

**DICTAMEN PERICIAL SOBRE SISTEMAS DE VENTILACIÓN POR IMPULSOS (TIPO JET FAN)  
PARA SU APLICACIÓN A APARCAMIENTOS**

**Madrid, 09 de mayo de 2018**

**Autor del encargo:**

ANFACA (Asociación Nacional de Fabricantes de Conductos)

**Realiza el encargo:**

Juan Antonio Sanz Sanz

Ingeniero Industrial

Colegiado nº 11.962 del COIIM (Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid)

	COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES COIIM - MADRID
Nº VISADO 201801722	FECHA DE VISADO 04/06/2018
<b>VISADO</b>	
DOCUMENTO VISADO CON FIRMA ELECTRÓNICA	
COLEGIADO/A Nº:	NOMBRE
11962 COIIM JUAN ANTONIO SANZ SANZ	

## ÍNDICE

### MEMORIA

<b>1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO DEL DOCUMENTO .....</b>	<b>1</b>
1.1. Autor del informe .....	1
1.2. Objeto del informe .....	1
1.3. Alcance del informe .....	1
1.4. Declaración de imparcialidad .....	1
1.5. Metodología de trabajo .....	2
<b>2. DOCUMENTACION CONSULTADA .....</b>	<b>3</b>
<b>3. ANTECEDENTES .....</b>	<b>5</b>
<b>4. ANÁLISIS TÉCNICO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN POR IMPULSOS (JET FAN).....</b>	<b>6</b>
4.1. Características técnicas de la VENTILACIÓN POR IMPULSOS.....	6
4.2. Características técnicas de los equipos empleados.....	7
4.3. Aplicación técnica para aparcamientos públicos y privados, evacuación de humos en caso de incendios y evacuación de CO .....	10
<b>5. ANÁLISIS NORMATIVO DE SISTEMA DE VENTILACIÓN POR IMPULSOS (JET FAN).....</b>	<b>17</b>
5.1. El Código Técnico de Edificación .....	17
5.2. Normas UNE de obligado cumplimiento del Código Técnico de Edificación.....	20
5.3. Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios .....	24
<b>6. CONCLUSIONES GENERALES.....</b>	<b>32</b>

## 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO DEL DOCUMENTO

### 1.1. Autor del informe

El presente informe lo redacta Juan Antonio Sanz Sanz, Ingeniero Industrial colegiado nº 11.962 en el Ilustre Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Perito Judicial y de Particulares del turno del Colegio Oficial de Ingenieros industriales de Madrid.

### 1.2. Objeto del informe

El presente documento tiene por objeto el análisis exhaustivo de la metodología de evacuación de humos tipo “ventilación por impulsos” (también llamada Jet Fan), para su aplicación a la evacuación de humos en caso de incendios y para ventilación de CO para aparcamientos públicos y privados en España. Se realizará un análisis técnico y normativo de esta solución, para determinar su posible idoneidad técnica y normativa para esta aplicación. Debe tenerse en cuenta que se trata de una instalación absolutamente crítica, ya que afecta directamente a la seguridad de las personas y su evacuación en caso de incendio en edificios tipo aparcamiento públicos y privados.

El informe ha sido encargado por ANFACA (Asociación Nacional de Fabricantes de Conductos), debido a que se están realizando algunas instalaciones de este tipo en diferentes aparcamientos de España, siendo dudosa su eficiencia técnica y su cumplimiento normativo, ya que hasta ahora su uso se ha restringido a evacuación de humos en túneles (aplicación totalmente diferente en geometría, uso y características a la de uso aparcamiento subterráneo).

### 1.3. Alcance del informe

El presente dictamen pericial presenta las características técnicas básicas del sistema mencionado, sus aplicaciones y su ajuste a normativa para los diferentes usos, en concreto interesa determinar si es adecuado para evacuación de humos en caso de incendio y para evacuación de CO en aparcamientos subterráneos públicos y privados.

### 1.4. Declaración de imparcialidad

La designación de este perito de parte se realiza por contratación directa, aunque cabe señalar que este ingeniero pertenece al Listado de Peritos Judiciales y de Particulares del Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, para la especialidad de Ingeniería Industrial en Instalaciones en edificación y aparcamientos, entre ellas Ventilación y Protección Contra Incendios.

El pasado día 28 de diciembre de 2017 se formaliza el encargo profesional de este perito por parte de ANFACA a través de su Gerente, D. José Luis Pérez Real.

Con arreglo a lo dispuesto en el art. 335.2 de la Ley 1/2000, de 7 de enero, de Enjuiciamiento Civil, hago constar que he elaborado el presente Informe Pericial con la mayor objetividad posible, tomando en consideración tanto lo que pueda favorecer como lo que sea susceptible de causar perjuicio a cualquiera de las partes, y que conozco las sanciones penales en las que podría incurrir si incumpliere mi deber como perito.

### 1.5. Metodología de trabajo

Para la elaboración del presente trabajo se han realizado los **tres pasos** siguientes:

- **Estudio pormenorizado de la información existente** (técnica y normativa), acerca del sistema de ventilación por impulsos (tipo Jet Fan).
- **Reuniones técnicas con el cliente** (ANFACA) para recopilación de datos y aclaración de conceptos.
- **Desarrollo del documento.** El objeto del presente Informe Pericial es el análisis técnico y normativo de la aplicación del sistema de ventilación por impulsos (Jet Fan) para la evacuación de humos en caso de incendio y para evacuación de CO en aparcamientos subterráneos públicos y privados.

El presente documento y sus datos técnicos asociados, han sido desarrollados siguiendo los principios de objetividad e imparcialidad, así como el código de las buenas prácticas de ingeniería.

## 2. DOCUMENTACION CONSULTADA

Para la redacción del presente Dictamen Pericial se ha consultado la siguiente documentación:

- Documentación comercial de Sodeca, marca que distribuye el sistema de ventilación por impulsos (tipo Jet Fan) en España:
  - “Jet Fans Ventilación de aparcamientos 400°C/2h, 300°C/1h, 200°C/2h”. Catálogo técnico y de equipos.
- Código Técnico de Edificación, CTE, Documento Básico de Seguridad Contra Incendios, DB SI actualizado: Documento con comentarios del Ministerio de Fomento (versión 26 diciembre 2017). En concreto CTE DB SI 3 Evacuación de ocupantes, 3-8 Control del humo de incendio. Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo (BOE 28-marzo-2006) y posteriormente ha sido modificado por las siguientes disposiciones:
  - o Real Decreto 1371/2007 de 19 de octubre (BOE 23-octubre-2007).
  - o Corrección de errores y erratas del Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo (BOE 25-enero-2008).
  - o Orden VIV/984/2009 de 15 de abril (BOE 23-abril-2009).
  - o Real Decreto 173/2010 de 19 de febrero (BOE 11-marzo-2010).
  - o Sentencia del TS de 4/5/2010 (BOE 30/7/2010).

Conforme a lo establecido en el artículo 35.g) de la Ley de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común, la Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo ha respondido a numerosas consultas relacionadas con la interpretación y aplicación del Documento Básico DB SI del Código Técnico de la Edificación.

Esta versión del DB SI incorpora, junto al texto articulado del DB, los principales comentarios, aclaraciones y criterios de aplicación resultado de dichas consultas, de los cuales (incluidos los referidos a la NBE-CPI/96) se han publicado sucesivas versiones desde el año 2002, siendo las más recientes las siguientes:

- o 4 de febrero de 2008
- o 1 de septiembre de 2008
- o 21 de agosto de 2009
- o 18 de mayo de 2010
- o 12 de abril de 2011
- o 2 de diciembre de 2011
- o 29 de junio de 2012
- o 21 de diciembre de 2012

- o 18 de diciembre de 2013
- o 20 de junio de 2014
- o 19 de diciembre de 2014
- o 30 de junio de 2015
- o 22 de diciembre de 2015
- o 30 de junio de 2016
- o 23 de diciembre de 2016
- o 30 de junio de 2017
- Real Decreto 513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios. En concreto, Guía Técnica de Aplicación: Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios: (REAL DECRETO 513/2017, de 22 de mayo), versión de febrero de 2.018, con comentarios del Ministerio de Industria.
- Normas UNE presentes en el CTE DB SI 3 8, en concreto: UNE 23584:2008, UNE 23585:2004 (de la cual no debe tomarse en consideración la exclusión de los sistemas de evacuación mecánica o forzada que se expresa en el último párrafo de su apartado “0.3 Aplicaciones”) y UNE-EN 12101-6:2006.
- Normas UNE presentes en el Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios, SISTEMAS PARA EL CONTROL DE HUMO Y DE CALOR: UNE 23584:2008 Seguridad contra incendios. Sistemas de control de temperatura y evacuación de humos (SCTEH). Requisitos para la instalación, puesta en marcha y mantenimiento periódico de los SCTEH; UNE 23585:2004 Seguridad contra incendios. Sistemas de control de temperatura y evacuación de humos (SCTEH). Requisitos y métodos de cálculo y diseño para proyectar un sistema de control de temperatura y de evacuación de humos en caso de incendio. UNE-EN 12101-1:2007 UNE-EN 12101-1:2007/A1:2007 Sistemas para el control de humo y de calor. Parte 1: Especificaciones para barreras para control de humo. UNE-EN 12101-2:2004 Sistemas para el control de humos y de calor. Parte 2: Especificaciones para aireadores de extracción natural de humos y calor. UNE-EN 12101-3:2016 Sistemas de control de humos y calor. Parte 3: Especificaciones para aireadores extractores de humos y calor mecánicos. UNE-EN 12101-6:2006 Sistemas para el control de humo y de calor. Parte 6: Especificaciones para los sistemas de diferencial de presión. Equipos. UNE-EN 12101-7:2013 Sistemas para el control de humo y de calor. Parte 7: Secciones de conducto de humo. UNE-EN 12101-8:2015 Sistemas para el control de humo y de calor. Parte 8: Compuertas para el control de humo. UNE-EN 12101-10:2007 Sistemas para el control de humo y de calor. Parte 10: Equipos de alimentación de energía.
- Reunión de trabajo entre este perito y el Gerente de ANFACA el mes de febrero de 2018.

### 3. ANTECEDENTES

La ventilación mecánica en aparcamientos públicos y privados en España, con objeto de extraer el humo en caso de incendio y para extraer el CO, se ha diseñado e instalado en los últimos 12 años con sistemas de conductos, extracción y admisión, conforme a los requerimientos del Código Técnico de Edificación (CTE DB SI 3-8). En los últimos tiempos (aproximadamente desde inicios del año 2.017), se han realizado algunas instalaciones utilizando el sistema de ventilación por impulsos, jet fan, que es empleado para aplicación de extracción de humos en túneles. ANFACA, Asociación Nacional de Fabricantes de Conductos de España, contacta con este ingeniero para que elabore el presente informe, a fin de analizar la viabilidad técnica y normativa de esta nueva solución para aparcamientos públicos y privados.

