

# Evolución dinámica del precio de la electricidad en España

5 febrero 2025



Kim Keats-Martínez  
+34 606 235 149  
kim.keats@k4kadvisory.com  
kkeats@ekonsc.com

**EKON** strategy  
consulting

[www.K4KAdvisory.com](http://www.K4KAdvisory.com)

# Aviso legal

**Copyright © 2025 K4K Training & Advisory S.L.**

## **Todos los derechos reservados**

Salvo consentimiento previo por escrito, este informe y / o presentación (en adelante “publicación”) se entrega a la entidad legal identificada en la portada o bien el lector para su uso interno únicamente.

Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida, almacenada en un sistema de recuperación o transmitida en cualquier forma o por cualquier medio electrónico, mecánico, fotocopiado, grabación o de otro modo sin el permiso previo por escrito de K4K Training & Advisory S.L. (K4K). Si desea compartir esta publicación para un proyecto en particular con un afiliado, accionista u otra parte, se requiere un permiso previo por escrito para lo cual puede haber una tarifa adicional.

## **Importante**

Esta publicación puede contener información confidencial y comercialmente sensible. En caso de que se reciban solicitudes de divulgación de información contenida en este documento (ya sea de conformidad con la Ley de Libertad de Información de 2000 (UK), la Ley de Libertad de Información de 2003 (Irlanda), la Ley de Libertad de Información de 2000 (Irlanda del Norte), o de otro modo), solicitamos que se nos notifique por escrito de los detalles de dicha solicitud y que se nos consulte y nuestros comentarios se tomen en cuenta antes de tomar cualquier medida.

## **Descargo de responsabilidad**

Si bien K4K considera que la información y las opiniones reflejadas en esta publicación son aceptables, el lector debe confiar en su propia habilidad y juicio al hacer uso de ellas. K4K no hace ninguna representación o garantía, expresa o implícita, en cuanto a la exactitud o integridad de la información contenida en esta publicación y no asume ninguna responsabilidad por la exactitud o integridad de dicha información. K4K no asumirá ninguna responsabilidad ante nadie por cualquier pérdida o daño que surja de la provisión de esta publicación.

Esta publicación puede contener proyecciones que se basan en suposiciones que están sujetas a incertidumbres y contingencias. Debido a los juicios subjetivos y las incertidumbres inherentes de las proyecciones y debido a que los eventos con frecuencia no ocurren como se esperaba, no puede haber seguridad de que las proyecciones contenidas en este documento se realizarán y los resultados reales pueden ser diferentes de los resultados proyectados. Por lo tanto, las proyecciones proporcionadas no deben considerarse como predicciones firmes del futuro, sino más bien como ilustraciones de lo que podría suceder.



# K4K servicios

- Amplia gama de servicios para empresas públicas, IPPs y agencias gubernamentales
- Experiencia en consultoría energética, asesoramiento estratégico y desarrollo de proyectos
- Informes de “due diligence” de regulación y de estudios de mercado
- Hemos apoyado la finalización exitosa de 72GW, incluyendo 15GW en España, con un valor de transacción de US\$44 mil millones.
- Director de “market modelling” en EKON Strategy Consulting durante 2015-2022. EKON es ahora una marca registrada de K4K.

## Sample Service Range



# Evolución del precio de la electricidad

---

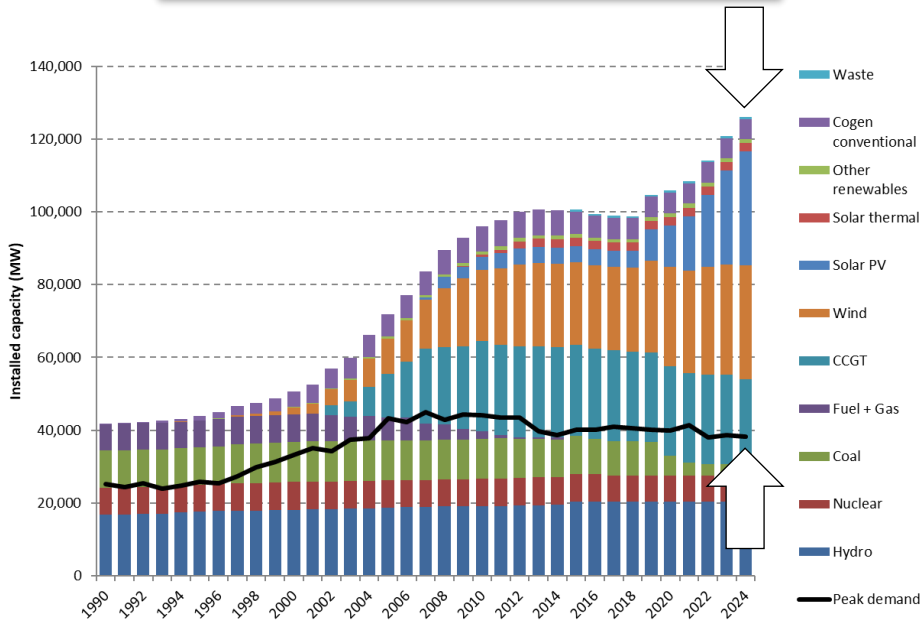


- Contexto
- Conceptos clave
- Repaso de acontecimientos recientes
- Supuestos de modelo
- Resultados de modelo
- Reflexiones sobre PNIEC
- Comentario final

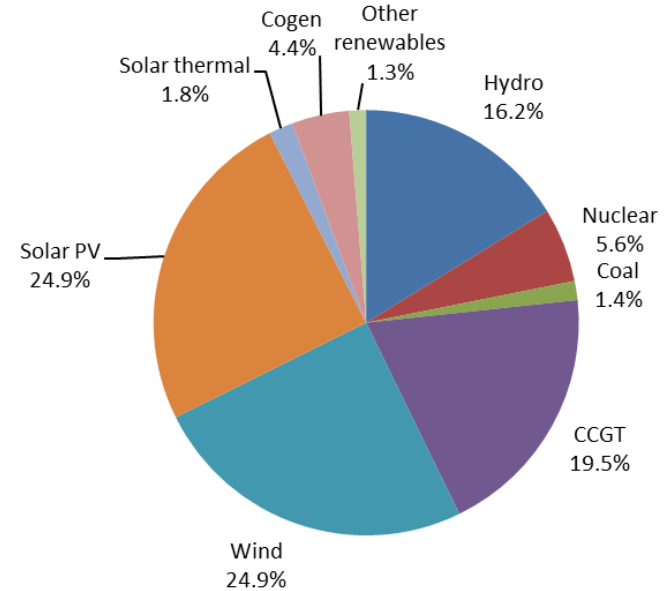
# Mix de capacidad histórico

- No estamos construyendo energías renovables porque las luces están a punto de apagarse ...

