



[r]enovables

24/7

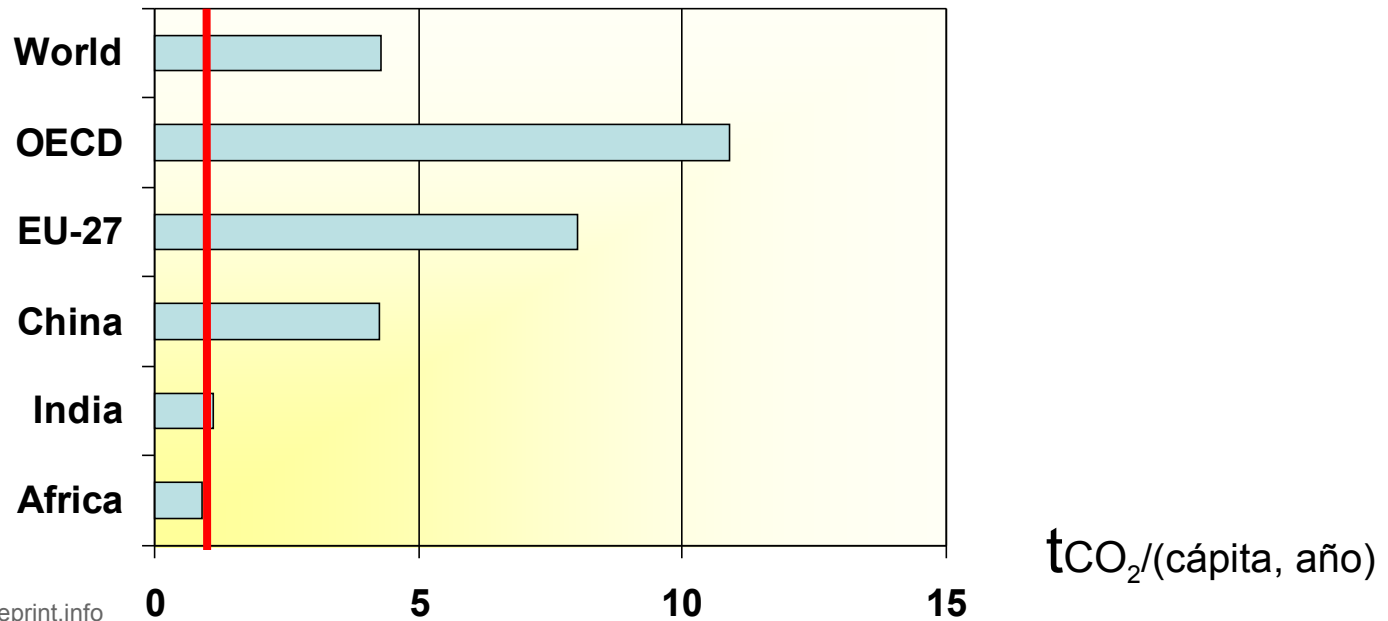
LA INFRAESTRUCTURA NECESARIA PARA SALVAR EL CLIMA

GREENPEACE

www.greenpeace.es

Objetivos climáticos

- Estabilizar la concentración global de CO₂ por debajo de 400 ppm.
- Situar el pico de emisión global de CO₂ en 2015.
- Reducir las emisiones de CO₂ de la UE de los 27 procedentes de la energía de los 7.9 t/a per cápita actuales a aprox. 2 t/a per cápita en 2050.



Más información del
escenario: www.energyblueprint.info

La lógica del “escenario de [R]evolución Energética”

De los principios a la práctica. Uso de la actual “ventana de tiempo” para:

Paso 1: Eficiencia eléctrica

Paso 2: Cambios estructurales

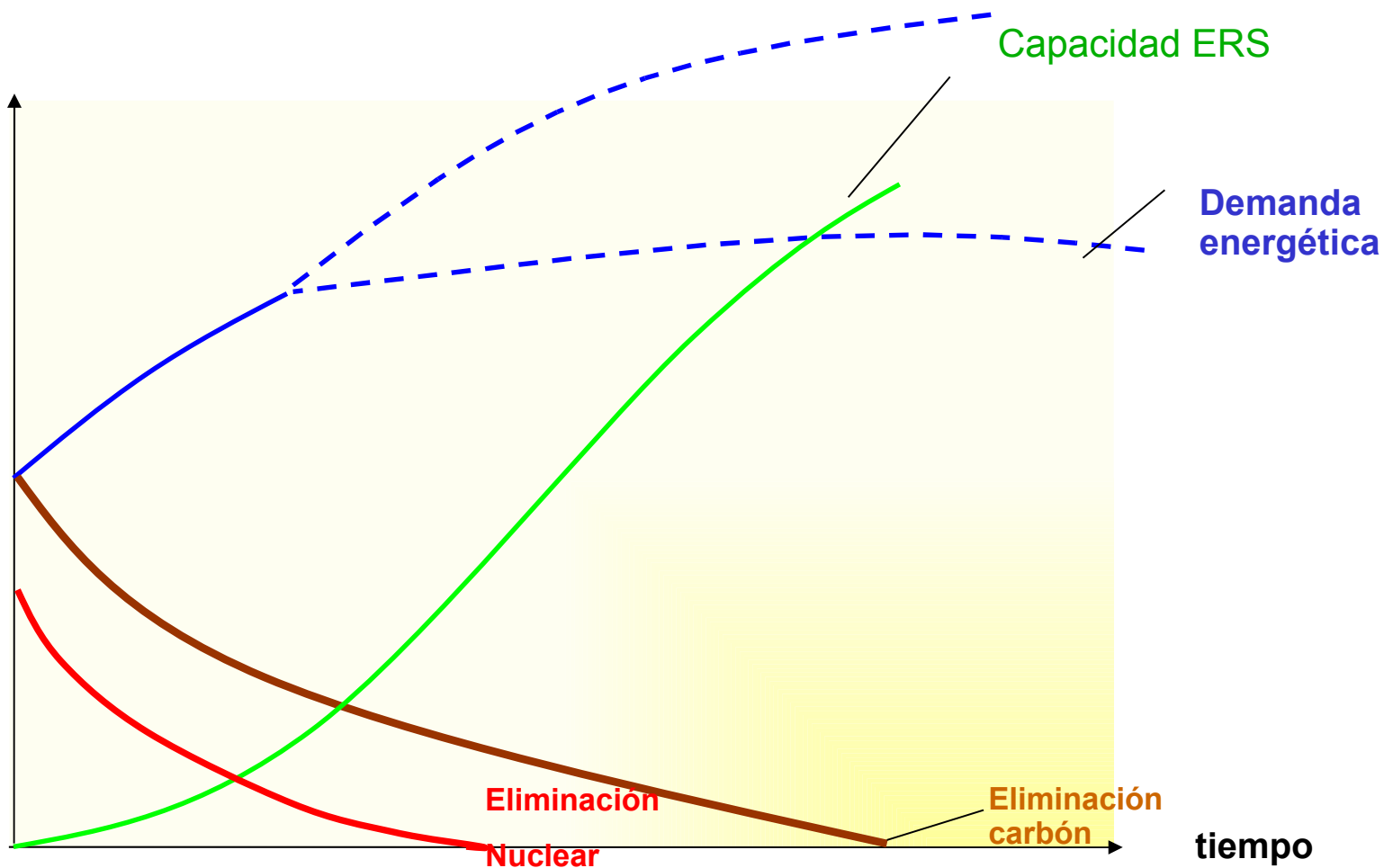
- Sistema energético descentralizado y renovables a gran escala
- Cogeneración

Paso 3: Eficiencia en el transporte

- Sistemas de transporte público eficiente
- Vehículos, camiones, etc. eficientes
- Biocombustibles sostenibles

Las bases de la Revolución Energética

- Generación, distribución y consumo inteligentes.
- La producción de energía se acerca al consumidor
- Máximo uso de combustibles locales y respetuosos con el medio ambiente.



