

Greenpeace demuestra que es viable técnicamente en 2025 cerrar todas las nucleares y las térmicas de carbón

ESTUDIO TÉCNICO DE VIABILIDAD
DE ESCENARIOS DE GENERACIÓN
ELÉCTRICA EN EL MEDIO PLAZO
EN ESPAÑA

FEBRERO 2016



Estudio técnico de viabilidad de escenarios de generación eléctrica en el medio plazo en España

Encargado por Greenpeace al Instituto de Investigación Tecnológica (IIT)
de la Universidad Pontificia Comillas

José Pablo Chaves Ávila, Investigador del Instituto de Investigación en Tecnología (IIT) de la
Escuela de Ingeniería (ICAI) de la Universidad Pontificia Comillas

Raquel Montón, responsable de campaña de energía y cambio climático de Greenpeace.

Las consecuencias del cambio climático son incontestables:
2017 fué el más cálido y el segundo más seco en España
desde que se tienen registros

CONTEXTO / Cambio climático.

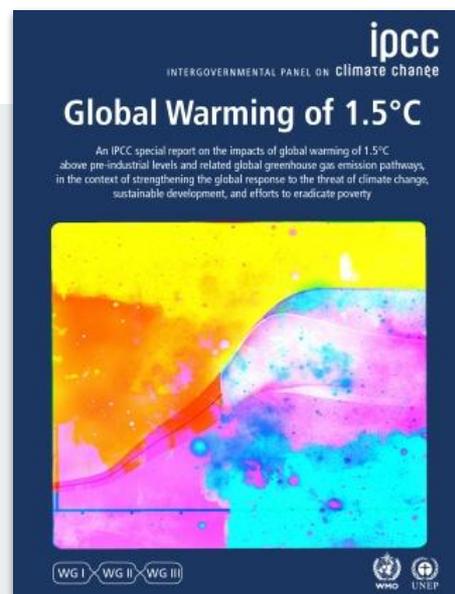
Mantener el aumento de la temperatura media mundial **muy por debajo de 2 °C** con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1,5 °C (**Acuerdo de Paris**)

NEWS

IPCC 2018-Se destacan impactos del cambio climático que podrían evitarse limitando el calentamiento global a 1,5 °C en lugar de 2 °C, o más.

Los sistemas energéticos, en especial los de los países desarrollados, se encuentran actualmente en una fase de **transición hacia sistemas descarbonizados**.

- Paquete de Invierno de la Unión Europea
- Planes Integrados de Energía y Clima,
- Ley de Cambio Climático y Transición Energética.



Hay acuerdo general en que el sistema será **100% renovable** en 2050,
la cuestión es cómo y cuándo lo queremos alcanzar.

ANTECEDENTES/ Estudios de Greenpeace.

¿Cuánta energía podemos obtener de las renovables? (**2005- Renovables 2050**)

Más de **56 veces la demanda de electricidad** y más de 10 la energía total en 2050

¿Puede el sistema eléctrico peninsular ser 100% renovable? (**2007- Renovables 100%**)

Si, muchos mix de generación eléctrica 100% renovables hacen viable el sistema.

¿Podemos conseguir un sistema 100% renovable para todo el sistema energético? (**2011-Energía 3.0**)

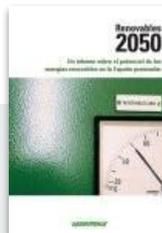
Si, gracias a la electrificación, la eficiencia energética y la inteligencia. Es técnicamente viable, resulta mucho más favorable desde el punto de vista técnico, económico y ambiental.

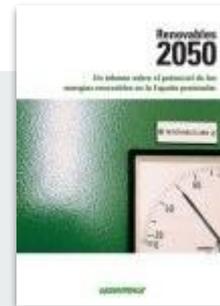
¿Cuántos empleos tendríamos con renovables? (**2015- La recuperación económica con renovables**)

Más de **tres millones de empleos** y ahorro del 34% en la factura de la luz en los próximos 15 años

¿Cuántos empleos con el desmantelamiento nuclear? (**2016- El inevitable cierre nuclear**)

Sólo el desmantelamiento nuclear generaría **100.000 puestos de trabajo**



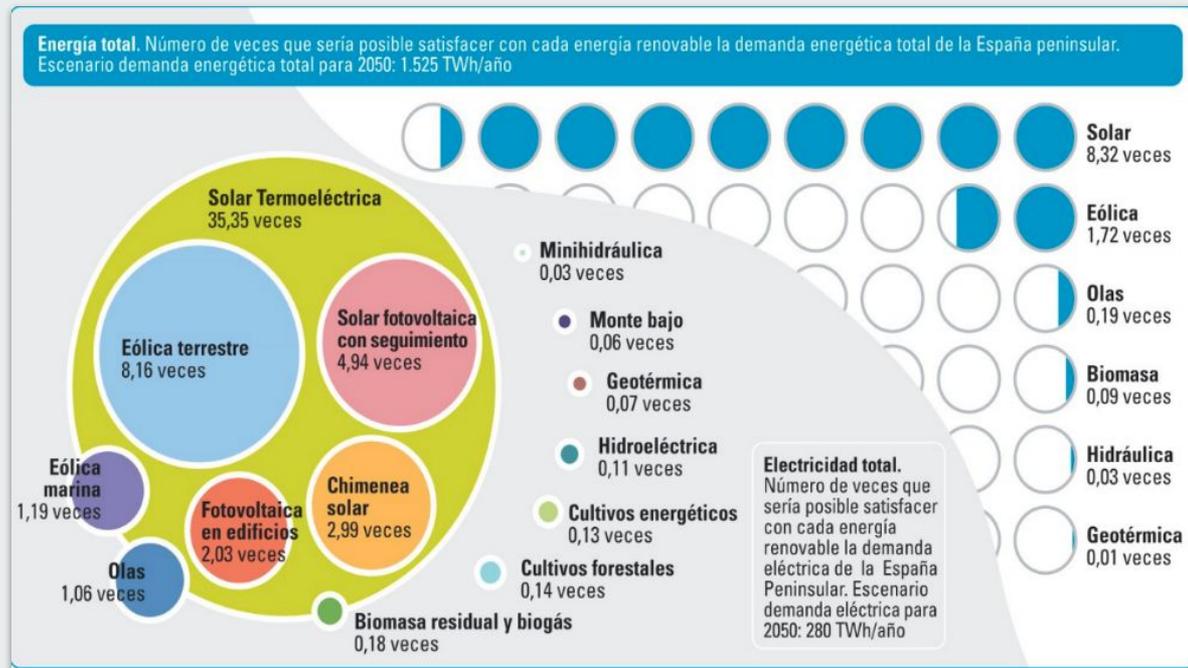


ANTECEDENTES/ 2005-Renovables 2050

¿Cuánta energía podemos obtener de las renovables?

Capacidad generación electricidad con fuentes renovables:

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

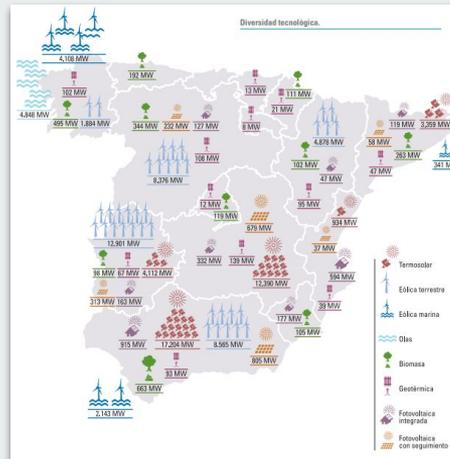




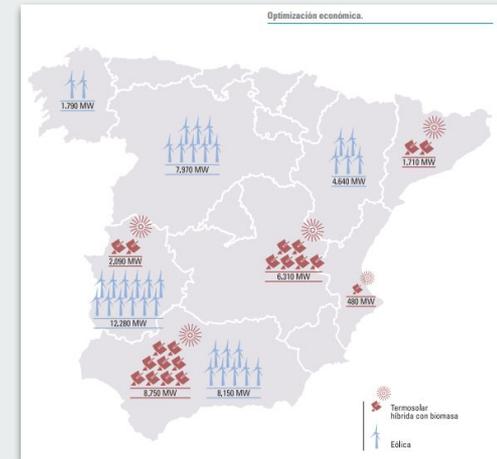
ANTECEDENTES/ 2007-Renovables 100%

¿Puede el sistema eléctrico peninsular ser 100% renovable? (2007- **Renovables 100%**)

Si, muchos mix de generación eléctrica **100% renovables** hacen viable el sistema, los costes totales son asumibles y muy favorables, y existen herramientas suficientes para garantizar cobertura demanda.



Opción:
diversidad tecnológica



Opción:
optimización económica

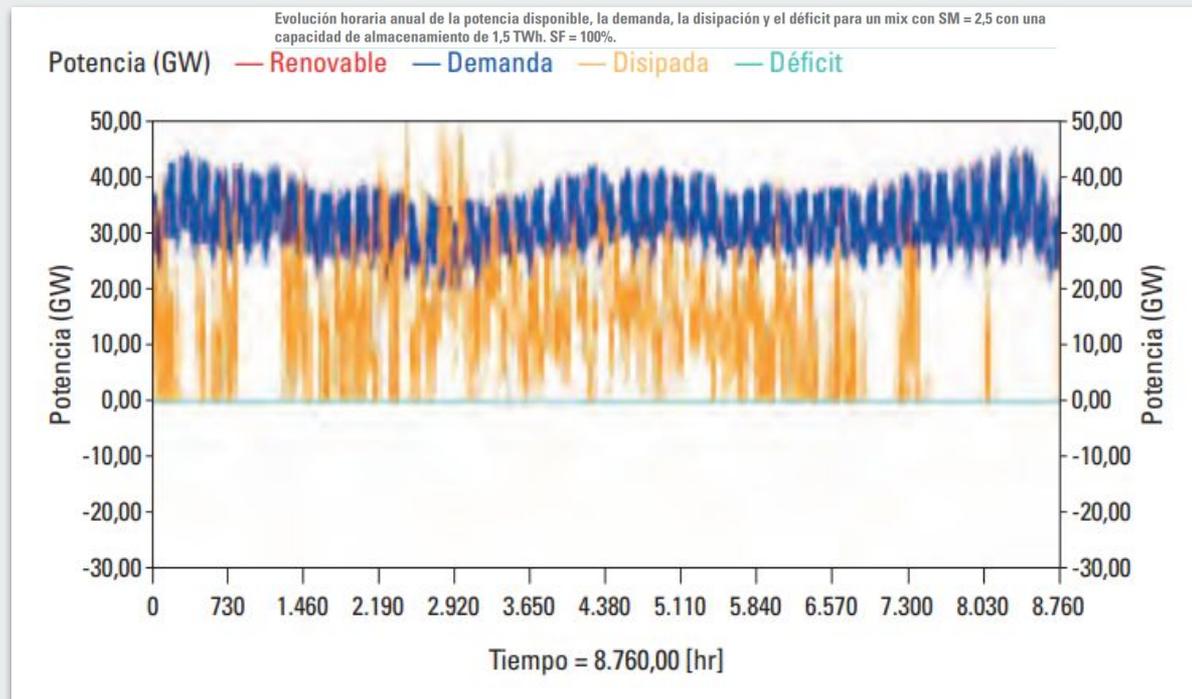


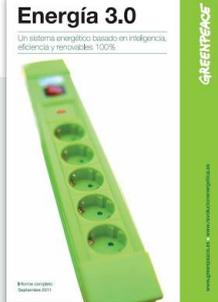
ANTECEDENTES/ 2007-Renovables 100%

CAMBIO DE PARADIGMA

¿Cómo funcionan las tecnologías renovables como elemento principal del sistema?

