

ICAI – MII

Planificación de

INGENIERÍA ENERGÉTICA

Curso 2022-23

Profesores de la asignatura (TEORÍA)

José Ignacio Linares Hurtado
Yolanda Moratilla Soria
Francisco González Hierro

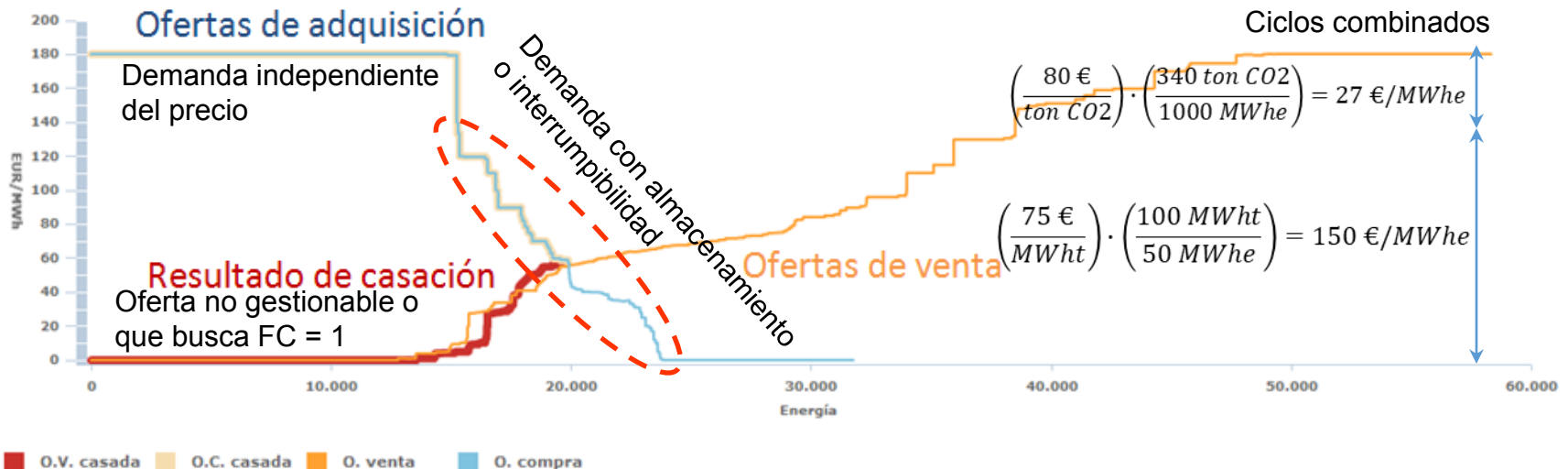
Luis López Álvarez
Luis Yagüe Muñoz
José Rubén Pérez Domínguez

Motivación: ¿qué resuelve?

- Entender la crisis energética actual



10/11/2014 - Curvas agregadas de oferta y demanda - Hora: 1



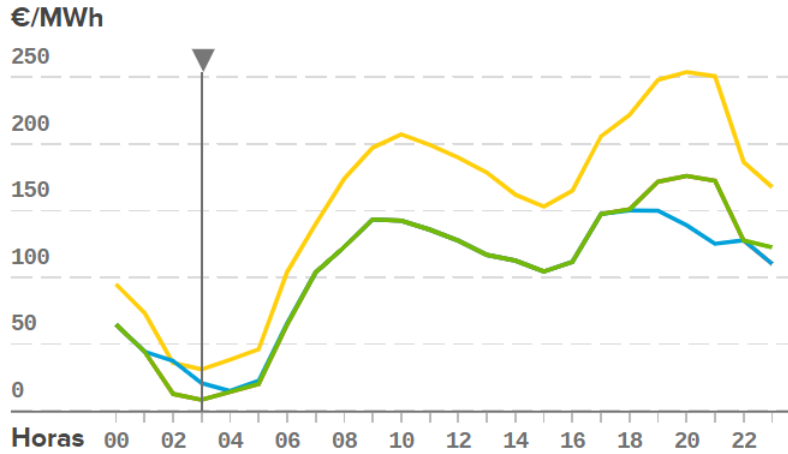
- La centrales ofertan por coste marginal (OPEX). ¿Cómo recuperan el CAPEX?
- ¿existen los “windfall profits”? Una central antigua, pero dentro de su vida útil, ¿está amortizada? ¿no ha de recuperar la inversión?

Motivación: ¿qué resuelve?