Cabe destacar que ANFACA se ve penalizada por este nuevo sistema, ya que no emplea conductos. Este hecho no afecta a este perito ni a este dictamen pericial, ya que se siguen los principios de objetividad e imparcialidad.

Por lo tanto en este informe se parte de este punto de partida, y se pretende realizar un estudio técnico y normativo lo más objetivo e independiente posible, a fin de establecer la idoneidad técnica funcional y normativa de este sistema de túneles para su aplicación a aparcamientos públicos y privados fundamentalmente en sótanos (uso evacuación de humos en caso de incendios y uso evacuación de CO para permitir que los ocupantes del aparcamiento puedan respirar en óptimas condiciones). Cabe destacar que ambos sistemas de evacuación (humos y CO), responden a activaciones automáticas comandadas por instalaciones de detección automática de incendios y CO respectivamente.

## 4. ANÁLISIS TÉCNICO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN POR IMPULSOS (JET FAN)

### 4.1. Características técnicas de la VENTILACIÓN POR IMPULSO

Como alternativa a los sistemas de ventilación tradicionales y mediante redes de conductos de extracción y aportación de aire, se han establecido durante los últimos años los sistemas de ventilación horizontal, también conocidos como sistemas de ventilación por impulso o por inducción.

Esta novedosa técnica, se basa en reproducir los sistemas de ventilación longitudinal aplicados a los túneles, creando un frente de aire con suficiente velocidad para provocar el barrido del área a ventilar.

Mediante la instalación de ventiladores en puntos de entrada y salida del aire y humo, proporciona el fenómeno de inducción, extrayendo la masa de aire/humo hasta el exterior.

Este sistema de ventilación, se basa en la impulsión de una pequeña cantidad de aire a elevada velocidad, produciendo un efecto de homogenización al resto del aire.

El sistema permite además mantener unos niveles de concentración de gases contaminantes realmente bajos sin necesidad de recurrir a la puesta en marcha de todo el sistema de ventilación del aparcamiento.

Mediante la puesta en marcha únicamente de los ventiladores de inducción, o diseñando sistemas de ventilación zonificados, o en etapas, y con un sistema de detección de gases, podemos conseguir un menor consumo energético, menor nivel de ruido y una mayor vida útil de los equipos.

La ventilación por impulso permite también diseñar sistemas para el control de humos en caso de incendio, según los tres objetivos fijados por las normativas inglesa y belga, que constituyen la base sobre la que está trabajando el Comité Europeo de Normalización para la redacción de la futura Norma Europea de Control de Humos en Aparcamientos EN 12101-11:

- \*Evacuar el humo durante y tras el incendio (smoke clearance)
- \*Facilitar la intervención de los servicios de extinción (refighting)
- \*Facilitar la evacuación segura de los ocupantes (means of escape)

FUNCIONES DEL SISTEMA: Las dos funciones más importantes del sistema de ventilación por impulso o inducción, son:

- Mantener un bajo nivel de concentración de los gases contaminantes.
- Mayor seguridad para el control de los humos en caso de incendio

Además, dichos sistemas presentan los siguientes beneficios:

- Instalación más rápida y sencilla, así como menores interferencias con otras instalaciones (redes de sprinklers, canaletas eléctricas, desagües)
- Menor ocupación bajo forjado que facilita la instalación del sistema de ventilación en aparcamientos de altura reducida, y permite reducir los costes de excavación.
- Mayor visibilidad del aparcamiento y por consiguiente mejor funcionamiento de los sistemas de CCTV.
- Menor consumo del sistema de ventilación al no tener que vencer los ventiladores las pérdidas de carga de los conductos, así como al menor número de arrancadas y horas de funcionamiento.

#### **4.2. Características técnicas de los equipos empleados:**

##### **Ventiladores de Impulso de gran alcance 400°C/2h, 300°C/1h y 200°C/2h, unidireccionales o reversibles**

Ventiladores de impulso de gran alcance 200°C/2h, 300°C/1h y 400°C/2h unidireccionales o reversibles con diseño circular (THT/IMP-C), octogonal (THT/IMP-L) u octogonal pintada (THT/IMP-O)

Ventilador:

- Conjunto de ventilador unidireccional o reversible compuesto de ventilador, silenciadores, detectores y soportes, homologados para evacuación de humos, según norma EN-12101-3-2002, con certificación N°: 0370-CPD-0394
- Hélices orientables en fundición de aluminio, diseñadas para obtener grandes empujes
- Rejilla de protección contra contactos según norma UNE 100250, en los modelos unidireccionales
- Detector para aumento de alcance del aire, en el lado de impulsión. Los modelos reversibles van equipados con detectores en ambos lados.
- Silenciadores de alta atenuación con aislamiento térmico y acústico
- Interruptor de seguridad, serie IAT incorporado en el ventilador (THT/IMP-L Y THT/IMP-O) o bajo demanda (THT/IMP-C)
- Dirección aire motor - hélice o reversible 100%
- THT/IMP-C: Envoltorio circular en chapa de acero

- THT/IMP-L: Envoltente en chapa de acero galvanizada
- THT/IMP-O: Envoltente en chapa pintada
- THT/IMP-LS: Envoltente de longitud reducida

Motor:

Motores clase H, uso continuo S1 y uso emergencia S2, con rodamientos a bolas, protección IP55, de 2 velocidades Trifásicos 400V.-50Hz. DHALANDER

Temperatura máxima del aire a transportar: Servicio S1 -20°C+ 40°C en continuo, Servicio S2 200°C/2h, 300°C/2h, 400°C/2h.

Acabado:

- Anticorrosivo en resina de poliéster, polimerizada a 190°C., previo desengrase alcalino y pre tratamiento libre de fosfatos (THT/IMP-C, THT/IMP-O) o anticorrosivo en chapa de acero galvanizado (THT/IMP-L)

Bajo demanda:

- Prestaciones de empuje distintas a las indicadas



**Ventiladores centrífugos de inducción e impulso de gran alcance 300°C/1h y 400°C/2h, para trabajar dentro de la zona de riesgo de incendio, con bajo perfil**

Ventilador:

- Envoltente en chapa de acero
- Turbina con álabes a reacción en chapa de acero de gran robustez
- Caja de conexiones en el exterior
- Pies de fijación incluidos

09 de mayo de 2018

---

Motor:

- Motores clase H, uso continuo S1 y uso convencional.
- Temperatura máxima del aire a transportar: Servicio S1 -20°C +40°C en continuo, Servicio S2 300°C/2h y 400°C/2h.
- emergencia S2, con rodamientos a bolas, protección IP-55 de 1 o 2 velocidades según modelo Acabado: Trifásicos 230/400V 50Hz (hasta 4CV.) y 400/690V 50 Hz (potencias superiores a 4CV)
- Anticorrosivo en resina de poliéster polimerizada a 190oC, previo desengrase alcalino y pre tratamiento libre de fosfatos.

**4.3. Aplicación técnica para aparcamientos públicos y privados, evacuación de humos en caso de incendios y evacuación de CO.**

El sistema de ventilación por impulsos tipo jet fan o longitudinal, está totalmente consolidado para su aplicación a túneles, con determinadas limitaciones de longitud y de tiempo de actuación. A continuación se enumeran las ventajas e inconvenientes en su aplicación en túneles:

<b>Ventilación longitudinal</b>	
<b>Ventajas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Altamente efectiva en túneles unidireccionales.</li> <li>• No requiere de un sistema de ductos.</li> <li>• Baja inversión inicial.</li> <li>• Menores requisitos de mantenimiento</li> </ul>
<b>Desventajas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No es efectiva en túneles bidireccionales y en túneles de gran longitud.</li> <li>• Se complica el control de las condiciones interiores en el caso de congestión vehicular.</li> <li>• Puede perderse la estratificación del humo si los ventiladores no se accionan adecuadamente.</li> <li>• Excesivo ruido.</li> </ul>

Cabe destacar la falta de efectividad del sistema en túneles de gran longitud o en túneles bidireccionales, complicándose el control del humo en caso de congestión vehicular. Adicionalmente se pierde la estratificación del humo si no se accionan los ventiladores de manera adecuada o controlada (nunca bajo una activación automática, sino supervisada). Adicionalmente destaca el ruido como un inconveniente adicional, al estar los ventiladores expuestos a la zona ocupada.

Cabe destacar que los ventiladores Jet Fans no son efectivos para generar movimientos de aire en Túneles de gran extensión longitudinal (dado que sólo generan presión dinámica, pero no generan presión estática), en términos de caudal y sentidos ciertos de flujo.

Estos inconvenientes para su aplicación en túneles, deben hacernos cuanto menos reflexionar sobre la idoneidad de su aplicación a aparcamientos públicos o privados cerrados en plantas sótano.

### EFFECTOS EN EL SER HUMANO POR LA DISMINUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO EN EL AIRE

NIVEL DE OXÍGENO	EFFECTOS
21%	Oxígeno a niveles normales. Sin consecuencias
17%	Disminución del juicio y coordinación
12%	Dolor de cabeza, mareo, náuseas y fatiga
9%	Inconsciencia
6%	Paro respiratorio, paro cardíaco, muerte

Sin embargo, para la aplicación a aparcamientos de este sistema de ventilación por impulsos o tipo jet fan, cabe destacar que no está ni mucho menos extendido su uso, ya que lo habitual y extendido es el sistema tradicional de ventilación por conductos, con aportación y extracción de aire mediante ventiladores resistentes al fuego debidamente activados por un sistema de detección de humos en caso de incendios. El mismo sistema habitualmente es empleado para la evacuación de los humos de los vehículos, en este caso la extracción del CO, debidamente activado por un sistema de detección de CO.

Por tanto, a la hora de calcular los ventiladores a instalar en aparcamientos, se deben considerar una serie de criterios; Criterios aerólicos, de seguridad y de geometría son fundamentales para llevar a cabo una instalación de desenfumaje en zonas con afluencia de coches como son los aparcamientos públicos o privados en planta sótano. Aparte hay que tener en cuenta la evacuación del humo generado en caso de incendio, que permita evacuar a los ocupantes de manera rápida y eficiente.

