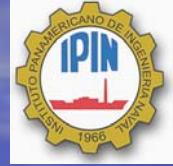




XIX CONGRESO PANAMERICANO DE INGENIERÍA NAVAL
TRANSPORTE MARÍTIMO E INGENIERÍA PORTUARIA



APLICACIONES NAVALES DE CELDAS DE COMBUSTIBLE

Alberto Gómez Figueroa
Teniente Primero
Armada de Chile

GUAYAQUIL - ECUADOR

2005

Temario

- Introducción.
- Características de las Celdas de Combustible.
- Clasificación de las Celdas de Combustible.
- Aplicaciones en la Industria Naval.
- Conclusiones.

Introducción

- Invención en 1839.
- Importantes avances en los años 70.
- Celdas de combustible como sistema de generación de energía eficiente y limpia.
- Fortalezas y debilidades.
- Programas y aplicaciones actuales de las celdas de combustible en la industria Naval.

Temario

- Introducción.
- **Características de las celdas de Combustible.**
- Clasificación de las Celdas de Combustible.
- Aplicaciones en la Industria Naval.
- Conclusiones.

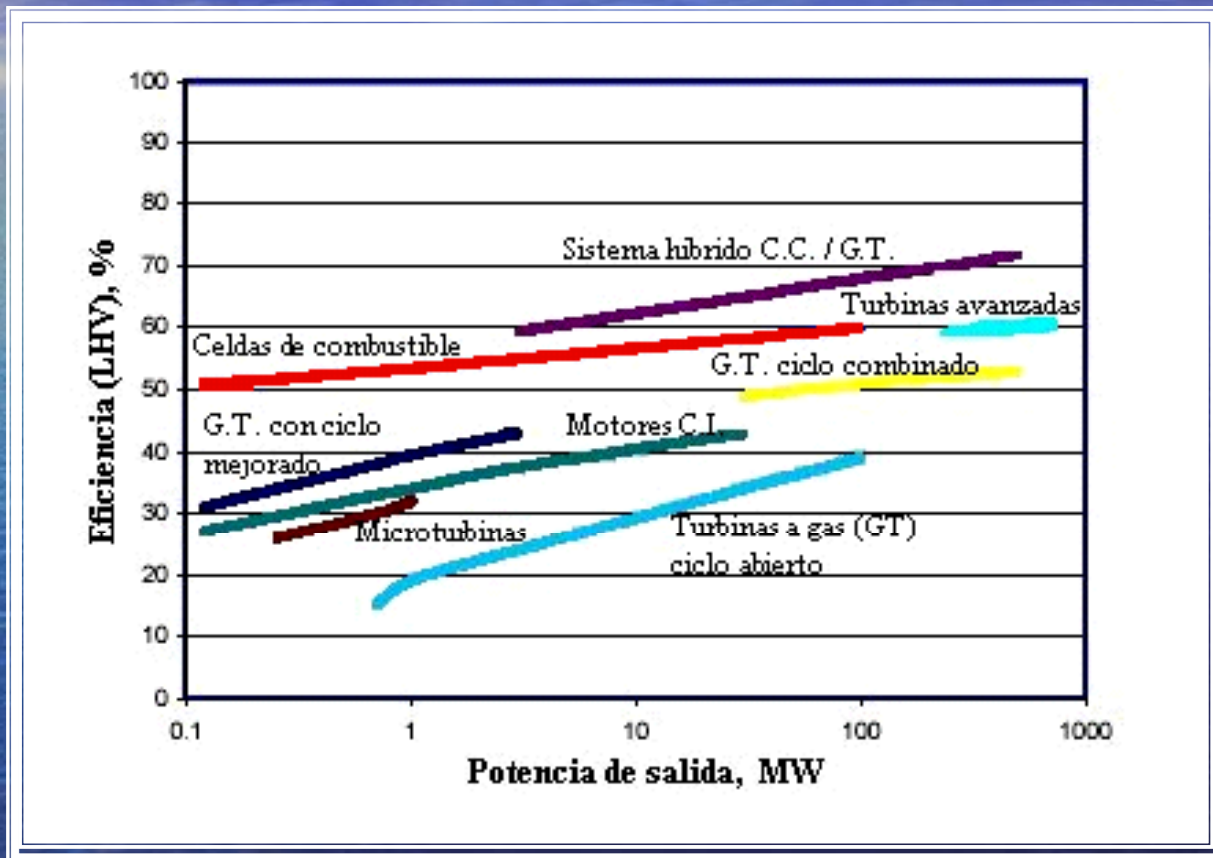
¿Qué son las celdas de combustible?

