en cuenta las siguientes medidas.

- Gas-oil: Si la temperatura del combustible almacenado en los depósitos de los vehículos de gas-oil existentes en un garaje no alcanza este valor en condiciones normales, no se alcanza el LIE (límite inferior de explosividad) del gas-oil y no es necesario clasificar las zonas teniendo en cuenta este combustible.
- Gasolina: En condiciones ambientales normales se supera la temperatura de su punto de inflamación y por tanto en el entorno próximo a la fuente de emisión se alcanza la concentración del LIE de la gasolina. A efectos de la clasificación de zonas se deberá tomar en cuenta este combustible.
- GLP y GN: Una fuga de un recipiente a presión de GLP o GN daría lugar a un entorno amplio de atmósfera explosiva y no debería admitirse su estacionamiento en aparcamientos subterráneos. En condiciones ambientales normales se supera la temperatura de su punto de inflamación y por tanto en el entorno próximo a la fuente de emisión se alcanza la concentración del LIE del GLP y GN. A efectos de la clasificación de zonas se deberá tomar en cuenta este combustible.
- Baterías de vehículos eléctricos de carretera: No son necesarios requisitos especiales de clasificación de áreas para los vehículos eléctricos cuyas baterías sean de Li-ION o de Ni-MH.

Se tomaran en consideración las siguientes tasas de escape para el calculo de las zonas con riesgo de presencia de atmósferas explosivas.

- Gas-oil: No se considera
- Gasolina:
Para vehículos posteriores a 1992:

$$\left(\frac{dG}{dt}\right)_{vehiculos > 1992} = 2 \text{ g/día}$$

Para vehiculos de 1992 o anteriores:

$$\left(\frac{dG}{dt}\right)_{vehiculos \leq 1992} = 20 \text{ g/día}$$

- GLP:

$$\left(\frac{dG}{dt}\right)_{GLP} = 8,75 \text{ g/día (equivalente a } 160 \text{ cm}^3/\text{h})$$

- GN

$$\left(\frac{dG}{dt}\right)_{GN} = 129 \text{ g/día}$$

La tasa de escape promedio, función de las características del parque automovilístico:

- Vehículos a Gasolina

Turismos de gasolina existentes en la actualidad = 45 % del parque

Turismos de gasolina posteriores a 1992 = 75 %

Turismos de gasolina anteriores a 1992 = 25 %

Tasa de escape promedio función de las características actuales del parque automovilístico:

$$\begin{aligned} \left(\frac{dG}{dt}\right)_{\max} (gasolina) &= 0,45 \cdot \left[\left(0,75 \cdot \left(\frac{dG}{dt}\right)_{vehiculo > 1992}\right) + \left(0,25 \cdot \left(\frac{dG}{dt}\right)_{vehiculo \leq 1992}\right) \right] \\ &= 0,45 \cdot [(0,75 \cdot 2) + (0,25 \cdot 20)] = \\ &= 2,925 \text{ g/día} = 339 \cdot 10^{-10} \text{ kg/s} \end{aligned}$$

- Vehículos a GLP y GN

$$\begin{aligned} \left(\frac{dG}{dt}\right)_{\max} (GLP) &= 0,005 \cdot 8,75 \text{ g/día} = \\ &= 0,045375 \text{ g/día} = 5,06 \cdot 10^{-10} \text{ kg/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \left(\frac{dG}{dt}\right)_{\max} (GN) &= 0,005 \cdot 129 \text{ g/día} = \\ &= 0,645 \text{ g/día} = 74,7 \cdot 10^{-10} \text{ kg/s} \end{aligned}$$

4.3.2. Límite Inferior de Explosividad LIE y características del elemento explosivo

Para expresar el LIEv (%) en LIEm (kg/m³), se usa la fórmula de los gases ideales, donde 1 mol ocupa 22,4 litros a temperatura de 20 °C (293 K) y 1 atmósfera de presión.