28/12/2021



03:00



 PVPC	30,97 €/MWh	
 MERCADO SPOT ESPAÑA	8,06 €/MWh	
 MERCADO SPOT FRANCIA	20,48 €/MWh	
 MERCADO SPOT PORTUGAL	8,06 €/MWh	

- Canibalización de las renovables, curva “de pato”
- ¿Serviría el mercado marginalista con 100% renovables no gestionables?
- Cuando el almacenamiento juegue un papel relevante, ¿servirá el mercado marginalista? (analizar hidro embalsable y coste de oportunidad en verano 2021)

Motivación: ¿qué resuelve?

La capacidad de exportación de GNL de USA será la mayor del mundo a finales de 2022

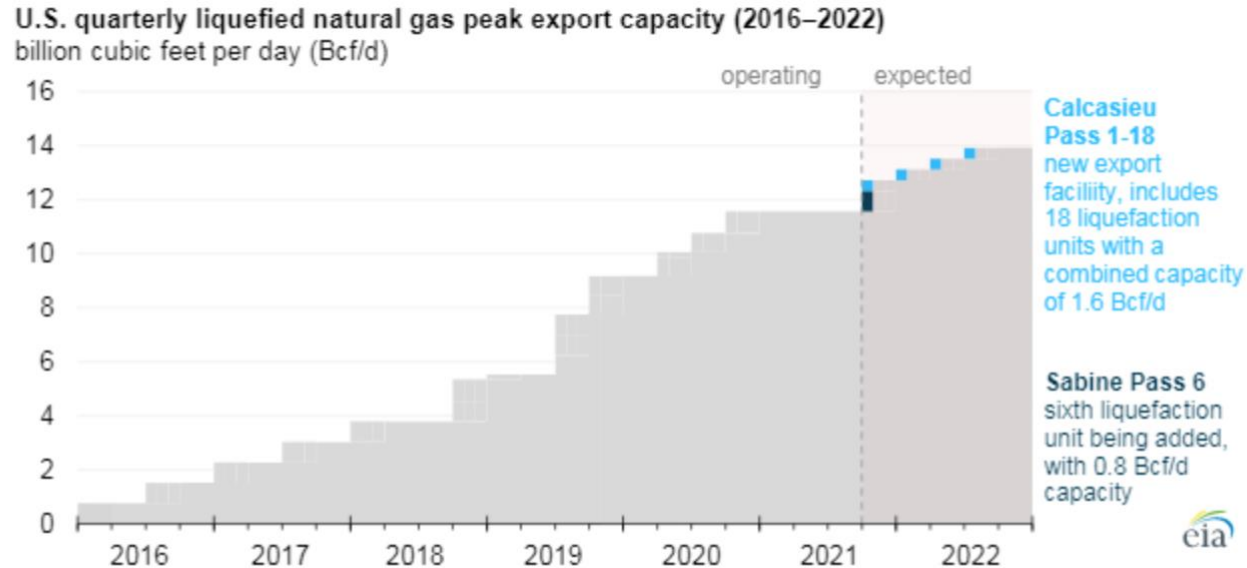


Figura 1. Capacidad máxima de exportación trimestral de gas natural licuado de Estados Unidos (2016-2022)

$$\left(\frac{14 \text{ Bcf}}{\text{día}}\right) \cdot \left(\frac{0,3048 \text{ m}}{\text{foot}}\right)^3 \cdot \left(\frac{365 \text{ días}}{\text{año}}\right) \cdot \left(\frac{10 \cdot 1,17 \text{ kWh}}{\text{Nm}^3}\right) \cdot \left(\frac{10^9 \text{ Nm}^3}{1 \text{ bcm}}\right) \cdot \left(\frac{1 \text{ TWh}}{10^9 \text{ kWh}}\right) \approx 1693 \text{ TWh/año}$$

- Consumo gas natural de España en 2021 $\approx 380 \text{ TWh/año}$
- ¿cómo puede exportar USA tanto gas?
- ¿cómo es la infraestructura de abastecimiento de España para GNL?

Motivación: ¿qué resuelve?