En este sentido se deben tener en cuenta las características del sistema de jet fan, antes de plantearse su efectividad en aparcamientos para la evacuación de gases tóxicos tipo CO y de humo en caso de incendio, ya que **se debe realizar una evacuación controlada, de lo contrario puede activarse el humo evacuado como una lanza que pueda dañar a otros ocupantes que estén evacuando otras zonas colindantes del aparcamiento** (más adelante del ventilador, en la dirección desde el ventilador hacia la calle). Por otro lado **la evacuación a la calle debe ser controlada, para evitar que el humo a alta temperatura dañe a personas que estén en la dirección de salida de dicho humo (velocidad de los humos de salida superior a la del sistema tradicional por conductos).**

La ventilación por jet fans emplea un tipo especial de ventilador axial, el cual se monta en el techo del túnel o aparcamiento. Esta configuración elimina la necesidad de conductos y también de una estructura separada para la ubicación de los ventiladores; **sin embargo puede demandar mayor altura o ancho en los túneles o aparcamientos para así adaptarse al chorro de los ventiladores de manera que éste se encuentre fuera de gálibo dinámico del túnel o aparcamiento.** Una desventaja son los altos niveles de ruido que pueden resultar de su funcionamiento, esto limita la comunicación entre las personas evacuadas y el personal de rescate durante una emergencia.

Si un incendio se produce en un túnel o aparcamiento unidireccional, se asume que el tráfico situado delante del fuego continuará hasta salir del túnel o aparcamiento, mientras que el tráfico situado detrás del fuego tendrá que detenerse. En este caso el sistema de ventilación longitudinal forzará al humo y gases calientes a moverse hacia la sección vacía eliminando el backlayering (retroceso de capas de humo), proporcionando un ambiente seguro en la sección anterior al fuego para el personal evacuado y el de rescate.

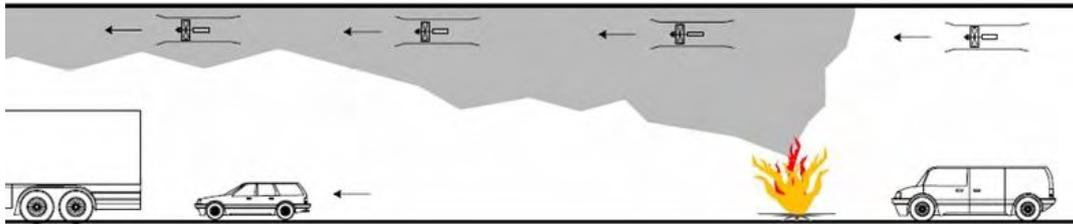


FIGURA 3.12. VENTILACIÓN LONGITUDINAL EN UN TÚNEL UNIDIRECCIONAL

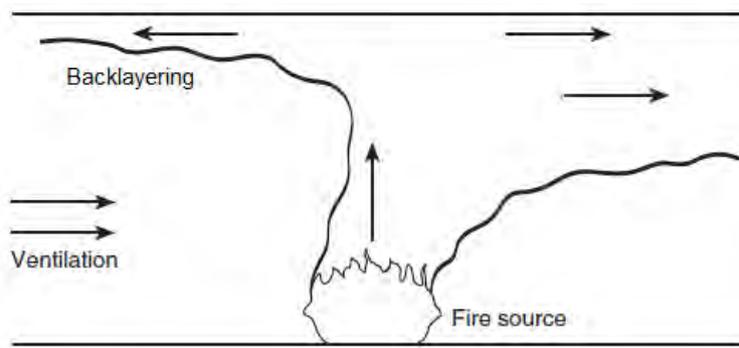


FIGURA 3.7. REFLUJO DE HUMO O BACKLAYERING

Sin embargo, si un incendio se produce en un túnel unidireccional con tráfico congestionado o en un **aparcamiento con tráfico congestionado**, o en un **túnel o aparcamiento bidireccional**, el comportamiento descrito anteriormente no se podría alcanzar, y esto limita la capacidad del sistema de ventilación longitudinal. Implicaría que con el **humo a alta temperatura se podría dañar a personas o vehículos en la zona de evacuación del humo. En estos casos es importante limitar su uso durante la fase inicial de evacuación para mantener de esta forma la estratificación del humo dentro del túnel o aparcamiento. Esto impediría su aplicación en aparcamientos con un sistema automático de detección de humo en caso de incendio, ya que requeriría de la manipulación de los ventiladores por parte de personal especializado con presencia 24 horas en el aparcamiento y vigilando en caso de incendio.**

En este punto destacamos que obviamente los jet fan no son adecuados para su uso en aparcamientos subterráneos, ya que es un caso con tráfico congestionado, con circulaciones de vehículos en dos direcciones o incluso en direcciones perpendiculares, y con escenarios de evacuación de personas no longitudinales (las evacuaciones se dan en diversas direcciones secantes entre sí y secantes a la circulación de vehículos en el foco de incendio), con lo que **es inviable aplicar este sistema en aparcamientos, pues causaría un grave peligro para las personas que evacuan en otras direcciones y que se pueden encontrar con el humo caliente evacuado a alta velocidad que se cruce en su recorrido de evacuación.**

Los ventiladores de chorro o jet fan están basados en el principio de la transmisión de cantidad de movimiento, esto es que una parte pequeña del total del aire que circula por la sección del túnel, es aspirada por los ventiladores de chorro, e impulsada a continuación con una energía cinética elevada (alta velocidad y alta temperatura).

Esta porción comunica un impulso al resto del aire, que se desplaza también en dirección longitudinal hacia el portal de salida del túnel o aparcamiento. El problema aquí es la **falta de control de esa cantidad de movimiento, que llevará la masa de humo caliente hacia zonas donde pueden existir ocupantes en fase de evacuación, lo cual sería letal para ellos (téngase en cuenta la alta temperatura de los humos en caso de incendio).**

Por tanto, **la aplicación técnica de este sistema de ventilación por impulsos o tipo Jet Fan a aparcamientos se considera no adecuada y demasiado arriesgada para la evacuación de los ocupantes, ya que al ser activada por sistemas automáticos de detección de humo en caso de incendio, no se puede controlar que el chorro de humo evacuado no alcance a otros ocupantes pendientes de evacuar la zona u otras zonas.** Todas estas prescripciones y limitaciones son **aplicables también a la aplicación de gases tóxicos como el CO**, que también son activados por un sistema automático de detección de CO, y por tanto pueden alcanzar a otros ocupantes en su trayectoria hacia la calle e impedirles que el ambiente sea respirable a su paso.



Como se aprecia en la imagen, en el sistema por jet fan (imagen superior), la parte delante del foco de incendio queda totalmente invalidada para la evacuación de ocupantes, alcanzando los humos alta temperatura y alta velocidad en su barrido hacia la calle. En el sistema tradicional por conductos (imagen inferior), simplemente sigue invalidada la parte del entorno cercano del foco de incendio, con velocidad baja de los humos, y de manera mucho más controlada para la evacuación de ocupantes en el entorno del aparcamiento en todas las direcciones.

Adicionalmente cabe señalar que estos sistemas son efectivos en barridos longitudinales (calles) pero no así en espacios abiertos cuadrados, donde en la zona de las plazas no se realizaría una evacuación adecuada del humo en caso de incendio ni de los gases tóxicos como el CO, con lo que su efectividad sería parcial y no total. El foco más probable de un incendio en un aparcamiento se da en zona de plazas y no en calles. Por ello el sistema jet fan no es apropiado para zonas cuadradas, sino para zonas longitudinales (tipo calles).

Otro punto conflictivo a tener en cuenta es la entrada de aire para permitir el correcto funcionamiento. Si no se dota de entradas de aire suficientes y adecuadas por zona de actuación, el sistema no sería efectivo (necesita de la masa de aire de arrastre para poder barrer el humo). En la mayoría de los aparcamientos subterráneos, las secciones accesibles de entrada de aire desde la calle no son fáciles de encontrar, y por geometría y espacio es muy complicado habilitarlas en fase de diseño de arquitectura y construcción de los mismos (téngase en cuenta que están bajo tierra y nos es fácil crear patinillos de entrada de aire conducido en cotas negativas; la solución de arquitectura es más costosa y complicada de realizar).

Cuando se intenta diseñar un sistema nuevo no consolidado para una aplicación, por ejemplo los jet fan para aparcamientos subterráneos, en relación con la extracción del humo en caso de incendio y de la extracción del CO, se recurre al diseño mediante dinámica de fluidos asistida por ordenador. La dinámica de fluidos computacional o CFD es la rama de la dinámica de fluidos que permite la

simulación de flujos reales por medio de la solución numérica de las ecuaciones fundamentales de la continuidad, del momento y de la energía.

Los modelos numéricos CFD se basan en dividir el sistema bajo análisis en volúmenes de control más pequeños interconectados, que constituyen el mallado, y determinar los parámetros del fluido para cada uno de ellos.

**Para el análisis de túneles, generalmente se emplean modelos CFD tridimensionales (3D)**, debido a que los bidimensionales (2D) no describen apropiadamente la estratificación del humo y requiere introducción de parámetros adicionales. Adicionalmente se debe comprobar que sean iguales en 2D y 3D. Las simulaciones CFD se realizan en paquetes computacionales especializados como Solvent, Fire Dynamics Simulator, Flow3D y Ansys. La mayoría de estos programas están estructurados en 3 etapas:

- Pre-procesamiento:
- Procesamiento
- Pos-procesamiento

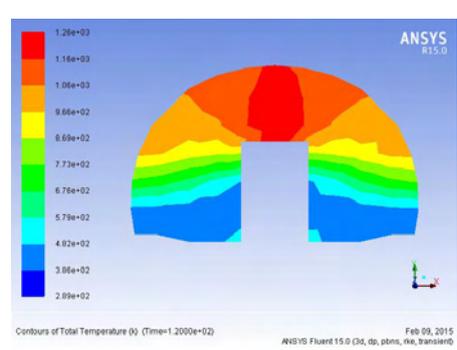
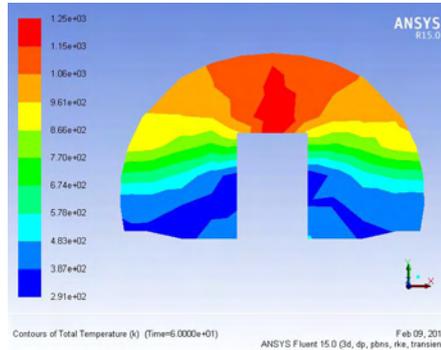
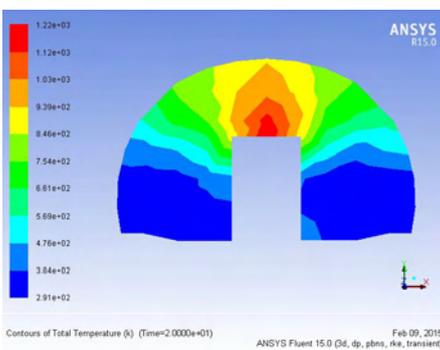


FIGURA 5.9. CONTORNO DE TEMPERATURA TRANSVERSAL CASO 1 (TIEMPO=20 S)

FIGURA 5.13. CONTORNO DE TEMPERATURA TRANSVERSAL CASO 1 (TIEMPO=60 S)

FIGURA 5.19. CONTORNO DE TEMPERATURA TRANSVERSAL CASO 1 (TIEMPO=120 S)

**El pre-procesamiento corresponde a la configuración del problema, es decir, se establecen la geometría del problema, el mallado, las propiedades de los materiales, las condiciones iniciales, condiciones de borde y demás parámetros necesarios para la resolución del problema. En esta etapa es necesario definir parámetros como:**

- Fuente del incendio: Esto se puede modelar de varias formas: como un proceso de combustión, como un flujo de calor fijo a través de un volumen, como un flujo de calor fijo a través de una superficie horizontal o como una temperatura fija en un volumen. El segundo método es preferido debido a que requiere menos tiempo de cómputo y presenta menos complicaciones que los otros.
- Radiación: En el lugar del incendio la transferencia de calor local se debe en mayor parte por la acción de la radiación que por la convección, esto debido a las altas temperaturas alcanzadas. Para tomar en cuenta la radiación se emplean varios métodos como establecer un modelo de transferencia

de calor por radiación, establecer un coeficiente que represente el flujo de calor hacia las paredes o reduciendo la tasa de liberación de calor.

