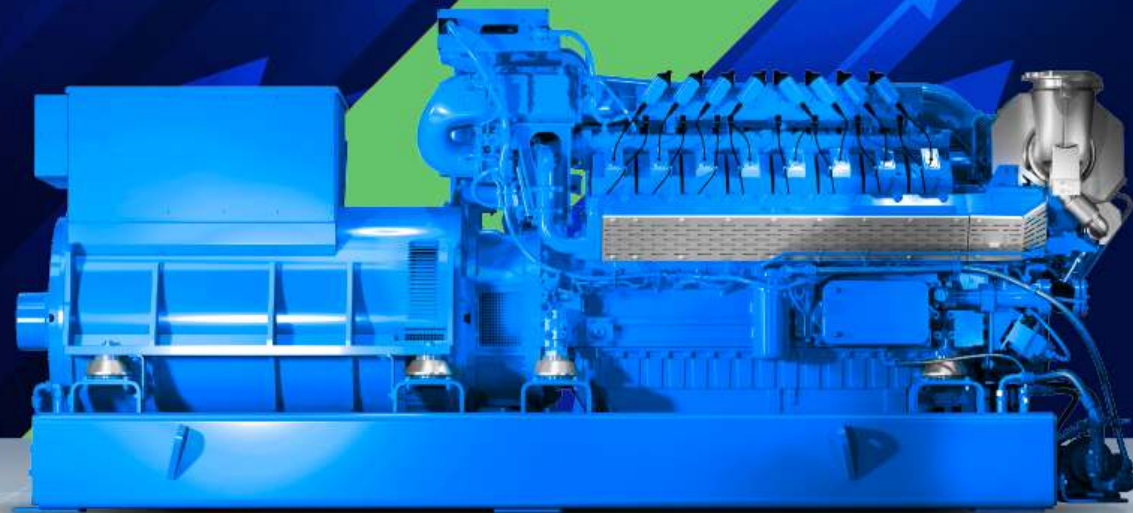


MWM Soluciones de generación de energía a base de hidrógeno

HYDROGEN
POWER 



Agenda

1. ¿Cuáles son las características del hidrógeno como combustible?
2. ¿Cómo funciona el hidrógeno como combustible en motores alternativos?
3. ¿Qué puede ofrecer MWM para hidrógeno?
4. Referencias y experiencia de MWM con el hidrógeno como combustible



Agenda








1. **¿Cuáles son las características del hidrógeno como combustible?**
2. ¿Cómo funciona el hidrógeno como combustible en motores alternativos?
3. ¿Qué puede ofrecer MWM para hidrógeno?
4. Referencias y experiencia de MWM con el hidrógeno como combustible



¿Qué es el hidrógeno?

- Gas incoloro e inodoro, pero puede almacenarse como líquido criogénico
- Sustancia química más abundante en el universo
- Muy reactiva, no se encuentra libremente en la naturaleza. Debe extraerse de compuestos naturales (consume mucha energía)
- Principales usos actuales:
 - Refinerías para la mejora de combustibles fósiles, hidrosulfuración e hidro-cracking
 - Producción de amoníaco y metanol
 - Producción de acero

Colores del hidrógeno según su origen

Tipo	Fuente combustible	Proceso	Coste relativo en 2020 USD/kg H ₂	Intensidad emisiones GHG kgCO ₂ e / kgH ₂
Gris	Gas natural	Reformado de metano (Steam methane reforming)		8 – 12
Azul	Gas natural	Reformado de metano con captura de CO ₂		0.6 – 1
Verde	Electricidad renovable	Electrolisis		~0
Marrón	Carbón	Gasificación		18 – 20
Turquesa	Gas natural	Pirolisis		5 – 11
Amarillo	Electricidad de red	Electrolisis		0 – 9
Rosa	Nuclear	Electrolisis		0 – 0.4

*Fuentes: IHS Markit, "Can batteries play a role in green hydrogen production?," 2001., Iberdrola, NREL.