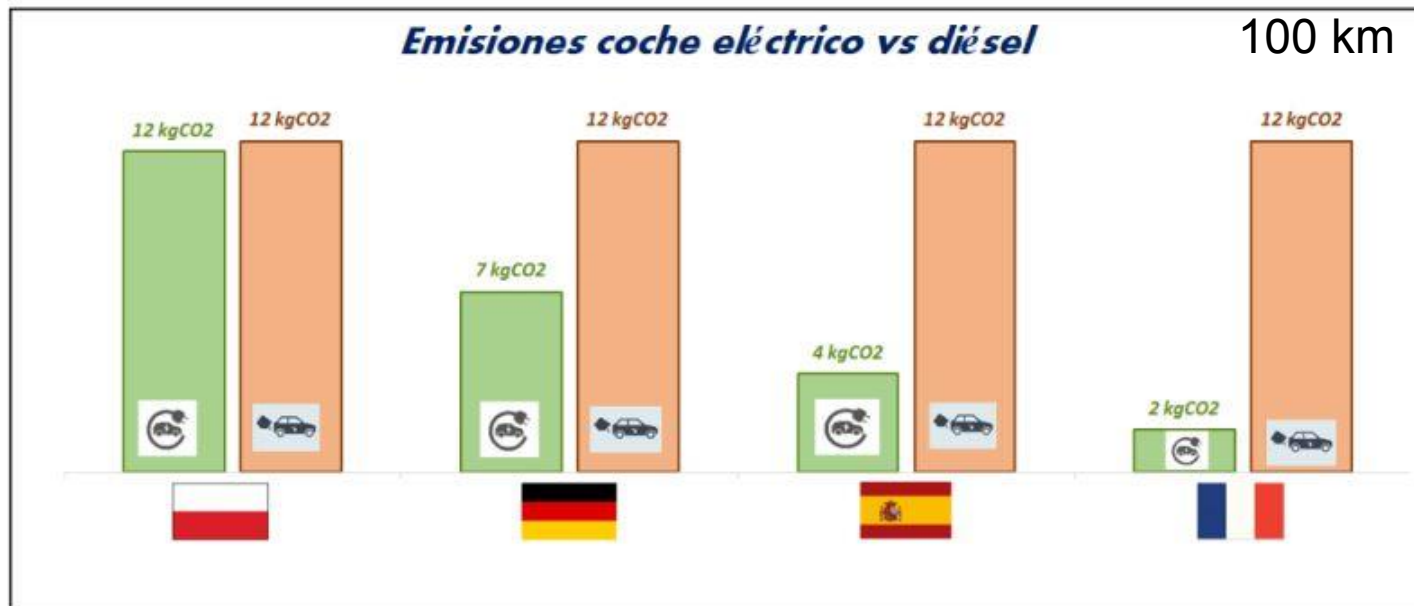
- Francia impulsa los SMRs
- La CE incluye la nuclear en la taxonomía verde (2045)
- La CE incluye el gas en la taxonomía verde (2030) con emisiones menores de 270 g CO₂/kWhe, capacidad de inclusión de gases renovables
- Las subastas de cogeneración exigen usar biomasa o plantas de muy alta eficiencia preparadas para quemar hidrógeno y otros gases renovables
- ¿El hidrógeno verde sólo se produce con electrólisis?
- ¿Qué son los sectores con emisiones de CO₂ “hard to abate”
- ¿Descarbonización = Electrificación?

Motivación: ¿qué resuelve?

- ¿Qué son los gases renovables? ¿Se produce mucho bimetano en España? ¿Es lo mismo biogás que biometano?
- Colores del hidrógeno: gris, azul, verde, amarillo, rosa, marrón, turquesa, dorado
- ¿es eléctrico un vehículo con pila de combustible?
- FCEV vs. BEV
- ¿Qué son los e-fuels?
- ¿Pueden producir por la noche la energía solar?
- Cita 3 sistemas de almacenamiento además de las baterías
- Cita 3 renovables térmicas para producir calefacción y ACS
- ¿qué papel jugará la energía nuclear en la descarbonización?