Son dispositivos electroquímicos que permiten transformar directamente la energía química resultante de una reacción de oxidación de un combustible, en energía eléctrica y calor en forma continua, en la medida que los reactantes sean suministrados a los electrodos.

Principio de Funcionamiento



Comparación de Eficiencias



Ventajas de las celdas de combustible

- No utiliza partes móviles.
- Alta eficiencia.
- Calor disponible para cogeneración.
- Silenciosas.
- Bajas emisiones contaminantes.
- Adaptabilidad a cualquier espacio físico.
- Menor consumo de combustible.

Dificultades de utilizar celdas de combustible

- Alto costo de puesta en el mercado.
- Tecnología no familiar para la industria.
- No existe infraestructura para su uso.

Temario

- Introducción.
- Características de las Celdas de Combustible.
- **Clasificación de las Celdas de Combustible.**
- Aplicaciones en la Industria Naval.
- Conclusiones.

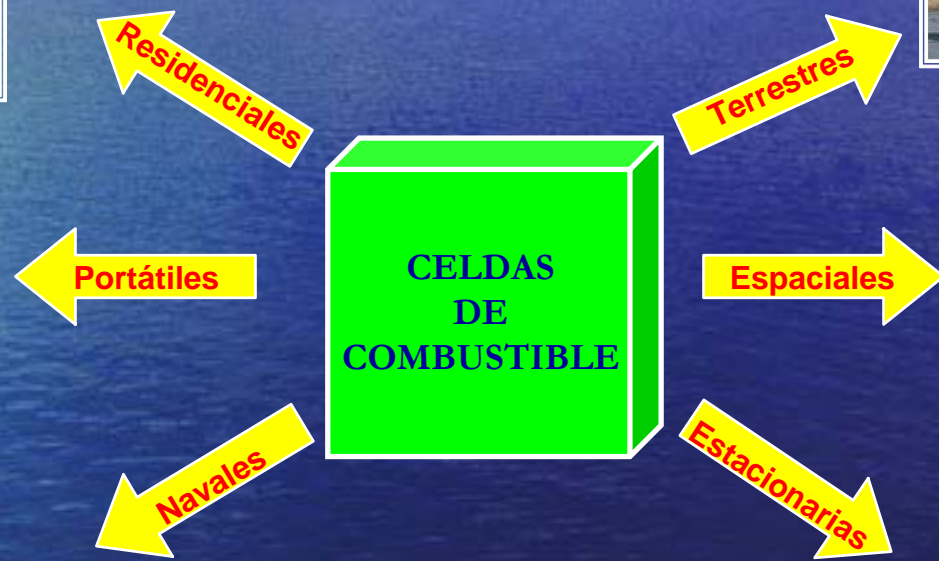
Clasificación por Tipo de Electrolito

- Celda de Combustible de Membrana de Intercambio Protónico (PEM) o de Polímero Electrolítico (PEFC)
- Celda de Combustible Alcalina. (AFC)
- Celda de Combustible de Ácido Fosfórico. (PAFC)
- Celda de Combustible de Carbonato Fundido. (MCFC)
- Celda de Combustible de Óxido Sólido. (SOFC)