Para el vapor de Gasolina:

- Peso molecular M = 92 g/mol
- LIE = 1,6 % en volumen

$$\begin{aligned} LIEm(gasolina) &= \frac{1}{22,4} \cdot \frac{273 \text{ K}}{(273 \text{ K} + T \text{ °C})} \cdot M \cdot \frac{LIEv \%}{100 \%} = \\ &= \frac{1}{22,4} \cdot \frac{273 \text{ K}}{(273 + 20) \text{ K}} \cdot 92 \text{ g/mol} \cdot \frac{1,6 \%}{100 \%} = 0,061 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Para GLP:

- Peso molecular M = 45 g/mol
- LIE = 2,1 % en volumen

$$\begin{aligned} LIEm(GLP) &= \frac{1}{22,4} \cdot \frac{273 \text{ K}}{(273 \text{ K} + T \text{ °C})} \cdot M \cdot \frac{LIEv \%}{100 \%} = \\ &= \frac{1}{22,4} \cdot \frac{273 \text{ K}}{(273 + 20) \text{ K}} \cdot 45 \text{ g/mol} \cdot \frac{2,1 \%}{100 \%} = 0,039 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Para GN:

- Peso molecular M = 16 g/mol
- LIE = 5 % en volumen

$$\begin{aligned} LIEm(GN) &= \frac{1}{22,4} \cdot \frac{273 \text{ K}}{(273 \text{ K} + T \text{ °C})} \cdot M \cdot \frac{LIEv \%}{100 \%} = \\ &= \frac{1}{22,4} \cdot \frac{273 \text{ K}}{(273 + 20) \text{ K}} \cdot 16 \text{ g/mol} \cdot \frac{5 \%}{100 \%} = 0,033 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

4.3.3. Cálculo del caudal mínimo teórico de ventilación para diluir el escape

Se calcula a una temperatura T de 20 °C. La constante k es un factor de seguridad aplicado al LIE. Se toman como valores:

k = 0,25 (escape continuo) para Gasolina

k = 0,5 (escape secundario) para GLP y GN

$$\begin{aligned} \left(\frac{dV}{dt}\right)_{\min} (gasolina) &= \frac{\left(\frac{dG}{dt}\right)_{\min}}{k \cdot LIE} \cdot \frac{273 + T}{293} = \frac{339 \cdot 10^{-10} \text{ kg/s}}{0,25 \cdot 0,061 \text{ kg/m}^3} = \\ &= 221 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \left(\frac{dV}{dt}\right)_{\min} (GLP) &= \frac{\left(\frac{dG}{dt}\right)_{\min}}{k \cdot LIE} \cdot \frac{273 + T}{293} = \frac{5,06 \cdot 10^{-10} \text{ kg/s}}{0,5 \cdot 0,039 \text{ kg/m}^3} = \\ &= 2,63 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \left(\frac{dV}{dt}\right)_{\min} (GN) &= \frac{\left(\frac{dG}{dt}\right)_{\min}}{k \cdot LIE} \cdot \frac{273 + T}{293} = \frac{74,7 \cdot 10^{-10} \text{ kg/s}}{0,5 \cdot 0,033 \text{ kg/m}^3} = \\ &= 44,7 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

4.3.4. Cálculo del número de renovaciones de aire fresco y estimación del volumen teórico Vz (Volumen de zona peligrosa)

Se quiere una ventilación tal que limite la zona peligrosa a una semiesfera de radio R alrededor de la fuente de escape y que ésta pueda considerarse despreciable

El volumen de la zona peligrosa, se limita a:

$$Vz(semiesfera) = \frac{1}{2} \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3$$

Donde R es el radio de la semiesfera de gas de escape.

El cálculo del número de renovaciones de aire fresco para mantener ese radio anteriormente fijado:

$$C = \frac{f \cdot \left(\frac{dV}{dt}\right)_{\min}}{Vz}$$

que proviene de despejar C de la fórmula

$$V_z = \frac{f \cdot \left(\frac{dV}{dt} \right)_{\min}}{C}$$

Donde f es el factor que toma en cuenta el hecho de que la mezcla no es perfecta.

