

Contribución de las Islas Europeas a los Objetivos de Desarrollo Energético Sostenible de la Unión Europea

SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA PARA ENERGÍAS RENOVABLES

Fuerteventura, 2 de marzo de 2012

Enrique Soria Lascorz

Director

División de Energías Renovables

CIEMAT

- Es el Centro español de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas.
- Lleva a cabo I + D + i en todas las fuentes energéticas: Combustión y Gasificación, Energía Nuclear de Fisión, Energía Solar, Energía Eólica Biomasa y Biocombustibles, Eficiencia Energética en la Edificación Producción y utilización de Hidrógeno (Pilas de Combustible), Fusión Termonuclear, etc.
- EL CIEMAT también realiza I + D + i en Medioambiente, tanto radiológico como convencional.

Recursos humanos : 1.500 personas

Presupuesto (año 2010) : 91,7 M€

Ingreso por actividades de I+D (año 2010) : 43.6 M€

Organismo Público de Investigación

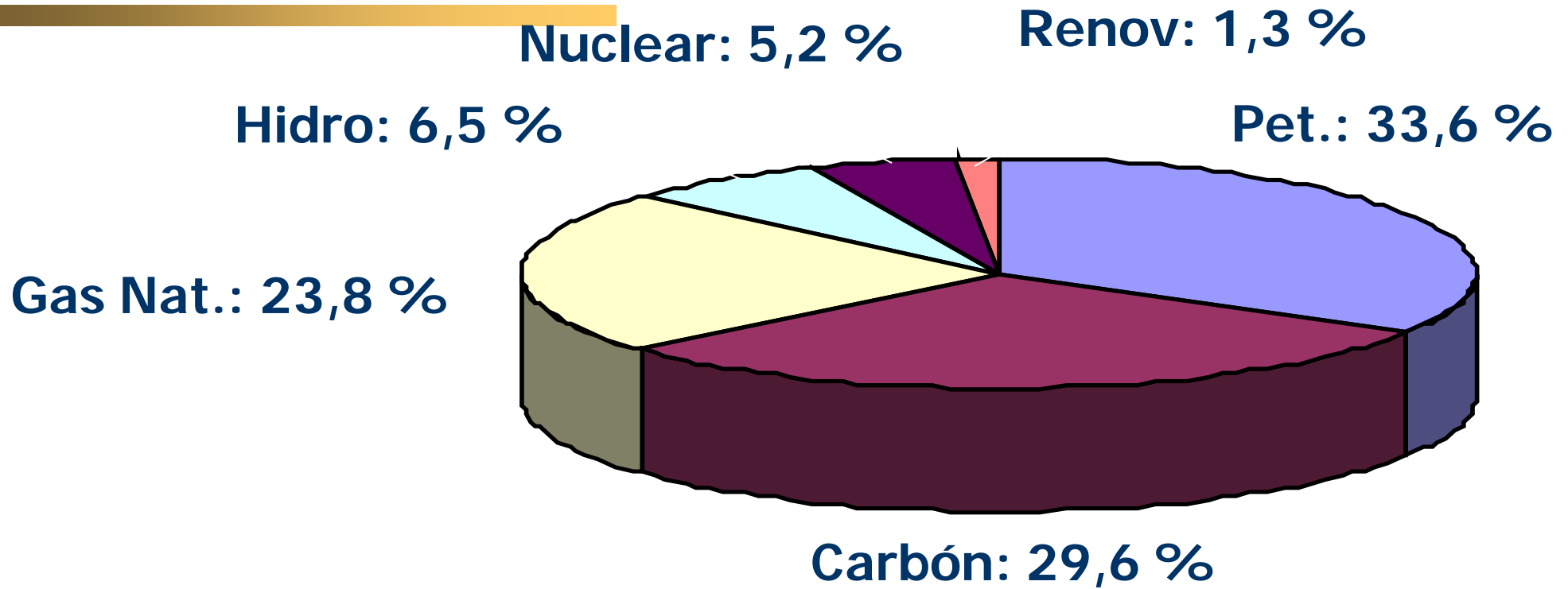


Contenido

- **Energía y Energías Renovables**
- **Energía solar termoelectrica**
- **Sistemas de almacenamiento de energía**
 - **Suministro de energía en áreas remotas**
 - **Fluctuaciones a corto plazo**
 - **Garantía del suministro de la energía eólica en la red.**

Comentarios finales

Energía primaria en el mundo, 2010



Total dependencia de los combustibles fósiles (87%. En España 79%).

Problemas de distribución geográfica, escasez de reservas, volatilidad de precios y efectos medioambientales.

Este esquema no es sostenible



Los elementos del cambio

Los serios inconvenientes del esquema energético existente (escasez, dependencia, precios, daños medioambientales)

Implican la necesidad de un cambio cuyo vector principal es:

La reducción del contenido en carbono de las fuentes de energía primaria

Ahorro y eficiencia energética (demanda)