Evolución de la capacidad instalada

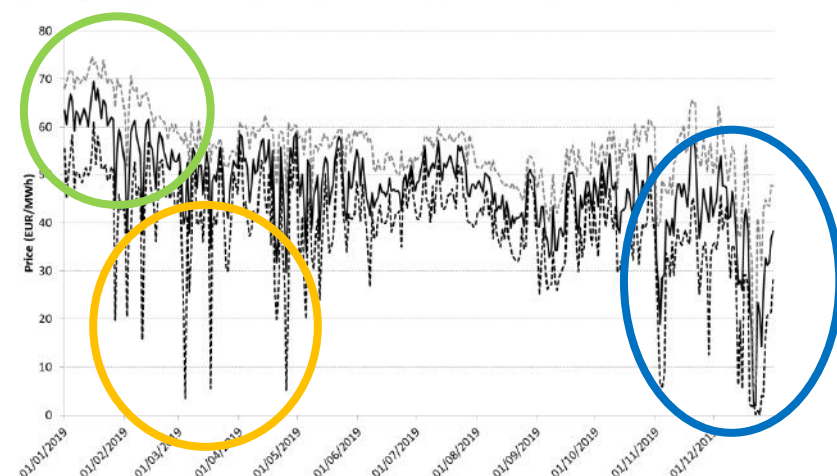
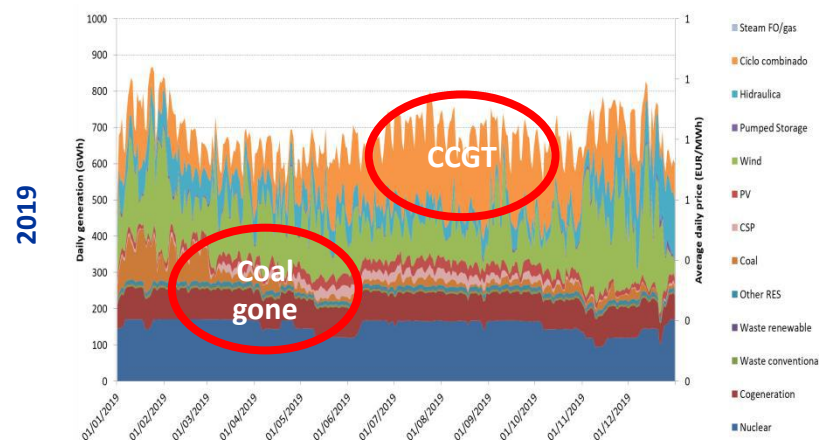
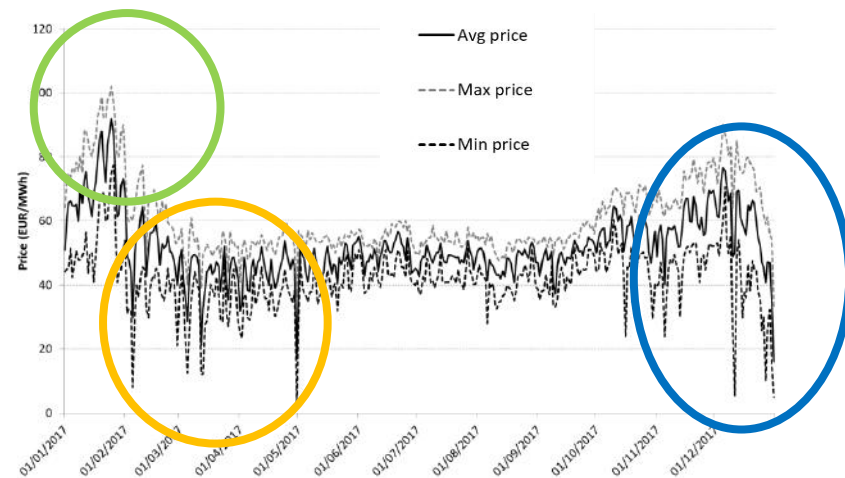
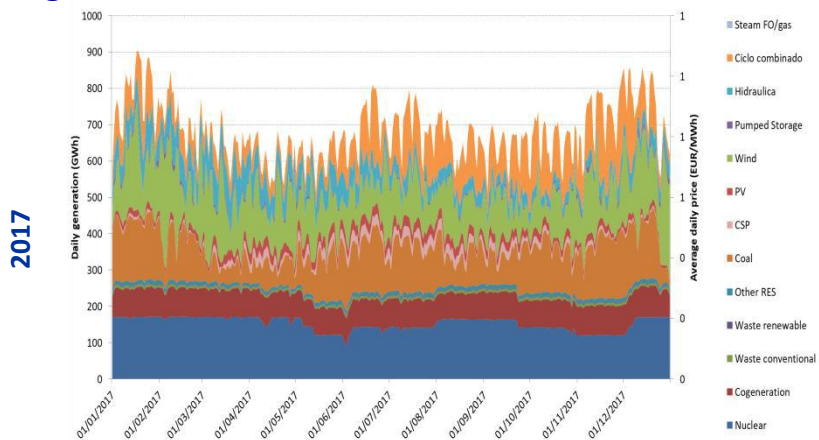


Capacity (final 2024)



# ¿Qué de los resultados del mercado?

- Datos horarios para 2017 y 2019 muestran la volatilidad de los precios de mercado y la generación.



Fuente: REE ESIOS.

# Evolución del precio de la electricidad

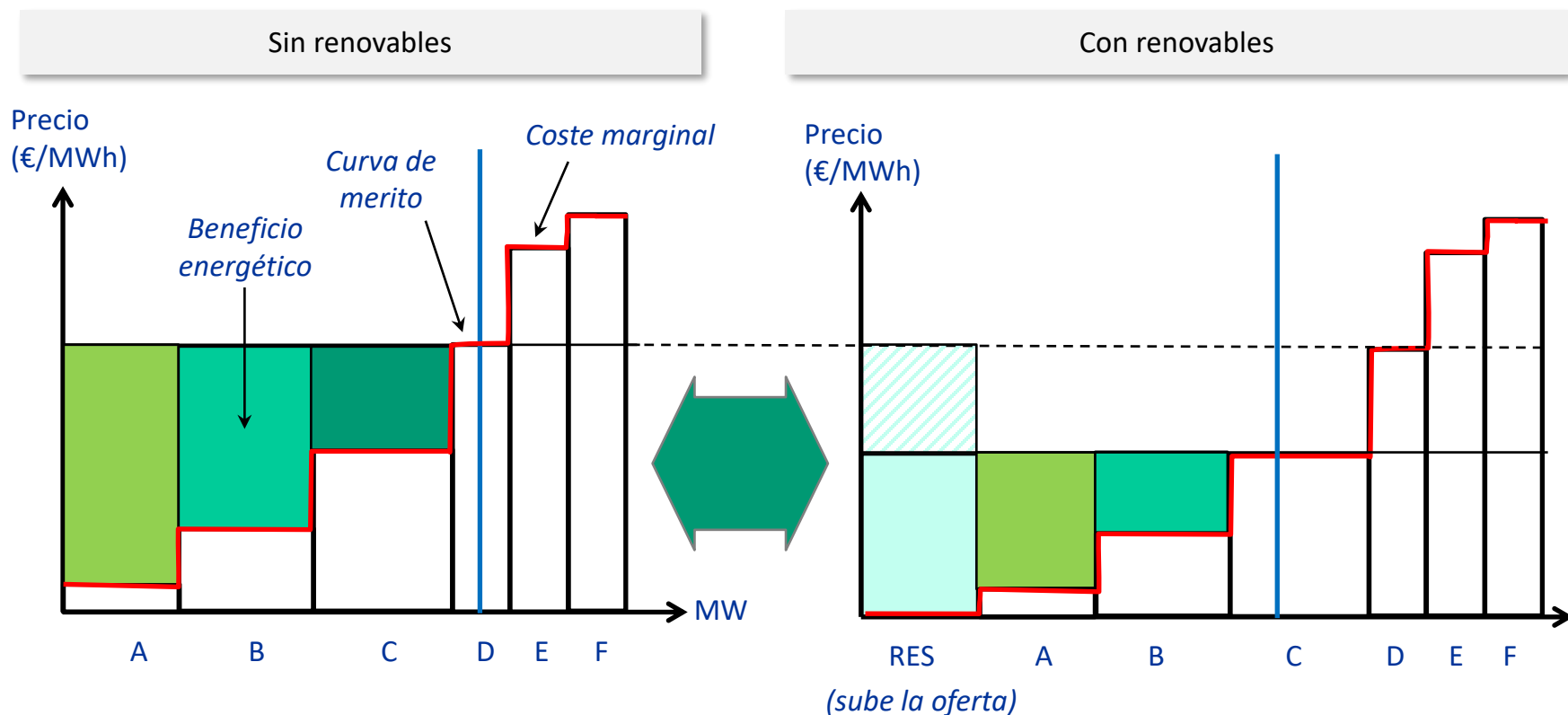
---



- Contexto
- Conceptos clave
- Repaso de acontecimientos recientes
- Supuestos de modelo
- Resultados de modelo
- Reflexiones sobre PNIEC
- Comentario final

# Problema de la gallina (¿pato?) y el huevo ...

- Los participantes en el mercado hacen una evaluación de los beneficios del mercado energético. Las fuentes de energía renovables son tomadores de precios, pero aún así impactan sobre los resultados del mercado, reduciendo su remuneración cuanto más producen.

