



Renovables 100%

Un sistema eléctrico renovable
para la España peninsular y su
viabilidad económica.

ENERGIES SOLAR I EÒLICA

Un impuls per a la seva implantació a les Illes Balears

GREENPEACE

www.greenpeace.es

Por qué necesitamos una Revolución Energética

Proyecto “ Revolución Energética” de Greenpeace

Informe “Renovables 2050”

Informe “Renovables 100%”

- **Metodología**
- **Conceptos fundamentales**
- **Análisis de costes**
- **Resumen de resultados**
 - Análisis temporal: ¿puede un sistema 100% renovable cubrir toda la demanda?
 - Cambios de paradigma
 - Potencia necesaria y modo de operación, para mínimo coste
 - Conclusión

Propuestas de Greenpeace

Por qué necesitamos una Revolución Energética

Informes IPCC:

- **Calentamiento** global sin precedentes, provocado por el ser humano
- **Impactos** muy perjudiciales si temperatura sube más de 2°C
- **Probabilidad** de traspasar frontera **2°C** depende de frenar y estabilizar concentraciones GEI

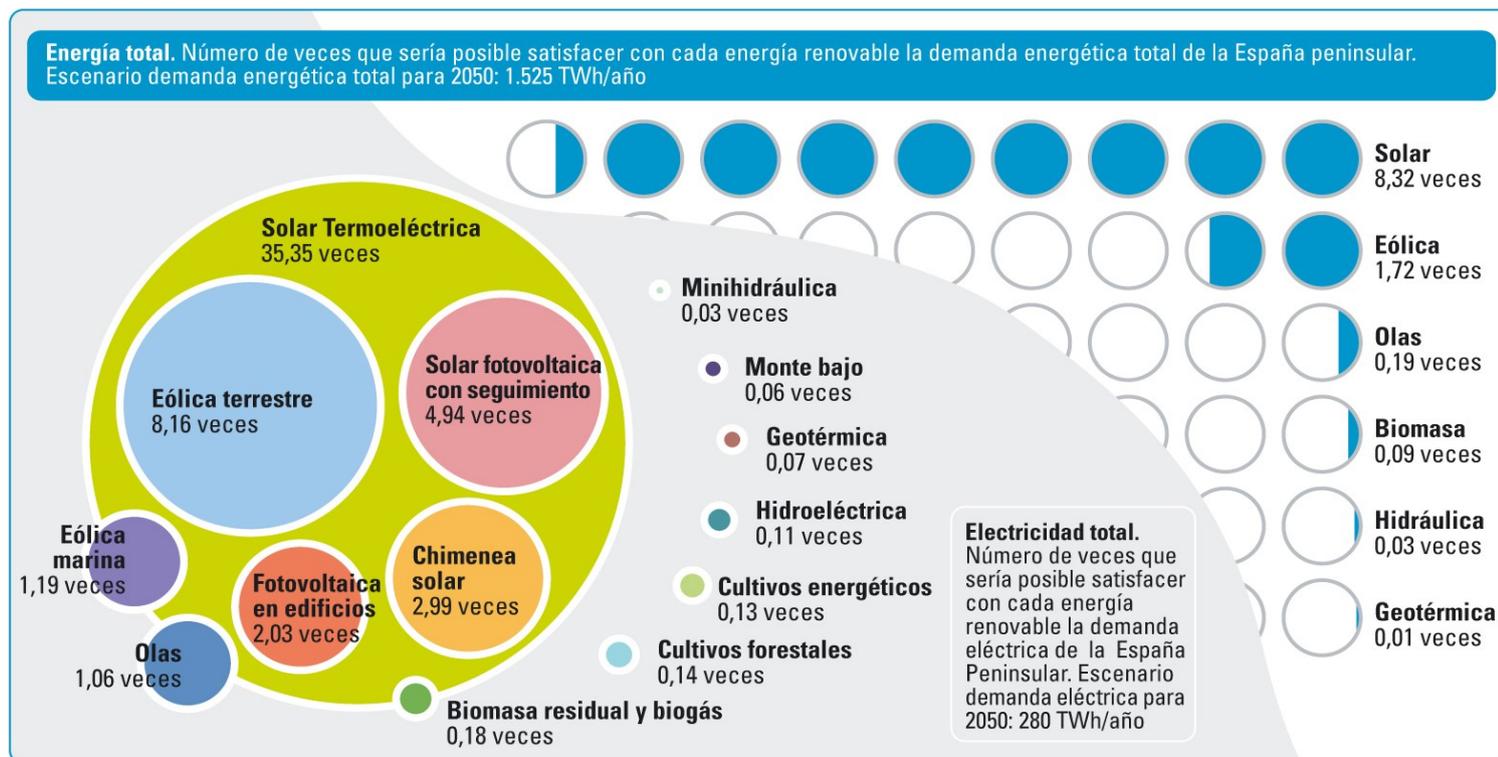
Se necesita drástica reducción emisiones

