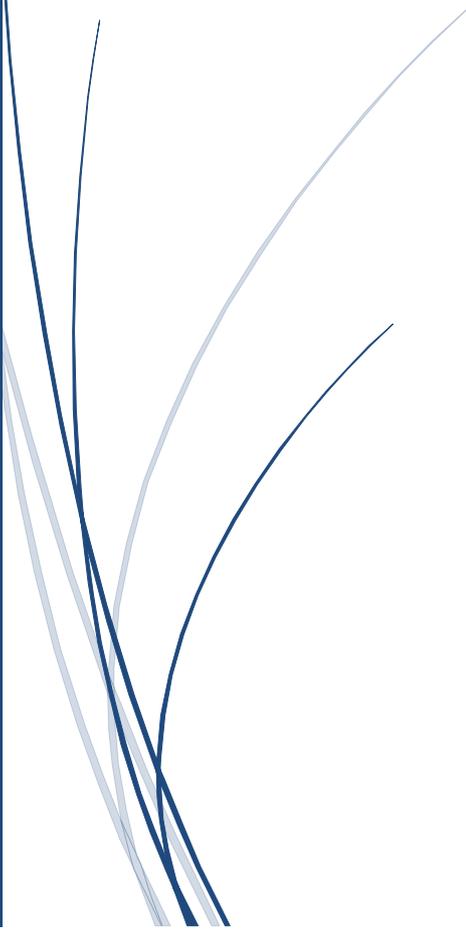


DT-TI 01/2014

DOCUMENTO TÉCNICO DE LA UNIDAD TECNICA TECNOLOGIA EN INCENDIOS

Sistemas para el control de humos



Versión 1. Preliminar.

PRÓLOGO

Este documento técnico ha sido elaborado por la Unidad Técnica Tecnología en Incendios de INTI-Construcciones.

El objetivo del mismo es colaborar por un lado con los especialistas en seguridad contra incendios que diseñan, calculan e instalan sistemas de presurización de cajas de escaleras y por otro lado con los organismos de control y fiscalización.

Si bien la reglamentación vigente en el país, fundamentalmente en el ámbito de la CABA admite la presurización de las cajas de escaleras, no está establecido un método de cálculo y verificación del funcionamiento de las mismas que garantice el correcto funcionamiento en caso de producirse un siniestro.

Por otra parte, la presurización de las cajas de escaleras, en el ámbito nacional, permite la eliminación de las antecámaras, que constituyen un sistema pasivo de control de ingreso del humo a las cajas de escalera. Esto hace que habitualmente la presurización de la caja de escalera no sea un elemento incorporado más, redundante de la seguridad contra incendios, sino que sustituye a otra medida de protección pasiva. De este modo, es menester que el sistema funcione correctamente cuando sea requerido y para que esto suceda debe ser correctamente calculado, verificado y mantenido en el tiempo. De otro modo estaremos quitando seguridad a los ocupantes de las edificaciones en lugar de otorgarles un nivel igual o superior de seguridad.

Habiéndose realizado desde el INTI, a solicitud de los usuarios, una amplia evaluación de sistemas instalados en el ámbito de la CABA, se ha encontrado que la gran mayoría de los sistemas no se hayan en condiciones operativas.

Esta realidad nos lleva a realizar la presente propuesta, con el fin de divulgar algunos conocimientos sobre el tema, presentar un método de cálculo y fijar las verificaciones que deberán hacerse una vez instalado el sistema de modo de garantizar su correcto funcionamiento. También pretende advertir acerca de los límites de utilización de esta técnica.

INDICE

CAPÍTULO 1	3
1. MÉTODOS DE CONTROL DE HUMOS.....	3
1.1 Objetivo del control de humos.....	3
1.3 Presurización	4
1.4 Antecedentes de los sistemas de presurización	5
CAPÍTULO 2	6
2. CONTROL DE HUMOS POR PRESURIZACIÓN	6
2.1 Principios básicos	6
2.2 Parámetros para estimar el caudal de aire a suministrar	6
CAPÍTULO 3	7
3. SISTEMAS A UTILIZAR PARA EDIFICIOS.....	7
3.1 Generalidades	7
3.2 Requisitos	8
CAPÍTULO 4	11
4. CÁLCULO DE UN SISTEMA DE PRESURIZACION.....	11
4.1 Requisitos de los cálculos de diseño	11
4.2 Procedimiento de cálculo.....	12
4.4 Símbolos y unidades.....	14
CAPÍTULO 5	15
5. RESTRICCIONES	15
5.1 Generalidades	15
REFERENCIAS.....	16