- Condiciones de frontera en las paredes: Generalmente las paredes se consideran como superficies lisas. Para representar la transferencia de calor a través de las paredes el método más utilizado es el de establecer una temperatura o un flujo de calor constantes.
- Condiciones de frontera en los portales: Estas condiciones influyen ampliamente en los resultados obtenidos. Puede emplearse un modelo con presiones fijas en ambos portales o un modelo con propiedades fijas del fluido en un portal y presión fija en el otro portal. Este último, es empleado cuando se conocen los efectos del sistema de ventilación aunque limita el análisis de las condiciones a sotavento.

**Durante el procesamiento, se inicializa el problema y el programa monitorea la solución obtenida después de los cálculos con el objetivo de determinar la convergencia de la solución. En caso de no converger la solución, se deberán replantear los parámetros ingresados en el pre-procesamiento.**

**Finalmente, el pos-procesamiento consiste en la presentación de los resultados y de las gráficas correspondientes.**

Para la evaluación del sistema de ventilación de emergencia de un proyecto de un túnel, se emplea el software Ansys (o similar) y a través de su módulo Fluent se establecerá si la velocidad crítica determinada analíticamente es realmente eficaz para eliminar el reflujo de humo y permitir condiciones favorables para la evacuación de las personas localizadas a barlovento del incendio. Por lo tanto se evaluará el sistema para el Caso 1 en el cual la velocidad es menor a la crítica y para el Caso 2 en cual la velocidad es igual a la crítica.

**El sistema de ventilación de emergencia no debe activarse al instante en que se presenta el incendio, ya que esto empuja los humos generados directamente hacia los vehículos que continúan la marcha hasta salir del túnel. Es prudencial esperar hasta que salgan dentro de los primeros 2-3 minutos de iniciado el siniestro.**

Como se ha podido comprobar, **la instalación de jet fan requiere de diseños a medida mediante dinámica de fluidos asistida por ordenador (CFD), y se realiza de manera muy compleja y ajustada a las necesidades de cada caso, y en este caso el sistema jet fan es adecuado y está consolidado simplemente para túneles de no mucha longitud y teniendo en cuenta que “aguas arriba” del foco de incendio inutilizará por completo el túnel, por lo que se requiere un retardo para su activación, para permitir evacuar toda la zona delantera del mismo.**

Por todo lo expuesto en este punto se ha podido comprobar la no idoneidad del sistema jet fan para evacuación de humos (en caso de incendio y CO) en aparcamientos subterráneos, debido a que **es un sistema específico para túneles unidireccionales no muy largos, deben tenerse unas precauciones especiales para que no sea peligroso para la habitabilidad y evacuación más adelante del foco de incendio, no funciona bien en superficies cuadradas ni en dos direcciones de circulación, y no es apropiado para ser activado por medios automáticos de detección, sino para manipulación en función del incendio por personal de vigilancia especializado.**

## 5. ANÁLISIS NORMATIVO DE SISTEMA DE VENTILACIÓN POR IMPULSOS (JET FAN)

En este punto se analiza el cumplimiento e idoneidad normativa del sistema de ventilación por impulsos tipo jet fan para su aplicación a aparcamientos subterráneos, en cuanto a la evacuación de humos en caso de incendios y en cuanto a la extracción de CO, ambos activados por sendos sistemas automáticos de detección de incendios y CO respectivamente.

### 5.1. El Código Técnico de Edificación

La principal normativa empleada en España para diseño y ejecución de aparcamientos subterráneos, en relación con la extracción de humo en caso de incendio que permita evacuar a los ocupantes, y para controlar la emisión de gases como el CO para garantizar un ambiente respirable en el aparcamiento a la vez que los vehículos están circulando por el interior del mismo, es el Código Técnico de Edificación, y en concreto el Documento Básico de Seguridad contra incendios (DBSI), y en concreto el apartado 3.8, Evacuación de ocupantes, control del humo en caso de incendio.

Esta normativa se aprobó en el año 2006 y su última modificación o comentario oficial es de 2017. En el apartado segundo de este informe, documentación consultada, se pueden comprobar las distintas actualizaciones cronológicas del mismo. Es un Real Decreto, y por tanto de obligado cumplimiento en edificación, y en concreto en aparcamientos subterráneos, para su diseño y ejecución.

**CTE DB SI: HUMO EN CASO DE INCENDIO:** El análisis del documento 3.8 del DB SI del CTE, arroja las siguientes conclusiones respecto al sistema que nos ocupa (ventilación para evacuación del humo en caso de incendio y para extracción de CO en aparcamientos); se analizan extractos literales de la norma (color azul) y se explica su incidencia en el tema que nos ocupa:

*\* 1 En los casos que se indican a continuación se debe instalar un sistema de control del humo de incendio capaz de garantizar dicho control durante la evacuación de los ocupantes, de forma que ésta se pueda llevar a cabo en condiciones de seguridad:*

*a) Zonas de uso Aparcamiento que no tengan la consideración de aparcamiento abierto;*

El sistema a instalar debe garantizar el control del humo en caso de incendios durante la evacuación de los ocupantes.

*\* 2 El diseño, cálculo, instalación y mantenimiento del sistema pueden realizarse de acuerdo con las normas UNE 23584:2008, UNE 23585:2004 (de la cual no debe tomarse en consideración la exclusión de los sistemas de evacuación mecánica o forzada que se expresa en el último párrafo de su apartado "0.3 Aplicaciones") y UNE-EN 12101-6:2006.*

Las normas UNE mencionadas se analizan en el siguiente apartado.

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/plazas con una aportación máxima de 120 l/plazas 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.

b) Los ventiladores, incluidos los de impulsión para vencer pérdidas de carga y/o regular el flujo, deben tener una clasificación F300 60.

c) 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.

Este es el sistema que habitualmente se emplea en España en aparcamientos, totalmente consolidado y garantizada su efectividad (más de 12 años desde que se empezó a emplear conforme al CTE, y muchos más años antes con las Normas Básicas de Edificación (NBE CPI96) en su apartado de seguridad contra incendios del 1996, con requerimientos algo diferentes pero siendo la base del sistema muy similar). Se emplea para control de humo en caso de incendio y para calidad del aire interior de los aparcamientos, como se puede comprobar en el punto siguiente.

**CTE DB HS3: CALIDAD DEL AIRE INTERIOR EN LOS APARCAMIENTOS.** En este caso se trata del Documento Básico de Salubridad (DB HS), en concreto del DBHS3, Calidad del aire interior, y más en concreto el punto 3.1.4. Aparcamientos y Garajes de cualquier tipo de edificio.

#### 3.1.4 Aparcamientos y garajes de cualquier tipo de edificio

1 En los aparcamientos y garajes debe disponerse un sistema de ventilación que puede ser natural o mecánica.

Como se puede observar, la norma permite un sistema de ventilación natural o mecánica, pero con unas condiciones muy particulares y estrictas para cada una de ellas.

##### 3.1.4.1 Medios de ventilación natural

1 Deben disponerse aberturas mixtas al menos en dos zonas opuestas de la fachada de tal forma que su reparto sea uniforme y que la distancia a lo largo del recorrido mínimo libre de obstáculos entre cualquier punto del local y la abertura más próxima a él sea como máximo igual a 25 m. Si la distancia entre las aberturas opuestas más próximas es mayor que 30 m debe disponerse otra equidistante de ambas, permitiéndose una tolerancia del 5%.

2 En el caso de garajes con menos de cinco plazas, en vez de las aberturas mixtas, pueden disponerse una o varias aberturas de admisión que comuniquen directamente con el exterior en la parte inferior de un cerramiento y una o varias aberturas de extracción que comuniquen directamente con el exterior en la parte superior del mismo cerramiento, separadas verticalmente como mínimo 1,5 m.

Los sistemas Jet Fan donde la geometría del aparcamiento subterráneo (mayor de cinco plazas) no cumpla que el recorrido libre entre cualquier punto del local y las aperturas de admisión y expulsión opuestas esté a menos de 25 metros, no cumpliría con el CTE DEB HS3.

### 3.1.4.2 Medios de ventilación mecánica

1 La ventilación debe realizarse por depresión, debe ser para uso exclusivo del aparcamiento y puede utilizarse una de las siguientes opciones:

- a) con extracción mecánica;
- b) con admisión y extracción mecánica.

2 Debe evitarse que se produzcan estancamientos de los gases contaminantes y para ello, las aberturas de ventilación deben disponerse de la forma indicada a continuación **o de cualquier otra que produzca el mismo efecto**: a) haya una abertura de admisión y otra de extracción por cada 100 m<sup>2</sup> de superficie útil; b) la separación entre aberturas de extracción más próximas sea menor que 10 m.

3 Como mínimo deben emplazarse dos terceras partes de las aberturas de extracción a una distancia del techo menor o igual a 0,5 m.

4 En los aparcamientos compartimentados en los que la ventilación sea conjunta deben disponerse las aberturas de admisión en los compartimentos y las de extracción en las zonas de circulación comunes de tal forma que en cada compartimento se disponga al menos una abertura de admisión.