Menos combustibles fósiles

Más renovables

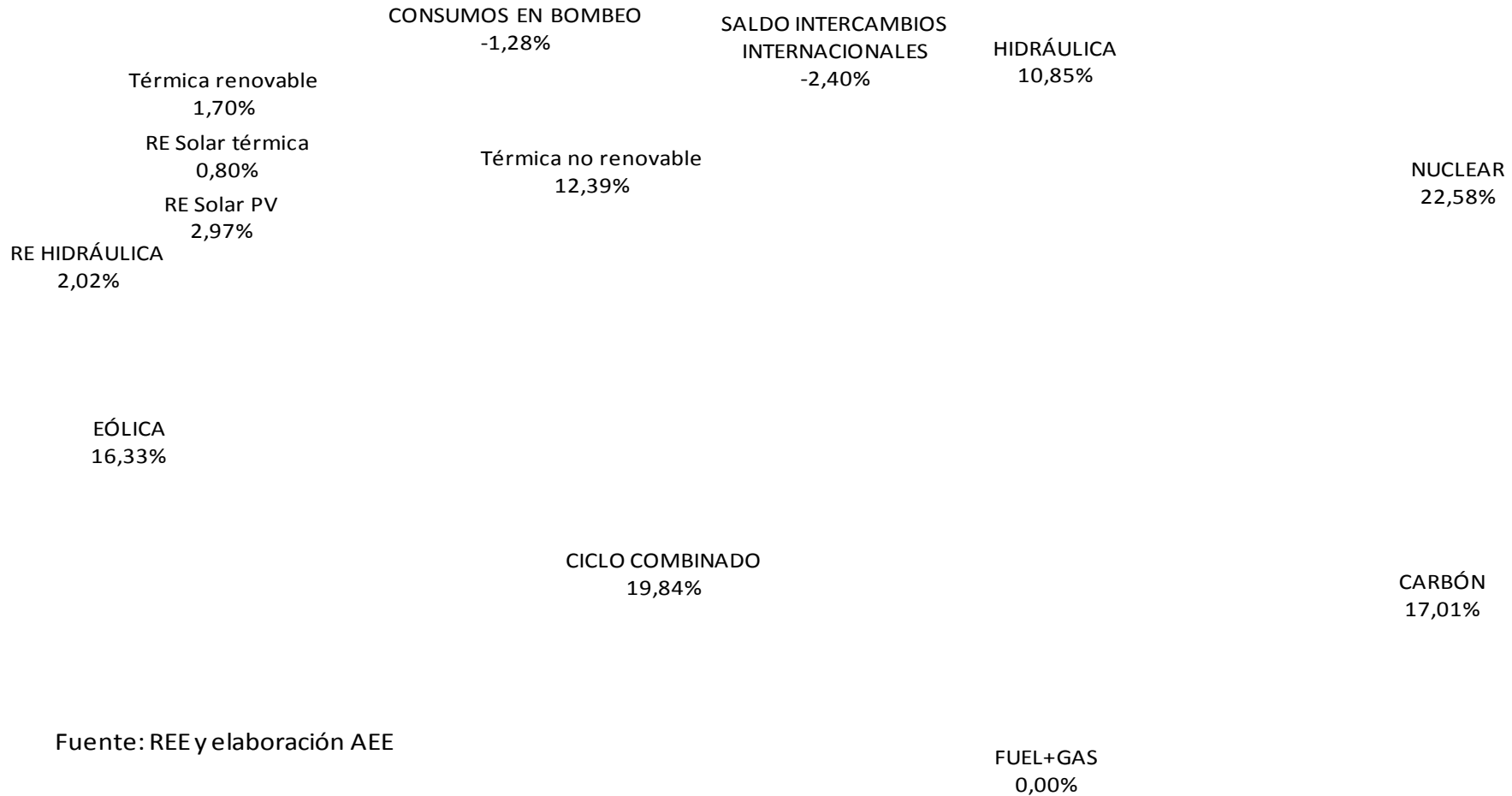
Mantenimiento de la nuclear (Gen IV y ¿después de Fukushima?)

Posible utilización “limpia” del carbón (captura y almacen. del CO₂)

Fusión (no estará disponible en décadas)

Ninguna de las alternativas está libre de problemas para su implementación inmediata. Para resolverlos, se precisa un notable esfuerzo en **desarrollo tecnológico, voluntad política y empresarial y cambio de mentalidades**

Electricidad en España 2011



Fuente: REE y elaboración AEE

Energías Renovables 35 %

Las energías renovables en aplicaciones no eléctricas

- **Biomasa en sistemas de calefacción (district heating)**
- **Uso de sistemas solares en aplicaciones térmicas (calor solar en procesos industriales, secado ...)**
- **Aplicaciones medioambientales y desalación de agua de mar**
- **Refrigeración solar**
- **Eficiencia energética en la edificación**
- **Renovables en el transporte**

PER 2011-2020

	2010	2015	2020
Hidráulica	13,23 (31.600)	13,55 (31.400)	13,86 (32.800)
Solar FV	3,79 (6.300)	5,42 (9.100)	7,25 (12.400)
CSP	0,63 (700)	3,00 (8.300)	4,80 (14.400)
Eólica	20,74 (42.300)	27,85 (55.500)	35,00 (70.700)
Otras *	0,82 (4.200)	1,18 (7.100)	2,85 (14.500)
Total	39,2 (85.100)	51,0 (111.400)	63,8 (144.800)

Unidades: GW (GWh)