Tabla comparativa de Celdas de Combustible

Celda Combustible	Electrolito	Temperatura de operación [°C]	Eficiencia (Poder Cal. Inf) [%]	Ventajas	Desventajas
Membrana de Intercambio Protónico (PEM)	Polímero sólido orgánico	80	35 - 40	<ul style="list-style-type: none"> •Electrolito sólido reduce corrosión y mantenimiento. •Baja temperatura. •Partida rápida. 	<ul style="list-style-type: none"> •Catalizadores costosos por baja temperatura. •Sensible a impurezas en el combustible.
Alcalina (AFC)	Solución acuosa de Hidróxido de Potasio	80 – 100	50 - 70	<ul style="list-style-type: none"> •Reacción catódica más rápida en electrolito Alcalino. Mayor eficiencia. 	<ul style="list-style-type: none"> •Costosa remoción de CO2
Acido Fosfórico (PAFC)	Acido Fosfórico Líquido	200	30 - 40	<ul style="list-style-type: none"> •85% eficiencia en cogeneración de electricidad y calor. •Acepta CO2 como combustible. 	<ul style="list-style-type: none"> •Utiliza Pt como catalizador . •Baja corriente y potencia. •Gran peso y tamaño.
Carbonato Fundido (MCFC)	Solución líquida de Carbonatos de Litio, Sodio y Potasio	650	50 - 55	<ul style="list-style-type: none"> •Ventajas por alta temperatura. •Mayor eficiencia. •Catalizadores más baratos. 	<ul style="list-style-type: none"> •Alta temperatura aumenta corrosión y daño de las partes de la celda.
Oxido Sólido (SOFC)	Oxido de Zr sólido con adiciones de Itrio	800 - 1000	45 - 60	<ul style="list-style-type: none"> •Ventajas por alta temperatura. •Ventajas electrolito sólido. 	<ul style="list-style-type: none"> •Alta temperatura aumenta corrosión y daño de las partes de la celda.

Aplicaciones



Temario

- Introducción.
- Características de las Celdas de Combustible.
- Clasificación de las Celdas de Combustible.
- **Aplicaciones en la Industria Naval.**
- Conclusiones.

Consideraciones para su implementación marítima

- Costo.
- Eficiencia, tamaño y peso.
- Tipo de celda en base al combustible.
- Desarrollo tecnológico.

Potenciales aplicaciones en buques comerciales

- Ferries de alta velocidad y embarcaciones menores.
- Buques Tanque para transporte de Gas Natural Licuado (LNG)
- Buques Diesel – Eléctricos.
- Buques Mercantes.

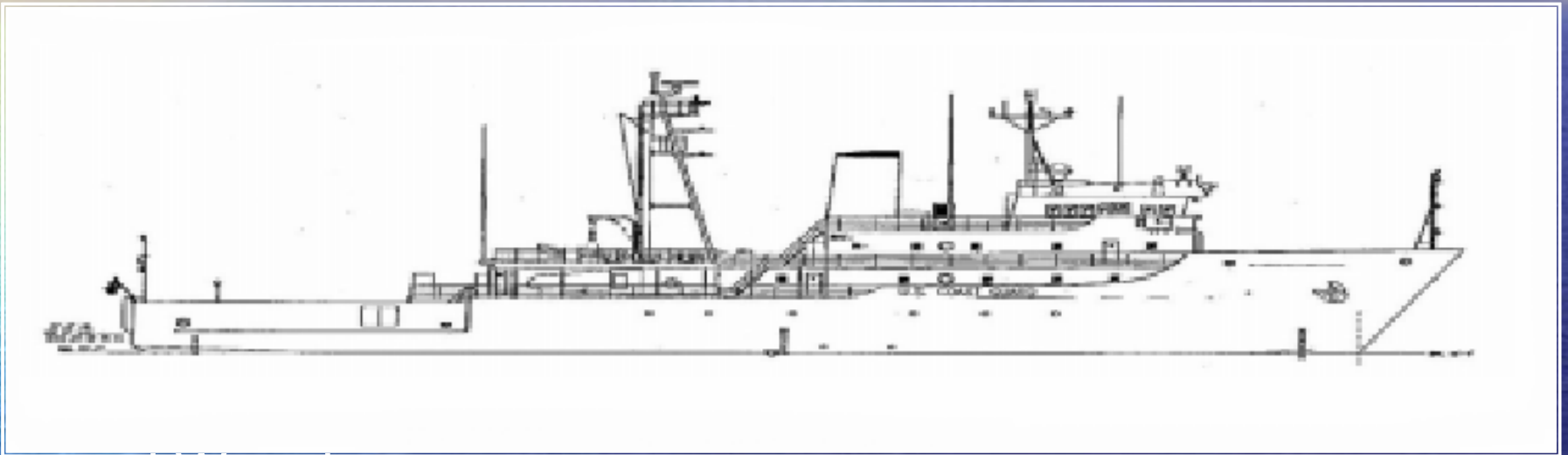
Pero....