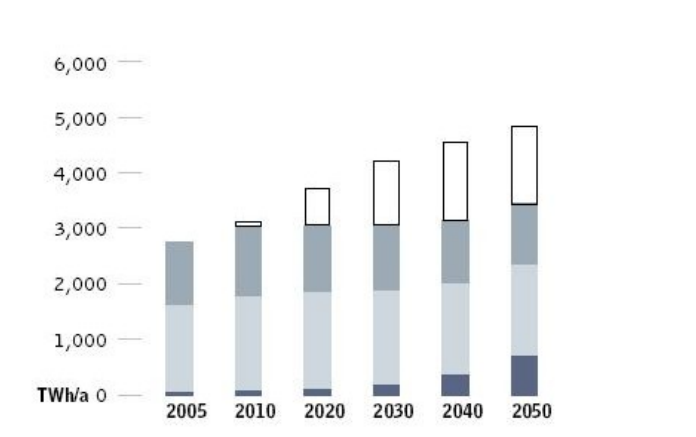
[R]evolución Energética: sector eléctrico

Sector Eléctrico

- Demanda: - 670 TWh para 2020 (-22%) y -1350 TWh para 2050
- Generación: 37.7% ER para 2020 y 88% ER para 2050

EU 27: evolución de la demanda eléctrica por sectores

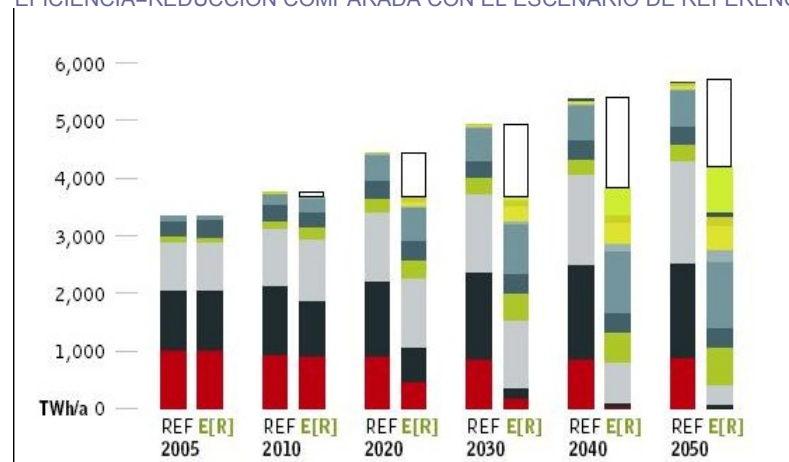
"EFICIENCIA=REDUCCIÓN COMPARADA CON EL ESCENARIO DE REFERENCIA
OTROS SECTORES=SERVICIOS, HOGAR



- Eficiencia
- Industria
- Otros sectores
- Transporte

EU 27: evolución de la generación eléctrica en los dos escenarios

"EFICIENCIA=REDUCCIÓN COMPARADA CON EL ESCENARIO DE REFERENCIA

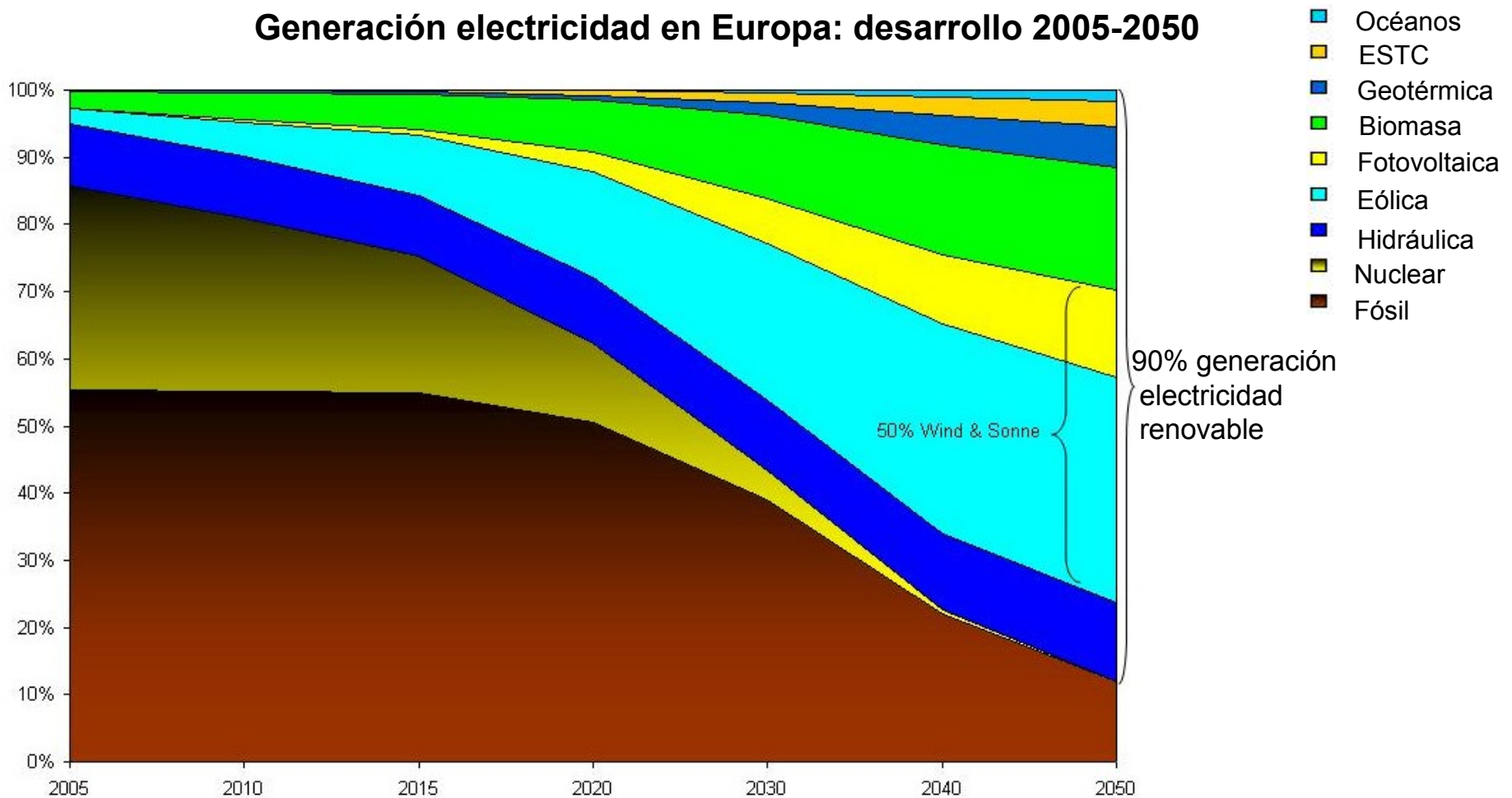


- Eficiencia
- RES Importación
- Energía de los Océanos
- Termosolar
- FV
- Geotérmica
- Eólica
- Hidráulica
- Biomasa
- Gas&Petróleo
- Carbón
- Nuclear

