

Producción de Cal Viva y Cal Apagada: Horno de Cal y Aplicaciones

Autor: EA4IPV

Fecha: 23/03/2026

Categoría: Seguridad Perimetral

Etiquetas: Sin etiquetas

Producción de Cal Viva y Cal Apagada: Horno de Cal y Aplicaciones

La cal es uno de los materiales más antiguos y versátiles producidos por la humanidad. La cal viva (óxido de calcio, CaO) se obtiene calcinando piedra caliza (carbonato de calcio, CaCO_3) a temperaturas superiores a $900\text{ }^{\circ}\text{C}$. Al hidratarla con agua se transforma en cal apagada (hidróxido de calcio, Ca(OH)_2), una base fuerte con pH 12-13 que tiene aplicaciones en construcción (mortero, encalado), agricultura (corrección de suelos ácidos), tratamiento de agua, curtido de pieles y fabricación de jabón. La producción artesanal de cal requiere un horno sencillo y abundante combustible.

Química de la calcinación

La reacción de calcinación de la piedra caliza es una descomposición térmica endotérmica: $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$. La reacción comienza a aproximadamente $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ pero procede a velocidad práctica a partir de $900\text{ }^{\circ}\text{C}$. La temperatura óptima para calcinación completa es $900\text{-}1.100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Por encima de $1.300\text{ }^{\circ}\text{C}$ se produce la «sobrecocción» (sinterización), que genera cal poco reactiva y difícil de hidratar. La entalpía de la reacción es $+178\text{ kJ/mol}$, lo que significa que se necesita una cantidad considerable de energía calorífica.

Parámetro

Valor

Temperatura de descomposición

$\geq 900\text{ }^{\circ}\text{C}$ (óptima: $900\text{-}1.100\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Entalpía de reacción

$+178\text{ kJ/mol}$ (endotérmica)

Pérdida de masa

44 % (se libera CO_2)

Densidad de la cal viva

$3,34\text{ g/cm}^3$

Peso molecular $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO}$

$100,09 \rightarrow 56,08\text{ g/mol}$

Combustible necesario

3-5 kg de leña seca por cada kg de cal viva producida

Duración de la calcinación

24-72 horas según tamaño del horno

Peligros de la cal viva: La cal viva reacciona violentamente con el agua, generando calor suficiente para alcanzar 300 °C y provocar quemaduras graves. Causa quemaduras químicas por contacto con piel húmeda y daño ocular severo. Manipular siempre con guantes gruesos, protección ocular y en exteriores. No almacenar en recipientes herméticamente cerrados: la absorción de humedad ambiental puede generar presión.

Construcción de un horno de cal artesanal

El horno de cal más sencillo es una estructura excavada en una pendiente o construida con piedra que permite alcanzar y mantener temperaturas superiores a 900 °C durante un período prolongado. El diseño básico es un tronco de cono invertido con una abertura inferior para el combustible y una salida superior para los gases.

Horno de zanja (método más sencillo): Excavar una zanja de 1,5-2 m de profundidad y 1-1,5 m de diámetro en una ladera. Revestir con piedras o arcilla refractaria si es posible. En el fondo, crear una cámara de combustión con un canal de acceso lateral para alimentar el fuego. Sobre una parrilla de piedras planas o barras de hierro, apilar trozos de caliza del tamaño de un puño (5-15 cm) en una bóveda autosoporte. Dejar espacios entre las piedras para permitir el paso de los gases calientes.

Carga y encendido: Alternar capas de caliza y combustible (leña seca, carbón vegetal) si se usa el método de carga mixta. Alternativamente, mantener el combustible solo en la cámara inferior y alimentar continuamente. Se necesitan 3-5 kg de madera seca por cada kg de cal viva a producir. Encender el fuego y aumentar la temperatura gradualmente durante las primeras 4-6 horas para evitar que las piedras estallen por choque térmico.

Control de temperatura: Mantener la temperatura entre 900-1.100 °C durante 24-48 horas. Indicadores visuales: a 900 °C las piedras brillan con un rojo cereza oscuro; a 1.000-1.100 °C, rojo cereza brillante a naranja. Si se alcanza el amarillo (>1.200 °C), reducir el combustible. El proceso está completo cuando las piedras han perdido aproximadamente el 40 % de su peso y suenan huecas al golpearlas.

