
Manual Práctico de Ventilación Soler & Palau



Sistemas
de Ventilación



La nueva edición del **Manual Práctico de Ventilación de Soler & Palau** le proporcionará una guía útil para acceder al conocimiento básico de esta tecnología, así como al cálculo de ventilaciones corrientes en diferentes tipos de instalaciones.

En definitiva, una herramienta de consulta para todos los profesionales cuyo objetivo es el de ayudarle en su labor profesional y en la realización de sus proyectos de ventilación: identificación del problema, cálculo de los valores y selección del equipo adecuado a cada necesidad.

Le recordamos que puede contactar con nuestro equipo de **Servicio de Asesoría Técnica**, a través de:

Tel. 901 11 62 25
Fax 901 11 62 29
e-mail: consultas@solerpalau.com
www.solerpalau.es - Servicios al Cliente

donde nuestros profesionales están a su disposición para ayudarle a resolver cualquier consulta técnica de ventilación y calefacción.

Una vez más, muchas gracias por su confianza en nuestra marca.

Soler & Palau



Capítulo 1. EL AIRE	5
Capítulo 2. LA VENTILACIÓN	6
2.1 Funciones de la Ventilación	6
2.2 Conceptos: Caudal y Presión	6
2.3 Unidades	7
2.4 Aparatos de Medida	8
2.5 Tipos de Ventilación	9
2.6 Ventilación Ambiental	9
2.6.1. Ventilación de Viviendas	9
Ventilación Mecánica Controlada - VMC	9
2.6.2. Ventilación de Locales Terciarios	12
Demanda Controlada de Ventilación - DCV	13
Filtración	14
Recuperación de Calor	15
2.6.3. Ventilación Industrial	17
2.6.4. Ventilación de Aparcamientos	19
2.7 Ventilación Localizada	24
2.7.1. Captación Localizada	24
2.7.2. Elementos de una Captación localizada	24
2.7.3. Principios de diseño de la captación	26
2.7.4. Casos de Ventilación Industrial Localizada	28
2.7.5. Cocinas Domésticas	29
2.7.6. Cocinas Industriales	30
Capítulo 3. CIRCULACIÓN DE AIRE POR CONDUCTOS	33
3.1 Pérdida de carga	
3.2 Cálculo de la pérdida de carga. Método del coeficiente «n»	34
3.3 Ejemplo de aplicación	38
Capítulo 4. VENTILADORES	39
4.1 Generalidades	39
4.2 Definiciones	39
4.3 Clasificación	39
4.3.1. Según su función	39
4.3.2. Según la trayectoria del aire del ventilador	40
4.3.3. Según la presión del ventilador	40
4.3.4. Según las condiciones del funcionamiento	41
4.3.5. Según el sistema de accionamiento de la hélice	41
4.3.6. Según el método de control de las prestaciones del ventilador	41
4.4 Curva característica	42
4.5 Punto de Trabajo	44
4.6 Leyes de los Ventiladores	45
Capítulo 5. RUIDO	46
5.1 Nivel Sonoro	46
5.2 Silenciadores	48
5.3 Ruidos mecánicos	49
Capítulo 6. PROCESO PARA DECIDIR UN SISTEMA DE VENTILACIÓN	50

2. LA VENTILACIÓN

Se entiende por ventilación la sustitución de una porción de aire, que se considera indeseable, por otra que aporta una mejora en pureza, temperatura, humedad, etc.

2.1 FUNCIONES DE LA VENTILACIÓN

La ventilación de los seres vivos, las personas entre ellos, les resuelve funciones vitales como el suministro de oxígeno para su respiración y a la vez les controla el calor que producen y les proporciona condiciones de confort, afectando a la temperatura, la humedad y la velocidad del aire.

La ventilación de máquinas o de procesos industriales permite controlar el calor, la toxicidad de los ambientes o la explosividad potencial de los mismos, garantizando en muchos casos la salud de los operarios que se encuentran en dichos ambientes de trabajo.

Para efectuar una ventilación adecuada hay que atender a:

- a) **Determinar la función a realizar** (el calor a disipar, los tóxicos a diluir, los sólidos a transportar, etc.)
- b) **Calcular la cantidad de aire necesaria.**
- c) **Establecer el trayecto de circulación del aire.**

2.2 CONCEPTOS Y MAGNITUDES

En el movimiento del aire a través de un conducto distinguiremos, Fig. 2.1:

Caudal

- La cantidad o Caudal Q (m^3/h) de aire que circula.

- La sección S (m^2) del conducto.

- La Velocidad v (m/s) del aire.

Vienen ligados por la fórmula:

$$Q = 3600 v S$$

Presión

El aire, para circular, necesita de una determinada fuerza que le empuje. Esta fuerza, por unidad de superficie, es lo que se llama Presión. Existen tres clases de presión:

PRESIÓN ESTÁTICA, P_e

Es la que ejerce en todas las direcciones dentro del conducto, en la misma dirección del aire, en dirección contraria y en dirección perpendicular, sobre las paredes del mismo.

Si el conducto fuese cerrado, como un recipiente con el aire en reposo, también se manifestaría este tipo de Presión.

La Presión Estática puede ser positiva, si es superior a la atmosférica o bien negativa, si está por debajo de ella.

PRESIÓN DINÁMICA, P_d

Es la presión que acelera el aire desde cero a la velocidad de régimen. Se manifiesta sólo en la dirección del aire y viene relacionada con la dirección del mismo, aproximadamente por las fórmulas:

$$P_d = \frac{v^2}{16} \text{ (mm c.d.a.)}$$

$$v = 4\sqrt{P_d} \text{ (m/s)}$$

La gráfica de la fig. 2.2 relaciona ambas magnitudes, la Velocidad del aire v y su correspondiente Presión Dinámica P_d .

La Presión Dinámica es siempre positiva.

PRESIÓN TOTAL, P_t

Es la presión que ejerce el aire sobre un cuerpo que se opone a su movimiento. En la fig. 2.1 sería la presión sobre una lámina L opuesta a la dirección del aire. Esta presión es suma de las dos anteriores.

$$P_t = P_e + P_d$$

En hidráulica esta expresión recibe el nombre de Ecuación de Bernouilli.

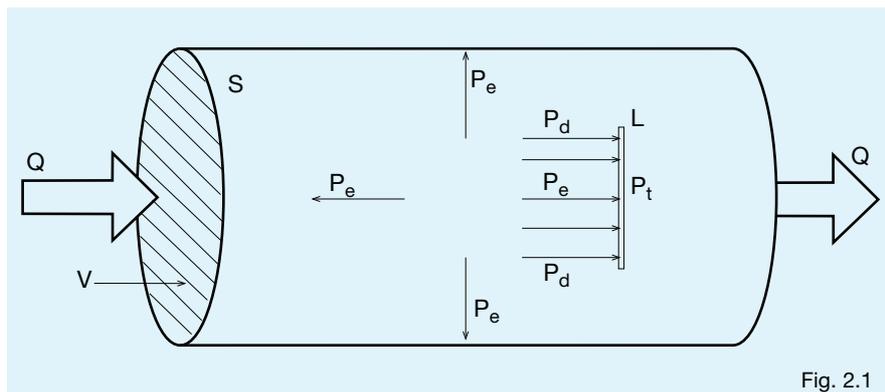
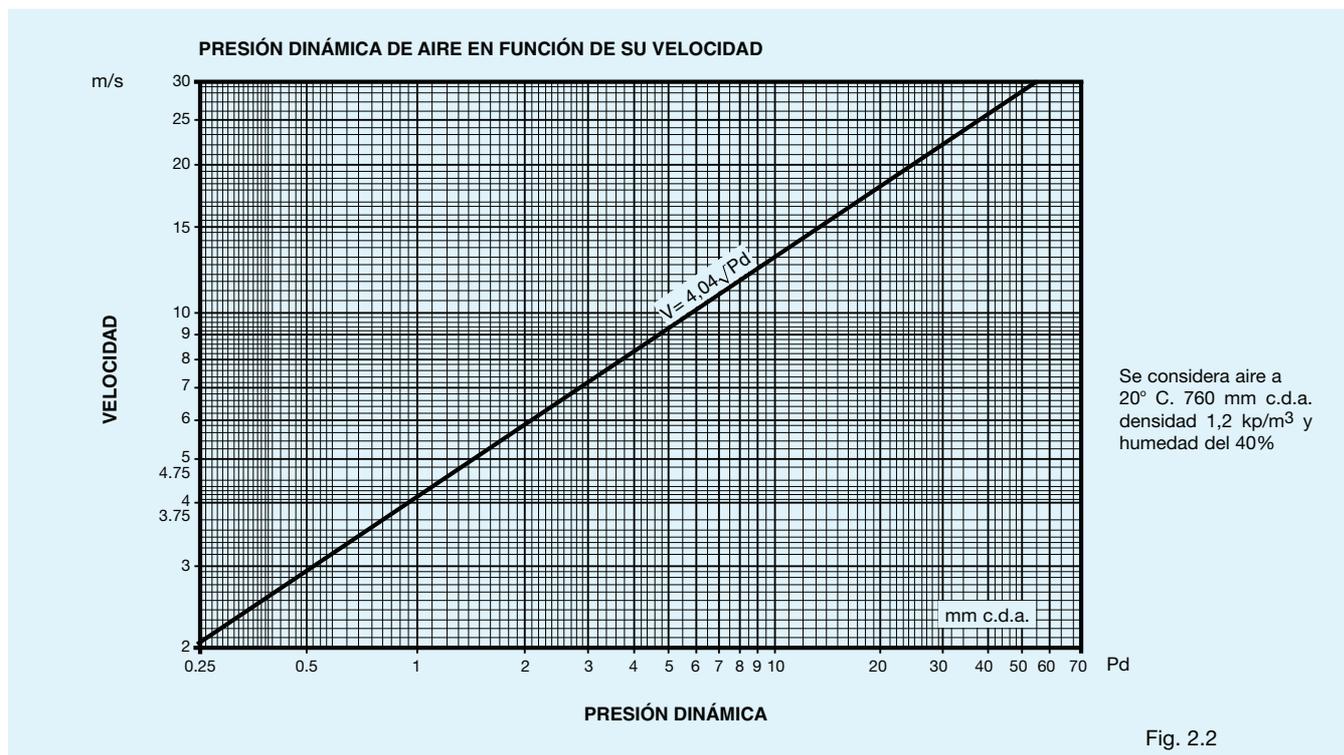


Fig. 2.1



2.3 LAS UNIDADES

Las unidades de presión usadas en ventilación son:

1 mm c.d.a. (milímetro columna de agua)

1 Pascal, Pa

Ambas, y la unidad industrial de presión, la atmósfera o Kp/cm², se equivalen de la siguiente forma:

$$1 \text{ atmósfera} = 1 \text{ Kp/cm}^2 = 10.000 \text{ mm c.d.a.}$$

$$= 98 \times 1.000 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ mm c.d.a.} = 9'81 \text{ Pascal}$$

$$= 0'0001 \text{ atmósferas}$$

En la práctica, aproximadamente:

$$1 \text{ mm c.d.a.} = 10 \text{ Pa}$$

En la tabla 2.1 se establece la correspondencia entre distintas unidades de presión. Obsérvese la diferencia entre la Atmósfera y la Presión atmosférica.

El milibar es la unidad usada por los meteorólogos.

CONVERSIÓN ENTRE DISTINTAS UNIDADES DE PRESIÓN							
	kp/m ² mm c.d.a.	mm c.d.m.	kp/cm ²	Presión atmosférica	bar	milibar	dinas/cm ²
1 mm c.d.a.	1	0,07355	10 ⁻⁴	10.337 · 10 ⁻⁴	98 · 10 ⁻⁶	98 · 10 ⁻³	98,1
kp/m ²							
1 mm c.d.m.	13,6	1	13,6 · 10 ⁻⁴	13,15 · 10 ⁻⁴	1,33 · 10 ⁻³	1,334	1.334
1 kp/cm ²	10.000	735,5	1	0,966	0,981	9,81 · 10 ²	9,81 · 10 ⁵
1 presión atm.	10.334	760	1,0334	1	1,013	1.013	1,01334 · 10 ⁶
1 bar	10.200	750	1,02	0,985	1	1.000	10 ⁶
1 milibar	10,2	0,75	1,02 · 10 ⁻³	0,985 · 10 ⁻³	10 ⁻³	1	10 ³

Tabla 2.1

2.4 APARATOS DE MEDIDA

Las presiones ABSOLUTAS se miden a partir de la presión cero. Los aparatos usados son los barómetros, utilizados por los meteorólogos, y los manómetros de laboratorio.

Las presiones EFECTIVAS se miden a partir de la presión atmosférica. Los aparatos usados son los manómetros industriales.

Las presiones Total, Estática y Dinámica son de este tipo. Los aparatos en este caso son los micro-manómetros. En los laboratorios de mecánica de fluidos se utilizan los siguientes:

Tubo de Pitot

Mide directamente la Presión Total P_t por medio de un tubo abierto que recibe la presión del aire contra su dirección y que conecta su otro extremo a un manómetro. Éste se representa en la Fig. 2.3 por medio de un tubo en U, lleno de agua, abierto en su otro extremo a la presión atmosférica, y cuyo desnivel del líquido en las dos ramas, señala la Presión Total en mm c.d.a.

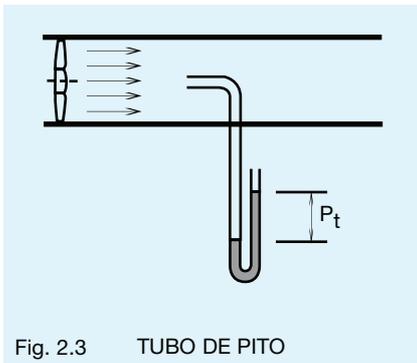


Fig. 2.3 TUBO DE PITO

Sonda de Presión Estática

Mide la Presión Estática P_e por medio de un tubo ciego dirigido contra la corriente de aire y abierto, por unas rendijas, en el sentido de la misma. En el esquema de la fig. 2.4 puede verse conectado, por su otro extremo, a un manómetro de columna de agua, que está abierto a la presión atmosférica.

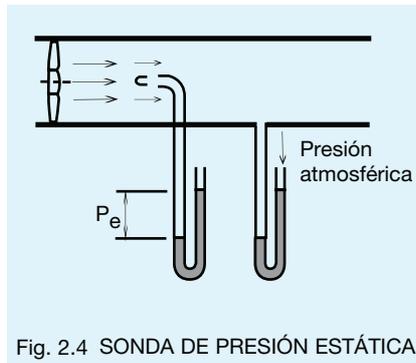


Fig. 2.4 SONDA DE PRESIÓN ESTÁTICA

Tubo de Prandtl

Es una combinación de un Pitot y una Sonda de Presión Estática. El Pitot constituye el tubo central que está abierto a la corriente de aire y está envuelto por una sonda que capta la presión estática. Como los extremos de ambos acaban en un mismo manómetro, se cumple la fórmula,

$$P_t - P_e = P_d$$

con lo que indica la Presión Dinámica P_d .

La Fig. 2.5 representa esquemáticamente este instrumento de medida.

MEDIDA DEL CAUDAL

Una vez determinada la Presión Dinámica del aire en un conducto, puede calcularse el caudal que circula, por la fórmula indicada antes

$$Q(\text{m}^3/\text{h}) = 3600 v S$$

La velocidad del aire $v = 4\sqrt{P_d}$ y la Sección S de la conducción, son también muy fáciles de determinar. Gráfica de la Fig. 2.2.