Pasan de operarse en “modo de máxima potencia” a “**modo de regulación**”





ANTECEDENTES/ 2011-Energía 3.0

Eficiencia, inteligencia, electrificación, integración de todos los sectores energéticos y 100% renovable.

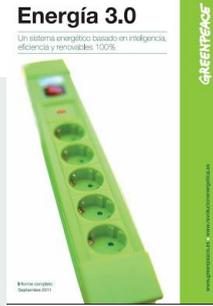
Economía inteligente: los modelos de negocio asocian los beneficios a la eficiencia y el ahorro y no al despilfarro.

Electrificación: del transporte y de la climatización de edificios maximiza la eficiencia y no provoca un aumento significativo de la demanda de electricidad total.

Intercambio energía: los edificios y los vehículos intercambian energía con el sistema eléctrico (gestión de la demanda), articulando la participación directa de los usuarios en la operación del sistema energético.

Reducir esta demanda: con eficiencia e inteligencia es clave para garantizar la sostenibilidad a largo plazo, aunque las renovables permiten cubrir toda la demanda energética española para 2050.



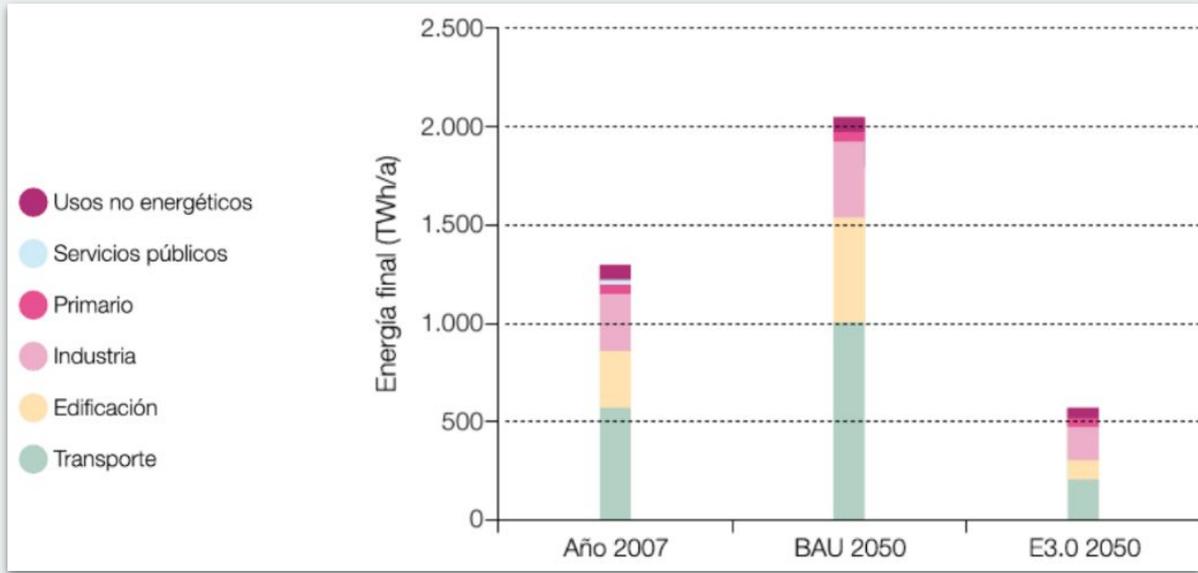


ANTECEDENTES/ 2011-Energía 3.0

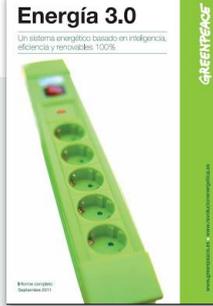
Reducción del consumo de energía total

Ahorro del consumo de energía total de un **72%** si se compara con un Escenario de Continuidad.

Ahorro del consumo energético de un **55%** si se compara con 2007



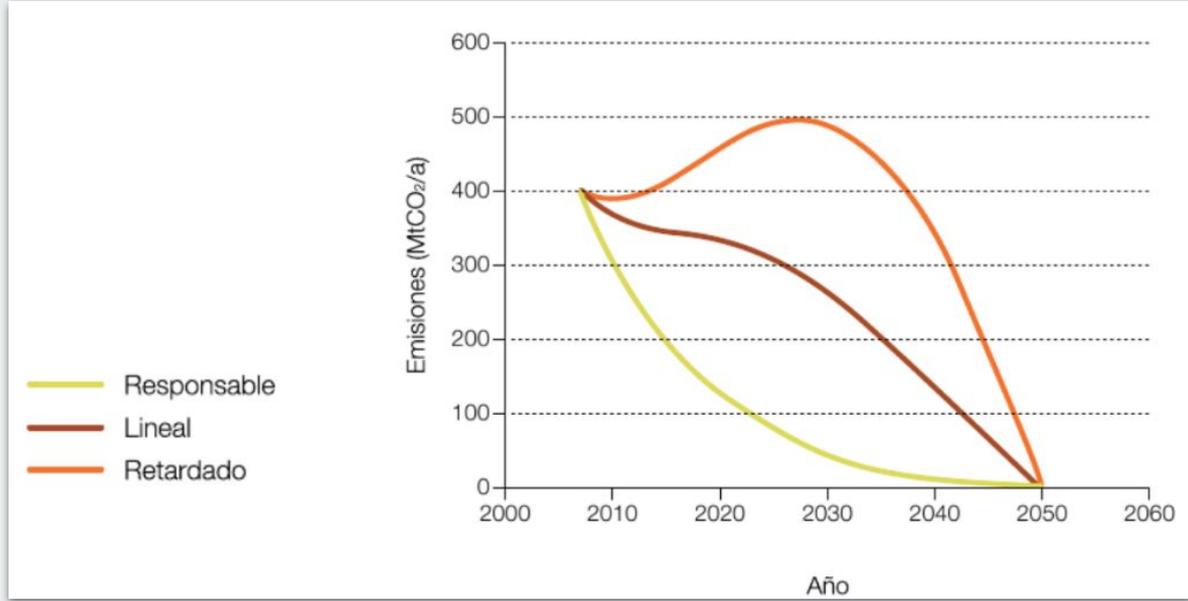
Desglose por sectores del tipo de energía en el año 2007 y en 2050 en los escenarios de Continuidad (BAU) y de Eficiencia (E3.0)



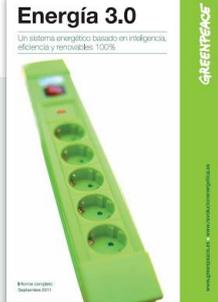
ANTECEDENTES/ 2011-Energía 3.0

Reducción de las emisiones

Permite alcanzar emisiones cero en España hacia mitad de siglo, mientras el sistema energético actual aumentaría las emisiones en más del 24%



Evolución de las emisiones de CO2 del sistema energético peninsular asociadas a los tres escenarios de transición considerados

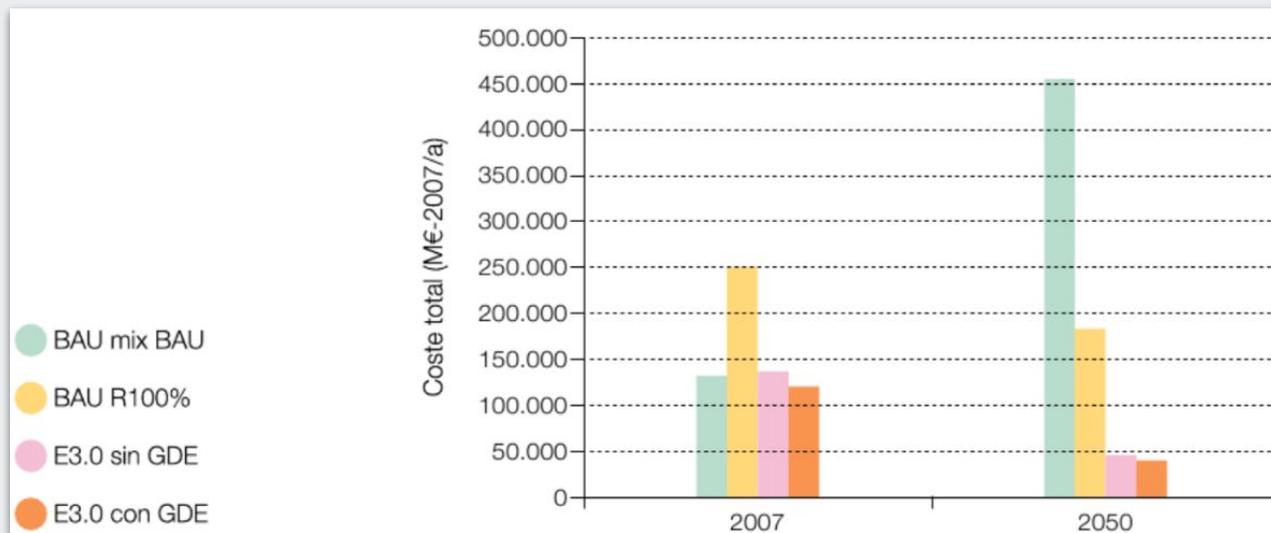


ANTECEDENTES/ 2011-Energía 3.0

Comparativa de costes

El sistema energético en la España peninsular costaría en total un **91% menos** de lo que costaría seguir con el sistema actual.

El ahorro económico total de aquí a 2050 sería de más de **200.000 millones de euros** al año en promedio.



Comparación de los costes totales del conjunto del sistema energético para los principales casos analizados para cubrir el consumo de los Escenarios de Continuidad y de Eficiencia

ANTECEDENTES/ Estudios de Greenpeace.

¿Cuántos empleos tendríamos con renovables?