CAPÍTULO 1

1. MÉTODOS DE CONTROL DE HUMOS

1.1 Objetivo del control de humos

El objetivo principal de cualquier sistema de control de humos es mantener el humo y los gases tóxicos fuera de las vías de evacuación para permitir a los ocupantes escapar o buscar un refugio seguro. Un adecuado control de humos también ayudará a los bomberos en el proceso de extinción del fuego.

1.2 Ventilación

Para los casos de grandes espacios, como estacionamientos, shopping centers, halles de exposiciones, etc., el método usual de control de humos es la ventilación – extracción de humos del área.

Para estos usos se requieren ventiladores de flujo axial, que extraen los humos calientes del incendio.

En edificios de gran altura, compartimentados, donde la vía de escape está dada por escaleras, lobbies de ascensores y corredores, la extracción del humo puede llegar a complicar la situación.

Un ejemplo se brinda en la Figura 1 donde el sistema de extracción en la caja de la escalera puede ofrecer una presión negativa en la vía de escape que tenderá a atraer el humo dentro del espacio que requiere protección.

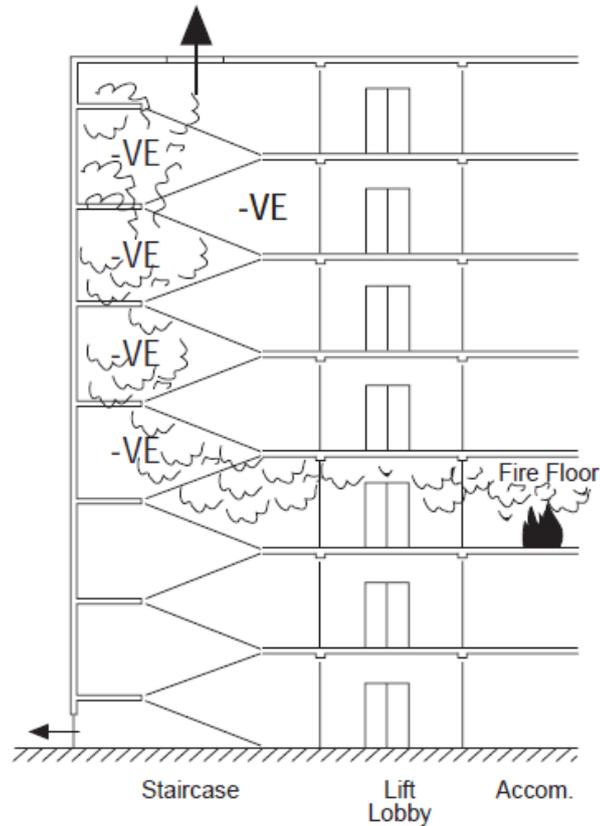


Figura 1: Ventilación en la caja de escalera

1.3 Presurización

Es posible frenar el humo de un incendio simplemente suministrando aire limpio dentro de las vías de escape. Así, se genera un exceso de aire, o una presión positiva dentro de los espacios que requieren la protección.

La Figura 2 ilustra el método conocido como “presurización”.

En un sistema de presurización, el flujo de aire debe asegurar que el ambiente a proteger siempre va a estar a una presión superior que la del área adyacente.