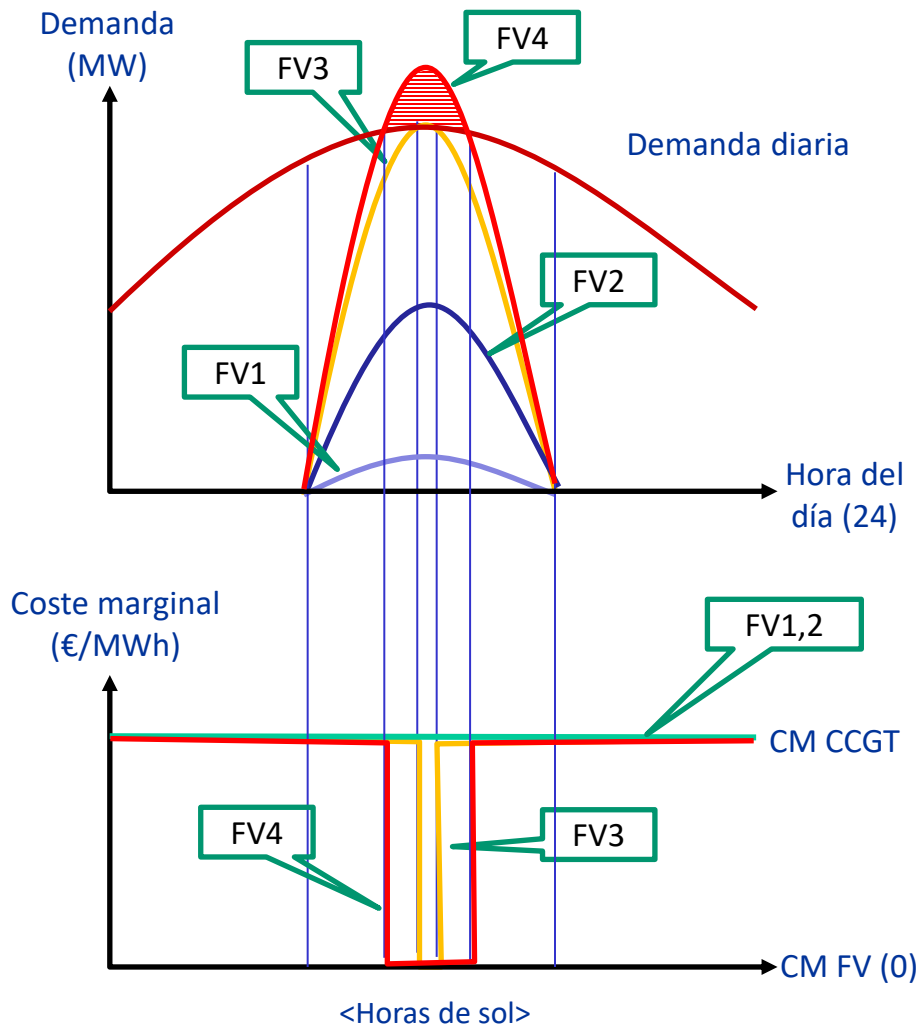


Fuente: K4K.

Recapitulación (en inglés) <https://www.youtube.com/watch?v=pHrUIGTlqt4&feature=youtu.be>.



# Saturación de FV cuando el precio realizado de FV = LCOE



- Consideramos un día simple de 24 horas con Ciclo Combinado (“CCGT”) y algo de FV. Supongamos que el coste “all-in” de la electricidad (“LCOE”) FV sea más bajo que el coste marginal de CCGT.
- A medida que sube la capacidad FV (FV1 a FV2), los precios caen – empieza a abrirse una “cortina” de precios muy bajos.
- El mercado alcanzará un punto de saturación donde no hay incentivo comercial para construir más FV. Habrá un problema de «missing money» si sobrepasamos este punto.
- ¡Ojo, que los vertidos formen parte del mercado en «equilibrio»!

Fuente: K4K.

Recapitulación (en inglés) <https://www.youtube.com/watch?v=pHrUIGTlqt4&feature=youtu.be>.

# Evolución del precio de la electricidad

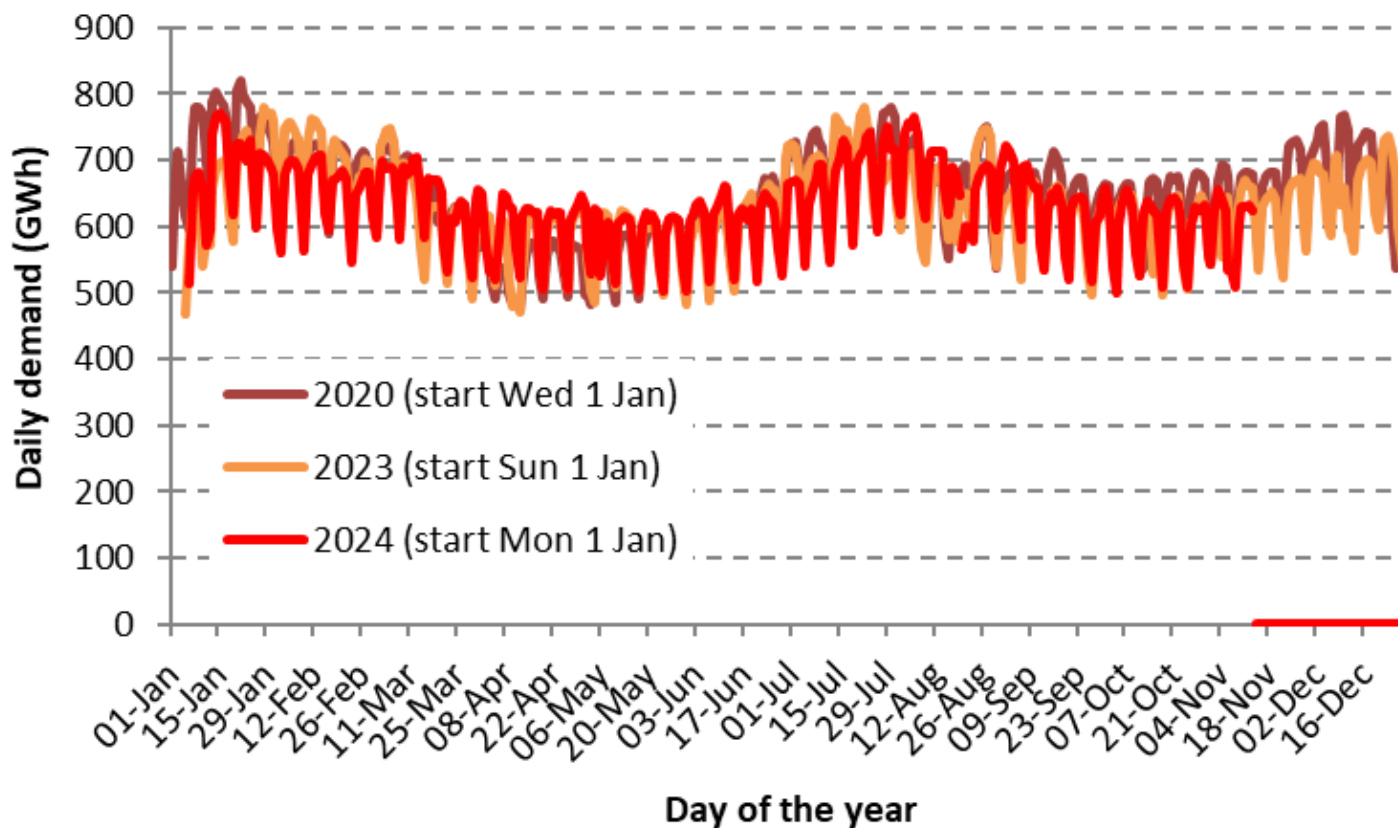
---



- Contexto
- Conceptos clave
- Repaso de acontecimientos recientes
  - Demanda de electricidad
  - Coste de generación termal
  - Intervención regulatoria
- Supuestos de modelo
- Resultados de modelo
- Reflexiones sobre PNIEC
- Comentario final