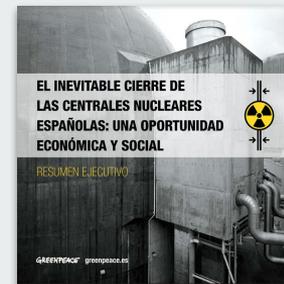
(2015- La recuperación económica con renovables)

Más de **tres millones de empleos** y ahorro del 34%, respecto a 2012, en la factura de la luz en los próximos quince años

¿Cuántos empleos tendríamos con el desmantelamiento nuclear?

(2016- El inevitable cierre nuclear: una oportunidad económica y social)

Sólo el desmantelamiento nuclear generaría **100.000 puestos de trabajo** y el sector renovable crearía 200.000 más y un aumento total del PIB de unos 20.000 millones de euros

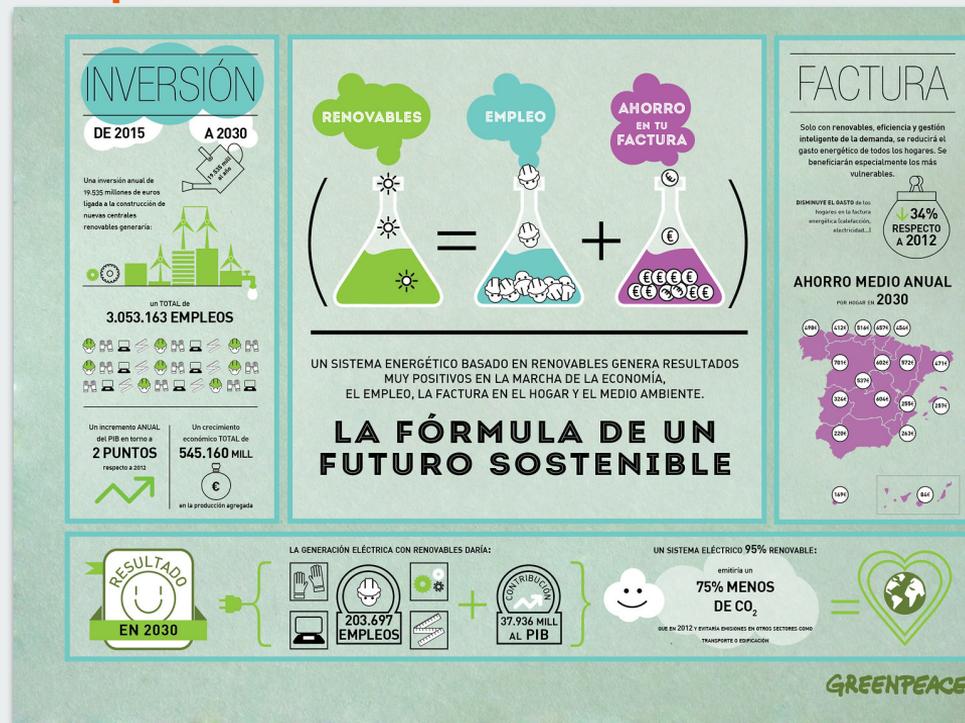


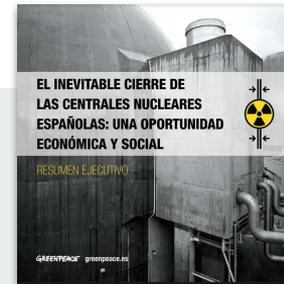


ANTECEDENTES/ Estudios de Greenpeace.

¿Cuántos empleos tendríamos con renovables?
(2015- La recuperación económica con renovables)

Más de **tres millones de empleos** y ahorro del 34%, respecto a 2012, en la factura de la luz en los próximos quince años

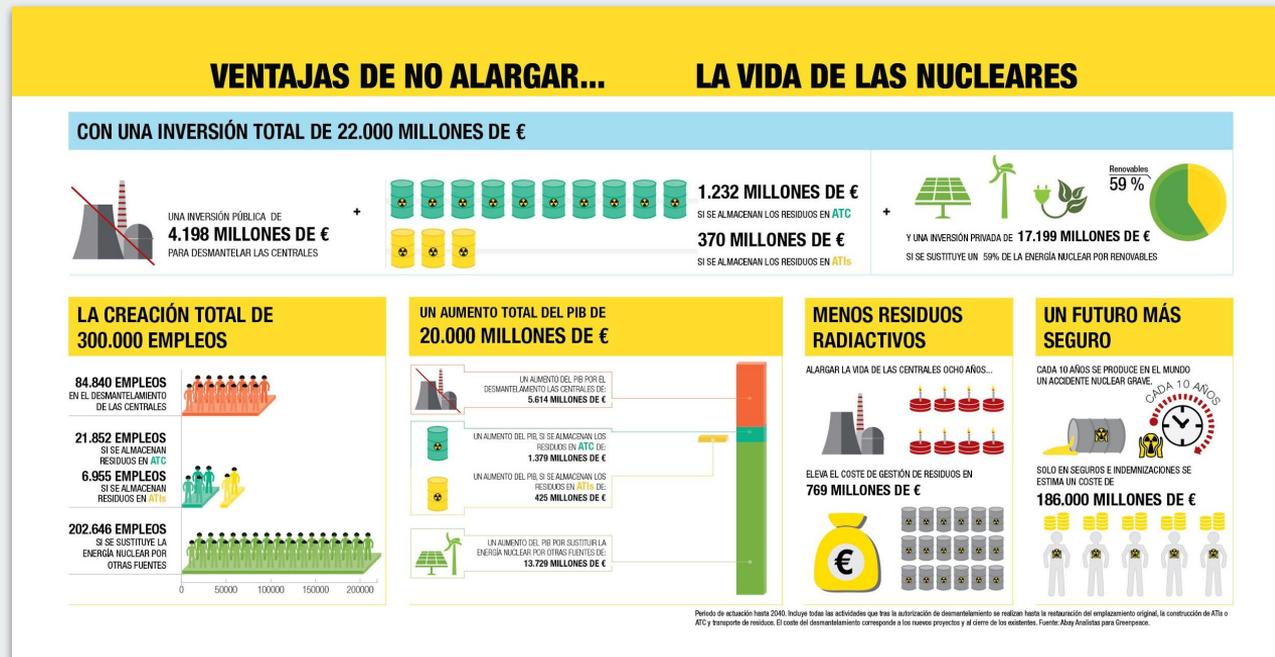


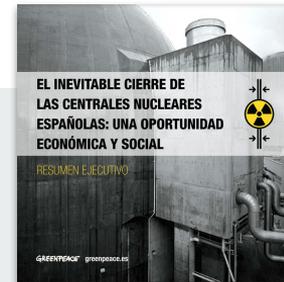


ANTECEDENTES/ Estudios de Greenpeace.

¿Cuántos empleos tendríamos con el desmantelamiento nuclear? (2016- El inevitable cierre nuclear)

Sólo el desmantelamiento nuclear generaría **100.000 puestos de trabajo** y el sector renovable crearía 200.000 más y un aumento del PIB de unos 20.000 M€





ANTECEDENTES/ Estudios de Greenpeace.

¿Cuánto cuesta el desmantelamiento nuclear y la gestión de residuos?

Si las nucleares funcionan hasta 40 años, hacen falta como poco 20.200 M€ de los que solo el 30% has sido aportados por el momento.

LA MULTIMILLONARIA DEUDA DE LAS ELÉCTRICAS CON EL ESTADO



Se contemplan todas las actuaciones hasta el año 2085 relacionadas con el desmantelamiento y la gestión de los RR, incluido un almacén geológico profundo, y una vida útil de las centrales de 40 años. Incluye presupuesto ya destinado al desmantelamiento de Zorita y Vandellòs I. Fuente: ENRESA y Tribunal de Cuentas (2015)

Un 62% de la población apoyaría el cierre de carbón y un 72%
el cierre ordenado nuclear ⁽¹⁾

OBJETIVO/ Programa cierre de carbón y nuclear

Evaluar la **factibilidad técnica de no contar con centrales nucleares y de carbón en 2025 y 2030** en el sistema eléctrico español.

10/11/2017



PLANTEAMIENTO

- En el caso del carbón, su cierre podría deberse a una **regulación medioambiental** más estricta impulsada por la UE, o a **decisiones empresariales** como las manifestadas ya por algunos agentes.
- En el caso de la energía nuclear, un escenario posible sería la no extensión de las licencias de explotación por cuestiones **políticas, económicas** o de **gestión de residuos**.

(1) <http://www.elmundo.es/economia/2017/12/12/5a2edcdaca4741f3348b45a1.html>

28/06/2017



El menor escenario de renovables ha quedado superado por la UE
El intermedio es inferior al aumento planteado en la EU
El mayor es semejante al planteado en el borrador de la Ley de CC y TE

ESCENARIOS/ Demanda eléctrica.

Tres hipótesis de crecimiento anual: **2%, 1%, 0,2%**

Menor crecimiento reduce el coste absoluto de adaptación del sistema, y la eficiencia energética es objetivo de obligado cumplimiento en la UE

ESCENARIOS/ Generación eléctrica

Tres hipótesis
CONVENCIONAL

Carbón + Nuclear (C+N): carbón que han anunciado obras.
Nuclear (N): sin carbón y dar nuevas licencias a las nucleares.
Sin nuclear ni carbón (Sin C+N)

Tres hipótesis
RENOVABLE

Renovable Bajo (R1): 47% demanda eléctrica en 2025, cumplir con el actual objetivo de la UE.
Renovable Medio (R2): 54% de la demanda eléctrica en 2025, cumplir 5 años antes con la UE.
Renovable Alto (R3): 65% de la demanda eléctrica, objetivo más ambicioso

Tabla 2. Escenarios de crecimiento anual de la demanda eléctrica peninsular¹⁹

	D1	D2	D3
Variación anual de la demanda	2%	1%	0,2%
Demanda 2025 (TWh)	300	274	252
Demanda 2030 (TWh)	333	288	255
Industrial	2,01%	0,78%	-0,40%
Servicios	2,01%	1,03%	-0,40%
Residencial	1,61%	0,59%	-0,16%
Vehículos eléctricos (%demanda 2015)			
2025	0,6%	0,6%	0,6%
2030	1,8%	1,8%	1,8%

Tabla 3. Escenarios generación convencional en 2025

Potencia Por Tecnología	C+N	N	Sin C+N
Nuclear	7.117	7.117	-
Carbón	5.918	-	-
CCGT y OCGT	24.948	24.948	24.948
Fuel/Gas	-	-	-
Cogeneración	6.684	6.684	6.684
Total (MW)	44.664	38.749	31.632