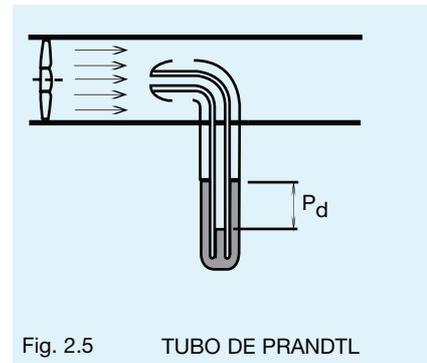


Fig. 2.5 TUBO DE PRANDTL

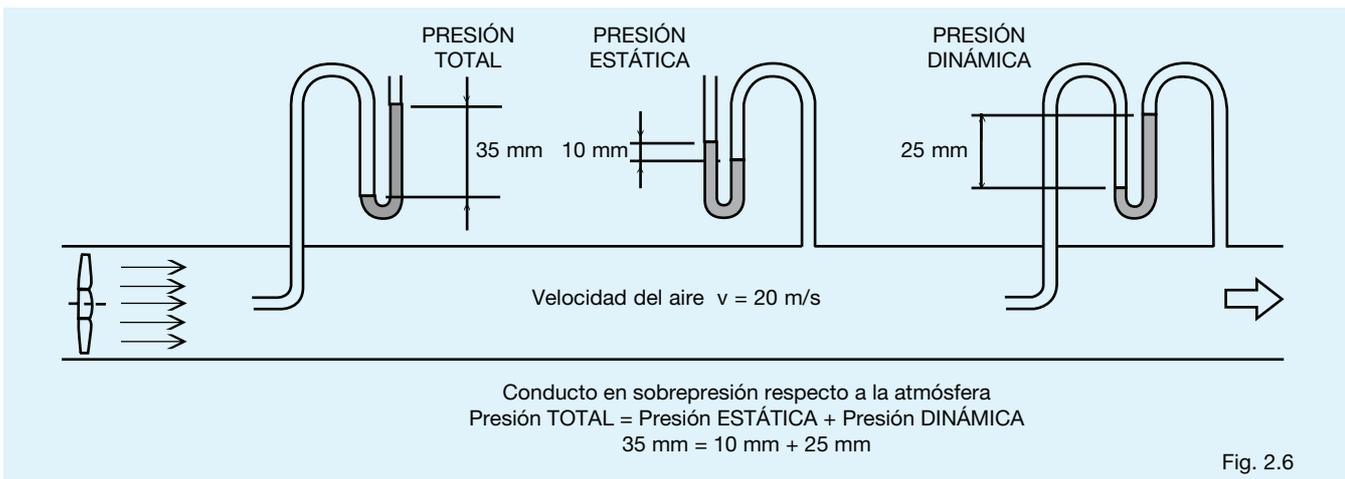


Fig. 2.6

2.5 TIPOS DE VENTILACIÓN

Se pueden distinguir dos tipos de Ventilación :

- General
- Localizada

Ventilación general, o denominada también **dilución** o **renovación ambiental** es la que se practica en un recinto, renovando todo el volumen de aire del mismo con otro de procedencia exterior.

Ventilación localizada, pretende captar el aire contaminado en el mismo lugar de su producción, evitando que se extienda por el local. Las variables a tener en cuenta son la cantidad de polución que se genera, la velocidad de captación, la boca o campana de captación y el conducto a través del que se llevará el aire contaminado hasta el elemento limpiador o su descarga.

2.6 VENTILACIÓN AMBIENTAL

A la hora de ventilar cualquier recinto hay que seguir los criterios normativos que afectan al local que se pretende ventilar, si es que existen. Las normativas que afectan a la ventilación de los recintos son los siguientes:

2.6.1 Ventilación de viviendas

En el **DB HS sobre Salubridad**, y en concreto en la **Parte I. capítulo 3 Exigencias básicas art. 13.3 Exigencia básica HS 3: Calidad del aire interior** se indica que:

1 Los edificios dispondrán de medios para que sus recintos se puedan ventilar adecuadamente, eliminando los contaminantes que se produzcan de forma habitual durante el uso normal de los edificios, de forma que se aporte un caudal suficiente de aire exterior y se garantice la extracción y expulsión del aire viciado por los contaminantes.

Y el ámbito de aplicación, según el apartado del **DB HS 3 calidad del aire interior. 1 Generalidades.1.1 Ámbito de aplicación**

1 Esta sección se aplica en los edificios de viviendas, al interior de las mismas, los almacenes de residuos, los trasteros, los aparcamientos y garajes; y, en los edificios de cualquier otro uso a los aparcamientos y garajes.

Los aparcamientos y garajes, por su importancia constituyen un capítulo

Tabla 2.2 Caudales de ventilación mínimos exigidos

		Caudal de ventilación mínimo exigido q_v en l/s		
		Por ocupante	Por m ² útil	En función de otros parámetros
Locales	Dormitorios	5		
	Salas de estar y comedores	3		
	Aseos y cuartos de baño			15 por local
	Cocinas		2 ⁽¹⁾	50 por local ⁽²⁾
	Trasteros y sus zonas comunes		0,7	
	Aparcamientos y garajes			120 por plaza
	Almacenes de residuos		10	

⁽¹⁾ En las cocinas son sistema de cocción por combustión o dotadas de calderas no estancas este caudal se incrementa en 8 l/s.

⁽²⁾ Este es el caudal correspondiente a la ventilación adicional específica de la cocina (véase el párrafo 3 del apartado 3.1.1)

específico en este manual.

El caudal de ventilación mínimo de los locales se obtiene de la **tabla 2.2 del DB HS 3**, teniendo en cuenta que

2 El número de ocupantes se considera igual,

a) en cada dormitorio individual, a uno y, en cada dormitorio doble, a dos;

b) en cada comedor y en cada sala de estar, a la suma de los contabilizados para todos los dormitorios de la vivienda correspondiente

3 En los locales de las viviendas destinados a varios usos se considera el caudal correspondiente al uso para el que resulte un caudal mayor.

Las opciones de ventilación de las viviendas son:

3 Diseño. 3.1. Condiciones generales de los sistemas de ventilación.3.1.1. Viviendas

1 Las viviendas deben disponer de un sistema general de ventilación que puede ser híbrida (Ventilación en la que, cuando las condiciones de presión y temperatura ambientales son favorables, la renovación del aire se produce como en la ventilación natural y, cuando son desfavorables, como en la ventilación con extracción mecánica) o mecánica (Ventilación en la que la renovación del aire se produce por el funcionamiento de aparatos electro-mecánicos dispuestos al efecto. Puede ser con admisión mecánica, con extracción mecánica o equilibrada) con las siguientes características :

a) El aire debe circular desde los locales

secos a los húmedos, para ello los comedores, los dormitorios y las salas de estar deben disponer de aberturas de admisión (abertura de ventilación que sirve para la admisión, comunicando el local con el exterior, directamente o a través de un conducto de admisión); los aseos, las cocinas y los cuartos de baño deben disponer de aberturas de extracción (abertura de ventilación que sirve para la extracción, comunicando el local con el exterior, directamente o a través de un conducto de extracción); las particiones situadas entre los locales con admisión y los locales con extracción deben disponer de aberturas de paso (abertura de ventilación que sirve para permitir el paso de aire de un local a otro contiguo);

Hay que tener en cuenta que los caudales solicitados por la tabla 2.2 son mínimos y por tanto deberán ser permanentes durante todo el día, los 365 días del año, independientemente de las condiciones climáticas, por lo que los sistemas de ventilación híbridos no serán capaces de garantizar dicha evacuación de aire de forma permanente, aconsejándose el uso de un sistema de ventilación mecánica controlada (VMC) que asegure la correcta renovación de los distintos espacios conforme al DB HS.

Los caudales solicitados en la tabla 2.2 sirven para ventilar todos los locales, tanto secos como húmedos, pero en ningún caso han de sumarse, sino que ha de determinarse cual es el mayor de los valores (si el caudal necesario para los locales secos o bien para

los locales húmedos por separado) y posteriormente realizar la instalación para conseguir la circulación del caudal mayor resultante, ya que, obviamente, el aire usado para ventilar locales con baja carga contaminante (locales secos) puede usarse posteriormente para ventilar locales cuya carga contaminante es mayor (locales húmedos).

c) Cuando las carpinterías exteriores sean de clase 2, 3, o 4 s/n UNE EN 12207:2000 deben utilizarse, como aberturas de admisión, aberturas dotadas de aireadores (elementos que se dispone en las aberturas de admisión para dirigir adecuadamente el flujo de aire e impedir la entrada de agua y de insectos o pájaros. Puede ser regulable o de abertura fija y puede disponer de elementos adicionales para obtener una atenuación acústica adecuada. Pueden situarse tanto en las carpinterías como en el muro de cerramiento.) o aberturas fijas de la carpintería; cuando las carpinterías exteriores sean de clase 0 o 1 pueden utilizarse como aberturas de admisión las juntas de apertura.

d) Cuando la ventilación sea híbrida las aberturas de admisión deben comunicar directamente con el exterior

e) Los aireadores deben disponerse a una distancia del suelo mayor que 1,80 m.

g) Las aberturas de extracción deben conectarse a conductos de extracción y deben disponerse a una distancia del techo menor que 100 mm y a una distancia de cualquier rincón o esquina vertical mayor que 100 mm.

h) Los conductos de extracción no pueden compartirse con locales de otros usos salvo con los trasteros.

Descartada la opción de la ventilación híbrida por los inconvenientes referidos, se ventilarán las viviendas con ventilación mecánica.

3 Diseño. 3.2. Condiciones particulares de los elementos 3.2.4 Conductos de extracción para la ventilación mecánica

1 Cada conducto de extracción, salvo los de la ventilación específica de las cocinas, debe disponer en la boca de expulsión de un aspirador mecánico, pudiendo varios conductos de extracción compartir un mismo aspirador mecánico (fig 2.7).

Hay que contemplar las alternativas para ventilación de viviendas unifamiliares y colectivas.

Para unifamiliares puede usarse el modelo Venturia E, con 4 tomas de 15 l/s, para baños y aseos, y una toma central

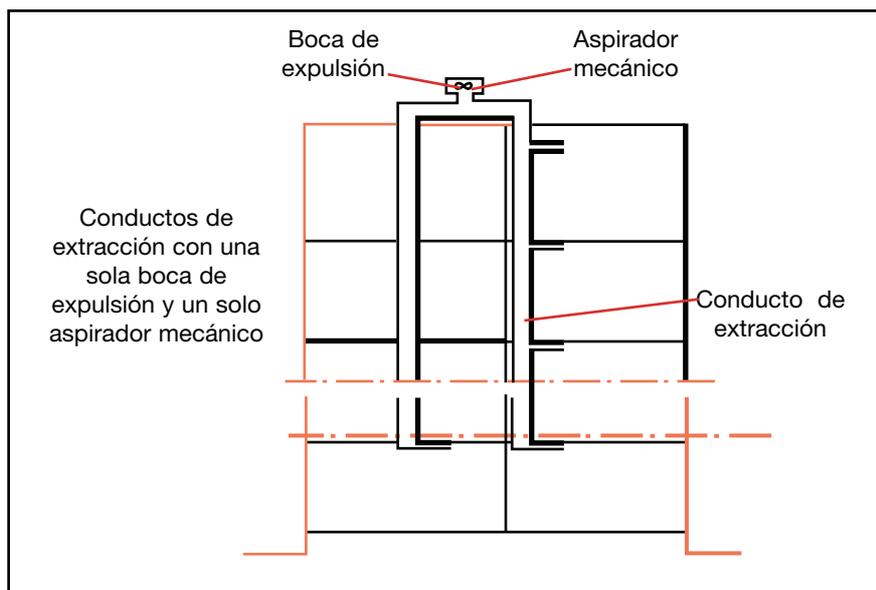
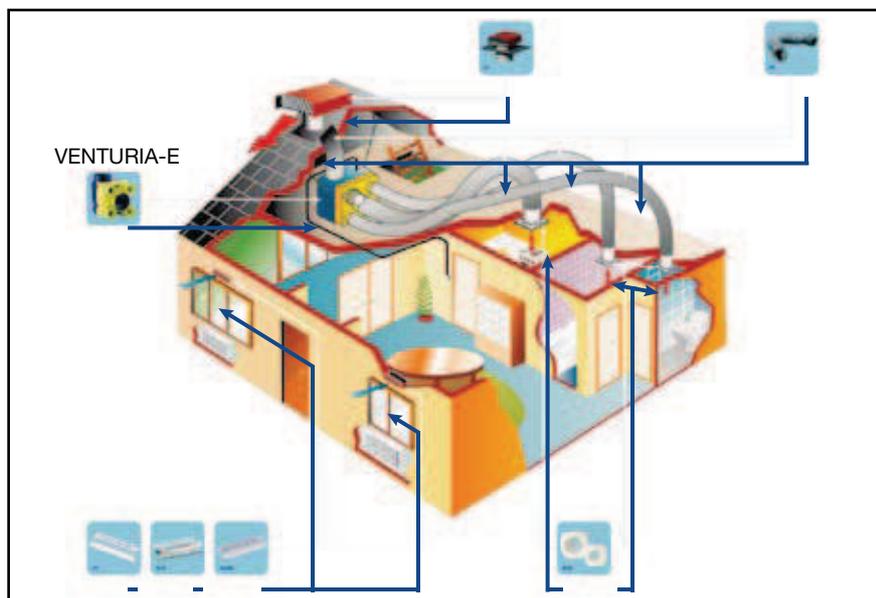
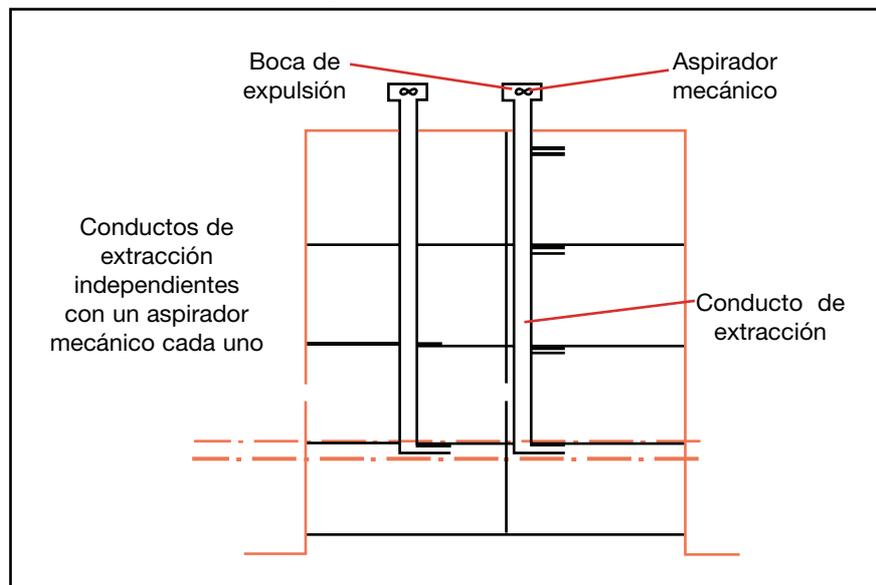
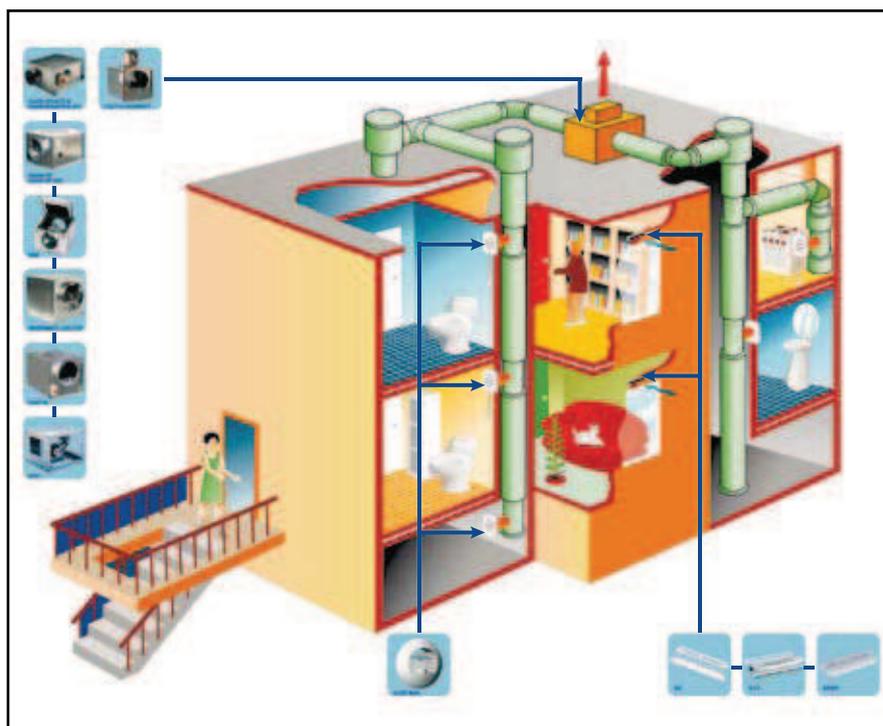


Fig. 2.7. Ejemplos de disposición de aspiradores mecánicos



Ejemplo para viviendas unifamiliares



Ejemplo para viviendas colectivas específica y adaptable a las dimensiones de la cocina.

Para la viviendas colectivas, se dimensionará el conducto en el punto más desfavorable conforme a:

• 4.2.2 Conductos de extracción para ventilación mecánica

1. Cuando los conductos se dispongan contiguos a un local habitable, salvo que estén en la cubierta, para que el nivel sonoro continuo equivalente estandarizado ponderado producido por la instalación no supere 30 dB(A), la sección nominal de cada tramo del conducto de extracción debe ser como mínimo igual a la obtenida en la fórmula siguiente o en cualquier otra solución que proporcione el mismo efecto.

$$S \leq 2,50 \cdot qvt \quad (V = 4 \text{ m/s})$$

Siendo *qvt* el caudal de aire en el tramo del conducto (l/s), que es igual a la suma de todos los caudales que pasan por las aberturas de extracción que vierten al tramo.