# Evolución de la demanda en 2024

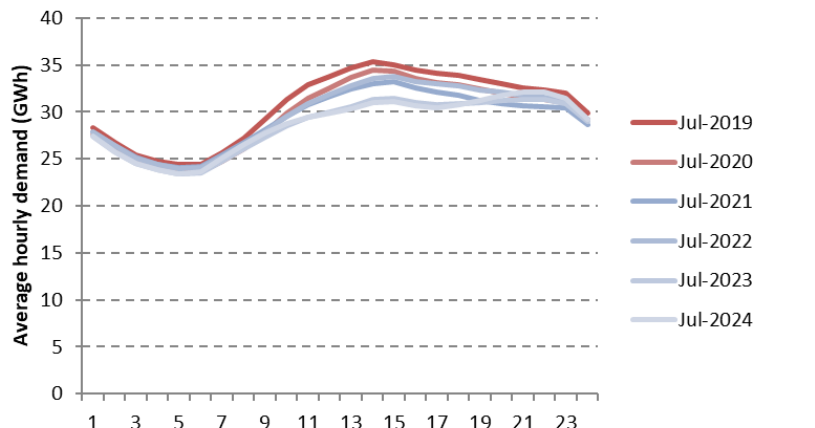
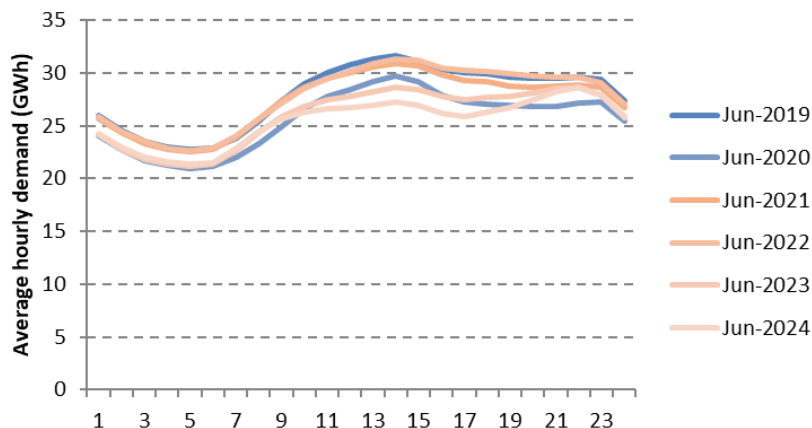
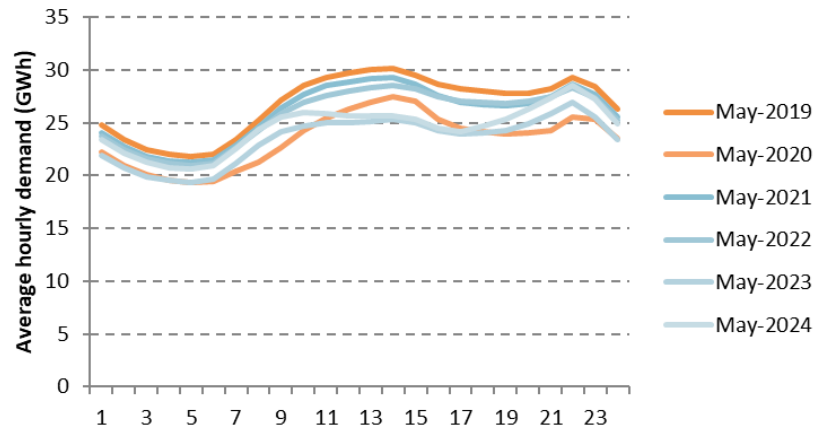
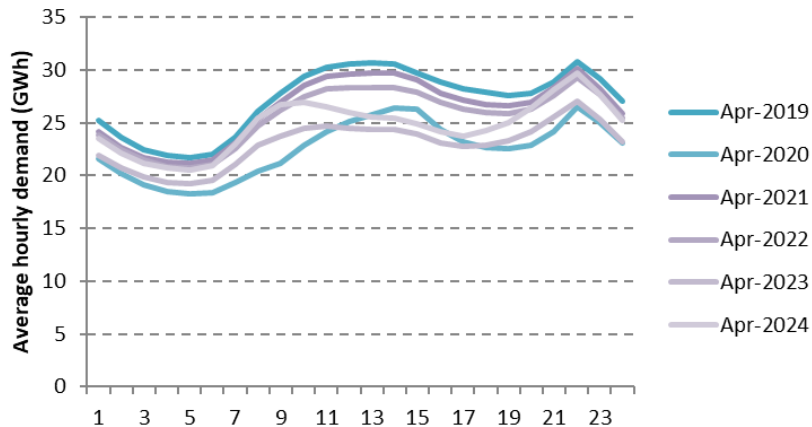
- El gráfico compara la demanda diaria de REE (sincronizada por día de la semana) para la Península en 2020, 2023 y 2024. En términos acumulados, la demanda peninsular en 2023 fue un 2,41% inferior a la de 2022, pero en 2024 fue un 1,51% superior a la de 2023. Dicho esto, la demanda en 2024 seguía siendo inferior (-1,43%) a la de 2020 cuando se vio afectada por COVID-19.



Fuente: REE y K4K calcs.

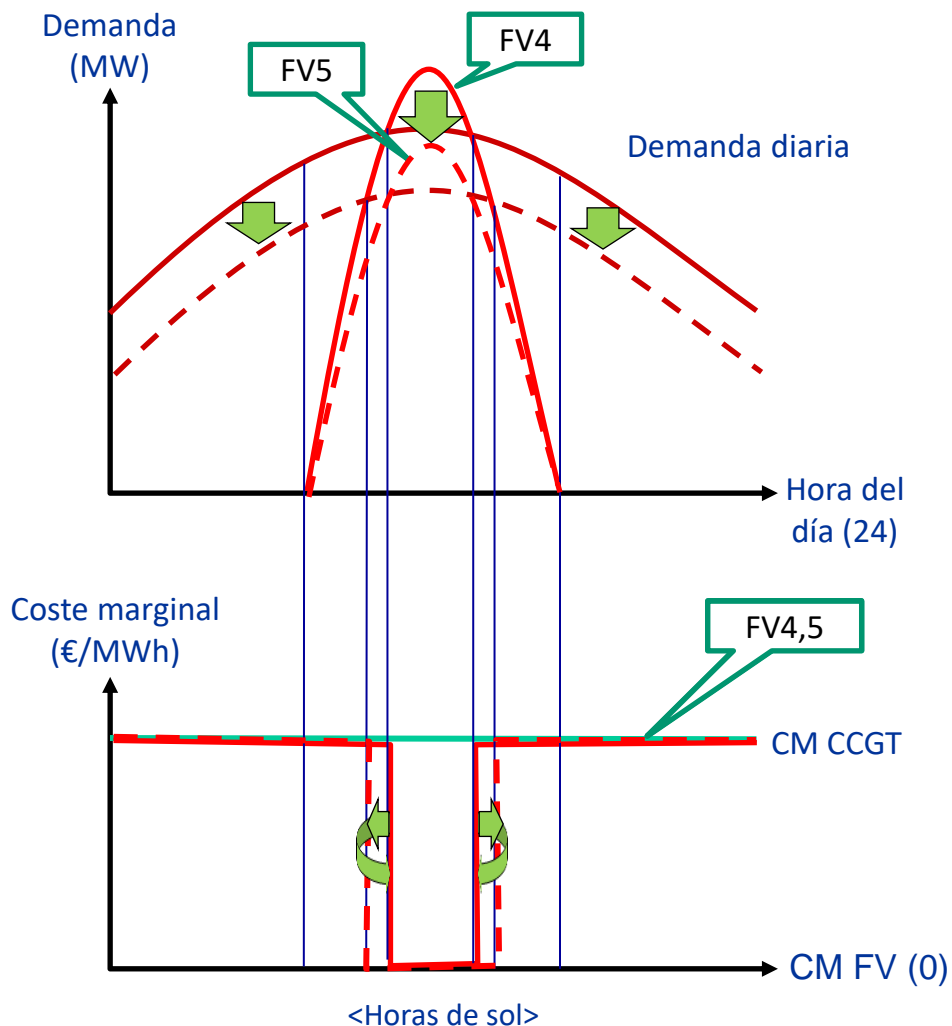
# Perfil de demanda también está evolucionado

- Los gráficos perfilan la demanda promedio horaria entre abril y julio 2019-2024. La demanda es notablemente más baja a mitad del día. Esto podría explicarse por el aumento en el autoconsumo.