() Biomasa, Residuos. Eólica Off-shore, etc*

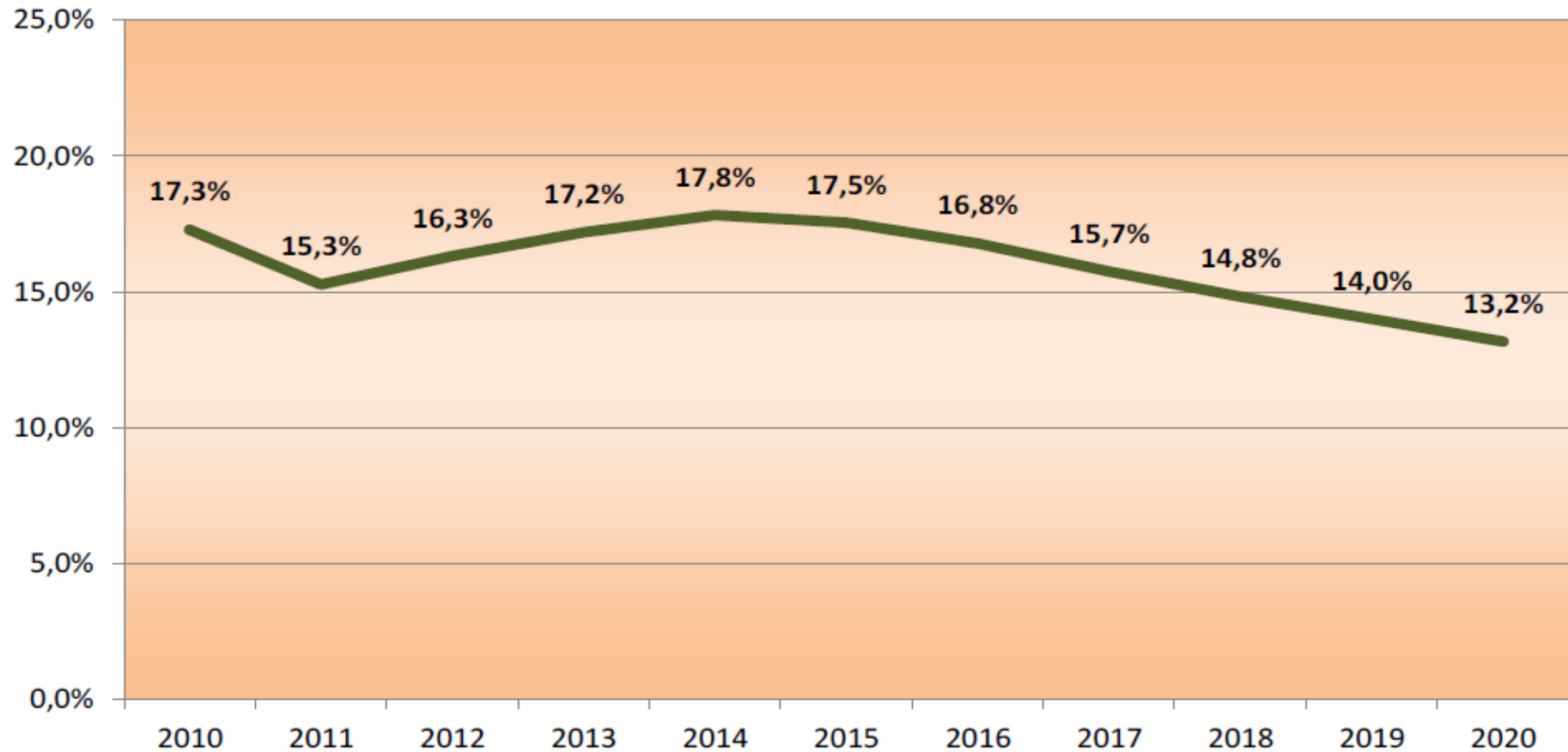


GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD

Ciemat
Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas

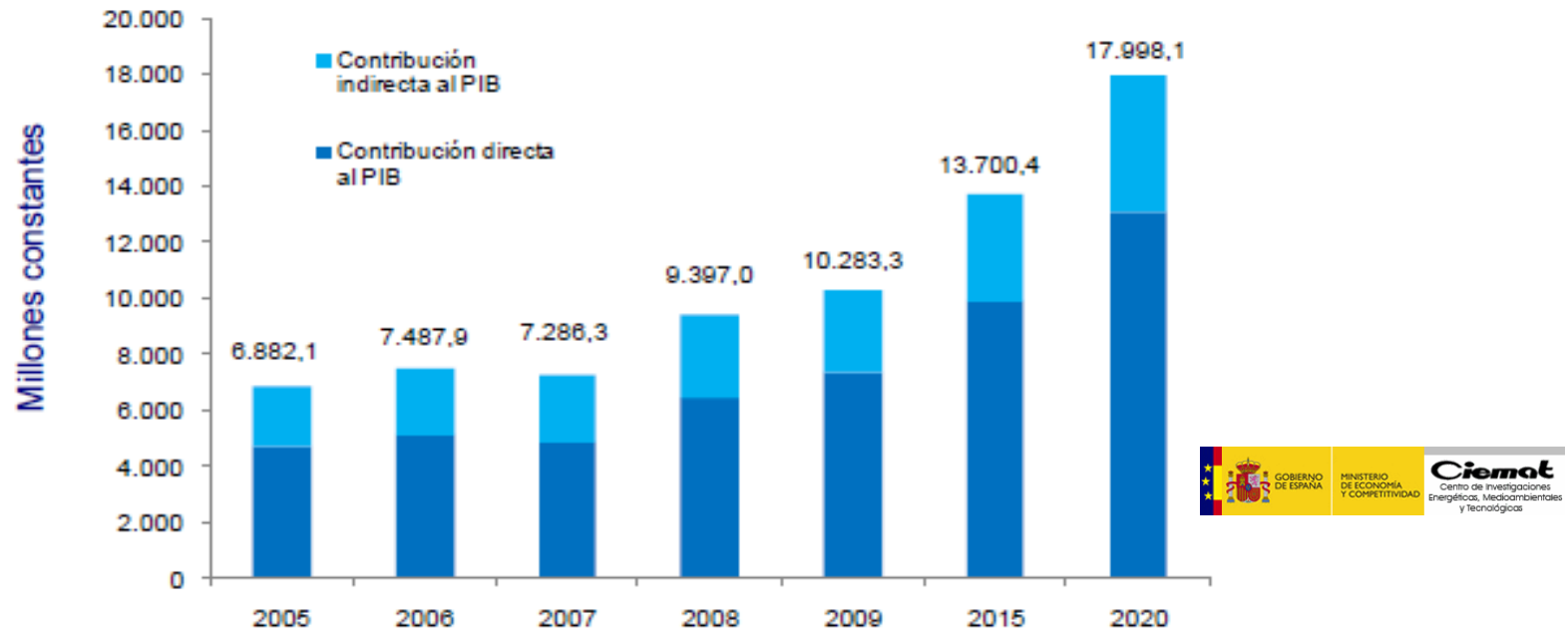
Sobrecostes derivados de los subsidios a las Renovables (PER 2011-2020)

