

Ciarrapico Aerotécnica S.A.

+120 AÑOS INNOVANDO EN LA INDUSTRIA DEL AIRE

MATERIAL FORMATIVO PARA PROYECTISTAS

Apuntes Prácticos para Diseño de Ventilación

Fundamentos, cálculo de caudales y presiones, casos de aplicación

CONTENIDO

AP-01 Fundamentos de la ventilación
AP-02 Pérdida de carga en conductos
AP-03 El ventilador y la instalación
AP-04 Cálculo del caudal de ventilación
AP-05 Ventilación de depósitos y naves
AP-06 Ventilación de oficinas
AP-07 Ventilación de baños y sanitarios
AP-08 Cocinas domésticas
AP-09 Cocinas comerciales
AP-10 Presurización de escaleras
AP-11 Ventilación de estacionamientos · Guía Serie JF (sitio web)
AP-12 Extracción de baños en torres con montante

La mejor manera de decir Ventiladores Industriales

Parque Industrial Buen Ayre · Gral. Martín de Gainza 801, Moreno (1664), Buenos Aires

Tel. 0237-4691901 · aerotecnica@ciarrapico.com.ar · www.ciarrapico.com.ar

Edición 1 · Noviembre 2026

APUNTE · AP-01

Fundamentos de la ventilación

AIRE, CAUDAL, PRESIONES Y SISTEMAS DE VENTILACIÓN

Este apunte reúne los conceptos básicos que se usan en todas las demás: qué es el caudal, cómo se relacionan velocidad y presión, qué mide cada tipo de presión y qué sistemas de ventilación existen. Dominar estas nociones es la base para calcular cualquier instalación.

1. ¿Para qué ventilamos?

Ventilar es sustituir de forma controlada el aire de un local por aire exterior (o aire tratado) para mantener condiciones aceptables de salubridad, confort y seguridad. Según el caso, el objetivo principal será uno o varios de los siguientes:

- **Calidad del aire:** diluir CO_2, olores, humedad y contaminantes que generan las personas y los procesos.
- **Control térmico:** evacuar el calor que aportan la cubierta, la iluminación, las máquinas o los procesos.
- **Captación en el foco:** retirar humos y grasas de cocción, gases o polvo antes de que se dispersen en el local.
- **Seguridad:** evacuar gases de combustión (CO) o humos de incendio y mantener libres de humo las vías de evacuación.

2. El aire como fluido

En ventilación el aire se trata como un fluido incompresible: las presiones en juego son muy pequeñas frente a la atmosférica (100 Pa equivalen a menos del 0,1 % de la presión atmosférica). La densidad de referencia que usan los catálogos de ventiladores es **ρ = 1,2 kg/m³** (aire estándar de ensayo: 20 °C y 101.325 Pa, según AMCA / ISO 5801). No debe confundirse con la atmósfera estándar internacional (ISA) que se usa en aeronáutica, definida a 15 °C, cuya densidad es 1,225 kg/m³. La densidad disminuye al aumentar la temperatura y la altitud:

$$\rho = 1{,}293 \cdot 273 / (273 + t) \cdot p / 101.325 \ [kg/m^3]$$

t: temperatura del aire [°C] · p: presión atmosférica del lugar [Pa] · 1,293 kg/m³ es la densidad a 0 °C, que la fórmula toma como base

Temperatura [°C]	0	20	40	70	100	200
ρ a nivel del mar [kg/m³]	1,293	1,205	1,128	1,029	0,946	0,746
Altitud [m]	0	500	1.000	1.500	2.000	3.000
ρ a 20 °C [kg/m³]	1,200	1,131	1,064	1,001	0,941	0,830

Recuerde

Un ventilador mueve siempre el mismo **volumen** de aire (m³/h) a una velocidad dada, pero la presión que desarrolla y la potencia que absorbe son proporcionales a la densidad. Con aire más caliente que el ambiente (por ejemplo, en la extracción de cocinas) o en altura, el ventilador da menos presión que la indicada en un catálogo referido a 1,2 kg/m³: corrija la curva multiplicando la presión por ρ/1,2.

3. Caudal

El caudal es el volumen de aire que atraviesa una sección por unidad de tiempo. Si el aire circula a una velocidad media *v* por una sección *A*:

$$Q = v \cdot A$$

$$Q \ [m^3/h] = 3.600 \cdot v \ [m/s] \cdot A \ [m^2]$$

3.600 es el factor de conversión de segundos a horas (3.600 s/h), no una velocidad

Ejemplo: un conducto Ø250 mm tiene una sección A = π · 0,25² / 4 = 0,049 m². A 5 m/s transporta Q = 3.600 · 5 · 0,049 = **884 m³/h**.

Unidad	m³/h	m³/s	l/s	CFM
1 m³/h	1	0,000278	0,278	0,589
1 m³/s	3.600	1	1.000	2.119
1 l/s	3,6	0,001	1	2,119
1 CFM (ft³/min)	1,699	0,000472	0,472	1

4. Presión estática, dinámica y total

El aire en movimiento dentro de un conducto tiene dos formas de energía por unidad de volumen, que se expresan como presiones (en pascales, Pa):

- **Presión estática (Pe):** la que ejerce el aire en todas direcciones sobre las paredes del conducto. Es positiva en la impulsión (por encima de la atmosférica) y negativa en la aspiración. Es la presión que «empuja» al aire a través de las resistencias de la instalación.
- **Presión dinámica (Pd):** la que corresponde a la velocidad del aire. Es siempre positiva y actúa en el sentido del flujo.
- **Presión total (Pt):** la suma de ambas. Es la energía que el ventilador entrega al aire y que se va perdiendo a lo largo del recorrido.

$$Pd = \rho \cdot v^2 / 2 \approx 0{,}6 \cdot v^2 \ [Pa]$$

$$Pt = Pe + Pd$$

v en m/s · ρ = 1,2 kg/m³

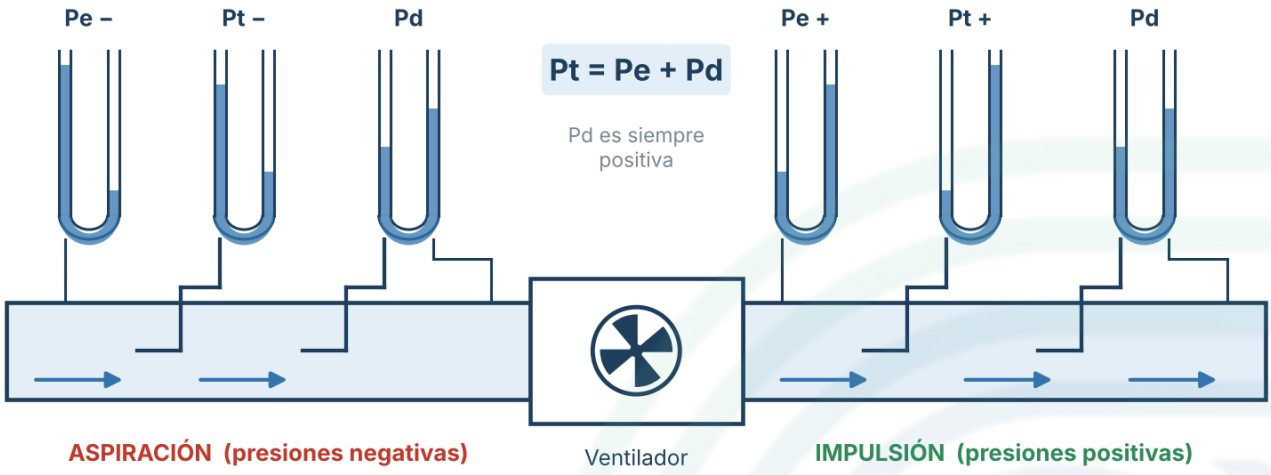


Fig. 1 – Medición de presiones con manómetros de tubo en U. La toma a ras de pared mide la presión estática; el tubo de Pitot, enfrentado al flujo, mide la total; la diferencia entre ambos es la dinámica.

v [m/s]	2	3	4	5	6	8	10	12	15
Pd [Pa]	2,4	5,4	9,6	15,0	21,6	38,4	60,0	86,4	135,0

Otras unidades de presión que aparecen en catálogos y planos: 1 mmca (milímetro de columna de agua) = 9,81 Pa · 1 mbar = 100 Pa · 1 inH_2O = 249 Pa.

5. Sistemas de ventilación

Según cómo se trate el contaminante, la ventilación puede ser **general** (por dilución: se renueva el aire de todo el local) o **localizada** (por captación: se aspira el contaminante en el punto donde se genera, como en una campana de cocina). La localizada es siempre más eficaz y necesita menos caudal cuando el foco está bien definido.

Según el balance de caudales, el local queda en depresión, en sobrepresión o equilibrado:

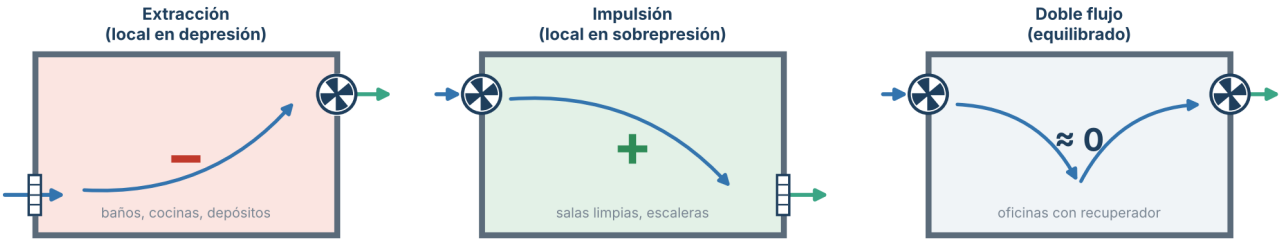


Fig. 2 – Ventilación por extracción, por impulsión y de doble flujo.

- **Extracción (depresión):** el aire entra por aberturas desde zonas limpias y sale mecánicamente. Impide que olores o contaminantes pasen a los locales vecinos. Es el esquema de baños, cocinas y depósitos.
- **Impulsión (sobrepresión):** el aire se introduce mecánicamente y sale por aberturas. Impide la entrada de aire de zonas vecinas y permite filtrar el aire de entrada. Se usa en salas limpias y en la presurización de escaleras.
- **Doble flujo (equilibrado):** impulsión y extracción mecánicas. Permite controlar el balance y recuperar energía del aire extraído. Es el esquema recomendado en oficinas y aulas.

6. Recorrido del aire en el local

Un caudal bien calculado no sirve si el aire no recorre la zona ocupada. Las entradas y las salidas deben ubicarse de modo que el aire barra todo el local, en lugar de ir directamente de una abertura a la otra.

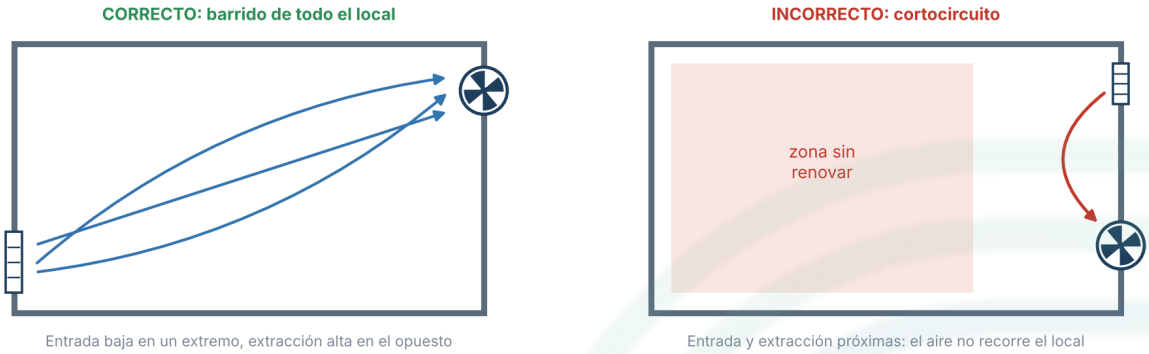


Fig. 3 – Barrido correcto frente a cortocircuito.

- Ubique la entrada y la salida en lados opuestos del local.
- Extraiga en la parte alta cuando el contaminante es calor, vapor o humo; en la parte baja cuando se trata de gases o vapores más pesados que el aire.
- El foco contaminante debe quedar entre el ocupante y la extracción, nunca al revés.
- Evite que las tomas de aire exterior queden cerca de descargas de extracción u otras fuentes de contaminación.

> **Regla de oro**
>
> Toda extracción necesita una entrada de aire de igual caudal. Si no se la prevé, el aire entrará por donde pueda (rendijas, otros conductos, incluso los conductos de evacuación de artefactos a gas) y el caudal real será bastante menor que el calculado.

APUNTE · AP-02

Pérdida de carga en conductos

ROZAMIENTO, ACCIDENTES Y DIMENSIONADO DE REDES

Para que el aire circule por una instalación, el ventilador debe vencer la resistencia de conductos, accesorios y terminales. Este apunte explica cómo calcular esa resistencia —la pérdida de carga— y cómo dimensionar una red de conductos.

1. Concepto

Al circular por un conducto, el aire pierde presión por el rozamiento con las paredes y por los cambios de dirección o de sección. La suma de esas pérdidas, más la de los elementos intercalados (rejillas, filtros, persianas), es la presión que debe aportar el ventilador para mover el caudal deseado.

$$\Delta P_{total} = \Sigma \Delta P_{rozamiento} + \Sigma \Delta P_{accidentes} + \Sigma \Delta P_{elementos}$$

2. Pérdida por rozamiento

Se calcula con la expresión de Darcy-Weisbach, donde λ es el coeficiente de fricción, que depende de la rugosidad del conducto y del régimen del flujo (en conductos de chapa vale, en general, entre 0,018 y 0,025):

$$\Delta P_r = \lambda \cdot (L / D) \cdot \rho \cdot v^2 / 2$$

En la práctica se utiliza un ábaco que da directamente la pérdida por metro de conducto (Pa/m) en función del caudal y del diámetro. La pérdida del tramo es esa pérdida unitaria multiplicada por su longitud.

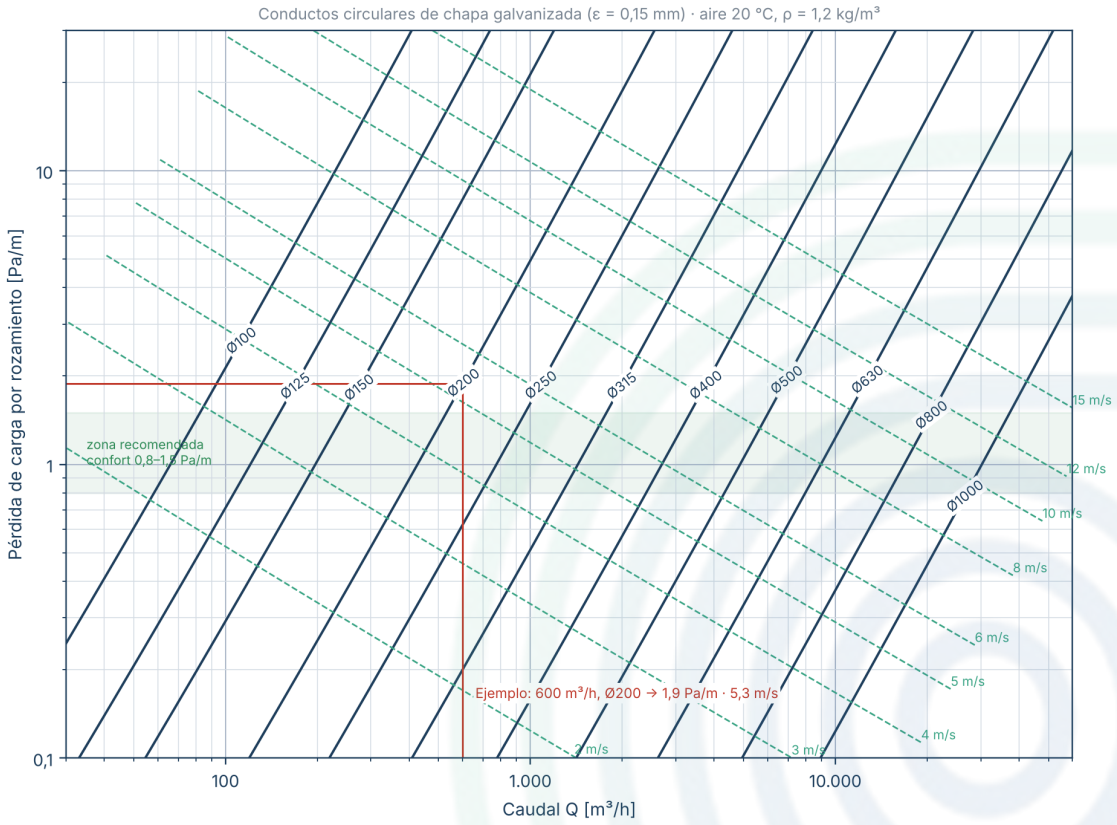


Fig. 4 – Ábaco de pérdida de carga por rozamiento en conductos circulares de chapa galvanizada. Líneas llenas: diámetro [mm]; líneas de trazos: velocidad.

Otros materiales

El ábaco corresponde a chapa galvanizada. Para conducto flexible corrugado, multiplique la pérdida por 2 a 3 si está bien extendido, y por bastante más si queda comprimido o con curvas cerradas. Para conductos lisos de PVC puede tomarse un 10 % menos.

3. Conductos rectangulares

Para usar el ábaco con un conducto rectangular de lados *a* × *b* se calcula su diámetro equivalente: el diámetro de un conducto circular que, con el mismo caudal, tiene la misma pérdida por rozamiento.

$$D_e = 1{,}30 \cdot (a \cdot b)^{0{,}625} / (a + b)^{0{,}25}$$

a × b [mm]	300×200	400×200	400×300	500×300	600×300	600×400	800×400	1000×500
D_e [mm]	266	305	378	420	457	533	609	762

Atención: la velocidad real se calcula con la sección real (a · b), no con la del diámetro equivalente. Conviene que la relación entre lados no supere 4:1; los conductos muy aplastados pierden más y son más ruidosos.