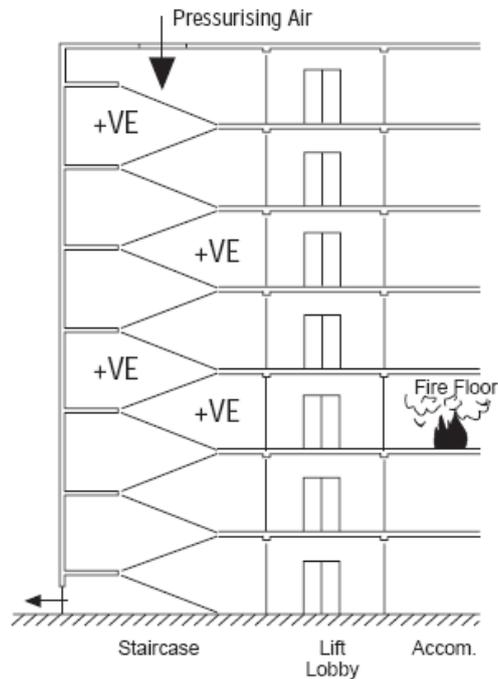


Figura 2: Presurización de la caja de escalera

1.4 Antecedentes de los sistemas de presurización

La idea de la presurización no es nueva. Desde hace muchos años (más de 60 años) los sistemas de presurización se utilizan para mantener habitaciones o áreas libres de polvo y contaminación y para garantizar condiciones de estabilidad en quirófanos, etc.

Como método de control de humos, la presurización comenzó a ser considerada inicialmente en el Reino Unido y en Australia. El primer código de práctica que permitió el uso de la presurización como un método de protección contra incendios fue publicado en Australia en 1957. En el Reino Unido, las investigaciones en el tema se extendieron hasta que se publicó el código de práctica en 1978. Este código fue revisado y reeditado en Abril de 1998.

CAPÍTULO 2

2. CONTROL DE HUMOS POR PRESURIZACIÓN

2.1 Principios básicos

El incendio induce fuerzas, generando diferencias de presión a través de puertas y otros huecos presentes, las cuales permiten al humo fluir a través de los mismos. Se puede controlar el movimiento de los humos si alteramos esas diferencias de presión.

Los 2 principios básicos del control de humo fueron definidos por JH Klote como:

- a) El flujo de aire puede controlar el movimiento del humo si el promedio de la VELOCIDAD tienen la suficiente magnitud.
- b) Una PRESIÓN diferencial puede actuar como barrera para el control del movimiento de los humos.

Si bien el segundo de estos principios puede ser considerado como un caso especial del primero, cuando se los maneja en el marco de un problema de ingeniería es más fácil tenerlos en cuenta separadamente. Así, en el caso de considerar:

Para orificios grandes, puerta abierta por ejemplo: se tienen en cuenta la VELOCIDAD

Para orificios pequeños, puerta cerrada por ejemplo: se tiene en cuenta la PRESIÓN

Estos son entonces los dos principios básicos que controlan el diseño y finalmente el satisfactorio funcionamiento de un sistema de presurización para control de humos. Estos elementos son tenidos en cuenta en las normas internacionales de referencia.

2.2 Parámetros para estimar el caudal de aire a suministrar

Los dos parámetros que tienen mayor efecto sobre el tamaño de los ventiladores son:

- a) La velocidad del aire a través de las puertas abiertas
- b) El número efectivo de puertas abiertas

Las diferentes normas internacionales toman diferentes valores de estos parámetros.

CAPÍTULO 3

3. SISTEMAS A UTILIZAR PARA EDIFICIOS

3.1 Generalidades

La Norma Española UNE-EN 12101 (“Sistemas para el control de humo y calor”) establece clasificaciones de sistemas, según los requisitos técnicos y condiciones de diseño.

Las condiciones de diseño se establecen de acuerdo a las diferentes clases para facilitar su aplicación a proyectos de presurización diferencial para cualquier tipo de edificio. Es la decisión de las autoridades competentes la que establece qué sistema considerar.

Clase de sistema	Ejemplos de uso
Sistema de clase A	Para medios de escape. Defensa in situ
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

La propuesta que se hace en este Documento Técnico es considerar para el diseño de sistema de presurización de cajas de escaleras de edificios en altura el sistema de clase D (en un primera etapa de divulgación y aprendizaje), considerando que incluirá la mayor cantidad de usos habituales (vivienda, oficinas, hoteles) con los requisitos más exigentes, lo cual implica un posicionamiento de lado de la seguridad.

Los sistemas clase D están concebidos especialmente para edificios cuyos ocupantes puedan estar durmiendo, por ejemplo hoteles, albergues, internados. El tiempo requerido para que dichos ocupantes se trasladen hacia un espacio protegido, antes de llegar a la salida final de seguridad, puede ser mayor que el previsto para el caso de personas despiertas y en buenas condiciones físicas.