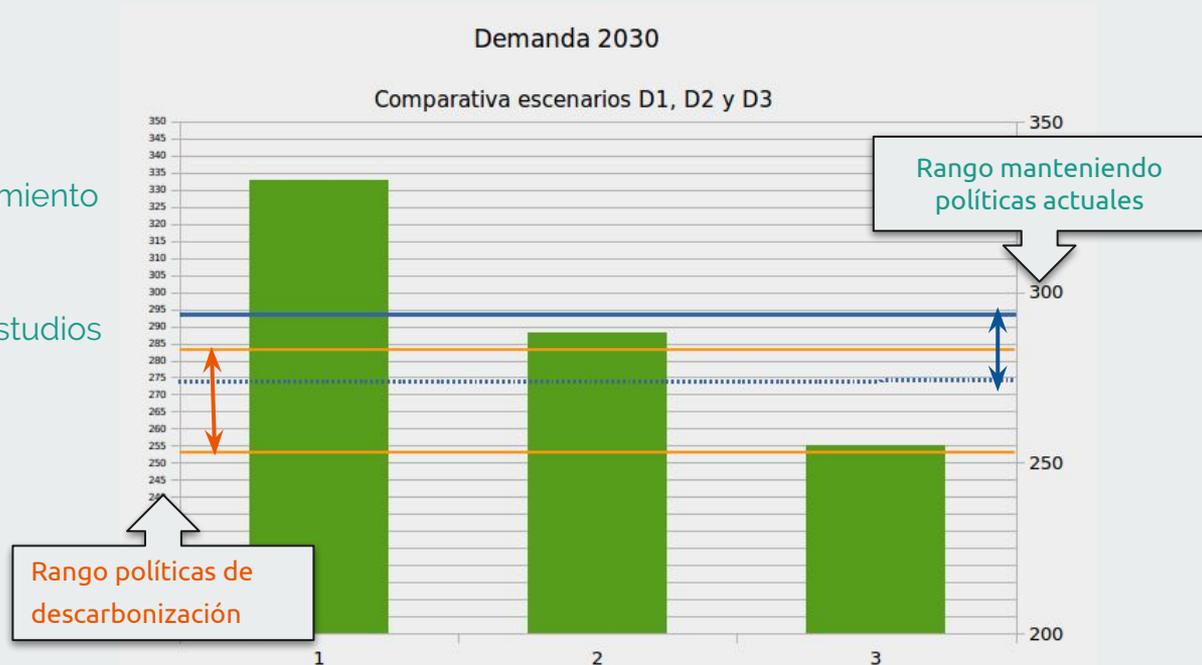
Tabla 5. Escenarios de generación renovable

TECNOLOGÍA	R1	R2	R3
Hidráulica	20.352	20.352	20.352
Eólica	29.164	33.364	41.064
Solar Fotovoltaica	10.725	14.925	22.625
Solar Térmica	2.300	2.300	2.300
Térmica renovable (biomasa)	1.643	2.243	2.243
Total (MW)	64.184	73.184	88.584

ESCENARIOS/ Demanda eléctrica.

DEMANDA ELÉCTRICA, crecimiento anual del **2%**, **1%**, **0,2%**

Es **coherente** con otros estudios realizados por el IIT a este nivel.



La seguridad de suministro está totalmente garantizada, porque el análisis se ha realizado (con todos los parámetros de seguridad) y en base a la peor de la serie histórica de producción hidráulica y eólica.

METODOLOGÍA/ Modelo de despacho económico de la generación. ROM.

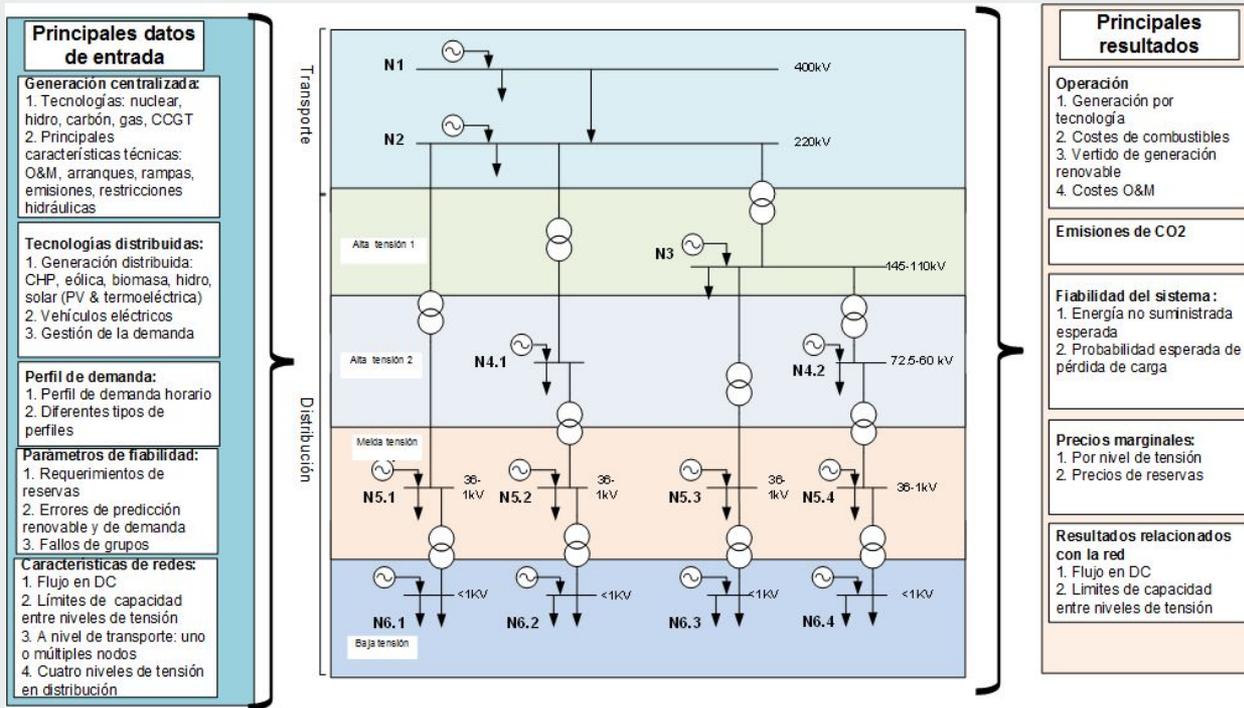
Un modelo suficientemente contrastado y que permite representar el funcionamiento horario del sistema eléctrico

- Se considera el **PEOR CASO de sequía extrema y poco viento** y criterios de seguridad habituales.
- Una primera parte del estudio ha analizado la viabilidad del sistema de generación eléctrico **SIN ninguna inversión adicional, utilizando distintos instrumentos de flexibilidad**
 - La gestión de la demanda por sí sola podría lograr un sistema factible.
 - Los **vehículos eléctricos realizando carga inteligente** son otra posibilidad
 - Las **interconexiones** aportan gran flexibilidad, pero no solucionan esta situación
 - La **energía hidráulica podría operarse de otra forma**, respondiendo a la escasez del sistema
 - La **termosolar** con demandas contenidas, puede realizar grandes aportaciones al sistema.
- Una segunda parte del estudio **introduce inversión adicional** en el sistema de generación eléctrico, sin las medidas de flexibilidad anteriores, haciendo viables todos los escenarios técnicamente, y se han sacado las variables más significativas para ser evaluados comparativamente

El modelo ROM toma en cuenta todos los detalles técnicos del sistema eléctrico.

La versión actual utilizada modela en detalle los flujos a distintos niveles de tensión por niveles de tensión.

Versión del modelo ROM utilizado



RESULTADOS/ Sin generación de respaldo

- Renovables (41 GW Eólica y 22 GW FV) y 1% - 0,2% demanda casi alcanzan la viabilidad (1)
 - Crecimiento de la demanda 2%, ni con nuclear y carbón es posible un sistema viable. Esta situación es más grave en 2030.
 - El volumen de vertidos renovables es debido a las nucleares
- (1) Demanda 240.000 a 300.000 GWh, faltan 7- 2 GWh

	Vertidos renovables (Gwh)					
	SIN	Nuclear	Carbón+ Nuclear	SIN 2030	Nuclear 2030	Carbón+ Nuclear 2030
D1R1	21	2.150	2.299	-	-	-
D1R2	-	-	-	2.256	4.447	4.542
D1R3	4.352	-	-	1.777	10.698	11.133
D2R1	-	-	-	-	-	-
D2R2	-	-	-	-	-	-
D2R3	8.455	-	-	-	-	-
D3R1	1.179	-	-	-	-	-
D3R2	-	-	-	5.446	16.158	17.287
D3R3	19.400	-	35.372	-	-	-

	Energía no suministrada (Gwh)					
	SIN	Nuclear	Carbón+ Nuclear	SIN 2030	Nuclear 2030	Carbón+ Nuclear 2030
D1R1	1.138	42	2	-	-	-
D1R2	-	-	-	7.792	1.133	185
D1R3	59	-	-	3.329	317	19
D2R1	-	-	-	-	-	-
D2R2	-	-	-	-	-	-
D2R3	2	-	-	-	-	-
D3R1	7	-	-	-	-	-
D3R2	-	-	-	4	0	0
D3R3	2	-	0	-	-	-

RESULTADOS/ Sin respaldo + flexibilidad

- La **gestión de la demanda por sí sola**, es una solución de flexibilidad que podría lograr un sistema factible.
 - Los **vehículos eléctricos realizando carga inteligente** son otra posibilidad (1).
 - Las **interconexiones**, son un gran instrumento de flexibilidad, **pero para esta situación no son la solución** y aumentan las emisiones
 - La **energía hidráulica podría operarse de otra forma**, respondiendo a la escasez del sistema
 - La **termosolar**, sobretodo con demandas contenidas, puede realizar grandes aportaciones al sistema.
- (1) Para 2025, se ha supuesto 500.000 vehículos eléctricos, consumo aproximado de 1,5 TWh (0,6% de la demanda de referencia del 2015).

		Energía no suministrada (Gwh) Flexibilidad					
		SIN	Nuclear	Carbón+Nuclear	SIN 2030	Nuclear 2030	Carbón+Nuclear 2030
D1R1	Termo	1.167					
D1R1	Inter	2.926					
D1R1	bombeo	1.060					
D1R1	VES			1			
D1R1	GD	0					
D1R2	Inter				8.472		
D1R2	bombeo				7.606		
D1R2	VES				5.886		91
D1R2	GD				30		
D1R3	Termo				1441		
D1R3	VES					41	
D1R3	GD						15
D2R3	VES	0					
D3R1	Termo	0					
D3R1	Inter	10					
D3R1	bombeo	0					
D3R2	VES				2	0	
D3R2	GD				0		
D3R3	Termo						
D3R3	VES				0		

RESULTADOS/

Sin respaldo + flexibilidad

Emisiones menores

SIN carbón y nuclear, utilizando valores promedio de renovables.