Fuente: REE y K4K calcs.

# ¿Qué pasa cuando cae la demanda?



- Si la demanda cae y la capacidad es igual a aquella del punto de partida, habrá más horas con un precio bajo.
- La solución es reducir la penetración de FV para que no se desplome el precio realizable por debajo del LCOE.
- Dense cuenta que el perfil de precios (horas con precios positivos y otros de cero) es igual que antes!

Fuente: K4K.

# Evolución del precio de la electricidad

---

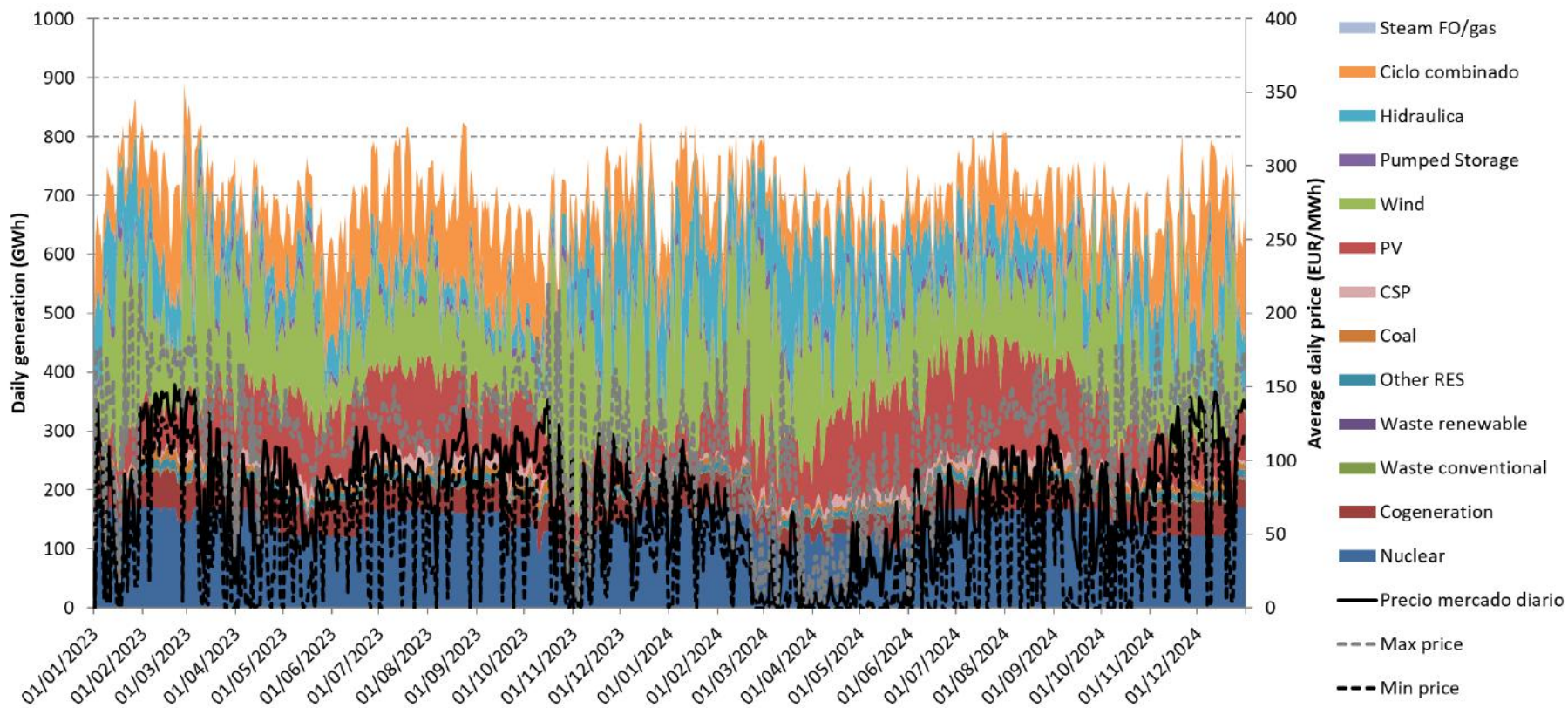


- Contexto
- Conceptos clave
- Repaso de acontecimientos recientes
  - Demanda de electricidad
  - Coste de generación termal
  - Intervención regulatoria
- Supuestos de modelo
- Resultados de modelo
- Reflexiones sobre PNIEC
- Comentario final



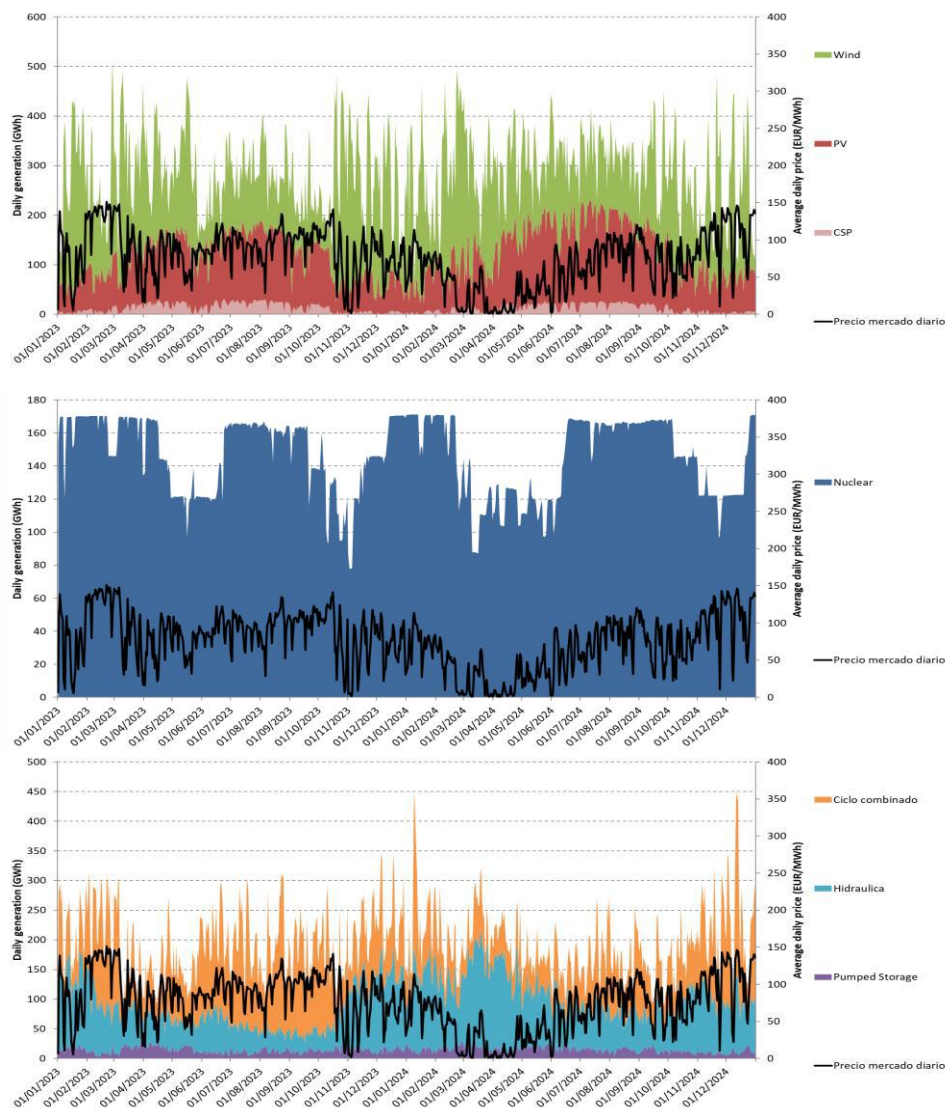
# Evolución de generación y precios (1)

- Despacho diario por tecnología y precio spot medio diario para España en 2022-2023. Si se mira con atención se puede ver cómo funciona el mercado...
- Tengan en cuenta la gran cantidad de viento, la flexibilidad de la energía nuclear y el papel de equilibrio del CCGT y las hidroeléctricas flexibles.