Puede darse el caso, además, de que los ocupantes no están familiarizados con el local, o necesiten ayuda para llegar a dicha salida o espacio protegido.

Estos sistemas clase D también son adecuados cuando la presencia de un sistema de presión diferencial permite suplir la ausencia de una escalera no prevista y/o vestíbulos, los cuales normalmente se requerirían, en aplicación de alguno de los reglamentos nacionales vigentes (Código de Edificación CABA) en lugar de utilización del sistema.

3.2 Requisitos

3.2.1 Criterio del flujo de aire

La velocidad del flujo de aire a través de la entrada entre la escalera presurizada y el área de alojamiento en la planta afectada por un incendio, no debe ser inferior a 0,75 m/s, siempre que:

- A) La puerta entre el alojamiento y el espacio presurizado en la planta del incendio esté abierta y todas las puertas dentro de la misma área de alojamiento, en la planta del incendio, entre el espacio presurizado y la salida de aire estén abiertas, y/o
- B) Todas las puertas entre la escalera presurizada y la salida final en la planta baja estén abiertas

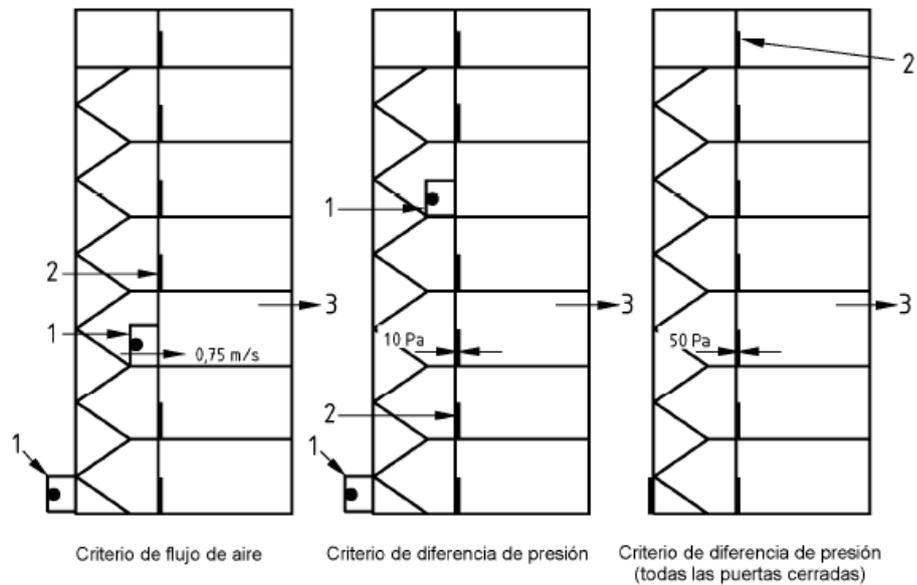
3.2.2 Diferencia de presión

La diferencia de presión entre ambos lados de una puerta entre el espacio presurizado y el área de alojamiento en el piso del incendio, debe tener el valor que se indica en la Tabla 1.

Posición de las puertas	Valor mínimo a mantener de presión diferencial.
La puerta entre el área de alojamiento y el espacio presurizado en la planta del incendio está cerrada (puerta en la que se realiza la medición)	10 Pa
Todas las puertas en planta baja entre la escalera presurizada y la salida final están abiertas	
La ruta de escape de aire al exterior, desde el área de alojamiento, en la planta en la que se mida la diferencia de presión, está abierta	
Una puerta de comunicación con un piso distinto del incendio está abierta	
Las puertas entre el área de alojamiento y el espacio presurizado están cerradas en todos los pisos incluido la PB	50 Pa
La abertura de escape de aire al exterior desde el área de alojamiento en el piso del incendio donde se mida la presión diferencial, está abierta	
NOTA: Se admite un margen de tolerancia de $\pm 10\%$ en la aceptación de los resultados de los ensayos.	