	(2025) D1 y R1_ promedio eólica			
	SIN	SIN (VES)	SIN (GD)	Carbón + Nuclear
OPERATION (GWh)	298.979	296.420	286.810	296.388
Nuclear	-	-	-	60.229
Carbón	-	-	-	42.516
Gas	152.675	149.715	144.276	49.387
Hidráulica	5.842	7.813	6.473	6.476
Hidráulica bombeo	7.216	5.647	3.046	5.206
Eólica	63.485	63.485	62.562	62.987
Solar	23.743	23.743	24.566	23.696
Otras Renovables (incluye hidráulica fluyente y cogeneración)	46.017	46.017	45.887	45.892
Generación de coches eléctricos	-	-	-	-
Energía no suministrada	6	-	-	-
Demanda final	263.631	263.631	263.565	263.631
Pérdidas	23.384	23.069	17.300	23.658
Consumo de bombeo	10.309	8.067	4.351	7.439
Consumo de vehículos eléctricos	1.661	1.654	1.661	1.661
Demanda total	298.985	296.420	286.810	296.388
RES_Surplus	-	-	230	672
Thermal_Cost [M€]	8.900	8.709	8.420	5.522
Emission [MtCO2]	53	52	50	54
Max ENS	897	-	-	-
Margen de reserva [MW]	-	352	5.002	4.704
Margen de reserva [%]		0%	11%	9%

Es viable técnicamente sustituir la potencia nuclear y de carbón en 2025, existen varias opciones sin grandes diferencias económicas y de emisiones

RESULTADOS/ conclusiones principales

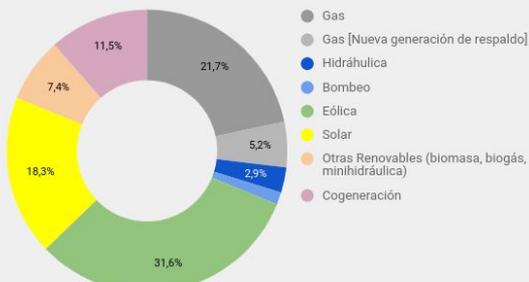
- **Es viable técnicamente sustituir la potencia nuclear y de carbón** en los horizontes estudiados, tanto desde el punto de vista de cobertura de demanda, como de la estabilidad de frecuencia. **Existen varias opciones** sin grandes diferencias económicas y de emisiones
- **La seguridad de suministro está totalmente garantizada**, porque el análisis se ha realizado (con todos los parámetros de seguridad) y en base a la peor de la serie histórica de producción hidráulica y eólica.
- **La demanda de electricidad es, junto con las renovables, la clave fundamental** que permitiría un sistema factible, tanto para favorecer su ahorro y aumentar la eficiencia así como incorporar la gestión de esta demanda.
- **La retirada del carbón** supone un ahorro de emisiones de CO₂ para el sistema y su coste disminuye en los escenarios de baja demanda y alta penetración de renovables, **con precios de 40€ tCO₂ saldría del sistema**
- **El cierre ordenado de las nucleares en 2025 supone un aumento de coste de 800 a 1.200 M€ al año**, que puede considerarse muy pequeño porque estos costes calculados tienen grandes subestimaciones del coste social.
- Con **valores medios para la hidráulica y eólica, se reducen los costes absolutos de operación y las emisiones** y aumenta el porcentaje de energías renovables

Con valores medios para la hidráulica y eólica, se reducen los costes absolutos de operación y las emisiones y aumenta el porcentaje de energías renovables

RESULTADOS/ **Comparamos escenarios SIN** carbón ni nuclear, baja demanda y renovables altas

2025

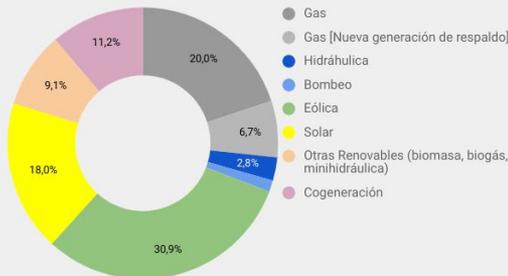
Configuración y generación eléctrica de un mix en 2025
SIN carbón ni nuclear D3= 0,2% R3= 65%



% Renovables	62%
Vertidos renovables [GWh]	16.575
Coste Térmico [M€]	3.928
Coste total anualizado [M€]	10.095
Emisiones [MtCO2]	23
Emisiones respaldo [MtCO2]	4

2030

Configuración y generación eléctrica de un mix en 2030
SIN carbón ni nuclear D3= 0,2% R3= 65%



% Renovables	62%
Vertidos renovables [GWh]	11.808
Coste Térmico [M€]	3.912
Coste total anualizado [M€]	10.125
Emisiones [MtCO2]	22
Emisiones respaldo [MtCO2]	6

2025
promedios
renovables

Configuración y generación eléctrica de un mix en 2025
SIN carbón ni nuclear y con generación eólica e hidráulica
media D3= 0,2% R3= 65%



% Renovables	73%
Vertidos renovables [GWh]	9.942
Coste Térmico [M€]	2.262
Coste total anualizado [M€]	5.370
Emisiones [MtCO2]	12
Emisiones respaldo [MtCO2]	-

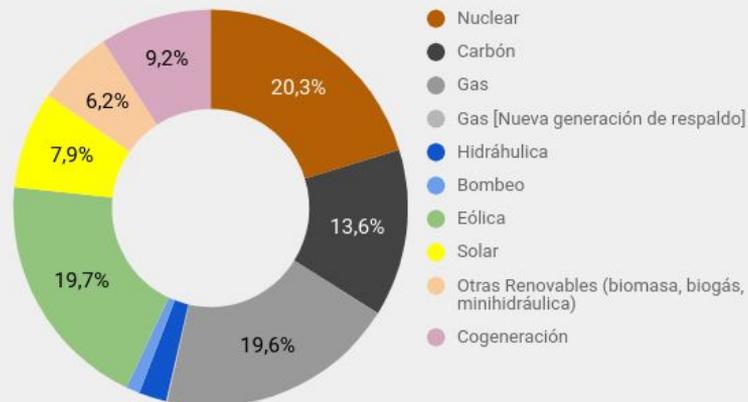
La diferencia del coste total de un escenario sin carbón ni nuclear con un crecimiento de la demanda eléctrica contenido y alto porcentaje de renovables frente al opuesto es del 1,8%.

RESULTADOS/ **Comparamos escenarios SIN y CON carbón y nuclear (stress)**

Configuración y generación eléctrica de un mix en 2025
SIN carbón ni nuclear D3= 0,2% R3= 65%



Configuración y generación eléctrica de un mix en 2025 con
carbón y nuclear D1= 2% R1= 47%



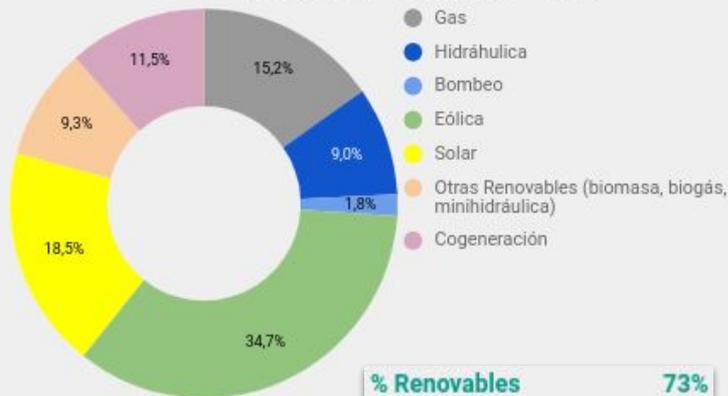
El coste externo de otros contaminantes (SO₂, NO_x y partículas) o los costes asociados a los residuos radiactivos, no están considerados, por tanto, estos costes calculados deben ser considerados como grandes subestimaciones del coste social.

Coste total anualizado [M€] 9.909

Un escenario **sin carbón ni nuclear** con un crecimiento de la demanda eléctrica contenido y alto porcentaje de renovables, considerando valores promedio de eólica e hidráulica, tiene **menor coste de operación y menos de la mitad de las emisiones que el escenario opuesto**

RESULTADOS/ **Comparamos escenarios SIN y CON carbón y nuclear** (valores promedio)

Configuración y generación eléctrica de un mix en 2025
SIN carbón ni nuclear con generación eólica e hidráulica
media D3= 0,2% R3= 65%

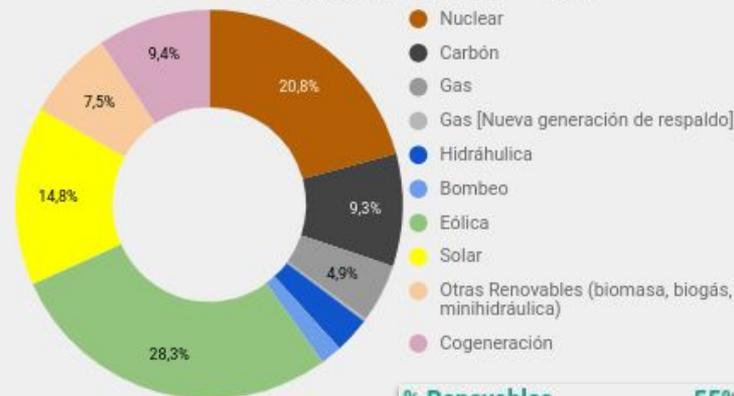


% Renovables **73%**

Coste Térmico [M€] **2.262**

Emisiones [MtCO2] **12**

Configuración y generación eléctrica de un mix en 2025
CON carbón y nuclear con generación eólica e hidráulica
media D1= 2% R1= 45%