4. Velocidades recomendadas

La velocidad elegida es un compromiso: a mayor velocidad, conductos más chicos y económicos, pero mayor pérdida de carga (crece con v^2) y más ruido.

Aplicación	Conducto principal [m/s]	Ramales [m/s]	Rejillas y difusores (frontal) [m/s]
Viviendas, baños	3 – 4	2 – 3	1,5 – 2
Oficinas, comercios	4 – 6	3 – 4	2 – 3
Depósitos, industria general	6 – 10	4 – 6	3 – 4
Cocina comercial (arrastre de grasas)	7 – 10	—	filtros 1,5 – 2,5
Tomas y descargas exteriores (paso libre)	—	—	≤ 2,5 (≤ 2 con persiana antilluvia)

5. Pérdidas en accidentes

Codos, derivaciones, entradas, salidas y transformaciones producen una pérdida proporcional a la presión dinámica en el conducto, a través de un coeficiente K propio de cada accidente:

$$\Delta P_{acc} = K \cdot Pd = K \cdot 0{,}6 \cdot v^2 \ [Pa]$$

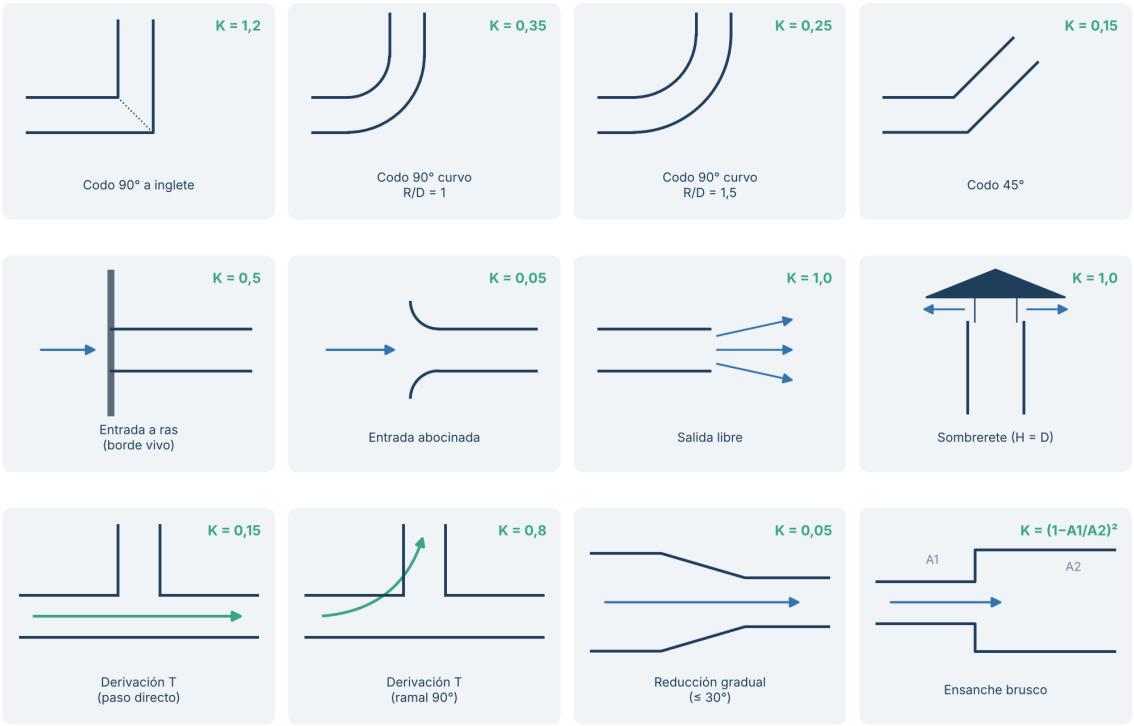


Fig. 5 – Coeficientes K orientativos, referidos a la velocidad en el conducto. Para valores precisos consulte ASHRAE Fundamentals o los datos del fabricante del accesorio.

Para rejillas, difusores, filtros, persianas, compuertas y silenciadores se toma la pérdida que indica el catálogo para el tamaño y el caudal elegidos. Valores habituales de referencia:

Elemento	ΔP típica [Pa]	Elemento	ΔP típica [Pa]
Rejilla de extracción	10 – 25	Clapeta antirretorno	10 – 20
Difusor de impulsión	15 – 30	Filtro G4 (limpio → saturado)	50 → 150
Persiana exterior antilluvia	10 – 30	Filtro F7 (limpio → saturado)	80 → 250
Boca de extracción regulable	15 – 30	Filtro de laberinto (cocina)	40 – 80

6. Ejemplo resuelto: extracción con conducto

Se extraen **600 m³/h** de un local mediante un conducto de chapa **Ø200 mm** de **15 m** de longitud total, con una rejilla interior, dos codos de 90° de radio R/D = 1,5 y un sombrerete de salida.

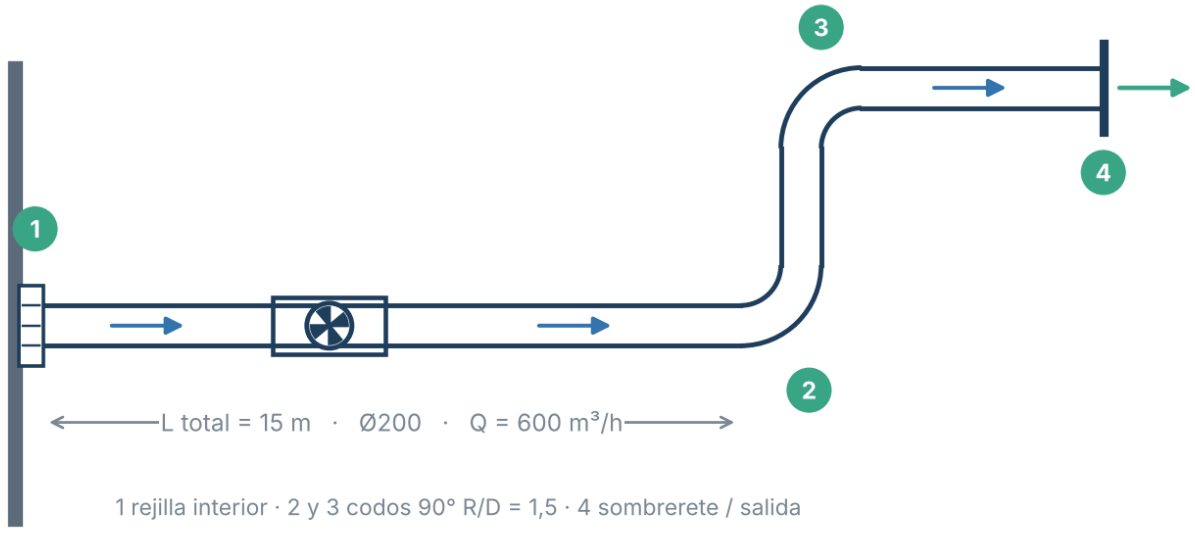


Fig. 6 – Esquema del ejemplo.

Paso	Cálculo	Resultado
Velocidad	v = 600 / (3.600 · π · 0,2² / 4)	5,31 m/s
Presión dinámica	Pd = 0,6 · 5,31²	16,9 Pa
Rozamiento	1,89 Pa/m (ábaco) · 15 m	28,3 Pa
Accidentes	ΣK = 2 · 0,25 + 1,0 = 1,5 → 1,5 · 16,9	25,3 Pa
Rejilla interior	dato de catálogo	20 Pa
Pérdida total		**73,6 Pa**

Se selecciona un ventilador capaz de dar 600 m³/h a unos **75 – 80 Pa** de presión estática. Observe que el sombrerete, por sí solo, pierde casi tanto como los 15 m de conducto: elegir bien los terminales es tan importante como dimensionar el conducto.



Selección con equipos Ciarrapico

- Para este ejemplo (600 m³/h – 74 Pa) es adecuado el ventilador helicocentrífugo en línea **HCA 200** (Ø200, 220 V).
- En **velocidad baja** su curva corta la del sistema en **≈ 612 m³/h a 77 Pa**; en velocidad alta llegaría a ≈ 715 m³/h (ver AP-03).
- Se intercala en cualquier punto del conducto, horizontal o vertical; el cuerpo motor se desmonta para limpieza sin desconectar los conductos.

7. Redes con ramales: método de pérdida de carga constante

Es el método más usado para redes de ventilación y aire acondicionado de baja velocidad:

- **Fijar la pérdida unitaria** de diseño: 0,8 – 1,2 Pa/m en instalaciones de confort; 1,5 – 2 Pa/m en industriales.
- **Dimensionar cada tramo:** con su caudal, leer en el ábaco el diámetro que da esa pérdida y redondear al diámetro comercial.
- **Calcular el recorrido más desfavorable** (normalmente el más largo o el de más accidentes): su pérdida total es la presión que debe dar el ventilador.
- **Equilibrar** los ramales más favorables con compuertas o con el regulador de las rejillas, para que cada boca entregue su caudal.

En el apunte AP-06 se desarrolla un ejemplo completo con este método.

APUNTE · AP-03

El ventilador y la instalación

TIPOS, CURVAS, PUNTO DE TRABAJO Y REGULACIÓN

El ventilador es el corazón de la instalación, pero su caudal real depende de la red a la que se conecta. Este apunte explica cómo leer una curva característica, cómo encontrar el punto de trabajo y qué errores de instalación reducen el rendimiento.

1. Tipos de ventiladores

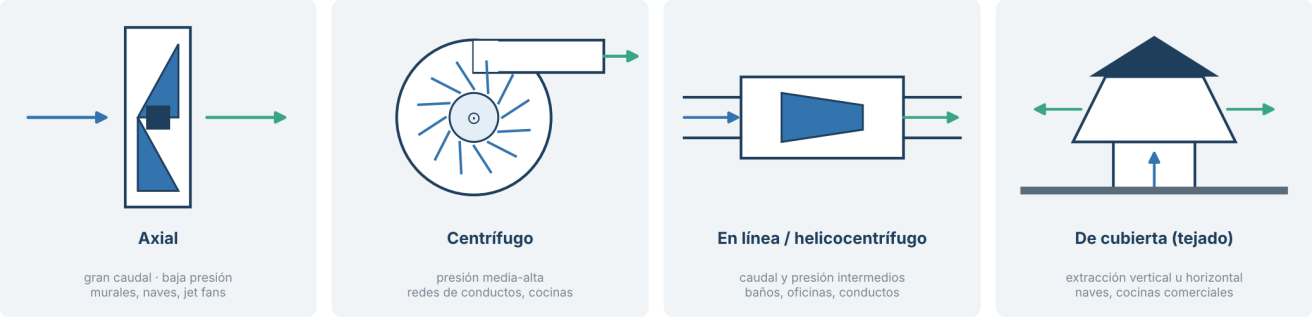


Fig. 7 – Principales tipos de ventiladores para ventilación de edificios.

Tipo	Caudal	Presión	Aplicaciones típicas
Axial (mural, tubular)	Alto	Baja (hasta ~150–300 Pa)	Extracción mural en naves y depósitos, extracción sin conducto o con conducto corto
Centrífugo (caja, voluta)	Medio a alto	Media a alta	Redes de conductos largas, cocinas comerciales, equipos de tratamiento de aire
En línea / helicocentrífugo	Bajo a medio	Media	Baños, oficinas, extracción intercalada en conducto
De cubierta	Medio a alto	Baja a media	Extracción de naves, cocinas comerciales

2. La curva característica

Cada ventilador, a una velocidad de giro dada, puede entregar distintos caudales según la presión que deba vencer: la relación entre ambos es su **curva característica** (presión en función del caudal), que el fabricante obtiene en ensayo normalizado. Los catálogos suelen acompañarla con las curvas de potencia absorbida, rendimiento y nivel sonoro.

Conviene seleccionar el ventilador para que trabaje cerca de su zona de máximo rendimiento. En los ventiladores axiales debe evitarse la zona de inestabilidad (la «joroba» de la curva a bajo caudal), donde el funcionamiento es ruidoso e irregular.

Curvas de ventiladores con motor EC

En un ventilador con motor EC la velocidad no está fijada por la frecuencia de la red: se ajusta en forma continua con una señal de control. Por eso las hojas técnicas de estos equipos —como las que genera el Selector de Ventiladores Ciarrapico— grafican **dos curvas**:

- **Curva de operación:** la del ventilador a la velocidad necesaria para pasar exactamente por el punto de operación seleccionado (caudal y presión de proyecto).
- **Curva de velocidad máxima:** la del mismo modelo a su velocidad máxima. Muestra hasta dónde puede llegar el ventilador por encima del punto teórico.

La zona comprendida entre ambas curvas es el **margen de regulación**: la salvaguarda que el equipo le da al proyectista si la instalación real resulta más exigente que la calculada —pérdidas subestimadas, filtros sucios, modificaciones en obra— o si se necesita más caudal. En lugar de cambiar el ventilador, basta con aumentar su velocidad.

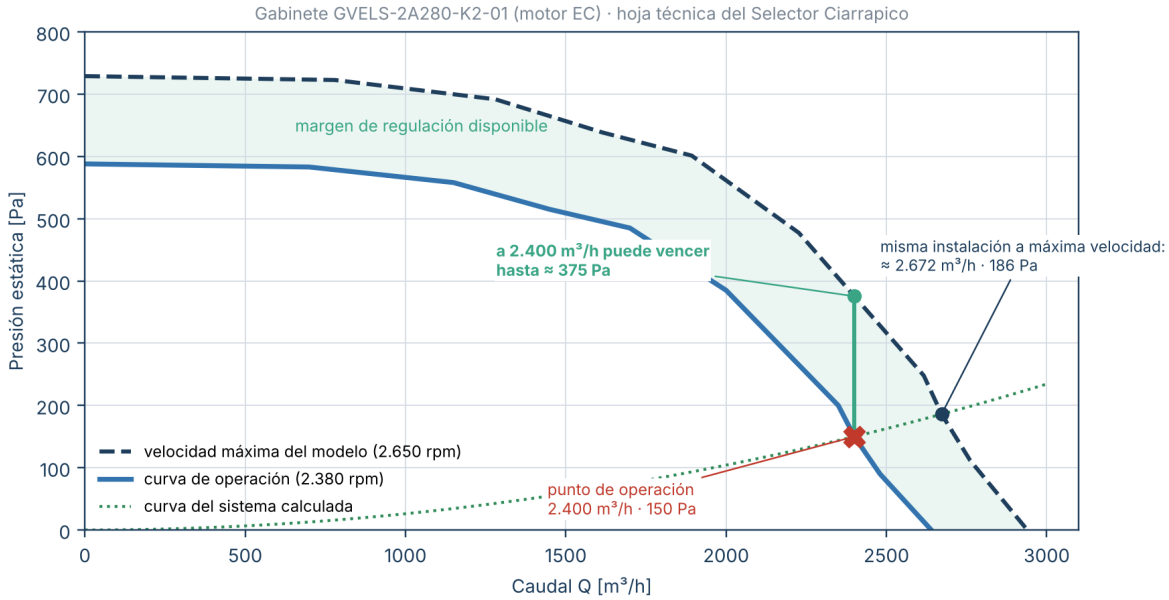


Fig. 8 – Curvas de operación y de velocidad máxima de un gabinete GVEL con motor EC, a partir de la hoja técnica del Selector Ciarrapico.

Dato de la hoja técnica (GVELS-2A280-K2-01)	Valor
Punto de operación	2.400 m³/h · 150 Pa
Velocidad de operación / máxima	2.380 / 2.650 rpm (relación 0,898)
Potencia en el punto / potencia máxima	290 W / 400 W
Presión que puede vencer a 2.400 m³/h (curva máxima)	≈ 375 Pa (2,5 veces la de proyecto)
Caudal a velocidad máxima en la misma instalación	≈ 2.670 m³/h (+11 %)

Cómo leerlo: si las pérdidas reales fueran mayores que los 150 Pa calculados, el ventilador podría seguir entregando los 2.400 m³/h con hasta ≈ 375 Pa de contrapresión, solo aumentando su velocidad. Un margen amplio entre ambas curvas indica una selección robusta; si la curva de operación casi coincide con la de velocidad máxima, el ventilador queda «al límite» y conviene elegir un tamaño mayor.

3. La curva del sistema

En régimen turbulento —el normal en ventilación— la pérdida de carga de una instalación crece con el cuadrado del caudal. Conocida la pérdida ΔP_1 para un caudal Q_1, la de cualquier otro caudal es:

$$\Delta P = k \cdot Q^2 \rightarrow \Delta P_2 = \Delta P_1 \cdot (Q_2 / Q_1)^2$$

Ejemplo: la instalación del apunte AP-02 pierde 74 Pa con 600 m³/h. Si se quisiera extraer 800 m³/h por el mismo conducto, perdería $74 \cdot (800/600)^2$ = **132 Pa**: un 33 % más de caudal exige un 78 % más de presión.

4. El punto de trabajo

El ventilador instalado funciona en la intersección de su curva con la curva del sistema. Si la red real tiene más pérdidas que las calculadas, el punto se desplaza hacia la izquierda y el caudal cae; si tiene menos, el caudal aumenta (y con él la potencia absorbida, lo que puede sobrecargar el motor en algunos tipos de ventilador).

