



Organizan:



# REVISIÓN SOBRE LA INCORPORACIÓN DEL HIDRÓGENO EN LA PROPULSIÓN NAVAL

La Paz, P.

Terra, J. M.

Leite, M.

Freiria, J.

Facultad de Ingeniería

Universidad de la República

Uruguay

# INTRODUCCIÓN

- Los gases provenientes de la quema de combustibles fósiles son altamente contaminantes.
- La gran mayoría de los buques son propulsados mediante motores cuyo combustible es de origen fósil.
- Existen combustibles alternativos como el hidrógeno.
- El hidrógeno puede complementar el uso de combustibles fósiles sin dejar de utilizar los motores convencionales.

# PROPIEDADES DEL HIDRÓGENO

- Combustible incoloro, inodoro y de emisión cero si se quema con oxígeno.
- Comparación de propiedades del hidrógeno con otros combustibles:

	Hidrógeno	Gas Natural	Gasolina	Diésel
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	0,09	0,7 – 0,9	737	820 – 950
Poder Calórico (MJ/kg)	120 – 142	53,6	46,4	48,0
Temperatura de autoignición (K)	858	813	520 – 583	473
Límites de inflamabilidad	4 - 75	5 - 15	1,4 – 7,6	0,6 – 7,5

# PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO

El hidrógeno es el elemento más abundante en la atmósfera, pero no se encuentra como molécula libre.

Se debe obtener por alguna fuente:

- Combustible fósiles
- Energías renovables

# PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO

Métodos para la obtención de hidrógeno:

- Conversión química:
  - Reformado
  - Oxidación parcial
  - Pirolisis
  - Gasificación
- Procesos de termólisis
- Procesos de electrólisis
- Procesos de fermentación
  - Alcohólica
  - Anaeróbica
- Procesos fotolíticos

# PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO

## Conversión química:

- Reformado: Gas natural se hace reaccionar con vapor a altas temperaturas y gas de síntesis, se forma una mezcla de hidrógeno, CO y pequeña cantidad de CO<sub>2</sub>.
- Oxidación Parcial: oxidación incompleta de un hidrocarburo, solo se oxida el carbono quedando libre el hidrógeno.
- Pirolisis: descomposición de un combustible sólido mediante la acción de calor en ausencia de oxígeno.
- Gasificación: Quema de biomasa entre 1200°C y 1500°C para su conversión en componentes gaseosos. Se utiliza el gas en una serie posterior de reacciones químicas obteniéndose hidrógeno y monóxido de carbono.

# PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO

Termólisis: extracción del hidrógeno de la molécula, por hidrocarburo o agua, mediante aplicación de calor (se puede utilizar como fuente la energía solar).

Electrólisis: mediante corriente eléctrica se divide el agua en hidrógeno y oxígeno. Se puede utilizar energías renovables.

Se deberán utilizar fuentes de energías renovables para la obtención de hidrógeno, de forma que sea sostenible, limpio y libre de carbono.

# ALMACENAMIENTO

- Su almacenamiento se dificulta debido a su baja densidad.
- Se aumenta la presión, hasta presiones que pueden llegar a los 700 bar, aunque generalmente se realiza hasta 200 bar.
- Otra forma de almacenamiento es hidrógeno licuado, para esto se enfría a temperaturas de  $-253\text{ }^{\circ}\text{C}$  a presión atmosférica.

# HIDRÓGENO COMO COMBUSTIBLE EN MOTORES DIÉSEL

- El hidrógeno no se utiliza como único combustible en motores diésel debido a su alta temperatura de autoignición, se necesitarían muy altas relaciones de compresión.
- Su utilización se realiza como combustible adicional (combustible dual).
- Se suministra el hidrógeno en la admisión con el aire. El diésel se inyecta cercano al PMS y es quien enciende la mezcla.

# HIDRÓGENO COMO COMBUSTIBLE EN MOTORES DIÉSEL

## El motor funcionando a bajas cargas:

- Aumenta el consumo específico
- Reduce la presión máxima
- Retrasa el inicio de la combustión
- Las emisiones de NOx no aumentan generalmente

## El motor funcionando a altas cargas:

- Aumento de la presión máxima en el cilindro
- Aumento del rendimiento térmico
- Disminución de emisiones de CO, CO<sub>2</sub>, HC
- Aumento de NOx

# ENSAYOS DE KARAGÖZ

- Se realizaron ensayos con 0%, 25% y 50% de hidrógeno (se refiere al porcentaje total de la energía).
- Los ensayos se realizaron para distintas velocidades de giro.
- Se analizó el desempeño del motor y los gases de escape.

# ENSAYOS DE KARAGÖZ - RESULTADOS

- Potencial al freno:
  - Disminuye entre 8,1% y 15,1% con 25% de adición de hidrógeno
  - Disminuye entre 10,8% y 25,4% con 50% de adición de hidrógeno
- Eficiencia térmica:
  - Disminuye en un 3,3% y 8,1 % con 25% de adición de hidrógeno
  - Disminuye en un 8,2% y 15,5% con 50% de adición de hidrógeno
- Emisiones de CO, CO<sub>2</sub> y HC:
  - Disminuyen aproximadamente un 45% con 25% de adición de hidrógeno
  - Disminuyen aproximadamente un 56% con 50% de adición de hidrógeno
- Emisiones de NO<sub>x</sub>:
  - Aumentan entre un 15,2% y 39,65 con 25% de adición de hidrógeno
  - Aumentan entre un 68,6% y 212,7% con 50% de adición de hidrógeno



**Colombia**  
**mar 2019**