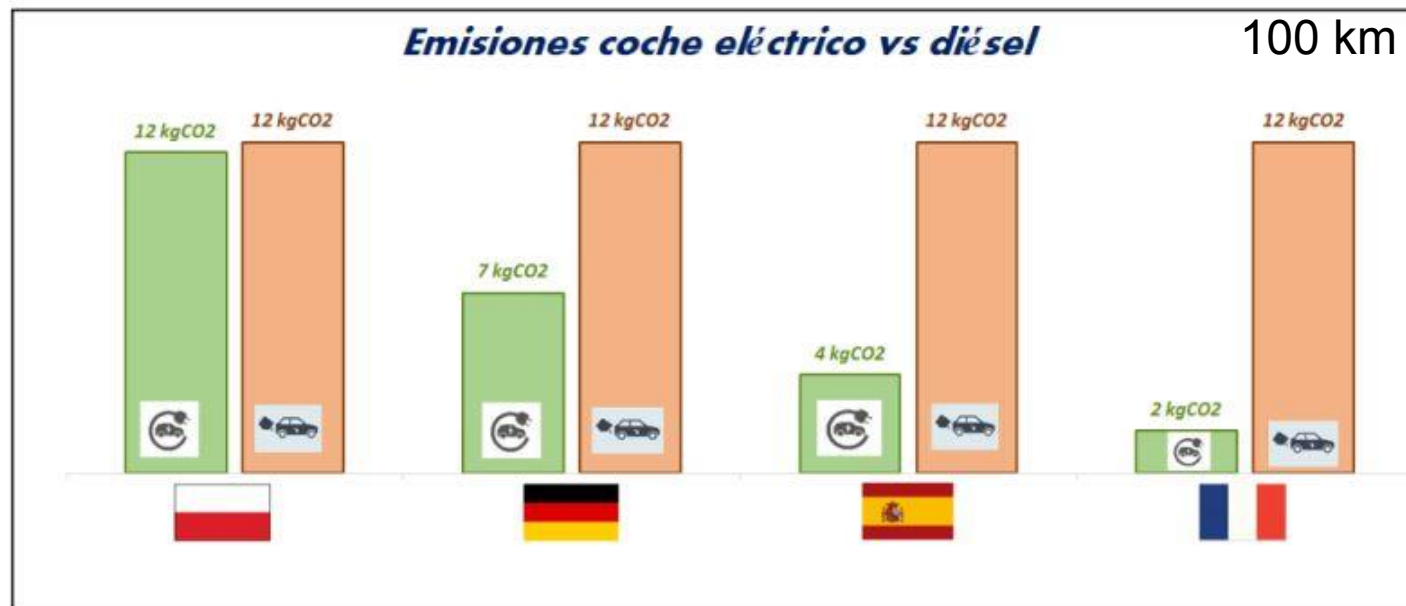
Motivación: ¿qué resuelve?

¿electrificación = descarbonización?



Motivación: ¿qué resuelve?

¿electrificación = descarbonización?

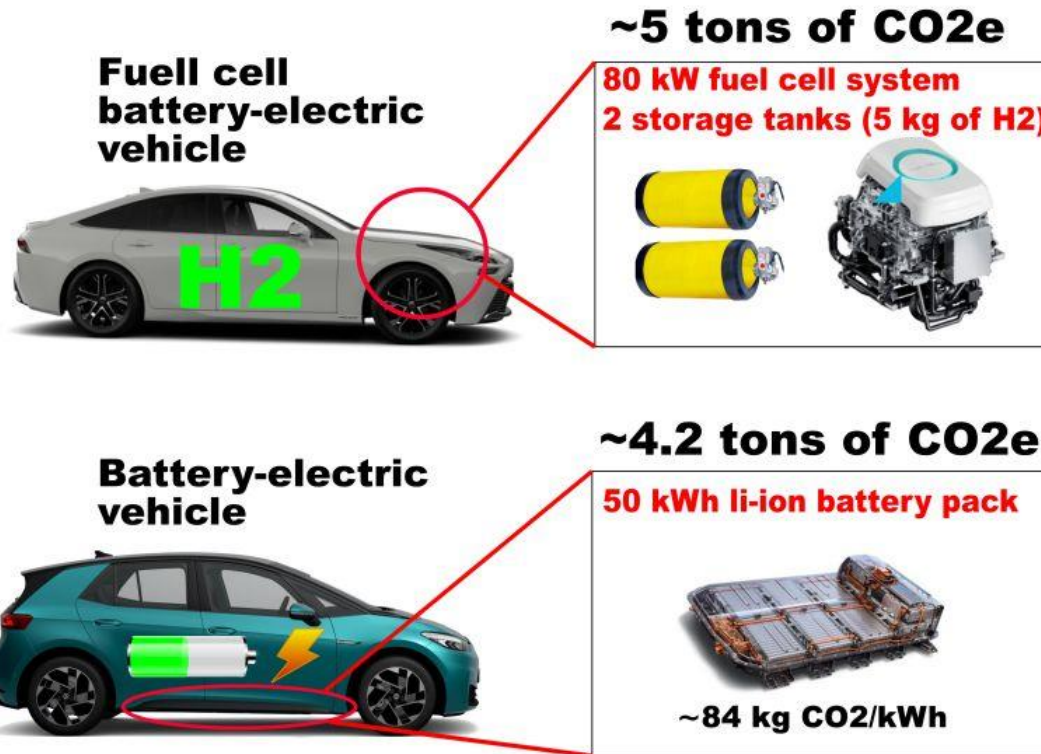


Mix eléctrico:

- Polonia: 684 g CO2/kWhe
- Alemania: 385 g CO2/kWhe
- España: 200 g CO2/kWhe
- Francia: 90 g CO2/kWhe

Motivación: ¿qué resuelve?

