

# Ventilación natural en refugios: diseño de chimeneas y conductos

Autor: EA4IPV

Fecha: 23/03/2026

Categoría: Refugio y Construcción

Etiquetas: Sin etiquetas

## Ventilación natural en refugios: diseño de chimeneas y conductos

La ventilación adecuada de un refugio no es un lujo sino una necesidad fisiológica. Una persona en reposo consume aproximadamente 0,5 litros de oxígeno por minuto y exhala 0,4 litros de CO<sub>2</sub>. En un refugio hermético de 20 m<sup>3</sup> con dos ocupantes, el nivel de CO<sub>2</sub> superaría las 5.000 ppm (nivel peligroso para la salud) en menos de 3 horas. Además de la acumulación de CO<sub>2</sub>, la falta de ventilación provoca condensación interior (cada persona exhala 200-300 ml de vapor de agua por hora), que empapa las paredes, el equipo y la ropa, reduciendo drásticamente el aislamiento térmico. La ventilación natural aprovecha dos principios físicos fundamentales —el efecto chimenea (convección por diferencia de temperatura) y el efecto Venturi (depresión por viento)— para renovar el aire sin necesidad de energía mecánica.

### Principios físicos de la ventilación natural

Comprender la física detrás del movimiento del aire permite diseñar sistemas de ventilación eficientes adaptados a cualquier tipo de refugio.

**Efecto chimenea (stack effect):** El aire caliente es menos denso que el frío y tiende a ascender. Si un refugio tiene una abertura baja (entrada de aire fresco) y una alta (salida de aire caliente), se establece un flujo ascendente natural. La fuerza de este flujo es proporcional a la diferencia de temperatura entre interior y exterior y a la distancia vertical entre las aberturas. Con una diferencia de 10 °C y una distancia vertical de 2 metros, el caudal natural puede alcanzar los 30-50 litros por segundo con aberturas de 200 cm<sup>2</sup>.

**Efecto Venturi (inducción por viento):** Cuando el viento sopla sobre una abertura orientada correctamente, genera una zona de baja presión que succiona el aire del interior. Este efecto es especialmente potente si la salida de aire se coloca en la parte alta del refugio, en la zona de sotavento (lado opuesto a donde viene el viento). Un capuchón o sombrerete sobre la chimenea con forma deflectora puede amplificar este efecto hasta duplicar el caudal de aire.

**Presión diferencial por viento:** La cara del refugio expuesta al viento (barlovento) tiene presión positiva; la cara opuesta (sotavento) tiene presión negativa. Colocar una entrada de aire en barlovento y una salida en sotavento genera un flujo cruzado constante. Con viento de solo 10 km/h, la diferencia de presión puede ser de 10-15 Pa, suficiente para ventilar un refugio de 20-30 m<sup>2</sup> incluso con aberturas pequeñas.

### Diseño de la chimenea de ventilación

Una chimenea de ventilación no es lo mismo que una chimenea de hogar, aunque pueden combinarse. Su

función exclusiva es extraer aire viciado del interior por efecto chimenea, sin necesidad de fuego (aunque un fuego en su base multiplica su eficiencia).

Parámetro

Valor recomendado

Efecto en el rendimiento

Sección del conducto

150-300 cm<sup>2</sup>

Menor sección = mayor velocidad pero mayor resistencia por fricción

Altura del conducto

2-4 m sobre la entrada de aire

Cada metro adicional aumenta el tiro un 10-15 %

Material del conducto

Piedra, ladrillo, madera revestida de barro

Paredes lisas reducen la fricción y mejoran el flujo

Sombrerete

Tipo H o tipo deflector giratorio

Evita la entrada de lluvia y mejora el tiro con viento

Registro regulable

Compuerta deslizante o tapón ajustable

Permite cerrar la ventilación parcial o totalmente en condiciones extremas

La fórmula simplificada para el caudal de una chimenea de ventilación es:  $Q = C \times A \times \sqrt{(2 \times g \times H \times \Delta T / T_{ext})}$ , donde Q es el caudal en m<sup>3</sup>/s, C es el coeficiente de descarga (0,6-0,7 para conductos simples), A es el área de la sección en m<sup>2</sup>, g es la gravedad (9,81 m/s<sup>2</sup>), H es la altura en metros,  $\Delta T$  es la diferencia de temperatura y T<sub>ext</sub> es la temperatura exterior en Kelvin. Para un refugio habitual con chimenea de 200 cm<sup>2</sup>, 3 m de altura y 10 °C de diferencia, esto da aproximadamente 25-30 litros por segundo, suficiente para 4-5 personas.