Tabla 1

En la Figura 3 se muestran las condiciones de diseño de los sistemas



Leyenda

- 1 Puerta abierta
- 2 Puerta cerrada
- 3 Aberturas de escape de aire

Figura 3: Condicion requeridas por un sistema de presurización

3.2.3 Fuerza para apertura de puerta

El sistema debe diseñarse de forma que la fuerza a aplicar al tirador de una puerta para abrir ésta no supere los 100N.

CAPÍTULO 4

4. CÁLCULO DE UN SISTEMA DE PRESURIZACION

4.1 Requisitos de los cálculos de diseño

El diseño de un sistema de control de humo mediante diferenciales de presión implica un equilibrio entre los caudales de aire aportados y extraídos del edificio, y un análisis de los diferenciales de presión a controlar entre barreras de humo. Es importante identificar todas las vías de flujo pertinentes, y evaluar sus áreas efectivas de paso de aire. Las vías de fuga más comunes en un edificio son las puertas abiertas, los resquicios alrededor de las puertas cerradas, las puertas de ascensores, ventanas, etc. También se debe prestar atención a los resquicios inherentes a los defectos de construcción, etc., que puedan existir en muros, suelos, y tabiques divisorios. En la importancia de dichas fugas de aire, tanto el tipo de materiales de construcción, como la calidad de la mano de obra que los ha aplicado influyen significativamente.

Para determinar el caudal de aire necesario para crear un diferencial de presión entre los recintos protegidos y no protegidos dentro de un edificio el proceso de cálculo variará en función de:

- a- La configuración del edificio
- b- Si el objetivo del sistema es la presurización del espacio protegido o la despresurización de un espacio no protegido

Para el caso de las cajas de escaleras de los edificios que es para donde estamos considerando este Documento Técnico, vamos a considerar como objetivo la presurización del espacio protegido.

Para los sistemas de presurización de clase D (evacuación simultánea) considerados en este Documento Técnico, Figura 3, los requisitos de cálculo son:

Flujo mínimo de aire en una puerta 0,75m/s

Diferencia de presión mínima con puertas cerradas 50Pa

Diferencia de presión con puerta de salida y una puerta de piso abiertas 10Pa

Fuerza de apertura máxima 100N

4.2 Procedimiento de cálculo

a- Se calcula el caudal de fuga equivalente total correspondiente a los resquicios alrededor de las puertas Q_D :

$$Q_D = 0.83 \times A_e \times P_{min-PA}^{1/R}$$

Con Q_D : Caudal de fuga de aire a través de los resquicios de una puerta cerrada

A_e : Área de fuga efectiva de una ruta

P_{min-PC} : Diferencia de presión mínima con las puertas cerradas [50Pa]

R: Índice dependiente del tipo de rendija, para este tipo de resquicios se toma 1.6

b- Se calcula el caudal de fuga equivalente total correspondiente a a los resquicios alrededor de las ventanas:

$$Q_{ventana} = 0.83 \times A_w \times P_{min-PA}^{1/R}$$

Con $Q_{ventana}$: Caudal de fuga de aire a través de los resquicios de las ventanas

A_w : Área de fuga efectiva de una ruta a través de las ventanas

P_{min-PC} : Diferencia de presión mínima con las puertas cerradas [50Pa]

R: Índice dependiente del tipo de rendija, para este tipo de resquicios se toma 1.6

c- Se calcula cualquier otro caudal de fuga posible Q_{of}

d- Se calcula el caudal total de aire a aportar con todas las puertas cerradas

$$Q_{DC} = Q_D + Q_{ventana} + Q_{of}$$

Y luego se calcula el caudal de diseño:

$$Q_{S1} = Q_{DC} \times 1.5$$

e- Se calcula el caudal de aire para puertas abiertas, tomando como abiertas una puerta de los pisos superiores y todas las puertas presentes en planta baja. Primero se calcula el área de puertas abiertas:

$$A_{puertas} = A_{puerta PB} + A_{puerta PISO}$$

Luego, se calcula el caudal necesario para mantener la presión deseada:

$$Q_{D0} = 0.83 \times [A_{puertas} + A_{rem}] \times P_{min-PC}^{1/2}$$

Con Q_{D0} : Caudal de fuga de aire a través de las puertas abiertas

$A_{puertas}$: Área de fuga efectiva de una ruta a través de las puertas abiertas.