UE 27: proyección de potencia instalada renovable en el escenario [R]evolución Energética

En GW	2005	2010	2020	2030	2040	2050
Hidráulica	109	114	123	128	132	137
Eólica	34	83	213	264	331	357
FV	1	10	94	204	300	370
Biomasa	21.4	38.5	66.3	91.6	102.8	110
Geotérmica	1	2	5	13	27	38
Termosolar	0	1	9	17	27	31
E. de los océanos	0	0	2	6	16	26
Total	168	249	511	723	936	1,069

Generación electricidad en Europa: desarrollo 2005-2050





Cuestiones del informe “[R]enovables 24/7”

- Con qué frecuencia podemos esperar eventos extremos con un porcentaje del 50% de generación solar FV y eólica

- > Alta demanda y baja generación solar y/o eólica
- > Baja demanda y alta generación solar y/o eólica

- ¿Es posible una combinación de un sistema de generación de electricidad centralizado y descentralizado?

- Si es posible, ¿cómo?

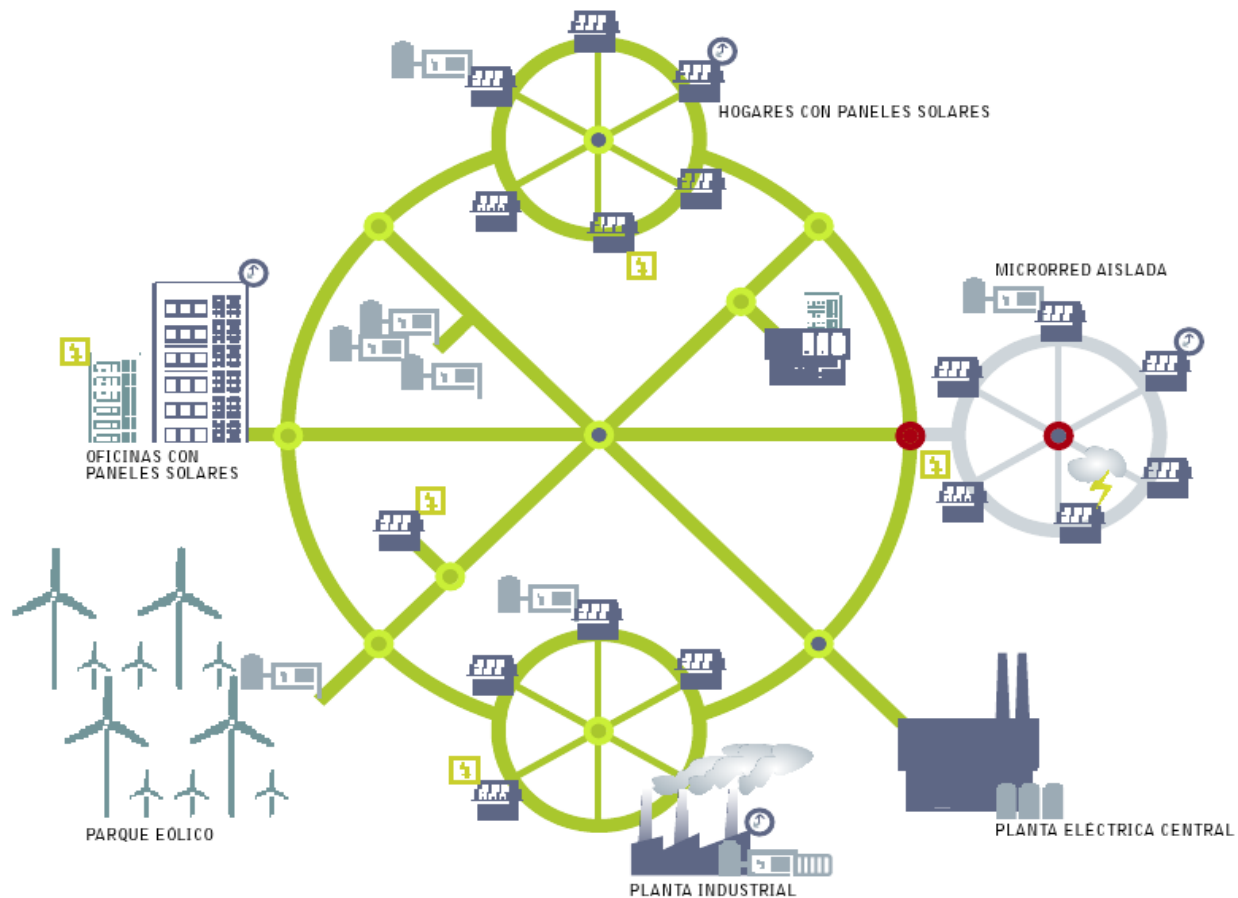
- ¿Necesitamos centrales eléctricas de carga base? ¿Encajan en un mix energético renovable?
- ¿Cómo sería la futura red y qué se necesita cambiar dentro de la actual red?
- Diseño y coste de un plan de una red eléctrica renovable europea.

[r]enovables 24/7:

Definición: ¿qué es una red inteligente?