Entradas de aire fresco: ubicación y dimensionado

La entrada de aire es tan importante como la salida. Sin entrada adecuada, la chimenea no puede funcionar: se crearía un vacío parcial que frenaría el flujo ascendente.

Ubicación: Colocar las entradas de aire fresco lo más bajas posible, idealmente a nivel del suelo o ligeramente por encima. La mayor distancia vertical entre entrada y salida maximiza el efecto chimenea. Si hay fuego en el refugio, la entrada debe estar en el lado opuesto a la chimenea del hogar para que el aire fresco bañe toda la estancia antes de ser extraído.

Dimensionado: La sección total de las entradas debe ser al menos 1,5 veces la sección de la salida. Esto

garantiza que la entrada no sea el cuello de botella del sistema. Para un conducto de salida de 200 cm<sup>2</sup>, las entradas deben sumar al menos 300 cm<sup>2</sup>. Es mejor tener varias entradas pequeñas que una grande, para distribuir el flujo y evitar corrientes de aire molestas.

**Precalentamiento del aire:** En climas fríos, el aire entrante puede enfriarse bruscamente el refugio. Una solución tradicional es el "tubo canadiense" o "pozo provenzal": un conducto subterráneo de 10-20 metros de longitud enterrado a 1,5-2 metros de profundidad. La temperatura del suelo a esa profundidad se mantiene estable todo el año entre 10-15 °C, de modo que el aire exterior se atempera al pasar por el conducto antes de entrar al refugio.

**Protección contra insectos y roedores:** Cubrir todas las aberturas con malla metálica de 1-2 mm de luz o, en su defecto, tela mosquitera tensa. Sin acceso a malla, un filtro improvisado con varias capas de tela de algodón tupida o musgo compactado frena la entrada de insectos, aunque reduce el caudal de aire un 15-25 %.

#### Ventilación de refugios subterráneos y semienterrados

Los refugios subterráneos presentan desafíos específicos: no hay viento que ayude y la diferencia de temperatura interior-exterior puede ser mínima en verano. La solución clásica es combinar una chimenea de ventilación alta con un conducto de entrada que emerja a nivel del suelo a distancia.

**Chimenea solar:** Pintar o cubrir el exterior de la chimenea con material oscuro (barro negro, hollín, chapa metálica ennegrecida). La radiación solar calienta el conducto, que a su vez calienta el aire en su interior y lo hace ascender más rápido. Una chimenea pintada de negro expuesta al sol puede generar un  $\Delta T$  de 15-25 °C adicionales respecto a una sin tratamiento, duplicando el caudal de ventilación.

**Ventilación forzada pasiva con vela:** Una vela o lámpara de aceite colocada en la base de la chimenea de ventilación calienta el aire y genera un tiro ascendente significativo. Una sola vela estándar produce unos 80 W de calor, suficientes para crear una diferencia de temperatura de 5-8 °C en un conducto de 200 cm<sup>2</sup> de sección, lo que genera un caudal de 10-15 litros por segundo.

**Múltiples conductos:** Los refugios subterráneos de más de 15 m<sup>2</sup> o con más de 4 ocupantes necesitan al menos dos chimeneas de ventilación independientes en extremos opuestos y dos entradas de aire. Esto crea un circuito de aire redundante: si una chimenea queda bloqueada o el viento cambia de dirección, la otra sigue funcionando.

**Radón en refugios subterráneos:** El radón es un gas radiactivo natural que emana del suelo, especialmente en terrenos graníticos. En refugios subterráneos mal ventilados puede acumularse hasta niveles peligrosos (>300 Bq/m<sup>3</sup>). La ventilación constante es la única protección efectiva. Si se percibe un aire denso y viciado persistente a pesar de la ventilación mecánica, considera sellar el suelo del refugio con una capa de arcilla apisonada de 10-15 cm o lámina plástica como barrera anti-radón.

⚠ **Advertencia:** Esta información es orientativa y educativa. En situaciones de emergencia real, consulte a profesionales cualificados siempre que sea posible. No ponga en riesgo su vida ni la de otros sin la formación adecuada.