Fuente: REE y ENTSO-E.

## Evolución de generación y precios (2)

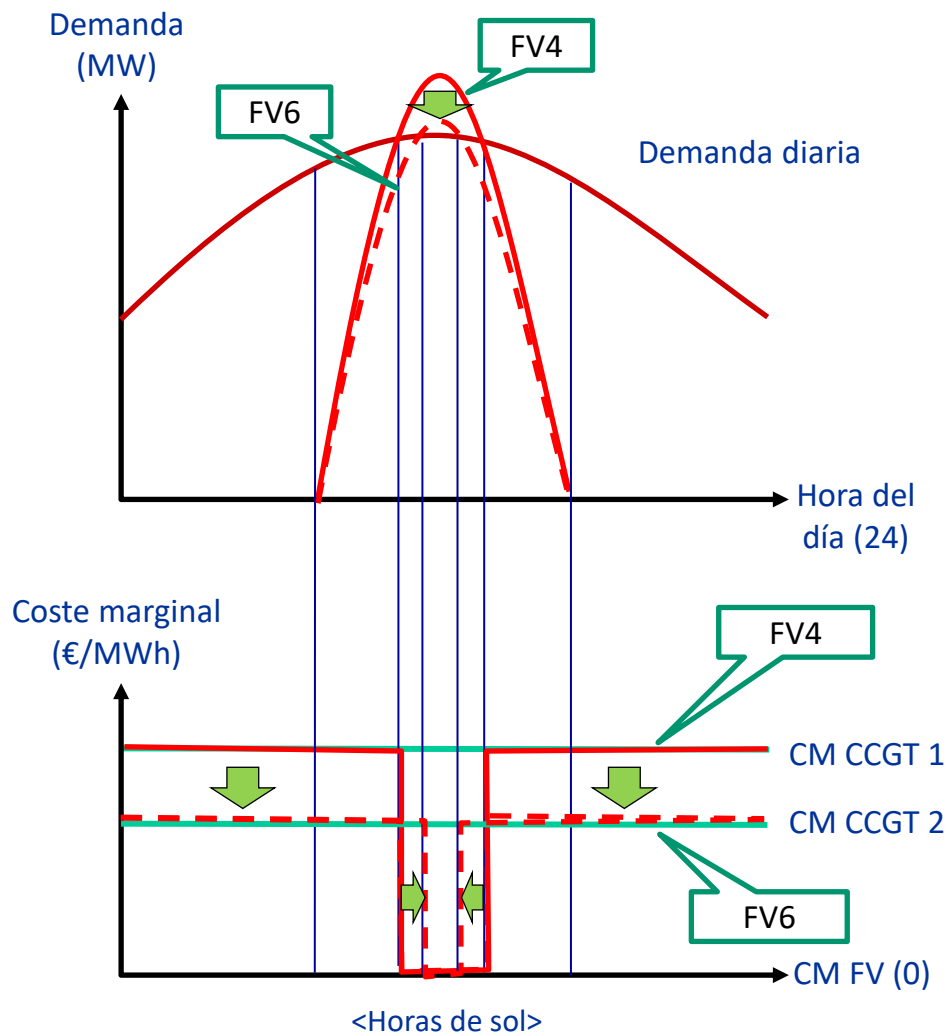


Fuente: REE y ENTSO-E.

- La generación renovable (especialmente la eólica) tiene una correlación inversa con los precios spot promedio. Lo mismo se ve al nivel horario.
- La programación de la generación nuclear ha demostrado ser flexible, incluso si esto es menos obvio a nivel horario. Hay un precio por debajo del cual la energía nuclear reducirá su despacho (~15€/MWh).
- CCGT mantiene el papel de equilibrador con precios correlacionados positivamente con su despacho:
  - Precio de electricidad (€/MWh) = 2.4 \* precio de gas natural (€/MWh(g)) antes de junio 2022.
- La energía hidroeléctrica flexible tiende a ofrecer al precio de CCGT, por lo que la producción también se correlaciona positivamente con los precios.

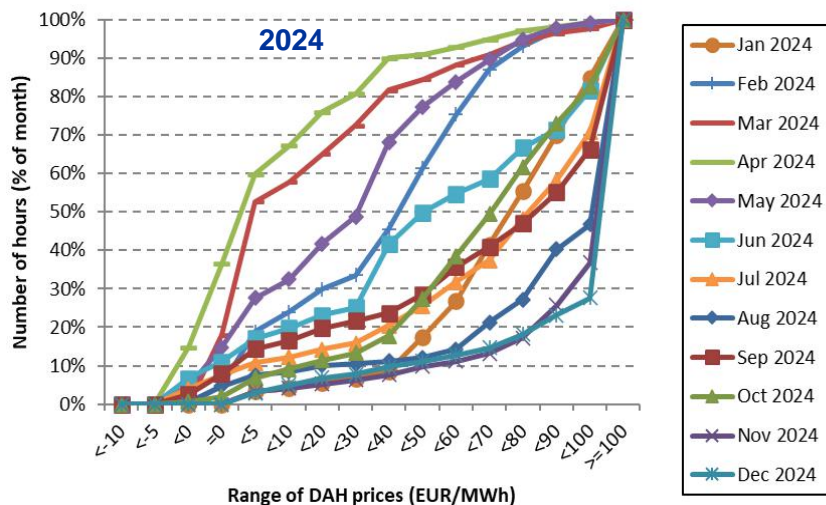
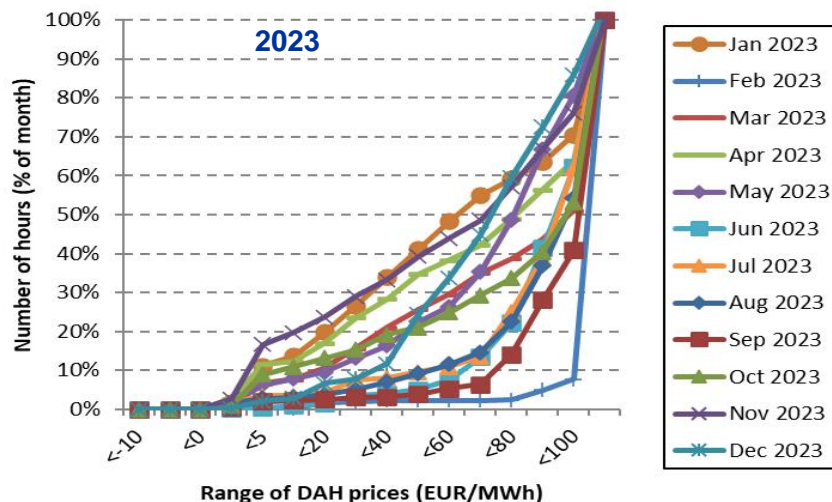


# ¿Qué pasa cuando cae el coste de generación convencional?



- Si el coste de generación de un CCGT cae - ocasionado por una bajada del precio de gas natural o el coste del CO<sub>2</sub> – los precios en todas las horas de operación de FV caerán.
- El promotor no puede aguantar igual numero de horas con un precios muy bajo, así que hay que disminuir la penetración de FV para que no se desplome el precio realizable por debajo del LCOE.
- Hay que “cerrar la cortina”: el porcentaje de precios bajos tiene que caer bastante para que el precio realizable se estabilice al LCOE.