5 Deben disponerse una o varias redes de conductos de extracción dotadas del correspondiente aspirador mecánico, en función del número de plazas del aparcamiento P, de acuerdo con los valores que figuran en la tabla 3.1. **Tabla 3.1 Número mínimo de redes de conductos de extracción**

**Tabla 3.1 Número mínimo de redes de conductos de extracción**

P ≤ 15	1
15 < P ≤ 80	2
80 < P	1 + parte entera de $\frac{P}{40}$

6 En los aparcamientos con más de cinco plazas debe disponerse un sistema de detección de monóxido de carbono que active automáticamente los aspiradores mecánicos cuando se alcance una concentración de 50 p.p.m. en aparcamientos donde se prevea que existan empleados y una concentración de 100 p.p.m. en caso contrario.

Como se puede comprobar en el texto de la norma, se establece obligatorio el uso de redes de conductos y se establecen unas distancias concretas para aperturas de admisión y de extracción en dichos conductos. Deja abierta al posibilidad de cualquier otros sistema, siempre que se demuestre que tiene el mismo efecto que el sistema tradicional con redes de conductos y ventiladores definidos en el texto de la norma, con las especificaciones que se establecen.

Obviamente, eso no aplica al sistema Jet Fan, ya que como se ha demostrado en el apartado anterior de especificaciones técnicas, en ningún caso el sistema se comporta de la misma manera que el sistema tradicional por conductos, ya que la geometría de los humos, velocidades de evacuación, masa de aire y temperatura de la mezcla humo-aire son todos ellos completamente diferentes, y así lo demuestra a Dinámica de Fluidos Computacional (CFD).

Por tanto, podemos afirmar que el sistema de extracción de CO para garajes de obligado cumplimiento según el Código Técnico, CTE DB HS3, no se puede resolver con un sistema Jet Fan, pues no cumpliría normativa ni para ventilación natural ni para ventilación mecánica. Para ventilación natural al no cumplir el garaje menos de 25 metros a las aperturas (excepto los garajes que si cumplan esta prescripción, donde el sistema jet fan si cumpliría al salvarse la ventilación natural); para la ventilación mecánica al no producir el mismo efecto que la ventilación por conductos en sistema tradicional definida de manera exhaustiva y estricta en esta norma.

Conclusión: Jet Fan no válidos para sistema de extracción de CO como norma general.

## **5.2. Normas UNE de obligado cumplimiento del Código Técnico de Edificación**

*\* 2 El diseño, cálculo, instalación y mantenimiento del sistema pueden realizarse de acuerdo con las normas UNE 23584:2008, UNE 23585:2004 (de la cual no debe tomarse en consideración la exclusión de los sistemas de evacuación mecánica o forzada que se expresa en el último párrafo de su apartado "0.3 Aplicaciones") y UNE-EN 12101-6:2006.*

En este caso analizamos lo que implica cada una de estas normas UNE de obligado cumplimiento a las que refiere el Código Técnico de la Edificación, en cuanto al tema que nos ocupa, ventilación de garajes para extracción de humo en caso de incendios y para extracción de CO y la posible aplicación al mismo de los sistemas de ventilación por impulsos o tipo jet fan.

**UNE 23584:2008:** Seguridad contra incendios. Sistemas de control de temperatura y evacuación de humos (SCTEH). Requisitos para la instalación en obra, puesta en marcha y mantenimiento periódico de los SCTEH. Esta norma o protocolo describe los requisitos generales que debe cumplir la instalación, los requisitos a cumplir por los componentes que forman parte de la instalación, el proceso de montaje de la instalación, los requisitos para la entrega de obra y puesta en marcha de la instalación y los requisitos de mantenimiento.

Esta norma se refiere a los sistemas tradicionales mediante conductos, por lo que no nos es de aplicación en cuanto a sistemas tipo jet fan, ya que no los contempla. se refiere específicamente a los conductos como parte integrante del sistema de admisión de aire y extracción de calor y humos (SCTEH).

*UNE 23585:2004 (de la cual no debe tomarse en consideración la exclusión de los sistemas de evacuación mecánica o forzada que se expresa en el último párrafo de su apartado "0.3 Aplicaciones")*

Seguridad contra incendios. Sistemas de control de temperatura y evacuación de humos (SCTEH). Requisitos y métodos de cálculo y diseño para proyectar un sistema de control de temperatura y de evacuación de humos en caso de incendio.

Esta norma se refiere a los sistemas tradicionales mediante conductos, por lo que no nos es de aplicación en cuanto a sistemas tipo jet fan, ya que no los contempla. Cabe destacar que prioriza para estos sistemas de admisión de aire y extracción de calor y humos (SCTEH), el principal objetivo, la protección de los medios de evacuación (la seguridad de las vidas), dejando el resto de objetivos en orden secundario (control de temperatura de los gases, ayuda a las operaciones de lucha contra incendios, protección de las propiedades, despresurización, disipación de humos).

*Es actualizada por: UNE 23585:2017* Seguridad contra incendios. Sistemas de control de humo y calor. Requisitos y métodos de cálculo y diseño para proyectar un sistema de control de temperatura y de evacuación de humos (SCTEH) en caso de incendio estacionario.

Esta norma se refiere a los sistemas tradicionales mediante conductos, por lo que no nos es de aplicación en cuanto a sistemas tipo jet fan, ya que no los contempla.

*UNE-EN 12101-6:2006* Sistemas para el control de humo y de calor. Parte 6: Especificaciones para los sistemas de diferencial de presión. Equipos.

Esta norma describe los sistemas de presión diferencial diseñados para retener el humo en barreras físicas no estancas al mismo en un edificio, por ejemplo, puertas (abiertas o cerradas), u otras aberturas parciales análogas. Cubre los métodos de cálculo de los parámetros de los sistemas de control de humo mediante diferenciales de presión, como parte del procedimiento de diseño. Proporciona procedimientos de ensayo de los sistemas utilizados, y describe los elementos más relevantes y críticos de la instalación, así como los procedimientos de montaje necesarios para la aplicación práctica del diseño proyectado en un edificio. Describe los sistemas para protección de las áreas de evacuación de los ocupantes, tales como las cajas de escalera, pasillos y vestíbulos, así como los sistemas idóneos para establecer una cabeza de puente protegida, para actuación de los equipos de extinción de Incendios.

Los sistemas incorporan componentes de control del humo de acuerdo con las apartados correspondientes de la Norma Europea EN 12101, así como los equipos que comprenden estos y otros posibles componentes (véase el apartado 3.1.18). Esta norma proporciona requisitos y métodos para evaluar la conformidad de tales equipos.

Como se puede observar, tampoco aplica acerca del tema que nos ocupa, ventilación por impulsos tipo jet fan.

*Comentarios del ministerio de Fomento de 2.012 al CTE DB SI 3.8 DE 2.010: “Normas sobre control del humo y el calor en garajes Hasta que se disponga de normas UNE EN específicas, se pueden considerar adecuadas para su aplicación en los proyectos de instalaciones para el control del humo y el calor en garajes, de forma no excluyente, las normas que se indican a continuación, las cuales están sirviendo de referencia en los trabajos de elaboración de una norma europea en CEN/TC191/SC1/WG9:*

*\*BS 7346-7. Componentes de los sistemas de control del humo y el calor. Parte 7: Código de práctica sobre recomendaciones funcionales y métodos de cálculo de los sistemas de control del humo y el calor para aparcamientos cubiertos.*

*\* NBN S 21-208-2. Protección contra incendios en los edificios. Concepción de los sistemas de evacuación del humo y el calor (EFC) en aparcamientos cubiertos.”*

En primer lugar cabe destacar que no son de obligado cumplimiento, al figurar en comentarios del Ministerio y no en el la propia norma (Real Decreto). La implementación de los primeros sistemas de ventilación por impulso en aparcamientos en España se produce a raíz de la inclusión en los Comentarios del Ministerio de Fomento al Código Técnico de la Edificación en 2011 de la norma inglesa BS-7346-7 “Componentes de los sistemas de control del humo y el calor. Parte 7: Código de práctica sobre recomendaciones funcionales y métodos de cálculo de los sistemas de control del humo y el calor para aparcamientos cubiertos”, considerando dicha norma como adecuada para su aplicación en los proyectos de instalaciones para el control del humo y el calor en garajes. Recientemente, 26 de diciembre de 2.017, el comentario del Ministerio de Fomento que comenta dicha norma en el CTE ha sido ampliado quedando redactado como sigue:

*“Hasta que se disponga de normas UNE EN específicas, se pueden considerar adecuadas para su aplicación en los proyectos de instalaciones para el control del humo y el calor en aparcamientos, de forma no excluyente, las normas que se indican a continuación:*

- BS 7346-7. Componentes de los sistemas de control del humo y el calor. Parte 7: Código de práctica sobre recomendaciones funcionales y métodos de cálculo de los sistemas de control del humo y el calor para aparcamientos cubiertos. Dado que para aparcamientos el punto 2 de SI 3-8 admite como válidos los sistemas de ventilación conforme a lo establecido en el DB HS-3, en ellos se considera también válida la aplicación del apartado 9 de la norma BS 7346-7, el cual se corresponde con el primer objetivo de su apartado 4.1, es decir, con la evacuación de humos durante el incendio o tras la extinción de este, facilitando con ello la detección de eventuales focos secundarios, así como el retorno del edificio a su uso normal.*

- NBN S 21-208-2. Protección contra incendios en los edificios. Concepción de los sistemas de evacuación del humo y el calor (EFC) en aparcamientos cubiertos”.*

En la práctica todos los diseños de sistemas de ventilación por impulso en aparcamientos se estaban realizando ya mediante el citado apartado 9 Ventilación de impulso, para disipación de humo de dicha norma BS-7346.7, la cual establece también mediante otros apartados los criterios de ventilación en caso de incendio mediante otros tipos de sistemas como la ventilación de humo por disipación natural en su apartado 7 o la extracción mecánica convencional en su apartado 8.

Sin embargo, el apartado 9 de la norma BS 7346-7, en sus comentarios previos indica lo siguiente: "This system is not intended to maintain any area of a car park clear of smoke, to limit smoke density or temperature to within any specific limits or to assist means of escape", **lo cual da a entender que el diseño de un sistema de ventilación basado en este punto no busca garantizar la evacuación de ocupantes. El método de funcionamiento basado en este apartado busca la dilución de humo con el aire exterior, lo cual no garantiza la permanencia de las vías de escape libres de humos.**

En el tema que nos ocupa, se trata de discernir si se equipara un sistema de evacuación de humos basado en el apartado 9 de la BS 7346-7 a los sistemas de ventilación basados en la DB HS-3. Los sistemas de ventilación basados en la DB HS-3 requieren varias características adicionales para tener la consideración de sistemas de control de humos de incendio, tal como se indica en el apartado 8 de la DB SI-3.

