

# Sistemas de Ventilación Natural en Refugios Cerrados

Autor: EA4IPV

Fecha: 23/03/2026

Categoría: Refugio y Construcción

Etiquetas: Sin etiquetas

## Sistemas de Ventilación Natural en Refugios Cerrados

La ventilación adecuada es un aspecto crítico y frecuentemente subestimado en la construcción de refugios de emergencia. Un refugio cerrado sin ventilación puede acumular niveles peligrosos de CO<sub>2</sub> en pocas horas: una persona en reposo produce aproximadamente 200 ml de CO<sub>2</sub> por minuto, y con cuatro ocupantes la concentración puede superar las 5.000 ppm (límite de exposición laboral) en menos de 3 horas en un espacio de 10 m<sup>3</sup>. Si se utiliza cualquier fuente de combustión interior (velas, estufas, lámparas), el riesgo de intoxicación por monóxido de carbono se suma al problema del CO<sub>2</sub>. Comprender los principios de ventilación natural permite diseñar refugios que mantengan el aire respirable sin sacrificar el aislamiento térmico.

## Principios Físicos de la Ventilación Natural

La ventilación natural se basa en dos fenómenos físicos fundamentales: el efecto chimenea (convección térmica) y la ventilación cruzada (diferencia de presión por viento). Entender ambos permite diseñar sistemas que funcionen incluso sin viento exterior.

El efecto chimenea se produce porque 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 abertura alta (salida de aire viciado), se genera un flujo continuo de renovación. La velocidad del flujo aumenta con la diferencia de altura entre ambas aberturas y con la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior.

### Diferencia de altura

$\Delta T = 5^{\circ}\text{C}$

$\Delta T = 10^{\circ}\text{C}$

$\Delta T = 20^{\circ}\text{C}$

1 metro

0,3 m/s

0,4 m/s

0,6 m/s

2 metros

0,4 m/s

0,6 m/s

0,8 m/s

3 metros  
0,5 m/s  
0,7 m/s  
1,0 m/s

La ventilación cruzada aprovecha las diferencias de presión creadas por el viento alrededor del refugio. La fachada que recibe el viento (barlovento) experimenta presión positiva, mientras que la opuesta (sotavento) tiene presión negativa. Colocando aberturas en ambas fachadas, el aire fluye naturalmente desde la zona de alta presión hacia la de baja presión.

#### Cálculo de Necesidades de Ventilación

Para determinar el caudal de ventilación necesario hay que considerar el número de ocupantes, el volumen del refugio y la presencia o ausencia de fuentes de combustión. Los estándares de ingeniería establecen un mínimo de 8-10 litros por segundo por persona para mantener niveles aceptables de CO<sub>2</sub> (por debajo de 1.000 ppm).

Escenario  
Ocupantes  
Caudal mínimo  
Tamaño abertura mínima (efecto chimenea,  $\Delta T=10^{\circ}\text{C}$ )

Refugio individual  
1-2  
20 l/s  
80-100 cm<sup>2</sup> (tubo de 10 cm Ø)

Refugio familiar  
3-5  
50 l/s  
200-250 cm<sup>2</sup> (tubo de 18 cm Ø)

Refugio grupal  
6-10  
100 l/s  
400-500 cm<sup>2</sup> (abertura de 20×25 cm)

Con estufa/vela  
Cualquiera  
+30-50 l/s adicionales  
Duplicar la abertura de salida

Estos cálculos son orientativos. En la práctica, la regla simple es: si se empaña el interior del refugio con condensación excesiva, la ventilación es insuficiente. Si una vela colocada junto a la abertura de salida parpadea hacia afuera, el efecto chimenea está funcionando correctamente.

**Riesgo vital:** Nunca selle completamente un refugio para conservar calor si hay una fuente de combustión en su interior. El monóxido de carbono (CO) es inodoro e incoloro y puede causar la muerte en concentraciones que pasan completamente inadvertidas. Siempre mantenga al menos dos aberturas de ventilación activas.

### Diseños Prácticos de Ventilación

Los siguientes sistemas pueden implementarse con materiales mínimos y son compatibles con la mayoría de tipos de refugio de emergencia.

**Chimenea solar pasiva:** Un tubo vertical (puede ser un cilindro de latas unidas o un tubo de PVC reciclado) pintado de negro en su exterior y orientado al sol. El tubo se calienta, el aire interior asciende y succiona aire fresco del refugio a través de una abertura baja. Eficaz incluso sin viento, funciona mientras haya radiación solar. Altura mínima recomendada: 1,5 metros sobre el techo.