% Renovables **55%**

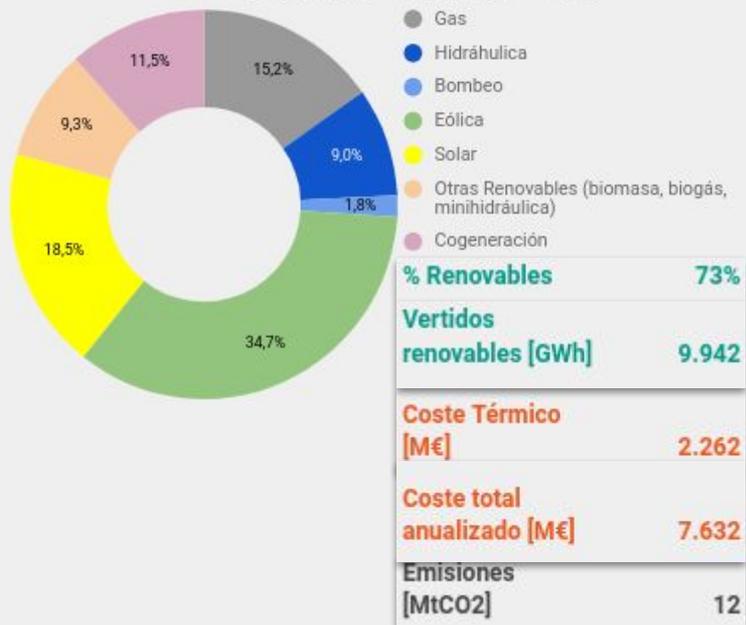
Coste Térmico [M€] **3.375**

Emisiones [MtCO2] **29**

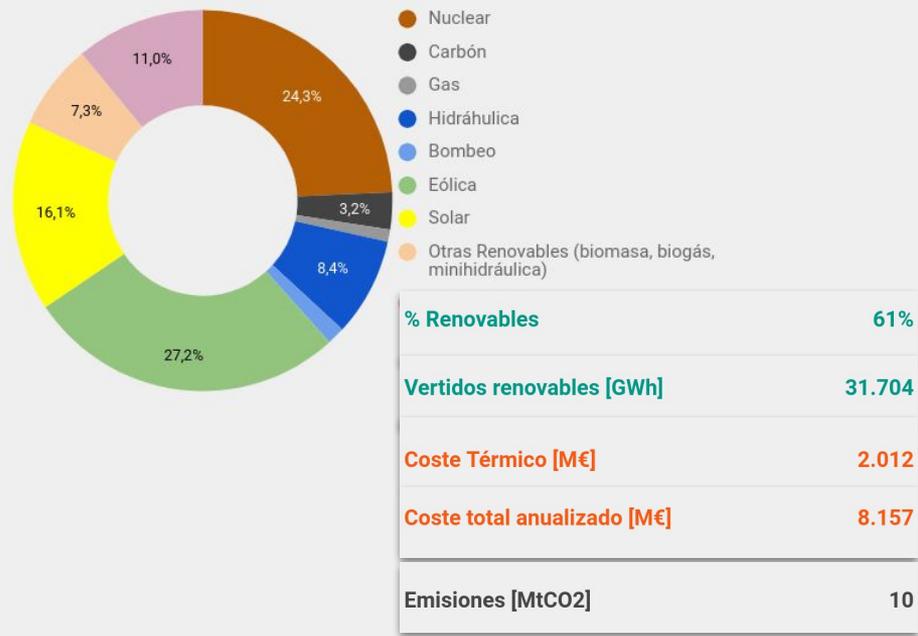
Comparando un escenario **SIN y CON carbón ni nuclear** con un crecimiento de la demanda eléctrica contenido y alto porcentaje de renovables y valores promedios de eólica e hidráulica.

RESULTADOS/ **Comparamos escenarios SIN y CON carbón y nuclear** (valores promedio)

Configuración y generación eléctrica de un mix en 2025
SIN carbón ni nuclear con generación eólica e hidráulica
 media D3= 0,2% R3= 65%



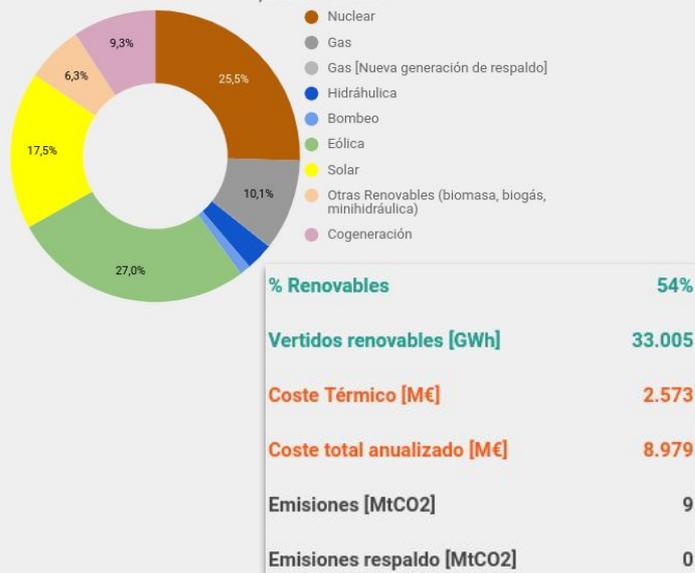
Configuración y generación eléctrica de un mix en 2025
CON carbón y nuclear con generación eólica e hidráulica
 media D3= 0,2% R3= 65%



Manteniendo las nucleares

RESULTADOS/ CON y SIN nuclear, baja demanda y alta tasa renovable (valores promedio)

Configuración y generación eléctrica de un mix en 2025 con nucleares y con generación eólica e hidráulica media D3= 0,2% R3= 65%



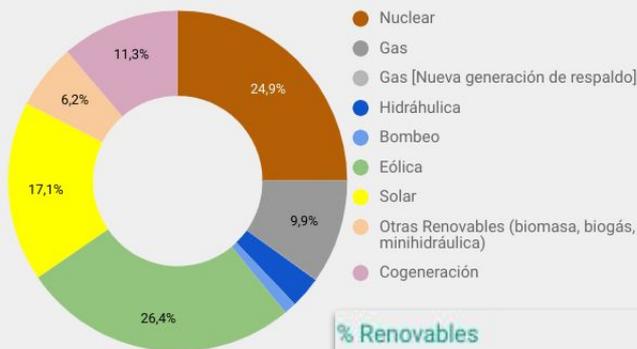
Configuración y generación eléctrica de un mix en 2025 SIN carbón ni nuclear y con generación eólica e hidráulica media D3= 0,2% R3= 65%



Manteniendo las nucleares

RESULTADOS/ CON y SIN nuclear, baja demanda y alta tasa renovable

Configuración y generación eléctrica de un mix en 2025
CON nuclear D3= 0,2% R3= 65%



% Renovables	54%
Vertidos renovables [GWh]	33.005

Coste total anualizado [M€]	8.979
-----------------------------	-------

Configuración y generación eléctrica de un mix en 2025
SIN carbón ni nuclear D3= 0,2% R3= 65%



% Renovables	62%
Vertidos renovables [GWh]	16.575

Coste total anualizado [M€]	10.095
-----------------------------	--------

RESULTADOS/ COSTES

- **Costes semejantes** en escenarios SIN y CON nucleares y carbón
- **A menor demanda menores costes** en todos los casos
- **Más renovables menores costes de operación**
- **A mayores inversiones más empleo**

Costes 2025 (SIN carbón ni nuclear)



Costes 2025 (carbón y nuclear)



RESULTADOS/ COSTES

- **No se está considerando el coste marginal** del sistema (que sería equivalente, bajo determinadas condiciones, al precio del mercado mayorista). **Este precio no indica el coste social del sistema**
- **No está considerado el coste externo de otros contaminantes** (SO₂, NO_x y partículas) o los residuos radiactivos, por tanto, pueden considerarse **grandes subestimaciones del coste social**.
- **Cierre nuclear** aumenta el coste entre 800 y 1.200 M€ al año (coste total anualizados) es un **6 - 20%** del coste total del sistema de generación.
- **Coste de inversión de la generación de respaldo** en 2030 sin carbón ni nuclear, en términos actualizados, se situaría entre 800 y 2.300 M€ al año, es un **8 - 15%** del coste total del sistema.



RESULTADOS/ Conclusiones.

- Se produce un conflicto entre costes que hace que para decidir además de incorporar las consideraciones de la sociedad (**un 62% de la población apoyaría el cierre de carbón y un 72% un programa de cierre ordenado nuclear**) es conveniente considerar otros costes sociales del sistema, tales como el coste externo de otros contaminantes (SO₂, NO_x y partículas) o los asociados a los residuos radiactivos.
- En el escenario **alto de renovables el incremento de costes es menor**, solo un 1% para la retirada del carbón
- Respecto al diferencial de costes en los escenarios con retirada de nucleares o carbón, a más renovables es menor la diferencia entre casos, porque el efecto del coste térmico menor.
- **Al reducirse la demanda, el ahorro de emisiones por el mantenimiento nuclear cada vez es más pequeño,** al igual que el aumento si se mantiene el carbón.
- Cuando se consideran **valores medios para la producción hidráulica y eólica, los costes absolutos de operación y las emisiones absolutas se reducen**, al requerir menos utilización de energías fósiles. Por otra parte, aumenta el porcentaje de energías renovables en el sistema, a igualdad del resto de circunstancias, entre un 5 y un 8% según los escenarios.



COMENTARIOS/ Papel de las interconexiones. Siendo un excelente instrumento de flexibilidad, en este caso particular no son una solución.

- **Es necesario que los sistemas que se interconectan no presenten correlación** con la oferta o la demanda. La interconexión explota esta diferencia de precios, pero si los perfiles de precios de los dos sistemas son similares, o si, cuando el diferencial de precios es elevado, no hay capacidad de interconexión suficiente, este arbitraje o bien no tiene sentido, o bien no puede realizarse.
- **Al doblar la capacidad de interconexión no permite viabilizar el sistema**, lo que apunta a que los precios son demasiado similares (la correlación entre los sistemas es demasiado alta) para que los beneficios de la interconexión se materialicen.
- Además si el saldo neto de la interconexión es exportador, esto es equivalente a un aumento de la demanda nacional de electricidad, y por tanto de la producción (también fósil), de los costes y de las emisiones.



COMENTARIOS/ Mejoras adicionales de una **gestión diferente de la hidráulica**

- El análisis presentado en este estudio parte de una operación predeterminada de la energía hidráulica regulable. En un contexto de mayor penetración de las energías renovables, cabría preguntarse por el papel que podría jugar una **operación distinta de la hidráulica para aportar más flexibilidad del sistema**.
- La gestión hidráulica podría **dirigirse más a estar disponible en los momentos críticos** del sistema, de forma que fuera necesaria una menor potencia de respaldo.
- Para ello sería necesario contar con **señales económicas más fuertes o una regulación diferente**, que incentivaran u obligaran más la disponibilidad de la energía hidráulica regulable en estos momentos críticos del sistema.



COMENTARIOS/ Vehículos eléctricos, cómo afectan al incremento y reducción de demanda

- Los vehículos eléctricos pueden contribuir a **gestionar mejor la demanda eléctrica**, si se lograra una carga 100% inteligente el estudio muestra que esta opción en exclusiva puede contribuir a hacer más viable un sistema con alta penetración de renovables.
- Para 2025, se supone una flota de 500.000 vehículos eléctricos, con un consumo aproximado de 1,5 TWh (0,6% de la demanda de referencia 2015). Corresponde a una movilidad de 40 km diarios por vehículo y un consumo energético de 0,2 kWh/km.
- Se considerará como supuesto central que el 50% de la flota de vehículos tiene un sistema de gestión de carga inteligente, y se hace un análisis para el 100%
- Para 2030, se consideran 1.500.000, lo que representaría 5 TWh. Estos niveles de penetración de vehículos eléctricos están en línea con niveles esperados por (BNEF 2017).
- La sustitución de **un millón de vehículos** convencionales por vehículos eléctricos podría suponer, en términos medios y aproximados, **una reducción anual de 3 MtCO₂**.