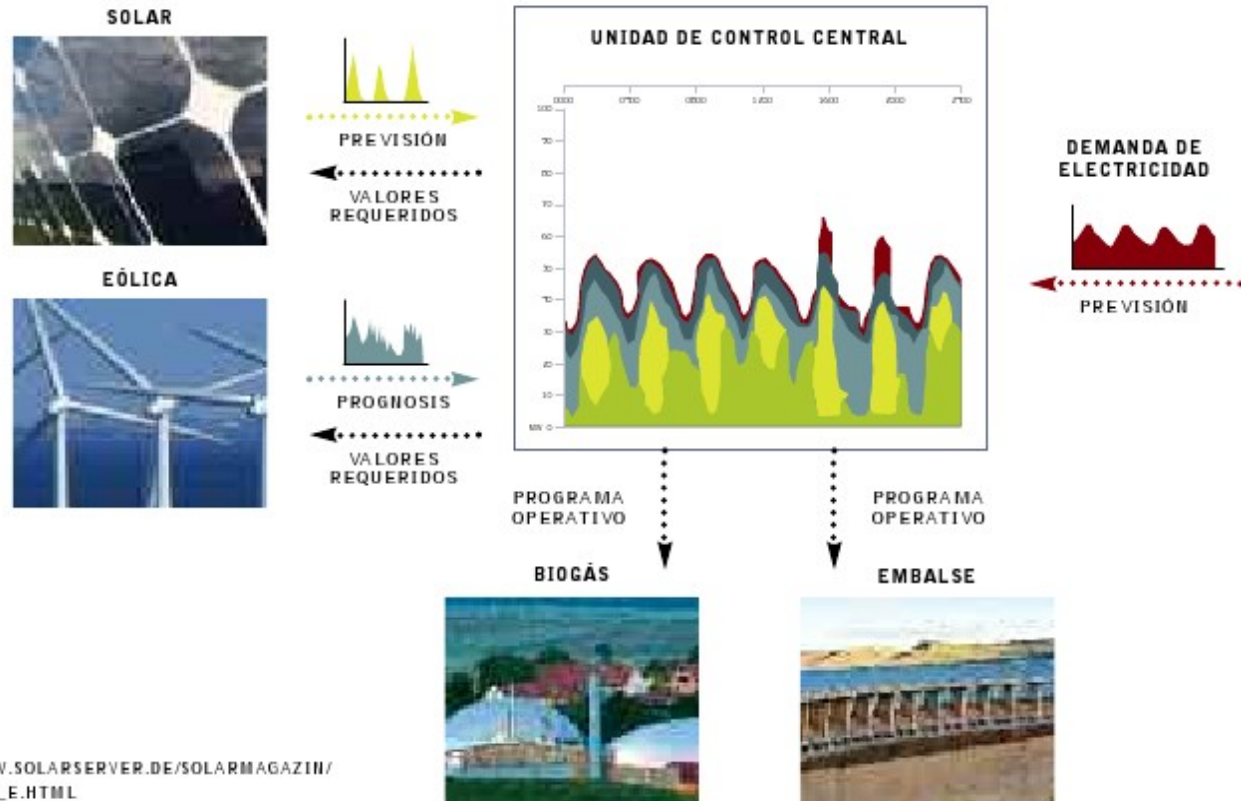
- Es una red eléctrica que conecta fuentes de energía renovables descentralizadas y de cogeneración y distribuye energía de una manera altamente eficiente.
- Es una red de electricidad que utiliza recursos energéticos distribuidos y avanzadas tecnologías de comunicación y control para suministrar electricidad más económica, con menos emisiones de gases de efecto invernadero y en respuesta a las necesidades de los consumidores.
- Generalmente se combinan formas más inteligentes de generación de electricidad con la gestión energética para equilibrar la carga de todos los usuarios del sistema.
- Los pequeños generadores son los aerogeneradores, paneles solares, microturbinas, celdas de combustible y plantas de cogeneración (producción combinada de calor y energía).
- Estos tipos de fuentes de energía pueden ubicarse más cerca de los usuarios, en lugar de una fuente centralizada grande y alejada.
- Las redes inteligentes permiten introducir en el sistema enormes cantidades de energía renovable sin emisiones de gases de efecto invernadero y también desmantelar fuentes de energía centralizadas más antiguas.
- Avanzadas tecnologías de control y gestión de la red eléctrica hacen que, en conjunto, funcionen más eficientemente, como los contadores inteligentes de luz que indican uso y costes en tiempo real y pueden responder a la comunicación remota y a los precios dinámicos de la electricidad.

Visión de la red inteligente para la [R]evolución Energética



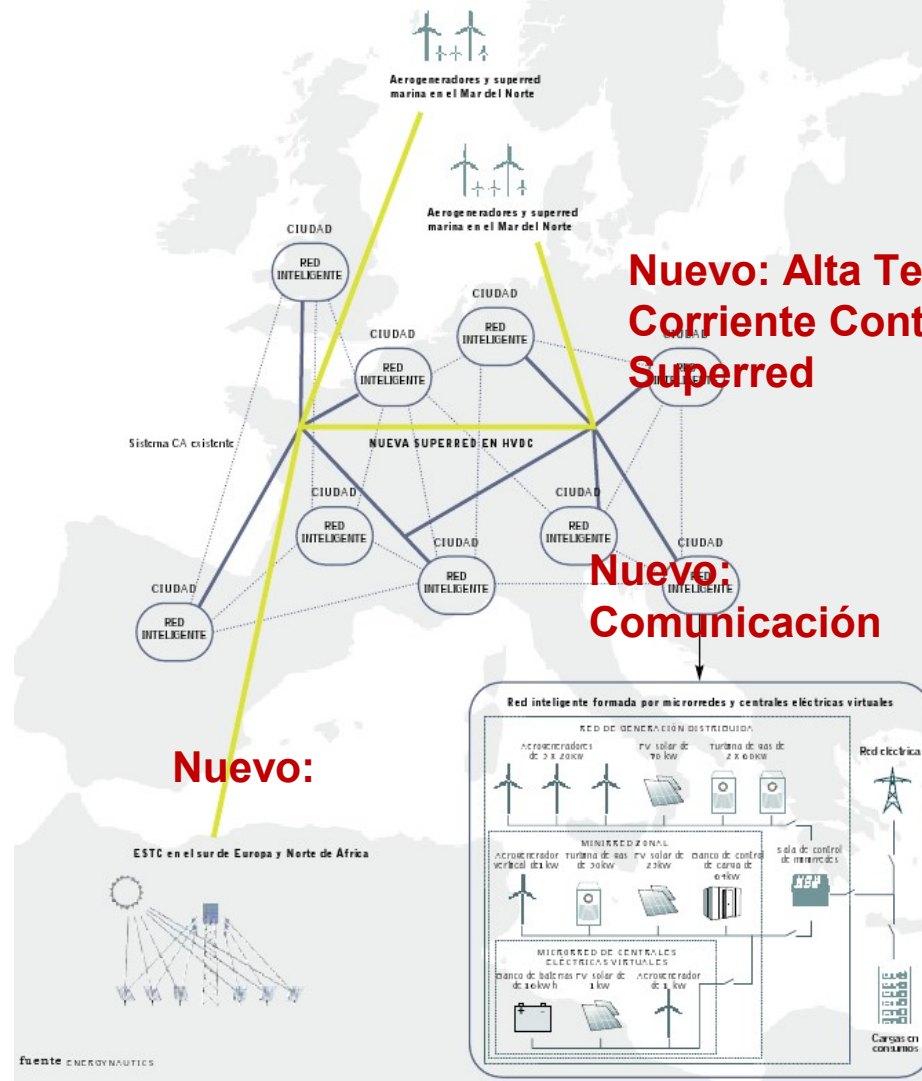
[r]enovables 24/7 Ejemplo. Proyecto Central Eléctrica Virtual en Alemania

figura 14: principio de un CEV: etapa 1 - planificación diaria.