Figura 7.3: Peso de la prima equivalente a las energías renovables sobre los costes totales del sistema en el período 2010-2020



Otros datos económicos PER 2011-2020

Figura 7.4: Contribución total del sector de las energías renovables al PIB de España en millones de € constantes (base 2010)



Export – Import = 1.400 M€ (2015) to 1.900 M€ (2020)

Emisiones evitadas 2011-2010 = 171 Mt CO2

Empleos generados por las RES en 2020 = 303.000

Energías renovables: algunos comentarios

1: Coste

Soluciones posibles:

Aumento del tamaño de las plantas

Avances en R + D

Mejoras en la fabricación de componentes

Producción en serie (expansión del mercado)

Experiencia en O & M

2: Intermitencia

Soluciones posibles:

Hibridación

Almacenamiento (electricidad, energía mecánica calor, H₂)



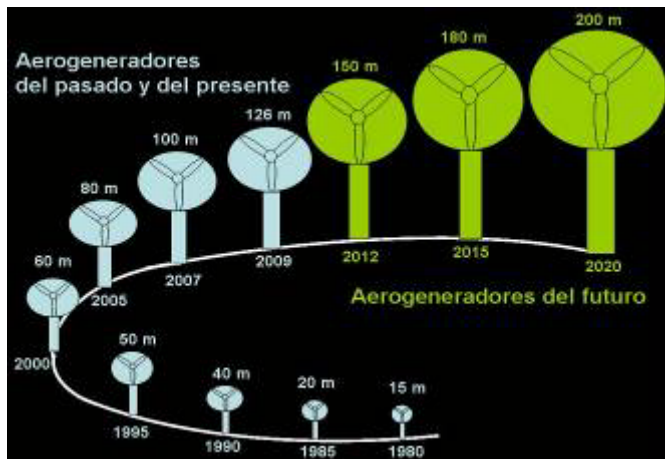
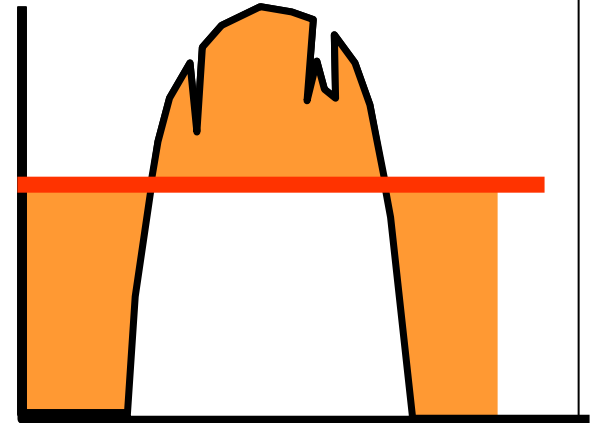
Energías renovables: algunas soluciones

1: Coste

Caso de éxito energía eólica terrestre

2: Intermitencia

Energía solar termoeléctrica:
Almacenamiento térmico



Almacenamiento de calor

Solución adecuada y no muy costosa para plantas termosolares

Calor sensible: aumento de temperatura

Calor latente: cambio de fase

Materiales:

Sales fundidas (mezclas de nitratos)

Materiales con cambio de fase

Sistemas sólidos compactos,

Sistemas de guijarros

Grandes potencias (50-200 MW) durante horas



ANDASOL 1: Bloque de Potencia



2 torres: $\emptyset = 36 \text{ m}$; $h = 14 \text{ m}$
7,5 h Almacenamiento a 50 MW