**Ventilación cruzada regulable:** Dos aberturas opuestas con tapones ajustables (tela enrollable, tablas deslizantes). La entrada de aire fresco se sitúa a 20-30 cm del suelo y la salida a menos de 30 cm del techo. Permite regular el flujo según la temperatura exterior cerrando parcialmente las aberturas.

**Sistema de doble pared ventilada:** Si el refugio tiene doble pared (aislante + exterior), dejar una cámara de aire de 5-10 cm entre ambas con aberturas en la base y la parte superior. El aire circula por la cámara arrastrando humedad y regulando la temperatura sin corrientes directas sobre los ocupantes.

**Conducto subterráneo de enfriamiento:** Un tubo enterrado a 50-80 cm de profundidad que conecta el exterior con el interior del refugio. La tierra a esa profundidad mantiene una temperatura estable (12-16°C en climas templados), por lo que el aire se enfría en verano y se calienta ligeramente en invierno al pasar por el conducto. Longitud mínima efectiva: 6-8 metros.

### Control de Humedad y Condensación

La condensación es uno de los problemas más comunes en refugios cerrados. Cada persona exhala aproximadamente 50-80 ml de agua por hora durante el sueño. En un refugio con cuatro ocupantes, esto significa más de un litro de agua liberada al aire interior cada noche, que se condensará en las superficies más frías.

La condensación no solo moja ropa y equipamiento sino que favorece el crecimiento de moho, que puede causar problemas respiratorios graves en pocos días. El objetivo de la ventilación en este contexto es evacuar el aire húmedo antes de que alcance el punto de rocío sobre las paredes interiores.

**Barrera de vapor interior:** Colocar una lámina de plástico en la cara interior de las paredes, dejando una cámara de aire de 2-3 cm. La condensación se forma sobre el plástico (no sobre el aislante) y escurre hacia la base donde puede recogerse.

**Materiales absorbentes:** Colgar bolsas de tela rellenas de carbón vegetal, sal gruesa o arroz crudo en las

esquinas del refugio. Estos materiales absorben humedad y pueden regenerarse secándolos al sol periódicamente.

**Ventilación nocturna mínima:** Incluso en noches frías, mantener la abertura de salida superior parcialmente abierta (al menos un 25% de su capacidad). La pérdida de calor es preferible a dormir en un ambiente saturado de humedad.

**Indicador casero de humedad:** Cuelgue una piña de pino en el interior del refugio. Las escamas se cierran cuando la humedad supera el 65-70% y se abren cuando desciende del 50%. Es un higrómetro natural fiable y sin coste.

### Ventilación en Refugios Subterráneos y Semienterrados

Los refugios enterrados presentan desafíos de ventilación específicos. Al estar rodeados de tierra, no pueden aprovechar la ventilación cruzada por viento y dependen casi exclusivamente del efecto chimenea y de conductos dedicados.

**Tubo de admisión en L:** Un tubo en forma de L con la boca horizontal mirando a sotavento del viento dominante, a ras de suelo. El codo inferior impide la entrada de agua de lluvia. Diámetro mínimo: 15 cm para 2-3 ocupantes. La boca debe protegerse con una malla metálica para evitar la entrada de animales e insectos.

**Chimenea de extracción:** Un tubo vertical que sobresalga al menos 1 metro sobre el nivel del terreno, situado en el punto más alto del refugio. Si se pinta de negro, actúa como chimenea solar durante el día. Diámetro mínimo: 15-20 cm.

**Válvula antirretorno manual:** En refugios diseñados para protección NBQ (nuclear, biológica, química), la abertura de admisión debe tener un filtro (mínimo un paño húmedo multicapa) y una tapa que permita cerrar completamente en caso de contaminación exterior.

La regla básica para refugios enterrados es contar siempre con dos puntos de ventilación separados al menos 2 metros entre sí y a diferentes alturas. Si solo se dispone de un conducto, este debe ser lo suficientemente grande para permitir flujo bidireccional (mínimo 25 cm de diámetro), aunque este diseño es mucho menos eficiente.

**Importante:** Antes de entrar en un refugio subterráneo cerrado durante tiempo, compruebe la calidad del aire encendiendo una vela en la entrada. Si la llama se apaga o reduce significativamente, el nivel de oxígeno es peligrosamente bajo. Ventile el espacio antes de entrar.

⚠ **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.