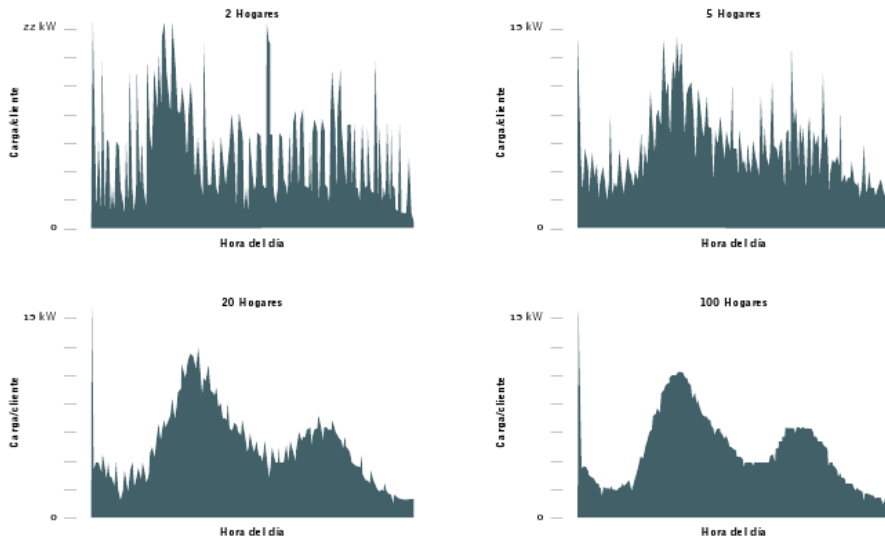
fuelle [HTTP://WWW.SOLARSERVER.DE/SOLARMAGAZIN/ANLAGEJANUAR2000_E.HTML](http://www.solarserver.de/solarmagazin/ANLAGEJANUAR2000_E.HTML)

Superred y red inteligente del siglo XXI



Eólica y Solar en una red tradicional

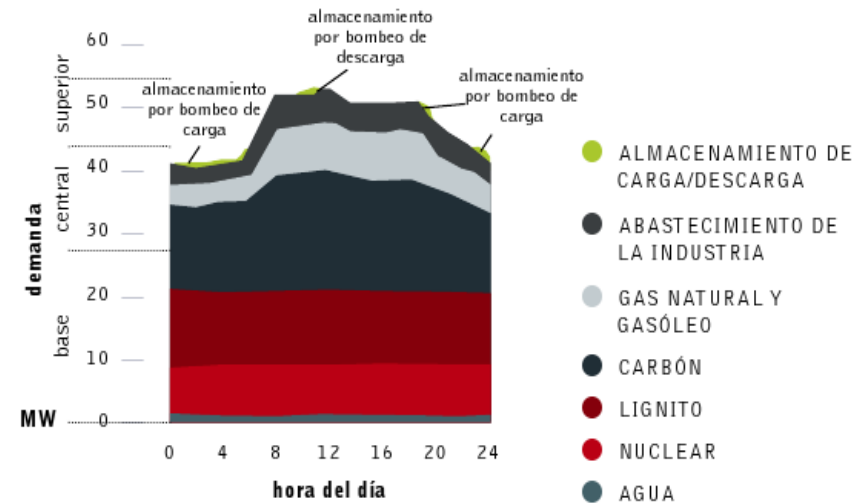
figura 19: agregación de clientes en un sistema eléctrico



Centrales eléctricas inflexibles “carga base” combinadas con centrales eléctricas flexibles (gas e hidro) proveen suministro 24/7

La red compensa las demandas fluctuantes.

figura 9: variaciones típicas de la demanda en 24 horas y fuentes de generación suministrando la demanda en un sistema eléctrico con grandes unidades centralizadas



Renovables variables como el viento y la fotovoltaica no encajan junto con centrales eléctricas inflexibles de „carga base“

Producción de electricidad en MW procedente de diversas fuentes y cobertura de la demanda durante eventos extremos en enero

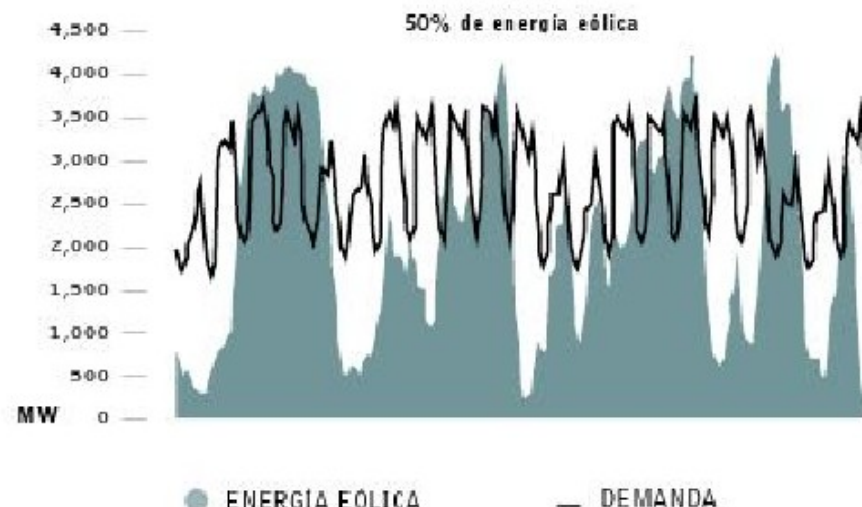
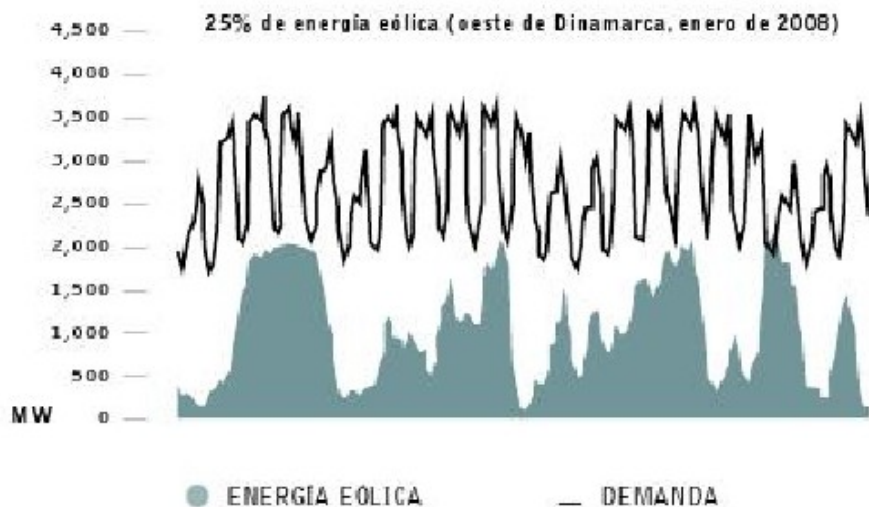


figura 23: mapa de la red de alta tensión europea con la simplificación subyacente del sistema eléctrico europeo

Metodología

Simulación de la red eléctrica europea con el mix de generación de la [R]evolución Energética durante los eventos extremos



fUENTE UCTE, NORDDEL Y ENERDYNAMICS

tabla 8: capacidad instalada y demanda máxima (ambos en GW) según el escenario [R]E para 2050