28.500 tm de sales fundidas

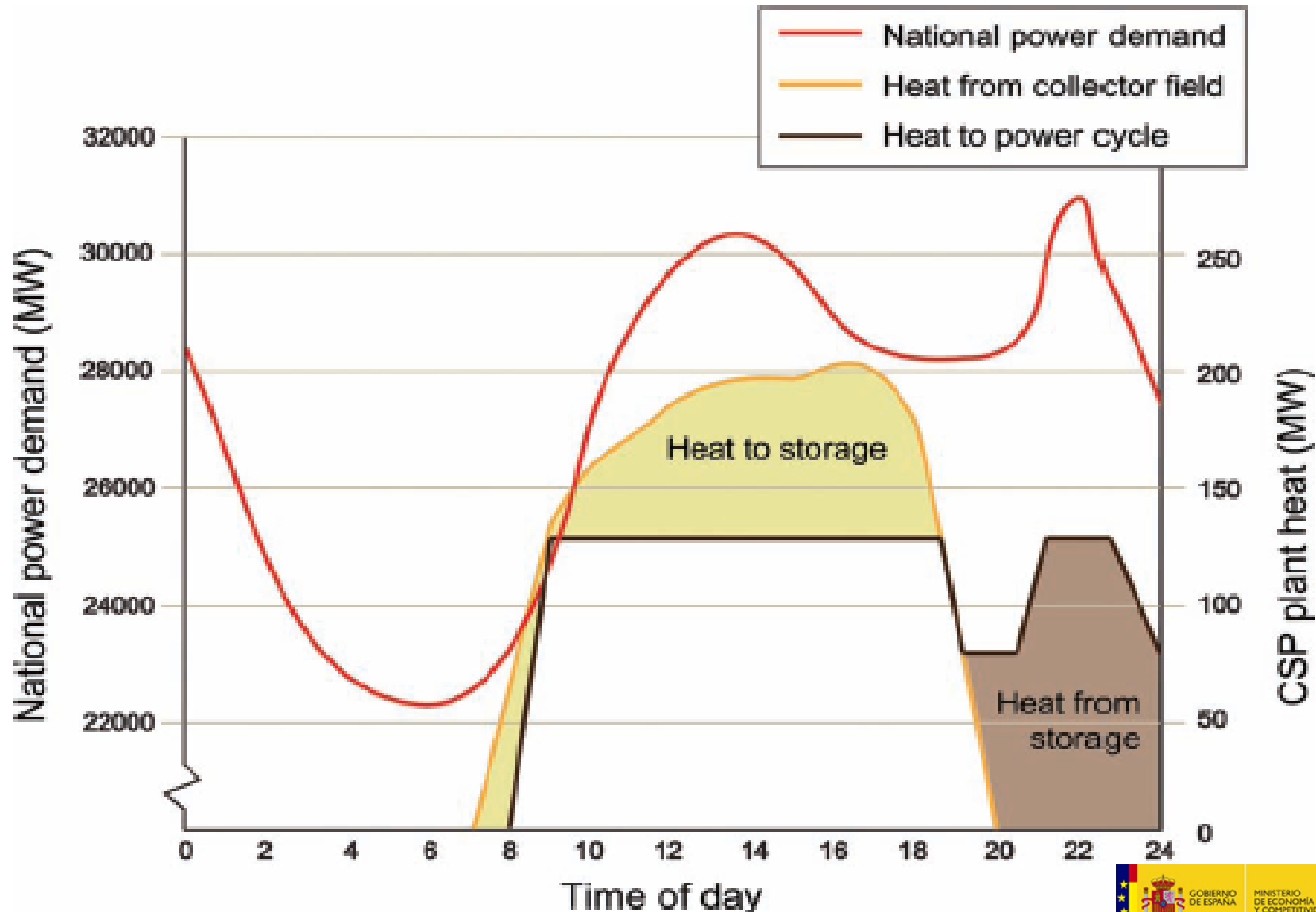
Sistemas con Torre Central: GEMASOLAR



Potencia: 20 MWe. Almacenamiento: 15 h a plena carga

CSP Gestionabilidad

Figure 4.2 Extending operating hours of a 50 MWe CSP plant with thermal storage, to follow the demand curve of a normal mid-summer day in Spain. Demand curve derived from RED Electrica de España (2011) and CSP load from computer simulation (<https://demanda.ree.es/demandaEng.html>)



Objetivos del almacenamiento

- Integración de Renovables
- Eficiencia Energética
- Gestión de la Red
- Sector de la automoción

Hasta ahora el almacenamiento de energía se ha desarrollado para dispositivos portátiles: elemento auxiliar en automóviles, industria aeroespacial y electrónica de consumo (ordenadores, móviles, etc.)

Pero para alcanzar los objetivos previstos (20 /20 /20) se requiere un almacenamiento masivo

Tecnologías existentes de almacenamiento de energía

Potencia

> 50 MW

Bombeo de agua

1 - 50 MW

Baterías de flujo REDOX

< 1 MW

Bobinas Super conductoras

Baterías

Aire Comprimido

Supercondensadores
Volantes de inercia

Hidrógeno

Segundos

Minutos

Horas

Días

Duración

Suministro de energía en áreas remotas.

- **Sistemas eólicos aislados**
- **Sistemas eólicos híbridos:**
 - **Sistemas Eólico-hidráulico.**
 - **Sistemas Eólico-fotovoltaico.**
 - **Sistemas Eólico-diesel o gas.**
- **Bombeo o desalación**



PROYECTO CICLOPS, 10 KW CIEMAT

Fluctuaciones de corto plazo de la potencia eólica.

POSIBLES SOLUCIONES:

Tecnologías de almacenamiento de energía a corto plazo: (segundos-minutos)

- Volantes de inercia avanzados.**
- Supercondensadores.**
- Baterías electroquímicas**
- Bobinas superconductoras.**



Almacenamiento a corto plazo

Se adapta al sector del transporte y la generación distribuida

Baterías de plomo (contaminante, baja densidad de energía, < 20 MW)

Baterías ión-Li (alta densidad de energía y elevada vida media)

Solución prometedora en la automoción y quizá renovables

Hidrógeno y Pilas de combustible

Solución también interesante en automoción

Coste de generación de H₂ a partir de fuentes no contaminantes

Superconductividad

Pequeñas potencias (calidad de la señal y estabilización de la red)