**... ¿ Qué se está haciendo
actualmente por utilizar celdas de
combustible en la industria Naval ?**

Bote de Pasajeros “Hydra”



SSFC



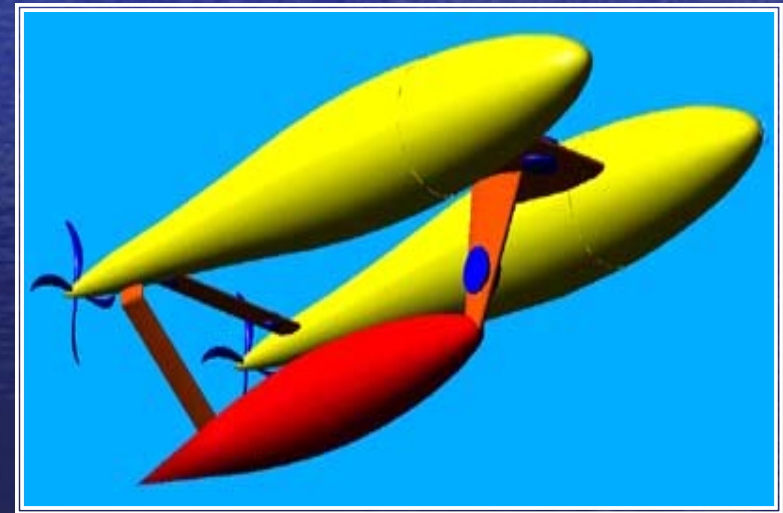
kW cada uno.

Vehículos Submarinos Autónomos (AUV)