Proyecto “Revolución Energética” de Greenpeace

Cuestiones a responder:

- ¿Es posible evitar un cambio climático peligroso? ¿Estamos a tiempo?
- ¿Es posible sustituir las energías sucias por energías limpias? ¿Y en un país concreto, como el nuestro? ¿Cuánta energía de la que consumimos en nuestro país podría proceder de fuentes renovables?
- ¿Habría energía disponible en todos los momentos (día y noche, invierno y verano) y en todos los lugares (campo y ciudad, industrias y edificios de viviendas y comerciales) en que se demanda? ¿Qué pasa cuando no hay sol o no sopla el viento?
- ¿Cuántas centrales renovables harían falta y cómo deberían emplearse? ¿Dónde estarían?
- ¿Costaría más un sistema basado en renovables?

Informe Renovables 2050



Capacidad generación electricidad con fuentes renovables:

- 56,42 veces la demanda peninsular de electricidad 2050
- 10,36 veces la demanda peninsular de energía total

Informe Renovables 100%**Objetivo:**

Cuantificar y evaluar técnicamente la viabilidad de un escenario basado en energías renovables para el sistema de generación eléctrica peninsular.

Informe Renovables 100%

Metodología

Análisis costes

- **Comparación distintas tecnologías con mismos parámetros, hoy y en 2050**
- **Tecnología referencia:** ciclo combinado gas natural 2003, LEC = 4 c €/kWh_e
- **Para cada tecnología, 2 escenarios:** estructura costes actual y 2050. En cada uno, valores medios provinciales de LEC y CE_{CO2}
- **Modo operación actual** (máxima potencia)

Informe Renovables 100%

Metodología

Análisis Temporal

- Objetivo:** Determinar qué combinaciones de tecnologías renovables pueden cubrir completamente la demanda.
- **Capacidad de generación temporal** de cada tecnología
 - **Acoplamiento temporal** entre capacidad de generación y demanda
 - Partiendo de situación actual, se introducen tecnologías por orden de mérito de actuaciones con costes 2050

Informe Renovables 100%

Metodología

Análisis Sistema Generación

- Para sistemas basados en renovables, necesidad de resolver dos problemas acoplados:
 - **Qué centrales** instalar (expansión de la generación)
 - **Cuáles utilizar** en cada momento (despacho óptimo)
- **Solución con modelo que incorpora efectos de inversión económica** (ciclo de vida)
- **Optimización económica** de los mix obtenidos