Por otro lado, en el mismo apartado se admite también como norma de referencia admisible en el diseño de los sistemas de control de humos de incendios la norma belga NBN S 21-208-2, cuyos parámetros de diseño se supone que son equiparables a los exigidos por el apartado 11 de la BS 7346-7.

Suponiendo que la evacuación de ocupantes se garantizara (cosa que es bastante dudosa, pues la propia norma indica que el objetivo de los sistemas jet fan no es ese) mediante la aplicación del apartado tercero del punto 4.1 de la BS 7346-7 (que se desarrolla en el apartado 11 de la citada norma), la cuestión sería:

\*Si debe entenderse por tanto que un sistema diseñado según el apartado 9 debe ser complementado con las especificaciones requeridas en el apartado 11 para garantizar dicha evacuación de ocupantes.

\*O bien es correcto interpretar que ambos sistemas son totalmente equivalentes, en cuanto al cumplimiento del objetivo de un sistema de control de humos de incendio que indica el CTE

Al respecto de estas cuestiones planteadas, se concluye que :

1. El permitir un sistema de ventilación conforme a lo establecido en el apartado 9 de la norma BS 7346-7 guarda coherencia con el objetivo de una instalación conforme al DB HS-3, ya que se estima que ambos estándar ofrecen niveles de seguridad semejantes y mediante este sistema tampoco es posible garantizar la permanencia de las vías de escape libres de humos (valdrían para extracción de CO, pero no para extracción de humos en caso de incendio que permita la evacuación de ocupantes).

2. Las condiciones adicionales requeridas en el DB SI-3 tienen como finalidad garantizar el funcionamiento del sistema de ventilación durante un incendio, así como un determinado caudal de extracción. Algunas medidas en este sentido también se toman en el sistema mencionado de la norma británica, en algunos casos incluso más exigentes, como por ejemplo en el caso del caudal de extracción de 10 vol/hora, que es superior al que se pide en el DB SI. Sin embargo el objetivo de estos

sistemas es liberar el humo rápidamente para facilitar los medios de extinción, y no facilitar la evacuación de ocupantes.

3. En cuanto a la norma belga, los parámetros de diseño no son equiparables a los del apartado 11 de la norma británica. Empezando por la definición del objetivo, se establece en la norma belga: “The purpose of this standard is to specify the minimum requirements to be met by SHEV (Smoke and Heat Exhaust Ventilation) systems of indoor car parks on one or several levels in order to limit the propagation of smoke and heat in the event of a fire in the car park, to permit safe access to firefighting teams and to facilitate their intervention.” **Es decir, específicamente también en la norma belga se establece que los objetivos del sistema jet fan no son la de evacuación de ocupantes, sino facilitar los medios de extinción y liberar la zona de humo y calor evitando su propagación a otras zonas.**

Aunque luego en una nota se distingue entre aparcamientos con techo alto y bajo, en el primero de los cuales añade que “the SHEV systems may also contribute to ensuring safe evacuation”. Es decir, en los de techo alto podrían incluso contribuir a la evacuación de ocupantes (no lo asegura).

4. Un sistema de control de humos que garantice vías de escape libres de humos (apartado 11 de la BS) es mucho más sofisticado que uno de extracción, requiere de un estudio de ingeniería de fuego, **y es difícil de implantar en la mayoría de casos, así como desproporcionado en muchos casos de aparcamientos de pequeño-mediano tamaño.**

Además, atendiendo a estadísticas internacionales de incendios en aparcamientos, el número de muertos a causa de dichos incendios es prácticamente nulo, por lo que se entiende que la evacuación de los ocupantes en un aparcamiento bien diseñado se produce antes de que se alcancen condiciones de inseguridad en los mismos. Esto también se tiene en cuenta en el diseño de un sistema de ventilación según el apartado 9 de la norma BS 7346-7, en el sentido en que se prevé un retardo en la entrada del funcionamiento de los ventiladores de impulso, aunque no en los de extracción. **Es decir, los ventiladores de impulsos (tipo jet fan), deberían entrar en funcionamiento más tarde, con los daños que ello pudiera ocasionar (impiden la evacuación durante su actuación).**

Sí son recomendables, una vez se ha evacuado el aparcamiento, ya que se alcanzan condiciones críticas, en estados más avanzados del incendio, en los que en muchos casos los bomberos tienen que acceder y un sistema de ventilación es muy útil para liberar de humo el aparcamiento y encontrar el foco del incendio. En resumen, se considera conveniente que ambos sistemas sean válidos, aunque no compartan el mismo objetivo: **el sistema tradicional por conductos es el único válido para facilitar la evacuación de ocupantes, y el sistema de ventilación por impulsos tipo jet fan es un buen sistema complementario para activarlo a posteriori, una vez los ocupantes han evacuado, para facilitar los medios de extinción de incendios y evitar la propagación de dicho incendio.**

### 5.3. El Reglamento de Instalaciones de protección contra incendios

En este caso, se analiza la GUIA TÉCNICA DE APLICACIÓN: REGLAMENTO DE INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS (REAL DECRETO 513/2017, de 22 de mayo), Versión 2 (febrero 2018) del Ministerio de Industria. Se analizan extractos literales de la norma (color azul) y se explica su incidencia en el tema que nos ocupa:

#### *Artículo 1. Objeto y ámbito de aplicación material*

*1. Constituye el objeto de este reglamento la determinación de las condiciones y los requisitos exigibles al diseño, instalación/aplicación, mantenimiento e inspección de los equipos, sistemas y componentes que conforman las instalaciones de protección activa contra incendios.*

*2. Asimismo, el presente reglamento se aplicará con carácter supletorio en aquellos aspectos relacionados con las instalaciones de protección activa contra incendios no regulados en las legislaciones específicas, con la excepción de los túneles de carreteras del Estado, cuya regulación en materia de seguridad se regirá por el Real Decreto 635/2006, de 26 de mayo, sobre requisitos mínimos de seguridad en los túneles de carreteras del Estado.*

En nuestro caso aplica por partida doble, por ser un sistema de instalación activa contra incendios, y con carácter supletorio al ser el sistema jet fan una instalación de protección activa contra incendios no regulada con legislación específica (al menos es así en España para su aplicación a garajes en cuanto a extracción de humos encaso de incendios y en cuanto a extracción de CO).

#### *Artículo 2. Ámbito de aplicación subjetivo*

*1. Estarán sujetos a las disposiciones de este reglamento tanto las empresas instaladoras como las empresas mantenedoras de instalaciones de protección contra incendios.*

*2. Asimismo, las exigencias técnicas de este reglamento se aplicarán a los fabricantes, importadores, distribuidores u organismos que intervengan en la certificación o evaluación técnica de los productos, y a todos aquellos que pudieran verse afectados por esta regulación.*

Es importante destacar que se aplican las exigencias técnicas de este reglamento en cuanto a la certificación o evaluación técnica de los productos.

#### *Artículo 3. Definiciones A los efectos de este reglamento, se atenderá a las siguientes definiciones:*

*d) Evaluación técnica: valoración de los requisitos básicos relacionados con el uso previsto y evaluación y seguimiento del control de producción en fábrica de productos (equipos, sistemas o sus componentes) de protección contra incendios.*

*e) Organismos habilitados para la evaluación técnica: aquellos que desempeñan actividades de evaluación de los requisitos básicos del producto relacionados con el uso previsto, de evaluación del control en fábrica y de seguimiento anual del control de producción en fábrica. Dichos organismos deberán cumplir los siguientes criterios:*

1o Actuarán con imparcialidad, objetividad y transparencia, disponiendo de la organización adecuada y de personal técnico competente para la evaluación técnica de equipos, sistemas o sus componentes de protección contra incendios.

2o Tendrán experiencia contrastada en la realización de ensayos, inspecciones y/o evaluaciones, avalada por la adecuada implantación de sistemas de gestión de la calidad aplicados a las actividades que realicen.

3o Dispondrán de procedimientos específicos, expresamente validados por la Comunidad Autónoma donde la entidad presente la declaración responsable, que recojan la sistemática establecida para la valoración y seguimiento de las evaluaciones técnicas que realicen.

4o Mantendrán una información permanente al público sobre el alcance y la vigencia de las evaluaciones técnicas realizadas.

Deben destacarse los conceptos de evaluación técnica y organismos habilitados para realizar dicha evaluación técnica, pues está claro que el sistema de ventilación por impulsos tipo jet fan para uso aparcamientos no está consolidado ni homologado, por lo que requiere de dicha evaluación técnica para cada proyecto.

*Artículo 5. Acreditación del cumplimiento de los requisitos de seguridad de los productos de protección contra incendios*

*3. Los productos (equipos, sistemas o componentes) de protección contra incendios no tradicionales o innovadores para los que no existe norma y exista riesgo, deberán justificar el cumplimiento de las exigencias establecidas en este reglamento mediante una evaluación técnica favorable de la idoneidad para su uso previsto, realizada por los organismos habilitados para ello por las Administraciones públicas competentes.*

*La evaluación técnica favorable de la idoneidad deberá incluir, al menos, lo siguiente:*

- La evaluación de los requisitos básicos relacionados con el uso previsto (por ejemplo: fiabilidad operativa, tiempo de respuesta, comportamiento bajo condiciones de incendio, durabilidad, fuentes de energía, etc.).*

- La evaluación del control de producción en fábrica, así como un seguimiento anual del control de producción en fábrica.*

- Las condiciones de uso previstas y el programa de mantenimiento periódico con las operaciones que, como mínimo, requiera el producto durante su vida útil para poder ser usado de forma fiable.*

Este es el caso que nos ocupa, el sistema de ventilación por impulsos o tipo jet fan para su uso en aparcamientos en cuanto a extracción de humo de incendio y extracción de CO no está consolidado ni homologado, e implica un riesgo para las personas por la criticidad de uso del que se trata, por lo que es absolutamente imperativa una evaluación técnica favorable en cuanto a idoneidad de su uso previsto previa a su uso, por parte de un organismo habilitado para ello por parte de las administraciones públicas (los definidos en el artículo 3.e de este Reglamento, ver punto anterior).

*Guía técnica: “Además, dado que el Artículo 5.3 abre la puerta a usar la evaluación técnica de la idoneidad para productos no tradicionales o innovadores que no estén nombrados en el Anexo I, puede darse el caso de que el producto no pertenezca a ningún epígrafe concreto. En estos casos, su instalación y mantenimiento también deberá ser realizado por empresas habilitadas según el Capítulo III. En los propios Documentos de Evaluación debería decirse cómo debe realizarse y qué tipo de empresa habilitada debe hacerlo”.*

Como se puede comprobar, según el RIPCI, resulta de obligado cumplimiento la evaluación técnica previa para los sistemas jet fan, al ser innovadores, no estar consolidados para uso aparcamiento e implicar riesgo para las personas el tipo de uso al que se destina.