Comparación con otros combustibles

	Hidrógeno	Gas Natural	Diesel
Color	No	No	No
Toxicidad	No	Algo	Alta
Olor	Sin olor	Mercaptano	Sí
Densidad Relativo al aire	14x Ligero	2x Ligero	4x Pesado
Energía Por Masa	2.8x > Diesel	~1.2x > Diesel	43 MJ/kg
Energía Por Volumen	4.5x < Diesel	1.6x < Diesel	35 MJ/L

Agenda

1. ¿Cuáles son las características del hidrógeno como combustible?
- 2. ¿Cómo funciona el hidrógeno como combustible en motores alternativos?**
3. ¿Qué puede ofrecer MWM para hidrógeno?
4. Referencias y experiencia de MWM con el hidrógeno como combustible



Cómo ...

Consideraciones de diseño en los motores alternativos

Aunque gran parte del motor es similar a un motor de gas estándar, varias consideraciones de diseño son exclusivas de los productos con H₂ basadas en las propiedades distintivas del H₂.

✓	Amplio rango de inflamabilidad <ul style="list-style-type: none">▪ Permite mezclas pobres▪ Posibilidad de NOx más bajo que el gas natural debido a temperaturas de combustión más bajas	✗	Pequeña distancia de extinción <ul style="list-style-type: none">▪ Se necesita un supresor de llama
...	Altas velocidades de llama laminar <ul style="list-style-type: none">▪ Corta duración de la combustión▪ Altos índices de aumento de presión	✓	Alta difusividad <ul style="list-style-type: none">▪ Forma rápidamente una mezcla homogénea
		...	<ul style="list-style-type: none">▪ Los componentes que transportan gas deben tener las especificaciones de estanqueidad adecuadas
✓	Alta temperatura de auto-ignición <ul style="list-style-type: none">▪ Comparable al metano	✗	Baja densidad de energía <ul style="list-style-type: none">▪ Desplaza el aire▪ Menor eficiencia volumétrica
✗	Baja energía de ignición <ul style="list-style-type: none">▪ Riesgo de pre-ignición y retroceso de llama▪ Evaluación de los sistemas eléctricos y de control	...	Incompatibilidad de materiales <ul style="list-style-type: none">▪ Fragilización del acero▪ Material de las juntas

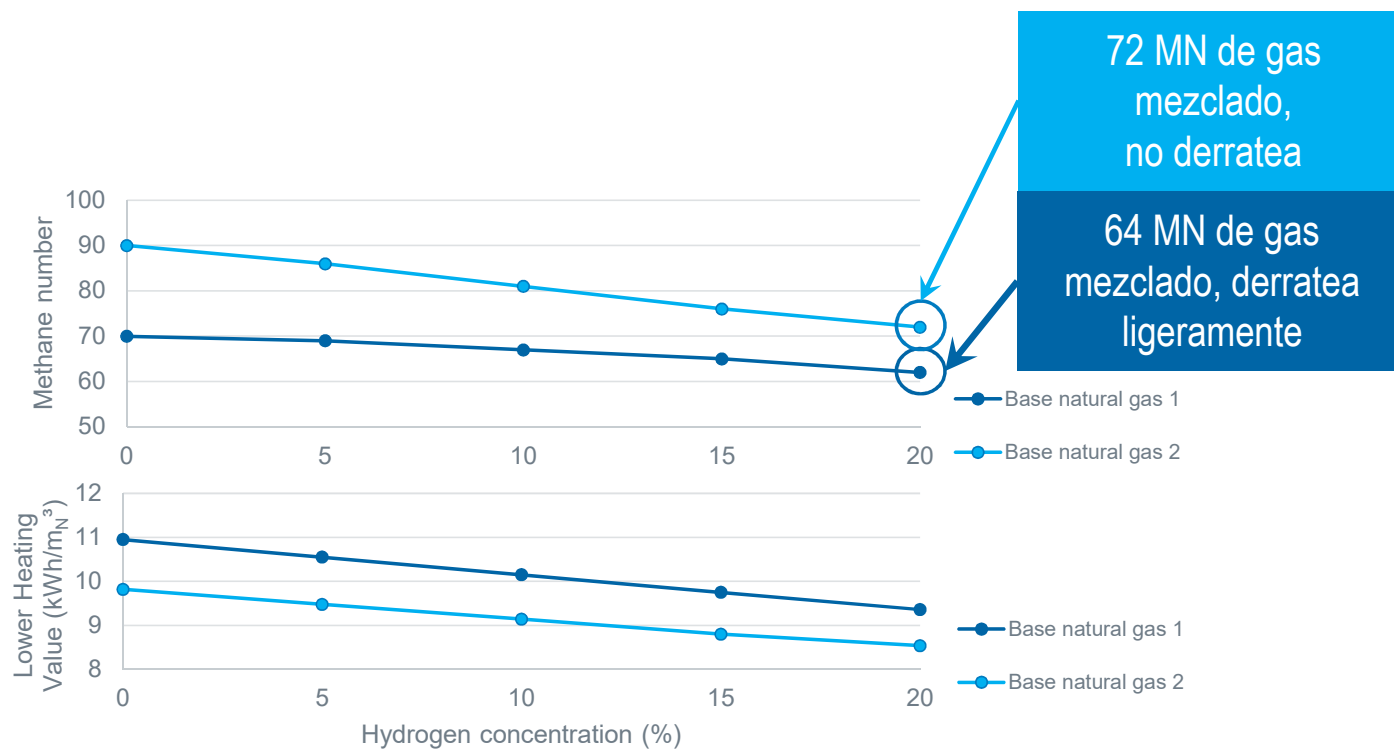
Cómo ...