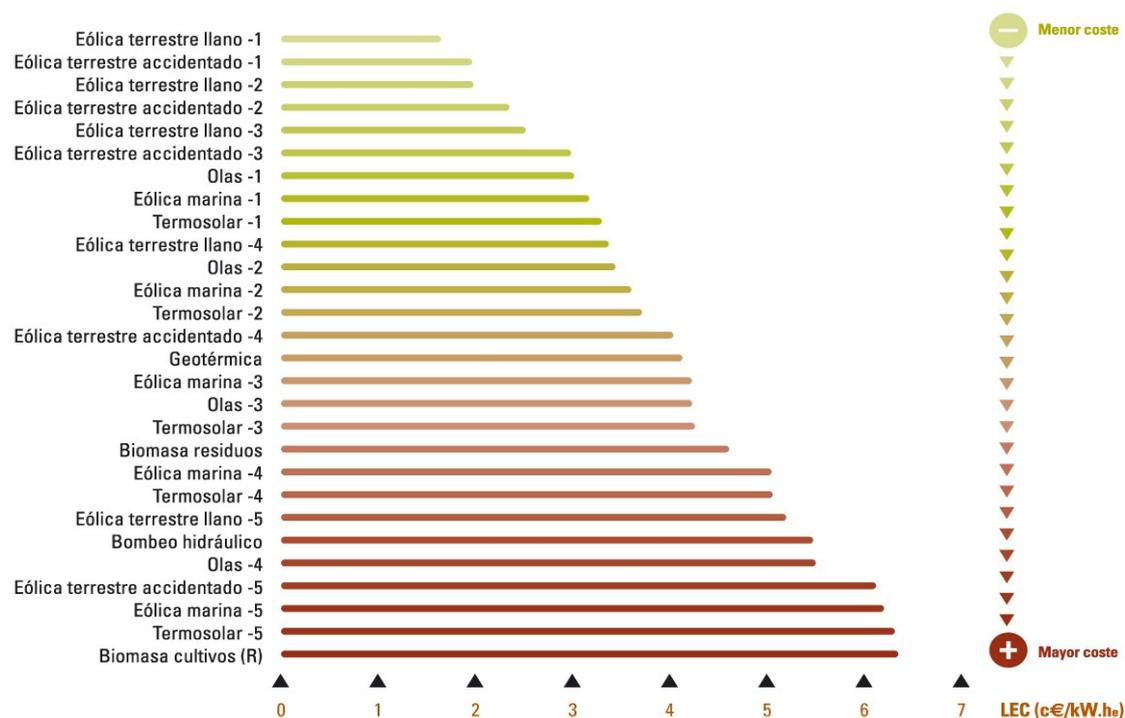
Informe Renovables 100%

Comparativa

Análisis costes

1

Primera parte: tecnologías de menor coste



R- Regadíos. MB- Aprovechamiento monte bajo. SAP- Secano alta productividad. SH- Secano húmedo. SSA- Secano semi-árido. SA+SAF- Secano árido y sistema agroforestal. CFRR-H- Cultivo forestal de rotación rápida (zona húmeda). CFRR-S- Cultivo forestal de rotación rápida (zona seca)

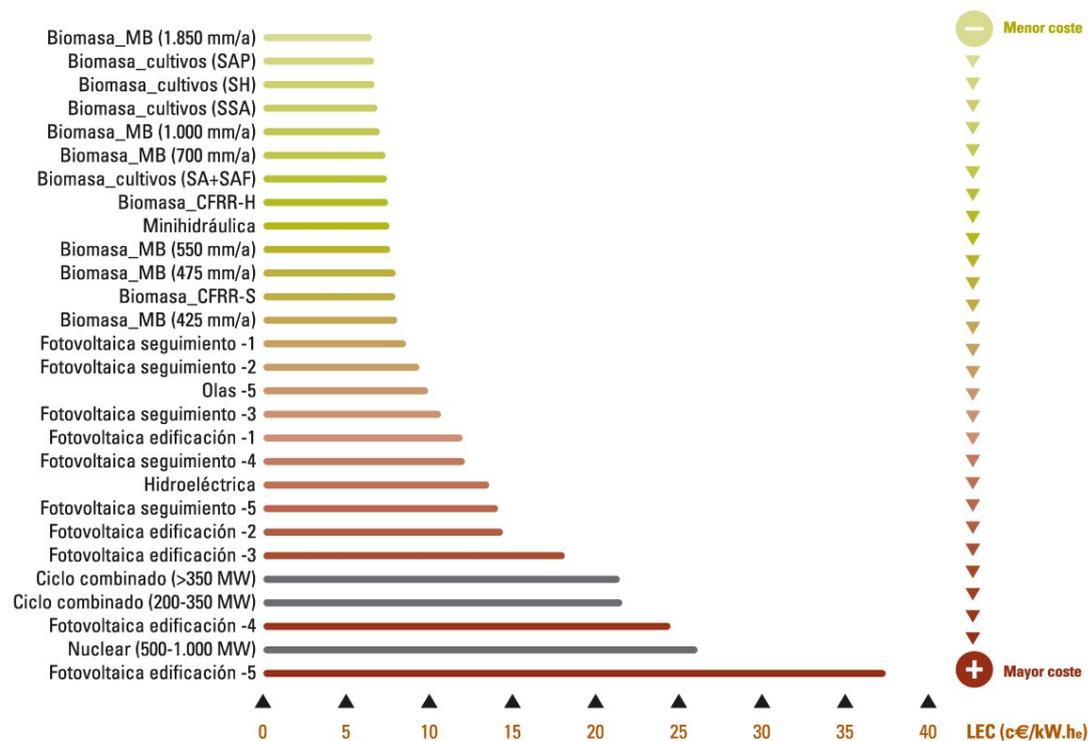
Informe Renovables 100%

Comparativa

Análisis costes

2

Segunda parte: tecnologías de mayor coste



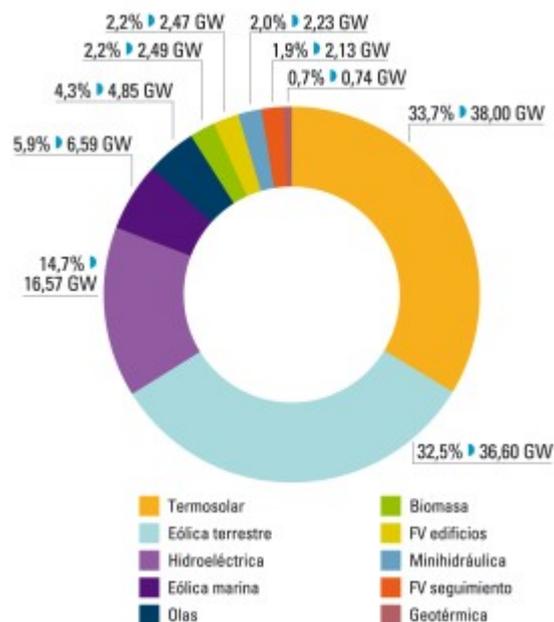
R- Regadíos. MB- Aprovechamiento monte bajo. SAP- Secano alta productividad. SH- Secano húmedo. SSA- Secano semi-árido. SA+SAF- Secano árido y sistema agroforestal. CFRR-H- Cultivo forestal de rotación rápida (zona húmeda). CFRR-S- Cultivo forestal de rotación rápida (zona seca)