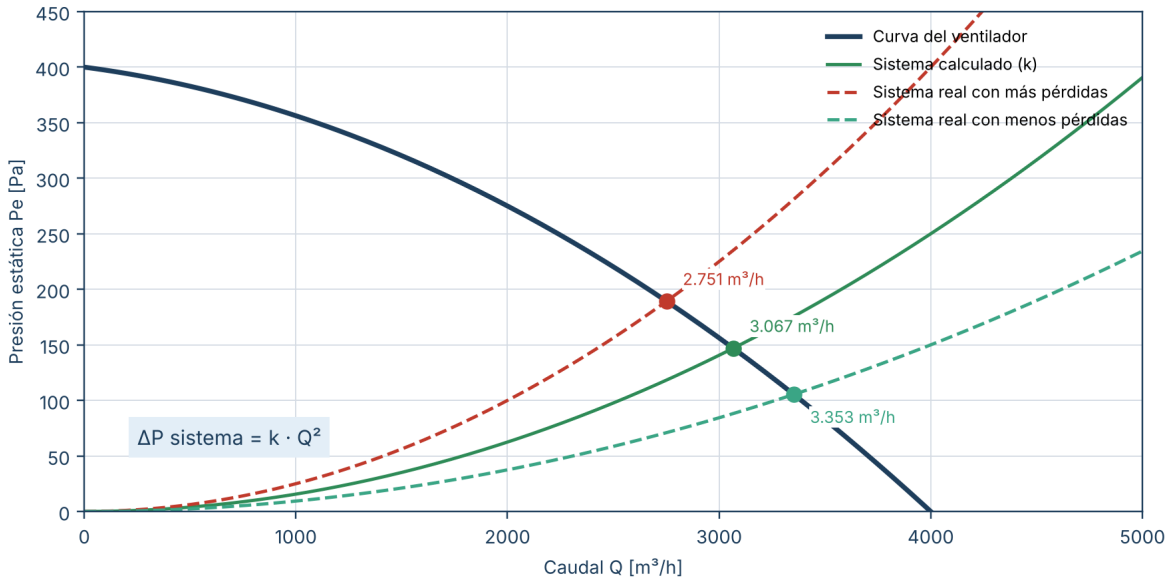


Fig. 9 – Punto de trabajo: intersección entre la curva del ventilador y la del sistema, y efecto de un cálculo de pérdidas erróneo.

Criterio práctico de selección

Los catálogos suelen presentar la curva en **presión estática**. Compare con ella la suma de pérdidas calculada; si incluyó la pérdida de salida (K = 1), el resultado queda del lado de la seguridad. Aplique un margen moderado (10 – 15 % en presión) para cubrir incertidumbres y el ensuciamiento de filtros. Un margen excesivo lleva a ventiladores sobredimensionados, ruidosos y con exceso de caudal.

Ejemplo con curvas reales de catálogo

La Fig. siguiente superpone las curvas de catálogo del ventilador en línea Ciarrapico **HCA 200** con la curva del sistema del ejemplo del apunte AP-02 (74 Pa a 600 m³/h). En velocidad baja el punto de trabajo queda muy cerca del caudal de cálculo; en velocidad alta el caudal aumenta un 17 %. Disponer de dos velocidades —o de regulación continua— permite ajustar el caudal real al de proyecto.

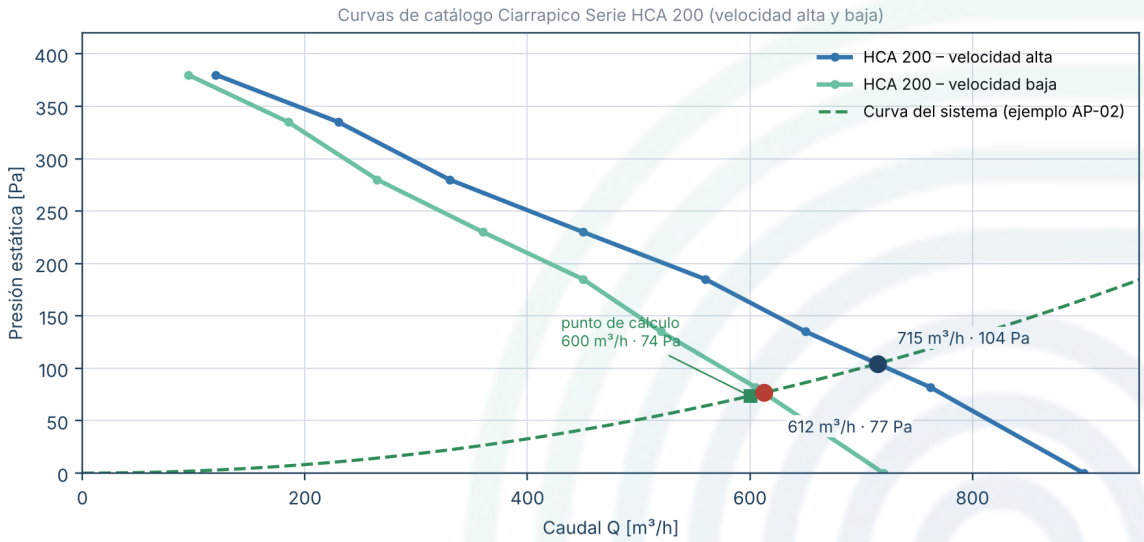


Fig. 10 – Punto de trabajo del HCA 200 en la instalación del ejemplo del apunte AP-02.

5. Regulación y leyes de semejanza

Al variar la velocidad de giro *n* de un ventilador, sobre la misma instalación, el caudal, la presión y la potencia cambian según las leyes de semejanza:

$$Q_2/Q_1 = n_2/n_1 \; P_2/P_1 = (n_2/n_1)^2 \; W_2/W_1 = (n_2/n_1)^3$$

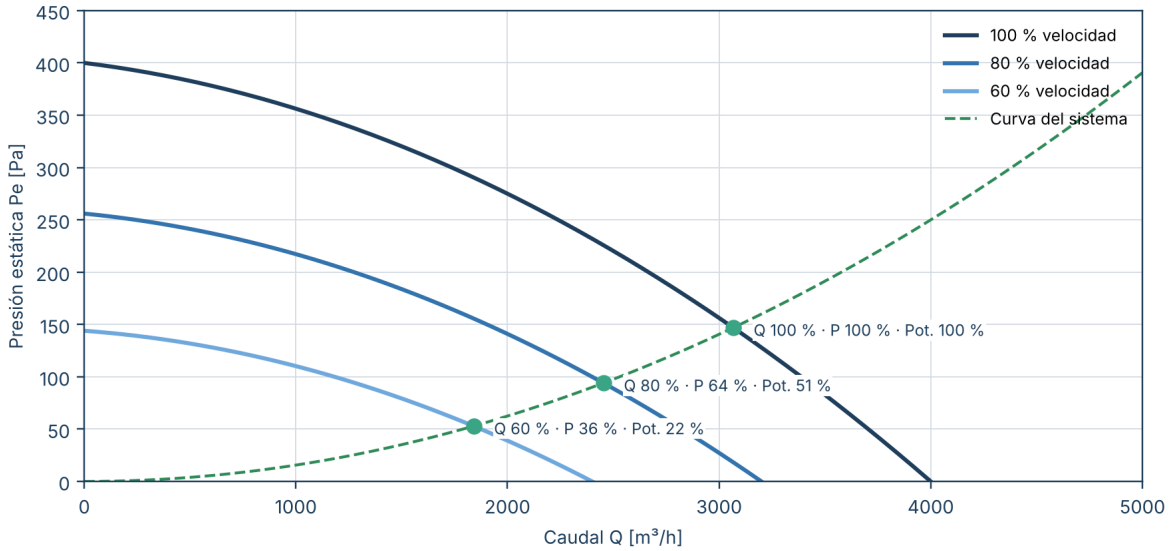


Fig. 11 – Efecto de la reducción de velocidad: al 80 % de velocidad el caudal es el 80 % y la potencia, solo el 51 %.

Esta relación cúbica es la razón por la que regular la velocidad ahorra tanta energía. Los **ventiladores con motor EC** (conmutación electrónica) permiten regulación continua de 0 a 100 % mediante señal 0–10 V o comunicación Modbus, mantienen un alto rendimiento a carga parcial y se combinan fácilmente con sensores de CO_2, humedad, temperatura o presión para ventilar según la demanda real.



Línea Inverter Ciarrapico

- **Plenum Fans EC Series Romulus y Achelous** (Seemtek, representada en exclusiva por Ciarrapico en Argentina y el Cono Sur): ventiladores plenum de alto rendimiento para equipos y gabinetes.
- **Serie AATEC** (extractor centrífugo de azotea, versiones hongo y copa) · **Serie GVEL** (gabinete ventilador en línea) · **Serie GI** (gabinetes de inyección con filtro).
- **Controlador Inteligente SCL26**: regulación por rango horario o por sensores de caudal, CO_2, temperatura u otros.
- Motores EC con protecciones incorporadas contra sobrecarga, variaciones de tensión y falta de fase; según Ciarrapico, ahorros de hasta un 40 % de consumo y sin transmisiones por correa.

6. Efecto de la instalación

Las curvas de catálogo se obtienen con conexiones ideales. Un codo, una transformación brusca o una compuerta pegados a la boca del ventilador distorsionan el flujo y reducen el caudal real, aunque la red esté bien calculada.



Fig. 12 – Conexión a la aspiración del ventilador.

- Deje un tramo recto de al menos **2,5 diámetros** en la descarga y evite codos en la aspiración a menos de 1 – 2 diámetros de la boca.
- Use transformaciones graduales (ángulo total ≤ 30°) para pasar de la boca del ventilador a la sección del conducto.

- Intercale conexiones flexibles antivibratorias para que el ventilador no transmita vibraciones a la red.
- Prevea acceso para mantenimiento y limpieza.

7. Procedimiento general de selección

- Calcular el caudal necesario (apunte AP-04 y apuntes de aplicación).
- Trazar la red y dimensionar conductos y terminales (AP-02).
- Calcular la pérdida de carga del recorrido más desfavorable.
- Seleccionar el ventilador cuyo punto de trabajo cubra caudal y presión, cerca de su máximo rendimiento.
- Verificar nivel sonoro, potencia y consumo, temperatura del aire transportado, tensión de alimentación y necesidad de regulación.

Programa de Selección Ciarrapico

Ciarrapico desarrolló el primer software argentino de selección de ventiladores. Con el caudal y la presión calculados según estos apuntes, el programa identifica el modelo y la velocidad adecuados y entrega las curvas del punto de trabajo. El equipo técnico de la empresa asesora en la selección: aerotecnica@ciarrapico.com.ar · 0237-4691901.

APUNTE · AP-04

Cálculo del caudal de ventilación

MÉTODOS DE CÁLCULO Y CRITERIOS DE ADOPCIÓN

El caudal es el dato de partida de toda instalación. Existen varios métodos, cada uno adecuado a un tipo de problema. Lo correcto es aplicar los que correspondan, verificar la normativa exigible y adoptar el valor más exigente.

1. Método de las renovaciones por hora

Es el método más simple: se fija cuántas veces por hora debe renovarse el volumen del local, según su uso.

$$Q = V \cdot N \ [m^3/h]$$

V: volumen del local [m³] · N: renovaciones por hora [1/h]

Tipo de local	N [1/h]	Tipo de local	N [1/h]
Oficinas y despachos	4 – 6	Baños de vivienda	6 – 10
Salas de reuniones	6 – 10	Baños públicos	10 – 15
Aulas	4 – 6	Vestuarios con duchas	10 – 15
Comercios y locales de venta	4 – 8	Cocinas domésticas (ambiente)	10 – 15
Restaurantes (salón)	8 – 12	Cocinas comerciales (ambiente)	15 – 30
Bares y cafeterías	10 – 12	Lavaderos y lavanderías	20 – 30
Depósitos generales	4 – 6	Salas de máquinas y tableros	10 – 20
Depósitos con carga térmica	6 – 10	Talleres mecánicos	6 – 10

Los valores de la tabla son orientativos y de uso habitual. El método no tiene en cuenta la ocupación real ni las fuentes de calor o contaminantes, por lo que debe usarse como verificación o en locales sin una carga dominante clara. En cocinas, la cifra del ambiente no reemplaza el cálculo de la campana.

2. Método del caudal por ocupante

Cuando el contaminante principal lo generan las personas (CO_2, olores), el caudal se calcula en función de la ocupación. En ámbitos laborales de la República Argentina rige el **Decreto 351/79** (reglamentario de la Ley 19.587, Capítulo 11), que fija el caudal mínimo de aire por persona según el volumen disponible por ocupante:

Cubaje del local por persona [m³/persona]	3	6	9	12	15
Personas sentadas [m³/h · persona]	43	29	21	15	12
Actividad moderada [m³/h · persona]	65	43	31	23	18

Se calcula el cubaje por persona (volumen del local / número máximo de ocupantes por turno). Si cae entre dos valores, se toma la fila de menor cubaje, que es la más exigente; si supera 15 m³/persona, se usa la última fila.

Como referencia internacional, la norma **ASHRAE 62.1** calcula el aire exterior sumando un término por persona (R_p) y uno por superficie (R_a), que tiene en cuenta las emisiones del propio edificio:

$$Q = R_p \cdot N_{personas} + R_a \cdot A_{local}$$

Uso (ASHRAE 62.1)	R_p [l/s · persona]	R_a [l/s · m²]	Densidad típica [personas/100 m²]
Oficinas	2,5	0,3	5
Salas de reuniones	2,5	0,3	50
Aulas (alumnos de 9 años o más)	5,0	0,6	35
Comercio, salón de ventas	3,8	0,6	15
Restaurante (salón)	3,8	0,9	70

3. Método por carga térmica

Cuando el objetivo es evacuar calor (depósitos con cubierta metálica, salas de tableros, salas de máquinas), el caudal se obtiene del balance térmico: el aire entra a la temperatura exterior T_e y sale a $T_i = T_e + \Delta T$, llevándose la potencia P.

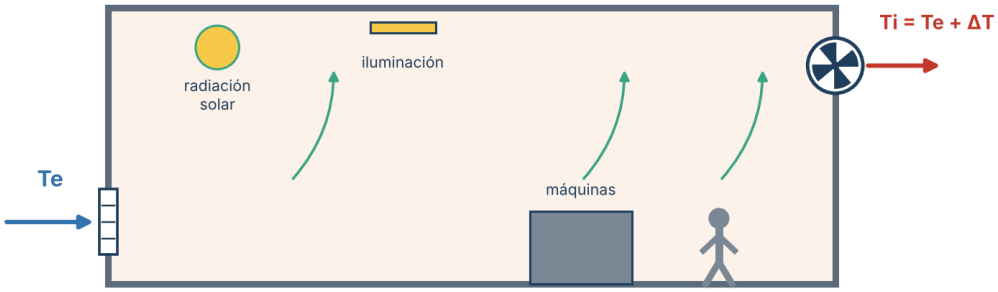


Fig. 13 – Balance térmico de un local ventilado.

$$Q = 3.600 \cdot P / (\rho \cdot c_p \cdot \Delta T) \approx 3 \cdot P / \Delta T$$

Q [m³/h] · P: potencia térmica a evacuar [W] · ΔT: salto admisible interior–exterior [°C] · c_p = 1.005 J/kg°C

Ejemplo: una sala de tableros disipa 3 kW y se admite que el interior esté 5 °C por encima del exterior: Q = 3 · 3.000 / 5 = **1.800 m³/h**.

Límite de la ventilación

La ventilación solo puede llevar el local a una temperatura algo superior a la exterior. Si en verano el aire exterior está a 35 °C, no es posible mantener 25 °C ventilando: en ese caso hace falta refrigeración. Elija ΔT de forma realista (habitualmente entre 3 y 8 °C).

4. Método por dilución de un contaminante

Si se conoce la emisión G de un contaminante y la concentración admisible C_i, el caudal necesario para mantenerla en régimen permanente es:

$$Q = G / (C_i - C_e)$$

G: emisión [m³/h] · C_i, C_e: concentración admisible interior y concentración del aire exterior [m³/m³]

El caso más habitual es el CO_2 que exhalan las personas. Una persona sedentaria emite unos 18 l/h; para mantener 1.000 ppm con aire exterior a 420 ppm hacen falta Q = 0,018 / (0,00058) ≈ **31 m³/h por persona**, que es el origen de la cifra de 30 m³/h · persona usada a menudo como criterio de confort.

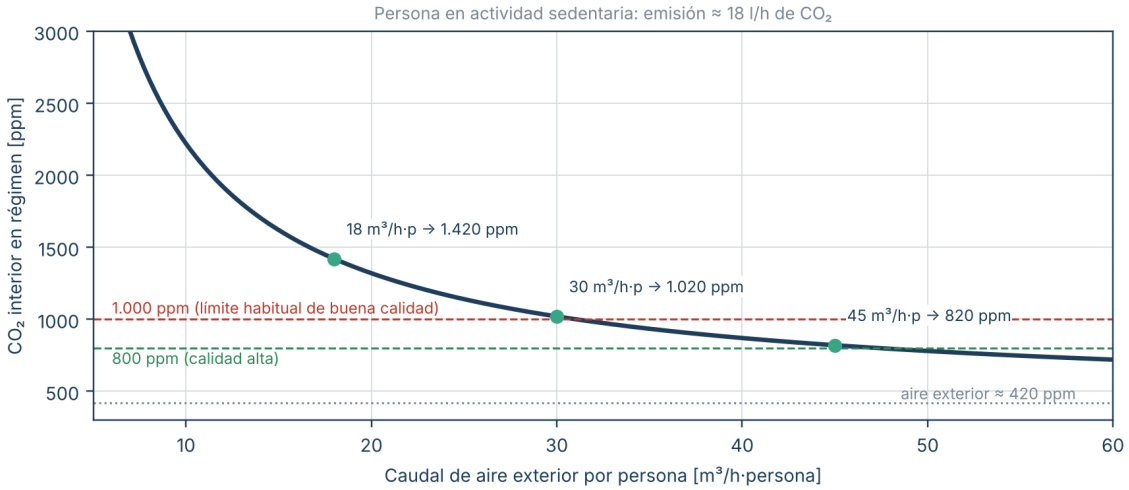


Fig. 14 – Concentración de CO_2 interior en régimen en función del caudal de aire exterior por persona.

Para contaminantes tóxicos (gases de proceso, solventes, humos de soldadura) la dilución no es el método adecuado: debe captarse el contaminante en su origen con ventilación localizada y verificarse los límites de exposición de la normativa de higiene y seguridad.

5. Criterio de adopción

Local	Métodos a aplicar	Apunte
Depósitos y naves	Renovaciones + carga térmica (+ Decreto 351/79 si hay personal)	AP-05
Oficinas	Caudal por ocupante (Decreto 351/79, ASHRAE 62.1) + verificación de CO_2	AP-06
Baños y sanitarios	Caudal por artefacto + renovaciones	AP-07
Cocinas domésticas	Captación en campana + verificación de renovaciones	AP-08
Cocinas comerciales	Captación en campana (tres métodos) + aire de reposición	AP-09

Normativa

Prevalece siempre la exigencia más alta entre: el Decreto 351/79 (ámbitos laborales), el código de edificación del municipio (por ejemplo, el de la Ciudad de Buenos Aires), las ordenanzas locales y, donde haya artefactos a gas, las disposiciones de ENARGAS (NAG-200) sobre ventilación de ambientes. Los valores de esta serie son orientativos y no reemplazan la verificación normativa de cada proyecto.