El parámetro f varía desde 5 para una ventilación con entrada de aire a través de una rendija, donde el aire circula con dificultad debido a obstáculos, hasta el valor 1 para ventilaciones con entrada de aire a través de un techo perforado y con múltiples escapes.

Se toma f = 5 como valor más desfavorable.

$$C(\text{gasolina}) = \frac{5 \cdot 2,222 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 / \text{s}}{\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3 \right) \text{ m}^3} = n^\circ \text{ Renovaciones} / \text{s}$$

$$C(\text{GLP}) = \frac{5 \cdot 0,026 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 / \text{s}}{\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3 \right) \text{ m}^3} = n^\circ \text{ Renovaciones} / \text{s}$$

$$C(\text{GN}) = \frac{5 \cdot 0,453 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 / \text{s}}{\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3 \right) \text{ m}^3} = n^\circ \text{ Renovaciones} / \text{s}$$

Para el cálculo de la ventilación por plaza de garaje, se debe conocer el volumen correspondiente a cada vehículo en el garaje, ya que la ventilación se realizará renovando todo el volumen de aire contenido en la zona abierta del garaje (no se consideran cuartos cerrados, ya sean de instalaciones o trasteros).

Supongamos para el presente caso que la superficie útil del aparcamiento, incluyendo vías de circulación, plazas de aparcamiento, rampas, etc, es de 519 m² en un aparcamiento de 15 plazas, con una altura libre de 2,60 m.

El volumen de aire del garaje es de:

$$V_g = 519 \text{ m}^2 \cdot 2,60 \text{ m} = 1349,4 \text{ m}^3$$

El volumen correspondiente a una plaza de garaje es de:

$$V_{\text{plaza}} = 1349,4 \text{ m}^3 / 15 \text{ plazas} = 90 \text{ m}^3$$

El caudal de ventilación por plaza será:

$$Q_{\text{plaza}} = V_{\text{plaza}} \cdot C$$

Se obtiene de la aplicación de las fórmulas estudiadas la siguiente tabla para distintos radios de semiesfera aleatorios del caudal de aire fresco a aportar, número de renovaciones y ventilación mínima por vehículo:

Para vehículos de Gasolina:

R (m)	Vz (m ³)	Tasa de escape m ³ /s	C		Caudal Ventilación	
			Por Plaza			
			Renov./s	Ren./h	m ³ /s	m ³ /h
0,5	262·10 ⁻³	221·10 ⁻⁸	0,04·10 ⁻³	0,15	0,0038	13,67
0,2	16,8·10 ⁻³	221·10 ⁻⁸	0,66·10 ⁻³	2,37	0,0593	213,67
0,1	2,10·10 ⁻³	221·10 ⁻⁸	5,28·10 ⁻³	18,98	0,4744	1709,4

Para vehículos con GLP:

R (m)	Vz (m ³)	Tasa de escape m ³ /s	C		Caudal Ventilación	
			Por Plaza			
			Renov./s	Ren./h	m ³ /s	m ³ /h
0,5	262·10 ⁻³	2,63·10 ⁻⁸	0,50·10 ⁻⁶	0,002	0,0001	0,16
0,2	16,8·10 ⁻³	2,63·10 ⁻⁸	7,85·10 ⁻⁶	0,028	0,0007	2,54
0,1	2,10·10 ⁻³	2,63·10 ⁻⁸	0,63·10 ⁻⁶	0,226	0,0056	20,34

Para vehículos con GNC:

R (m)	Vz (m ³)	Tasa de escape m ³ /s	C		Caudal Ventilación	
			Por Plaza			
			Renov./s	Ren./h	m ³ /s	m ³ /h
0,5	262·10 ⁻³	44,7·10 ⁻⁸	8,53·10 ⁻⁶	0,031	0,0008	2,76
0,2	16,8·10 ⁻³	44,7·10 ⁻⁸	13·10 ⁻⁶	0,480	0,0120	43,21
0,1	2,10·10 ⁻³	44,7·10 ⁻⁸	1,07·10 ⁻³	3,844	0,0961	345,75