Informe Renovables 100%

Ejemplos mix

Análisis Temporal

Diversidad tecnológica



Potencia instalada por tecnologías

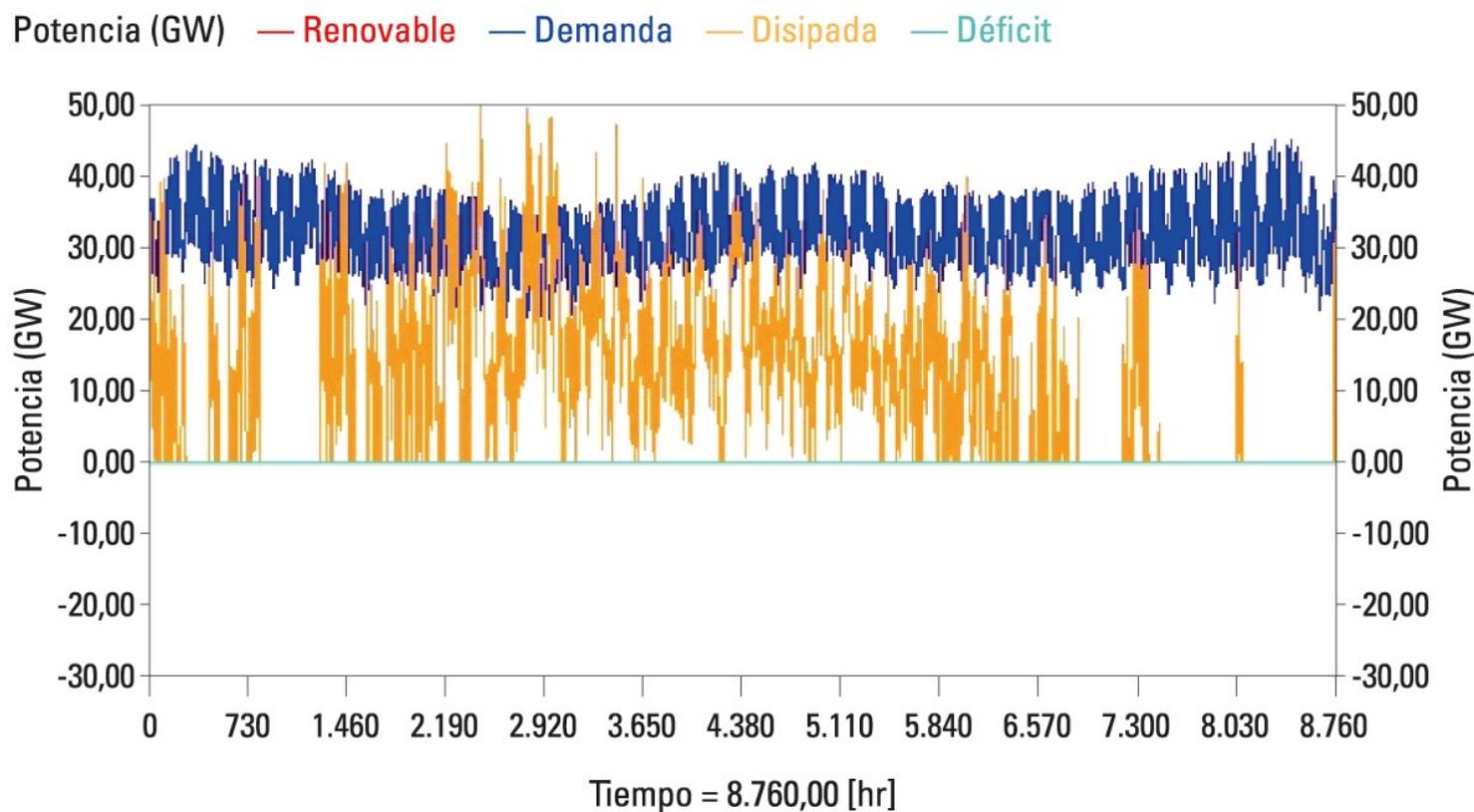
Características principales del mix

Potencia instalada	112,63	GWp
Energía disponible	396,48	TWh/a
Múltiplo solar (SM)	2,5	
Capacidad de acumulación	1,5	TWh
Cobertura demanda (SF)	100	%
Déficit de energía en relación a la demanda anual	0	%
Energía a disipar en relación a la demanda anual	34,4	%
Generación disponible en relación a la demanda anual	141,6	%
Energía aportada por la biomasa	3,9	TWh/a
Potencia deficitaria máxima	0	GW
Potencia despidida máxima	60,9	GW
Coste electricidad anual (LEC) sin inversión hidráulica	4,51	€/kWh
Hibridación solar-biomasa	No	
Funcionamiento minihidráulica	Base	
Fración utilizada del techo de potencia eólica terrestre	4	%
Fración utilizada del techo de potencia termosolar	1,383	%
Ocupación de territorio	2,47	%