# Cambio en la distribución de los precios en mercado diario



- A medida que las energías renovables intermitentes desempeñan un papel más importante, los precios del mercado han disminuido, con un notable aumento del número de horas de precios bajos.
- Los precios inferiores a 5EUR/MWh representaron el 6% de las horas en 2023, pero el 19% en 2024.
- A diferencia de otros mercados europeos, los precios negativos son poco comunes, lo que probablemente se explica por la mayor flexibilidad del sistema eléctrico, la peculiaridad del Régimen Específico de apoyo a las renovables históricas, y el creciente uso de cláusulas de exención de cobro en los PPA cuando hay precios cero o negativos.

Fuente: ENTSO-E, K4K calcs.

# Evolución del precio de la electricidad

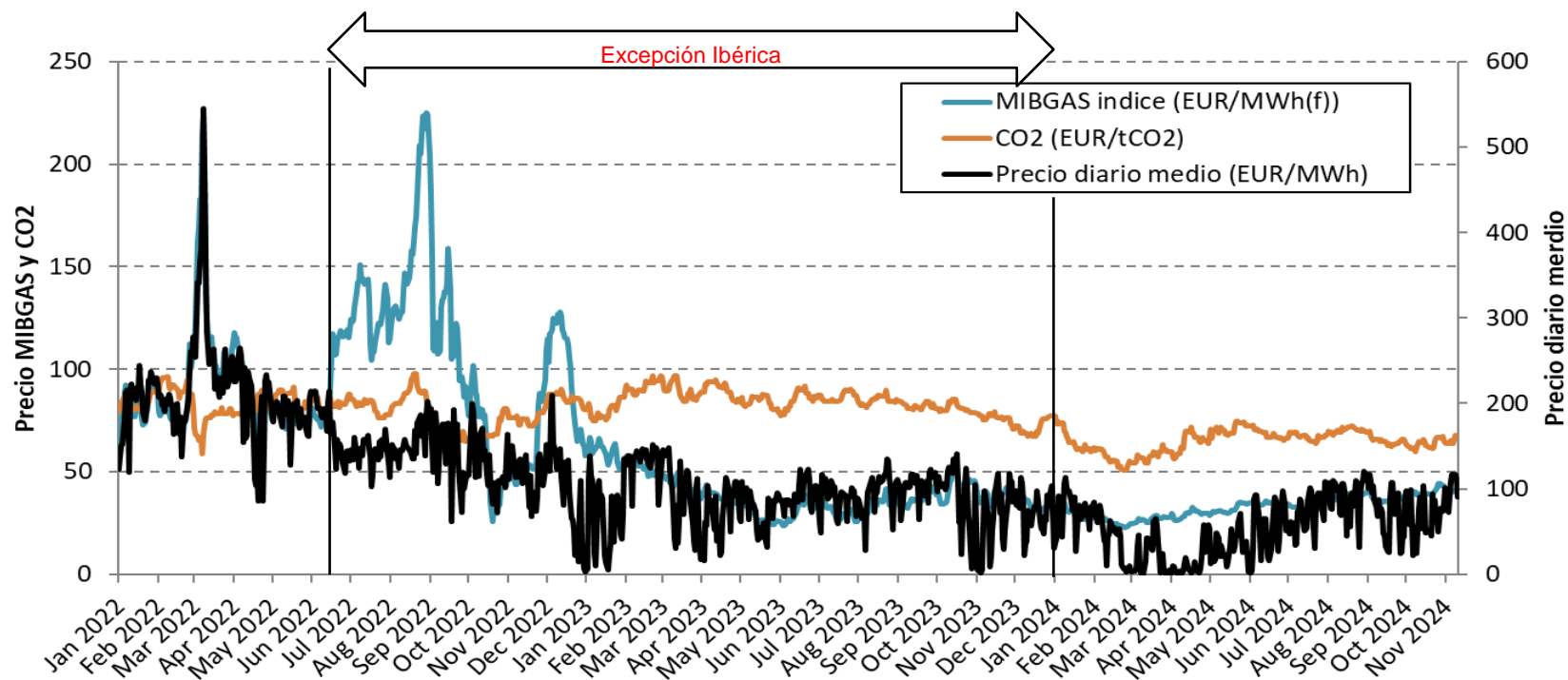
---



- Contexto
- Conceptos clave
- Repaso de acontecimientos recientes
  - Demanda de electricidad
  - Coste de generación termal
  - Intervención regulatoria
- Supuestos de modelo
- Resultados de modelo
- Reflexiones sobre PNIEC
- Comentario final

# Precios altos pueden llevar a la intervención reguladora

- El Gobierno español respondió a los elevados precios al aplicando una serie de medidas ejecutivas a corto plazo incluyendo una minoración sobre los beneficios extraordinarios (a partir del RDL 17/2021) y un cap-on-gas (a partir del RDL 10/2022). Ambas duraron hasta el 31 de diciembre de 2023.
- El cap-on-gas, también conocido como la «Excepción Ibérica», provocó una reducción significativa de los precios spot aunque no tuvo efecto después del 26 Feb 2023 ya que los precios del gas estaban por debajo del precio regulado del gas. La minoración tuvo un impacto benigno en los precios, aunque los generadores se habrían visto afectados dependiendo de sus circunstancias específicas.



Fuente: MIBGAS, ENTSO-E y K4K calcs.