PAÍS	EÓLICA	FOTOVOLTAICA	GEOTÉRMICA	BIOMASA	ESTC	OLEAJE/ MAREOMOTRIZ	HIDRÁULICA	GAS	CARBÓN	TOTAL	DEMANDA MÁX.
Europe	378.1	383.3	38.5	115.7	31.0	27.3	190.8	113.8	3.6	1282.2	545.1
Eslovenia	0.9	4.0	0.1	0.7	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	7.2	2.2
Irlanda	6.2	10.0	0.0	1.4	0.0	0.8	0.5	1.8	0.0	20.8	4.8
Grecia	12.5	16.1	1.7	0.8	2.3	0.8	2.8	1.0	0.0	38.0	9.8
Finlandia	6.5	3.0	0.0	4.0	0.0	0.4	3.4	3.3	0.0	20.6	13.8
Holanda	8.5	6.5	0.4	2.9	0.0	0.2	0.0	6.6	0.1	25.2	17.8
Reino Unido	53.6	36.3	0.1	7.1	0.0	12.5	3.9	22.0	0.3	135.8	59.2
Dinamarca	6.3	5.5	0.0	1.4	0.0	0.5	0.0	3.8	0.1	17.5	6.4
República Eslovaca	0.6	7.0	0.9	1.2	0.0	0.0	2.6	0.9	0.0	13.2	4.4
República Checa	1.9	7.0	0.0	2.1	0.0	0.0	2.2	1.2	0.1	14.5	10.0
Portugal	9.0	12.0	1.6	2.6	2.9	1.5	5.6	1.7	0.0	36.9	9.1
Hungría	2.4	7.3	5.3	1.2	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	17.0	6.5
Bulgaria	1.6	11.0	0.2	1.0	0.0	0.0	2.9	1.5	0.0	18.2	6.8
Bélgica	5.7	5.0	0.0	2.2	0.0	0.0	0.1	1.4	0.1	14.5	13.8
Polonia	40.8	29.0	0.5	10.4	0.0	0.2	1.0	2.3	0.2	84.4	22.6
Rumania	4.0	11.0	0.2	5.5	0.0	0.0	5.3	5.9	0.0	31.9	8.7
Austria	2.3	10.9	1.1	2.8	0.0	0.0	11.7	0.7	0.0	29.4	9.3
Italia	18.0	40.0	6.8	11.0	13.0	2.0	21.0	11.0	0.0	122.9	55.9
Alemania	62.1	50.0	8.2	21.8	0.0	1.5	6.5	15.1	0.7	165.9	82.8
Francia	49.7	40.0	4.1	6.3	0.0	2.5	29.4	15.6	0.3	147.9	87.9
España	45.3	49.5	6.6	12.0	12.8	2.7	19.0	5.7	0.1	153.6	43.4
Suecia	21.0	7.0	0.4	11.5	0.0	0.4	16.4	2.8	0.0	59.4	24.5
Macedonia	0.0	2.1	0.0	0.3	0.0	0.0	1.0	0.7	0.6	4.8	1.6
Serbia y Montenegro	0.5	3.2	0.4	1.4	0.0	0.3	5.0	4.6	1.0	16.4	7.2
Bosnia-Herzegovina	0.0	2.1	0.0	0.9	0.0	0.0	3.9	0.3	0.0	7.2	2.0
Croacia	5.6	2.9	0.1	1.0	0.0	0.4	2.5	0.8	0.0	13.2	3.0
Suiza	1.1	3.7	0.0	0.8	0.0	0.0	13.2	0.0	0.0	18.8	10.0
Noruega	12.0	1.3	0.0	1.4	0.0	0.6	29.3	2.4	0.0	47.1	21.6

Eventos Extremos

Análisis

- Para evaluar la frecuencia de las incidencias de eventos extremos se han analizado los datos del viento de los últimos 30 años para toda Europa.
- Como se observa en las simulaciones, durante el periodo invernal pueden esperarse eventos extremos, cuando la demanda de electricidad es alta y la producción solar es baja.
- Durante los últimos 30 años la producción eléctrica potencial con energía eólica durante el invierno en Europa según el escenario de [R]E habría caído por debajo de 50GW sólo el 0,4% de las veces. Tomando una duración media de un evento extremo de 12 horas, es equivalente a una vez al año.

El estudio selecciona “**eventos extremos**” clave, respecto al equilibrio de la producción solar y eólica por un lado y por otro de la alta demanda, y con un modelo de suministro eléctrico basado en el mix energético de la [R]E. Los resultados fueron:

Eventos extremo de verano

- En un evento extremo en verano con alta demanda y poco viento (como en agosto de 2003), la electricidad disponible localmente de FV es suficiente para compensar la falta de eólica, por lo que bajo un escenario renovable no se requeriría ningún cambio de la red existente.

Evento extremo de invierno

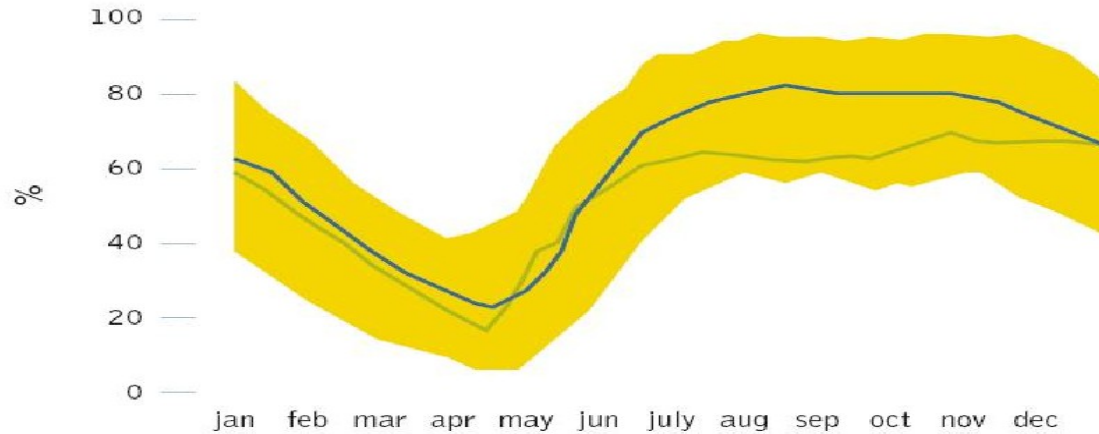
- En un evento extremo de invierno con alta demanda y baja producción solar en la mayor parte de Europa debido a la baja radiación, combinado con poca producción eólica en el centro y norte de Europa (como en enero de 1997), Centro-Europa y Gran Bretaña pueden abastecer su alta demanda si el norte y el sur de Europa cuentan con más producción que demanda. En esta situación la electricidad tiene que transportarse desde el norte (principalmente hidráulica) y desde el sur (principalmente solar) a Centro-Europa. Para lograrlo las interconexiones entre España y Francia, Italia y Francia, Rumanía y Polonia, Suecia y Polonia, e Irlanda y Gran Bretaña tienen que reforzarse y se tiene que construir una superred.

Evento extremo de otoño

- En un evento extremo de otoño (como en noviembre de 1987) con muy poca radiación solar y baja producción eólica, el refuerzo de la red HVAC así como la instalación de la superred propuesta podría ser suficiente para arreglar esta situación.

