

## CASO PRÁCTICO 44

# SOBREPRESIÓN DE ESCALERAS Y VESTÍBULOS EN UN HOSPITAL

## 1. Objetivo

Determinar el sistema y tipo de ventiladores adecuados para sobrepresionar las 2 cajas de escaleras de un hospital en Valencia.

## 2. Bases de cálculo

Se ha previsto una escalera en la derecha desde la planta S-2 a la 10ª. En función de la planta, está conectada a un vestíbulo con doble puerta o bien doble vestíbulo, igualmente de doble puerta.

En la izquierda existe una escalera a la cual se accede a través de una puerta simple, comunicada a un vestíbulo con 5 ascensores desde la planta S-2 hasta la planta 7ª. A partir de ésta queda comunicada directamente a la planta.

## 3. Metodología de cálculo

El documento DB SI Seguridad en caso de incendio, establece en su **Anejo A Terminología**, y en su definición de Escalera protegida, se especifica que *Escalera protegida es aquella escalera de trazado continuo desde su inicio hasta su desembarco en planta de salida del edificio que, en caso de incendio, constituye un recinto suficientemente seguro para permitir que los ocupantes puedan permanecer en el mismo durante un determinado tiempo.*

Para ello se deben cumplir una serie de condiciones que, en lo que respecta a la protección contra el humo, se especifica en su apartado 4:

“4. El recinto cuenta con protección frente al humo, mediante una de las siguientes opciones:

- Ventilación natural mediante ventanas practicables o huecos abiertos al exterior con una superficie de ventilación de al menos 1 m<sup>2</sup> en cada planta.
- Ventilación mediante conductos independientes de entrada y salida de aire, dispuestos exclusivamente para esta función y que cumplen las condiciones (especificadas)
- Sistema de presión diferencial”

Al estar el edificio ya construido solamente queda la opción de la sobrepresión, basado en la norma UNE EN 12101-6.

## 4. Caudal

Para determinar el caudal necesario para la sobrepresión, debemos determinar la clase de sistema en función del uso del edificio, conforme a la tabla 1 de la citada norma.

Tabla 1. Clases de sistemas

Clase de sistema	Ejemplos de uso
Sistema de clase A	Para medios de escape. Defensa <i>in situ</i>
Sistema de clase B	Para medios de escape y lucha contra incendios
Sistema de clase C	Para medios de escape mediante evacuación simultánea
Sistema de clase D	Para medios de escape. Riesgo de personas dormidas
Sistema de clase E	Para medios de escape, con evacuación por fases
Sistema de clase F	Sistema contra incendios y medios de escape

Teniendo en cuenta que es un hospital, con plantas de aparcamiento y servicios, y si bien para las plantas S-2 hasta planta baja se podría considerar como un sistema de clase C (con evacuación simultánea) la caja de escalera constituye un volumen único por lo que no puede separarse del resto de edificación a menos que se instale alguna puerta que separe estas plantas del resto, o bien como mínimo las del aparcamiento del resto. Al no ser este el caso se propone lo siguiente:

### 4.1. ESCALERA PARTE DERECHA

En este caso se parte del supuesto que se puede considerar un sistema de clase E, aplicable en edificios donde la evacuación en caso de incendio se realiza en forma escalonada por fases. Seguidamente hay que hacer una valoración de cual es el sistema que exige mayor cantidad de aire para lograr la sobrepresión, exigiéndose 2 criterios: con una puerta abierta, o con todas las puertas cerradas y compensación de las fugas de aire a través de las mismas.