La potencia y la eficiencia se ven muy afectadas por el gas natural de base y la mezcla de hidrógeno

Las propiedades de una mezcla de varios gases dependen de la concentración de cada tipo de gas

Ejemplos:

	Base gas natural 1 MN = 70	Base gas natural 2 MN = 90
CO ₂	0.20 %	0.40 %
N ₂	2.30 %	3.70 %
CH ₄	84.90 %	93.60 %
C ₂ H ₆	10.30 %	1.25 %
C ₃ H ₈	1.65 %	0.75 %
C ₄ H ₁₀	0.60 %	0.20 %
C ₅ H ₁₂	0.05 %	0.00 %



Cómo ...

Impacto en las emisiones

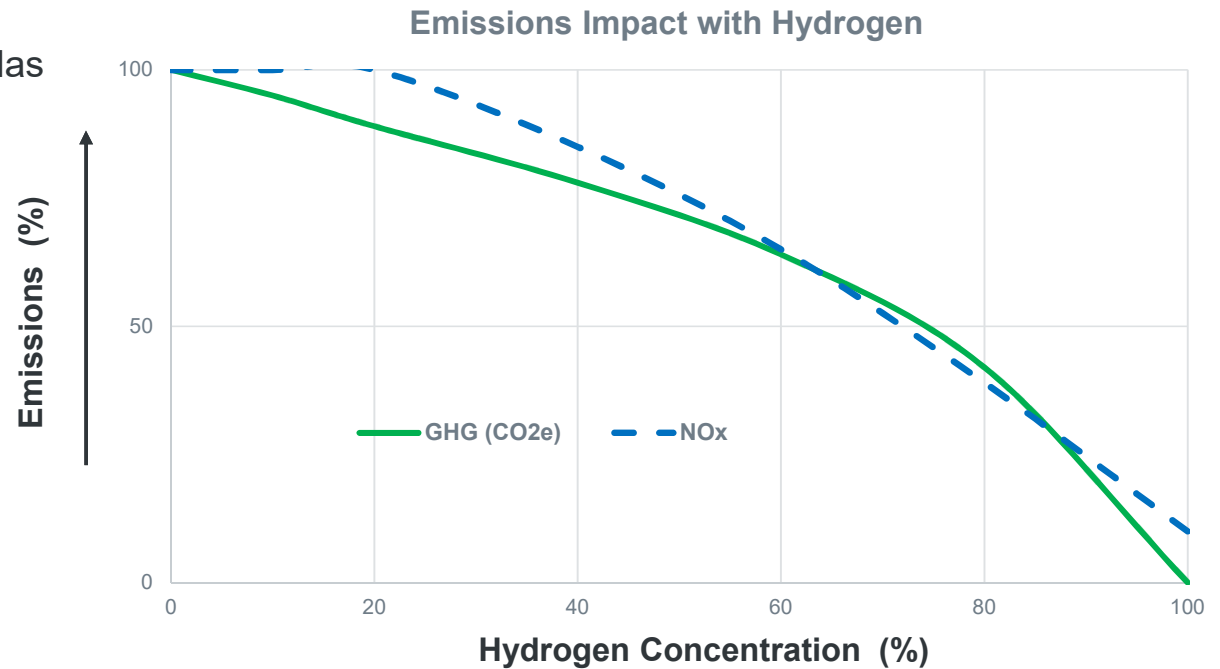
Motores existentes - % Hidrógeno como combustible