No es un problema nuevo: ejemplo de hidráulica en Suecia

Niveles de almacenamiento en reservas de regulación

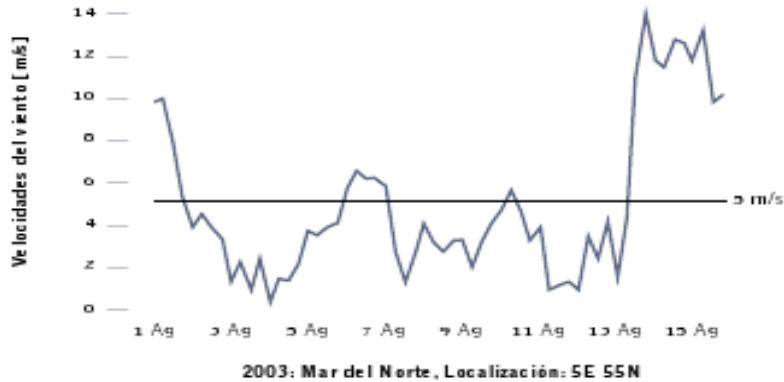


- max/min 1950-2005
- 2006
- media

Evento en verano: agosto 2003

2 semanas sin viento en el área del Mar del Norte

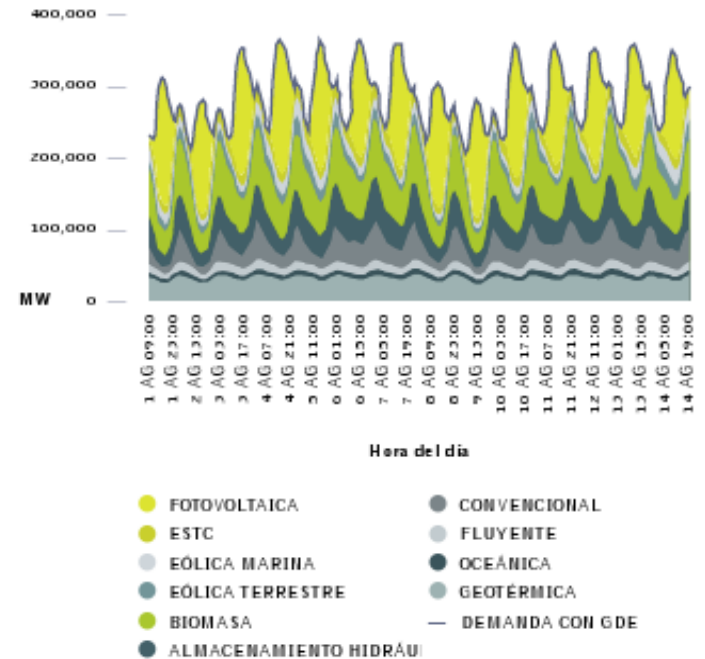
figura 36: velocidad del viento en el Mar del Norte durante agosto de 2003 (evento extremo de verano)



fuentes NCCFZ

No hay problema, la solar fotovoltaica puede suplir
 – no se necesita una expansión de la red

figura 39: producción eléctrica (en MW) de diferentes fuentes y demanda total en Europa durante el evento extremo de agosto de 2003



Evento de invierno: enero 1997

Situación: Poco viento y producción fotovoltaica en Europa

Solución: Expansión de la red para integrar ESTC en África y uso de hidráulica en Escandinavia y Europa

figura 32: energía eólica disponible (en GW) según el escenario de la [R]evolución energética en enero de 1997 comparado con una media de 30 años. (valores de 6 horas)

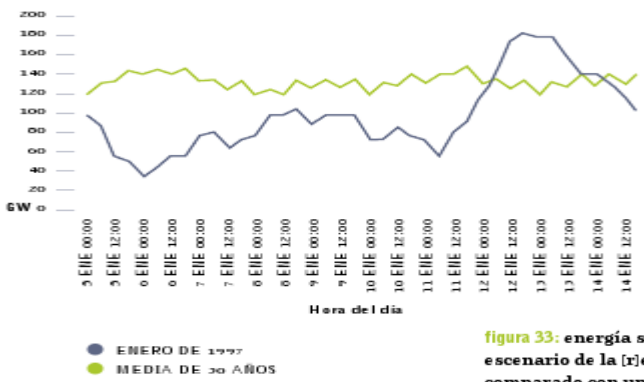


figura 33: energía solar FV disponible (en GW) según el escenario de la [R]evolución energética en enero de 1997 comparado con una media de 5 años (valores de 1 hora)

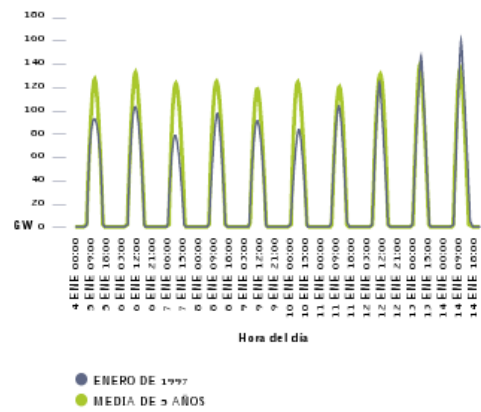
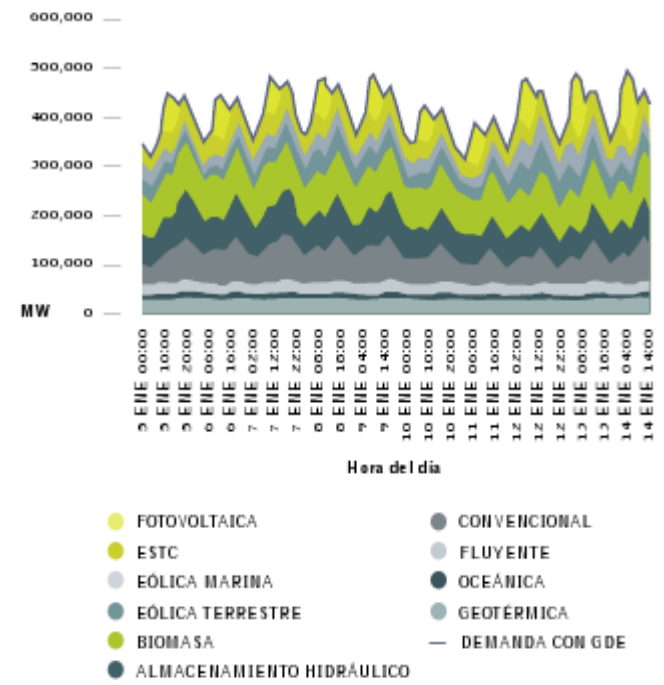


figura 38: producción eléctrica (en MW) de diferentes fuentes y demanda total en Europa durante el evento extremo de enero de 1997



fuerce ENEROYNAUTICS

tabla 24: refuerzo de las interconexiones HVAC

	CAPACIDAD AÑADIDA/MW	DISTANCIA/KM
Austria – República Checa	3,400	131
Bélgica – Holanda	1,700	100
República Checa - Polonia	1,700	118
Francia – España (1)	5,100	450
Francia – España (2)	3,400	312
Alemania – Holanda	1,700	93
Interior de República Checa	1,700	125
Interior de Francia (1)	3,400	237
Interior de Francia (2)	3,400	250
Interior de Francia (3)	1,700	175
Interior de Francia (4)	3,400	325
Interior de Italia (1)	1,700	250
Interior de Italia (2)	5,100	531
Interior de Italia (3)	1,700	250
Interior de Rumania	1,700	250
Interior de Eslovaquia	1,700	93
Italia – Francia	5,100	260
Italia - Suiza	1,700	218
Noruega - Suecia	1,700	218
Noruega- Finlandia	500	562
Rumania – Ucrania	1,700	106
Eslovaquia - Polonia	1,700	125
Eslovaquia - Ucrania	1,700	75
Suiza – Francia	1,700	93
	58,300	5,347

tabla 25: conexiones HVDC nuevas o reforzadas

	CAPACIDAD AÑADIDA/MW	DISTANCIA/KM
Bélgica - Francia	1,000	200
Bélgica - Gran Bretaña	1,000	250
Bélgica – Holanda	1,500	125
Dinamarca – Alemania	2,500	200
Interconector Este Oeste	500	250
Gran Bretaña – Alemania	3,500	375
Gran Bretaña – Noruega (1)	3,000	675
Gran Bretaña – Noruega (2)	3,000	875
Alemania – Noruega	1,000	550
Alemania – Holanda	1,500	325
Interior de Gran Bretaña (1)	1,000	200
Interior de Gran Bretaña (2)	3,500	125
Interior de Alemania (1)	1,000	250
Interior de Alemania (2)	1,000	225
Interior de Alemania (3)	600	125
Interconector Moyle	760	125
SwePol	1,200	250
	27,560	5,125