#### 4.1.1. Caudal a puerta abierta

Para este sistema, la norma EN-12101-6 indica lo siguiente:

“4.6.2.1. Criterio de flujo de aire  
La velocidad del flujo de aire a

través de la puerta entre la escalera presurizada y el área de alojamiento en la planta no debe ser inferior a 0.75 m/s siempre que:

- estén abiertas las puertas entre el área de alojamiento y el espacio

presurizado en la planta superior a la del incendio y/o;

- estén abiertas todas las puertas de los espacios presurizados en las dos plantas por las que transcurra la vía de evacuación, desde la zona de alojamiento hasta la salida final, y/o;
- estén abiertas todas las puertas entre la escalera presurizada y la salida final, y/o;
- esté abierta la puerta final de salida, y/o;
- esté abierta la salida de aire de escape al exterior, desde el área de alojamiento en la planta de incendio.

#### 4.4.2.2. Criterio de la diferencia de presión

La diferencia de presión a ambos lados de una puerta cerrada entre el espacio presurizado y el área de alojamiento en la planta afectada por el fuego, no debe ser inferior al valor que se indica en la tabla 2.”

Dadas las distintas opciones propuestas por la propia norma, parece más fácil regirse por los supuestos indicados en la figura 1.

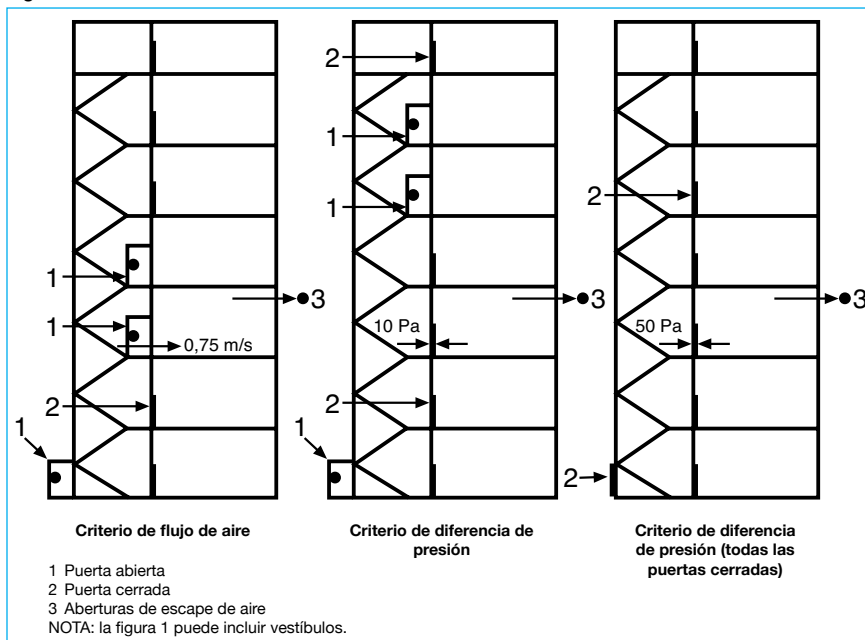
O sea, estimando 2 puertas abiertas a nivel de 2 plantas y la salida abierta y suponiendo una sección idéntica de la de salida a las interiores, y siendo la

**Tabla 2. Diferenciales de presión mínimos para sistemas de clase E**

Posición de las puertas	Valor mínimo de la presión diferencial a mantener, mín.
Las puertas entre el área de alojamiento y el espacio presurizado están abiertas en dos pisos contiguos	10 Pa
Están abiertas todas las puertas dentro del espacio presurizado en los dos pisos por los que atraviesa la vía de evacuación desde el alojamiento hasta la puerta final de salida	
Todas las puertas entre la escalera presurizada y la puerta final de salida están abiertas	
La puerta final de salida está abierta	
El paso de aire de escape, desde el área de alojamiento en el piso en el que se mida la presión diferencial, está abierto	50 Pa
Las puertas entre el área de alojamiento y el espacio presurizado están cerradas en todos los pisos	
Todas las puertas entre la escalera presurizada y la puerta de salida final están cerradas	
El paso de aire de escape, desde el área de alojamiento en el piso en el que se mida la presión diferencial, está abierto	
La puerta de salida final está cerrada	