Una mayor concentración de hidrógeno reduce las emisiones de GEI y NO_x

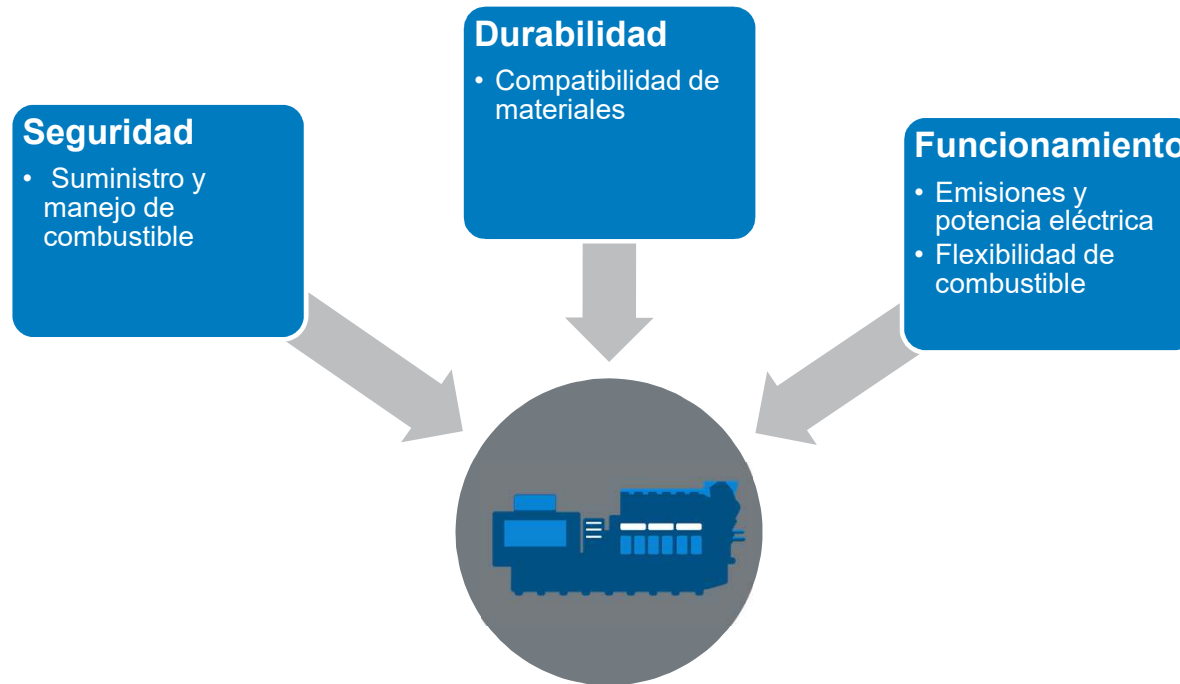
Dificultades de implementación

- Densidad de potencia reducida
- Hay que evaluar la respuesta transitoria
- Requisitos reglamentarios y de seguridad
- Disponibilidad de combustible
- Coste del combustible / almacenamiento



For illustrative purposes only

Desarrollo de motores de combustión interna de hidrógeno



Agenda

1. ¿Cuáles son las características del hidrógeno como combustible?
2. ¿Cómo funciona el hidrógeno como combustible en motores alternativos?
- 3. ¿Qué puede ofrecer MWM para hidrógeno?**
4. Referencias y experiencia de MWM con el hidrógeno como combustible



Productos MWM – Capacidad para funcionar con hidrógeno en motores de gas natural

Producto	Rango de potencia / kW _{el}	Hasta un 10 vol. % H ₂	Hasta un 25 vol. % H ₂	Experiencia
TCG 2032 TCG 2032B 	3.000 – 4.500	Ya disponible	Ya disponible	60 vol. % H ₂
TCG 3020 	1.380 – 2.300	Ya disponible	Ya disponible	10 vol. % H ₂
TCG 3016 	400 – 1.000	Ya disponible	Ya disponible	80 vol. % H ₂

