

Producción de Gas de Madera (Gasógeno): Combustible para Motores

Autor: EA4IPV

Fecha: 23/03/2026

Categoría: Seguridad Perimetral

Etiquetas: Sin etiquetas

Producción de Gas de Madera (Gasógeno): Combustible para Motores

El gas de madera (gas de síntesis o gas pobre) es una mezcla combustible de monóxido de carbono (CO, 18-22%), hidrógeno (H₂, 15-20%), metano (CH₄, 2-4%), dióxido de carbono (CO₂, 10-12%) y nitrógeno (N₂, 45-55%) producida por la gasificación incompleta de biomasa sólida a 700-1200 °C con suministro restringido de aire. Durante la Segunda Guerra Mundial, más de un millón de vehículos en Europa funcionaron con gasógenos de madera ante la escasez de gasolina — solo en Suecia había 73.000 vehículos equipados en 1945. Un gasógeno bien diseñado puede alimentar un motor de gasolina de 4 cilindros con una potencia reducida al 40-60% de la nominal, consumiendo 2,5-3,5 kg de madera seca por cada litro equivalente de gasolina.

Termoquímica de la gasificación

La gasificación de biomasa ocurre en cuatro zonas dentro del reactor, cada una con reacciones distintas. La zona de secado (100-200 °C) evapora la humedad de la madera. La zona de pirólisis (200-600 °C) descompone la celulosa y lignina en volátiles (alquitranes, ácido acético, metanol), gases ligeros y carbón vegetal (char). La zona de combustión (800-1200 °C) quema parte del char con el aire restringido proporcionando el calor para todo el proceso. La zona de reducción (600-900 °C) es donde ocurren las reacciones clave que producen el gas combustible:

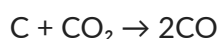
Reacción

Ecuación

ΔH (kJ/mol)

Tipo

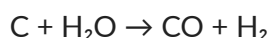
Boudouard



+172

Endotérmica

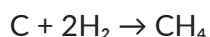
Reacción agua-gas



+131

Endotérmica

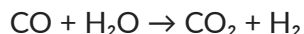
Metanación



-75

Exotérmica

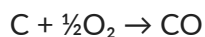
Water-gas shift



-41

Exotérmica

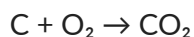
Combustión parcial



-111

Exotérmica

Combustión completa



-394

Exotérmica

El balance energético global es endotérmico: se necesita quemar parte del combustible (20-30%) para proporcionar calor a las reacciones de reducción. El poder calorífico del gas producido es bajo: 4,5-6 MJ/m³ (comparado con 36 MJ/m³ del gas natural), de ahí el nombre "gas pobre". Sin embargo, la eficiencia global del sistema gasógeno + motor puede alcanzar el 15-25%, comparable a un motor diésel pequeño.

Diseño del gasógeno tipo Imbert (downdraft)

El gasógeno tipo Imbert, desarrollado por el ingeniero sueco Gustav Imbert en los años 1920, es el diseño más exitoso para motores de combustión interna porque produce gas con bajo contenido de alquitrán. El diseño "downdraft" (corriente descendente) fuerza a los gases de pirólisis a pasar a través de la zona de combustión incandescente, craqueando los alquitranes (compuestos orgánicos pesados) en gases ligeros. Un gasógeno Imbert bien operado produce menos de 100 mg/m³ de alquitrán, frente a los 10.000-50.000 mg/m³ de un diseño updraft.

Tolva de alimentación: Cilindro superior de acero de 3-5 mm de espesor, diámetro 30-40 cm, altura 60-80 cm. Tapa hermética con junta. Capacidad para 15-25 kg de madera troceada (cubos de 3-5 cm).

Alimentación por gravedad.

Zona de estrangulamiento (garganta): Constricción a diámetro 8-12 cm (según potencia del motor) justo debajo de las toberas de aire. Obliga al gas a alcanzar 1000-1200 °C, destruyendo alquitranes. Se fabrica con acero refractario o ladrillo refractario.

Toberas de aire: 3-5 tubos de acero inoxidable de 10-15 mm apuntando hacia el centro de la garganta. El aire entra por succión del motor (no necesita soplador). Flujo: 2,5 m³ de aire por m³ de gas producido.

Zona de reducción: Debajo de la garganta, rellena de carbón vegetal grueso (20-40 mm) que actúa como lecho reductor. Altura del lecho: 20-30 cm. Se consume lentamente y se repone con el char de la pirólisis.

Cenicero: Base con rejilla para retirar cenizas. Limpieza cada 20-50 horas de operación.

Sistema de filtrado y refrigeración del gas

El gas que sale del gasógeno está a 300-500 °C y contiene partículas (cenizas volantes, hollín), vapor de agua y trazas de alquitrán residual. Antes de alimentar un motor, debe enfriarse a menos de 40 °C y filtrarse a menos de 10 mg/m³ de partículas. El sistema típico incluye:

Un ciclón separador (tubo cónico donde el gas entra tangencialmente y las partículas se depositan por fuerza centrífuga en la base) elimina el 80-90% de las partículas gruesas. Le sigue un intercambiador de calor (tubo de acero en forma de serpentín expuesto al aire o un radiador de coche reciclado) que reduce la temperatura a 50-60 °C y condensa parte del agua y alquitranes pesados. Finalmente, un filtro de tela o serrín fino elimina las partículas restantes.

Etapa

Temperatura entrada

Eliminación partículas

Material

Ciclón

300-500 °C

80-90% (> 10 µm)

Chapa de acero 2 mm

Enfriador

300 → 50 °C

Condensación alquitrán

Radiador o serpentín

Filtro grueso

50 °C

> 5 µm

Viruta de madera o tela

Filtro fino

30-40 °C

> 1 µm

Serrín, algodón o fieltro

Peligro mortal: El gas de madera contiene 18-22% de monóxido de carbono (CO), un gas inodoro y letal a concentraciones superiores a 800 ppm (0,08%). La exposición a 1% de CO en aire causa la muerte en 1-3 minutos. NUNCA operar un gasógeno en espacios cerrados. Todas las uniones deben ser estancas. Siempre operar al aire libre o con ventilación mecánica forzada. Disponer de un detector de CO.

Adaptación de motores y operación práctica

Un motor de gasolina convencional (ciclo Otto) funciona con gas de madera sin modificaciones internas. Solo se necesita un mezclador aire-gas (similar a un carburador) que mezcle el gas con aire fresco en proporción estequiométrica (aproximadamente 1:1 en volumen para gas de madera, frente a 15:1 aire:gasolina). Se instala una válvula mariposa para regular la potencia y se conserva la posibilidad de arrancar con gasolina (el gasógeno tarda 5-15 minutos en producir gas de calidad).

La pérdida de potencia respecto a gasolina es del 35-50% debido al menor poder calorífico de la mezcla y a la menor velocidad de combustión del CO. Un motor de 2.0 L que produce 80 CV con gasolina dará 40-50 CV con gas de madera. El consumo de madera seca es de 2,5-3,5 kg por kWh mecánico, equivalente a 3-4 kg de madera por litro de gasolina. Con un depósito (tolva) de 25 kg, la autonomía es de 40-80 km dependiendo del terreno y la eficiencia del sistema.

Combustible

Poder calorífico (MJ/m³)

Relación aire:gas

Potencia relativa

Gas de madera

4,5-6,0

1:1

40-60%

Gas natural (CH₄)

36

10:1

100% (ref.)

GLP (propano)

91

24:1

95-100%

Biogás (60% CH₄)

22

6:1

70-80%

⚠ 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.