NOTA: Se admite un margen de tolerancia de  $\pm 10\%$  en la aceptación de los resultados de los ensayos

**Figura 1. Condiciones de diseño de los sistemas de clase E**



**Tabla 3. Datos de fuga de aire a través de puertas**

Tipo de puerta	Área de fuga m <sup>2</sup>	Diferencial de presión Pa	Fuga de aire m <sup>3</sup> /s
Puerta de una hoja que abre hacia un espacio presurizado	0,01	8	0,02
		15	0,03
		20	0,04
		25	0,04
		50	0,06
Puerta de una hoja que abre hacia fuera del espacio presurizado	0,02	8	0,05
		15	0,06
		20	0,07
		25	0,08
		50	0,12
Puerta de dos hojas	0,03	8	0,07
		15	0,10
		20	0,11
		25	0,12
		50	0,18
Puerta derellano de ascensor	0,06	8	0,14
		15	0,19
		20	0,22
		25	0,25
		50	0,35

sección de una puerta doble de 1,64 x 1,9 m, el caudal necesario será de

$$Q = (0,75 \times (1,64 \times 1,9) \times 3.600) \times 3 = 25.239 \text{ m}^3/\text{h}$$

Dado que se solicita en el apartado:

*“11.02.2. El caudal previsto en una situación de puertas abiertas no debe ser inferior al caudal calculado de aire a impulsar, o extraer, de todos los espacios presurizados o despresurizados, respectivamente, servidos por sus correspondientes ventiladores, caudal total que se incrementará en un 15% para cubrir posibles fugas a través de los conductos”*

En consecuencia el caudal a suministrar por los ventiladores será de:

$$Q_v = 25.239 \times 1,15 \approx 29.025 \text{ m}^3/\text{h}$$

#### 4.1.2. Caudal con las puertas cerradas

El cálculo del caudal necesario para la sobrepresión de la escalera se realizará mediante el método de flujo de aire que fluye por una abertura. Éste caudal se puede obtener en función del área de dicho hueco, y de la diferencia de presión entre ambos lados de la abertura, mediante la siguiente ecuación:

$$Q = 0,83 \times A_g \times P^{1/3}$$

Nota: En el caso de resquicios anchos, como los que se forman alrededor de las puertas y de grandes aberturas, el valor de R puede tomarse como 2.

Donde  $A_g$  es la suma de todas las áreas de fuga (puertas y ascensores si existen) y P la presión a la que se quiere mantener la sobrepresión (50 Pa).

##### 4.1.2.1. Área de fugas

La UNE EN 12101-6 permite determinar las áreas de fuga:

En la tabla 3 se muestra el valor que podrán tener las áreas de fuga en función de la tipología de puerta a tratar.

La superficie de fuga anterior se considera para una sola puerta, por lo que siendo una doble nos da un área de fuga por planta de 0,03 m<sup>2</sup>, por lo que en el conjunto de las 14 plantas será de 0,42 m<sup>2</sup>.

##### 4.1.2.2. Diferencia de presión

Por lo que se refiere a la diferencia de presión, la propia norma solicita

una valor de 50 Pa respecto al recinto anexo.

#### 4.1.2.3. Caudal

El caudal que deberá aportar el sistema de sobrepresión será en este caso de:

$$Q = 0,83 \times 0,42 \times 501/2 = 2,4649 \text{ m}^3/\text{s} \\ = 8.874 \text{ m}^3/\text{h}$$

Dado que en el apartado A.3.2. Cálculo del flujo de aire apartado b, se especifica:

“Basándose en la experiencia, el citado caudal de aportación total se debería determinar añadiendo al menos el 50% del índice de fuga calculado”, el caudal real a suministrar será de:

$$Q = 8.874 \times 1,5 = 13.310 \text{ m}^3/\text{h}$$

A la vista de los resultados está claro que el caudal a introducir será el necesario para mantener la velocidad mínima a través de la sección de la puerta abierta.