P_{min-PA} : Diferencia de presión mínima con las puertas abiertas [10Pa]

Luego se calcula el caudal de diseño con un factor de seguridad de 15%

$$Q_{S2} = Q_{D0} \times 1.15$$

f- Se toma como caudal de diseño el mayor entre Q_{S1} y Q_{S2}

g- Calculo de la rejilla de alivio:

$$A_{PV} = \frac{Q_{fr} - Q_P}{0.83 \times 60^{\frac{1}{2}}}$$

4.4 Símbolos y unidades

Q_D	Caudal de fuga de aire a través de los resquicios de una puerta cerrada	[m ³ /s]
A_e	Área de fuga efectiva de una ruta	[m ²]
$P_{\min-PC}$	Diferencia de presión mínima con las puertas cerradas [50Pa]	[Pa]
R	Índice dependiente del tipo de rendija, para este tipo de resquicios se toma 1.6	
Q_{ventana}	Caudal de fuga de aire a través de los resquicios de las ventanas	[m ³ /s]
A_w	Área de fuga efectiva de una ruta a través de las ventanas	
Q_{of}	cualquier otro caudal de fuga posible	[m ³ /s]
Q_{DC}	Caudal total de aire a aportar con todas las puertas cerradas	[m ³ /s]
Q_{S1}	Caudal de diseño con puertas cerradas	[m ³ /s]
Q_{DO}	Caudal de fuga de aire a través de las puertas abiertas	[m ³ /s]
A_{puertas}	Área de fuga efectiva de una ruta a través de las puertas abiertas	[m ²]
A_{rem}	Área de fuga efectiva de una ruta a través de los resquicios de la caja de escalera	[m ²]
$P_{\min-PA}$	Diferencia de presión mínima con las puertas abiertas [10Pa]	[Pa]
Q_{S2}	Caudal de diseño con las puertas cerradas	[m ³ /s]
Q_p	Caudal de aire a aportar para satisfacer los requisitos de presión	[m ³ /s]
Q_{fr}	Caudal de aire necesario para garantizar el caudal a través de las puertas que se consideran abiertas	[m ³ /s]

CAPÍTULO 5

5. RESTRICCIONES

5.1 Generalidades

Este método de cálculo se recomienda para edificio de alturas menores a los 45m. Para alturas mayores, se recomienda un estudio más detallado utilizando programas de simulación como el CONTAM.

Para usos donde exista una elevada concurrencia de personas o las mismas no se encuentren en condiciones de realizar una evacuación, los cálculos deberán realizarse en base a un adecuado análisis de los tiempos de evacuación y de los posibles escenarios de incendios.

Las Normas que se utilizan para diseñar estos sistemas proveen cálculos teóricos basados en conceptos de mecánica de fluidos y/o datos experimentales. No obstante, estos cálculos para el dimensionamiento del sistema deben ser después adaptados y/o corregidos para la situación particular, de modo de garantizar que el sistema resulte favorablemente operativo. Es decir, se debe garantizar que cuando el sistema se ponga en funcionamiento el humo no ingresará al recinto protegido (porque exista efectivamente la sobrepresión necesaria que impida que esto suceda) y por otra parte, que en todos los casos, las personas puedan acceder a ese recinto protegido (es decir, la sobrepresión generada no puede ser tan excesiva que impida o dificulte la apertura de las puertas por cualquier usuario).

Esta validación debe realizarse mediante mediciones de todos estos parámetros realizadas in situ por personal y equipamiento adecuados a tal fin.

REFERENCIAS

- **Smoke control by pressurization** -J.A. Wild, C. Eng, F.I.MECH.E.- 1998
- **Norma UNE-EN 12101-6** – Sistemas para el control de humo y calor: Especificaciones para los sistemas de diferencial de presión – AENOR – 2006
- **NFPA 92** – Smoke-control systems utilizing barriers and pressure differences – NFPA – 2009
- **COVENIN 1018-78** – Requisitos para la presirización de medios de escape y ascensores en edificaciones - COVENIN- 1978
- **Handbook of Smoke Control Engineering** –John H. Klote et al. -2012