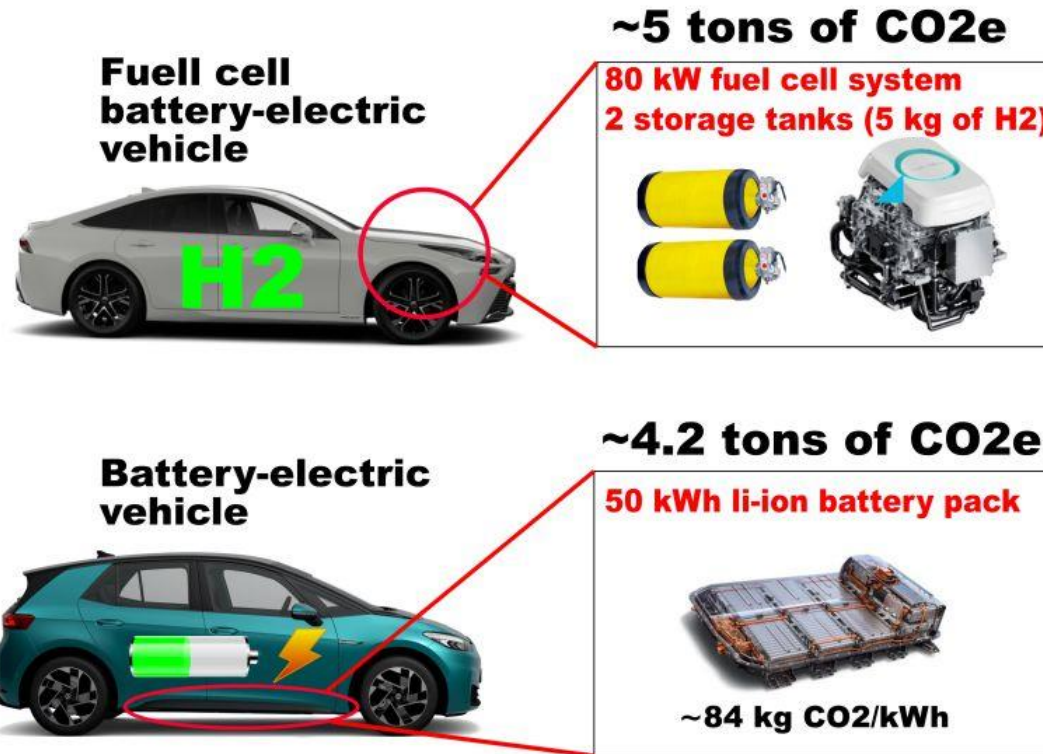
¿Emite más CO₂eq un FCEV que un BEV?



© Michael Sura

Motivación: ¿qué resuelve?

¿Emite más CO₂eq un FCEV que un BEV?

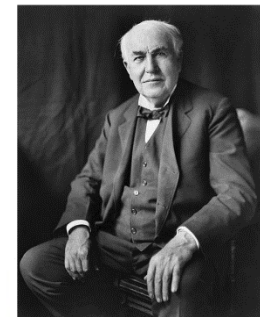
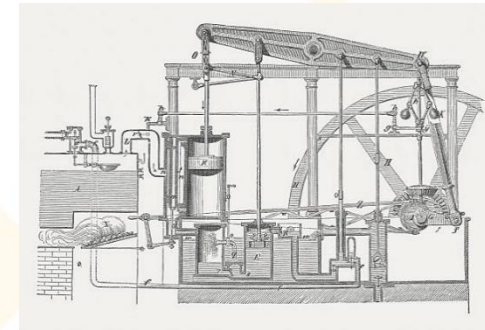


© Michael Sura

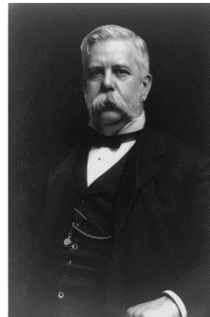
$$5 \text{ kg} * 33,6 \text{ kWht/kg} * 0,5 \text{ kWhe/kWht} = 85 \text{ kWhe}$$
$$5000/84 = 59,5 \text{ kg CO}_2\text{eq/kWhe}$$

Contenidos: ¿de dónde venimos?