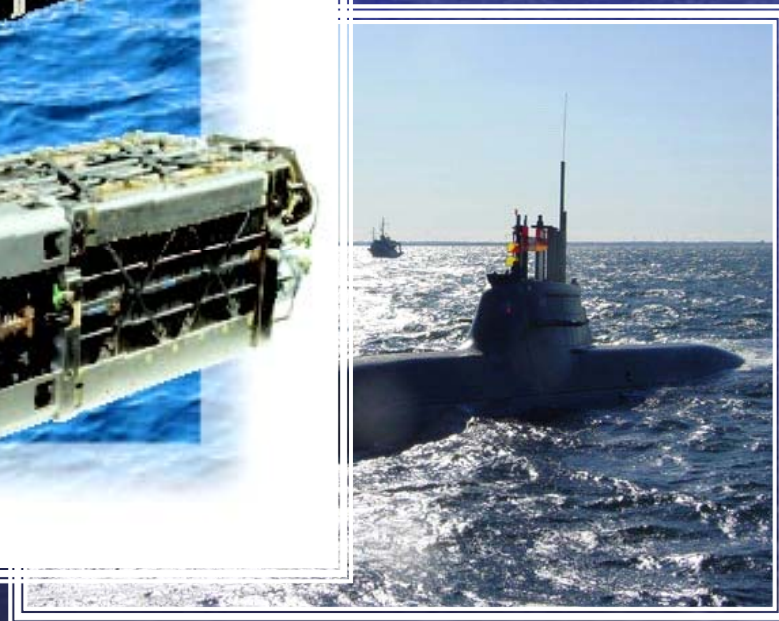
- Urashima, Japón



- DeepC, Alemania



Submarino U-212

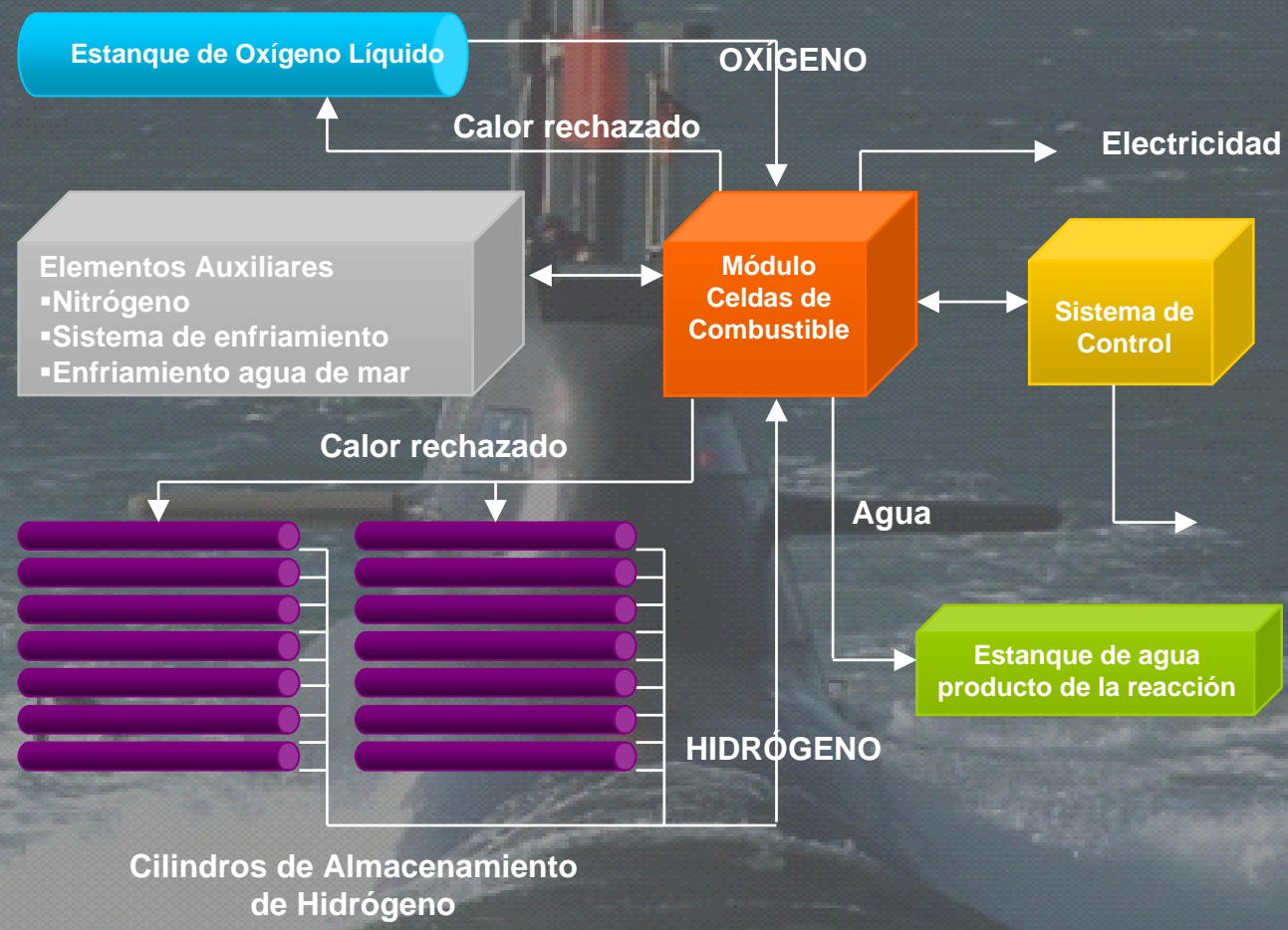


Submarino U-212

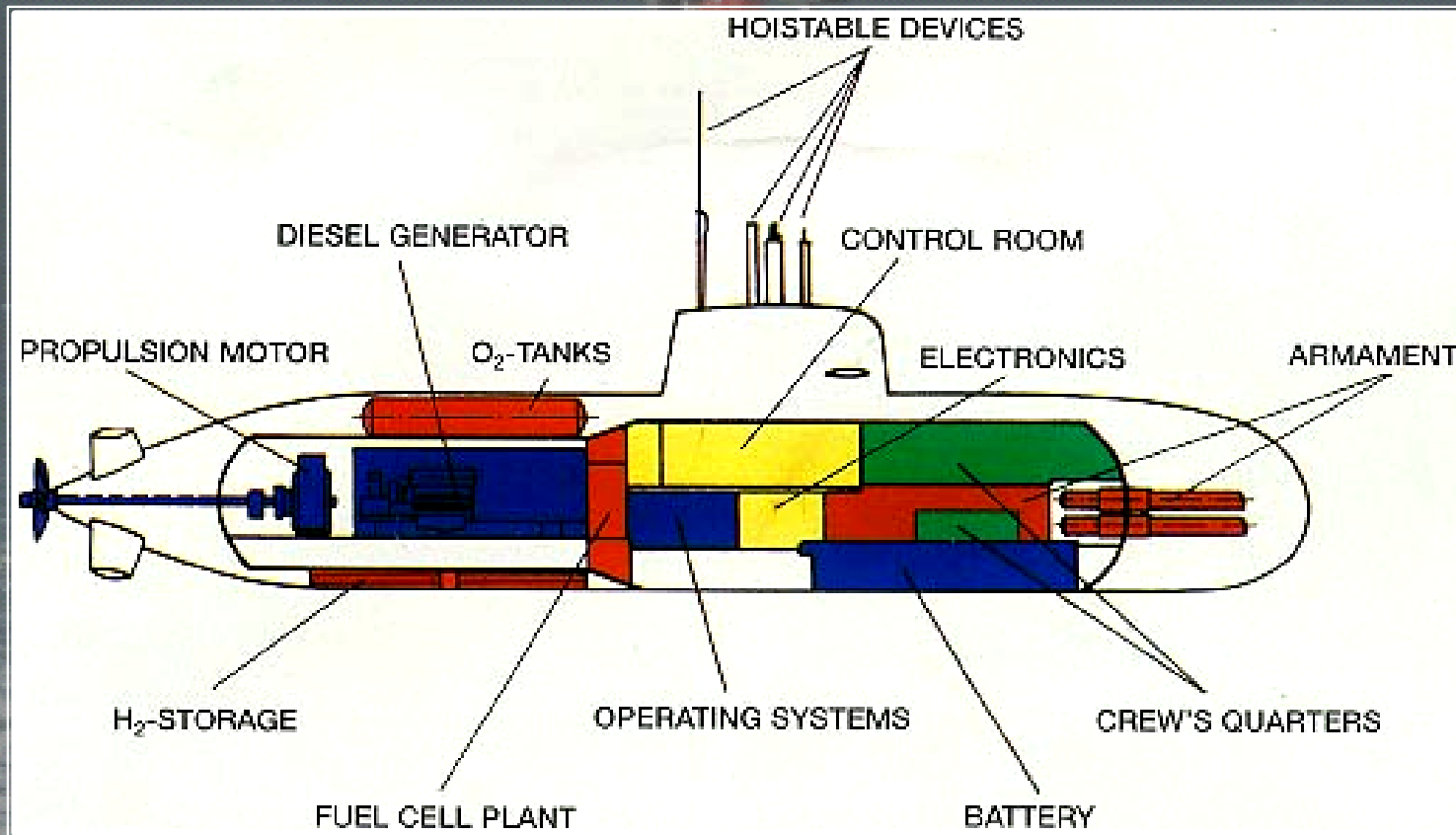
Propulsión:

- Combinación de sistema convencional Diesel – Eléctrico y AIP de Celdas de Combustible.
- Un Diesel generador MTU 16V 396 de 3,12 MW .
- Un motor de Imanes Permanentes Permasyn.
- Posee 9 módulos de Celdas de Combustible PEM con una potencia entre 30 y 50 kW cada una alimentadas con estanques de hidrógeno y oxígeno líquido.