En los conductos verticales se tendrán en cuenta, además, las siguientes condiciones:

• 3.2.4. Conductos de extracción para ventilación mecánica.

2. Los conductos deben ser verticales (con excepción de los tramos de conexión).

4. Los conductos deben tener un acabado que dificulte su ensuciamiento y ser practicables para su registro y limpieza en la coronación y en el arranque de los tramos verticales.

6. Los conductos que atraviesen elementos separadores de sectores de incendio deben cumplir las condiciones de

resistencia al fuego del apartado 3 de la sección SI1.

Determinada la sección del conducto, ésta se mantendrá en todo el recorrido de las plantas que se quieran conectar al conducto. En cada punto de extracción, ya sea baño o cocina, se instalará una boca autorregulable calibrada para el caudal requerido en cada local. En la cubierta se pueden instalar un extractor a cada ramal vertical, o es posible unir los distintos ramales a un conducto y éste a su vez conectarlo a un único extractor que aspire de los diferentes ramales.

El conducto superior se dimensionará conforme a:

2. Cuando los conductos se dispongan en la cubierta, la sección debe ser como mínimo igual a la obtenida mediante la fórmula

$$S = 1 \cdot qvt \quad (V = 10 \text{ m/s})$$

Con este sistema se mantiene la extracción constante de los caudales en cada local independientemente de la altura del propio edificio.

También deberá preverse un sistema de ventilación específico para la extracción de los humos y vahos de la cocción :

• 3.1.1. Viviendas

3. Las cocinas deben disponer de un sistema adicional específico de ventilación con extracción mecánica para los vapores y los contaminantes de la cocción. Para ello

debe disponerse de un extractor conectado a un conducto de extracción independiente de los de la ventilación general de la vivienda que no puede utilizarse para la extracción de los locales de otro uso.

Además de la ventilación de las viviendas, el CTE contempla también la de almacenes de residuos y trasteros.

Para almacenes de residuos se requiere un caudal de 10 l/s·m² y es posible cualquier forma de ventilación (natural, híbrida o mecánica), si bien se aconseja practicar un sistema de extracción forzada para mantener en depresión el recinto y evitar que los posibles olores se escapen al exterior, teniendo en cuenta que los conductos de extracción no pueden compartirse con locales de otro uso. Para trasteros se requiere un caudal de 0.7 l/s·m², con extracción de aire que se puede conectar directamente al exterior o bien al sistema general de ventilación de las viviendas.

2.6.2 Ventilación de locales terciarios

Se seguirán los criterios especificados por el Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE), cuyo redactado en este ámbito es el siguiente:

Parte II. INSTRUCCIONES TÉCNICAS INSTRUCCIÓN TÉCNICA IT1. DISEÑO Y DIMENSIONADO

IT 1.1 EXIGENCIA DE BIENESTAR E HIGIENE

IT1.1.4. Exigencia de calidad del aire interior IT1.1.4.2.1 Generalidades

1 En los edificios de viviendas se consideran válidos los requisitos establecidos en la sección HS 3 del CTE.

2 El resto de edificios dispondrá de un sistema de ventilación para el aporte de aire del suficiente caudal de aire exterior que evite, en los distintos locales en los que se realice alguna actividad humana, la formación de elevadas concentraciones de contaminantes.

A los efectos de cumplimiento de este apartado se considera válido lo establecido en el procedimiento de la UNE-EN 13779.

IT1.1.4.2.2 Categorías de calidad del aire interior en función del uso de los edificios.

Categoría	dm ³ /s por persona
IDA 1	20
IDA 2	12,5
IDA 3	8
IDA 4	5



En función del uso del edificio o local, la categoría de calidad de aire interior (IDA) que se deberá alcanzar será, como mínimo, la siguiente :

IDA 1 (aire de óptima calidad) : hospitales, clínicas, laboratorios y guarderías.

IDA2 (aire de buena calidad): oficinas, residencias (locales comunes de hoteles y similares residencias de ancianos y estudiantes), salas de lectura, museos, aulas de enseñanza y asimilables, y piscinas.

IDA3 (aire de calidad media) : edificios comerciales, cines, teatros, salones de actos, habitaciones de hoteles, restaurantes, cafeterías, bares, salas de fiestas, gimnasios, locales para el deporte (salvo piscinas) y salas de ordenadores.

IDA4 (aire de baja calidad)

IT1.1.4.2.3 Caudal mínimo del aire exterior de ventilación

1 El caudal mínimo de aire exterior de ventilación se calculará con alguno de los cinco métodos que se indican a continuación:

A. Método indirecto de caudal de aire exterior por persona

B. Método directo por calidad del aire percibido

C. Método directo por concentración de CO₂

D. Método directo de caudal de aire por unidad de superficie

E. Método de dilución

A) Método indirecto de caudal de aire exterior por persona

A) se emplearán los valores de la tabla 2.3 cuando las personas tengan una actividad metabólica de 1,2 met, cuando sea baja la producción de sustancias contaminantes por fuentes diferentes del ser humano y cuando no está permitido fumar

B) Para locales donde esté permitido fumar, los caudales de aire exterior serán, como mínimo, el doble de los indicados en la tabla 2.3.

Este método de cálculo implica tener un conocimiento de los posibles ocupantes del recinto, mientras que el resto de métodos de cálculos se basan en elementos, por lo general, posteriores a la propia instalación, por lo que se aconseja, a nivel de cálculo inicial, usar el método A.

En caso de que no se conozca el número de personas, se pueden seguir los valores sobre densidad de ocupación de la tabla del CTE - DB SI 1.

Demanda Controlada de Ventilación DCV

Es evidente que mantener los sistemas de ventilación a su máximo caudal de manera constante supone un importante despilfarro energético, tanto por

Densidades de ocupación	
Uso del Local	Ocupación (m ² /persona)
Vestíbulos generales y zonas generales de uso público	2
Garaje vinculado a actividad sujeta a horarios	15
Garaje (el resto)	40
Plantas o zonas de oficinas	10
Edificios docentes (planta)	10
Edificios docentes (laboratorios, talleres, gimnasios, salas de dibujo)	5
Aulas (excepto de escuelas infantiles)	1,5
Aulas de escuelas infantiles y bibliotecas	2
Hospitalario (salas de espera)	2
Hospitalario (zonas de hospitalización)	15
Establecimientos comerciales (áreas de venta)	2 - 3
Zonas de público en discotecas	0,5
Zonas de público de pie en bares, cafeterías, etc.	1
Salones de uso múltiple en edificios para congresos, hoteles, etc.	1
Zonas de público sentado en bares, cafeterías, restaurantes, etc.	1,5
Zonas de servicio en bares, restaurantes, cafeterías, etc.	20
Zonas de público en terminales de transporte	10
	Tabla 2.3

el consumo de los propios ventiladores como por el consumo necesario para calentar o enfriar el aire interior. Por ello es aconsejable que los sistemas de ventilación se ajusten a la ocupación o al nivel de contaminantes interiores (CO₂, Temperatura, H.R.). Experiencias de campo nos demuestran que la mayoría de locales (oficinas, comercios, restaurantes, salas de juntas, gimnasios...), a lo largo del día, en promedio, no llegan a una ocupación de más del 60%. S&P, como líder mundial en el sector de la ventilación, propone el concepto de **Demanda Controlada de Ventilación, DCV**, consistente en la instalación de Sistemas de Ventilación Inteligentes compuestos por ventiladores de bajo consumo y elementos electrónicos y mecánicos (elementos de control, reguladores de velocidad, convertidores de frecuencia, detectores de presencia, sensores de CO₂, temperatura y humedad, sensores de presión, compuertas motorizadas, y bocas de aspiración bicaudal) que en todo momento estarán controlando que sólo se utilice

la energía necesaria para garantizar una correcta ventilación en función de la contaminación de los locales. Esto representará un importantísimo ahorro energético a lo largo del ciclo de vida de la instalación. A continuación vamos a mostrar de manera gráfica algunos de los Sistemas Inteligentes de Ventilación. Cualquiera de las estas soluciones puede llevarse a cabo a través de sistemas de Extracción Simple, Doble (Extracción e Impulsión) o de Recuperación de Calor.

La DCV puede aplicarse a espacios monozona y multizona:

Monozona: el espacio a ventilar está compuesto por una sola área abierta, sin divisiones, que requiera un tratamiento de ventilación homogéneo (oficinas abiertas, comercios, ..)

Multizona: el espacio a ventilar está compuesto por varias áreas, compartimentadas, que requieren tratamientos de ventilación individualizados (oficinas con despachos individuales, servicios colectivos,..)

Sistemas inteligentes de ventilación para **espacios monozona**:



Tipo ON / OFF



Funcionamiento del sistema

La presencia de una o más personas en una sala, activará un sistema de ventilación. Cuando la sala quede vacía el sistema volverá a la situación anterior.

Ventajas del sistema

Solamente ventilaremos cuando la sala esté ocupada.



Tipo Mínimo / Máximo



Funcionamiento del sistema

Mediante un Timer o de forma manual se pondrá en funcionamiento la instalación a su régimen mínimo para proporcionar la ventilación de mantenimiento. La presencia de una o más personas en una sala será identificada por el Detector de Presencia que a través del Elemento de Regulación hará funcionar al Ventilador a la velocidad máxima. Cuando la sala quede vacía el sistema volverá a la situación de mantenimiento.

Ventajas del sistema

Solamente utilizaremos la potencia máxima cuando la sala esté ocupada



Tipo Proporcional



Funcionamiento del sistema

Mediante un Timer o de forma manual se pone en marcha el sistema que funcionará a régimen mínimo de ventilación en la sala a ventilar. El Sensor de CO₂ detectará el incremento de contaminación en función de la ocupación de la sala y enviará este dato al Elemento de Regulación que, a su vez, ordenará incrementar o reducir la velocidad del Ventilador de forma proporcional para adecuar el caudal a las necesidades de cada momento.

Ventajas del sistema

A partir de una renovación ambiental mínima, solamente incrementaremos la ventilación en función del nivel de ocupación (determinada por el nivel de CO₂). Ésto generará un importante ahorro energético sobre un sistema de ventilación total.

Tipo Proporcional



Funcionamiento del sistema

Mediante un Timer o de forma manual se pone en marcha el sistema que funcionará a régimen mínimo de ventilación en la sala a ventilar. El Sensor de H.R. detectará el incremento de humedad en función del uso de las instalaciones y enviará este dato al Elemento de Regulación que, a su vez, ordenará incrementar o reducir la velocidad del Ventilador de forma proporcional, para adecuar el caudal a las necesidades de cada momento.

Ventajas del sistema

A partir de una renovación ambiental mínima, solamente incrementaremos la ventilación en función de la HR del ambiente. Ésto generará un importante ahorro energético sobre un sistema de ventilación total.



Funcionamiento del sistema

Mediante cualquiera de los parámetros ambientales a controlar, CO₂, Temperatura o Humedad relativa, ya sea de forma conjunta o individual, se envía una señal al Control Ecowatt AC/4A, que puede gobernar la velocidad de los ventiladores tanto de corriente continua, como los TD Ecowatt, o alterna ya sea en alimentación monofásica (hasta 4 A) como trifásica, a través del variador de frecuencia, y en función del valor de contaminante más elevado acumulado en la sala.

Ventajas del sistema

Con un solo sensor se controlan 3 parámetros ambientales y se obtiene el máximo nivel de confort con el mínimo consumo.

Sistemas inteligentes de ventilación para espacios multizona:

Tipo Mínimo / Máximo



Funcionamiento del sistema

El sistema se dimensiona en función de la demanda máxima posible que se puede requerir en caso de que todos los despachos estén ocupados. Se determina la presión que se genera en el sistema con éste funcionando a régimen de ventilación máxima. Cada uno de los despachos mantendría un mínimo de ventilación para garantizar las condiciones ambientales. El sistema se pondría en funcionamiento mediante un Timer o de forma manual. Cuando el Detector de Presencia identificase la entrada de una persona en un despacho, éste emitiría una orden a la Boca de Aspiración Bicaudal que se abriría totalmente. Ésto generaría un desequilibrio en la presión consignada para el sistema, que sería detectado por el Sensor de Presión, que transmitiría una orden al Elemento de Regulación que a su vez actuaría sobre el Ventilador, adecuando la velocidad para restaurar la presión en el sistema. Cada entrada o salida de las diversas estancias sería identificada por los Detectores de Presencia que interactuarían en el sistema.

Ventajas del sistema

Discriminaremos la ventilación en cada despacho y solamente utilizaremos la potencia máxima en cada uno en el caso de que esté ocupado. Ésto generará un importante ahorro energético sobre un sistema de ventilación sin control de demanda.



Funcionamiento del sistema

Mediante un Timer o de forma manual se pone en marcha el sistema que funcionará a régimen mínimo de ventilación en cada uno de las salas a ventilar. Dado que se trata de salas de ocupación variable, el Sensor de CO₂ constatará el grado de contaminación en función de la cantidad de personas y enviará la lectura a la Compuerta Motorizada que se abrirá más o menos, permitiendo el paso de aire necesario en cada momento. Ésto hará variar la presión en la instalación, que será identificada por el Sensor de Presión que actuará sobre el Elemento de Regulación y éste, a su vez, sobre el Ventilador para equilibrar el sistema. Este sistema, se puede combinar con una instalación mínimo/máximo como sería el caso de unas oficinas en las que además hubiese despachos individuales.

Ventajas del sistema

En cada sala, a partir de una renovación ambiental mínima, solamente incrementaremos la ventilación en función del nivel de ocupación (determinada por el nivel de CO₂). Ésto generará un importante ahorro energético sobre un sistema de ventilación total.

Filtración

Según el RITE hay que tener en cuenta también las distintas calidades de aire exterior y éste se debe filtrar para garantizar la adecuada calidad del aire interior:

IT 1.1 EXIGENCIA DE BIENESTAR E HIGIENE

IT1.1.4. Exigencia de calidad del aire interior

IT1.1.4.2.4 Filtración del aire exterior mínimo de ventilación

1 El aire exterior de ventilación se introducirá debidamente filtrado en el edificio.

2 Las clases de filtración mínimas a emplear, en función de la calidad de aire exterior (ODA) y de la calidad del aire interior requerida (IDA), serán las que se indican en la tabla 2.4.

3 La calidad del aire exterior (ODA) se clasificará de acuerdo con los siguientes niveles:

ODA 1: aire puro que puede contener partículas sólida (p.e. polen) de forma temporal

ODA 2: aire con altas concentraciones de partículas

ODA 3: aire con altas concentraciones de contaminantes gaseosos

ODA 4: aire con altas concentraciones de contaminantes gaseosos y partículas

ODA 5: aire con muy altas concentraciones de contaminantes gaseosos y partículas

Se clasifica también el de extracción

IT1.1.4.2.5 Aire de extracción

1 En función del uso del edificio o local, el aire de extracción se clasifica en las siguientes categorías:

A) AE 1 (bajo nivel de contaminación):

Filtración de partículas

	Ida 1	Ida 2	Ida 3	Ida 4
ODA 1	F7	F6	F6	G4
ODA 2	F7	F6	F6	G4
ODA 3	F7	F6	F6	G4
ODA 4	F7	F6	F6	G4
ODA 5	F6/GF/F9	F6/GF/F9	F6	G4
ODA 1	F9	F9	F7	G6
ODA 2	F9	F9	F7	G6
ODA 3	F9	F9	F7	G6
ODA 4	F9	F9	F7	G6
ODA 5	F9	F9	F7	G6

Tabla 2.4 Clases de filtración

aire que procede de los locales en los que las emisiones más importantes proceden de los materiales de la construcción y decoración, además de las personas. Está excluido el aire que procede de locales donde se puede fumar (oficinas, aulas, salas de reuniones, locales comerciales).

B) AE2 (moderado nivel de contaminación): aire de locales ocupados con más contaminantes que la categoría anterior, en los que además, no esté prohibido fumar (restaurantes, bares, habitaciones de hoteles)

AE 3 (alto nivel de contaminación): aire que procede de locales con producción de productos químicos, humedad, etc.

AE 4 (muy alto nivel de contaminación): aire que contiene sustancias olorosas y contaminantes (extracción de campanas de humos, aparcamientos, locales para manejo de pinturas, locales de fumadores de uso continuo, laboratorios químicos)

2 El caudal de aire de extracción de locales de servicio será como mínimo de 2 dm³/s por m² de superficie en planta.

3 Sólo el aire de categoría AE1, exento de humo de tabaco, puede ser retornado a los locales.

4 El aire de categoría AE2 puede ser empleado solamente como aire de transferencia de un local hacia locales de servicio, aseos y garajes.