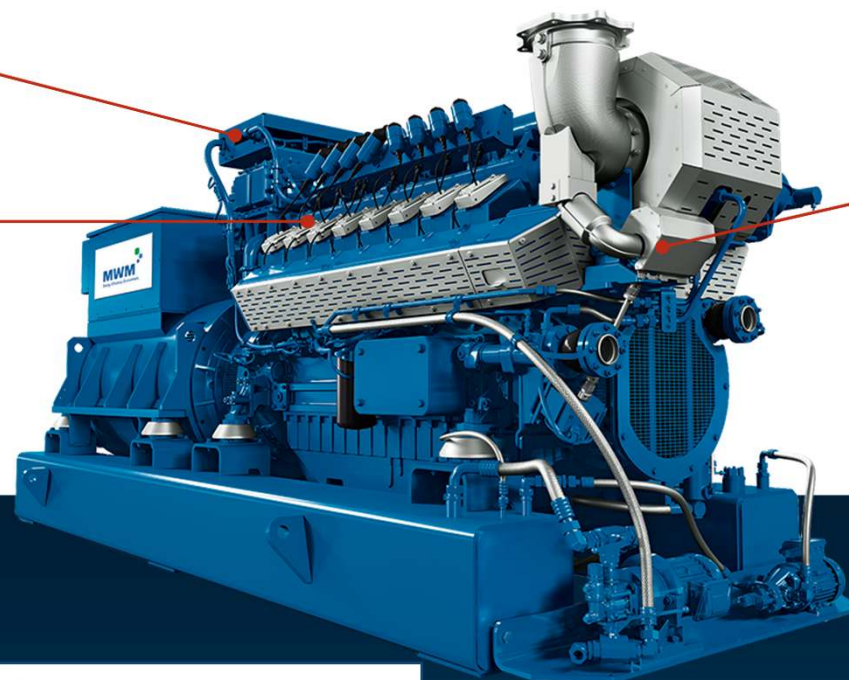
Componentes de los motores TCG 3016 H₂-ready (10 - 25 vol.%) Configuración P+, S+

Controles

- Parámetros de ignición optimizados

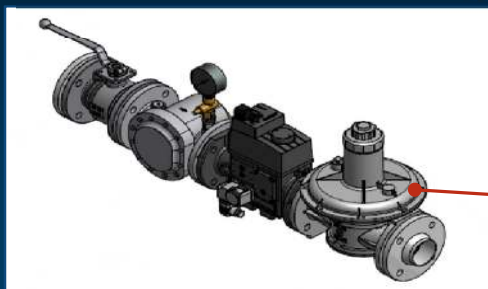
Colector de admisión

- Apagallamas individuales para cada cilindro



Válvula by-pass gases de escape

- Todos los cilindros cuentan



Rampas de gas (cero- y presión previa)

Rampas capaces de funcionar con H₂

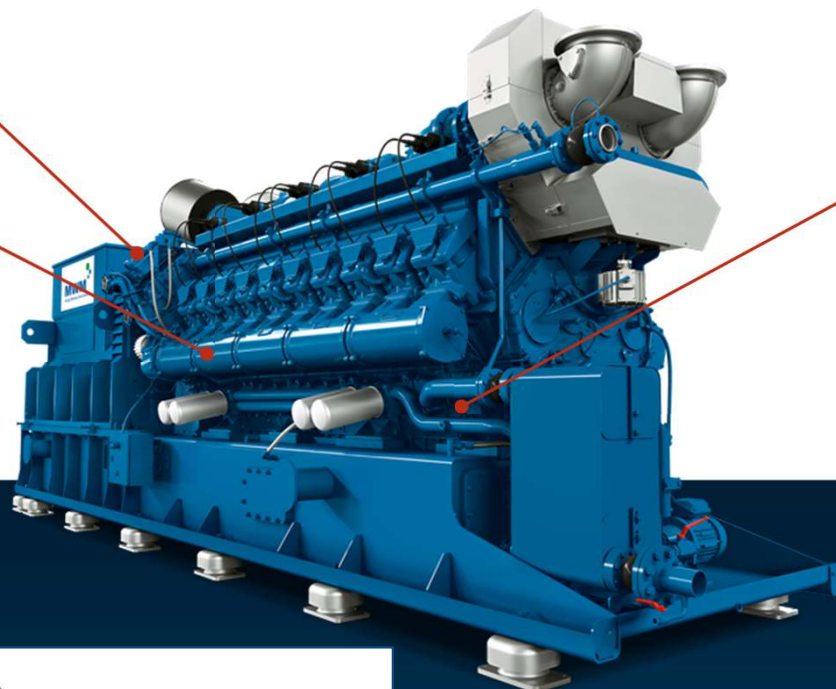
Componentes de los motores TCG 3020 H2-ready (10 - 25 vol.%) Configuración P+, PV+, R+, RV+