## 4.2 ESCALERA PARTE IZQUIERDA

La UNE-EN 12101-6 en el apartado

6.2. *Cajas de escalera y vestíbulo.*

6.2.1 *Generalidades, especifica:*

*“Si en una planta, el vestíbulo que separa la caja de escalera del área de alojamiento se compone de más de un recinto, éste debe presurizarse independientemente de la caja de escalera.”.*

En esta parte la escalera queda comunicada a nivel de estas plantas, conjuntamente con un vestíbulo en el cual se ubicarán 5 ascensores, por lo que deberán considerarse por separado la presurización de la escalera y los vestíbulos.

### 4.2.1. Escalera

#### 4.2.1.1. Caudal puertas abiertas

Manteniendo el criterio de clase E, estimando 2 puertas abiertas a nivel de 2 plantas con una sección de 0,9 x 1,9 y la salida abierta con la misma sección estimada para la escalera de la derecha, se obtiene una superficie abierta de 6.536 m<sup>2</sup>, por lo que el caudal necesario para esta escalera será de

$$Q = 0,75 \times 6,536 \times 3.600 \times \\ = 17.647 \text{ m}^3/\text{h}$$

y el caudal a suministrar por el

sistema de sobrepresión con este supuesto será de:

$$Q_v = 17.647 \times 1,15 \approx 20.300 \text{ m}^3/\text{h}$$

#### 4.2.1.2. Caudal con las puertas cerradas

En este caso, siendo la puerta de una sola hoja, para las 14 plantas la sección será de 0.14 m<sup>2</sup>.

$$Q = 0,83 \times 0,14 \times 501/2 = \\ 0,8216 \text{ m}^3/\text{s} = 2.958 \text{ m}^3/\text{h}$$

Y el caudal real a suministrar sería de:

$$Q = 2.958 \times 1,5 = 4.437 \text{ m}^3/\text{h}$$

A la vista de los resultados está claro que el caudal a introducir será el necesario para mantener la velocidad mínima a través de la sección de la puerta abierta.

### 4.2.2. Vestíbulos

En este caso los vestíbulos constan de 5 ascensores más una puerta de acceso doble.

Al tratarse de espacios no comunicados entre plantas, solamente debe considerarse el caudal a través de la sección de una puerta abierta (de un vestíbulo), por lo que los 2 caudales a considerar serán

#### 4.2.2.1. Caudal puertas abiertas

Siendo la sección de la puerta doble de 1,64 x 1,9 el caudal será de

$$Q = 0,75 \times (1,64 \times 1,9) \times 3.600 \times = \\ 8.413 \text{ m}^3/\text{h}$$

y el caudal a suministrar por el sistema de sobrepresión con este supuesto será de:

$$Q_v = 8.413 \times 1,15 \approx 9.675 \text{ m}^3/\text{h}$$

#### 4.2.2.2. Caudal con las puertas cerradas

En este caso se considera 0,06 m<sup>2</sup> de fuga por cada ascensor más 0,03 m<sup>2</sup> por la puerta, pero al estar sobrepresionada la escalera, la presión en el vestíbulo será de 45 Pa, siendo el total de

$$Q = 0,83 \times 0,33 \times 451/2 = 1,8374 \text{ m}^3/\text{s} \\ = 6.615 \text{ m}^3/\text{h}$$

Y el caudal real a suministrar a cada vestíbulo con ascensores y aún con la puerta cerrada sería de:

$$Q = 6.615 \times 1,5 = 9.923 \text{ m}^3/\text{h}$$

lo que implicará un problema grave en la instalación al tratarse de un caudal tan elevado, ya que no en vano el posible conducto de impulsión de aire para mantener la sobrepresión debería ser capaz de suministrar, en teoría, la suma de los caudales de aire que se pueden escapar por cada vestíbulo a puerta cerrada, para asegurar la correspondiente sobrepresión, lo que implicaría tener que insuflar un caudal de prácticamente 140.000 m<sup>3</sup>/h al conjunto de los vestíbulos, simplemente para asegurar una mínima sobrepresión (45 Pa).