Alta eficiencia y rápida respuesta

Temperaturas próximas al cero absoluto

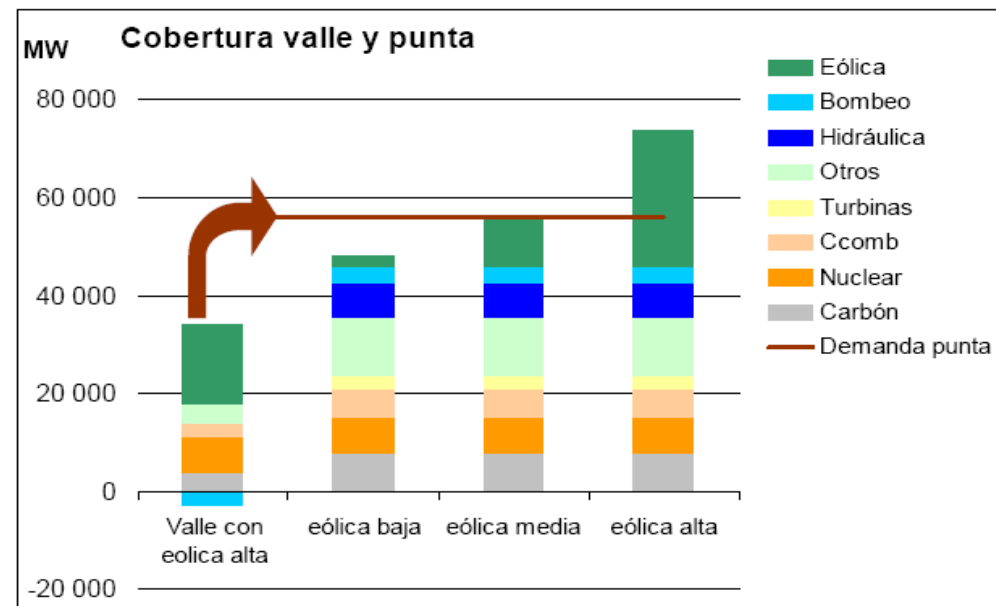
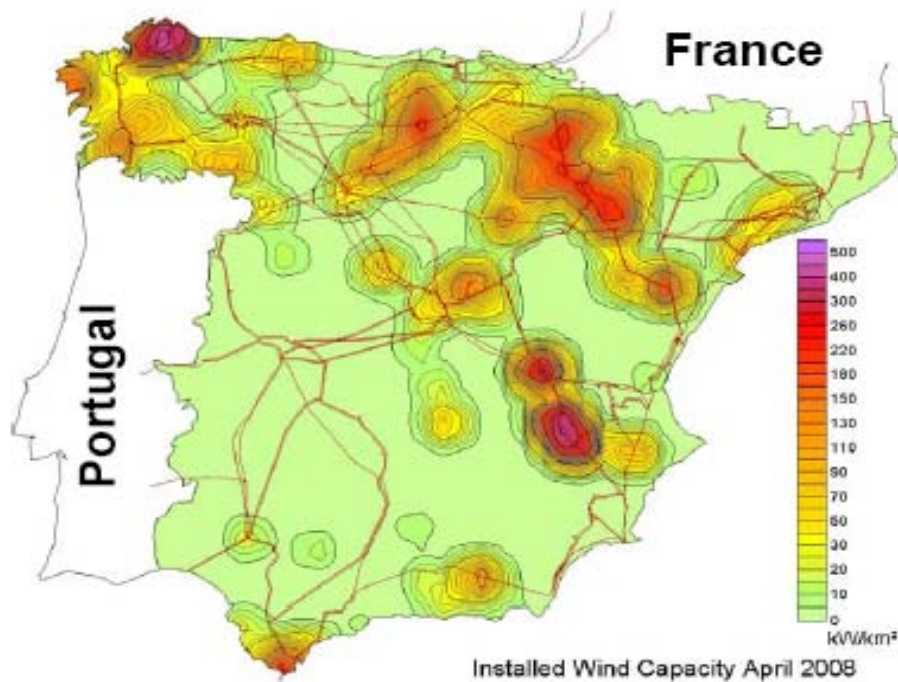
PLANTA DE REGULACIÓN DE FRECUENCIA DE 20 MW CON VOLANTES DE INERCIA

20 MW Plant containing 200 Flywheels

- Generic building design with a footprint of 22,400 ft²
 - 20,600 ft² Flywheel plant
 - 1,800 ft² Office/Conference/Storage Area ft²
- Simple construction allows for pre-engineered buildings
- Can be built without local water and sewer



Garantizar el suministro de energía eólica a la red.



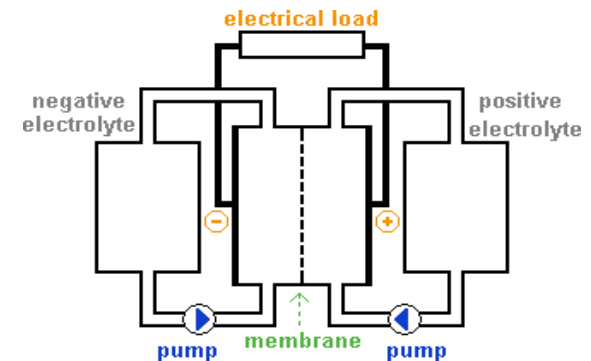
Fuente: REE

Garantizar el suministro de energía eólica a la red.

POSIBLES SOLUCIONES:

Tecnologías de almacenamiento **CENTRALIZADO** de energía a medio-largo plazo: (horas-días):