Sistema AIP de celdas de combustible



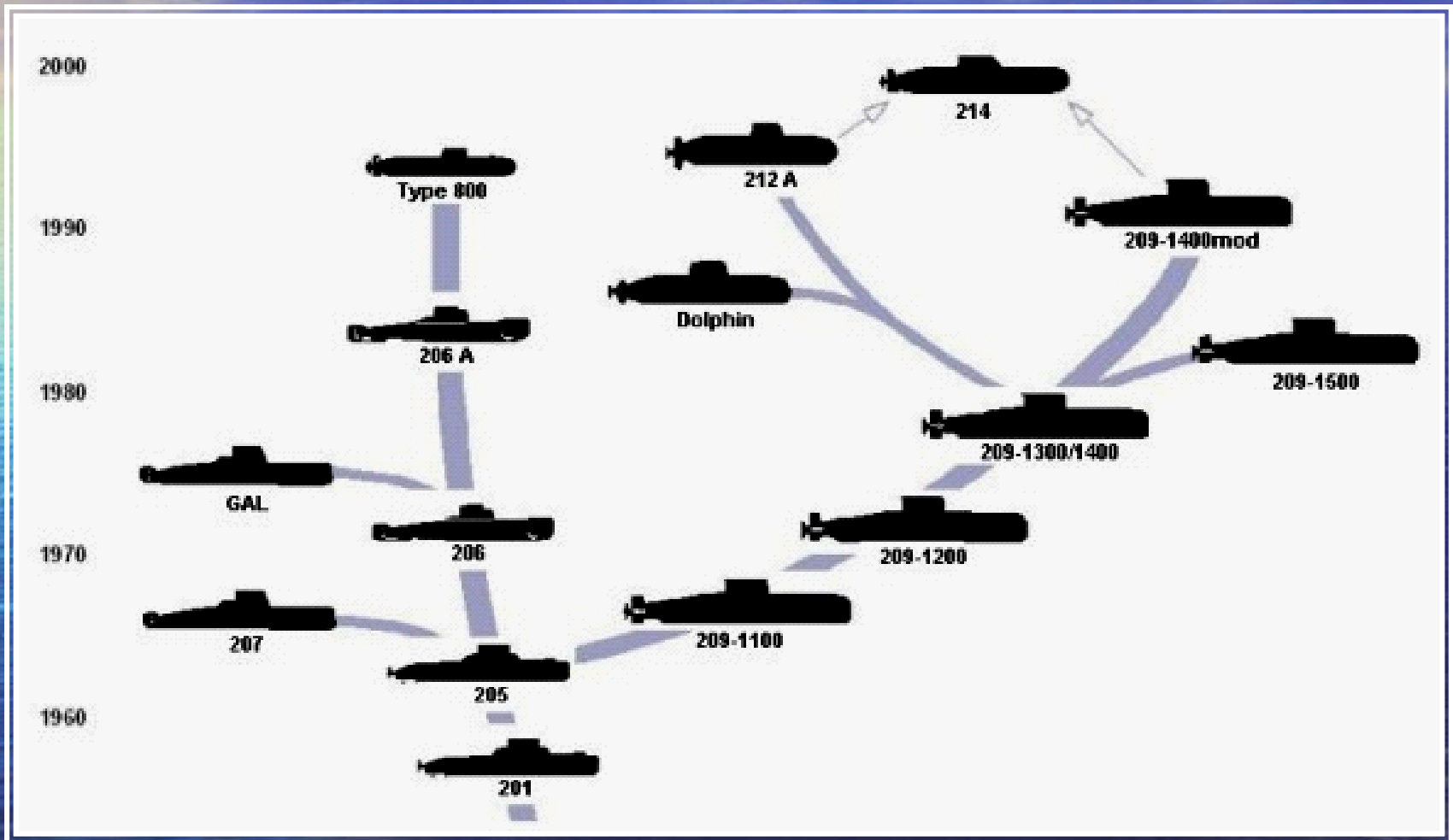
Submarino U-212



Submarino U-212

- La Armada Alemana ordenó la fabricación de 4 submarinos U-212.
- El primero, el U31, entró en servicio en Diciembre del 2004. Actualmente un segundo submarino está realizando pruebas en la mar.
- Dos U-212 están siendo construidos por los astilleros “Fincantieri” para la Armada Italiana.

Submarino U-214



Submarino U-214

Propulsión:

- Combinación de sistema convencional Diesel - Eléctrico y AIP de Celdas de Combustible.
- Dos Diesel Generadores MTU 16V 396.
- 2 módulos de Celdas de Combustible PEM de 120 kW cada una.
- Tiempo sumergido con Celdas de Combustible: aproximadamente 2 semanas.

Submarino U-214

- El U-214 basa su construcción en los U-209.
- Incorpora el concepto AIP de los U-212.
- El primer U-214 fue lanzado de los Astilleros HDW en Alemania el 22 de Abril del 2004 de un total de tres para la Armada Griega.
- La Armada de Corea del Sur realizó un contrato por tres submarinos U-214.
- La Armada de Portugal firmó contrato por la construcción de dos U-209 modificados con Celdas de Combustible.

Ventajas de las Celdas de Combustible en Submarinos

- Mayor tiempo sumergido sin uso de snorkel.
- Las Celdas de Combustible no generan ruido.
- No generan calor.
- No producen emisiones contaminantes.
- Fácil puesta en marcha y parada del sistema.

Temario

- Introducción.
- Características de las Celdas de Combustible.
- Clasificación de las Celdas de Combustible.
- Aplicaciones en la Industria Naval.
- **Conclusiones.**

Conclusiones

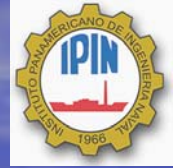