Sin embargo, esto implicaría una sección de conductos y máquinas enormes, y es previsible que si bien la norma no contempla este tipo de problemáticas, no es posible que se escape tal cantidad de aire a través de los pozos de ascensor al no existir paso suficiente para tal cantidad de aire.

Luego en el capítulo de instalación propuesta se proponen 2 posibles alternativas de instalación, si bien, al no estar contempladas en la norma UNE 12101-6, se deben validar con el Departamento de extinción de incendios para su posible aprobación.

## 5. Instalación propuesta

Además del caudal, deberemos tener en cuenta los siguientes criterios:

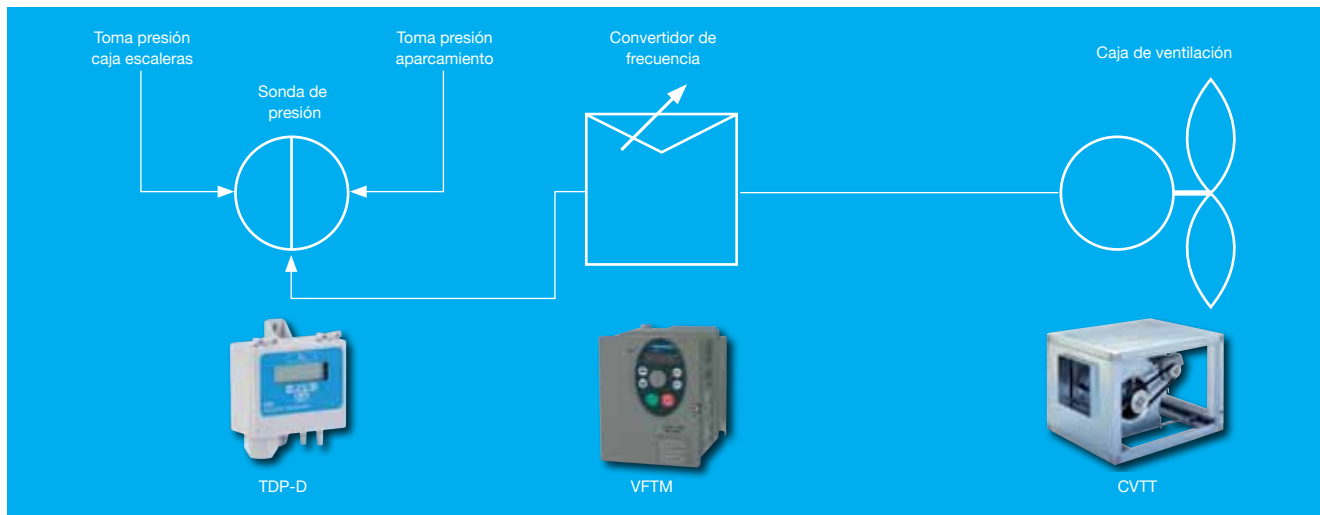
*11.6.1 Para reducir el fallo de energía eléctrica en un incendio, es imprescindible contar con una fuente de alimentación secundaria, como un generador, una subestación independiente, con capacidad suficiente para mantener el suministro de energía eléctrica a las instalaciones de salvamento y protección contra incendios, incluidos los sistemas de control de humo, los sistemas de presión diferencial y los equipos auxiliares.*

*11.8.2.4. La toma de aire exterior debe ubicarse siempre lejos de cualquier punto de posible riesgo de incendio. Las entradas de aire exterior deben situarse a nivel de la planta baja o cerca del mismo, (pero lejos de las salidas de humos del sótano) para evitar la contaminación del humo ascendente. De no ser posible tal disposición, las entradas de aire exterior se deben ubicar al nivel del tejado.*