5 El aire de las categorías AE3 y AE 4 no puede ser empleado como aire de recirculación o transferencia. Además, la expul-

sión hacia el exterior del aire de estas categorías no puede ser común a la expulsión del aire de las categorías AE1 y AE2, para evitar la posibilidad de contaminación cruzada.

Recuperación de Calor

Para obtener un mayor ahorro energético se debe prever la recuperación de calor

IT 1.2 EXIGENCIA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

IT1.2.4.5 Recuperación de energía

IT1.2.4.5.2 Recuperación de calor del aire de extracción

1 En los sistemas de climatización de los edificios en los que el caudal de aire expulsado al exterior, por medios mecánicos, sea superior a 0,5 m³/s, se recuperará la energía del aire expulsado.

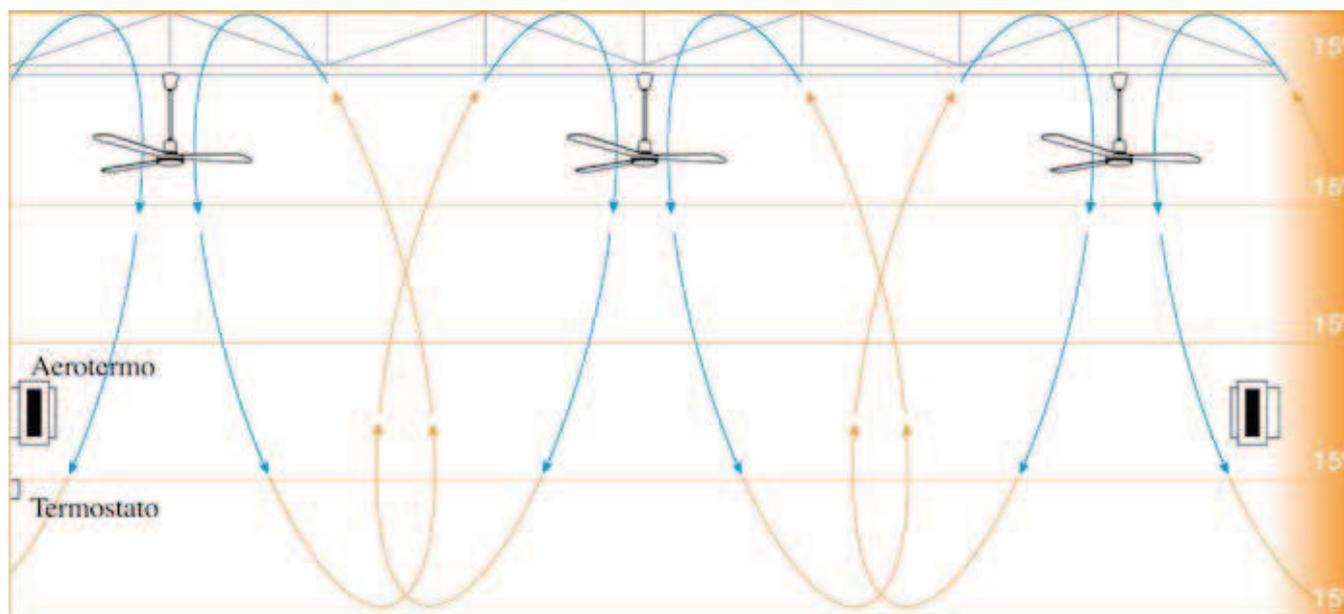
2 Sobre el lado del aire de extracción se instalará un aparato de enfriamiento adiabático.

3 Las eficiencias mínimas en calor sensible sobre el aire exterior (%) y las pérdidas de presión máximas (Pa) en función del caudal de aire exterior (m³/s) y de las horas anuales de funcionamiento del sistema deben ser como mínimo las indicadas en la tabla 2.5.

Debemos, según la época, evitar o

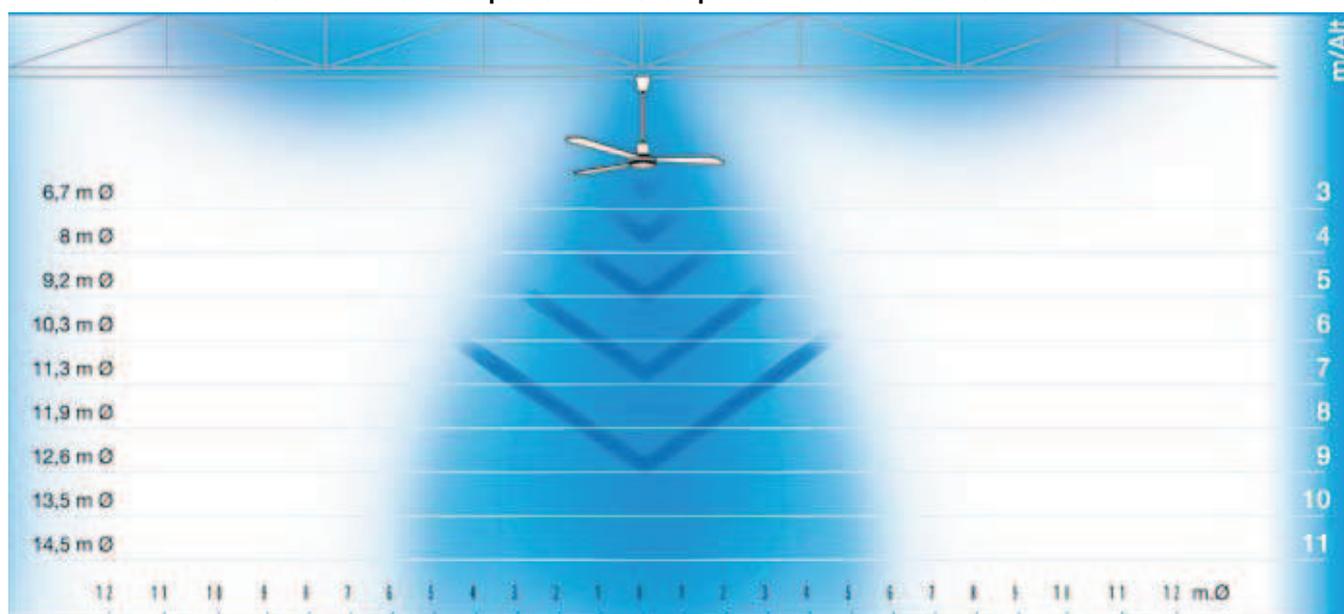
Tabla 2.5 Eficiencia de la recuperación

Horas anuales de funcionamiento	Caudal de aire exterior (m ³ /s)									
	> 0,5... 1,5		> 1,5... 3,0		> 3,0... 6,0		> 6,0... 12		> 12	
	%	Pa	%	Pa	%	Pa	%	Pa	%	Pa
< 2.000	40	100	44	120	47	140	55	160	60	180
> 2.000... 4.000	44	140	47	160	52	180	58	200	64	220
> 4.000... 6.000	47	160	50	180	55	200	64	220	70	240
> 6.000	50	180	55	200	60	220	70	240	75	260



Para evitar el efecto de la estratificación, la solución es instalar Ventiladores de Techo HTB-150N que impulsarán el aire caliente hacia el suelo y lo mezclarán con el de las capas bajas, uniformando la temperatura en el local.

Tabla orientativa de la superficie abarcada por un HTB-150N en función de la altura



favorecer la estratificación.

IT 1.2 EXIGENCIA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

IT1.2.4.5 Recuperación de energía

IT1.2.4.5.3 Estratificación

En los locales de gran altura la estratificación se debe estudiar y favorecer durante los periodos de demanda térmica positiva y combatir durante los periodos de demanda térmica negativa.

2.6.3. Ventilación industrial

En consecuencia, si el tipo de local al cual se quiere efectuar una ventilación ambiental no está contemplado en el criterio anterior, debemos seguir nuestra “peregrinación” en busca de la normativa, si es que existe, que nos oriente sobre los caudales adecuados.

Una fuente de información la encontramos en la **Ley de Prevención de Riesgos Laborales y en concreto en el Real Decreto 486/1997 de 14 de abril, publicado en el BOE 23-IV-1997, que fija las “Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud en los Lugares de Trabajo”** y que por tanto forzosamente ha de tener incidencia en todo tipo de ambientes laborales. Dentro de esta disposición, se especifica lo siguiente en su **“Capítulo II, Art.7:**

1. La exposición a las condiciones ambientales de los lugares de trabajo no deberá suponer un riesgo para la seguridad y salud de los trabajadores. A tal fin, dichas condiciones ambientales y en particular las condiciones termohigrométricas de los lugares de trabajo deberán ajustarse a lo establecido en anexo III.

2. La exposición a los agentes físicos, químicos y biológicos del ambiente de trabajo se regirá por lo dispuesto en su normativa específica”.

Dentro del Anexo III mencionado por el anterior capítulo, los apartados en los cuales la ventilación puede tener una incidencia concreta son los siguientes:

Anexo III: Condiciones ambientales de los lugares de trabajo

3. En los lugares de trabajo cerrados deberán cumplirse, en particular, las siguientes condiciones:

a) La temperatura de los locales donde se realicen trabajos sedentarios propios de oficinas o similares estará comprendida entre 17 y 27°C.

La temperatura de los locales donde se

realicen trabajos ligeros estará comprendida entre 14 y 25°C.

b) La humedad relativa estará comprendida entre el 30 y el 70 por ciento, excepto en los locales donde existan riesgos por electricidad estática en los que el límite inferior será el 50 por ciento.

c) Los trabajadores no deberán estar expuestos de forma frecuente o continuada a corrientes de aire cuya velocidad exceda los siguientes límites:

1°. Trabajos en ambientes no calurosos: 0.25 m/s.

2°. Trabajos sedentarios en ambientes calurosos: 0.5 m/s.

3°. Trabajos no sedentarios en ambientes no calurosos: 0.75 m/s.

Estos límites no se aplicarán a las corrientes de aire expresamente utilizadas para evitar el estrés en exposiciones intensas al calor, ni las corrientes de aire acondicionado, para las que el límite será de 0.25 m/s en el caso de trabajos sedentarios y 0.35 m/s en los demás casos.

d) La renovación mínima del aire en los locales de trabajo será de 30 metros cúbicos de aire limpio por hora y trabajador en el caso de trabajos sedentarios en ambientes no calurosos ni contaminados por humo de tabaco y de 50 metros cúbicos en los casos restantes, a fin de evitar el ambiente viciado y los olores desagradables.

El sistema de ventilación empleado y, en particular, la distribución de las entradas de aire limpio y salidas del aire viciado, deberán asegurar una efectiva renovación del aire del local de trabajo.

4. A efectos de la aplicación de lo establecido en el apartado anterior, deberán tenerse en cuenta las limitaciones o condicionantes que puedan imponer, en cada caso, las características particulares del lugar de trabajo, de los procesos u operaciones que se desarrollen en él y del clima de la zona en la que está ubicado. En cualquier caso, el aislamiento térmico de los locales cerrados debe adecuarse a las condiciones climáticas propias del lugar.

Tenemos, pues, ya una nueva orientación, obligatoria, en lo que respecta a la ventilación de ambientes laborables, fijada en 30 ó 50 m³/h por persona en función del ambiente.

Además hemos subrayado el último párrafo del apartado 3 por su importancia para el objetivo de una adecuada ventilación ambiental de un recinto y sobre la cual volveremos en hojas posteriores.

No se nos puede escapar que el cau-

dal “obligatorio” anterior puede ser suficiente para ambientes laborables relativamente normales pero, por contra, ser totalmente insuficiente cuando el ambiente en el cual se encuentren los operarios tenga otras fuentes contaminantes no derivadas del humo de tabaco, que son las más habituales en ambientes laborables.

Por consiguiente, si debemos ventilar un ambiente industrial en el cual el proceso de fabricación genera un determinado tipo de contaminante (humo, calor, humedad, disolventes, etc.) en cantidades molestas o perjudiciales y no es posible pensar en la utilización de sistemas de captación localizada para captar el contaminante en la fuente de producción, deberemos recurrir al empleo de la ventilación ambiental para lograr unos índices de confort adecuados.

No existirán ya unos estándares obligatorios pero sí unos criterios comúnmente aceptados, basados en aplicar un determinado número de renovaciones/hora al volumen considerado, que se usarán para la solución de este tipo de problemáticas.

En efecto, en función del grado de contaminación del local se deberá aplicar un mayor o menor número de renovaciones/hora de todo el volumen del mismo, según se observa en la tabla 2.6.

Esta tabla se basa en criterios de Seguridad e Higiene en el trabajo y pretende evitar que los ambientes lleguen a un grado de contaminación ambiental que pueda ser perjudicial para los operarios, pero sin partir ni del número de los mismos ni de criterios más científicos.

Obsérvese que, a medida que el grado de posible contaminación del recinto es mayor, aumenta la cantidad de renovaciones a aplicar, siendo más difícil determinar con precisión cual es el número exacto de renovaciones para conseguir un ambiente limpio con plenas garantías, por lo que será la propia experiencia la que nos oriente en casos como éstos, especialmente si se alcanzan niveles de contaminación importantes.



Renovación del aire en locales habitados	Renovaciones/hora N
Catedrales	0,5
Iglesias modernas (techos bajos)	1 - 2
Escuelas, aulas	2 - 3
Oficinas de Bancos	3 - 4
Cantinas (de fábricas o militares)	4 - 6
Hospitales	5 - 6
Oficinas generales	5 - 6
Bar del hotel	5 - 8
Restaurantes lujosos (espaciosos)	5 - 6
Laboratorios (con campanas localizadas)	6 - 8
Talleres de mecanizado	5 - 10
Tabernas (con cubas presentes)	10 - 12
Fábricas en general	5 - 10
Salas de juntas	5 - 8
Aparcamientos	6 - 8
Salas de baile clásico	6 - 8
Discotecas	10 - 12
Restaurante medio (un tercio de fumadores)	8 - 10
Gallineros	6 - 10
Clubs privados (con fumadores)	8 - 10
Café	10 - 12
Cocinas domésticas (mejor instalar campana)	10 - 15
Teatros	10 - 12
Lavabos	13 - 15
Sala de juego (con fumadores)	15 - 18
Cines	10 - 15
Cafeterías y Comidas rápidas	15 - 18
Cocinas industriales (indispensable usar campana)	15 - 20
Lavanderías	20 - 30
Fundiciones (sin extracciones localizadas)	20 - 30
Tintorerías	20 - 30
Obradores de panaderías	25 - 35
Naves industriales con hornos y baños (sin campanas)	30 - 60
Talleres de pintura (mejor instalar campana)	40 - 60

Tabla 2.6

La tabla anterior puede simplificarse aún más, en base al volumen del recinto a considerar (tabla 2.7) que da buenos resultados con carácter general.

Volumen	Nº renovaciones / hora
$V \leq 1000 \text{ m}^3$	20
$1000 \text{ m}^3 \leq V \leq 5000 \text{ m}^3$	15
$5000 \text{ m}^3 \leq V \leq 10000 \text{ m}^3$	10
$V \geq 10000 \text{ m}^3$	6

Tabla 2.7

En cualquier caso hay que tener en cuenta que los valores de la tabla anterior son orientativos, y que en caso de instalaciones con elevado grado de contaminación, los caudales resultantes de la aplicación de la tabla anterior pueden ser muy insuficientes.

Situación del extractor

La gran variedad de construcciones y de necesidades existentes disminuye la posibilidad de dar normas fijas en lo que se refiere a la disposición del sistema de ventilación.

Sin embargo pueden darse una serie de indicaciones generales, que fijan la pauta a seguir en la mayoría de los casos:

- Las entradas de aire deben estar diametralmente opuestas a la situación de los ventiladores, de forma que todo el aire utilizado cruce el área contaminada.
- Es conveniente situar los extractores cerca del posible foco de contaminación, de manera que el aire nocivo se elimine sin atravesar el local.
- Debe procurarse que el extractor no se halle cerca de una ventana abierta, o de otra posible entrada de aire, a fin de evitar que el aire expulsado vuelva a introducirse o que se formen bolsas de aire estancado en el local a ventilar.

2.6.4. Ventilación de aparcamientos

Objetivo

El sistema de ventilación de un aparcamiento tiene como objetivo, en primer lugar, garantizar que no se acumulará monóxido de carbono en concentraciones peligrosas en ningún punto del aparcamiento.

En segundo lugar, y en cumplimiento del **CTE y en concreto del documento DB SI 3 Evacuación de ocupantes**, garantizar la evacuación de humos que puedan generarse en caso de incendio.