- Bombeo de agua
- Baterías REDOX
- Aire comprimido



Bombeo de agua

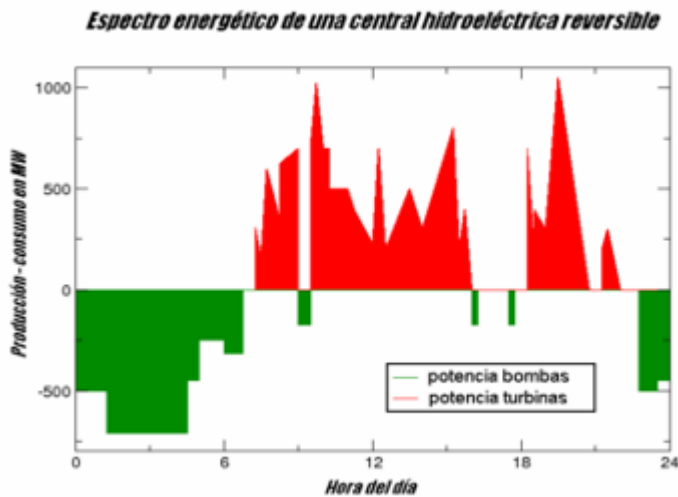
Centrales de bombeo

Ubicación, volumen de agua

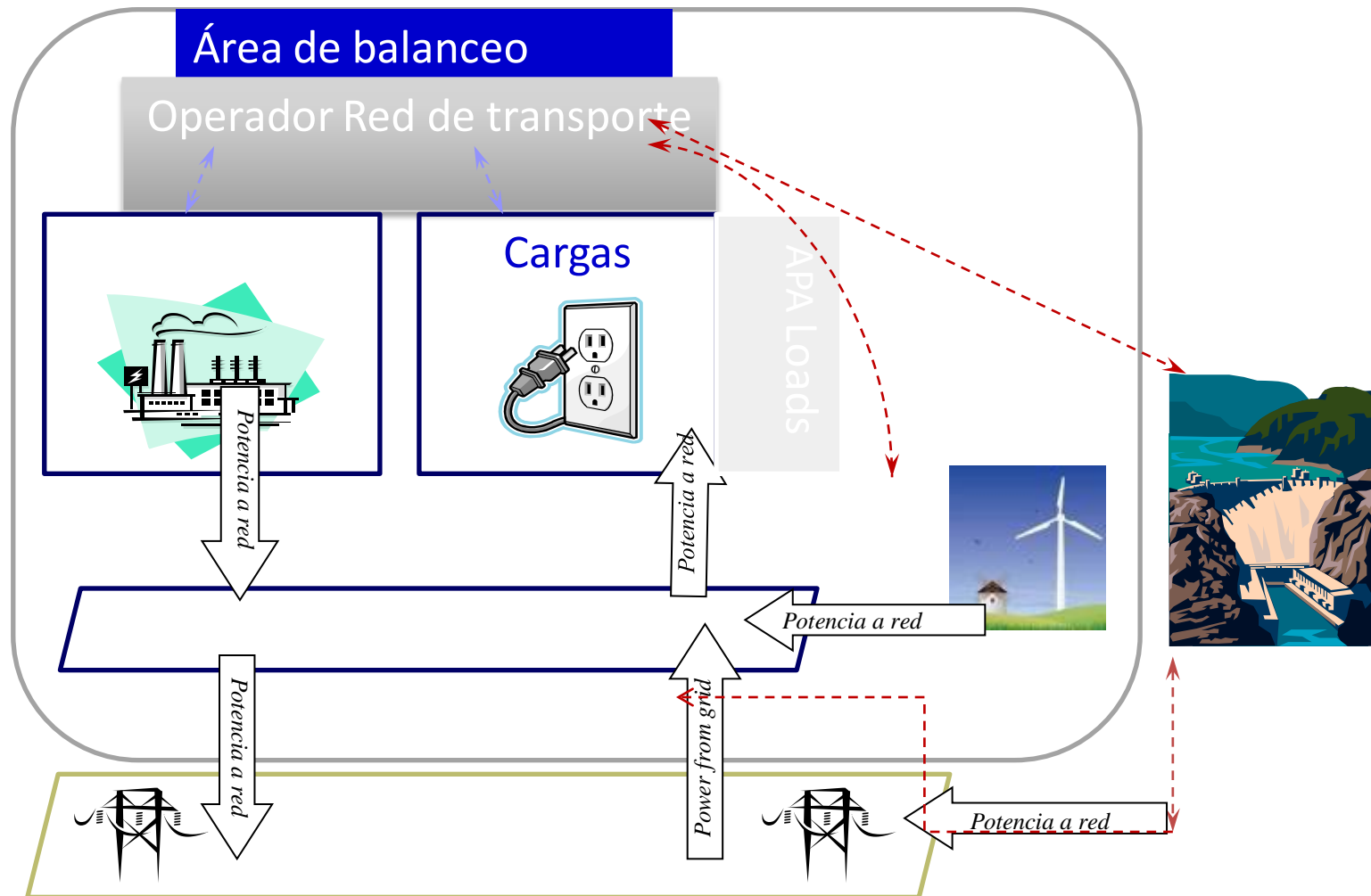
Inversión inicial considerable

Grandes potencias (100-1000 MW)

Empleo en minihidráulica



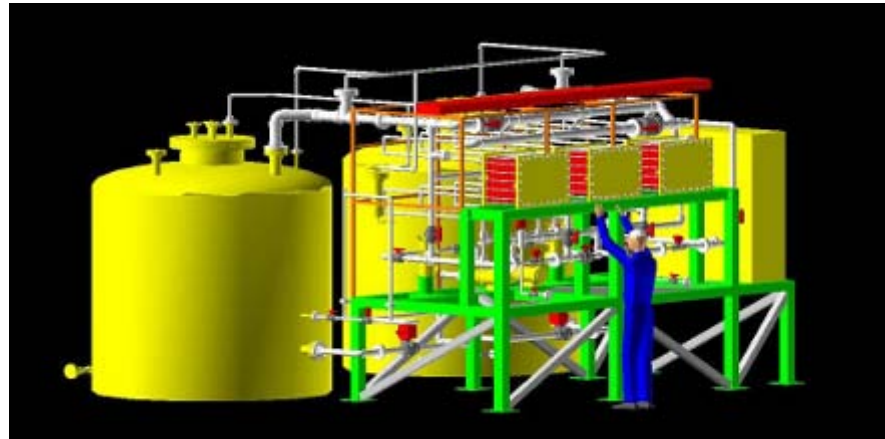
Control conjunto eólica-bombeo hidráulico.



Baterías de gran capacidad

TECNOLOGÍAS YA DESARROLLADAS:

- Baterías VRB (Batería Redox de Vanadio)
- Batería de Sulfuro de Sodio NAS
- Batería de Bromo - Polisulfuro de Sodio (Sistema Regenesys).
- Otras??