APUNTE · AP-05

Ventilación de depósitos y naves

GRANDES VOLÚMENES, CARGA TÉRMICA Y ESTRATIFICACIÓN

En depósitos y naves la ocupación suele ser baja y el problema dominante es el calor que entra por la cubierta. Este apunte muestra cómo calcular el caudal, cómo distribuir extractores y entradas de aire y cómo dimensionar las aberturas.

1. Particularidades

- **Gran volumen y baja ocupación:** el caudal por persona rara vez es determinante.
- **Carga térmica de la cubierta:** una cubierta de chapa sin aislación, con sol pleno, puede aportar más de 100 W/m²; con aislación de unos 50 mm el aporte se reduce a valores del orden de 20 – 40 W/m². Conviene estimarlo con un balance térmico.
- **Estratificación:** el aire caliente se acumula bajo la cubierta. Extraer en la parte alta aprovecha ese efecto; introducir el aire fresco en la parte baja lo lleva a la zona ocupada.
- **Autoelevadores y procesos:** los autoelevadores a combustión generan CO y requieren un cálculo específico de dilución; el almacenamiento de solventes, pinturas o gases inflamables exige un estudio particular (atmósferas explosivas), fuera del alcance de este apunte.

2. Criterios de caudal

Se calcula el caudal por renovaciones (4 – 6 por hora sin carga térmica relevante; 6 – 10 con cubierta caliente o procesos) y se verifica por carga térmica. Si hay personal permanente, se verifica además el mínimo del Decreto 351/79. Se adopta el mayor.

3. Disposiciones recomendadas

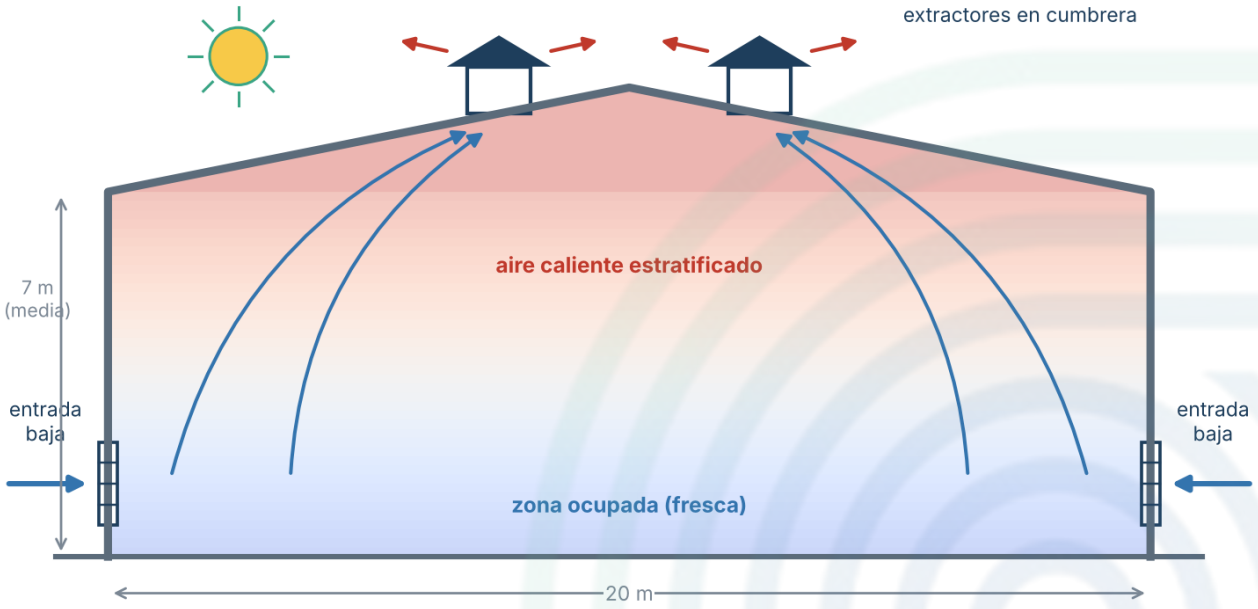


Fig. 15 – Sección de una nave con extractores de cubierta en la cumbrera y entradas de aire bajas en ambas fachadas.

- **Extractores de cubierta + entradas bajas:** la solución más eficaz para naves con carga térmica. Reparta los extractores de forma uniforme a lo largo de la cumbrera.
- **Extractores murales en una fachada + entradas en la opuesta:** adecuada para naves de poca profundidad (orientativamente, hasta unos 25 – 30 m). Coloque los extractores altos y las entradas bajas.

- **Impulsión mecánica + extracción:** cuando el aire de entrada debe filtrarse o el local tiene que quedar en sobrepresión (depósitos con polvo exterior, productos sensibles).

Las aberturas de entrada se dimensionan para una velocidad de paso baja, que no genere corrientes molestas ni pérdidas importantes:

$$A_{libre} = Q / (3.600 \cdot v) \quad A_{bruta} = A_{libre} / c$$

v ≤ 2 m/s (≤ 1,5 m/s si hay puestos de trabajo cerca de las tomas) · c: coeficiente de área libre de la persiana (0,4 – 0,6; dato del fabricante)

Atención a los portones

Un portón abierto cerca de un extractor crea un cortocircuito: el aire entra por el portón y sale por el extractor más próximo, sin barrer la nave. Prevea las entradas de aire de modo que la ventilación funcione con los portones cerrados.

4. Ejemplo resuelto

Depósito de **40 × 20 m** con altura media de **7 m**, cubierta de chapa con aislación, iluminación de 5 W/m² y personal reducido. Se busca una temperatura interior no mayor que la exterior + 4 °C.

Paso	Cálculo	Resultado
Volumen	40 · 20 · 7	5.600 m³
Por renovaciones	5.600 m³ · 6 ren/h	33.600 m³/h
Carga térmica	800 m² · (40 W/m² cubierta + 5 W/m² iluminación)	36 kW
Por carga térmica	3.600 · 36.000 / (1,2 · 1.005 · 4)	26.866 m³/h
Caudal adoptado	el mayor de ambos	33.600 m³/h
Extractores	4 extractores de cubierta	8.400 m³/h c/u
Área libre de entrada	33.600 / (3.600 · 2,0 m/s)	4,67 m²
Área bruta de persianas	coeficiente de área libre 0,5	9,3 m² → 10 persianas de 1,0 × 1,0 m
Pérdida en la entrada	K ≈ 3 (persiana) · 0,6 · 2,0²	≈ 7 Pa

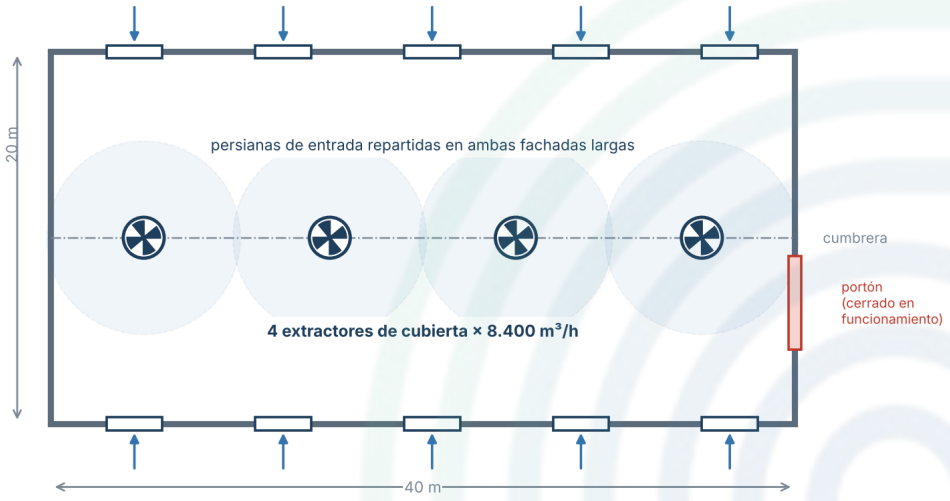
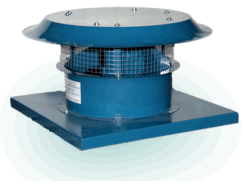


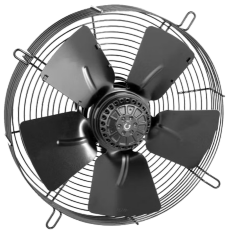
Fig. 16 – Planta del ejemplo: cuatro extractores en la cumbrera y persianas de entrada repartidas en ambas fachadas largas.

Sin conductos, la pérdida de carga del sistema es pequeña: la de las persianas de entrada más la persiana de sobrepresión del propio extractor. Se seleccionan **4 extractores de cubierta de 8.400 m³/h a 30 – 50 Pa** de presión estática. Con motores EC o regulación de velocidad, en invierno o en días frescos el caudal puede reducirse, con el consiguiente ahorro de energía.



Selección con equipos Ciarrapico

- **Opción A – cubierta (esquema del ejemplo):** extractor axial de techo **Arreglo H** (tipo hongo) o extractor centrífugo de azotea **Serie AATEC** versión hongo, con motor EC regulable.
- 4 unidades de 8.400 m³/h a ~40 Pa. El tamaño se define con el Programa de Selección Ciarrapico.



Alternativa con extractores murales Ciarrapico

- **Opción B – extractores murales** (nave de 20 m de profundidad, entradas en la fachada opuesta): 4 × **EN 600** (24", 4 polos, 685 W).
- Entrega ≈ 10.400 m³/h a 40 Pa (11.100 m³/h a descarga libre): cubre el caudal con un margen del orden del 20 %.

Recomendaciones finales

Ubique las descargas lejos de tomas de aire de edificios vecinos. Proteja las entradas contra la lluvia y la entrada de aves o roedores (malla). Si el depósito almacena productos que emiten vapores, consulte la hoja de seguridad del producto y la normativa específica antes de adoptar un caudal.

APUNTE · AP-06

Ventilación de oficinas

AIRE EXTERIOR PARA LA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR

En oficinas la ventilación aporta el aire exterior necesario para mantener una buena calidad del aire, mientras que la carga térmica la resuelve en general el aire acondicionado. Este apunte desarrolla el cálculo de caudal y el de una red de conductos completa.

1. Particularidades

- Ocupación relativamente densa y permanente: el contaminante de referencia es el CO_2 que exhalan las personas.
- Las salas de reuniones tienen una densidad de ocupación mucho mayor que el resto de la planta y deben calcularse por separado.
- Los baños y las cocinas de oficina se extraen de forma independiente (apuntes AP-07 y AP-08) y su extracción forma parte del balance.
- En ciudades conviene filtrar el aire exterior: como mínimo un filtro G4, y preferentemente un filtro fino tipo F7 (ePM1) si la calidad del aire exterior lo justifica.

2. Cálculo del caudal

Se calcula el aire exterior con los criterios del apunte AP-04: el mínimo legal del Decreto 351/79, la referencia ASHRAE 62.1 y un criterio de confort de unos **30 m³/h · persona** (≈ 8,3 l/s), que mantiene el CO_2 en torno a 1.000 ppm. En salas de reuniones es muy recomendable ventilar según la demanda, con sensor de CO_2 y ventilador regulable.

3. Esquema recomendado

Doble flujo, con impulsión de aire exterior filtrado mediante difusores en la zona ocupada y extracción por rejillas y por los baños. Se extrae un caudal algo menor que el impulsado (en torno al 90 %), de modo que la oficina quede en ligera sobrepresión y no ingresen polvo ni aire no tratado por infiltraciones. Si el caudal lo justifica, un recuperador de calor entre ambos flujos reduce mucho el consumo de climatización.

4. Ejemplo resuelto

Planta de oficinas de **300 m²** (25 × 12 m), altura libre **2,7 m**, **30 personas**. Se trata la planta general; la sala de reuniones y el baño se resuelven aparte.

Criterio	Cálculo	Caudal
Decreto 351/79	cubaje 810 m³ / 30 p = 27 m³/p (≥ 15) → sentados: 12 m³/h·p	360 m³/h
ASHRAE 62.1	(2,5 · 30 + 0,3 · 300) l/s = 165 l/s	594 m³/h
Confort (CO_2 ≈ 1.000 ppm)	30 m³/h·p · 30 p	900 m³/h
Adoptado	**redondeo a 4 difusores de 250 m³/h**	**1.000 m³/h**

El mínimo legal resulta bajo para una oficina con buena calidad de aire; el valor adoptado cumple holgadamente todos los criterios.



Selección con equipos Ciarrapico

- **Solución recomendada: Gabinete de Inyección Serie GI** (Línea Inverter): ventilador EC y filtro incorporado (500 × 500 o 600 × 600 mm según tamaño), velocidad regulable por potenciómetro.
- Con el **Controlador Inteligente SCL26** y un sensor de CO_2, la sala de reuniones puede ventilarse según su ocupación real.
- Tamaño para 1.000 m³/h a ~200 Pa según Programa de Selección.

  Alternativa con curva publicada: ventilador en línea **HCA 250** en velocidad alta → ≈ 1.057 m³/h a 189 Pa (requiere caja de filtro independiente).

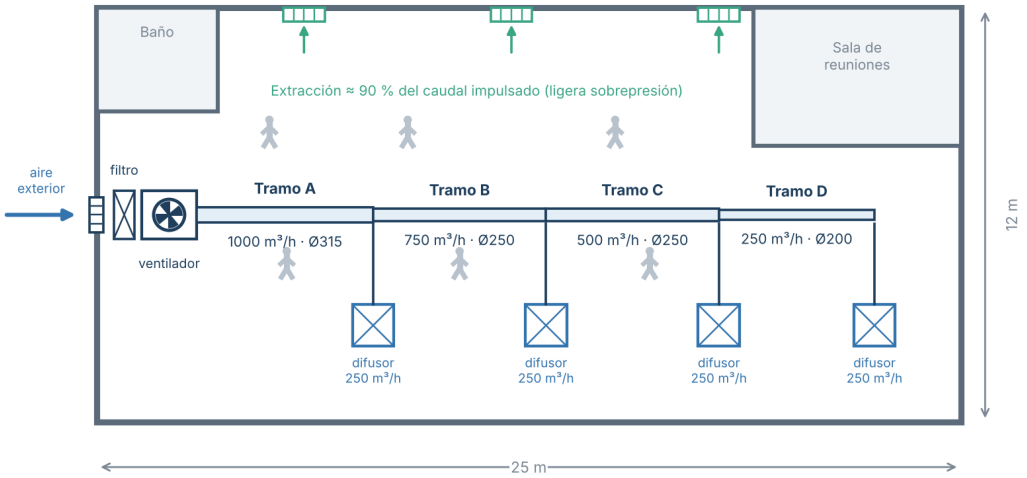


Fig. 17 – Planta esquemática con la red de impulsión dimensionada por el método de pérdida de carga constante (≤ 1 Pa/m).

Dimensionado de la red y pérdida del recorrido más desfavorable

Tramo	Q [m³/h]	L [m]	Ø [mm]	v [m/s]	Pa/m	Rozam. [Pa]	ΣK	Acc. [Pa]	Total [Pa]
A	1.000	6	315	3,56	0,51	3,1	0,50	3,8	6,9
B	750	5	250	4,24	0,94	4,7	0,15	1,6	6,3
C	500	5	250	2,83	0,45	2,2	0,15	0,7	2,9
D	250	5	200	2,21	0,38	1,9	0,40	1,2	3,0
Conductos									19,2
Rejilla toma exterior									15
Filtro G4 (valor medio)									100
Flexible 1,5 m + plenum difusor									10
Difusor (catálogo)									25
Pérdida total del recorrido A-B-C-D									**169,2**

K empleados: codo 90° R/D = 1,5 → 0,25; derivación en T, paso directo → 0,15. Se selecciona un ventilador (o una unidad de ventilación con recuperador) para **1.000 m³/h a 190 – 200 Pa**.

Observe

El filtro es más de la mitad de la pérdida y su resistencia crece al ensuciarse: un ventilador EC con control de caudal o de presión constante lo compensa. Mantenga velocidades bajas en ramales finales y difusores (nivel sonoro ≈ NR 35).

APUNTE · AP-07

Ventilación de baños y sanitarios

EXTRACCIÓN, AIRE DE COMPENSACIÓN Y CONDUCTOS

Los baños se ventilan por extracción, de modo que queden siempre en depresión y los olores y la humedad no pasen a otros locales. Este apunte trata los criterios de caudal, el aire de compensación y dos ejemplos: un baño de vivienda y un sanitario público.

1. Principios

- El baño debe quedar **en depresión** respecto de los locales vecinos: siempre se extrae, nunca se impulsa.
- La extracción se ubica en la parte alta, próxima a inodoros y duchas, y lo más alejada posible de la entrada de aire.
- El aire de compensación entra desde una zona limpia (pasillo, local contiguo) por una rendija bajo la puerta o una rejilla de puerta; nunca desde otro baño o una cocina.
- La descarga va al exterior, con persiana o clapeta antirretorno, lejos de ventanas y tomas de aire.
- La extracción de baños en edificios en altura mediante conductos verticales comunes (plenums o montantes) tiene criterios propios y se tratan en un apunte específico.

2. Criterios de caudal

Local	Por artefacto (ASHRAE 62.1)	Renovaciones
Baño privado (vivienda, habitación de hotel)	25 l/s (90 m³/h) intermitente · 12,5 l/s (45 m³/h) continuo	6 – 10 /h
Sanitario público	35 l/s (126 m³/h) por inodoro o mingitorio, intermitente · 25 l/s (90 m³/h) continuo	10 – 15 /h
Vestuario con duchas	—	10 – 15 /h

El valor «continuo» se aplica cuando la extracción funciona en forma permanente durante el horario de uso; el «intermitente», cuando se acciona con la luz, un temporizador o un detector de presencia. Se adopta el mayor entre el criterio por artefacto y el de renovaciones, y se verifica el código de edificación local, que suele fijar requisitos específicos para baños sin ventilación natural.