Informe Renovables 100%

Ejemplos mix

Análisis Temporal

Diversidad tecnológica

Evolución horaria anual de la potencia disponible, la demanda, la disipación y el déficit para un mix con SM= 2,5 con una capacidad de almacenamiento de 1,5 Twh. SF=100%

Informe Renovables 100%

Ejemplos mix

Análisis Temporal

Diversidad tecnológica

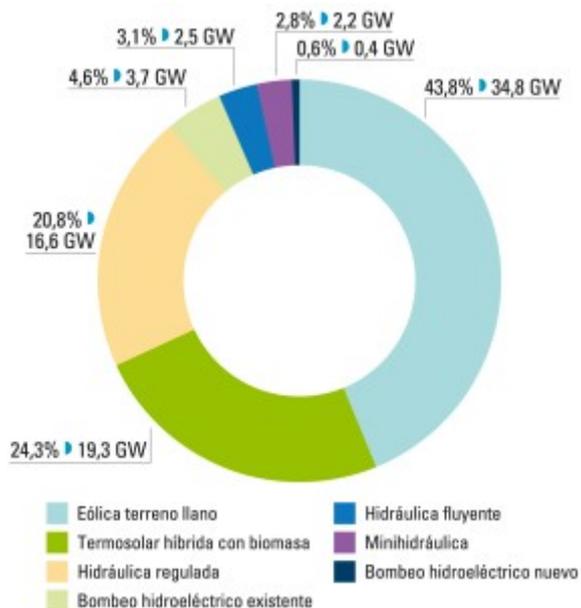


Informe Renovables 100%

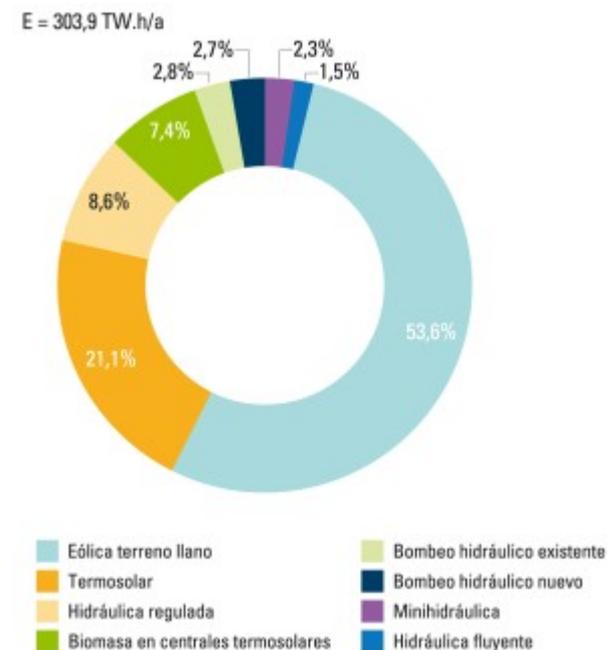
Ejemplos mix

Análisis Temporal

Optimización económica



Potencia instalada por tecnologías



Configuración y generación eléctrica de un mix optimizado en ciclo de vida incorporando la hibridación termosolar para alcanzar una cobertura total de la demanda. (SF=100%, SM=2,20, LEC= 2,47 cKWh)

Informe Renovables 100%

Ejemplos mix

Análisis Temporal

Optimización económica

Características principales del mix.

Potencia instalada	79,6	GWp
Energía disponible	291,8	TWh/a
Múltiplo solar (SM)	2,2	
Cobertura demanda (SF)	100	%
Coste electricidad anual (LEC) sin inversión hidráulica	2,47	€/kWh
Coste máximo electricidad	9.853	€/kWh
Duración coste máximo de electricidad	1	Hora
Hibridación solar-biomasa	Si	
Funcionamiento minihidráulica	Base	
Fración utilizada del techo de potencia sílica terrestre	3,8	%
Fración utilizada del techo de potencia termosolar	0,7	%
Fración utilizada del techo de potencia de hibridación termosolar-biomasa	39,2	%
Ocupación de territorio	2,4	%