Características del CO

Sin ninguna duda el CO –monóxido de carbono– es el gas más peligroso de los emitidos por un vehículo automóvil y el que requiere de mayor dilución para que no sea perjudicial para las personas. El CO es un gas imperceptible, sin olor ni sabor, cuyo efecto sobre las personas, aspirado en cantidades importantes, es la reducción progresiva de la capacidad de transporte de oxígeno por la sangre, pudiendo, en casos extremos, llegar a provocar la muerte. Sin embargo, los efectos por intoxicación son totalmente reversibles y sin secuelas, y la exposición breve a concentraciones elevadas de CO no presenta riesgo alguno y puede tolerarse.

Se admite que para estancias inferiores a una hora, la concentración de CO pueda alcanzar 100 ppm (114,4 mg/m³), mientras que para una estancia igual a una jornada laboral de ocho horas, el nivel máximo admisible es de 50 ppm (57 mg/m³).

La densidad del CO es de 0.968, por lo que se acumulará normalmente en las partes altas del aparcamiento.

Consideraciones sobre la evacuación de humo en caso de incendio

La extracción de humo en caso de incendio de alguno de los vehículos automóviles en el interior de un aparcamiento pretende evitar que los usuarios que se encuentren en el interior del aparcamiento respiren los humos tóxicos generados y pierdan la visibilidad necesaria para alcanzar las vías de escape.

Debido a su temperatura, los humos se acumulan en la parte alta del recinto y deberían poderse evacuar antes de que se encuentren en cantidades importantes, lo que impediría el trabajo de los servicios de extinción, o bien se enfríen excesivamente y alcancen capas inferiores.

Normativa

Para la ventilación de aparcamientos hay que cumplir el **Código Técnico**

de Edificación (CTE) y en concreto con los documentos DB SI Seguridad en caso de incendio (SI 3 Evacuación de ocupantes) que pretende la evacuación de humo en caso de incendio, y el **DB SH Salubridad (HS 3 Calidad del aire interior)** que persigue la eliminación del monóxido de carbono CO; así como el **REBT (ITC-BT 28 Instalaciones en locales de pública concurrencia, y ITC-BT 29 Prescripciones particulares para las instalaciones eléctricas de los locales con riesgo de incendio o explosión)**.

Evacuación de humo en caso de incendio

Conforme al DB SI, y en concreto según el **SI 3 Evacuación de ocupantes**, es necesario prever la evacuación de humo en caso de incendio en un aparcamiento. Dicha evacuación puede ser natural o forzada, y según el capítulo **8 Control de humo de incendio**, de dicho documento:

1 “...se debe instalar un sistema de control de humo en caso 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.

En este sentido, el anexo del propio documento indica que

Aparcamiento abierto:

Es aquel que cumple las siguientes condiciones:

- sus fachadas presentan en cada planta un área total permanentemente abierta al exterior no inferior a 1/20 (5%) de su superficie construida, de la cual al menos 1/40 (2.5%) está distribuida de manera uniforme entre las dos paredes opuestas que se encuentren a menor distancia;**
- la distancia desde el borde superior de las aberturas hasta el techo no excede de 0.5 m.**

Teniendo en cuenta que

Uso aparcamiento

Edificio, establecimiento o zona independiente o accesoria de otro de uso principal, destinado a estacionamiento de vehículos y cuya superficie construida exceda de 100 m², incluyendo las dedicadas a revisiones....

Dentro de este uso se denominan aparcamientos robotizados aquellos en los que el movimiento de los vehículos, desde acceso hasta las plazas de apar-



camiento, únicamente se realiza mediante sistemas mecánicos y sin presencia ni intervención directa de personas.

Si no se dispone de aberturas suficientes para cumplir las condiciones anteriores, se seguirán las indicaciones del capítulo:

8 Control del humo de incendio

2 El diseño, cálculo, instalación y mantenimiento del sistema pueden realizarse de acuerdo con las normas UNE 23585:2004 (SCEH) Esta norma, sin embargo implicaría disponer de una altura del aparcamiento considerable y superior a 3 m de altura, lo que dificulta su aplicación y **EN 12101-6:2006**

Para el caso a) puede también utilizarse el sistema de ventilación por extracción mecánica con aberturas de admisión de aire previsto en el DB HS 3 si, además de las condiciones que allí se establecen para el mismo, cumplen las siguientes condiciones especiales :

a) El sistema debe ser capaz de extraer un caudal de aire de 120 l/s · plaza (432 m³/h · plaza) y debe activarse automáticamente en caso de incendio mediante una instalación de detección, cerrándose también automáticamente, mediante compuertas E600 90, las aberturas de extracción de aire más cercanas al suelo, cuando el sistema disponga de ellas.

b) Los ventiladores deben tener una clasificación F400 90.

c) Los conductos que transcurran por un único sector de incendio deben tener una clasificación E600 90. Los que atraviesen elementos separadores de sectores de incendio deben tener una clasificación EI 90.

Para aparcamientos robotizados, se seguirá el criterio del DB SI 5:

Los aparcamientos robotizados dispondrán, en cada sector de incendios en que estén compartimentados, de una vía compartimentada con elementos EI 120 y puertas EI2 60-C5 que permita el acceso de los bomberos hasta cada nivel existente, así como de un sistema mecánico de extracción de humo capaz de realizar 3 renovaciones /hora

Eliminación del CO

Se ha de cumplir el DB HS 3, que en su ámbito de aplicación indica:

Esta sección se aplica en,..., los aparcamientos y garajes; y, en los edificios de cualquier otro uso, a los aparcamientos y los garajes. Se considera que forman parte de los aparcamientos y garajes las zonas de circulación de los vehículos.

Tabla 2.8 Caudales de ventilación mínimos exigidos

Caudal de ventilación mínimo exigido q _v en l/s	
Aparcamientos y garajes	120 por plaza

Este documento pretende garantizar la salubridad de los ambientes, y en este sentido eliminar el CO, en base al caudal de la tabla 2.8.

Y en cuanto a las instalaciones, se especifica en el apartado

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.

3.1.4.1 Medios de ventilación natural

1 Deben disponerse aberturas mixtas (según el Apéndice A Terminología, una abertura mixta es una: Abertura de ventilación que comunica el local directamente con el exterior y que en ciertas circunstancias funciona como abertura de admisión y en otras como abertura de extracción), 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 de menos de cinco plazas, en vez de 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.

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

Si bien según el apartado anterior sería posible ventilar cualquier tipo de aparcamiento simplemente mediante extracción, se aconseja garantizar la entrada de aire limpio procedente del exterior a todas las plantas, siendo aceptable que para las plantas primera y segunda, la entrada de aire se realice a través de una abertura independiente de la propia puerta, con sección de reja para entrada de aire a 2,5 m/s

(preferiblemente mediante aberturas directas al exterior, o en su defecto a través de una rejilla a situar por encima de la puerta, o bien calar la puerta) y a través de las rampas, mientras que a partir de la tercera planta se dispondrán de conductos de aportación de aire, con velocidades máximas de entrada de aire de 4 m/s, para entrada de aire natural y de 10 m/s en el caso de aportación forzada.

Igualmente se aconseja que para los aparcamientos públicos, en los que generalmente se producirá un mayor movimiento de vehículos, se usen sistemas conjuntos de extracción e impulsión con el objeto de garantizar una adecuada eliminación de los posibles contaminantes.

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 m² de superficie útil;
- b) la separación entre aberturas de extracción más próximas sea menor que 10 m.

Es muy importante remarcar el objetivo fundamental del sistema de ventilación: **evitar que se produzcan estancamientos de los gases contaminantes**, de manera que se ha de garantizar un adecuado barrido de aire desde los puntos de entrada de aire exterior hasta los puntos de extracción y por delante de la necesidad de disponer de aberturas de admisión cada 100 m² está el objetivo solicitado, siendo admisibles soluciones diferentes a las propuestas por el CTE (o de cualquier otra que produzca el mismo efecto) para conseguir el objetivo deseado.

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.

Hay que tener en cuenta que el uso de aberturas de extracción (rejillas) a nivel del suelo implicará la condición de que en los conductos descendentes se deban instalar compuertas E600 90 que se cierren automáticamente en

caso de incendio, conforme se solicita en el DB SI 3 Evacuación de ocupantes, (ya que por lo general se usa el mismo sistema de extracción de humos para la eliminación del CO), con el objetivo de evitar que los humos generados en un supuesto incendio fuesen aspirados por las rejillas inferiores, provocando lo contrario de lo pretendido en un sistema de extracción de este tipo, de manera que los ocupantes inhalasen el humo mientras se dirigiesen a la salida al exterior.

4 En los aparcamientos compartimentados en los que la ventilación sea conjunta deben disponerse las aberturas de admisión en los en los compartimentos y las de extracción en las zonas de circulación comunes de tal forma que en cada compartimento se disponga al menos de 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 2.9

Tabla 2.9 Número mínimo de redes de conductos de extracción

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

En este sentido, y si bien es cierto que la referencia anterior sobre redes de extracción dotadas del correspondiente aspirador mecánico lo hace en base al número de plazas del aparcamiento, conforme se indica en su redactado, se aconseja que la exigencia anterior se aplique para cada una de las plantas del propio aparcamiento y no sobre el conjunto, ya que ello da solución a la problemática planteada durante años sobre cuantos extractores hay que instalar en cada planta de aparcamiento para garantizar una mínima ventilación en caso de que uno de los extractores dejase de funcionar (y partiendo de la base de que cada una de las redes deberá tener su correspondiente extractor), teniendo en cuenta de que en un aparcamiento de 15 plazas o menos, si se dispone de una abertura mediante la rejilla de sección adecuada o la puerta calada, no sería especialmente importante el hecho de no disponer de un segundo extractor. Por otro lado hay que tener en cuenta que para aparcamientos con un número

de plazas superior a 80, el uso de la fórmula para determinación de las redes de extracción puede provocar que el número de redes necesarias sea elevado (por ejemplo en un aparcamiento de 350 plazas son necesarias 9 redes de extracción) por lo que es imprescindible la colaboración conjunta en el diseño del propio edificio para conseguir una distribución de salidas o ramales verticales adecuada hacia el exterior, a los cuales puedan conectarse las redes de extracción, con el objeto de conseguir una distribución de aire adecuada por el interior y evitar a su vez grandes recorridos de conducto de difícil equilibrado y funcionamiento.

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.

Desclasificación de los aparcamientos

La instrucción ITC-BT 029 Prescripciones particulares para las instalaciones eléctricas de los locales con riesgo de incendio o explosión del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT) dice en su apartado

4 Clasificación de emplazamientos. Para establecer los requisitos que ha de satisfacer los distintos elementos constitutivos de la instalación eléctrica en emplazamientos con atmósferas potencialmente explosivas, estos emplazamientos se agrupan en dos clases según la naturaleza de la sustancia inflamable, denominadas como Clase I y Clase II.

La clasificación de emplazamientos se llevará a cabo por un técnico competente que justificarán los criterios y procedimientos aplicados. Esta decisión tendrá preferencia sobre las interpretaciones literales o ejemplos que figuran en los textos.

4.1. Clases de emplazamientos

Los emplazamientos se agrupan como sigue:

Clase I: Comprende los emplazamientos en los que hay o puede haber gases, vapores o nieblas en cantidad suficiente para producir atmósferas explosivas o inflamables; se incluyen en esta clase los lugares en los que hay o puede haber líquidos inflamables.

En la norma UNE-EN 600079-10 se recogen reglas precisas para establecer zonas en emplazamientos de Clase I.

4.2 Ejemplos de emplazamientos peligrosos

De Clase I

- garajes y talleres de reparación de vehículos. Se excluyen los garajes de uso privado para estacionamiento de 5 vehículos o menos.

La instrucción clasifica los aparcamientos como locales con riesgo de incendio y explosión y en su apartado 4 establece que la clasificación de emplazamientos para atmósferas potencialmente explosivas se llevará a cabo por un técnico competente.

La citada ITC-BT-29 remite a la norma UNE-EN 60079-10 a fin de establecer el procedimiento para la clasificación de emplazamientos.

Para desclasificar el recinto se propone seguir los criterios de la Resolución 27 abril 2006 (BOPV nº 105) del País Vasco, que indica que en lo que se refiere al grado de la fuente de escape, se puede tratar de un escape, el procedente de venteos, deterioro de juntas y materiales de los depósitos o emisiones de los tubos de escape de los vehículos, que se puede considerar infrecuente y en períodos de corta duración, por lo que, acorde con la norma UNE-EN 60079, se puede clasificar como fuente de escape secundario.

Los criterios de cálculo y diseño de los sistemas de ventilación de aparcamientos expuestos anteriormente, bien sea para evacuación de humos en caso de incendio o para dilución del CO a niveles aceptables para la salud de las personas, son en todo caso muy superiores a los que se necesita para diluir o dispersar los vapores inflamables hasta que su concentración sea más baja que el límite inferior de explosión (LIE), lo que implica que asegurada la misma y teniendo en cuenta el grado secundario de la fuente de escape se puede considerar, a los efectos de la norma UNE-60079-10, que **la zona clasificada como peligrosa sea en general despreciable**, siempre y cuando la ventilación cumpla los requisitos indicados de la ventilación para evacuación de humos y eliminación del CO, se considerará conseguido un alto grado de ventilación a los efectos de lo previsto en la norma UNE EN 60079-10 **cuando se asegure una renovación de 120 l/s** (garantizando una adecuada distribución de aire por el interior), con lo que **el garaje queda desclasificado** a los efectos de lo previsto en la ITC-BT-29 del REBT, y no será necesario tomar medidas de protección adicional respecto a las solicitadas por el CTE.

Locales de pública concurrencia

La ITC-BT 28 considera los aparcamientos como locales de pública concurrencia, obligándoles a cumplir las siguientes condiciones:

1 Campo de aplicación

La presente instrucción se aplica a locales de pública concurrencia como:

..., estacionamientos cerrados y cubiertos para más de 5 vehículos...

2.3 Suministros complementarios o de seguridad

todos los locales de pública concurrencia deberán disponer de alumbrado de emergencia

Deberán disponer de suministro de reserva:

Estacionamientos subterráneos para más de 100 vehículos.

Entradas de aire

Las bocas de captación del aire exterior deben alejarse del suelo de jardines o forestas para no captar hojas o polen; separadas de letreros luminosos por su atracción de insectos; lejos de descargas de aire para no recircular emisiones viciadas, y nunca en el suelo porque puede obturarse por objetos o desechos.

De forma habitual se vienen instalando rejillas por encima de las propias puertas de acceso, lo que permite, al sistema de ventilación parado, una "cierta" ventilación natural del propio aparcamiento, y garantiza una correcta entrada de aire cuando el sistema de ventilación está en funcionamiento, independientemente de la abertura o no de la puerta de acceso al recinto.

Descargas de aire

En el DB HS 3, y en el apartado 3.2.1. Aberturas y bocas de ventilación se indica: **4 Las bocas de expulsión deben situarse separadas 3m como mínimo, de cualquier elemento de entrada de aire de ventilación (boca de toma, abertura de admisión, puerta exterior o ventana), y de cualquier punto donde pueda haber personas de forma habitual.**

Otros conceptos a tener en cuenta

El CTE no especifica velocidad de diseño alguno para la red de conductos por el interior del aparcamiento, mientras que tampoco queda clara la sección de los conductos procedentes desde dicho recinto, que puedan circular por el interior de espacios habitables, hasta

la cubierta, ya que si bien en el documento **HS Salubridad 3 Calidad del aire interior**, en su capítulo **3 Diseño** se menciona que la sección de los conductos circulantes a través de dichos espacios se calculará con la fórmula $S > 2,50 \cdot q_{vt}$, lo que corresponde a una velocidad de 4 m/s, se entiende que esta velocidad se refiera al diseño de los conductos de ventilación general de la vivienda, ya que si se aplican para garajes y aparcamientos podría darse la paradoja de que en un aparcamiento de dimensiones importantes o de más de una planta, con un único montante vertical hasta la cubierta, dicho conducto tuviese unas dimensiones tan considerables que provocase una reducción significativa de la superficie de cada una de las plantas de las viviendas superiores. En este sentido, pues, se aconseja dimensionar los conductos verticales, procedentes del interior de los aparcamientos a través de los locales habitables hasta la cubierta, a una velocidad máxima de 8 m/s (ya que a él no se conectará ningún tipo de instalación de las propias viviendas), con un grosor de chapa mínimo de 1 mm para evitar la transmisión de ruidos.

Para los conductos a ubicar propiamente en el interior del aparcamiento, se pueden dimensionar conforme a la norma UNE -100 166 04, para una velocidad de hasta 10 m/s.