COMENTARIOS/ Demandas de Greenpeace.

- **Garantizar el cumplimiento en España de las disposiciones del Acuerdo de París** para asegurar la protección de la ciudadanía y del medio ambiente frente al cambio climático, por tanto reducir las emisiones de GEI cero lo antes posible y no más tarde de 2050.
- **Transformar el sistema energético actual en un sistema inteligente, eficiente y 100% renovable**, y reducir la demanda de energía final en al menos un 50% respecto a 2007 para 2050.
- **Establecer un plan de cierre de las energías sucias y su sustitución por renovables**, las nucleares cuando finalicen sus actuales licencias de explotación y se establezca el 2025 como fecha límite para el cierre del carbón.
- **Establecer un marco jurídico definido, previsible y estable para las renovables y la eficiencia energética**, para favorecer las inversiones y asegurar el cumplimiento de los objetivos.
- **Asegurar que la transición a este sistema energético limpio y sostenible es justa e inclusiva.**
- **Reconocer el pleno derecho de la ciudadanía a participar en la transición energética.**
- **Incentivar la eficiencia y el ahorro es esencial para la mejoría de cualquier escenario.**



Muchas gracias

Greenpeace es una organización ecologista y pacifista internacional, económica y políticamente que no acepta donaciones ni presiones de gobiernos, partidos políticos ni empresas.

Greenpeace está presente en 55 países de Europa, América, Asia, África y Oceanía, tiene 110.000 socias y socios en España y 3,2 millones en todo el mundo

Greenpeace España
@greenpeace_esp
San Bernardo, 107 (28034)
T: 914441400

CONTACTO: Raquel Montón
raquel.monton@greenpeace.org
@raquelmonton

RESULTADOS/ **Comparamos escenarios SIN** carbón ni nuclear, baja demanda y alta tasa RN renovable

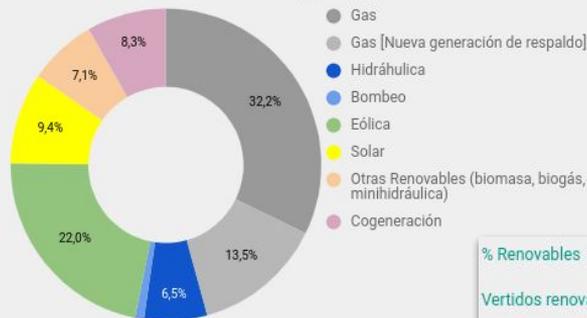
Datos promedios de renovables

Configuración y generación eléctrica de un mix en 2030
SIN carbón y nuclear D2= 1% R2= 54%



% Renovables	40%
Vertidos renovables [GWh]	153
Coste Térmico [M€]	10.403
Coste total anualizado [M€]	15.988
Emisiones [MtCO2]	62
Emisiones respaldo [MtCO2]	4

Configuración y generación eléctrica de un mix en 2030
SIN carbón y nuclear y con eólica e hidráulica media D2= 1% R2= 54%

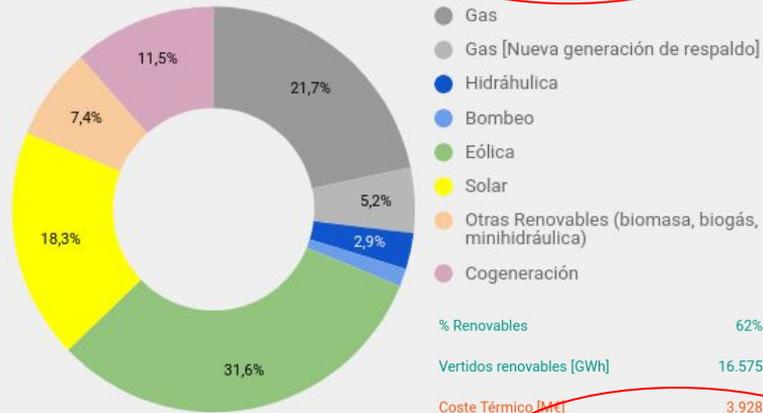


% Renovables	46%
Vertidos renovables [GWh]	31
Coste Térmico [M€]	9.004
Coste total anualizado [M€]	14.386
Emisiones [MtCO2]	53
Emisiones respaldo [MtCO2]	16

Aumenta la demanda y
bajan las renovables

RESULTADOS/ **Comparamos escenario** SIN carbón ni nuclear, baja demanda y alta tasa renovable

Configuración y generación eléctrica de un mix en 2025
SIN carbón ni nuclear D3= 0,2% R3= 65%



- Gas
- Gas [Nueva generación de respaldo]
- Hidráulica
- Bombeo
- Eólica
- Solar
- Otras Renovables (biomasa, biogás, minihidráulica)
- Cogeneración

% Renovables	62%
Vertidos renovables [GWh]	16.575
Coste Térmico [M€]	3.928
Coste total anualizado [M€]	10.095
Emisiones [MtCO2]	23
Emisiones respaldo [MtCO2]	4

Configuración y generación eléctrica de un mix en 2025
SIN carbón ni nuclear D1= 2% R1= 47%



- Gas
- Gas [Nueva generación de respaldo]
- Hidráulica
- Bombeo
- Eólica
- Solar
- Otras Renovables (biomasa, biogás, minihidráulica)
- Cogeneración

% Renovables	38%
Vertidos renovables [GWh]	86
Coste Térmico [M€]	9.323
Coste total anualizado [M€]	12.616
Emisiones [MtCO2]	55
Emisiones respaldo [MtCO2]	14

Con carbón y nuclear, baja demanda y suben renovables

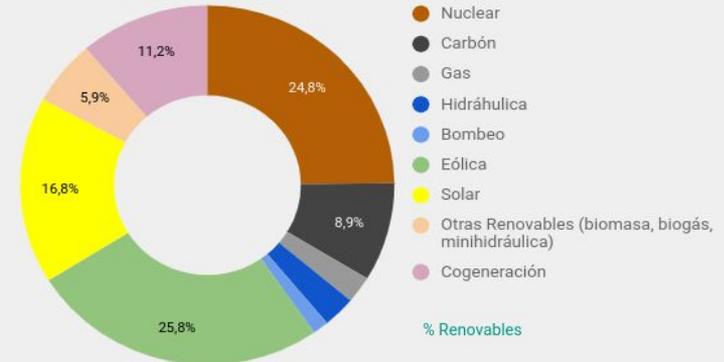
RESULTADOS/ **Comparamos escenario** SIN carbón ni nuclear, baja demanda y alta tasa renovable

Configuración y generación eléctrica de un mix en 2025
 SIN carbón ni nuclear D3= 0,2% R3= 65%



% Renovables	62%
Vertidos renovables [GWh]	16.575
Coste Térmico [M€]	3.928
Coste total anualizado [M€]	10.095
Emisiones [MtCO2]	23
Emisiones respaldo [MtCO2]	4

Configuración y generación eléctrica de un mix en 2025
 carbón y nuclear D3= 0,2% R3= 65%



% Renovables	53%
Vertidos renovables [GWh]	35.372
Coste Térmico [M€]	2.632
Coste total anualizado [M€]	8.914
Emisiones [MtCO2]	21
Emisiones respaldo [MtCO2]	-

Escenarios 2025 y 2030
son semejantes

RESULTADOS/ **Comparamos escenario** SIN carbón ni nuclear, baja demanda y alta tasa renovable

Configuración y generación eléctrica de un mix en 2025
SIN carbón ni nuclear D3= 0,2% R3= 65%



- Gas
- Gas [Nueva generación de respaldo]
- Hidráulica
- Bombeo
- Eólica
- Solar
- Otras Renovables (biomasa, biogás, minihidráulica)
- Cogeneración

% Renovables	62%
Vertidos renovables [GWh]	16.575
Coste Térmico [M€]	3.928
Coste total anualizado [M€]	10.095
Emisiones [MtCO2]	23
Emisiones respaldo [MtCO2]	4

Configuración y generación eléctrica de un mix en 2030
SIN carbón ni nuclear D3= 0,2% R3= 65%



- Gas
- Gas [Nueva generación de respaldo]
- Hidráulica
- Bombeo
- Eólica
- Solar
- Otras Renovables (biomasa, biogás, minihidráulica)
- Cogeneración

% Renovables	62%
Vertidos renovables [GWh]	11.808
Coste Térmico [M€]	3.912
Coste total anualizado [M€]	10.125
Emisiones [MtCO2]	22
Emisiones respaldo [MtCO2]	6

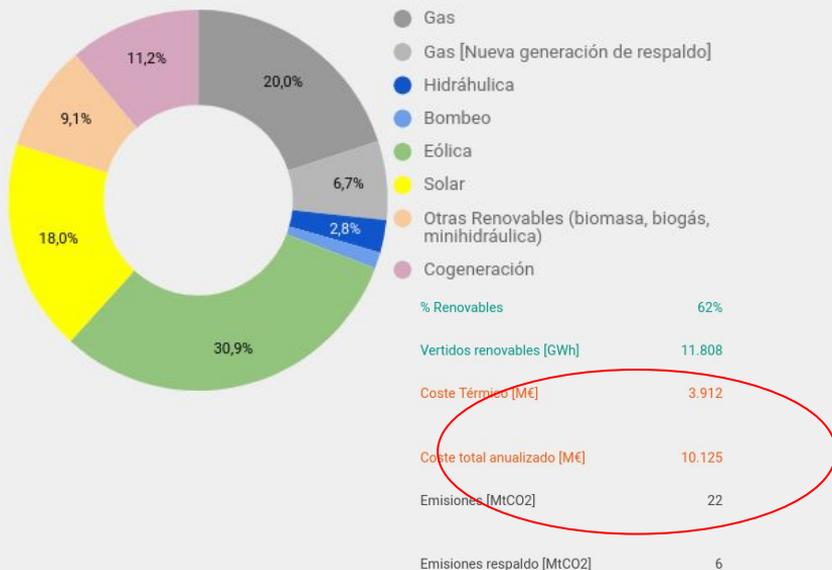
Escenarios 2030:

SIN carbón ni nuclear, baja demanda y altas renovables (vs)