*4. Los organismos a los que se refieren los apartados 2 y 3 remitirán al Ministerio de Economía, Industria y Competitividad la relación de productos a los que se les ha concedido la marca de conformidad a norma o el certificado de evaluación técnica favorable de la idoneidad.*

Hasta el momento de redacción del presente informe, según le consta a este perito, no se ha incorporado el sistema jet fan al listado de productos y sistemas con evaluación técnica favorable de la idoneidad en cuanto a su uso en aparcamientos, por lo que a día de hoy no se considera válida dicha instalación para el uso aparcamiento.

*Comentario del RIPCI: “Aclaración: Para cumplir con este apartado, los organismos deben enviar periódicamente (cada 6 meses) una relación actualizada al Ministerio (Subdirección General de Calidad y Seguridad Industrial) con los productos que han sido certificados (incluyendo el nombre del producto, referencia, tipo de producto, empresa fabricante, fecha de emisión del certificado y otra información relevante). Se deben incluir también los productos a los que se haya retirado el certificado con su fecha y motivo de retirada”.*

No le consta a este perito que el sistema jet fan para su uso aparcamiento pertenezca a este listado.

#### *Artículo 6. Modelos únicos*

*No será necesaria la marca de conformidad a norma o el certificado de evaluación técnica favorable de la idoneidad de equipos y sistemas de protección contra incendios cuando éstos se diseñen y fabriquen como modelo único para una instalación determinada.*

*Comentarios sobre el RIPCI: “Sobre los modelos únicos:*

*El Artículo 6 aplica solamente a productos (equipos o sistemas), pero no a instalaciones en su conjunto. Por lo tanto, las instalaciones que estén formadas por varios productos, no serán consideradas como modelos únicos, y cada uno de los productos que integre dicha instalación deberá de cumplir con sus respectivos requisitos.*

*Adicionalmente, no se admitirán como modelos únicos los productos fabricados en serie. Para que un producto pueda ser considerado como modelo único este no podrá ser idéntico -o sustancialmente similar- a otro elaborado por el mismo fabricante.”*

En el caso de los jet fan en su uso aparcamiento está claro que no es modelo único, al no ser un elemento aislado sino un conjunto de instalación, y además fabricarse en serie y no a medida.

## CAPITULO IV Instalación, puesta en servicio y mantenimiento de instalaciones de protección contra incendios

### Artículo 19. Instalación

2. En los edificios a los que sea de aplicación el Código Técnico de la Edificación, Documento Básico “Seguridad en caso de incendio (SI)”, las instalaciones de protección contra incendios se atenderán a lo dispuesto en el mismo.

Es nuestro caso, es de aplicación lo ya visto en cuanto a CTE DB SI.

### ANEXO I CARACTERÍSTICAS E INSTALACIÓN DE LOS EQUIPOS Y SISTEMAS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

Comentario de la Guía Técnica: “Sobre la acreditación del cumplimiento de los requisitos de seguridad de los productos de protección contra incendios:

Lo indicado en el Anexo I debe leerse conjuntamente con el Artículo 5. Por lo tanto, como regla general, la acreditación del cumplimiento de los requisitos de seguridad de los productos se realizará por alguna de las siguientes vías:

- Mercado CE,
- marca de conformidad a norma,
- o bien, evaluación técnica de la idoneidad.

En el propio Anexo I se detalla cual es la vía asignada para cada producto. Con respecto al mercado CE, los requisitos aplicables para cada producto son los que se establezcan en la legislación europea. En concreto, se recuerda que para productos a los que aplique el Reglamento Europeo de Productos de Construcción, pueden suceder dos casos: que existan normas armonizadas para el producto en cuestión (mercado CE obligatorio), o bien, si no hay norma armonizada, se puede acudir voluntariamente a un Documento de Evaluación Europeo para obtener el mercado CE (mercado CE voluntario). Además, se recuerda que el Artículo 5.3 abre la puerta a usar la vía de la evaluación técnica de la idoneidad para otros productos no tradicionales o innovadores que no estén nombrados en el Anexo I.”

Una vez más el reglamento incide sobre la necesidad de la evaluación técnica de la idoneidad para un producto innovador como el que nos ocupa no consolidado en aparcamientos.

### SECCIÓN 1ª PROTECCIÓN ACTIVA CONTRA INCENDIOS

Los equipos y sistemas de protección activa contra incendios, así como sus partes o componentes, y la instalación de los mismos, deben reunir las características que se especifican a continuación:

#### 13. Sistemas para el control de humos y de calor

1. Los sistemas de control de calor y humos limitan los efectos del calor y de los humos en caso de incendio. Estos sistemas pueden extraer los gases calientes generados al inicio de un incendio y crear

áreas libres de humo por debajo de capas de humo flotante, favoreciendo así las condiciones de evacuación y facilitando las labores de extinción.

Los sistemas de control de calor y humos pueden adoptar cuatro principales estrategias para el movimiento de los gases de combustión: flotabilidad de los gases calientes (edificios de techo alto), presurización diferencial (vías de evacuación), ventilación horizontal (edificios de reducida esbeltez, como túneles o aparcamientos) y extracción de humos (en aparcamientos o tras la actuación de un sistema de supresión del incendio).

Aclaración de la Guía Técnica: “Los sistemas para el control de humos y de calor (o simplemente, sistemas de control de humos) se subdividen en cuatro subgrupos, en función de la estrategia usada.

Los requisitos de aplicación de estas estrategias son las que se desarrollan a continuación en los siguientes apartados:

- a) sistemas por flotabilidad de los gases calientes,
- b) sistemas por presión diferencial,
- c) sistemas por ventilación horizontal, y
- d) sistemas para extracción de humos.”

Se define aquí la función de los sistemas que nos ocupan (para evacuación de humos en caso de incendios en uso aparcamiento), y los cuatro tipos de estrategia que hay al respecto dependiendo del tipo de edificio.

a) Los sistemas de ventilación para evacuación de humos y calor basados en estrategias de flotabilidad, estarán compuestos por un conjunto de aberturas (aireadores naturales) o equipos mecánicos de extracción (aireadores mecánicos) para la evacuación de los humos y gases calientes de la combustión de un incendio, por aberturas de admisión de aire limpio o ventiladores mecánicos de aportación de aire limpio y, en su caso, por barreras de control de humo, dimensionadas de manera que se genere una capa libre de humos por encima del nivel de piso del incendio y se mantenga la temperatura media de los humos dentro de unos niveles aceptables.

Estos sistemas no son los que nos ocupan.

b) Los sistemas de control de humos y calor por presión diferencial son sistemas concebidos para limitar la propagación de humo de un espacio a otro, dentro de un edificio, a través de resquicios entre las barreras físicas (por ej.: rendijas alrededor de puertas cerradas), o por las puertas abiertas. Estos sistemas permiten mantener condiciones seguras para las personas y los servicios de extinción en los espacios protegidos.

Estos sistemas no son los que nos ocupan.

d) Los sistemas de ventilación para extracción de humos son sistemas concebidos para extraer el humo generado durante un incendio, funcionando durante y/o tras el mismo. Su diseño se realizará según la capacidad de extracción, a partir de un ratio del volumen del edificio (renovaciones por hora) o a través de otros parámetros, según el método escogido.

*Aclaración de la Guía Técnica: “Estos sistemas se utilizan habitualmente en aparcamientos de acuerdo a la reglamentación vigente para los mismos (ver CTE).*

*Como orientación, se dimensionan típicamente para una capacidad de extracción equivalente a 150 l/s por plaza de aparcamiento, o alternativamente con una capacidad de extracción equivalente a 10 renovaciones/hora en caso de diseñar el sistema de acuerdo al apartado 9 de la norma BS-7346-7.*

*La instalación y puesta en marcha de los sistemas de ventilación con extracción deberían cumplir con la UNE 23584 hasta que dispongan de una norma específica”.*

*También pueden utilizarse para la extracción del humo tras el incendio, cuando se instala un sistema de supresión del incendio incompatible con un sistema de control de humos de los otros tipos indicados.*

Estos son los sistemas tradicionales de extracción de humos con admisión y extracción mediante conductos y ventiladores, comúnmente extendidos y utilizados en los últimos 12 años desde la aprobación del CTE DB SI (2006), y anteriormente desde la NBE CPI 96. Están totalmente consolidados y se especifican claramente en el Código Técnico de Edificación para su uso en garajes con la función de extraer el humo en caso de incendios y de extraer el CO (CTE DB SI 3.8 y CTE DB HS 3 respectivamente).

*c) Los sistemas de control de humos y calor por ventilación horizontal son sistemas concebidos para limitar la propagación del humo desde un espacio a otro dentro de un edificio con reducida esbeltez.*

*Hasta el momento de entrada en vigor de normas europeas UNE-EN para el diseño de los sistemas de control de humos y calor por ventilación horizontal, se podrá hacer uso de otras normas o documentos técnicos de referencia, de reconocida solvencia, que sean reconocidos por el Ministerio de Economía, Industria y Competitividad. A estos efectos, pueden considerarse las normas o documentos técnicos cuya utilización haya sido aprobada en otros Estados Miembros.*

*Aclaración de la Guía Técnica: “Estos sistemas se utilizan en aparcamientos cuando el objetivo del sistema es permitir el acceso de los equipos de extinción hasta el foco del incendio, así como la actuación de los mismos, en condiciones de seguridad.*

*Actualmente se dispone de normativa aprobada para estos sistemas en el Reino Unido a través de la norma BS- 7346-7 (mediante la aplicación de su apartado 10), y en Bélgica a través de la norma NBN S 21-208-2.*

*La instalación y puesta en marcha de los sistemas por ventilación horizontal deberían cumplir con la UNE 23584 hasta que dispongan de una norma específica.”*

Dentro de este apartado encajan los sistemas de ventilación por impulsos o tipo jet fan, entre otros. Cabe destacar el objetivo doble de estos sistemas, que se refleja claramente en esta norma:

1. evitar la propagación del incendio de una parte a otro en edificios de escasa esbeltez (horizontales),
2. se utilizan en aparcamientos cuando el objetivo del sistema es permitir el acceso a los equipos de extinción hasta el foco de incendio, así como la actuación de los mismos.