Y sumando las contribuciones de cada tipo de combustible:

R (m)	Vz (m ³)	Tasa de escape m ³ /s	C		Caudal Ventilación	
			Por Plaza			
			Renov./s	Ren./h	m ³ /s	m ³ /h
0,5	262·10 ⁻³	268·10 ⁻⁸	0,05·10 ⁻³	0,184	0,005	16,60
0,2	16,8·10 ⁻³	268·10 ⁻⁸	0,80·10 ⁻³	2,881	0,072	259,43
0,1	2,10·10 ⁻³	268·10 ⁻⁸	6,41·10 ⁻³	23,047	0,576	2075,5

Como puede observarse en la anterior tabla, es determinante el radio de la zona (R) que se considere ya que el número de renovaciones será mayor cuanto menor volumen de zona peligrosa se quiera alcanzar.

El CTE, sección HS3, apartado 2 tabla 2.1 prescribe, para garantizar la calidad de aire, un caudal de ventilación mínimo de 120 l/s por plaza en aparcamientos y garajes. En el DB-SI 3, en su apartado 8, correspondiente al Control del humo de incendio se observaron 150 l/s por plaza.

El valor más desfavorable de ambos es de 150 l/s por plaza, 0,150 m³/s o lo que es lo mismo, 540 m³/h.

En la anterior tabla se verifica que con una ventilación mínima de 259,43 m³/h se reduce el volumen

peligroso por vehículo a una semiesfera de 0,2 m de radio, por lo que la ventilación calculada a efectos de Seguridad en caso de Incendio es suficiente.

4.4. Estimación del grado de ventilación

4.4.1. Generalidades

En algunos casos el grado y nivel de disponibilidad de la ventilación pueden ser tan altos que en la práctica no hay emplazamiento peligroso. Es precisamente lo que se consigue en el caso de la desclasificación.

4.4.2. Ventilación alta (VA)

La ventilación puede considerarse como alta (VA) únicamente cuando una evaluación del riesgo demuestra que la extensión del daño potencial debido a al incremento súbito de la temperatura y/o de la presión, como consecuencia de la ignición de una atmósfera de gas explosiva de volumen igual a V_z , es despreciable. La evaluación del riesgo debería también tener en cuenta los efectos secundarios (por ejemplo, escapes de productos inflamables adicionales).

Las condiciones anteriores se aplicarán normalmente cuando V_z es menor que $0,1 \text{ m}^3$ o menos del 1% de V_0 el que sea el menor. En esta situación, el volumen del emplazamiento peligroso puede ser considerado igual a V_z . En el caso anterior, esto se cumplía para $R = 0,1 \text{ m}$ y $R = 0,2 \text{ m}$, pero no para $R = 0,5 \text{ m}$

4.5. Disponibilidad de la ventilación

La disponibilidad de la ventilación influye en la presencia o formación de una atmósfera de gas explosiva y por lo tanto en el tipo de zona.

Así, es necesario considerar la disponibilidad (así como el grado) de la ventilación cuando se determine el tipo de zona.

Deben considerarse tres niveles de disponibilidad de la ventilación:

- **buena:** La ventilación existe de forma prácticamente permanente;
- **aceptable:** 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;
- **pobre:** La ventilación no cumple los criterios establecidos como ventilación buena o aceptable, pero no se espera que haya interrupciones prolongadas.

La ventilación que no satisfaga ni siquiera los requisitos de una disponibilidad mediocre debe considerarse que no proporciona ventilación alguna del emplazamiento.

4.5.1. Ventilación natural

En emplazamientos en el exterior la evaluación de

la ventilación exige considerar la mínima velocidad del viento local y la disponibilidad. Si la mínima velocidad del viento es $0,5 \text{ m/s}$ y estará presente casi continuamente, la disponibilidad de la ventilación puede considerarse como buena.