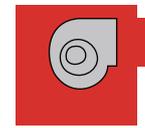
Se aconseja también que, en la medida de lo posible, el conducto sea circular, si bien con frecuencia la altura de los garajes impide este tipo de conductos, por lo que seguidamente se aconseja el uso de conductos ovalados, al presentar menor pérdida de carga que los rectangulares. Y si no hay otra opción que el uso de estos conductos, deberán ser lo más cuadrados posibles, y no se deberá sobrepasar, en ningún caso, relaciones de lados superiores de lado **mayor ≤ 5** lado menor para evitar provocar pérdidas de carga excesivas.

Ubicación de los extractores

La actual normativa obliga a que los extractores sean capaces de evacuar humo en caso de incendio, y se utiliza, con carácter general, el mismo sistema de evacuación de humos en caso de incendio que para la eliminación del CO.

Para la evacuación de humos en caso de incendio ha de tenerse en cuenta que existen dos tipos de aparatos capaces de realizar dicha función:

Aparatos para trabajar inmersos. Se



trata de aparatos cuyo motor se encuentra en el interior del flujo de aire extraído, por lo que ha de ser capaz de soportar la temperatura de

400°C. Si bien la normativa exige que soporten dicha temperatura durante 90 minutos, el tiempo mínimo es de 2h. al no existir fabricantes de motores que cumplan la condición solicitada, y se homologan íntegramente los ventiladores para soportar condiciones de 400°C/2h. Hay que tener en cuenta que los motores usados reúnen unas características especiales y solamente existen con alimentación trifásica.

Aparatos para trasiego. Se trata de



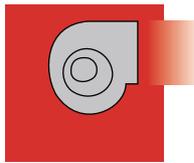
aparatos cuyo motor no está en contacto con el flujo de aire extraído, y su motor es normal, siendo posible encontrar aparatos de alimentación monofásica siempre y cuando su

potencia no supere los 2.2 KW.

Este tipo de aparatos no puede montarse directamente en el interior del aparcamiento, y deben situarse o bien en una sala de máquinas, siempre con los conductos conectados a la aspiración y descarga de los aparatos, o bien directamente en la cubierta, o en el espacio comprendido entre el aparcamiento y la cubierta.

También ha de tenerse en cuenta que es importante que cada planta tenga el conjunto de extractores independientes para cada planta, lo que ha de asegurar un control adecuado del humo en la planta que pudiese verse afectada en caso de incendio.

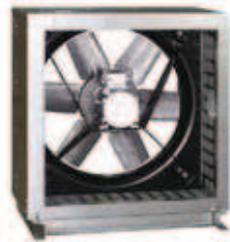
Por último se verificará que no existen normativas, ya sea autonómicas o municipales, cuyas exigencias sean distintas a las indicadas anteriormente, que prevean otras soluciones distintas a las indicadas.



Series de producto
Desenfumage para trabajar inmersos a 400°C/2h



TJHT



CGHT



TGHT



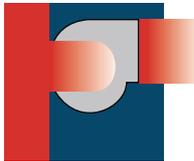
CHMT



CHAT



CHMTC



Series de producto
Desenfumage para vehicular aire a 400°C/2h



CTHT



CTVT



CRMT



CXRT



GTLF



GTLB



CRMTC



CHVT



CVHT



ILHT

2.7 VENTILACIÓN LOCALIZADA

2.7.1. Captación localizada

Cuando en un local se originan gases, olores y polvo, aplicar al mismo los principios de la ventilación general expuestos en las hojas anteriores, puede originar algunas problemáticas concretas como una instalación poco económica y en algunos casos poco efectiva debido a los grandes volúmenes de aire a vehicular, la importante repercusión energética en locales con calefacción e incluso la extensión a todo el recinto de un problema que inicialmente estaba localizado. (Fig. 2.7).

En consecuencia, siempre que ello sea posible, lo mejor es solucionar el problema de contaminación en el mismo punto donde se produce mediante la captación de los contaminantes lo más cerca posible de su fuente de emisión, antes de que se dispersen por la atmósfera del recinto y sea respirado por los operarios. Las aspiraciones localizadas pretenden mantener las sustancias molestas o nocivas en el nivel más bajo posible, evacuando directamente los contaminantes antes de que éstos sean diluidos.

Una de las principales ventajas de estos sistemas es el uso de menores caudales que los sistemas de ventilación general, lo que repercute en unos menores costes de inversión, funcionamiento y calefacción. Por último la ventilación por captación localizada debe ser prioritaria ante cualquier otra alternativa y en especial cuando se emitan productos tóxicos en cantidades importantes.

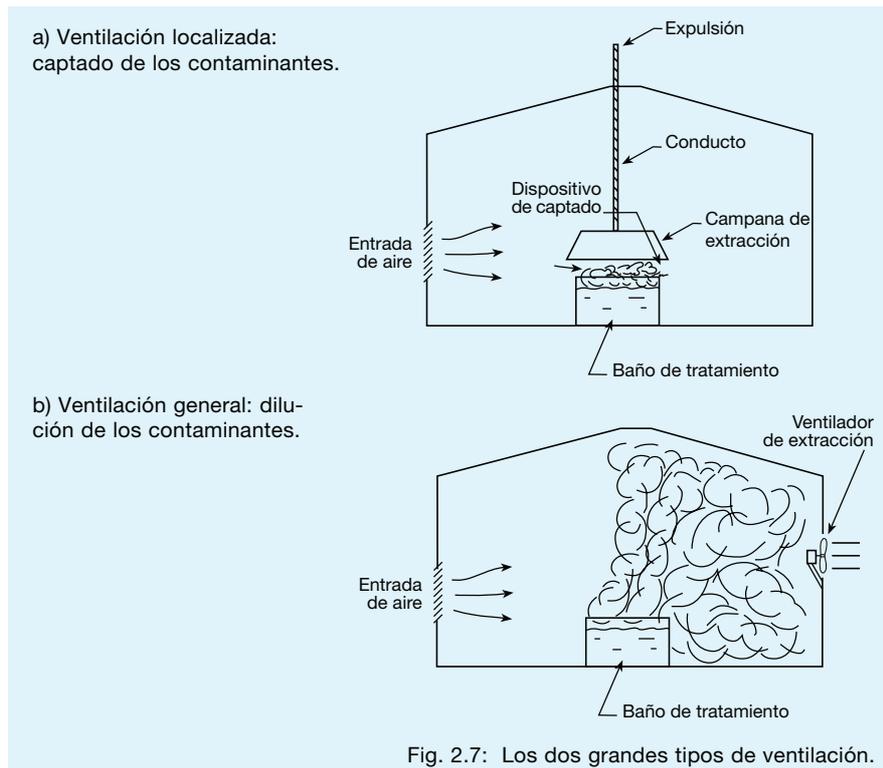
2.7.2. Elementos de una captación localizada

En una captación localizada serán necesarios los elementos siguientes:

- Sistema de captación.
- Canalización de transporte del contaminante.
- (En determinadas instalaciones) Sistema separador.

Sistema de captación

El dispositivo de captación, que en muchos casos suele denominarse campana, tiene por objeto evitar que el contaminante se esparza por el resto del local, siendo este elemento la parte más importante de la instalación ya que una mala con-



cepción de este dispositivo puede impedir al sistema captar correctamente los contaminantes o llevar, para compensar esta mala elección inicial, a la utilización de caudales, coste de funcionamiento y de insta-

lación excesivos. Este dispositivo puede adoptar diversas formas, tal como se observa en la Fig. 2.8.

Tipo de campana	Descripción	Caudal
	Campana simple	$Q = V(10x2+A)$
	Campana simple con pestaña	$Q = 0,75V(10x2+A)$
	Cabina	$Q = VA = VWH$
	Campana elevada	$Q = 1,4 PVH$ P = perímetro H = altura sobre la operación
	Rendija múltiple. 2 ó más rendijas.	$Q = V(10x2+A)$

Fig. 2.8: Tipos de campanas

Para que el dispositivo de captación sea efectivo, deberán asegurarse unas velocidades mínimas de captación. Esta velocidad se define como: **“La velocidad que debe tener el aire para arrastrar los vapores, gases, humos y polvo en el punto más distante de la campana”.**

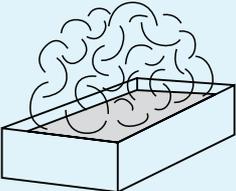
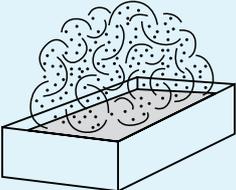
Estas velocidades se observan en la tabla 2.10.

Canalización de transporte

Una vez efectuada la captación y para asegurar el transporte del aire contaminado, es necesario que la velocidad de éste dentro de la cana-

lización impida la sedimentación de las partículas sólidas que se encuentran en suspensión.

Así el dimensionado del conducto se efectuará según sea el tipo de materiales que se encuentren en suspensión en el aire, tal como puede verse en la tabla 2.11.

Únicamente gases y vapores	Características de la fuente de contaminación	Ejemplos	Velocidad de captación m/s
	Desprendimiento con velocidades casi nulas y aire quieto.	Cocinas. Evaporación en tanques. Desengrasado.	0,25 - 0,5
	Desprendimientos a baja velocidad en aire tranquilo.	Soldadura. Decapado. Talleres galvanotecnia.	0,5 - 1
	Generación activa en zonas de movimiento rápido del aire.	Cabinas de pintura.	1 - 2,5
Con partículas sólidas en suspensión 	Generación activa en zonas de movimiento rápido del aire.	Trituradoras.	1 - 2,5
	Desprendimiento a alta velocidad en zonas de muy rápido movimiento del aire.	Esmerilado. Rectificado.	2,5 - 10

Se adoptarán valores en la zona inferior o superior de cada intervalo según los siguientes criterios:

Inferior	Superior
1. Pocas corrientes de aire en el local.	1. Corrientes turbulentas en el local.
2. Contaminantes de baja toxicidad.	2. Contaminantes de alta toxicidad.
3. Intermittencia de las operaciones.	3. Operaciones continuas.
4. Campanas grandes y caudales elevados.	4. Campanas de pequeño tamaño.

Tabla 2.10: Velocidades de captación.

Gases, vapores		5 a 6(*)
Humos	Humos de óxido de zinc y de aluminio.	7 a 10(*)
Polvos muy finos y ligeros	Felpas muy finas de algodón.	10 a 13
Polvos secos y pólvoras	Polvos finos de caucho, de baquelita; felpas de yute; polvos de algodón, de jabón.	13 a 18
Polvos industriales medios	Abrasivo de lijado en seco; polvos de amolar; polvos de yute, de grafito; corte de briquetas, polvos de arcilla, de calcáreo; embalaje o pesada de amianto en las industrias textiles.	18 a 20
Polvos pesados	Polvo de toneles de enarenado y desmoldeo, de chorreado, de escariado.	20 a 23
Polvos pesados o húmedos	Polvos de cemento húmedo, de corte de tubos de amianto-cemento, de cal viva.	>23
(*)Generalmente se adoptan velocidades de 10 m/s		o transporte neumático húmedo

Tabla 2.11: Gama de los valores mínimos de las velocidades de transporte de aire contaminado en las conducciones.

2.7.3. Principios de diseño de la captación

El rendimiento de una extracción localizada depende, en gran parte, del diseño del elemento de captación o campana. Se indican a continuación un conjunto de reglas para el diseño de los mismos:

Colocar los dispositivos de captado lo más cerca posible de la zona de emisión de los contaminantes

La eficacia de los dispositivos de aspiración disminuye muy rápidamente con la distancia. Así, por ejemplo si para captar un determinado contaminante a una distancia L se necesita un caudal de $100 \text{ m}^3/\text{h}$, si la distancia de captación es el doble ($2L$) se requiere un caudal cuatro veces superior al inicial para lograr el mismo efecto de aspiración de dicho contaminante (Fig. 2.9).

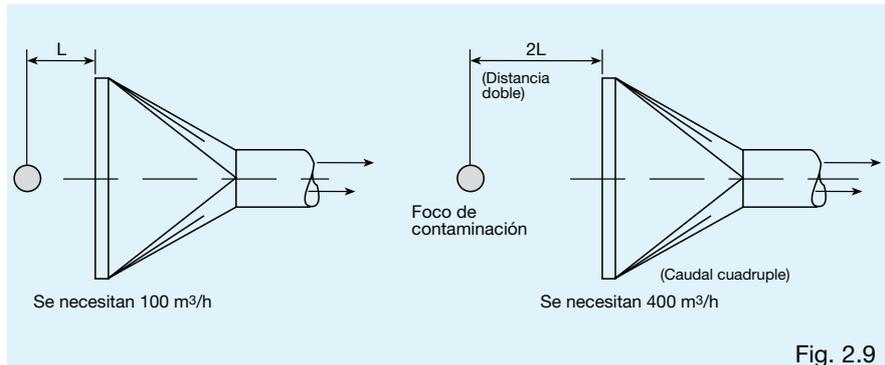


Fig. 2.9

Según lo anterior, la mejor situación de una campana extractora será la que consiga la mínima distancia entre aquella y el borde más alejado que emita gases o vapores (Fig. 2.10).

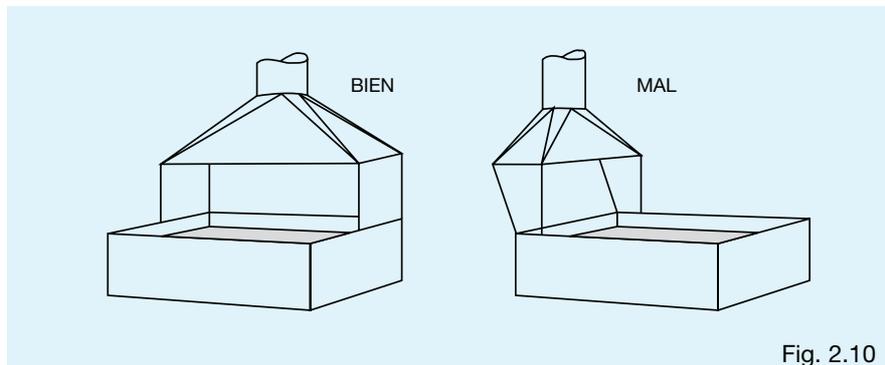


Fig. 2.10

Encerrar la operación tanto como sea posible

Cuanto más encerrado esté el foco contaminante, menor será la cantidad de aire necesario para evacuar los gases (Fig. 2.11).

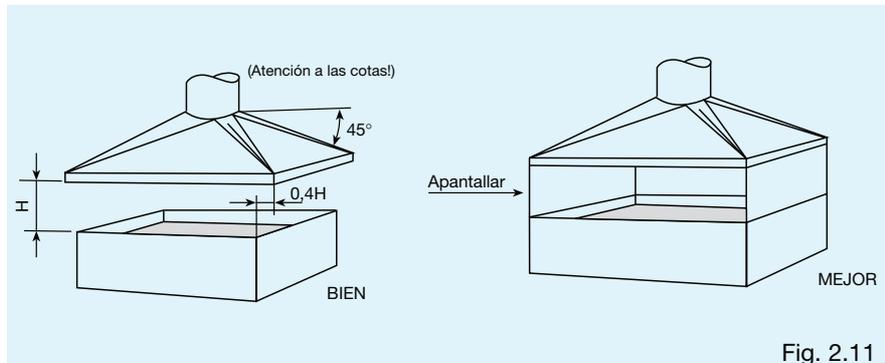


Fig. 2.11

Instalar el sistema de aspiración para que el operario no quede entre éste y la fuente de contaminación

Las vías respiratorias del trabajador jamás deben encontrarse en el trayecto del contaminante hacia el punto de aspiración (Fig. 2.12).

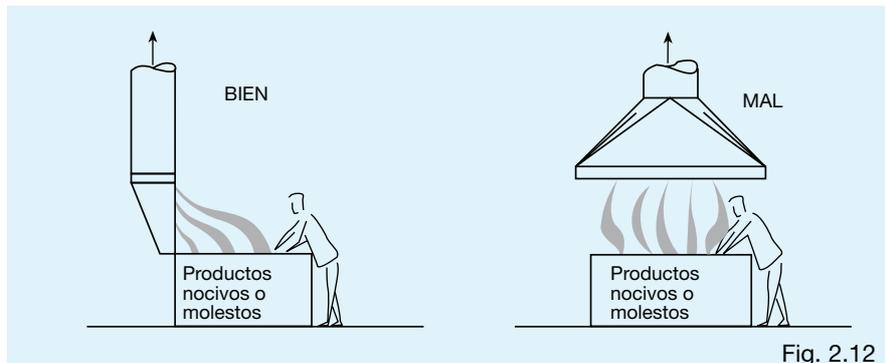


Fig. 2.12

Situar los sistemas de captado utilizando los movimientos naturales de las partículas

Se efectuará la extracción de manera que se utilicen las mismas fuerzas de inercia para ayudarnos en la captación de las partículas (Fig. 2.13).