3. El aire de compensación

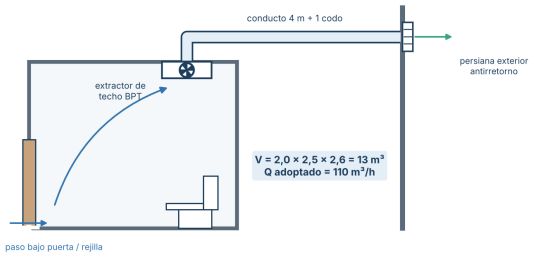
Es la parte más olvidada de la instalación. Si el aire no puede entrar, el extractor trabaja contra una presión mayor y el caudal real cae. El paso necesario se calcula para una velocidad de 1 – 1,5 m/s:

$$A = Q / (3.600 \cdot v)$$

Una rendija de 1,5 a 2 cm bajo una puerta de 0,80 m ofrece 0,012 – 0,016 m², suficiente para unos 65 – 85 m³/h a 1,5 m/s. Para caudales mayores hace falta una rejilla de puerta o de pared.

4. Ejemplo 1: baño de vivienda

Baño de 2,0 × 2,5 m y 2,6 m de altura (V = 13 m³), sin ventana. Extractor de techo con conducto de **4 m** y **un codo** hasta una persiana exterior antirretorno.



Criterio	Cálculo	Caudal
Por artefacto (intermitente)	1 inodoro · 90 m³/h	90 m³/h
Renovaciones	13 m³ · 8 /h	104 m³/h
Adoptado		**110 m³/h**

Fig. 18 – Baño de vivienda con extractor y conducto a fachada.

¿Ø100 o Ø125? Comparación de pérdidas a 110 m³/h

Conducto	v [m/s]	Pa/m	Rozamiento 4 m [Pa]	Codo + salida (ΣK = 1,35) [Pa]	Persiana [Pa]	Total [Pa]
Ø100	3,89	2,54	10,1	12,3	15	**37,4**
Ø125	2,49	0,84	3,4	5,0	15	**23,4**

Con Ø100 la pérdida por rozamiento es tres veces mayor que con Ø125. Los extractores de baño tienen poca presión disponible, por lo que conviene mantener el conducto corto y elegir el modelo con holgura sobre el caudal requerido; si el recorrido supera unos 3 – 4 m, pasar a **Ø125** con una transformación a la salida del extractor. El aire de compensación requiere 0,020 m² (rendija de 2,5 cm en puerta de 0,80 m, o rejilla).



Selección con equipos Ciarrapico

- **Extractor de techo BPT-30** (240 m³/h, 40 W, salida a conducto Ø100): cubre los 110 m³/h requeridos con holgura frente a la pérdida del conducto de 4 m. Motor sin escobillas y clapeta antirretorno incorporada.
- Con conducto muy corto (1 – 2 m) puede usarse el **BPT-23** o el **BPT-25** (150 m³/h).
- Si el baño tiene un muro exterior, la alternativa sin conducto es un extractor de pared o vidrio **BP 100** (130 m³/h) o, con frente liso, **BPM 150** (250 m³/h).
- Opcionales: temporizador regulable o sensor de humedad (encendido manual, apagado automático).

5. Ejemplo 2: sanitario público

Sanitario de 4,0 × 3,5 × 2,7 m (V = 37,8 m³) con 3 inodoros y 2 mingitorios, extracción continua en horario de uso. Se colocan 4 bocas de extracción conectadas a un colector y a un extractor en línea sobre el cielorraso.

Criterio	Cálculo	Caudal
Por artefacto (continuo)	5 artefactos · 90 m³/h	450 m³/h
Renovaciones	37,8 m³ · 15 /h	567 m³/h
Adoptado	**4 bocas · 150 m³/h**	**600 m³/h**

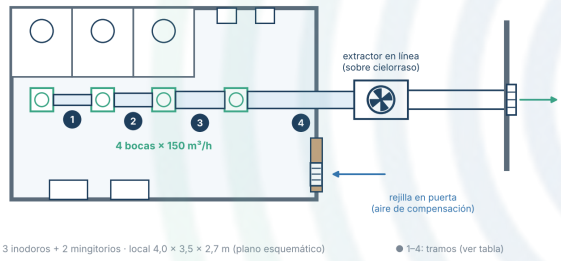


Fig. 19 – Planta esquemática del sanitario con el colector de extracción y el extractor en línea.

Tramo	Q [m³/h]	L [m]	Ø [mm]	v [m/s]	Pa/m	Rozam. [Pa]	ΣK	Acc. [Pa]	Total [Pa]
1	150	2	150	2,36	0,61	1,2	0,25	0,8	2,0
2	300	2	200	2,65	0,52	1,0	0,15	0,6	1,7
3	450	2	250	2,55	0,37	0,7	0,15	0,6	1,3
4	600	6	250	3,40	0,62	3,7	0,50	3,5	7,2
Conductos									12,2
Boca de extracción (catálogo)									20
Persiana exterior antirretorno (incluye salida)									20
Pérdida total del recorrido 1-2-3-4									**52,2**

Se selecciona un extractor en línea de **600 m³/h a 60 – 65 Pa**. Aire de compensación: 0,11 m² de área libre a 1,5 m/s, es decir, una rejilla de puerta de unos 500 × 400 mm con 55 % de área libre.



Selección con equipos Ciarrapico

- **HCA 200** en velocidad baja: punto de trabajo **≈ 637 m³/h a 59 Pa** en esta instalación (en alta, ≈ 760 m³/h).
- Bajo perfil, ideal para montaje sobre cielorraso; disponible en versión *Camp* para instalación exterior.

APUNTE · AP-08

Cocinas domésticas

CAMPANAS, CONDUCTOS Y AIRE DE REPOSICIÓN

En la cocina de una vivienda la solución eficaz es captar humos, vapores y grasas en el lugar donde se producen, con una campana de extracción conducida al exterior. Este apunte trata el cálculo del caudal, la instalación del conducto y un punto crítico de seguridad: el aire de reposición.

1. Captación en el foco

El penacho caliente que sube desde el anafe arrastra vapor, grasa y olores. La campana debe cubrir toda la zona de cocción y aspirar con caudal suficiente para captar el penacho antes de que se disperse. Una campana mural es más eficaz que una de isla: la pared confina el penacho y lo protege de las corrientes de aire.

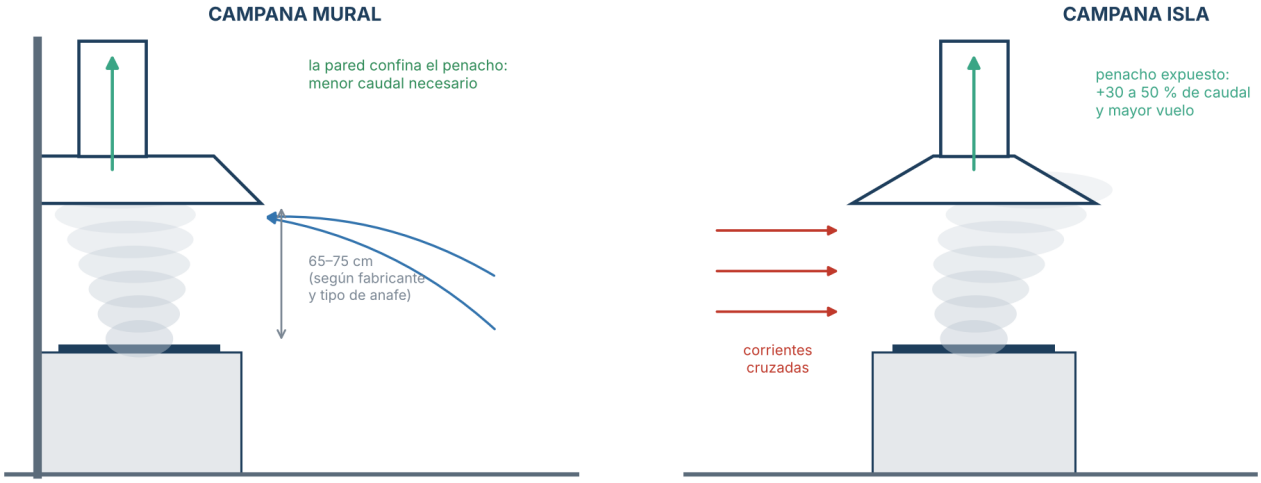


Fig. 20 – Campana mural y campana de isla.

2. Cálculo del caudal

Se emplea la velocidad de captación en la superficie inferior de la campana y se verifica con las renovaciones del ambiente:

$$Q = 3.600 \cdot A_{campana} \cdot v$$

A: superficie inferior de la campana [m²] · v: 0,25 – 0,35 m/s en campana mural; 0,35 – 0,50 m/s en campana de isla

Como verificación, el caudal no debería ser menor que 10 – 15 renovaciones por hora del volumen de la cocina. La campana debe ser al menos tan ancha como el anafe y colocarse a la altura que indica su fabricante (habitualmente entre 65 y 75 cm sobre anafes a gas).

Campanas de recirculación

Las campanas con filtro de carbón activo que devuelven el aire al ambiente retienen grasa y parte de los olores, pero no extraen la humedad, el calor ni los productos de la combustión. No sustituyen a la ventilación.

3. Instalación del conducto

- Use un diámetro **igual o mayor** que el de la boca de la campana, nunca menor; si hay que cambiar de sección, hágalo con una transformación gradual.
- Recorrido lo más corto y recto posible; como máximo dos o tres codos, preferentemente de radio amplio.

- Prefiera conducto rígido de interior liso. El flexible corrugado multiplica las pérdidas (ver el ejemplo del apartado 5).
- Coloque una clapeta antirretorno y un terminal exterior con malla, que impidan la entrada de aire frío, agua y animales.
- El conducto debe ser exclusivo: no lo conecte a conductos de evacuación de artefactos a gas ni a conductos colectivos de ventilación, salvo que estén diseñados para ello.

4. Aire de reposición y seguridad

La campana extrae aire del ambiente, y ese aire tiene que reponerse. Si la cocina está cerrada, se genera una depresión que reduce el caudal de la campana y, lo que es mucho más grave, puede **invertir el tiro** de calefones, termotanques o estufas de tiro natural, introduciendo monóxido de carbono (CO) en la vivienda.

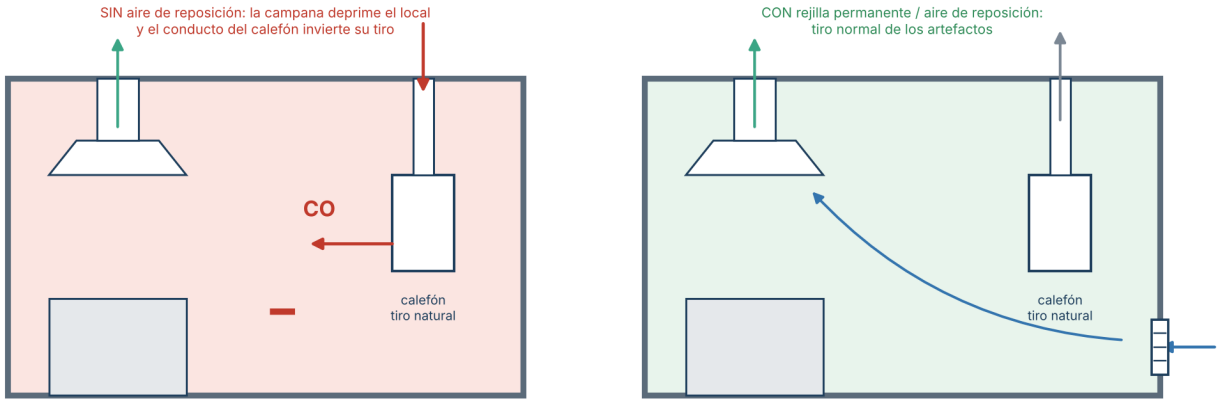


Fig. 21 – Inversión del tiro de un artefacto de tiro natural por falta de aire de reposición.

Punto crítico

Una campana de 500 m³/h necesita del orden de 930 cm² de paso libre de aire a 1,5 m/s. Las rejillas de ventilación permanente exigidas para artefactos a gas (ENARGAS, NAG-200) no se dimensionan para el caudal de una campana. Cuando conviven campana y artefactos de tiro natural, prevea una entrada de aire de reposición específica, o un enclavamiento que la abra al encender la campana, y verifique siempre el cumplimiento de la normativa de gas.

5. Ejemplo resuelto

Cocina de 3,0 × 3,5 m y 2,6 m de altura (V = 27,3 m³), campana mural de 0,90 × 0,50 m. Conducto de **5 m** con **dos codos** de 90° (R/D = 1) y salida libre con clapeta antirretorno.

Criterio	Cálculo	Caudal
Velocidad de captación	3.600 · 0,45 m² · 0,30 m/s	486 m³/h
Renovaciones	27,3 m³ · 15 /h	410 m³/h
Adoptado		**500 m³/h**

Conducto	v [m/s]	Pa/m	Rozamiento 5 m [Pa]	2 codos + salida (ΣK = 1,7) [Pa]	Filtro + clapeta [Pa]	Total [Pa]
Ø125 rígido	11,32	14,23	71,1	130,7	45	**247**
Ø150 rígido	7,86	5,66	28,3	63,0	45	**136**

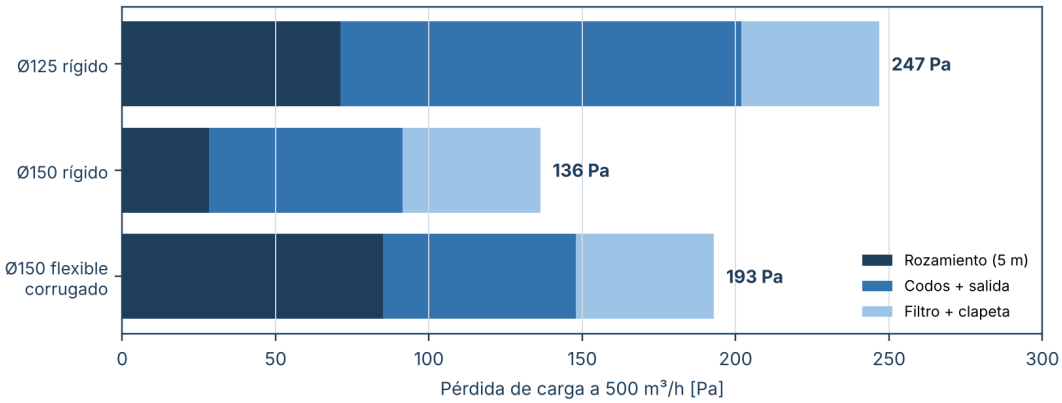


Fig. 22 – Pérdida de carga de la instalación del ejemplo a 500 m³/h según el conducto elegido.

Con Ø125 la instalación pierde casi el doble que con Ø150, y con flexible corrugado la ventaja del Ø150 se pierde en buena parte. El caudal nominal de las campanas suele indicarse a descarga libre: verifique en la curva del fabricante el caudal real a la presión calculada (unos 136 Pa con Ø150 rígido) y elija la campana en consecuencia.



Extracción remota con equipos Ciarrapico

- Para campanas sin motor propio (extracción remota en el conducto) puede usarse un ventilador en línea **Serie HCA**.
- En la instalación del ejemplo (Ø150, 136 Pa a 500 m³/h) un **HCA 150** en velocidad alta llegaría solo a ≈ 410 m³/h: no alcanza.
- Con conducto **Ø200** la pérdida baja a ≈ 72 Pa y un **HCA 200** en velocidad baja trabaja en ≈ 580 m³/h: cumple con holgura.

Ciarrapico no fabrica campanas domésticas.

APUNTE · AP-09

Cocinas comerciales

CAMPANAS INDUSTRIALES, FILTROS, CONDUCTOS Y REPOSICIÓN

Las cocinas de restaurantes, hoteles y comedores generan grandes cantidades de calor, vapor y grasa. Su extracción es un sistema completo —campana, filtros, conducto, ventilador y aire de reposición— en el que la seguridad contra incendio tiene un papel central.

1. Componentes del sistema

- **Campana:** mural, central (de isla) o de respaldo bajo. Debe sobresalir de los artefactos al menos 15 cm (preferentemente 30 cm) por cada lado abierto.
- **Filtros de laberinto (bafles) metálicos:** separan la grasa por cambios de dirección y son lavables. No deben usarse filtros de malla, que se saturan y propagan el fuego.
- **Conducto:** exclusivo, estanco y registrable para limpieza; de chapa de acero con uniones soldadas y espesor según la norma aplicable (NFPA 96 indica, por ejemplo, 1,37 mm en acero al carbono).
- **Ventilador:** verifique que la temperatura del aire extraído no supere la temperatura máxima de trabajo del equipo.
- **Aire de reposición:** introducido en la cocina, filtrado y, en invierno, temperado.
- **Sistema de extinción** en la campana y en el conducto, según la normativa de incendio vigente.

2. Clasificación del servicio

Servicio	Artefactos típicos
Ligero	Hornos, vaporeras, marmitas, baños maría
Medio	Anafes, planchas, freidoras, sartenes basculantes
Pesado	Parrillas a gas o eléctricas, woks, salamandras de alta potencia
Extra pesado	Parrillas a carbón o leña, hornos de leña con salida a la campana

Cuando bajo una misma campana conviven artefactos de distinto servicio, se calcula con el más exigente o se divide la campana en tramos.

3. Métodos de cálculo del caudal

A · Velocidad en la superficie de la campana

$$Q = 3.600 \cdot L \cdot B \cdot v$$

L: largo · B: vuelo (profundidad) · v: 0,25 (ligero) · 0,30 – 0,40 (medio) · 0,40 – 0,50 (pesado) · ≥ 0,50 m/s (extra pesado)

B · Perímetro libre

$$Q = 3.600 \cdot P_{libre} \cdot H \cdot v$$

P_{libre}: perímetro abierto (mural: L + 2B; isla: 2L + 2B) · H: altura entre la encimera y el borde de la campana · v: 0,25 – 0,50 m/s

C · Caudal por metro lineal de campana (referencia IMC / ASHRAE)

Tipo de campana	Ligero	Medio	Pesado	Extra pesado
Mural [m³/h por metro]	1.115	1.675	2.230	3.065
Central de isla simple [m³/h por metro]	2.230	2.790	3.345	3.900

Los tres métodos dan resultados del mismo orden; conviene aplicar al menos dos y adoptar un valor razonable dentro del rango. Las campanas de isla requieren más caudal que las murales porque el penacho queda expuesto en todos

sus lados.