Informe Renovables 100%

Ejemplos mix

Análisis Temporal

Optimización económica



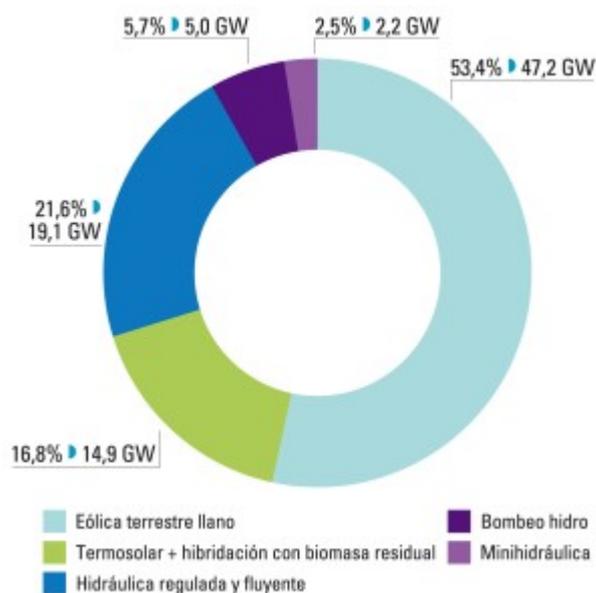
 Termosolar híbrida con biomasa
 Eólica

Informe Renovables 100%

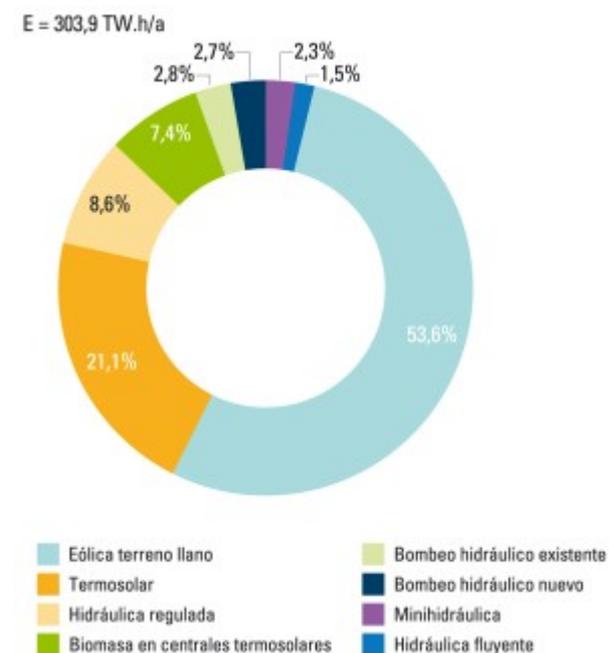
Ejemplos mix

Análisis Temporal

Gestión de la demanda



Potencia instalada por tecnologías



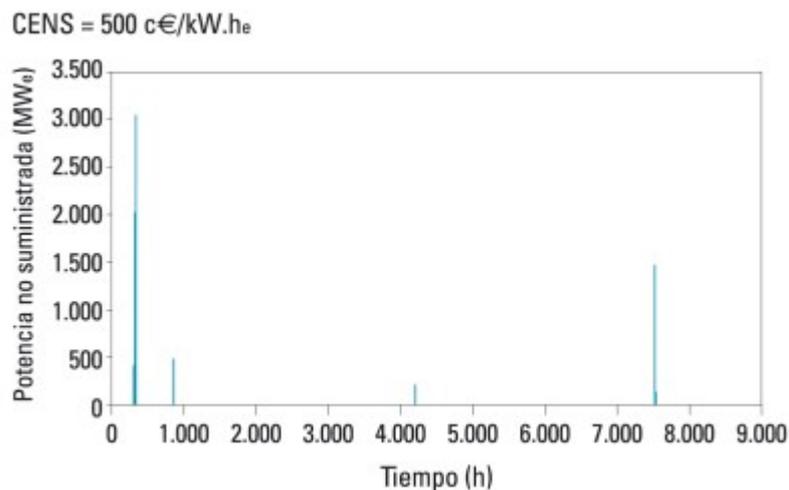
Configuración y generación eléctrica de un mix optimizado para CENS= 500c€/kWh, SM=2,29, SF=99,993%, LEC= 2,42 c€/kWh

Informe Renovables 100%

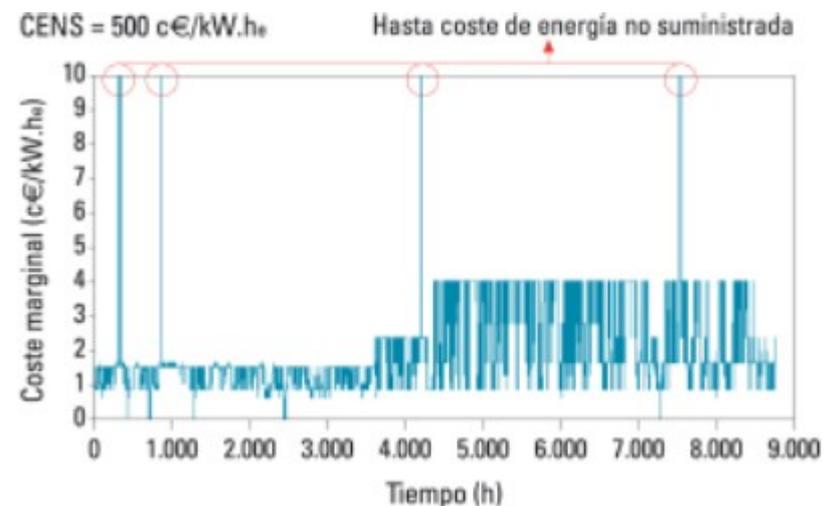
Ejemplos mix

Análisis Temporal

Gestión de la demanda



Evolución horaria anual del coste marginal de la potencia no suministrada para un mix optimizado para CENS= 500 c€/kWh, SM= 2,29, SF= 99,993%; LEC= 2,42 c€/kWh