Enmarcar las boquillas de extracción

Siempre que sea posible, enmarcar las boquillas de extracción reduce considerablemente el caudal de aire necesario (Fig. 2.14).

Si no se coloca el enmarcado, la boquilla o campana, además de extraer el aire que está frente a ella y que se supone que está contaminado, se aspira también aire de encima y de los lados con lo que se pierde eficacia. En una boquilla enmarcada la zona de influencia de la misma es mayor que si no se coloca este elemento, tal como se observa en la (Fig. 2.15.)

Repartir uniformemente la aspiración a nivel de la zona de captado

El caudal aspirado debe repartirse lo más uniformemente posible, de manera que se eviten las fugas de aire contaminado en aquellas zonas donde la velocidad de aspiración pudiese ser más débil. Fig.2.16.

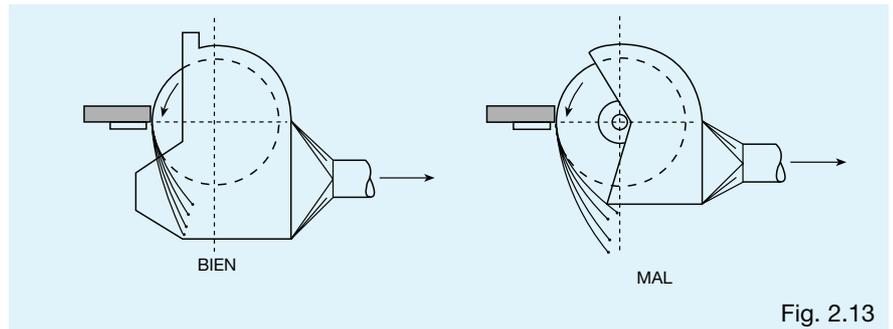


Fig. 2.13

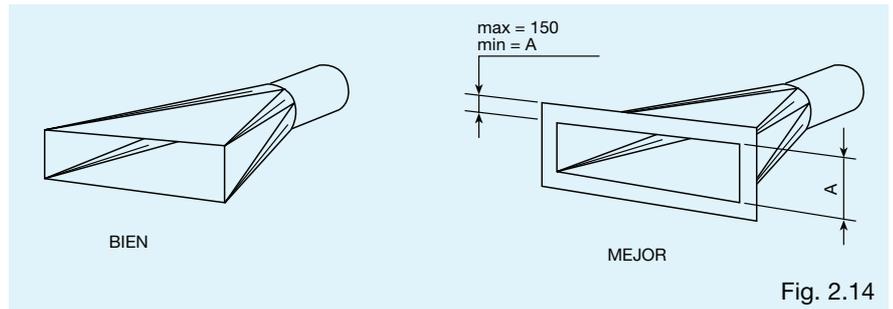


Fig. 2.14

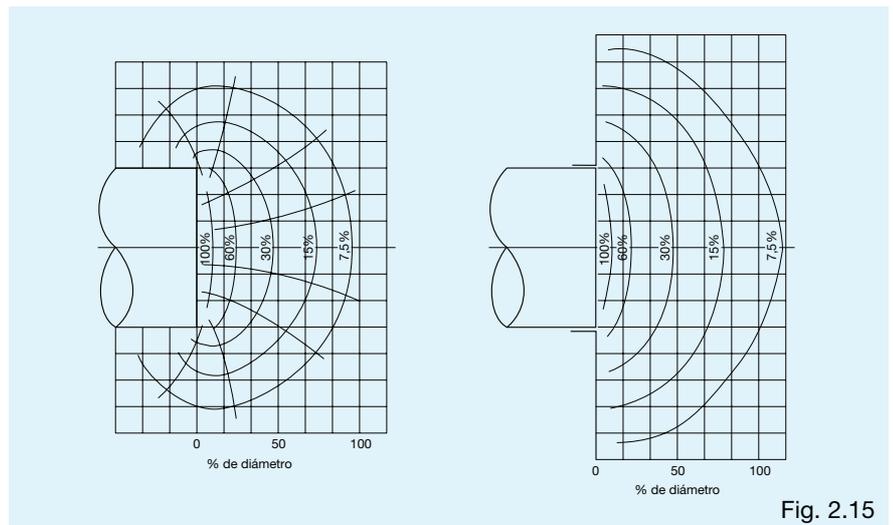


Fig. 2.15

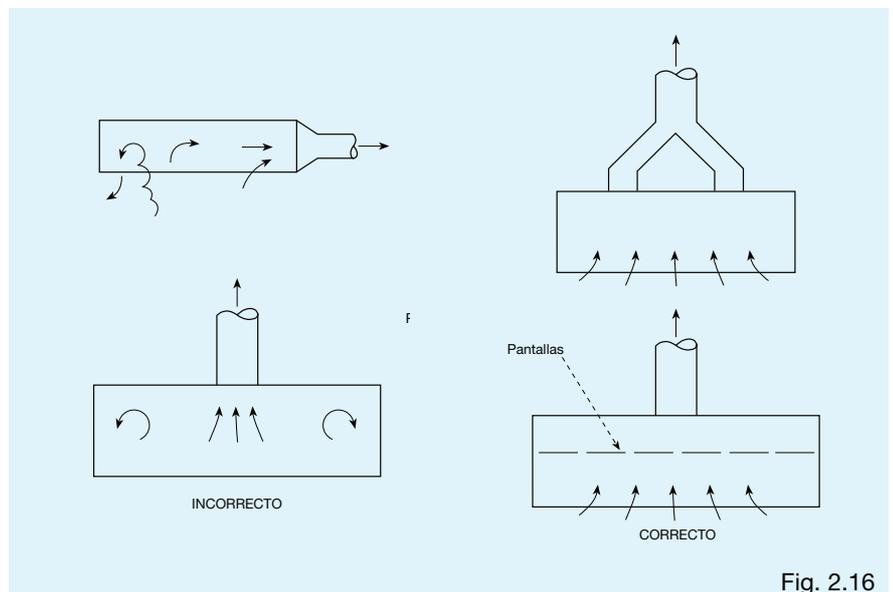
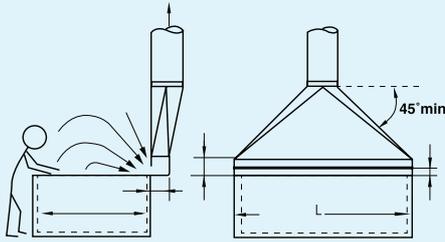


Fig. 2.16

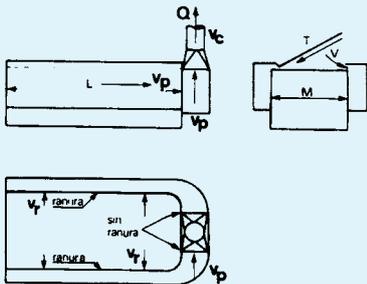
2.7.4. Casos de ventilación industrial localizada



TANQUES PARA RECUBRIMIENTOS ELECTROLÍTICOS

El caudal necesario:
 $Q(\text{m}^3/\text{h}) = KLM$
 $K = \text{de } 1.000 \text{ a } 10.000,$
 usualmente de 3.000 a 5.000
 $L, M \text{ en metros (m)}$

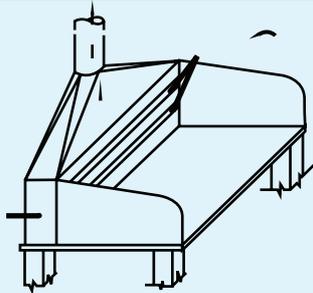
La velocidad de aire en la ranura:
 $v_r > 10 \text{ m/s}$
 Con esta captación se mantiene alejado el contaminante de la zona de respiración del operario.



DESENGRASADO CON DISOLVENTES

$Q(\text{m}^3/\text{h}) = 920 LM L, M (\text{m})$
 Velocidad máx. ranura $v_r = 5 \text{ m/s}$
 Vel. máx. plenum: $v_p = 2,5 \text{ m/s}$
 Vel. conducto $v_c = 12 \text{ a } 15 \text{ m/s}$
 Pérdidas entrada:
 $1,8 P_d \text{ ranura} = 0,25 P_d$

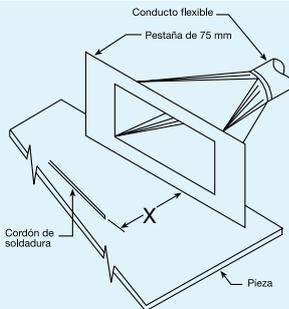
La tapa T debe cerrarse cuando no se usa. Debe preverse un conductor separado para la evacuación de los productos de la combustión, si los hubiere. Para el trabajo es necesario un suministro directo de aire para la respiración.



VENTILACIÓN PARA SOLDADURA SOBRE BANCO FIJO

$Q = 2.000 \text{ m}^3/\text{h}$ por m de campana.
 Longitud campana: La que requiera el trabajo a realizar.
 Ancho banco: 0,6 m máximo.
 Velocidad conducto: $v_c = 12 \text{ m/s}$
 Vel. en las ranuras: $v_r = 5 \text{ m/s}$

Pérdidas entrada:
 $= 1,8 P_d (\text{ranura}) = 0,25 P_d (\text{conducto})$
 Velocidad máxima de la cámara V igual a la mitad de la velocidad en las ranuras.



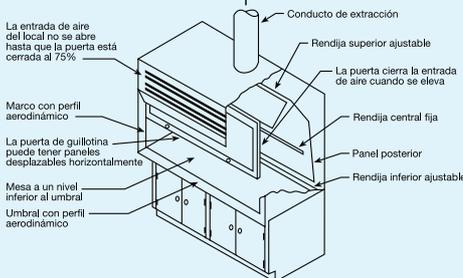
EXTRACCIÓN LOCALIZADA PORTÁTIL PARA SOLDADURA

CAMPANA MÓVIL

X, mm	Conducto simple o pieza cónica	
	m ³ /s	m ³ /s
Hasta 150	0,16	0,12
150-225	0,35	0,26
225-300	0,63	0,47

- Velocidad en la cara abierta = 7,5 m/s
- Velocidad en conducto = 15 m/s
- Pérdida en la entrada conducto simple = 0,93 PD_{conducto}
- Pérdida en la entrada con pantalla o cono = 0,25 PD_{conducto}

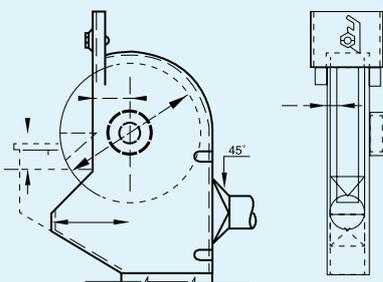
CABINA DE LABORATORIO



CABINA CON PUERTA DE GUILLOTINA Y MARCO DE PERFIL AERODINÁMICO

- $Q = 0,3 - 0,76 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}^2$ de superficie total abierta en función de la eficacia de la distribución del aire aportado al local
- Pérdida en la entrada = 0,5 PD
- Velocidad en conducto = 5 - 10 m/s según uso

Para velocidades mayores, prolongan la caperuza y colocar una plataforma de apoyo para piezas.



Diám. disco mm	Ancho mm	Velocidad amolado m/s			
		Menos 35		Más 35	
		Bien cerrada	Poco cerrada	Especial	Bien cerrada
hasta 125	25	375	375	375	650
125 a 250	38	375	500	650	1050
250 a 350	50	500	850	850	1250
350 a 400	50	650	1050	1050	1500
400 a 500	75	850	1250	1250	1750
500 a 600	100	1050	1500	1500	2050
600 a 750	125	1500	2000	2000	2650
750 a 900	150	2000	2650	2650	3350

CAPTACIÓN DE POLVOS CAMPANA PARA MUELA DE DISCO

- Caperuza bien cerrada = Máx. 25% disco descubierto.
- Vel. mín. $v_c = 23 \text{ m/s}$ raml
- $v = 18 \text{ m/s}$ cond. pral.
- Pérdida de entrada:
 $n = 0,65$ conex. recta
 $n = 0,40$ conex. cónica

2.7.5. Cocinas domésticas

Normativa

El CTE, es su apartado 3 Diseño. 3.1.1 Condiciones generales de los sistemas de ventilación. 3.1.1 Viviendas se indica

3 Las cocinas deben disponer de un sistema adicional específico de ventilación con extracción mecánica para los vapores y los contaminantes de la cocción. Para ello debe disponerse de un extractor conectado a un conducto de extracción independiente de los de la ventilación general de la vivienda que no puede utilizarse para la extracción de los locales de otro uso. Cuando este conducto sea compartido por varios extractores, cada uno de éstos debe estar dotado de una válvula automática que mantenga abierta su conexión con el conducto sólo cuando esté funcionando o de cualquier otro sistema antirevoco.

Las cocinas son un caso típico de aplicación de la ventilación localizada: captar el aire cargado de gases, humos, grasas y calor, encima mismo de los fogones donde se produce, filtrarlo y conducirlo hasta la descarga.

Diseño

El caudal de aire necesario que debe extraer la campana es el capaz de arrastrar y diluir los polucionantes desprendidos. Este caudal debe ser el mínimo posible por razones de economía de energía.

Es importante también conseguir un equilibrio entre el aire extraído de la cocina con el impulsado a ella a través de los locales adyacentes o directamente del exterior, de modo que la cocina quede en una ligera depresión. Se trata de evitar que el aire contaminado que no capte la campana se difunda por el piso, invadiendo con sus olores indeseables las otras estancias de la casa.

El aire necesario será tanto menor cuanto mejor la campana abrace, cubra de cerca, los focos de la producción contaminante. Una campana baja, es mucho mejor que una campana a una altura suficiente para permitir pasar la cabeza del cocinero/a.

Campanas compactas

Son campanas que llevan filtro, luz grupo de extracción y mandos, formando un conjunto listo para instalar. Pueden conectarse de manera que

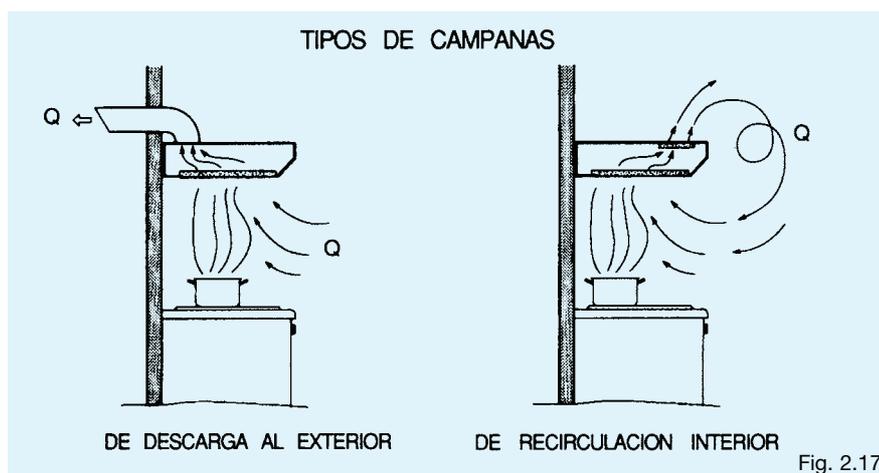


Fig. 2.17

TABLA ORIENTATIVA PARA LA ELECCIÓN DEL EXTRACTOR O CAMPANA DE COCINA MÁS ADECUADOS. COCINAS CON CAMPANAS ADOSADAS A LA PARED.

Longitud área de cocción (cota L)	Caudal aconsejado (m ³ /h)	Modelo de extractor SP según longitud del conducto de salida		
		0 a 5 m	5 a 15 m	más de 15 m
Hasta 60 cm	200-300	CK-25N TD-250 Campana de 60 cm con 1 motor	CK-35N CK-40 y CK-40F TD-350 Campana de 60 cm con 2 motores o motor tangencial	CK-40 y CK-40F CK-50 y ECO-500 TD-500 Campana de 60 cm con motor tangencial
Hasta 90 cm	300-600	CK-35N CK-40 y CK-40F CK-50 y ECO-500 TD-350, TD-500 Campana de 90 cm con 2 motores o motor tangencial	CK-40 y CK-40F CK-50 y ECO-500 CK-60F TD-500 Campana de 90 cm con 2 motores o motor tangencial	CK-50 y ECO-500 CK-60F TD-800 Campana de 90 cm con motor tangencial

Tabla 2.12

TABLA ORIENTATIVA PARA LA ELECCIÓN DEL EXTRACTOR O CAMPANA DE COCINA MÁS ADECUADOS. COCINAS CON CAMPANAS TIPO ISLA.