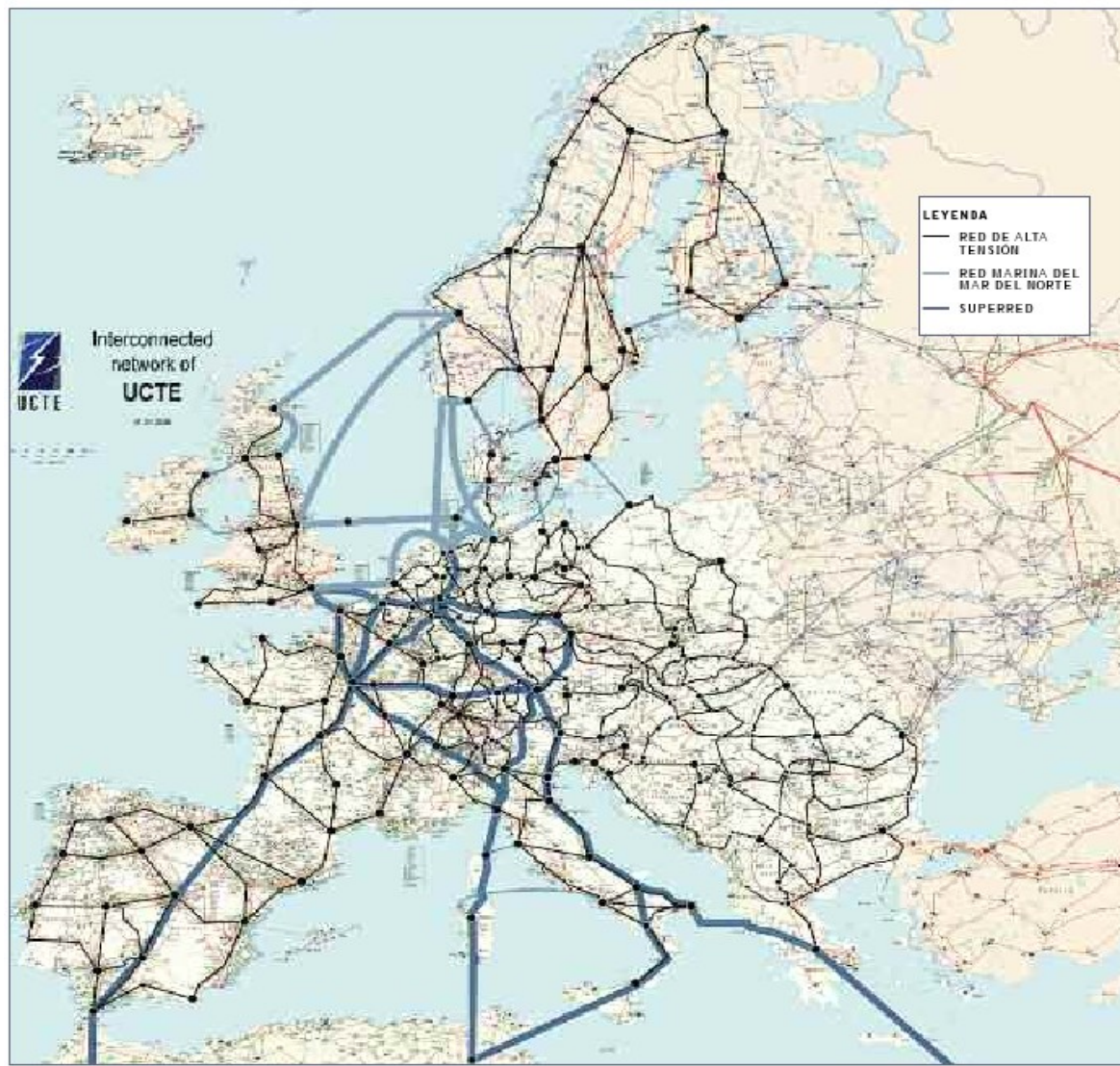
fUENTE ENERGO NAUTICS

figura 45: red de alta tensión europea con refuerzos de las interconexiones marcados



Mejora de la red

Superred



GREENPEACE

www.greenpeace.es

Para poder proporcionar un suministro eléctrico fiable y seguro en Europa, teniendo en cuenta escenarios de alta demanda y eventos meteorológicos extremos, este estudio propone:

- Reforzar las 34 interconexiones HVAC entre países vecinos en Europa: 5.347 km de mejoras a un coste aproximado de 3.000 millones de euros.
- 17 nuevas interconexiones HVDC, o mejoradas, en Europa: 5.125 km de mejoras a un coste aproximado de 16.000 millones de €.
- Hasta 15 nuevas conexiones de ‘superred’ HVDC,
 - **En Europa:** hasta 11 conexiones con un total de hasta 6.000 km a un coste aproximado de 100.000 millones de euros.
 - **Entre Europa y África:** la capacidad de las interconexiones necesarias depende en gran medida del volumen de la electricidad ESTC importada y de la disponibilidad de la capacidad de almacenamiento en Europa. Sin una mayor optimización ni capacidad de almacenamiento, 4 conexiones HVDC con una longitud total de 5.500 a 6.000 km a un coste aproximado de 90.000 millones de euros.

En conjunto, la propuesta costaría alrededor de 209.000 millones de euros o **5.225 millones de euros por año hasta 2050**. Asumiendo el nivel del consumo eléctrico de la [R]evolución Energética de Greenpeace, **los costes de cada kWh aumentarían 0,15 céntimos en 40 años**.

Recomendaciones políticas

- Se debe implantar una **separación patrimonial completa** entre las empresas que poseen redes de suministro (transporte o distribución) y las empresas generadoras. Los operadores de los sistemas de transmisión y de los sistemas de distribución deben poner a disposición de los consumidores todos los datos de la red relevantes para que instituciones independientes puedan desarrollar conceptos para la optimización de la red.
- Para la construcción de nueva capacidad de transmisión y distribución, se debe dar prioridad a los **cables soterrados**, en lugar de a las líneas de alta tensión terrestres, como se ha hecho ya en Dinamarca.
- El Gobierno debe crear unas condiciones marco apropiadas para apoyar y expandir la **gestión de la demanda**.
- Los **proyectos piloto regionales** deben promover una mayor optimización y demostración de la tecnología de redes inteligentes, centrales virtuales y gestión de la demanda altamente desarrollada.
- **Los sectores del transporte** (por ejemplo, los vehículos eléctricos) deben integrarse cada vez más en las estrategias de suministro energético nacionales y regionales.
- Se deben acordar **normas de comunicación para redes inteligentes**.