- Hasta S. XVIII:
 - renovables:
 - usos térmicos: biomasa, solar, geotermia
 - energía mecánica: eólica, hidráulica
 - fósiles:
 - usos térmicos: carbón, petróleo
- Siglo XVIII:
 - Surge la máquina de vapor: carbón para energía mecánica
- Siglo XIX:
 - Se perfecciona la máquina de vapor
 - Surge la electricidad
 - Surge el motor de combustión interna alternativo
 - Surgen las máquinas de refrigeración



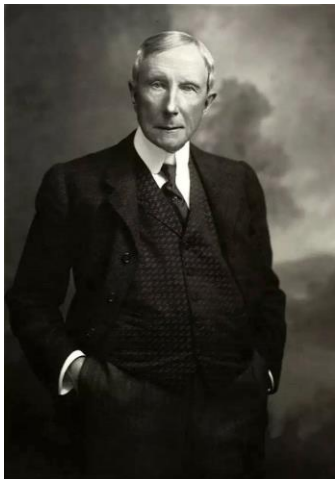
Edison



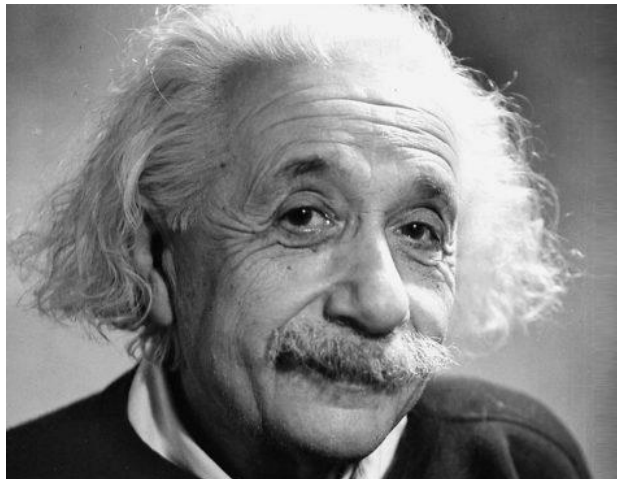
Westinghouse

Contenidos: ¿de dónde venimos?

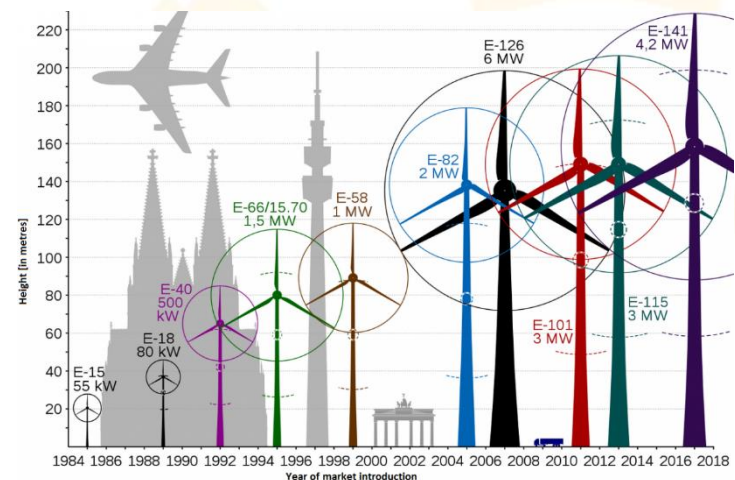
- Siglo XX:
 - Centrales eléctricas
 - Petróleo en transporte
 - Surge la energía nuclear de fisión
 - Modernización de las energías renovables
 - Cogeneración
 - Nuevos ciclos termodinámicos de potencia y refrigeración



Rockefeller

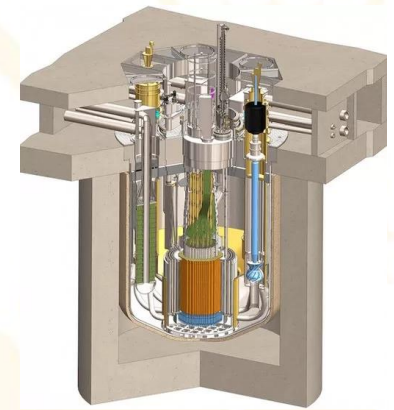
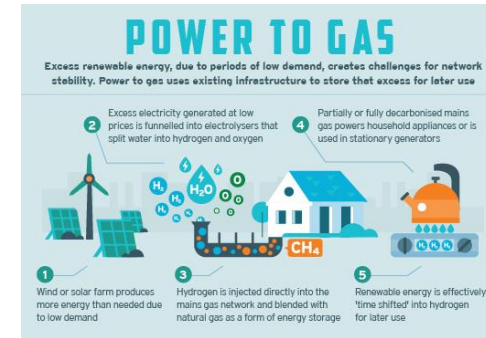