11.8.2.6. Cuando la toma de aire esté a nivel del tejado, debe colocarse un detector de humos en el conducto de entrada de aire exterior, o en la inmediata

**5.1. ESCALERA PARTE DERECHA**  
El caudal será el más desfavorable, o sea 29.000 m<sup>3</sup>/h.  
Al tratarse de un edificio de más de 11 m de altura se deberá trazar un

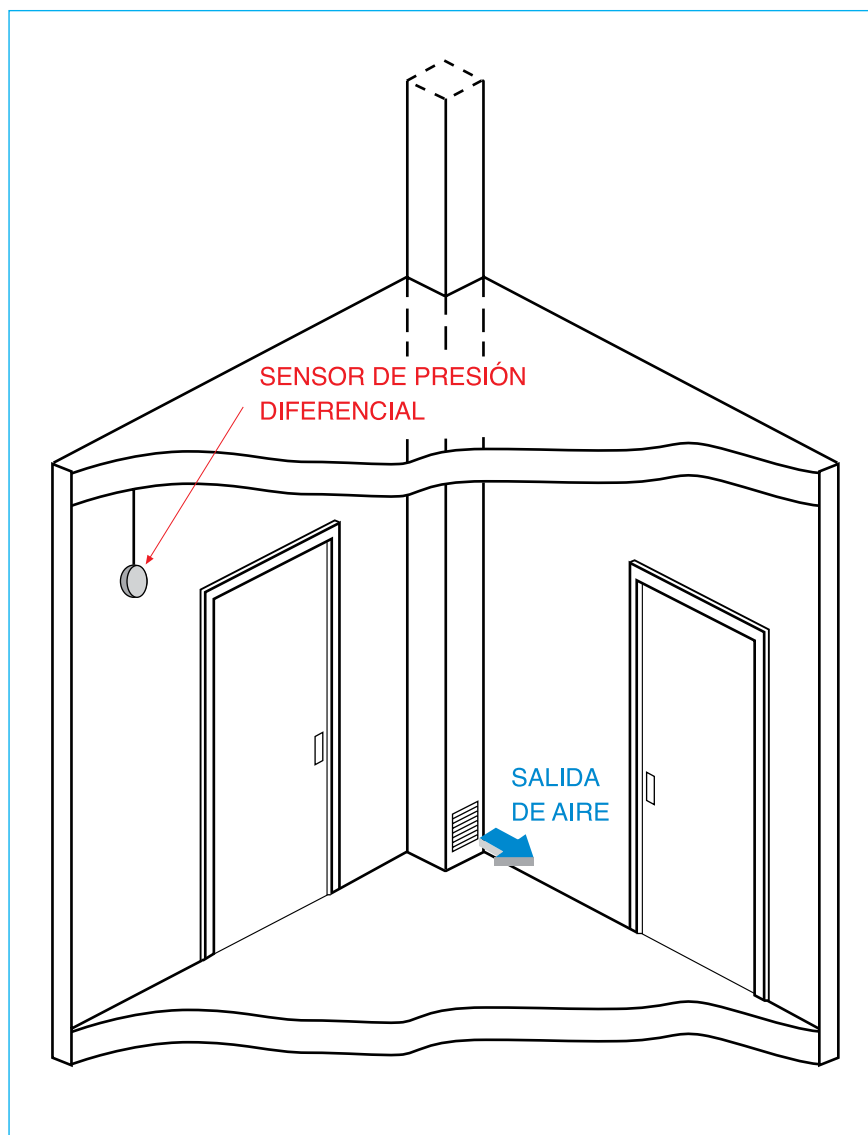
conducto que aporte aire a distintos puntos de la escalera y si bien sería posible hacerlo cada 2 plantas, a la vista del caudal se propone instalar a nivel de cada planta, una rejilla,



proximidad del conducto de impulsión, a fin de provocar el cierre automático del sistema de presión diferencial en caso de que aparezcan cantidades de humo importantes en el aire de aportación. Se ha de prever un interruptor manual, para su uso eventual por los bomberos en tal circunstancia, de acuerdo con el apartado 11.4.2.5.