Evolución horaria anual del coste marginal de la electricidad para un mix optimizado para CENS= 500 c€/kWh, SM= 2,29, SF= 99,993%; LEC= 2,42 c€/kWh

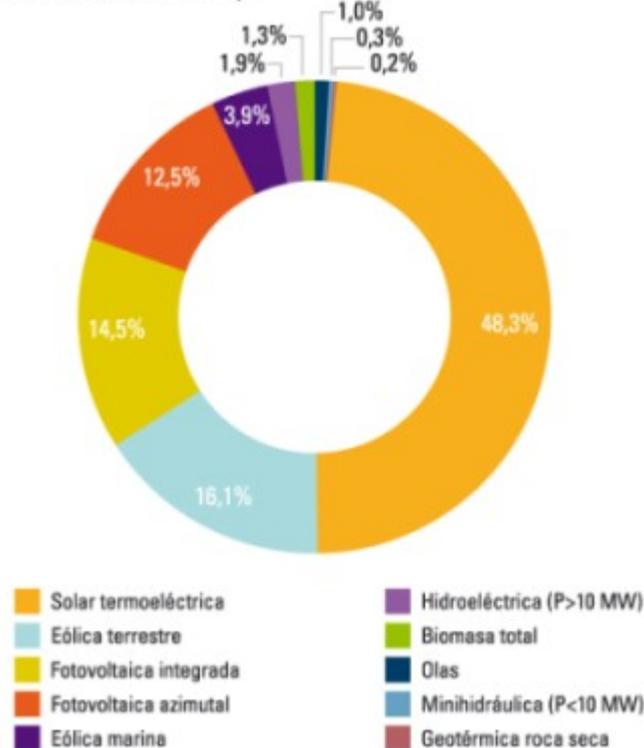
Informe Renovables 100%

Ejemplos mix

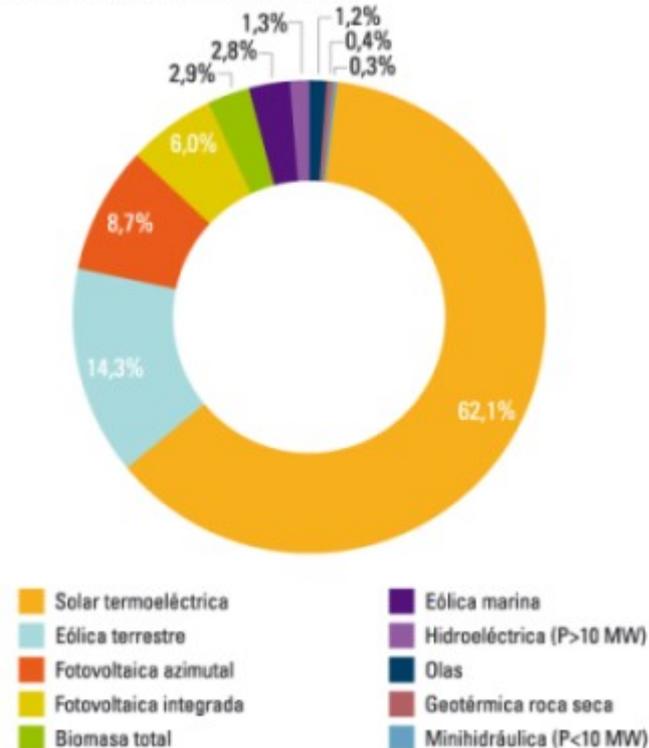
Análisis Temporal

toda la demanda de energía

Potencia total = 851 GWp



Generación potencial = 2.390 TW.h/a



Informe Renovables 100%

Ejemplos mix

Análisis Temporal

toda la demanda de energía

Composición, capacidad de generación y ocupación del territorio de un mix con 851 GW, de potencia nominal instalada.