- Las celdas de combustible presentan múltiples ventajas sobre los sistemas convencionales de generación de potencia.
- Aún se encuentran en fase de desarrollo.
- Su todavía alto costo impiden su comercialización.
- Amplia variedad y características operacionales permiten su implementación en múltiples áreas.
- El diseño de buques de superficie propulsados con Celdas de Combustible es una tarea a largo plazo.

Conclusiones

- A corto plazo las Celdas de Combustible podrán ser utilizadas en buques de superficie como reemplazo de los Diesel Generadores.
- Las Celdas de Combustible ofrecen un bajo nivel de ruido y emisiones con una alta eficiencia, lo que resulta beneficioso al ser aplicados en unidades de combate y particularmente en submarinos.
- El rápido desarrollo de las Celdas de Combustible comprometerá a la industria naval a estar preparada para esta “nueva” forma de generación de potencia.



XIX CONGRESO PANAMERICANO DE INGENIERÍA NAVAL
TRANSPORTE MARÍTIMO E INGENIERÍA PORTUARIA



FIN DE LA PRESENTACIÓN

“Llegará el día en que el agua nos sirva de combustible. El hidrógeno y el oxígeno, sus dos componentes, serán fuente inagotable de luz y calor, y desplegarán una fuerza muchísimo mayor de la que posee el carbón. Las bodegas de los buques y los tender de las locomotoras llevarán, en vez de carbón, estos dos gases condensados, que arderán en las calderas produciendo un calor enorme. Y en nuestras casas también nos calentaremos con agua cuando se agoten las minas de carbón. El agua será el carbón del futuro.”

Ingeniero Cyrius Harding

Personaje de la novela “La Isla Misteriosa”

JULIO VERNE, 1874”