Enfriamiento y extracción: Dejar enfriar el horno naturalmente durante 24-48 horas sin abrir. La cal viva resultante es blanca, porosa y ligera. Almacenar inmediatamente en recipientes secos y cerrados para evitar que absorba humedad del aire (se apaga espontáneamente). Un horno artesanal de 1 m³ produce aproximadamente 200-300 kg de cal viva por hornada.

Apagado de la cal y tipos de producto

La hidratación de la cal viva (apagado) es una reacción exotérmica violenta: $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$. Libera 65 kJ/mol, suficiente para elevar la temperatura a 300 °C si no se controla. Existen dos métodos de apagado según el producto deseado.

Tipo de apagado

Proporción agua:cal

Producto resultante

Uso principal

Apagado en polvo (seco)

0,6-0,7 : 1 (en peso)

Cal hidratada en polvo (Ca(OH)_2)

Encalado, desinfección, corrección de suelos

Apagado en pasta (exceso de agua)

3-4 : 1 (en peso)

Pasta de cal (cal en pasta)

Mortero de cal, estuco, pintura de cal

Lechada de cal

10-20 : 1 (en peso)

Suspensión líquida blanquecina

Tratamiento de agua, blanqueo, desinfección

Procedimiento de apagado en polvo: En un recipiente resistente al calor (metal, piedra, nunca plástico), colocar la cal viva y rociar agua lentamente. La cal crepita, emite vapor y se calienta intensamente. Añadir solo la cantidad justa de agua (60-70 % del peso de la cal). El resultado es un polvo blanco fino que se desmorona al tacto.

Maduración de la cal en pasta: La cal apagada en exceso de agua mejora con el tiempo: las partículas de hidróxido de calcio se reducen progresivamente de tamaño, produciendo una pasta más cremosa y trabajable. Los romanos exigían al menos 3 años de maduración para morteros de calidad. Incluso un reposo de 2-4 semanas mejora notablemente las propiedades del mortero.

Aplicaciones prácticas de la cal

Mortero de cal (construcción): Mezclar 1 parte de cal en pasta con 2-3 partes de arena limpia. El fraguado ocurre por carbonatación: $\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$. La cal absorbe CO_2 del aire y se reconvierte en piedra caliza, cerrando el ciclo. El proceso de fraguado tarda semanas a meses. El mortero de cal es flexible (absorbe movimientos), transpirable y autodidacta (las grietas se rellenan parcialmente por recristalización).

Tratamiento de agua: Añadir lechada de cal al agua turbia (0,5-2 g/L de Ca(OH)_2) eleva el pH a 10-11, precipita los sólidos en suspensión, elimina la dureza temporal (bicarbonatos) y destruye la mayoría de bacterias y virus. Tras 2-4 horas de sedimentación, decantar el agua clara y neutralizar con vinagre o CO_2 (burbujear aire) hasta pH 7-8 antes de beber.

Corrección de suelos ácidos: Aplicar 100-300 g/m² de cal hidratada en suelos con pH inferior a 5,5. Incorporar al suelo con rastrillo. Esperar 2-4 semanas antes de sembrar. La cal neutraliza la acidez, libera nutrientes bloqueados (fósforo, molibdeno) y mejora la estructura del suelo arcilloso por floculación.

Desinfección y usos sanitarios: La lechada de cal es un desinfectante eficaz para letrinas, establos, y eliminación de cadáveres de animales (prevención de epidemias). Su pH de 12-13 destruye la mayoría de patógenos. El encalado de paredes (pintura de cal) es fungicida y antibacteriano, tradición practicada en el Mediterráneo durante milenios.

Nixtamalización del maíz: Cocer el maíz en agua con un 1-2 % de cal apagada (10-20 g/L) durante 30-60 minutos. La cal disuelve la cáscara del grano (pericarpio), libera la niacina (vitamina B₃) que de otro modo es inaccesible, y mejora la biodisponibilidad de las proteínas. Sin nixtamalización, una dieta basada en maíz causa pelagra por deficiencia de niacina.

⚠ **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.