Batería REDOX de Vanadio

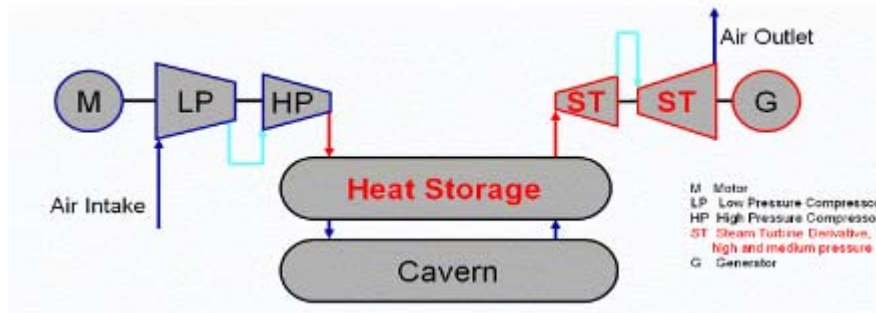
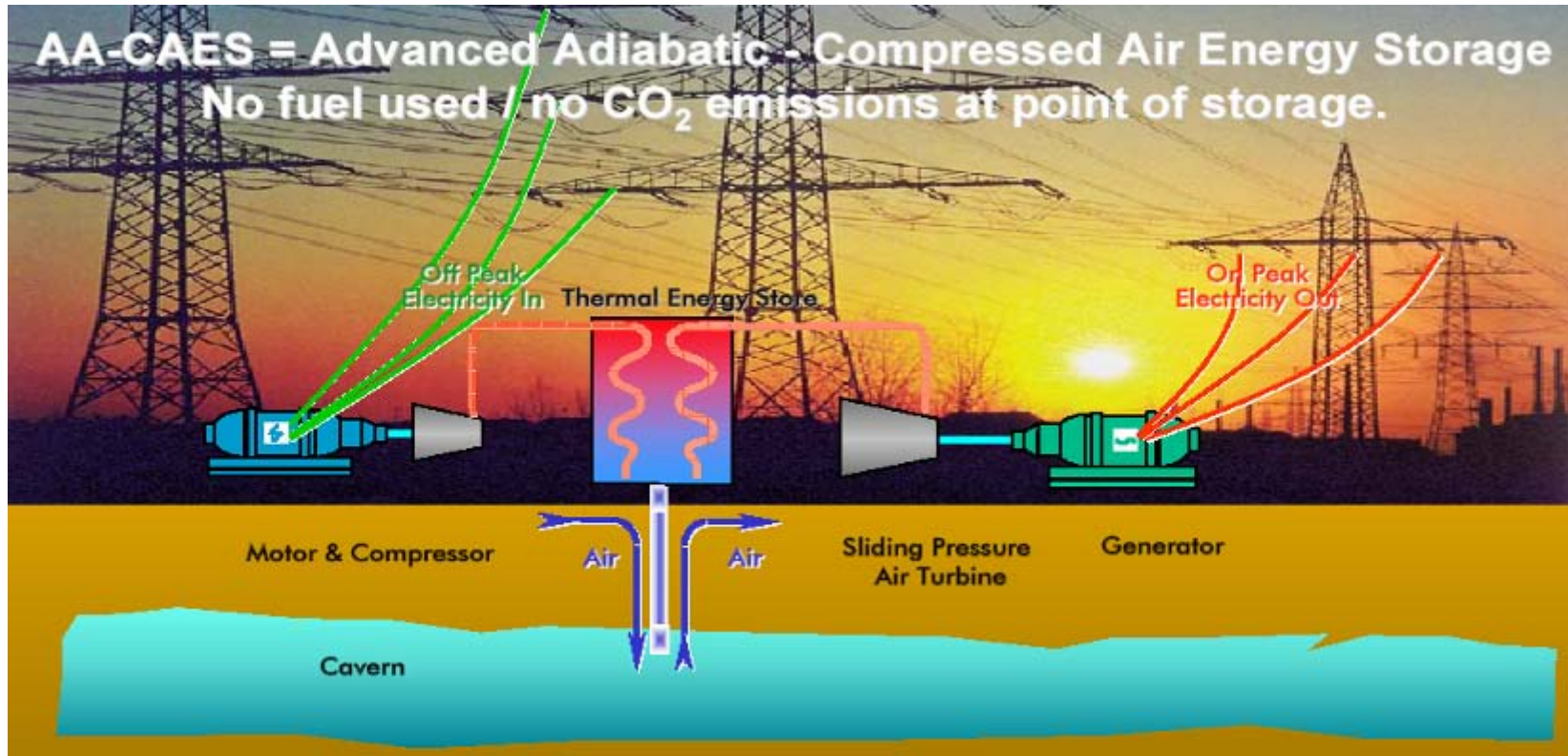
- Batería de vanadio VRB (Vanadium Redox Battery) SEI Osaka (Japón) 100 kWh.
- Proyecto SUBARU Filtrado de variaciones de potencia de parque eólico mediante una batería VRB
- El sistema es perfectamente escalable hasta los 10MW de potencia y 10 horas de capacidad de almacenamiento.
- La energía se recupera instantáneamente



Aire Comprimido

- Básicamente es convertir la energía eléctrica de origen eólico en energía almacenada mediante la compresión de aire dentro de un depósito o cueva. (Hasta 300 MW)
- Con emisiones: El aire comprimido posteriormente se calienta mediante la combustión de otro combustible (gas) y se expande en una turbina produciendo energía eléctrica y calor reutilizable.
- Emisiones 0: Sistema adiabático. Este aire comprimido se calienta mediante el calor extraído al aire en la compresión. (En este caso hace falta algún sistema de almacenamiento de energía térmica)

Sistema CAES Adiabático



Hidrógeno Centralizado

Aplicaciones posibles:

Apoyo en la integración de la energía eólica en la red:

Almacenamiento a corto plazo para evitar fluctuaciones de potencia eólica.

- Almacenamiento a medio plazo para evitar el lucro cesante en casos de sobre generación eólica.
- **Almacenamiento a largo plazo para ofrecer energía eólica garantizada (evita desvíos).**

Producción directa de hidrogeno a partir de la energía eólica:

Inyección en tubería específica o de gas

- **Autoconsumo.**

Algunas comentarios

El almacenamiento es hoy un aspecto central en la búsqueda de soluciones energéticas sostenibles.

Básico para el diseño de un nuevo sector del transporte

Básico para la gestionabilidad de una red con un fuerte componente de renovables

En la mayoría de los casos se trata de tecnologías incipientes con un amplio potencial de mejora

Aumentan el coste de la energía consumida:

(Dispositivos de almacenamiento, accesorios, convertidores, etc.)

Necesitan un nuevo marco regulatorio



Gracias por su atención

enrique.soria@ciemat.es