Einstein



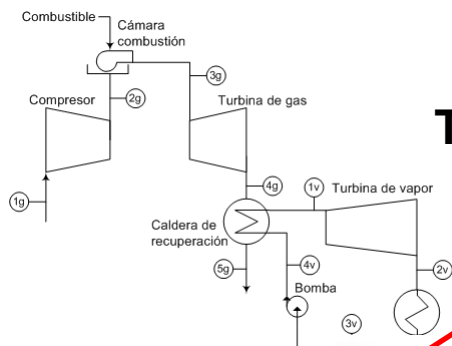
Contenidos: ¿de dónde venimos?

- Siglo XXI:
 - Nuevos vectores energéticos: electricidad, hidrógeno, gas renovable
 - Vehículos híbridos
 - Vehículos eléctricos (batería y pila de combustible)
 - Captura y almacenamiento de CO₂
 - Hidrocarburos no convencionales (Fracking)
 - Gen III, III+ y IV de fisión nuclear
 - Fusión nuclear
 - Competitividad de renovables
 - Economía del hidrógeno, hidrógeno verde, sector coupling
 - Almacenamiento de energía para renovables



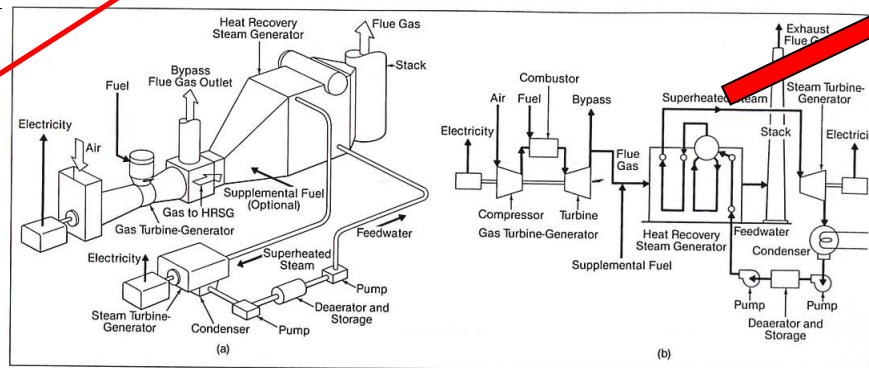
Contenidos: ¿de dónde venimos?

- Conocimientos previos:
 - Fundamentalmente Termodinámica
 - Importante: Mecánica de Fluidos; Transferencia de Calor
- Aspectos tecnológicos de las aplicaciones prácticas:

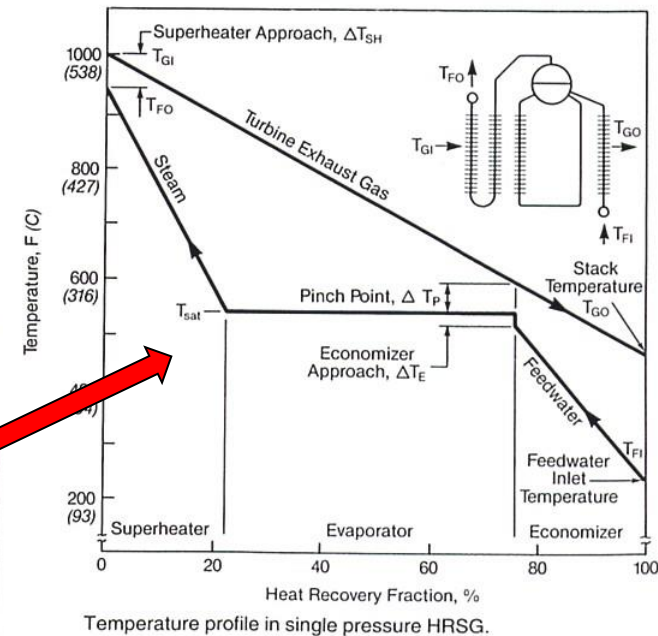


TERMO

ING. ENERGÉTICA



Simplified combined cycle system schematics.



Contenidos: ¿a dónde vamos?