4.5.2. Ventilación artificial

Al valorar la disponibilidad de la ventilación artificial debería considerarse la fiabilidad del equipo y la disponibilidad de, por ejemplo, ventiladores de reserva. Una disponibilidad buena requeriría normalmente, en caso de avería, el arranque automático del(de los) ventilador(es) 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) la clasificación determinada con la ventilación en servicio no necesita ser modificada, es decir, se asume que la disponibilidad es buena.

4.6. Conclusión

Se detallan a continuación las conclusiones por las que se puede estimar desclasificado el garaje. Se parte, para ello, de los siguientes parámetros, establecidos en el presente documento, recogidos de la Guía Técnica de la ITC-29 del REBT y en la norma UNE-EN-60079-10:

- Se considera escape continuo para la Gasolina.
- Se considera escape secundario para GLP y/o GNC.
- La ventilación será alta cuando $V_z < 0,1 \text{ m}^3$, siendo posible sólo con R de semiesfera de escape de gas igual a $0,1$ y $0,2$ en el ejemplo.
- Es suficiente con ventilar con las condiciones impuestas por el CTE (DB-HS y/o DB-SI)

Relacionando los resultados obtenidos en el cálculo con la Tabla 1, si consideramos el escape de tipo secundario (gases) y continuo (gasolina), con ventilación alta, la disponibilidad para que el riesgo desaparezca (Zona no peligrosa) debe ser Muy Buena.

Según se deduce de la Tabla 2, esto se consigue con una ventilación permanente y un equipo de reserva como prevención ante averías.

Tabla 2. Disponibilidad de la ventilación para Zonas con Grado de Escape Continuo y Secundario para desclasificar dicha Zona

Grado de la emisión	Grado de la ventilación						
	Alto			Medio			Bajo
	Disponibilidad de la ventilación						
	Muy Buena	Buena	Mediocre	Muy Buena	Buena	Mediocre	Muy Buena, Buena o Mediocre
Continuo	Zona 0 ED Zona no peligrosa ¹	Zona 0 ED Zona 2 ¹	Zona 0 ED Zona 1 ¹	Zona 0	Zona 0 + Zona 2	Zona 0 + Zona 1	Zona 0
Primario	Zona 1 ED Zona no peligrosa ¹	Zona 1 ED Zona 2 ¹	Zona 1 ED Zona 2 ¹	Zona 1	Zona 1 + Zona 2	Zona 1 + Zona 2	Zona 1 o Zona 0 ³
Secundario ²	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 0 ED, 1 ED o 2 ED 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 “rodeada por”.

5. Bibliografía

Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo de 2006, por el que se aprueba el **Código Técnico de la Edificación**, incluyendo las correcciones de errores y modificaciones hasta la fecha.

Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto de 2002, por el que se aprueba el **Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión**, incluyendo las correcciones de errores y modificaciones hasta la fecha.

Guía Técnica de Aplicación BT-29. PRESCRIPCIONES PARTICULARES PARA LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LOS LOCALES CON RIESGO DE INCENDIO O EXPLOSIÓN. Edición: Febrero 2015; Revisión: 2

Norma UNE-EN-60079-10-2010

Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el **Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios**, incluyendo las correcciones de errores y modificaciones hasta la fecha.

PREVENCIÓN DE RIESGOS EN ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS. Marceliano Herrero Sinovas, Jefe del Servicio Territorial de Industria, Comercio y Turismo de la Delegación Territorial de la Junta de Castilla y León de Valladolid. Edita: Junta de Castilla y León - Consejería de Economía y Empleo, Instituto de Seguridad y Salud Laboral. 2010

NORMAS Y MÉTODOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE ZONAS CON RIESGO DE INCENDIO Y EXPLOSIÓN. Marceliano Herrero Sinovas. Idem anterior.

GUÍA DE VENTILACIÓN EN APARCAMIENTOS (Guía de diseño para el ingeniero proyectista). Colegio de Ingenieros Industriales de Cataluña. 2a edición / Actualizado junio 2008.

Soler & Palau Sistemas de Ventilación, S.L.U. www.solerpalau.es/