4. Filtros, conducto y aire de reposición

- **Filtros:** velocidad frontal 1,5 – 2,5 m/s (o el caudal por filtro que indique el fabricante), inclinados 45 – 60° sobre la horizontal, con canaleta y recipiente colector de grasa. Pérdida de carga típica: 40 – 80 Pa.
- **Velocidad en el conducto:** habitualmente entre 7 y 10 m/s, para mantener la grasa en suspensión y evitar depósitos sin generar ruido excesivo.
- **Trazado:** lo más vertical y directo posible, con pendiente hacia la campana en los tramos horizontales y registros de limpieza en cada cambio de dirección. Descarga vertical a cubierta, lejos de tomas de aire y ventanas.
- **Aire de reposición:** entre el 80 y el 90 % del caudal extraído, de modo que la cocina quede en ligera depresión respecto del salón. Debe entrar a baja velocidad y lejos del borde de la campana, para no perturbar la captación.
- **Regulación:** la extracción puede modularse según la actividad, por ejemplo controlando la velocidad del ventilador en función de la temperatura del aire extraído, siempre que se garantice el caudal mínimo durante la cocción.

5. Ejemplo resuelto

Restaurante con una campana mural de **3,0 m** de largo y **1,2 m** de vuelo, a **1,0 m** sobre la línea de cocción (anafes, plancha y freidora: **servicio medio**). Conducto rectangular de **18 m** hasta la cubierta con tres codos y ventilador de cubierta con descarga vertical.

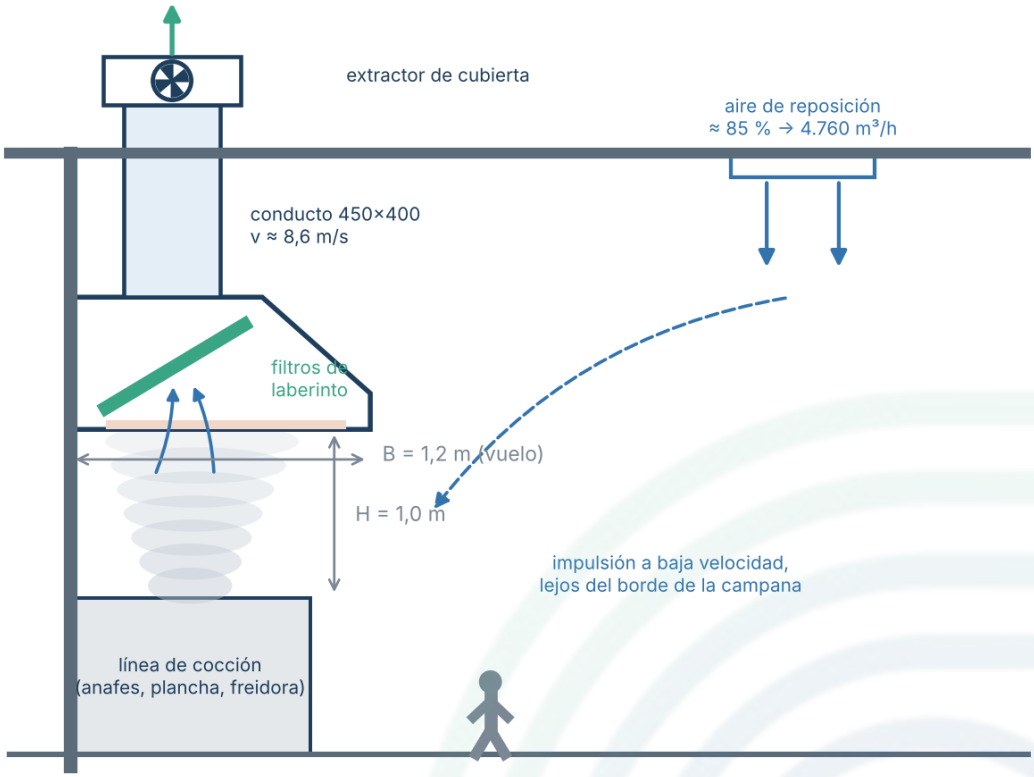


Fig. 23 – Sección esquemática de la instalación del ejemplo.

Método	Cálculo	Caudal
A · Velocidad en superficie	3.600 · 3,0 · 1,2 · 0,35	4.536 m³/h
B · Perímetro libre	3.600 · 5,4 · 1,0 · 0,30	5.832 m³/h
C · Por metro lineal	1.673 m³/h·m · 3,0 m	5.019 m³/h
Adoptado	**dentro del rango, hacia el valor superior**	**5.600 m³/h**

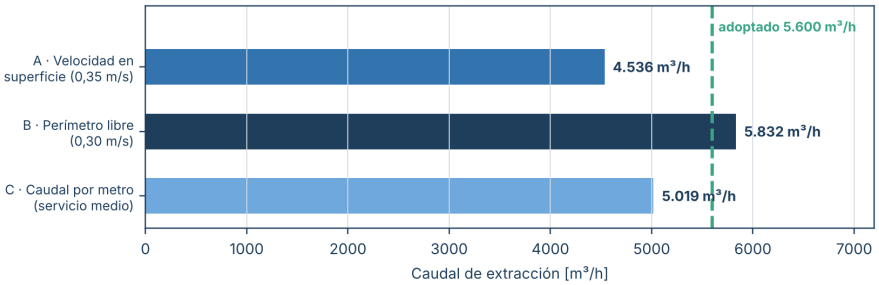


Fig. 24 – Comparación de los tres métodos de cálculo del caudal.

Filtros y conducto

Con filtros de 500 × 500 mm: 5.600 / 4 = 1.400 m³/h por filtro → velocidad frontal 1,56 m/s (correcto). Para v ≈ 9 m/s se necesita una sección de 0,173 m²: se adopta un conducto de **450 × 400 mm** (v = 8,64 m/s; D_e = 464 mm; Pd = 44,8 Pa).

Pérdida de carga

Elemento	Cálculo	ΔP [Pa]
Filtros de laberinto (valor de diseño)	catálogo	60
Plenum de la campana	estimado	20
Rozamiento del conducto	1,68 Pa/m · 18 m	30,3
Entrada al conducto desde plenum (K=0,5)	0,50 · 44,8	22,4
3 codos 90° R/D=1 (3×0,35)	1,05 · 44,8	47,1
Transformación a boca ventilador (K=0,1)	0,10 · 44,8	4,5
Salida vertical libre (K=1,0)	1,00 · 44,8	44,8
Pérdida total		**229,1**

Se selecciona un ventilador de cubierta apto para extracción de cocinas de **5.600 m³/h a unos 250 Pa** (pérdida calculada más un margen del 10 %). Si el aire extraído llega caliente, corrija la curva por densidad (AP-01). El aire de reposición será de unos **4.760 m³/h** (85 %), impulsado lejos de la campana.

Mantenimiento y seguridad

La grasa acumulada en filtros y conductos es la causa principal de los incendios en cocinas comerciales. Prevea registros de limpieza accesibles, un programa de limpieza periódica de filtros y conductos y un sistema de extinción adecuado. No conecte otros servicios al conducto de la campana.



Selección con equipos Ciarrapico

- **Extractor centrífugo de azotea Serie AATEC, versión Copa** (Línea Inverter): motor EC regulable; para vapores de aceite puede equiparse con bandejas receptoras donde las grasas condensan y se retiran en el mantenimiento.
- Tamaño (AAT-EC 280 a 630) según Programa de Selección para 5.600 m³/h a ≈ 250 Pa, con la corrección por temperatura del aire extraído.
- Regulación de velocidad por temperatura del aire extraído o por horario con el **Controlador Inteligente SCL26**.

APUNTE · AP-10

Presurización de escaleras

CONTROL DE HUMO POR DIFERENCIA DE PRESIÓN EN VÍAS DE EVACUACIÓN

En un incendio, el humo es el principal riesgo para las personas que evacúan. La presurización inyecta aire exterior limpio en la caja de escalera para que el humo no pueda ingresar en ella, manteniéndola transitable para la evacuación y la intervención de bomberos. Este apunte explica los criterios de diseño, el método de cálculo y un ejemplo completo.

1. Principio de funcionamiento

El humo se desplaza a través de puertas y rendijas impulsado por diferencias de presión: la flotación de los gases calientes, el efecto chimenea del edificio, el viento y la expansión de los gases. Si la escalera se mantiene a una presión mayor que la de las plantas, el aire fluye siempre desde la escalera hacia el exterior de ella y el humo no puede entrar. El sistema debe cumplir dos criterios:

- **Criterio de presión (puertas cerradas):** mantener una diferencia de presión entre la escalera y las plantas, habitualmente de **50 Pa**, que solo genera las fugas por las rendijas de las puertas.
- **Criterio de caudal (puerta abierta):** cuando se abre la puerta de la planta del incendio, el aire debe atravesarla con una velocidad mínima (0,75 m/s, o 2 m/s en sistemas para bomberos) para frenar el avance del humo.

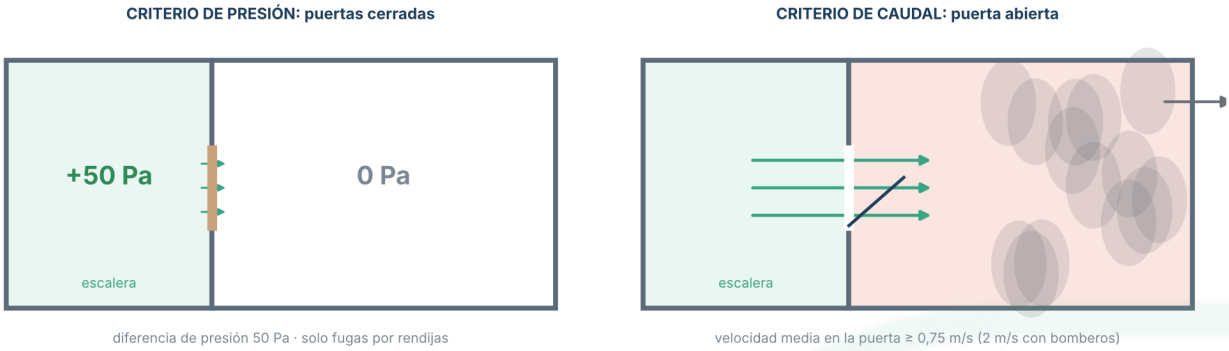


Fig. 25 – Los dos criterios de diseño de un sistema de presurización.

Hay un tercer requisito que limita el anterior: la sobrepresión no puede ser tan alta que impida abrir la puerta. La fuerza en el picaporte no debe superar **100 N**, de modo que la presión de diseño tiene un techo además de un piso.

2. Marco normativo

La referencia más utilizada es la norma europea **EN 12101-6**, que clasifica los sistemas según el uso del edificio. En 2022 la serie EN 12101 fue revisada y la materia se distribuye entre EN 12101-6:2022 (kits de presión diferencial) y EN 12101-13:2022; los valores de 50 Pa y 0,75 / 2 m/s se siguen usando como criterios habituales de diseño.

Clase	Uso típico	ΔP puertas cerradas	Velocidad en puerta abierta
A	Viviendas (permanencia en el lugar)	50 Pa	0,75 m/s
B	Protección de bomberos (escalera y vestíbulo)	50 Pa (45 Pa en vestíbulo)	2,0 m/s
C	Evacuación simultánea (oficinas, comercios)	50 Pa	0,75 m/s
D · E · F	Riesgo de personas dormidas · evacuación por fases · sistemas para bomberos	según norma	según norma

En el ámbito norteamericano, **NFPA 92** fija diferencias de presión mínimas menores en edificios con rociadores (del orden de 12,5 Pa) y mayores sin rociadores (25 a 45 Pa según la altura de techo), y NFPA 101 limita la fuerza de apertura a 133 N.

Situación en Argentina

En la Ciudad de Buenos Aires la presurización de cajas de escalera está admitida, en ciertos casos incluso como alternativa a la antecámara, pero la normativa no establece un método de cálculo ni de verificación; por eso se recurre a EN 12101-6 o NFPA 92. Una disposición municipal hoy derogada (Disp. 283/95) limitaba la fuerza en el picaporte a 110 N y exigía alimentación eléctrica de emergencia. El criterio de diseño debe acordarse con la autoridad de aplicación y el cuerpo de bomberos de cada jurisdicción.

3. Método de cálculo

3.1 Fugas con las puertas cerradas

El caudal que escapa por una rendija de área A sometida a una diferencia de presión ΔP es:

$$Q = 0{,}83 \cdot A \cdot \Delta P^{1/2} \ [m^3/s]$$

A: área de fuga [m²] · ΔP: diferencia de presión [Pa]

Tipo de puerta (EN 12101-6)	Área de fuga [m²]	Fuga a 50 Pa [m³/h]
Una hoja, abre hacia el espacio presurizado	0,01	211
Una hoja, abre hacia afuera del espacio presurizado	0,02	423
Doble hoja	0,03	634
Puerta de ascensor (rellano)	0,06	1.268

Se suman las áreas de todas las puertas de la escalera. Las fugas por muros de hormigón suelen ser pequeñas frente a las de las puertas, pero los muros de mampostería sin revocar o las penetraciones de instalaciones pueden aportar fugas importantes que conviene estimar o cubrir con un margen.

3.2 Caudal con la puerta de la planta del incendio abierta

$$Q_{abierta} = v \cdot A_{puerta} + \text{fugas de las puertas que siguen cerradas}$$

Con una puerta abierta la presión en la escalera cae mucho; las demás puertas siguen fugando, pero a una presión reducida (del orden de 10 Pa). El caudal de diseño del ventilador es el mayor de los dos criterios, más un margen para las fugas del propio conducto (habitualmente 15 – 25 %).

3.3 Escape de aire en la planta del incendio

El aire que entra por la puerta abierta tiene que poder salir de la planta: por ventanas, rejillas en fachada o un conducto de alivio. Sin esa salida, la planta se presuriza y el caudal a través de la puerta no se alcanza. El área necesaria, para una diferencia de presión admisible ΔP en el escape (≈ 10 Pa), es:

$$A_{escape} = Q_{puerta} / (0{,}83 \cdot \Delta P^{1/2})$$

3.4 Fuerza de apertura de la puerta

$$F = F_c + W \cdot A \cdot \Delta P / [\,2 \cdot (W - d)\,]$$

F_c: fuerza del cierrapuertas [N] · W: ancho de la hoja [m] · A: área de la hoja [m²] · d: distancia del picaporte al borde [m]

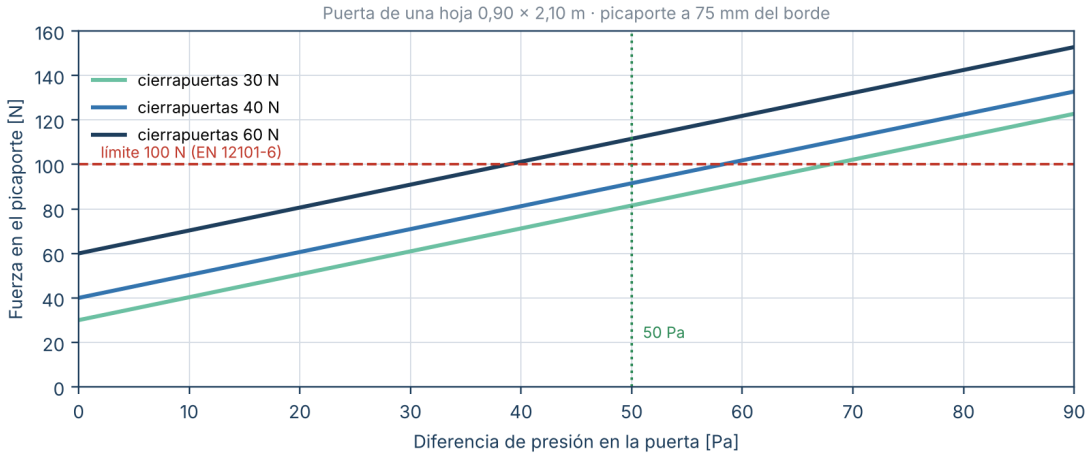


Fig. 26 – Fuerza de apertura en función de la sobrepresión: con un cierrapuertas de 40 N, la presión máxima admisible es de unos 58 Pa.

3.5 Alivio de la sobrepresión

Con todas las puertas cerradas, un ventilador dimensionado para la puerta abierta entrega mucho más aire que el que se fuga por las rendijas, y la presión subiría por encima del límite de apertura. Hay dos maneras de resolverlo:

- **Regulación de velocidad con presostato (solución recomendada):** un ventilador EC gobernado por un controlador con presostato o transmisor de presión instalado en la escalera ajusta su velocidad en forma continua para sostener los 50 Pa, cualquiera sea la cantidad de puertas abiertas en cada momento. Con todas las puertas cerradas trabaja a baja velocidad, entregando solo el caudal de fugas; al abrirse puertas acelera hasta su caudal máximo, que es el que garantiza la velocidad mínima en la puerta de la planta del incendio. No requiere compuerta de alivio y reduce el consumo y el ruido durante las pruebas periódicas.
- **Ventilador a velocidad fija con compuerta barométrica de alivio:** el ventilador entrega siempre su caudal máximo y una compuerta tarada a la presión de diseño evacúa el excedente al exterior cuando las puertas están cerradas.

$$A_{alivio} = (Q_{ventilador} - Q_{fugas}) / (0{,}83 \cdot \Delta P^{1/2})$$

área de la compuerta de alivio, solo para ventilador a velocidad fija

En cualquiera de los dos casos debe verificarse en la puesta en marcha que la presión se restablezca en pocos segundos al abrir y cerrar las puertas.