Controles

- Parámetros de ignición optimizados

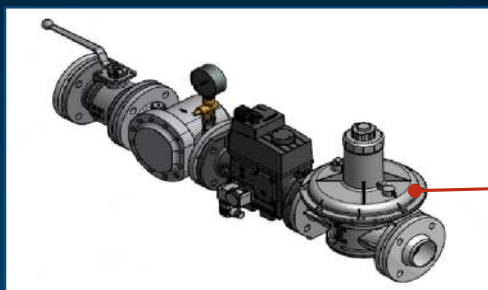
Colector de admisión

- Apagallamas individuales para cada cilindro



Válvulas antideflagrantes / Explosion Relief Valves (ERV)

- V12: 1x
- V16, V20: 2x



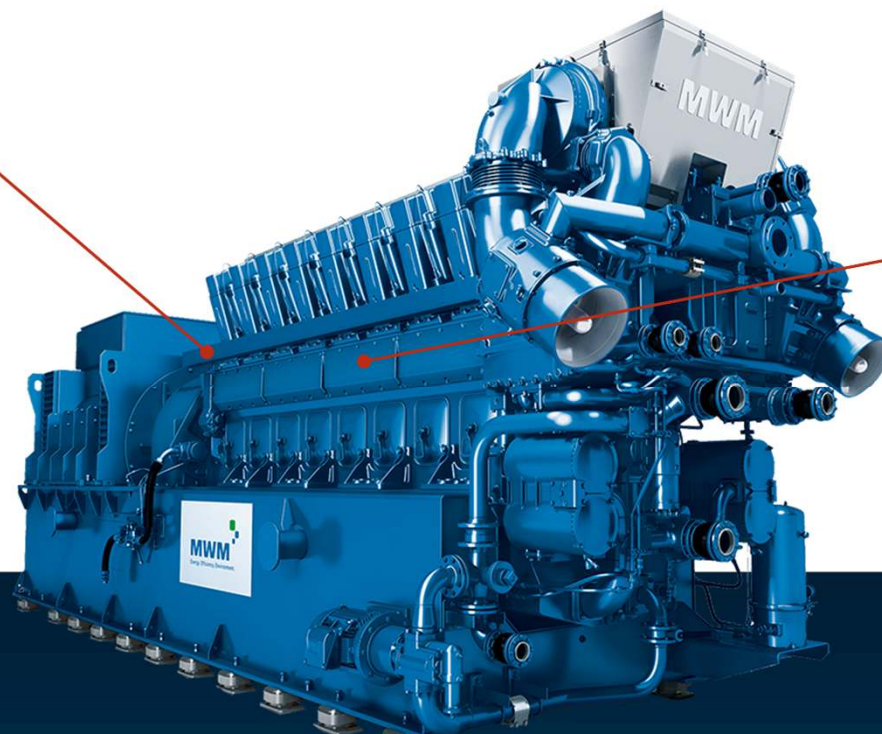
Rampas de gas (cero- y presión previa)