11.8.2.6. Cuando las tomas de aire estén emplazadas al nivel del tejado, se debe disponer de dos embocaduras separadas y dirigidas a distintas direcciones, de forma que no se encuentren a sotavento de las descargas de humo. Cada entrada debe ser capaz, por sí misma, de cubrir todos los requisitos de aportación de aire exterior, y debe estar equipada con compuerta de humo motorizada de funcionamiento independiente, de forma que una entrada se cierra por contaminación de humo, y la otra entrada aportará, sin interrupción, el caudal de aire exterior requerido por el sistema.

5.2.2.3 En edificios de altura igual o superior a 11 m, los puntos de suministro de aire deben distribuirse uniformemente en toda la altura de la caja de escalera, y la distancia máxima no debe exceder de tres plantas”



regulable, y para un caudal unitario de 2.075 m<sup>3</sup>/h.

Por tanto, para cumplir la exigencia normativa, se debe instalar 1 caja de ventilación en la cubierta, teniendo en cuenta las observaciones formuladas por la propia norma, tipo CVTT-30/28, 350 rpm, 5,5 kW, más la visera de aspiración CVA-30 y la tapa intemperie CTI-30.

El conducto puede mantener su sección constante a lo largo de su recorrido o bien ir reduciendo progresivamente su sección después de cada 2 rejillas, siendo los tramos resultantes de 800x800, 800x750, 800x700, 800x650, 700x650, 700x550, 700x400 mm o equivalentes.

Como sistema de control se propone la automatización mediante un variador de frecuencia y una sonda de presión diferencial, conectadas según se indica en el esquema anterior:

El sistema debe provocar que, en caso de incendio y cuando se abran las puertas de escalera, el ventilador funcione a su máxima velocidad, garantizándose una circulación de aire mínima de 0,75 m/s a través de la sección de las puertas, mientras que si las puertas se cierran, se deberá reducir la velocidad del ventilador en funcionamiento hasta que la sobrepresión interior se establezca en 50 Pa.

El variador de frecuencia será del tipo VFTM TRI 5.5 y el transmisor de presión con display, del tipo TDP-D. Esta sonda tiene 2 tomas: una debe dejarse conectada en el interior de la escalera (es indistinto el punto ya que la presión será uniforme gracias a la impulsión mediante conducto y rejillas) para que mida la sobrepresión interior, y la otra a nivel del recinto de cualquier planta.

## 5.2. ESCALERA PARTE IZQUIERDA

El caudal será el más desfavorable, o sea 20.300 m<sup>3</sup>/h.

Al tratarse de un edificio de más de 11 m de altura se deberá trazar un conducto que aporte aire a distintos puntos de la escalera, y si bien sería posible hacerlo cada 2 plantas, a la vista del caudal se propone instalar a nivel de cada planta, una rejilla, regulable, y para un caudal unitario de 1.450 m<sup>3</sup>/h.

Por tanto, para cumplir la exigencia normativa, se deben instalar 1 caja de ventilación en la cubierta, teniendo en cuenta las observaciones formuladas por la propia norma, tipo CVTT-22/22, 550 rpm, 5.5 kW

más la visera de aspiración CVA-22 y la tapa intemperie CTI-22.

El conducto puede mantener su sección constante a lo largo de su recorrido o bien ir reduciendo progresivamente su sección después de cada 2 rejillas, siendo los tramos resultantes de 700x700, 700x650, 700x600, 700x550, 600x550, 600x450, 400x300 mm o equivalentes. Como sistema de control se propone la automatización mediante un variador de frecuencia tipo VFTM TRI 5.5 y el transmisor de presión con display, del tipo TDP-D.