	Potencia (GW)	Generación (TWh/año)	Desarrollo potencial (%)	Ocupación territorio (%)
Hidroeléctrica (P > 10 MW)	16,5	30,7	100	-
Minihidráulica (P < 10 MW)	2,2	6,9	100	-
Eólica terrestre	137,3	342,8	15	8,50
Eólica marina	33,0	66,8	20	-
Fotovoltaica integrada	123,8	142,3	25	-
Fotovoltaica azimutal	106,3	207,3	15	1,32
Biomasa total	11,0	69,1	-	3,05
Biomasa residual y biogás	8,25	50,9	100	-
Cultivos energéticos	1,61	10,6	30	1,90
Cultivos forestales de rotación rápida	1,15	7,6	20	1,15
Monte bajo	0,0	0,0	0	0,00
Solar termoeléctrica	410,8	1.484,8	15	1,99
Olas	8,4	29,6	10	-
Geotérmica roca seca	1,49	9,8	50	0,00
TOTAL renovables	850,7	2.389,7	-	14,9

- **Las centrales renovables repartidas por toda la geografía generan electricidad de modo mucho más regular** en el tiempo que si estuviesen todas en la misma zona
- **Para mantener la generación** aún cuando el recurso disponible disminuya, existen varias soluciones:
 - **Tener más potencia** instalada
 - **Utilizar capacidad de almacenamiento y regulación** de biomasa, geotérmica e hidráulica
 - **Centrales termosolares** que puedan utilizar indistintamente la energía del **sol y la biomasa**

- **Hay múltiples combinaciones posibles** de sistemas de generación renovables que permitirían cubrir completamente a lo largo del año la demanda de electricidad, e incluso la de energía total.
- **Cuanta más variedad de tecnologías renovables** utilicemos, menos centrales tendremos que instalar y mayor será la seguridad de suministro.

- **Ventajas de la tecnología termosolar:**
 - Su potencial es el mayor
 - Puede funcionar cuando más energía se necesita
 - Permite acumular energía durante el día
 - Disponemos del recurso y de la tecnología
 - Podemos ser líderes mundiales
 - Tecnología clave para desarrollo sostenible
- **Uso más apropiado de biomasa:**
 - Respaldo en centrales termosolares, para estar disponibles en todo momento ⇒ Aumenta seguridad de suministro y reduce coste sistema.

- **Se necesita muy poca capacidad de acumulación de energía, o incluso ninguna, para gestionar adecuadamente un sistema eléctrico 100% renovable.**
- **Los sistemas que permitan cubrir toda la demanda eléctrica con renovables al menor coste de ciclo de vida utilizan una considerable variedad de tecnologías, sin que ninguna de ellas resulte dominante.**

- **Se pueden desarrollar herramientas para diseñar mix de generación eléctrica basados en renovables con costes asociados muy favorables**, más económicos incluso que los actuales.
- **Para cubrir los escasos momentos en que la demanda sea mayor que la capacidad de generación de un sistema 100% renovable económicamente óptimo**, la herramienta más económica y apropiada sería **la gestión de la demanda, en vez de instalar más centrales.**

- **Para alcanzar un mix renovable económicamente óptimo, es necesaria una adecuada planificación.**
- **La red de transporte eléctrico no tiene por qué ser una barrera para gestionar un sistema eléctrico 100% renovable.** La red es un medio y no un fin, y debería adaptarse a los requerimientos de un sistema renovable.

- **Un sistema eléctrico 100% renovable dispondría de gran cantidad de energía sobrante (cuando produce más de lo que se necesita).** Si se aprovechara para otros usos energéticos no eléctricos (transporte, edificios...) se lograrían grandes ahorros de energía y se reduciría el coste total.
- **Para que las renovables pasen a ser los elementos principales del sistema de generación de electricidad, tendrán que adaptar su funcionamiento a las necesidades de la demanda.** También cambiaría la forma de utilizar la gestión de la demanda.

- **Es viable plantearse un sistema de generación basado al 100% en energías renovables, para cobertura demanda eléctrica y para demanda energía total**
- **Costes totales electricidad generada son perfectamente asumibles y muy favorables respecto a tendencial**
- **Existen herramientas suficientes para garantizar cobertura demanda**

- **Objetivos de obligatorio cumplimiento de planificación:**
 - ➔ Renovables para energía primaria: **30%** 2020, **80%** 2050
 - ➔ **Renovables para electricidad: 50%** 2020, **100%** 2050
 - ➔ Renovables para climatización edificios: **80%** 2050
 - ➔ Eficiencia: reducción demanda en **20%** 2020

- **Objetivos reducción emisiones CO2** para contribuir a reducción en UE respecto a 1990: **30% en 2020, 80% en 2050**

- **Govern de les Illes Balears:**
 - Acometer este tipo de análisis, para las Islas Baleares
 - *Identificar: potencial renovable, viabilidad técnica y económica sistemas 100% renovables.*
 - Marcar objetivos a largo plazo: % renovables, eficiencia, CO2.
 - Planificar hacia esos objetivos.
 - Identificar y eliminar barreras.

An aerial photograph showing the base of a white wind turbine tower and nacelle. The nacelle is positioned on a circular concrete pad. A small green boat is docked at the edge of the pad. The surrounding area is a mix of green grass and brownish soil. The wind turbine blades are visible in the upper left and right corners of the frame.

Renovables 100%

www.energia.greenpeace.es

GREENPEACE