Rampas capaces de funcionar con H₂

Componentes de los motores TCG 2032B (10 - 25 vol.%) Configuración R+

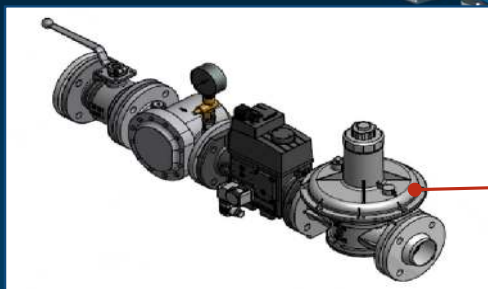
Válvulas antideflagrantes / Explosion Relief Valves (ERV)

- V12: 3x
- V16: 4x



Controles

- Parámetros de ignición y combustión optimizados



Rampas de gas (cero- y presión previa)

Rampas capaces de funcionar con H₂

Agenda

1. ¿Cuáles son las características del hidrógeno como combustible?
2. ¿Cómo funciona el hidrógeno como combustible en motores alternativos?
3. ¿Qué puede ofrecer MWM para hidrógeno?
4. **Referencias y experiencia de MWM con el hidrógeno como combustible**



Qué ...

23 años de experiencia en generación con motores alimentados con hidrógeno

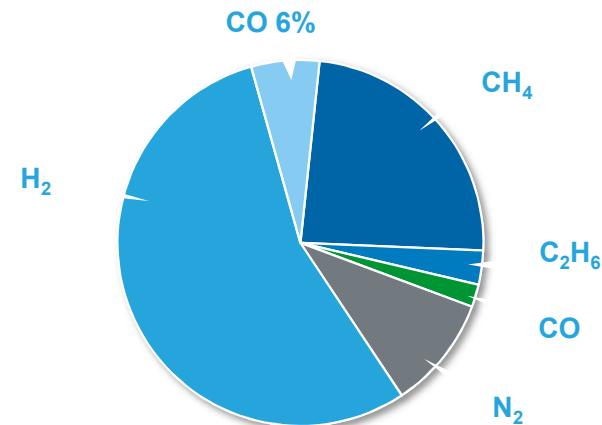


- MWM vende actualmente motores que pueden funcionar con hasta un 25% de hidrógeno mezclado con metano (en volumen).
- Además, MWM tiene muchos años de experiencia (más de 150.000 horas de funcionamiento) con proyectos de clientes especializados que utilizan combustibles que contienen hasta un 60% de hidrógeno (en volumen) producido a partir de gas de coque y gas de procedente de la gasificación de astillas de madera.
- La experiencia de MWM ha demostrado que el funcionamiento con hidrógeno no afecta a los programas de mantenimiento ni a la durabilidad.
- MWM sigue investigando combustibles alternativos como las mezclas de hidrógeno y metano y el 100% de hidrógeno en motores de combustión interna.

Qué ...

Experiencia con hidrógeno: Planta con gas de horno de coque

- Planta de 27 MW con grupos motogeneradores MWM TCG 2032 V16
 - Cada unidad: 3.000 kW (2.928 kWe), rendimiento 40,5%
 - Combustible: Gas de horno de coque
 - 55% a 60% de hidrógeno
 - MN \approx 35
 - Composición del gas dependiendo del estado de proceso del coque
 - Alta concentración de polvo, benceno, naftaleno
- Inicialmente arrancaba con gas natural y cambiaba a gas de coque al 60% de carga, desde hace 10 años arranca con gas de coque
- 23 años de operación exitosa
 - mismo mantenimiento y durabilidad al funcionar con alto contenido de hidrógeno en comparación con el gas natural



Qué ...

Conclusiones de hoy



- El hidrógeno renovable es uno de los diferentes combustibles que nuestros clientes están considerando para ayudar a reducir su huella de carbono.
- MWM ofrece actualmente motores alternativos capaces de funcionar con mezclas de hidrógeno.
- Son muchos los factores que influyen en el momento en que el hidrógeno alcance una masa crítica: infraestructura, coste, normativa, seguridad, almacenamiento, envasado, política gubernamental e incentivos, etc.
- MWM sigue invirtiendo en la tecnología del hidrógeno y está bien posicionada para servir a los clientes a medida que se aceleran el calendario y la dinámica de la producción, distribución y almacenamiento de hidrógeno renovable.



¡Muchas gracias por su atención!

Contacto: Melika Aali-Taleb Fernández
melika.aali-taleb@mwm.net
+34 918074555