Estos objetivos, son absolutamente diferentes a los perseguidos por el Código Técnico de Edificación en el documento CTE DB SI 3.8., de obligado cumplimiento en los aparcamientos públicos y privados subterráneos, y al que como hemos visto también se refiere este Reglamento (RIPCI) como de aplicación para los casos específicos que lo requieran (como es el caso de aparcamientos cerrados). El CTE DB SI 3.8 persigue fundamentalmente la extracción de humos en caso de incendios, para permitir la correcta y segura evacuación de los ocupantes del aparcamiento.

Como se puede comprobar, los sistemas de ventilación por impulsos o tipo jet fan persiguen evitar la propagación del incendio y permitir el acceso a los equipos de extinción, mientras que lo requerido en el CTE DB SI es fundamentalmente la evacuación segura de los ocupantes del aparcamiento.

Por tanto, los sistemas jet fan no parecen los más adecuados para este objetivo, sino para ayudar a los equipos de extinción en sus labores, por lo que su activación, como ya hemos comentado en apartados anteriores, nunca debería ser por medios de detección automática, sino de manera controlada y vigilada posteriormente a la evacuación de los ocupantes, para facilitar la extinción del incendio una vez los ocupantes ya han evacuado. Por tanto se podría concebir como un sistema complementario al de conductos, a fin de utilizarlo una vez ha actuado el sistema convencional y ya se ha evacuado el aparcamiento, a fin de facilitar a los equipos de extinción el acceso a la zona afectada.

## 6. CONCLUSIONES GENERALES

**CONCLUSIÓN 1:** El presente documento efectúa la exposición razonada de la idoneidad del funcionamiento técnico y su posible adecuación a normativa de **los sistemas de ventilación por impulsos tipo jet fan a su aplicación a la extracción de humos para evacuación de ocupantes en caso de incendio y para extracción de CO en aparcamientos**. Para dicho estudio, se analiza la vertiente técnica y la vertiente normativa.

**CONCLUSIÓN 2: Análisis técnico (i):** el análisis técnico realizado establece que el sistema de ventilación por impulsos o **jet fan está consolidado** y es adecuado para **túneles unidireccionales de no mucha longitud, con limitaciones en cuanto a su activación nunca automática sino por personal especializado de seguridad, que espera a su activación a que los vehículos de la parte de delante del foco de incendio hayan evacuado**, ya que de lo contrario el humo desplazado por el sistema jet fan les puede dañar.

**CONCLUSIÓN 3: Análisis técnico (ii):** el sistema de ventilación por impulsos o **jet fan no es adecuado para túneles de gran longitud, ni para túneles bidireccionales ni para situaciones de gran congestión de tráfico**. Por tanto, y con mayor motivo, **no es adecuado técnicamente para su aplicación a evacuación de humo en caso de incendio en aparcamientos**, debido a la configuración del sistema, que dota de **gran energía cinética a la masa de humos a evacuar en una dirección**, y si se activa de manera automática **en un aparcamiento donde las vías de evacuación de ocupantes tienen direcciones secantes**, el propio humo evacuado por el sistema puede dañar a los ocupantes en su camino de evacuación, e incluso en el exterior en la zona de expulsión del humo (caliente y a gran velocidad, efecto lanza). También es crítico para este sistema dotar de **entradas de aire, soluciones complejas y costosas, por geometría de los aparcamientos subterráneos**.

**CONCLUSIÓN 4:** Análisis técnico (iii): **Por analogía, tampoco es adecuado para extracción de CO en aparcamientos (ambiente irrespirable en zonas donde evacue el CO extraído)**. La dinámica de fluidos asistida por ordenador (CFD) demuestra las características del sistema, sus fortalezas y debilidades, y para cada caso se debe realizar un estudio específico, pero en todo caso **aconseja el uso de jet fan mediante activación tardía por medios manuales, después de la evacuación del túnel, y para facilitar los medios de extinción**.

**CONCLUSIÓN 5:** Análisis normativo (i): Código Técnico de Edificación, CTE DB SI 3.8: incide como principal objetivo un **“sistema de control del humo de incendio capaz de garantizar dicho control durante la evacuación de los ocupantes”**. Los sistemas de ventilación por impulsos tipo jet fan no son capaces de garantizarlo, por sus características no son adecuados para este objetivo. Si son un buen sistema para facilitar la extinción de incendios una vez se ha evacuado el recinto, pero necesitan de la existencia de los sistemas tradicionales de conductos para garantizar la evacuación de ocupantes. El sistema tradicional de conductos es el que habitualmente se emplea en España en aparcamientos, totalmente consolidado y garantizada su efectividad (más de 12 años desde que se empezó a emplear conforme al CTE, y muchos más años antes con las Normas Básicas de Edificación (NBE CPI96) en su apartado de seguridad contra incendios del 1996, con requerimientos algo diferentes pero siendo la

base del sistema muy similar). Se emplea para control de humo en caso de incendio y para calidad del aire interior de los aparcamientos, como se puede comprobar en el punto siguiente.

**CONCLUSIÓN 6:** Análisis normativo (ii): **Código Técnico de Edificación, CTE DB HS 3. Los sistemas Jet Fan donde la geometría del aparcamiento subterráneo (mayor de cinco plazas) no cumpla que el recorrido libre entre cualquier punto del local y las aperturas de admisión y expulsión opuestas esté a menos de 25 metros, no cumpliría con el CTE DEB HS3.** Como se puede comprobar en el texto de la norma, se establece obligatorio el uso de redes de conductos y se establecen unas distancias concretas para aperturas de admisión y de extracción en dichos conductos. Deja abierta la posibilidad de cualquier otros sistema, siempre que se demuestre que tiene el mismo efecto que el sistema tradicional con redes de conductos y ventiladores definidos en el texto de la norma, con las especificaciones que se establecen, pero los sistemas de ventilación mecánica por jet fan no cumplirían, al no producir el mismo efecto que la ventilación por conductos en sistema tradicional definida de manera exhaustiva y estricta en esta norma (las características técnicas, geometría, temperatura y velocidad de humos son diferentes).

**CONCLUSIÓN 7:** Análisis normativo (iii): **Normas UNE de obligado cumplimiento del Código Técnico de Edificación.** *“UNE 23584:2008, UNE 23585:2004 (de la cual no debe tomarse en consideración la exclusión de los sistemas de evacuación mecánica o forzada que se expresa en el último párrafo de su apartado “0.3 Aplicaciones”) y UNE-EN 12101-6:2006”.* Estas normas son de obligado cumplimiento al estar nombradas en el RD del CTE (Real Decreto). Estas normas se refieren a los sistemas tradicionales mediante conductos las dos primeras y a sistemas de presión diferencial la tercera (diseñados para retener el humo en barreras físicas no estancas al mismo en un edificio, por ejemplo, puertas (abiertas o cerradas), u otras aberturas parciales análogas), por lo que no nos son de aplicación en cuanto a sistemas tipo jet fan, ya que no los contempla.

**CONCLUSIÓN 8:** Análisis normativo (iv): **Normas UNE sugeridas por el comentario del Ministerio de Fomento, no son de obligado cumplimiento al no formar parte del texto aprobado por Real Decreto (RD).** Sin embargo si deben tenerse en cuenta al ser recomendaciones del Ministerio. *BS 7346-7. Componentes de los sistemas de control del humo y el calor. Parte 7: Código de práctica sobre recomendaciones funcionales y métodos de cálculo de los sistemas de control del humo y el calor para aparcamientos cubiertos. NBN S 21-208-2. Protección contra incendios en los edificios. Concepción de los sistemas de evacuación del humo y el calor (EFC) en aparcamientos cubiertos.* Estas dos normas si incluyen los sistemas de ventilación por impulsos tipo jet fan, sin embargo queda claro que su función y misión no es la de garantizar la correcta y segura evacuación de ocupantes, sino la ayuda a la extinción del incendio y a la no extensión del foco de incendio. Se deben activar con posterioridad a la evacuación y pueden ser complementarios a los sistemas tradicionales actuales de conductos, activándose los jet fan con posterioridad a la evacuación y actuación automática de los sistemas tradicionales de conductos, y simplemente para colaborar en la extinción del incendio de manera manual y controlada. También se deduce de estas normas que los sistemas tipo jet fan son sistemas difíciles de implantar en la mayoría de casos, así como desproporcionado en muchos casos de aparcamientos de pequeño-mediano tamaño. Los ventiladores de impulsos (tipo jet fan), deberían entrar en funcionamiento más tarde, y con activación manual, no automática, con los daños que ello pudiera ocasionar (impiden la evacuación durante su actuación).

09 de mayo de 2018

**CONCLUSIÓN 9:** Análisis normativa (v): **Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios (RIPCI)**. En el caso que nos ocupa, el sistema de ventilación por impulsos o tipo jet fan para su uso en aparcamientos en cuanto a extracción de humo de incendio y extracción de CO no está consolidado ni homologado, e implica un riesgo para las personas por la criticidad de uso del que se trata, por lo que es **absolutamente imperativa según esta norma una evaluación técnica favorable en cuanto a idoneidad de su aplicación prevista previa a su uso, por parte de un organismo habilitado para ello por parte de las administraciones públicas** (los definidos en el artículo 3.e de este Reglamento). **No se habla solo de homologación de equipos, sino de homologación de uso.**

**CONCLUSIÓN 10:** Análisis normativa (vi): **Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios (RIPCI)**. Define cuatro estrategias para el control de humo en caso de incendios. Una de ellas es la tradicional de conductos, y otra es la de ventilación por impulsos, pero de esta última vuelve a incidir en que su función no es la de facilitar la evacuación de ocupantes: *“Estos sistemas se utilizan en aparcamientos cuando el objetivo del sistema es permitir el acceso de los equipos de extinción hasta el foco del incendio, así como la actuación de los mismos, en condiciones de seguridad”*.

**Conclusión 11:** Por todo lo expuesto anteriormente se considera que los sistemas de ventilación por impulsos no son adecuados para la evacuación de humo en caso de incendio que facilite la evacuación de ocupantes en garajes según requiere el CTE DB SI 3.8, de obligado cumplimiento, ni tampoco son los más adecuados para la extracción de CO en aparcamientos que requiere el CTE DB HS3. Se ha demostrado tanto técnicamente como a nivel normativo, siendo recomendables los sistemas jet fan para su uso en túneles (unidireccionales de no mucha longitud no congestionados), y como sistema de activación manual posterior complementario al de conductos para facilitar la extinción y evitar la propagación del incendio una vez se han evacuado los garajes, por actuación previa automática de los sistemas tradicionales de admisión y extracción por conductos.

En Madrid, a 09 de mayo de 2018.

Fdo: Juan Antonio Sanz

Ingeniero Industrial

Colegiado nº11.962 del COIIM