FUENTES ENERGÉTICAS

- Combustión (fósiles, renovables e hidrógeno)
- Combustibles Fósiles vs. combustibles sostenibles:
 - Recursos, explotación, logística
 - Oleoductos, gasoductos, CO₂, H₂, licuefacción/regasificación
 - petróleo, gas natural, carbón, HC no convencionales, almacenamiento de CO₂
 - hidrógeno, e-fuels, gases renovables
- Nuclear
 - Física, tecnología, residuos
 - Fisión Gen II, III, III+, IV
 - Fusión
- Cogeneración y Renovables
 - Cogeneración (gas natural, gas renovable, biomasa)
 - Solar, biomasa, hidráulica, eólica y geotermia, sector coupling
- Hidrógeno
 - Producción (hidrógeno verde, azul y gris)
 - Pilas de combustible

Contenidos: ¿a dónde vamos?

CONVERSIÓN ENERGÉTICA AVANZADA

- Ciclos de potencia
 - Tecnología de ciclos de vapor, gas y combinados, Repowering
 - Ciclos de cola, ORC, S-CO₂, Kalina
 - Cogeneración
 - Captura y almacenamiento CO₂
- Ciclos de refrigeración
 - Baja temperatura
 - CO₂ transcrito
 - Otros: tubo vórtice, eyector, híbridos potencia/refrigeración
 - Absorción, adsorción
 - Bombas de calor aerotérmicas y geotérmicas; energía renovable

Contenidos: ¿a dónde vamos?

SISTEMAS

- Viabilidad económica de proyectos energéticos
- Modelado de sistemas térmicos
 - Diseño / Operación
 - Intercambiadores, turbomáquinas, máquinas alternativas

Contenidos: ¿a dónde vamos?

PRÁCTICAS

- Simulación de sistemas energéticos (EES): todos, 1 sesión
- Ensayo A: aleatoriamente uno de estos tres equipos:
 - Ensayo de un aerogenerador en un túnel de viento
 - Simulación de las prestaciones de una turbina de gas
 - Prestaciones de una pila de combustible PEM (pila 2)
- Ensayo B: aleatoriamente uno de estos tres equipos:
 - Ensayo de una bomba de calor aerotérmica
 - Comparación de una bomba de calor aerotérmica frente a hidrotérmica
 - Ensayo de un refrigerador de doble etapa
- Ensayo C: aleatoriamente uno de estos tres equipos:
 - Medida del poder calorífico del bioetanol
 - Ensayo de un motor de micro-cogeneración
 - Prestaciones de una pila de combustible PEM (pila 1)

Material: ¿cómo vamos?

- Texto
 - Desarrollo de los temas de la asignatura (disponibles en Moodle)
- Transparencias de la clase
 - disponibles en MOODLE
 - no demostraciones
 - casos estudio: poco desarrollo, hincapié en resultado

Material: ¿cómo vamos?

- Problemas resueltos
 - Disponibles en MOODLE
 - Hoja de enunciados
 - Resolución completa escaneada
 - Se realizan la mitad de los disponibles, alternándolos cada año
 - Algunos vídeos
- Exámenes de cursos anteriores
 - Disponibles en MOODLE, totalmente resueltos (problemas)
 - Los del curso presente se suben con la solución (problemas) a MOODLE

Planificación

Ingeniería energética			
lunes	Práctica	Examen	Trabajo
16-ene			
23-ene			
30-ene			
06-feb			H0
13-feb			
20-feb			
27-feb			
06-mar		INTER	
13-mar			H1
20-mar	LAB		
27-mar	LAB		
03-abr	SEMANA SANTA		
10-abr	LAB		H2/H3
17-abr	LAB		H3
24-abr			

Prácticas: hay 4 prácticas diferentes en la asignatura. Se indica la semana de realización. El informe se entrega a la semana siguiente.

Trabajo:

H0: asignación del trabajo

H1: entrega de un índice/memoria descriptiva

H2: entrega del trabajo

H3: Presentación oral del trabajo (3 trabajos/hora)

Sistema de evaluación

EVALUACIÓN		
Rendimiento		
Trabajo		
Prácticas		
Exámenes		
Intersemestral (1,5 horas)		
Final (3 horas)		
ORDINARIA		
Trabajo	15%	Rendimiento
Prácticas	15%	
Examen Intermedio	20%	Exámenes
Examen Final	50%	
Participación Foro (adicional)	$\leq 0,5$	
EXTRAORDINARIA		
Media de Rendimiento	20%	Rendimiento
Examen Final	80%	Exámenes
Participación Foro (adicional)	$\leq 0,5$	