Longitud área de cocción (cota L)	Caudal aconsejado (m ³ /h)	Modelo de extractor S&P según longitud del conducto de salida		
		0 a 5 m	5 a 15 m	más de 15 m
Hasta 60 cm	300-450	CK-40 y CK-40F CK-50 y ECO-500 CK-50 TD-500 Campanas tipo Isla de 90 cm	CK-60F CKB-600 TD-500 Campanas tipo Isla de 90 cm	CKB-800 TD-800 Campanas tipo Isla de 90 cm
Hasta 90 cm	450-900	CK-50 y ECO-500 CK-60F TD-500 Campanas tipo Isla de 120 cm	CK-60F CKB-800 TD-800 Campanas tipo Isla de 120 cm	CKB-1200 TD-1000 Campanas tipo Isla de 120 cm

Tabla 2.13

descarguen el aire viciado al exterior mediante el conducto correspondiente, o bien para que recirculen el aire captado, y previa instalación de un filtro de carbono, en aquellas instalaciones que no dispongan de salida al exterior. Fig. 2.17.

Campanas vacías

Son las que tienen, propiamente dicho, la forma de campana y que

pueden alojar en su interior una masa de aire contaminado. Permiten instalar un extractor de aire de libre elección del usuario. Así pueden elegir entre diversos modelos de alta o baja presión, de caudal mayor o menor y de forma de sujeción a voluntad. En los catálogos de S&P existen modelos que pueden escogerse según el grado de aspiración que se desee. Para instalar dentro de la campana

pueden usarse extractores de las Series CK o CKB; para instalar en el conducto de descarga, fuera de la campana y antes del final, aparatos de la Serie TD-MIXVENT y, por último, para colocar al extremo del conducto, en el tejado, las Series TH-MIXVENT o MAX-TEMP.

Para las campanas adosadas a las paredes utilizadas en las cocinas domésticas, el caudal necesario para la extracción correcta de los humos viene dado en la tabla 2.12 dependiendo del valor de la anchura de la campana L.

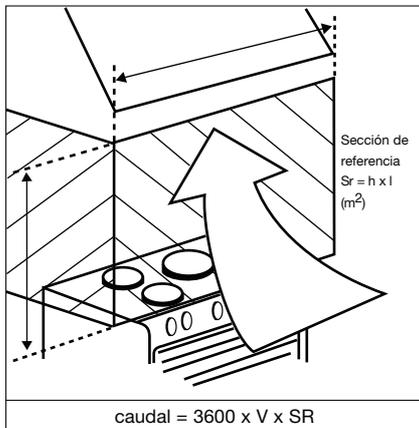
Para el caso de campanas tipo «isla», es decir con acceso a los fogones por los cuatro costados, el caudal de extracción debe escogerse según la tabla 2.13.

El caudal necesario depende de la anchura de la campana y la distancia entre la campana y la fuente.

En esta sección así definida, llamada sección de referencia, la velocidad de captación debe ser:

– cocina doméstica: 0,15 a 0,20 m/s

Cuando la campana es de tipo “isla”, es decir, no adosada a ninguna pared, hay que doblar este caudal.



2.7.6. Ventilación de cocinas industriales

Normativa

El CTE contempla en su documento **DB SI 1 Propagación interior** algunas de las condiciones que han de reunir este tipo de instalaciones.

Si bien no se define con claridad, se estima que una cocina se considera como industrial cuando su potencia calorífica instalada supera los 20 Kw, ya que a partir de esta potencia, conforme a la tabla **2.14 Clasificación de los locales y zonas de riesgo especial integrados en edificios**, se considera ya como de Riesgo bajo

Además;

Los sistemas de extracción de los humos de las cocinas deben cumplir las siguientes condiciones especiales:

- Las campanas deben estar separadas al menos 50 cm de cualquier material que no sea A1.

- Los conductos deben ser independientes de toda extracción o ventilación y exclusivos para cada cocina. Deben disponerse de registros para inspección y limpieza en los cambios de dirección

con ángulos mayores de 30° y cada 3m como máximo de tramo horizontal. Los conductos que discurran por el interior del edificio, así como los que discurran por fachadas a menos de 1,50 m de distancia de zonas de la misma que no sean al menos EI30 o de balcones, terrazas o huecos practicables tendrán una clasificación EI30.

- No deben existir compuertas cortafuegos en el interior de este tipo de conductos, por lo que su paso a través de elementos de compartimentación de sectores de incendio se debe resolver de la forma que se indica en el apartado 3 de esta sección.

- Los filtros deben estar separados de los focos de calor más de 1,20 m si son de tipo parrilla o a gas, y más de 0,50 m si son de otros tipos. Deben ser fácilmente accesibles y desmontables para su limpieza, tener una inclinación mayor que 45° y poseer una bandeja de recogida de grasas que conduzca éstas hasta un recipiente cerrado cuya capacidad debe ser menor que 3 l.

- Los ventiladores cumplirán las especificaciones de la norma UNE-EN 12101-3 2002 “Especificaciones para aireadores extractores de humos y calor mecánicos” y tendrán una clasificación F400 90.

Por otro lado, en España existe la norma UNE 100-165-92, de aplicación a cocinas de tipo comercial, que establece una serie de puntos de los que entresacamos los siguientes:

Tabla 2.14 Clasificación de los locales y zonas de riesgo especial integrados en edificios

Uso previsto del edificio o establecimiento	Tamaño del local o zona		
	S = superficie construida V = volumen construido		
	Riesgo bajo	Riesgo medio	Riesgo alto
Cocinas según potencia instalada P ⁽¹⁾ /2)	20<P≤30kW	30<P≤50kW	P>50kW

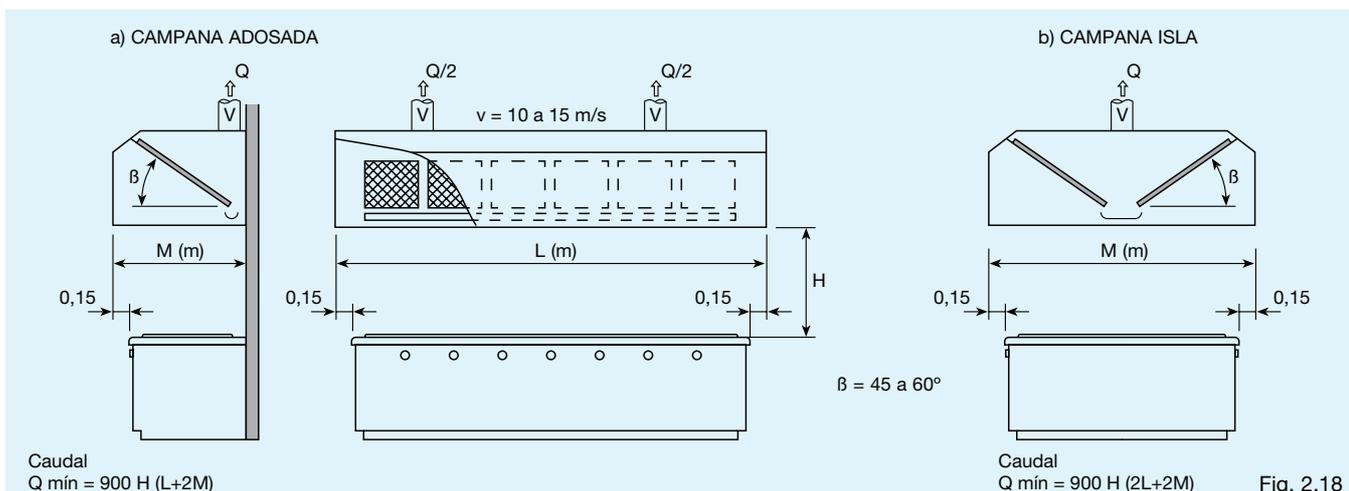


Fig. 2.18

El borde de la campana estará a 2 m sobre el nivel del suelo (salvando justo la cabeza del cocinero) y sobresaldrá 0.15 m por sus lados accesibles de la planta de cocción.

Los filtros metálicos de retención de grasas y aceites tendrán una eficacia mínima del 90%. Estarán inclinados de 45° a 60° sobre la horizontal y la velocidad de paso del aire será de 0,8 a 1,2 m/s con pérdidas de carga de 10/40 Pa a filtro limpio/sucio.

La ventilación general de la cocina debe ser de 10 l/s·m².

La depresión de la cocina respecto a locales adyacentes no debe ser superior a 5 Pa.

La temperatura del aire exterior a introducir en las cocinas no debe ser inferior a 14°C en invierno y superior a 28°C en verano.

Otros aspectos de la norma contemplan materiales y el diseño de conductos de descarga y la necesaria facilidad de inspección y mantenimiento.

Cálculo práctico del caudal

La norma UNE citada anteriormente da unas fórmulas para proceder al cálculo del caudal necesario para una correcta evacuación de los humos y vapores generados. Sin embargo, de forma genérica se vienen utilizando las fórmulas indicadas en la fig. 2.18.a para campanas adosadas a la pared con tres lados abiertos; y en la fig. 2.18.b para campanas tipo isla, de cuatro costados abiertos.

En todo caso el caudal no será inferior a una velocidad de paso de 0.25 m/s en la superficie tendida entre el borde de la campana y el plano de cocción en todo su perímetro abierto.

Filtros

Los filtros, que actúan además como paneles de condensación de vapores, deberán ser preferiblemente metálicos, compuestos de varias capas de mallas con densidades crecientes para retener mejor las grasas en suspensión.

La superficie total debe calcularse:

$$S \text{ [m}^2\text{]} = \frac{Q}{4.000}$$

(resultando velocidad de aire de aprox. 1 m/s) siendo conveniente repartirla entre dos o más paneles, fácilmente extraíbles y de dimensiones aptas para ser colocados en lavavajillas y someterlos a un lavado cómodo con agua caliente y detergentes.

El borde inferior de los filtros debe evacuar a un canalón recogedor de condensaciones y líquidos grasos, que pueda ser fácilmente vaciable o ser conducido a un depósito a propósito. La norma dice que este depósito no debe ser superior a 3 litros de capacidad.

Campanas

Las cocinas industriales de restaurantes, hoteles, hospitales, fábricas, etc... mueven grandes masas de aire para poder controlar los contaminantes y por ello tiene mucha mayor importancia su diseño y cálculo.

Si las consideramos simples, o sea, que su caudal sea tomado del interior de la cocina y expulsado al exterior, prescindiendo del ahorro de energía de calefacción, uso frecuente en países de clima benigno con operaciones a ventanas abiertas, el cálculo, según las dimensiones indicadas en los dibujos, se contiene en cada tipo de la fig. 2.18. Se desaconsejan totalmente las campanas de recirculación, para aplicaciones industriales.

En zonas con épocas invernales frías, las campanas de cocina industriales deben diseñarse siempre con aportación de aire primario exterior para evitar perder gran cantidad de aire ya calentado. Por otra parte resultan también intolerables las corrientes de aire frío que inciden por la espalda a los cocineros ocupados en su labor debajo de las campanas.

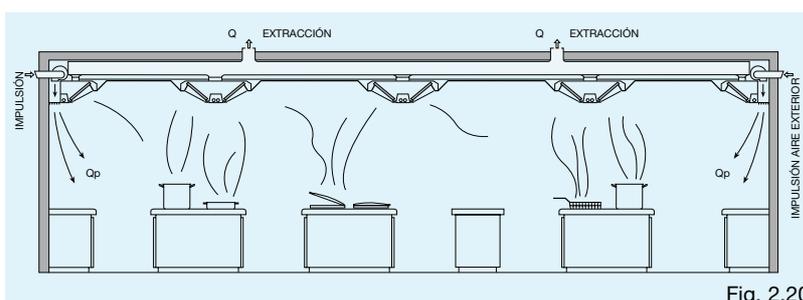
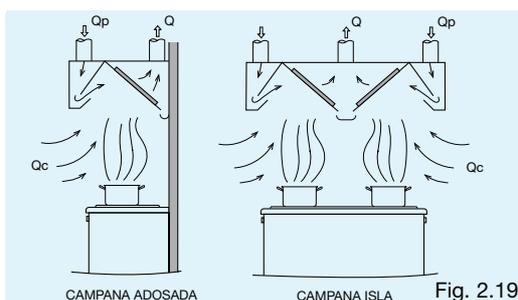
Un esquema muy corriente de campana con aportación de aire primario exterior es el de la fig. 2.19.

El caudal de aire primario Q_p puede ser regulado por medio de compuertas accionables a mano, permitiendo en todo momento decidir la proporción idónea de la mezcla a extraer. Existen muchas variantes de campanas en el mercado que resuelven el problema de forma original, muchas veces protegida por patentes.

En grandes cocinas todo el techo del local está tratado como si fuera una campana de extracción continua.

Combinan las entradas de aire primario con los caudales de extracción, el control de las condensaciones y líquidos grasos y los puntos de iluminación. Son sistemas de extracción que permiten cocinar en cualquier punto del local y repartir los fogones, las freidoras, los hornos, etc... sin tener en cuenta su ubicación más que por la logística del trabajo y no por situar los cocinados debajo de las áreas de extracción, ya que todo el techo es aspiración.

El dibujo de la fig. 2.20 ilustra un sistema de este tipo.





CONDUCTOS CIRCULARES RECTILÍNEOS PÉRDIDA DE CARGA POR ROZAMIENTO DEL AIRE

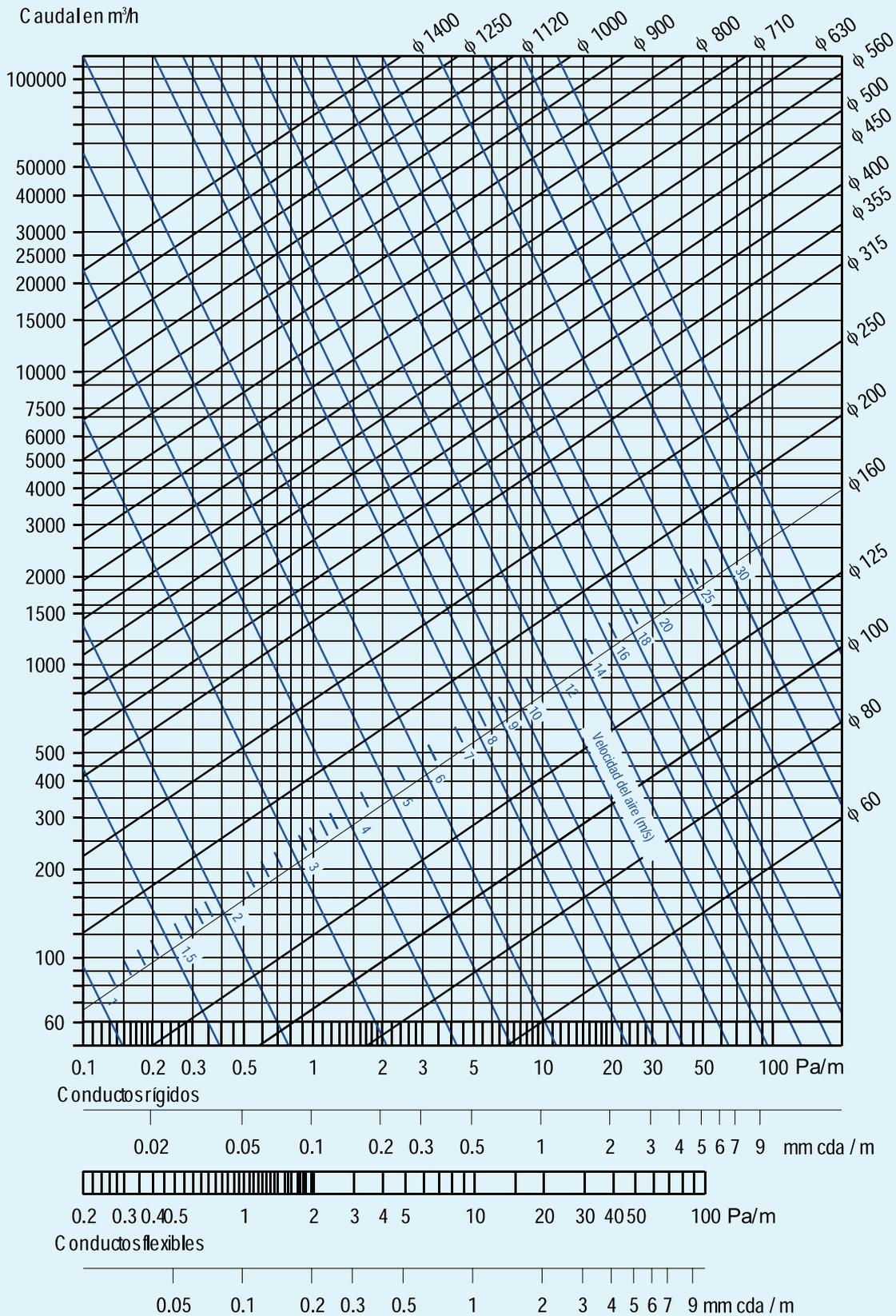


Fig. 3.1