3.6 Altura de la escalera y efecto chimenea

En escaleras altas, el efecto chimenea y las pérdidas en la propia caja hacen que la presión varíe con la altura. Por eso, cuando la escalera supera unos 11 m de altura se inyecta el aire en varios puntos, a intervalos no mayores de tres plantas, mediante un conducto vertical con rejillas de inyección.

4. Componentes y requisitos de instalación

- **Toma de aire exterior** en un punto donde no pueda llegar el humo (preferentemente a nivel de calle, alejada de descargas de extracción); con detector de humo en la toma si existe ese riesgo.
- **Ventilador** dimensionado para el criterio de puerta abierta, con **ventilador de reserva** cuando el sistema es para bomberos.
- **Control de presión:** controlador con presostato o transmisor de presión diferencial entre la escalera y una planta de referencia, que regula la velocidad del ventilador (o, con velocidad fija, compuerta barométrica de alivio).
- **Alimentación eléctrica de emergencia** (grupo electrógeno o segunda fuente) y cableado resistente al fuego.
- **Arranque automático** por la central de detección de incendio, con mando manual para bomberos.
- **Puertas** resistentes al fuego, con cierre automático y burletes en buen estado: su estanqueidad es parte del cálculo.
- **Puesta en marcha y mantenimiento:** medir la diferencia de presión en cada planta, la velocidad en la puerta abierta y la fuerza de apertura; repetir las pruebas periódicamente.

5. Ejemplo resuelto: edificio de viviendas

Edificio de viviendas de **14 plantas** (altura de escalera 42 m) con una caja de escalera a la que acceden, en cada planta, una puerta de una hoja de 0,90 × 2,10 m que abre hacia la escalera, y en planta baja una puerta final de salida que abre hacia afuera. Sistema **Clase A**: 50 Pa con puertas cerradas y 0,75 m/s en la puerta de la planta del incendio.

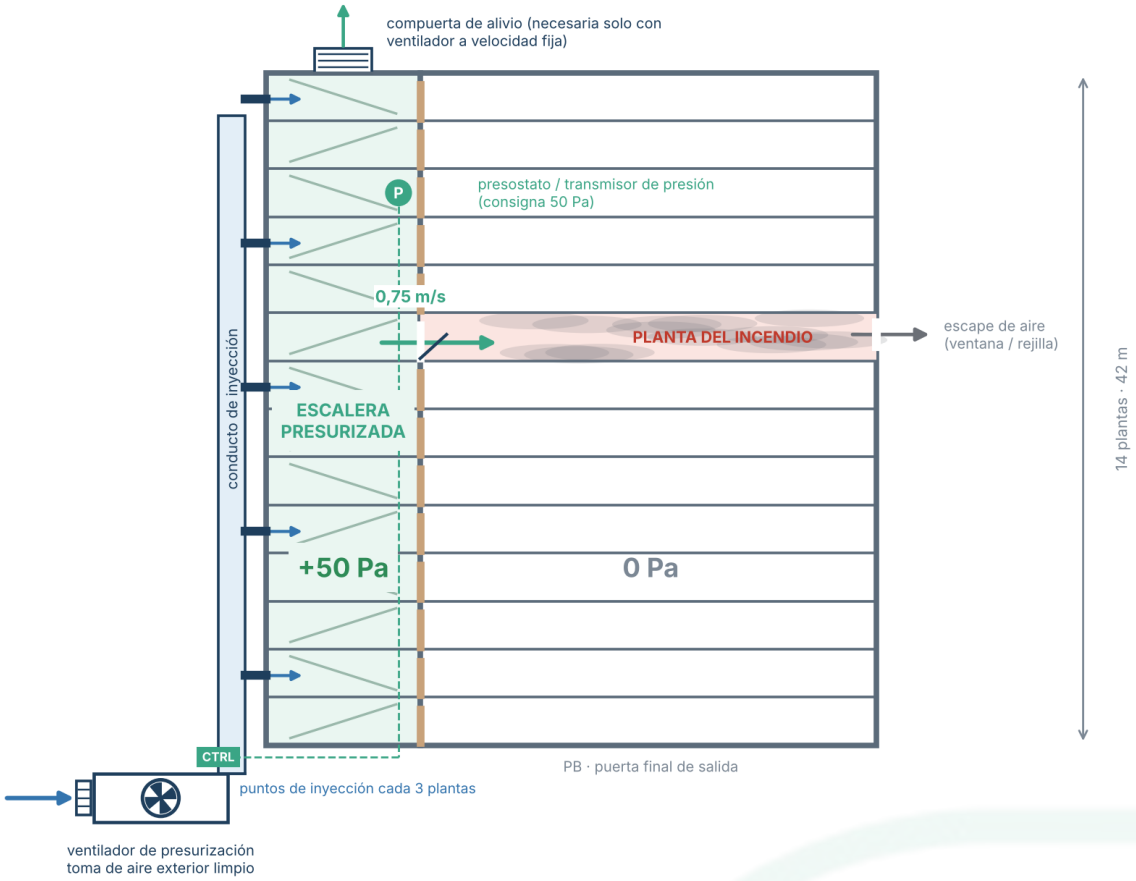


Fig. 27 – Esquema del sistema: inyección por conducto vertical cada tres plantas, presostato en la escalera que regula la velocidad del ventilador y escape de aire en la planta del incendio.

Paso	Cálculo	Resultado
Área de fugas, puertas cerradas	14 · 0,01 + 1 · 0,02	0,16 m²
Criterio 1: fugas a 50 Pa	0,83 · 0,16 · √50 · 3.600	3.381 m³/h
Caudal por la puerta abierta	0,75 m/s · 0,90 · 2,10 · 3.600	5.103 m³/h
Fugas restantes a 10 Pa	0,83 · 0,15 · √10 · 3.600	1.417 m³/h
Criterio 2: puerta abierta	5.103 + 1.417	6.520 m³/h
Caudal de diseño	criterio 2 + 15 % (fugas de conducto)	7.500 m³/h
Escape en planta del incendio	1,42 / (0,83 · √10)	0,54 m² libres
Fuerza de apertura a 50 Pa	F_c = 40 N	92 N (≤ 100 N)
Alivio (solo a velocidad fija)	(7.500 – 3.381) / 3.600 / (0,83 · √50)	0,19 m² libres

Conducto de inyección y presión del ventilador

El aire se distribuye con un conducto vertical de 600 × 450 mm y 5 rejillas de inyección (plantas 1, 4, 7, 10 y 13), de 1.500 m³/h cada una.

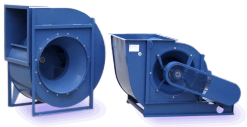
Tramo	Q [m³/h]	L [m]	v [m/s]	Pa/m	Rozam. [Pa]	Acc. [Pa]
1	7.500	3	7,72	1,06	3,2	14,3
2	6.000	9	6,17	0,70	6,3	9,1
3	4.500	9	4,63	0,41	3,7	5,1
4	3.000	9	3,09	0,19	1,7	2,3
5	1.500	9	1,54	0,05	0,5	0,6
Conducto						46,7
Persiana de toma exterior con malla						25
Codos y transformación en la descarga del ventilador						15
Rejilla de inyección del último punto						20
Sobrepresión a mantener en la escalera						50
Presión total del ventilador						**157**

El ventilador debe entregar **7.500 m³/h a unos 170 Pa** de presión estática (pérdida calculada más un margen del 10 %) en la condición de puerta abierta. Con regulación por presostato, ese es su punto de máxima velocidad; con todas las puertas cerradas bajará hasta entregar solo las fugas (≈ 3.381 m³/h) manteniendo los 50 Pa. Con un ventilador a velocidad fija se agrega la compuerta barométrica de 0,19 m² libres. En ambos casos, en cada planta deben preverse aberturas de escape de al menos 0,54 m² libres.



Solución recomendada Ciarrapico

- **Gabinete ventilador Serie GVEL** (Línea Inverter) con motor EC, combinado con un **controlador con presostato** que autorregula la velocidad del ventilador para sostener siempre los 50 Pa en la escalera, independientemente de la cantidad de puertas abiertas en cada momento.
- Con puertas cerradas funciona a baja velocidad (menor consumo y ruido); al abrirse puertas acelera automáticamente hasta su caudal máximo. No necesita compuerta de alivio.
- Motores con protecciones incorporadas contra sobrecarga, variaciones de tensión y falta de fase; versiones monofásicas y trifásicas; carcasa en chapa galvanizada.
- Tamaño para 7.500 m³/h a ≈ 170 Pa según Programa de Selección Ciarrapico.



Alternativa en línea tradicional

- **Ventilador centrífugo ACAH – Clase II**, la línea autolimitante de Ciarrapico: turbina de palas planas inclinadas hacia atrás, autolimitadora de potencia, alta eficiencia y bajo nivel sonoro.
- Fabricado en tamaños grandes (hasta 2 m de diámetro de turbina), simple o doble aspiración, acople directo o transmisión: cubre los caudales que suelen requerir las escaleras de edificios altos.
- Su curva caudal–presión empinada hace que el caudal varíe poco ante cambios importantes de contrapresión, y la autolimitación evita sobrecargar el motor cuando se abren puertas.

  Trabaja a velocidad fija: se complementa con compuerta barométrica de alivio tarada a 50 Pa. Tamaño según Programa de Selección.

Recuerde

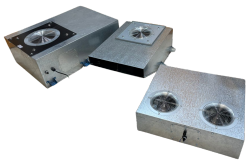
El sistema solo funciona si se cumplen a la vez la presión con puertas cerradas, la velocidad con la puerta abierta, la fuerza máxima de apertura y el escape de aire en la planta del incendio. Los valores de este apunte son orientativos; el diseño definitivo debe ajustarse a la norma adoptada y a los requisitos de la autoridad de aplicación.

APUNTE · AP-11

Ventilación de estacionamientos

GUÍA DE PROYECTO E INSTALACIÓN · SERIE JF

La ventilación de estacionamientos subterráneos con jet fans se desarrolla en un documento específico de Ciarrapico: la Guía de Proyecto e Instalación del Sistema de Ventilación Inteligente para Estacionamientos Subterráneos (Línea Inverter – Serie JF), disponible para descarga en el sitio web de la empresa.



Guía de Proyecto e Instalación – Jet Fans Serie JF

Descargue la guía desde la página de la Serie JF:

www.ciarrapico.com.ar/productos/ventilador-centrifugo-serie-jet-fan

En esa página, botón **«Descargar Guía de Instalación»**. Allí también están el folleto técnico, los planos CAD y los archivos 3D de la línea.

Contenido de la guía

Capítulo	Qué desarrolla
1. Concepto del sistema	Jet fans con motor EC Seemtek y sensor de CO integrado que operan en forma autónoma, sin controlador central ni BMS; extractor con sensor de CO propio; principio de operación y comparación con el sistema tradicional.
2. Línea de productos	Modelos JF8-EC a JF106-EC (empuje, caudal, dimensiones, consumo, tensión y ruido), criterios de elección según superficie y altura libre, eficiencia de empuje por modelo.
3. Dimensionamiento	Selección rápida por superficie y cálculo del caudal de extracción (superficie × 13,7 m³/h, referencia ASHRAE 62.1).
4. Distribución en planta	Dirección del flujo, separación entre filas según el modelo, cantidad de equipos por fila según el ancho y distancias mínimas a paredes, vigas y obstáculos.
5. Instalación	Fijación al techo, conexión eléctrica por modelo y lista de verificación de montaje.
6. Lógica del sensor de CO	Umbrales de operación configurados de fábrica, histéresis, retardo de apagado y contacto seco de alarma.
7. Mantenimiento	Tareas periódicas y diagnóstico de fallas.
8. Ejemplo de proyecto	Estacionamiento de 2.400 m² y 80 plazas: alternativas de selección, extractor y resumen de materiales.

Relación con los demás apuntes

Los conceptos generales que usa la guía —caudal, pérdida de carga, curva del ventilador, regulación EC y control a demanda— se explican en los apuntes AP-01 a AP-04. Para el modo de control de humo en caso de incendio, consulte al departamento de ingeniería de Ciarrapico.

APUNTE · AP-12

Extracción de baños en torres

SISTEMAS COLECTIVOS CON MONTANTE (PLENUM): CÁLCULO Y EQUILIBRADO

En edificios en altura, los baños sin ventilación natural suelen extraerse mediante un conducto vertical común —el montante o plenum— al que se conectan los baños de todas las plantas. Este apunte explica las tipologías, cómo dimensionar el montante, por qué hace falta equilibrar el caudal entre plantas y cómo se resuelve con rejillas autorregulables y control a presión constante.

1. El concepto de montante colectivo

Cada baño se conecta por un ramal corto a un conducto vertical alojado en un plenum técnico. En la azotea, un extractor mantiene el montante en depresión y descarga el aire al exterior. Frente a un conducto individual por baño, el montante ahorra espacio en planta y concentra el equipo en un solo punto de mantenimiento, pero introduce cuatro problemas que el proyecto debe resolver:

- **Desequilibrio entre plantas:** los baños más cercanos al extractor reciben más depresión y extraen más caudal que los de las plantas bajas.
- **Efecto chimenea y viento:** en invierno el aire tibio del montante tiende a subir solo, y el viento sobre la azotea modifica la depresión, de modo que el caudal varía con el clima.
- **Transmisión de olores y ruidos** entre unidades si el montante no se mantiene siempre en depresión.
- **Propagación de humo e incendio** entre plantas, porque el montante atraviesa todos los sectores de incendio.

2. Tipologías

Sistema	Funcionamiento	Valoración
A · Extracción central con rejillas autorregulables	Extractor de azotea que mantiene el montante en depresión permanente; cada baño tiene una rejilla de caudal constante. Ventilación continua.	Recomendado: caudal garantizado en todas las plantas y montante siempre en depresión.
B · Extractores individuales con montante en ligera depresión	Cada baño tiene su extractor (series BP, BPM o BPT) con clapeta antirretorno, que descarga al montante. Encendido manual; apagado manual, por temporizador o por sensor de humedad. Un extractor de azotea mantiene en el montante una pequeña depresión permanente.	Muy recomendable para funcionamiento a demanda: combina el control individual con un montante siempre en depresión.
C · Montante natural (sin ventilador)	El tiro depende de la diferencia de temperatura y del viento.	No garantiza caudal en verano ni con viento desfavorable: no recomendable como sistema de proyecto.

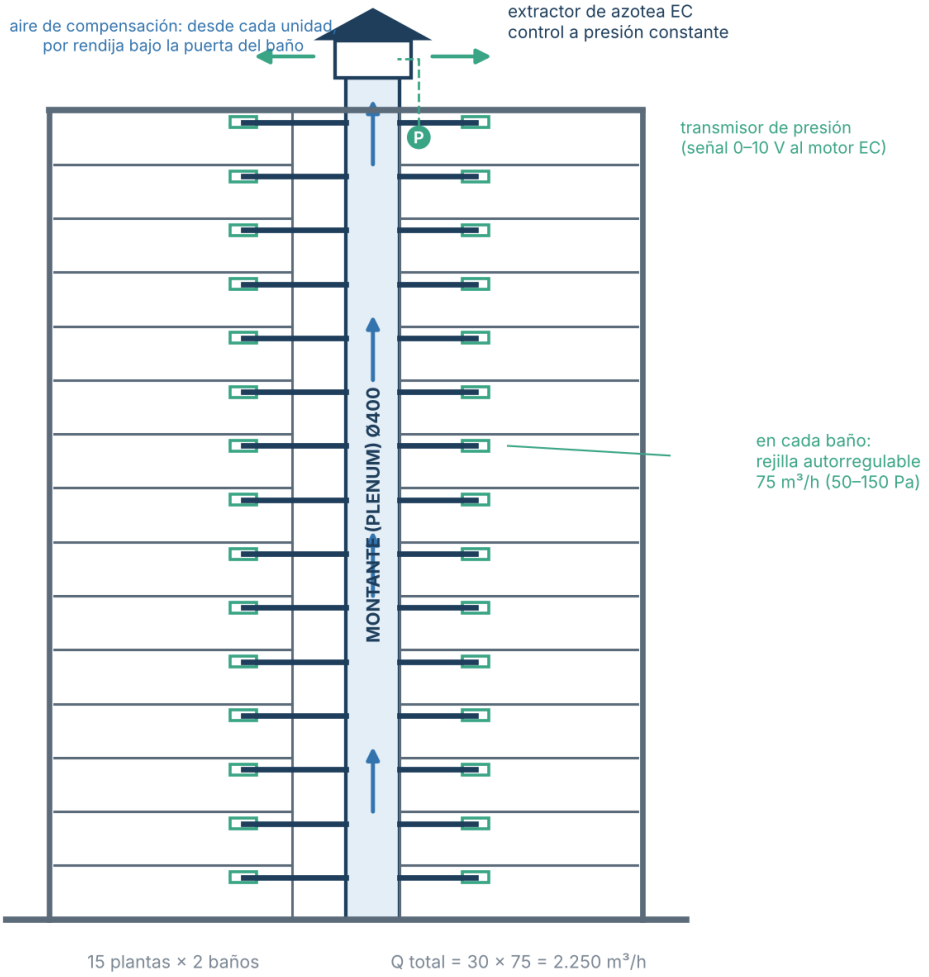


Fig. 28 – Sistema A: montante colectivo con extractor de azotea EC, rejilla autorregulable en cada baño y transmisor de presión.

3. Caudales

El caudal por baño se fija con los criterios del apunte AP-07. En un sistema de funcionamiento continuo se toman valores moderados —del orden de 45 a 75 m³/h por baño— y el caudal del montante es la suma de todos los baños conectados, sin factor de simultaneidad. En el sistema B, con extractores individuales que funcionan a demanda, el extractor de azotea puede dimensionarse con un factor de simultaneidad menor que 1, que el proyectista debe justificar según el uso del edificio.

4. Dimensionado del montante

La regla fundamental es que la pérdida de carga a lo largo del montante debe ser **pequeña** frente a la pérdida en las rejillas de los baños. Así, todas las plantas ven una depresión parecida y el caudal se reparte de forma uniforme. En la práctica:

- Velocidad en el tramo superior (caudal total) de **4 a 5 m/s**; no superar 6 m/s por ruido y por pérdida de carga.
- Sección constante en toda la altura; superficie interior lisa y estanca. Evite los montantes de mampostería sin revestir, que tienen fugas y gran rugosidad.
- Ramales cortos de Ø100 – 125 mm a 2 – 3 m/s, con la conexión al montante orientada en el sentido del flujo.
- Tramo de azotea corto y directo, con descarga vertical alejada de tomas de aire y ventanas.