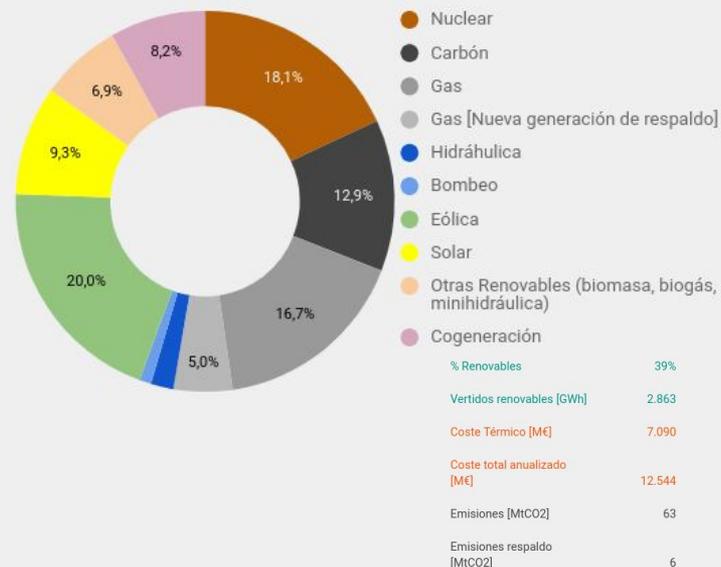
CON carbón y nuclear, alta demanda y bajas renovables

RESULTADOS/ Comparamos escenarios 2030

Configuración y generación eléctrica de un mix en 2030
SIN carbón ni nuclear D3= 0,2% R3= 65%



Configuración y generación eléctrica de un mix en 2030
CON carbón y nuclear D1= 2% R2= 54%

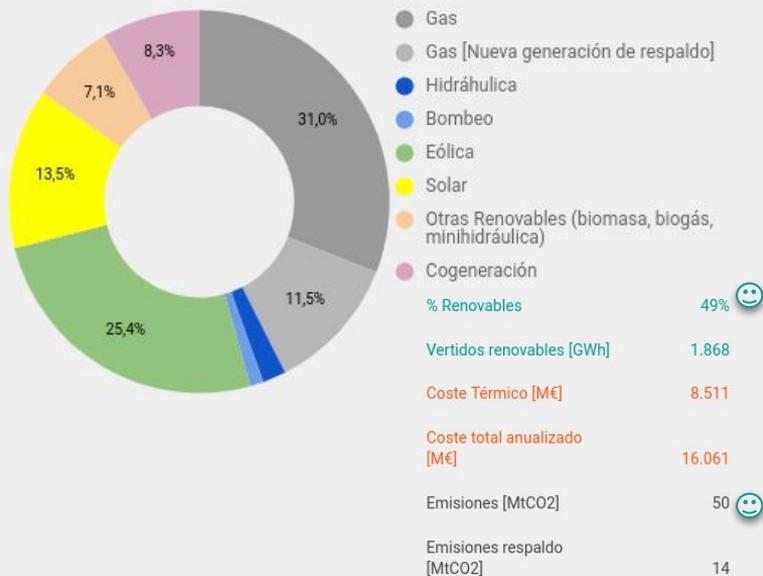


Escenarios 2030:

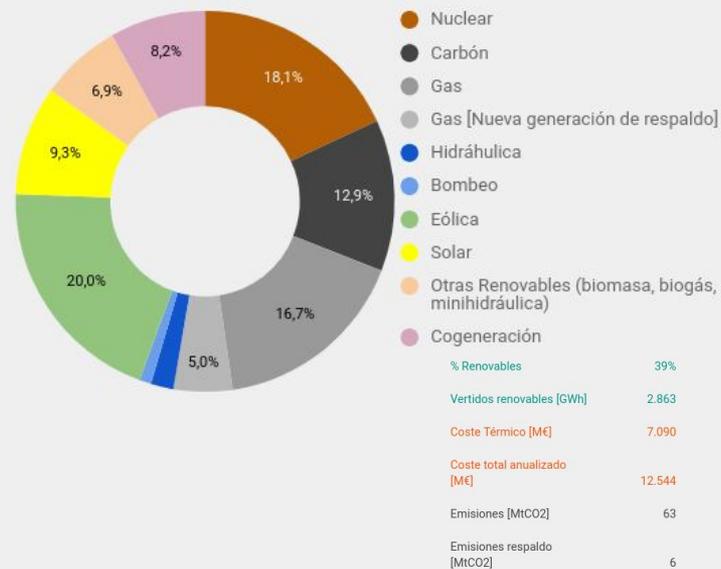
SIN carbón ni nuclear, alta demanda y altas renovables (vs)
 CON carbón y nuclear, alta demanda y bajas renovables

RESULTADOS/ Comparamos escenarios 2030

Configuración y generación eléctrica de un mix en 2030
 SIN carbón ni nuclear D1= 2% R3= 65%



Configuración y generación eléctrica de un mix en 2030
 CON carbón y nuclear D1= 2% R2= 54%



Aumenta la demanda y
bajan las renovables

RESULTADOS/ **Comparamos escenario** SIN carbón ni nuclear, baja demanda y alta tasa renovable

Configuración y generación eléctrica de un mix en 2025
SIN carbón ni nuclear D3= 0,2% R3= 65%



- Gas
- Gas [Nueva generación de respaldo]
- Hidráulica
- Bombeo
- Eólica
- Solar
- Otras Renovables (biomasa, biogás, minihidráulica)
- Cogeneración

% Renovables	62%
Vertidos renovables [GWh]	16.575
Coste Térmico [M€]	3.928
Coste total anualizado [M€]	10.095
Emisiones [MtCO2]	23
Emisiones respaldo [MtCO2]	4

Configuración y generación eléctrica de un mix en 2025
SIN carbón ni nuclear D1= 2% R1= 47%

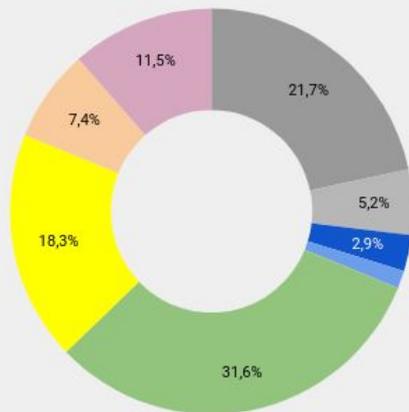


- Gas
- Gas [Nueva generación de respaldo]
- Hidráulica
- Bombeo
- Eólica
- Solar
- Otras Renovables (biomasa, biogás, minihidráulica)
- Cogeneración

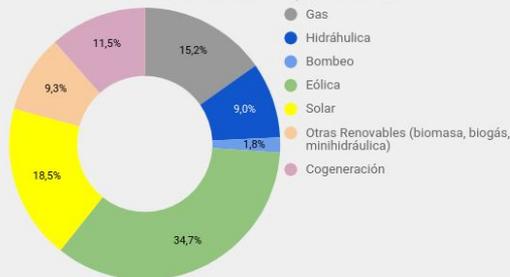
% Renovables	38%
Vertidos renovables [GWh]	86
Coste Térmico [M€]	9.323
Coste total anualizado [M€]	12.616
Emisiones [MtCO2]	55
Emisiones respaldo [MtCO2]	14

RESULTADOS/

Configuración y generación eléctrica de un mix en 2025 SIN carbón ni nuclear y con generación eólica e hidráulica



Configuración y generación eléctrica de un mix en 2025 SIN carbón ni nuclear y con generación eólica e hidráulica media D3= 0,2% R3= 65%



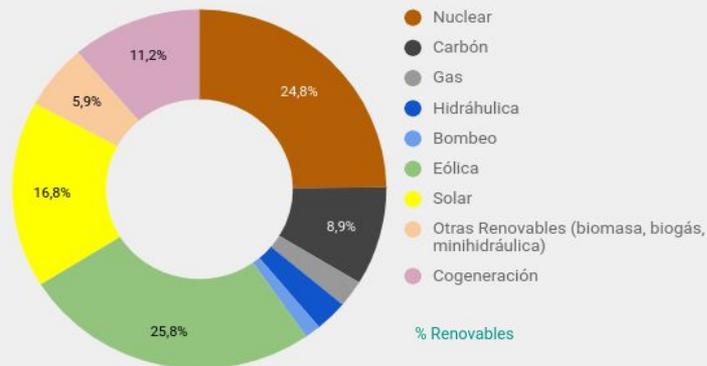
- Gas [Nueva generación de respaldo]
- Hidráulica
- Bombeo
- Eólica
- Solar
- Otras Renovables (biomasa, biogás, minihidráulica)
- Cogeneración

% Renovables	62%
Vertidos renovables [GWh]	16.575
Coste Térmico [M€]	3.928
Coste total anualizado [M€]	10.095
Emisiones [MtCO2]	23
Emisiones respaldo [MtCO2]	4

Con carbón y nuclear, baja demanda y suben renovables

Con carbón y nuclear, baja demanda y alta tasa renovable

Configuración y generación eléctrica de un mix en 2025 con carbón y nuclear D3= 0,2% R3= 65%

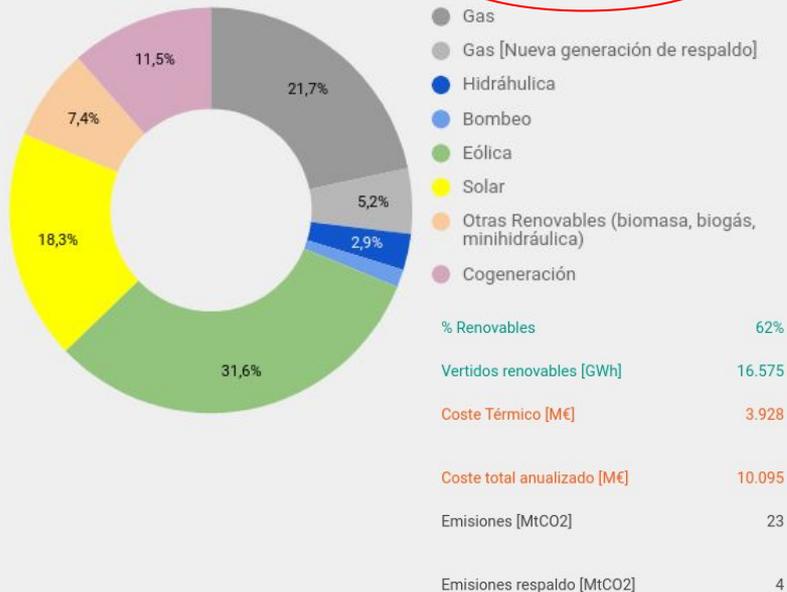


% Renovables	53%
Vertidos renovables [GWh]	35.372
Coste Térmico [M€]	2.632
Coste total anualizado [M€]	8.914
Emisiones [MtCO2]	21
Emisiones respaldo [MtCO2]	-

Datos promedios de renovables

RESULTADOS/ **Comparamos escenario SIN carbón ni nuclear, baja demanda y alta tasa**

Configuración y generación eléctrica de un mix en 2025
 SIN carbón ni nuclear **D3= 0,2% R3= 65%**



Configuración y generación eléctrica de un mix en 2025
 SIN carbón ni nuclear y con generación eólica e hidráulica
 media **D3= 0,2% R3= 65%**