El sistema debe provocar que, en caso de incendio y cuando se abran las puertas de escalera, el ventilador funcione a su máxima velocidad, garantizándose una circulación de aire mínima de 0,75 m/s a través de la sección de las puertas; mientras que si las puertas se cierran, se deberá reducir la velocidad del ventilador en funcionamiento hasta que la sobrepresión interior se establezca en 50 Pa.

La sonda de presión TDP-D tiene 2 tomas: una debe dejarse conectada en el interior de la escalera (es indistinto el punto ya que la presión será uniforme gracias a la impulsión mediante conducto y rejillas) para que mida la sobrepresión interior, y la otra a nivel del recinto de cualquier planta.

## 5.3. VESTÍBULOS

Se ha especificado ya el problema de una instalación como ésta, en la que se proponen 2 posibles alternativas no contempladas por la norma UNE, por lo que deben someterse a juicio del departamento de extinción de incendios.

### 5.3.1. Ventilación de vestíbulo de la planta afectada

Siendo el caudal de fuga el más desfavorable, se debe optar por este caudal de prácticamente 10.000 m<sup>3</sup>/h. Se trata de montar un sistema con compuertas de descarga de aire de abertura y cierre automáticos a cada vestíbulo, de manera que solamente se mantuviese abierta la rejilla de la posible planta afectada por el incendio, permitiendo que la totalidad del caudal saliese directamente solamente al vestíbulo afectado. La abertura de aire se podría conseguir con una compuerta que se accionase conjuntamente con el

sistema antiincendios de la planta afectada y se debería instalar una caja de ventilación en la cubierta, teniendo en cuenta las observaciones formuladas por la propia norma, tipo CVTT-15/15, 850 rpm, 4 kW más la visera de aspiración CVA-15 y la tapa intemperie CTI-15.

El conducto mantendrá su sección constante a lo largo de su recorrido pudiendo ser de 450x450 mm o equivalente.

Dado que se trata de espacios no conectados entre sí, para el control de la velocidad del ventilador para el correspondiente ajuste de caudal, puede usarse un solo un variador de frecuencia tipo VFTM TRI 4 pero sería necesario instalar un transmisor de presión con display, del tipo TDP-D en cada uno de los vestíbulos y conectarlos en paralelo, con cable apantallado, de manera que al detectarse una diferencia de presión en el vestíbulo afectado, la sonda enviase una señal al variador para ajustar la velocidad.

De todas maneras, y sabiendo que el caudal es muy similar a puerta abierta o puerta cerrada, se podría eliminar el uso del variador y los transmisores de presión bajo autorización del responsable correspondiente.

### 5.3.2 Ventilación de varios vestíbulos

Teniendo en cuenta la imposibilidad de que circularan los 140.000 m<sup>3</sup>/h por las supuestas vías de escape de aire (mayoritariamente pozos de los ascensores), se podría optar por un sistema similar al de la escalera de la derecha, es decir, llegar a un compromiso de aportar un caudal importante al conjunto de los vestíbulos (29.000 m<sup>3</sup>/h), con una rejilla en cada vestíbulo y teniendo en cuenta que no se alcanzarán las sobrepresiones solicitadas por la norma a puerta cerrada y las velocidades a puerta abierta, pero que en cualquier caso constituirán una dificultad añadida a la posibilidad de que entre el humo en dichos vestíbulos.

En este caso sí sería aconsejable el uso de un variador de frecuencia VFTM TRI-5.5 y 14 sondas de presión conectadas en paralelo, con cable apantallado, para que ajustasen el caudal en función de si la puerta se encontrase abierta o cerrada.



## 6. Observaciones

El sistema de sobrepresión necesario en este caso implica unas dificultades constructivas, que han de tenerse muy en cuenta a la hora de poder

realizar la instalación y se debe prever alimentación trifásica.

Obsérvese que el caudal para la sobrepresión no es función del número de plantas.

Las propuestas realizadas para la sobrepresión de los vestíbulos deben ser validadas por el organismo competente, al no quedar contempladas en la norma UNE.