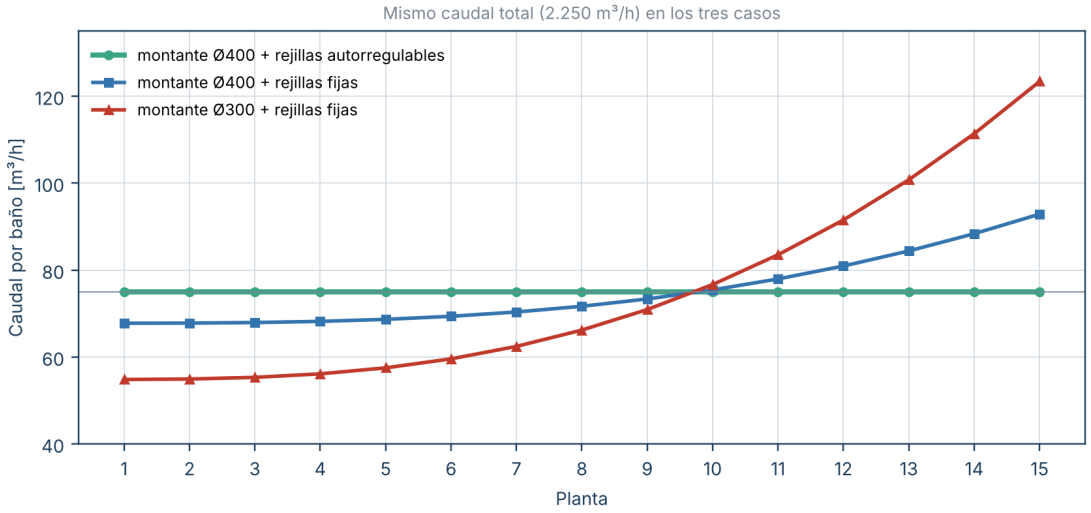


Fig. 29 – Reparto del caudal por planta con el mismo caudal total. Con rejillas fijas, el montante subdimensionado (Ø300) produce un desequilibrio de −27 % a +65 %.

5. Rejillas autorregulables

Una rejilla autorregulable incorpora un elemento que se deforma con la depresión y mantiene un caudal prácticamente constante dentro de un rango de presiones (típicamente 50 – 150 Pa). Mientras la depresión en cada boca quede dentro de ese rango, cada baño extrae su caudal nominal, cualquiera sea su planta, y las variaciones por efecto chimenea o viento quedan absorbidas.

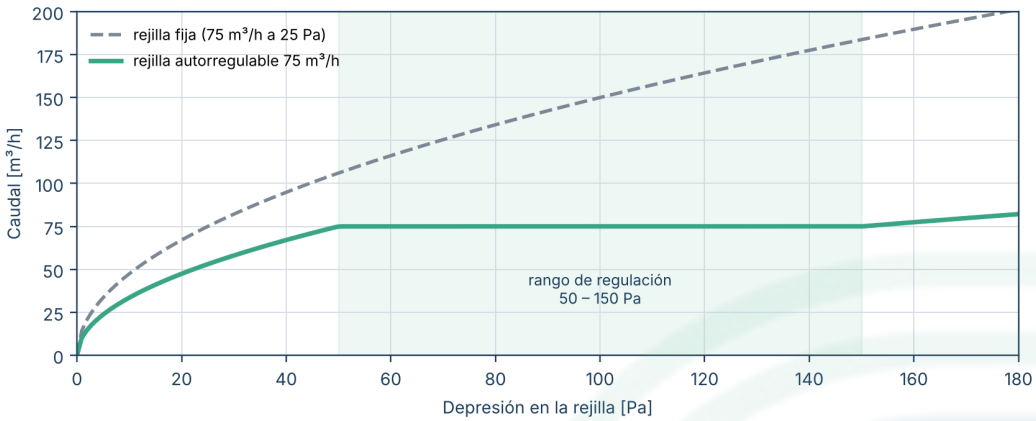


Fig. 30 – Característica caudal–depresión de una rejilla fija y de una autorregulable.

Condiciones de diseño: la boca más desfavorable (planta baja, la más alejada del extractor) debe recibir al menos la depresión mínima de la rejilla más la pérdida de su ramal; la boca más favorable (última planta) no debe superar la depresión máxima del rango.

6. Control a presión constante y efecto chimenea

El efecto chimenea en el montante vale aproximadamente:

$$\Delta P_{chimenea} = (\rho_{ext} - \rho_{int}) \cdot g \cdot H$$

ρ: densidad del aire exterior e interior [kg/m³] · g = 9,81 m/s² · H: altura del montante [m]

Para un montante de 43,5 m con 0 °C en el exterior y 20 °C en el interior resulta ≈ **38 Pa**: del mismo orden que la depresión de diseño. Un extractor EC controlado por un **transmisor de presión** instalado en la parte superior del montante, cuya señal 0–10 V regula directamente la velocidad del motor, mantiene la depresión de consigna aunque cambien la temperatura, el viento o el número de baños en uso, y reduce el consumo cuando el efecto chimenea ayuda.

7. Protección contra incendio y acústica

El montante atraviesa todos los sectores de incendio del edificio, por lo que debe impedirse que el humo pase de una planta a otra a través de él. Las soluciones habituales son colocar una **compuerta cortafuego** en cada conexión o adoptar el sistema de **subconducto (shunt)**, en el que cada ramal asciende al menos una planta dentro del plenum antes de unirse al conducto principal. El plenum debe tener la resistencia al fuego que exija la normativa local.

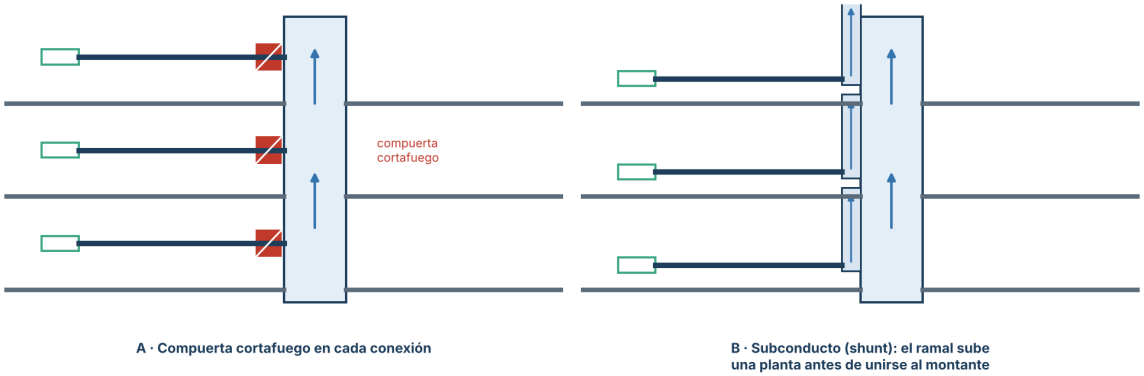


Fig. 31 – Dos soluciones para evitar la propagación de humo entre plantas a través del montante.

Para evitar la transmisión de ruido entre unidades conviene mantener baja la velocidad en ramales y montante, usar ramales con algo de longitud y, en edificios de alta exigencia, conductos flexibles acústicos en las conexiones.

8. Sistema B: extractores individuales y montante en ligera depresión

Cuando se prefiere que cada baño ventile solo mientras se usa, se instala en cada uno un extractor individual que descarga al montante. Ciarrapico propone para esta función sus extractores de baño **BP** y **BPM** (montaje en pared o vidrio) y **BPT** (montaje en techo, con salida a conducto): motor sin escobillas de bajo consumo, protección electrónica y **clapeta antirretorno** incorporada. La clapeta es esencial en un montante colectivo: cuando el extractor está apagado se cierra e impide que el aire del montante —y con él los olores de otras unidades— retorne al baño. Como opcional, los extractores pueden equiparse con **temporizador regulable** (sigue funcionando de 1 a 30 minutos después de apagarlo) o con **sensor de humedad**. En ambos casos el encendido es manual; con el sensor de humedad el apagado es automático cuando la humedad del baño desciende por debajo del umbral ajustado, de modo que el extractor funciona exactamente el tiempo necesario para secar el ambiente.

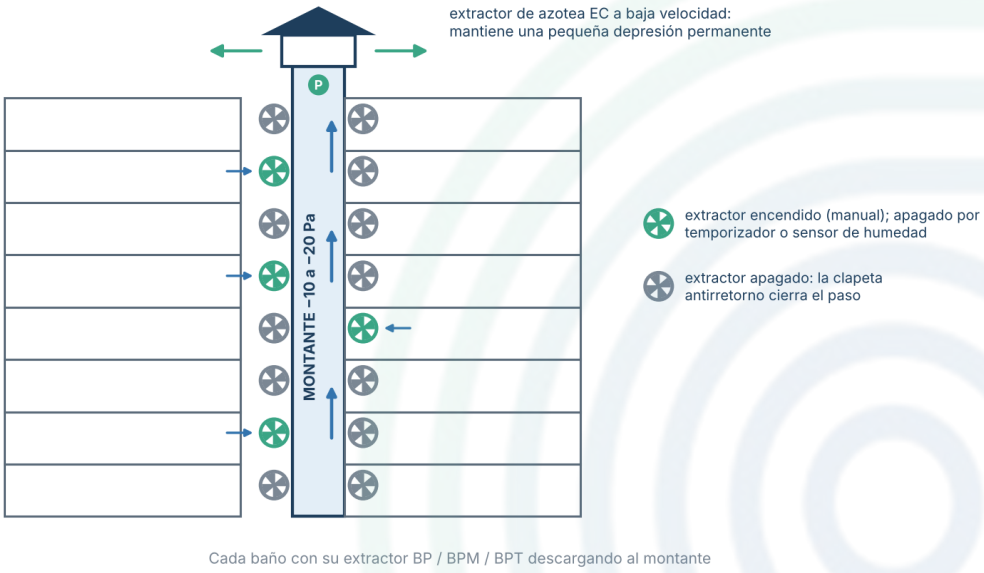


Fig. 32 – Sistema B: cada baño con su extractor individual; el extractor de azotea mantiene una pequeña depresión permanente en el montante.

Lo aconsejado es combinar los extractores individuales con una **pequeña depresión permanente en el montante** (orientativamente del orden de 10 a 20 Pa), creada por un extractor de azotea EC a baja velocidad controlado por presión. Esa depresión aporta tres ventajas:

- Impide que el aire impulsado por un extractor salga por el baño de otra unidad cuyo extractor está apagado: la clapeta antirretorno queda siempre empujada hacia el lado cerrado.
- Los extractores individuales descargan contra una presión menor y entregan un caudal cercano al de catálogo, aunque el montante sea alto.
- El tiro del montante deja de depender del clima: el control por presión compensa el efecto chimenea y el viento.

Modelo	Montaje	Caudal* [m³/h]	Potencia [W]	Ruido [dB(A) a 3 m]
BP 100 · BP 150	pared o vidrio (4" · 6")	130 · 320	12 · 18	31 · 32
BPM 100 · BPM 150	pared o vidrio, frente liso (4" · 6")	95 · 250	12 · 18	31 · 32
BPT-20 · BPT-23 · BPT-25 · BPT-30	techo, salida a conducto	120 · 150 · 150 · 240	30 · 35 · 35 · 40	40 · 41 · 42 · 45 (dB)

** Caudal de catálogo a descarga libre. Elija un modelo cuyo caudal nominal supere con holgura el caudal requerido por baño, ya que el ramal y la rejilla de descarga agregan pérdida; la depresión del montante compensa en parte esa pérdida.*

9. Ejemplo resuelto: torre de 15 plantas (sistema A)

Torre de viviendas de **15 plantas** (2,9 m entre plantas) con **2 baños por planta** conectados al mismo montante. Sistema A, funcionamiento continuo, rejillas autorregulables de **75 m³/h** (rango 50 – 150 Pa), ramales Ø100 de 1,5 m con un codo.

Paso	Cálculo	Resultado
Caudal del montante	15 plantas · 2 baños · 75 m³/h	2.250 m³/h
Diámetro del montante	Ø400 → v en el tramo superior	4,97 m/s
Pérdida del ramal (Ø100, 1,5 m, codo y entrada)	a 75 m³/h	7,6 Pa
Depresión necesaria en la conexión de planta 1	50 Pa (mín. rejilla) + ramal	57,6 Pa
Pérdida del montante entre planta 1 y planta 15	rozamiento + derivaciones	19,9 Pa
Depresión en la conexión de planta 15		77,4 Pa
Depresión sobre la rejilla de planta 15	77,4 – 7,6	69,9 Pa (≤ 150 Pa)
Tramo de azotea y descarga	3 m, codo, persiana	22,3 Pa
Presión del extractor		**100 Pa**

Todas las rejillas trabajan dentro de su rango (entre 50 y 70 Pa), por lo que cada baño extrae sus 75 m³/h. Se selecciona un extractor para **≈ 2.500 m³/h a 100 – 110 Pa** (2.250 m³/h más un 10 % por fugas del conducto), con el transmisor de presión en la parte superior del montante y consigna de ≈ 77 Pa.

A modo de comparación, con rejillas fijas el mismo montante Ø400 reparte entre 68 y 93 m³/h por baño, y un montante Ø300 entre 55 y 123 m³/h (Fig. 2).



Selección con equipos Ciarrapico

- **Extractor centrífugo de azotea Serie AATEC, versión Hongo** (Línea Inverter): motor EC de velocidad variable, montaje sobre el plenum con placa brocal o junta flexible, sin transformaciones ni conductos en la azotea.
- Control a presión constante: transmisor de presión con salida 0–10 V conectado a la entrada de control del motor EC; protecciones eléctricas incorporadas.
- Tamaño (AAT-EC 280 a 630) para 2.500 m³/h a ≈ 110 Pa según Programa de Selección.

  En el sistema B, el mismo extractor, a baja velocidad, mantiene la pequeña depresión permanente del montante.



Extractores individuales Ciarrapico

- **Sistema B – extractores de baño BP, BPM y BPT**: motor BLDC sin escobillas, bajo consumo (12 a 40 W), protección electrónica contra sobrecalentamiento y clapeta antirretorno incorporada, que evita el retorno de aire desde el montante con el extractor apagado.
- Opcionales: **temporizador regulable de 1 a 30 minutos** o **sensor de humedad**. Encendido manual; con sensor, apagado automático al bajar la humedad del umbral ajustado.
- Combinados con el extractor de azotea AATEC manteniendo una pequeña depresión en el montante, forman la solución aconsejada para ventilación a demanda.

Recuerde

Un montante colectivo debe estar siempre en depresión: si el extractor de azotea se detiene, los olores pasan de una unidad a otra. Prevea alarma de falla del extractor y verifique en obra la depresión en las plantas extremas. Las exigencias de resistencia al fuego y de sectorización deben verificarse con el código de edificación local.

ANEXO · REF

Referencias y contacto

NORMAS, BIBLIOGRAFÍA Y EQUIPOS CITADOS

Normas y documentos de referencia

- Ley 19.587 de Higiene y Seguridad en el Trabajo y Decreto reglamentario 351/79, Capítulo 11 (Ventilación). República Argentina.
- Códigos de edificación municipales (por ejemplo, Código de Edificación de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires) y ordenanzas locales.
- ENARGAS, NAG-200: disposiciones y normas para la ejecución de instalaciones domiciliarias de gas (ventilación de ambientes con artefactos a gas).
- ASHRAE Standard 62.1: Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality. ASHRAE Standard 62.2 (residencial).
- ASHRAE Handbook – Fundamentals, capítulo de diseño de conductos (coeficientes de pérdida en accesorios).
- ASHRAE Standard 154: Ventilation for Commercial Cooking Operations · International Mechanical Code (IMC), sección 507.
- NFPA 96: Standard for Ventilation Control and Fire Protection of Commercial Cooking Operations.
- UNE-EN 16282: Equipos para cocinas comerciales – Componentes para la ventilación en cocinas comerciales.
- EN 12101-6 y EN 12101-13: sistemas de presión diferencial (presurización de escaleras) · NFPA 92: Standard for Smoke Control Systems.
- UNE 100166: ventilación de aparcamientos · CTE DB HS 3 · EN 50545-1: detectores de CO y NO_2 en aparcamientos.

Estos apuntes tienen fines formativos: los valores numéricos son orientativos y no reemplazan la verificación de la normativa vigente ni los datos de ensayo de los fabricantes.

Equipos Ciarrapico citados en los ejemplos

Equipo	Tipo	Aplicación en la serie
Serie HCA (100 a 315)	Ventilador helicocentrífugo en línea	AP-02, AP-03, AP-06, AP-07, AP-08
Serie AATEC (hongo / copa)	Extractor centrífugo de azotea EC	AP-05, AP-09, AP-12
Axial Arreglo H · Axial Arreglo EN	Extractor axial de techo · mural enrejado	AP-05
Serie GI	Gabinete de inyección EC con filtro	AP-06
Serie GVEL + controlador con presostato	Gabinete ventilador EC	AP-03, AP-10
ACAH Clase II	Centrífugo autolimitante	AP-10
Serie JF (JF8-EC a JF106-EC)	Jet fans EC con sensor de CO	AP-11 (guía en el sitio web)
Series BP, BPM y BPT	Extractores de baño individuales	AP-07, AP-12
Plenum Fans EC Romulus / Achelous · SCL26	Línea Inverter y control	AP-03

Folletos técnicos, planos y Programa de Selección en **www.ciarrapico.com.ar** (sección Descargas).

Contacto y asesoramiento técnico

Ing. H. Ciarrapico Aerotécnica S.A. · Gral. Martín de Gainza 801, UF N.° 4, Parque Industrial Buen Ayre, Moreno (1664) · Tel. 0237-4691901 · aerotecnica@ciarrapico.com.ar · www.ciarrapico.com.ar