## Evolución del precio de la electricidad

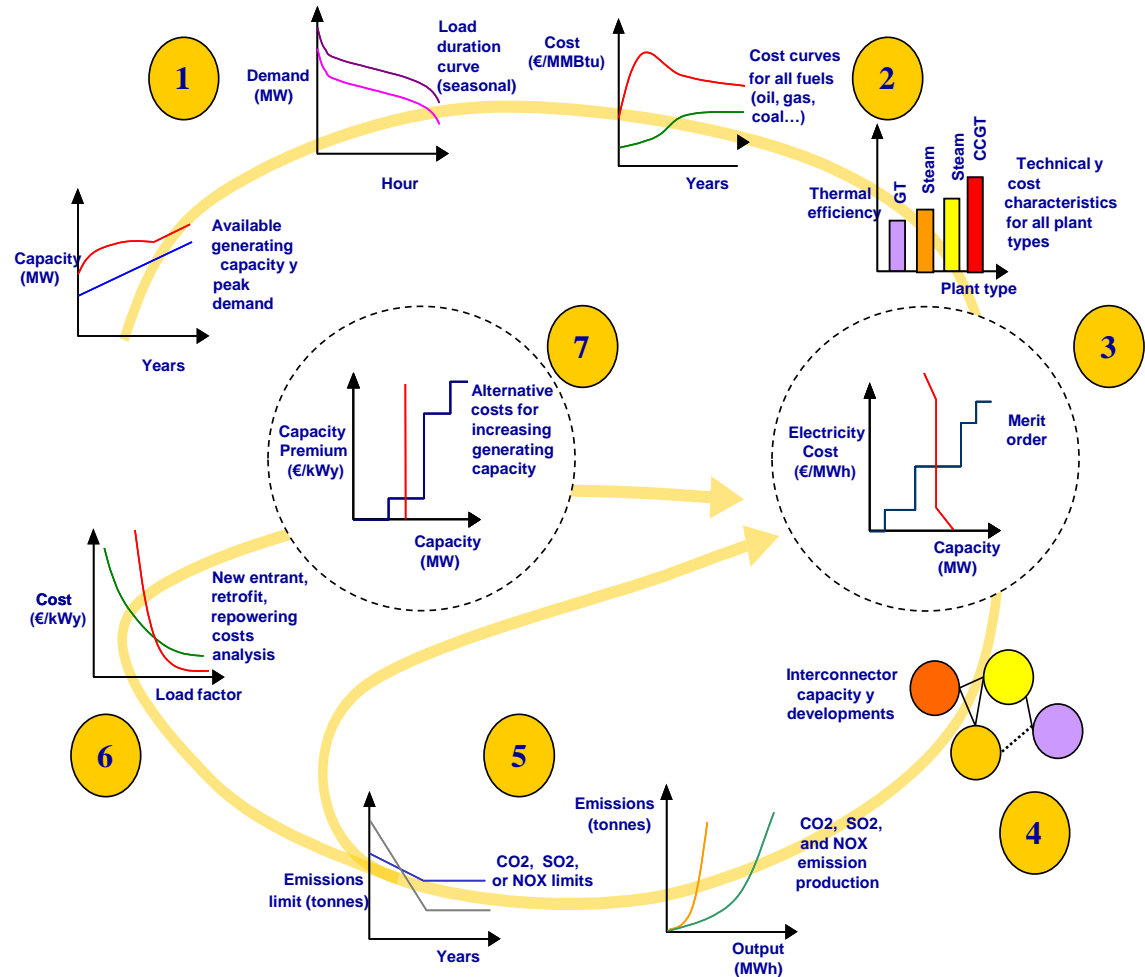
---



- Contexto
- Conceptos clave
- Repaso de acontecimientos recientes
- Supuestos de modelo
- Resultados de modelo
- Reflexiones sobre PNIEC
- Comentario final

# PMM en pocas palabras

- PMM (Power Market Model) está diseñado para replicar las operaciones del sistema real del que uno está preocupado.
- Al incluir restricciones realísticas, el PMM replica cómo los agentes de mercado toman decisiones independientemente de si estas restricciones son físicas, económicas o medioambientales.
- Y todo en MS EXCEL.

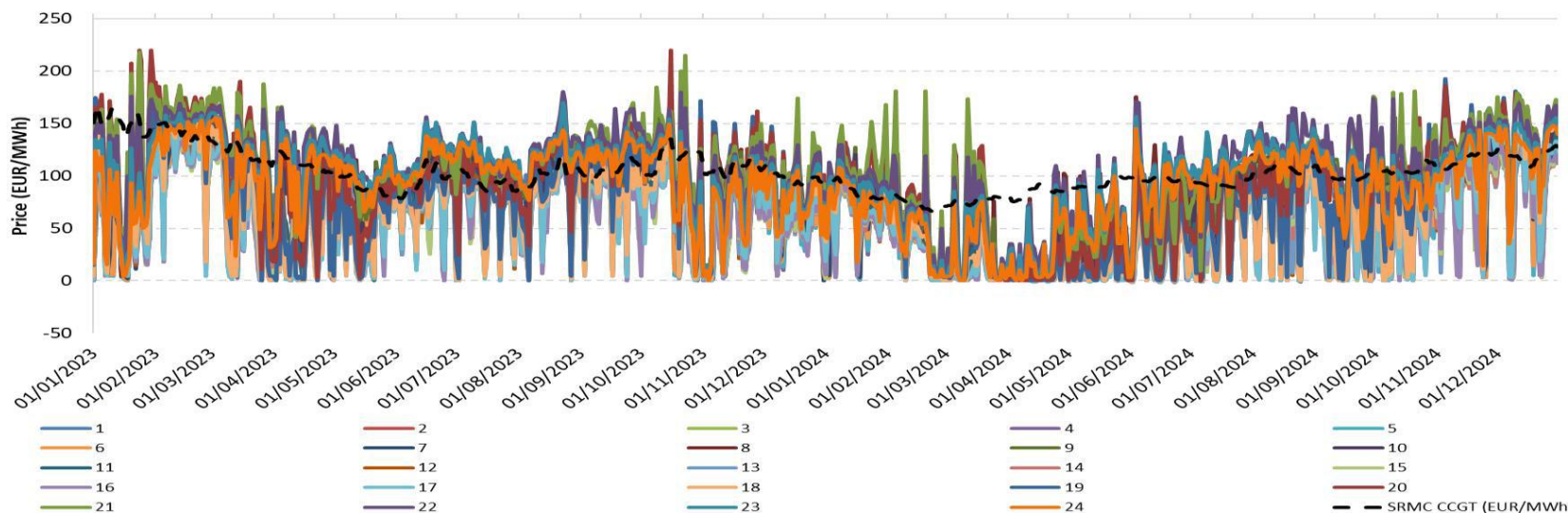




# Innovaciones de modelización adoptadas en 2025Q1

- Cada trimestre actualizamos una serie de datos que se resumen en el cuadro de la siguiente diapositiva. Pero desde 2025Q1, también hemos incorporado una serie de cambios adicionales:
1. Ajuste por autoconsumo - la demanda se modela a partir de los datos de REE, que excluyen el impacto del autoconsumo detrás del contador («RTS»). Para reflejar la canibalización adicional de la demanda por parte de la RTS, basándonos en los datos de APPA, hemos añadido 8.315 MW de RTS para finales de 2024 y ajustando la demanda anual de REE al alza para reflejar la contribución de la RTS basándonos en un EOH de 1.197, que sería inferior al de la fotovoltaica existente o New PV. No aumentamos la RTS con el tiempo, sino que la incluimos como parte de Firm y Economic New PV.
  2. Aumento de la tarifa TPA del gas de 2 a 6 y luego a 10EUR/MWh(f) para 2025Q1 - A medida que ha disminuido el despacho de CCGT, se ha producido un aumento en las ofertas por encima del SRMC «simple» (=precio MIBGAS / eficiencia térmica del 50% + 0,4 (Factor de Emisión de Carbono) \* precio EUA), como sugiere el gráfico siguiente. Este comportamiento también podría explicarse por el hecho de que los CCGT pretenden recuperar los costes de puesta en marcha en menos horas de funcionamiento, el desgaste por los ciclos de operación, ofertas estratégicas, etc.
  3. Crecimiento de la demanda=1% en el Central y High Case, y 1,25% en el Low Case - Para dar cabida a un mayor grado de electrificación (influido por el borrador del PNIEC, aunque no lo sigue).
  4. Reducción del despacho instantáneo máximo de las centrales hidroeléctricas flexibles (de embalse) («Pmax») - De 2,0 a 1,5 \* despacho mínimo («Pmin») para reducir el grado de «peak shaving» y reducir el grado de aplanamiento de precios intra-estacional.
  5. Aumento de la competitividad del New Battery - Ajuste a la baja del TIC de las nuevas baterías a 750 EUR/kW, igual al TIC de New PV.

Evolución de los precios horarios en 2023-2024 vs SRMC «simple» de CCGT



# Resumen de sensibilidades

	Low Case (Low1_20250205)	Central Case (Ref1_20250205)	High Case (High1_20250205)
Precios de combustible	Límite precio gas, MIBGAS/TTF hasta 2027, CME futuros	MIBGAS/TTF hasta 2027, CME futuros	MIBGAS/TTF hasta 2027, CME futuros
CO2 (precios EUA)	ICE futuros	ICE futuros	IEA WEO 2023 Announced Pledges
Recargo por carbón nacional	Ninguno	Ninguno	Aplicado
Límite de producción de carbón IED	Ninguno	Ninguno	Aplicado
Impuesto a la generación (7%)	Ninguno	7,0% en '25, y 3.5% en '26 solamente	7,0% en '25 y 3.5% en '26 solamente
Crecimiento de la demanda	1,25%	1,0%	1,0%
Impuesto céntimo verde	Ninguno	Aplicado al carbón	Aplicado al carbón
Horas anuales para FV	2050	1737 (histórico)	1737 (histórico)
Horas anuales de Eólica	3000	2500	2169 (histórico)
TIC de Eólica, FV y Bateria (€/kW)	-20%	1000/750/750	1000/750/750
Límite anual de Eólica/FV	3/4GW desde 2025, sin limites >2030	2.0/2.0GW desde 2025	2.0/2.0GW desde 2025

Más importantes

- Crecimiento de la demanda inferior al PNIEC. Brent, carbón y CO2 a base de CME y ICE. Gas indexado al petróleo desde 2028 pero vinculado a MIBGAS y TTF hasta 2027. RDL 10/2022 prorrogado 12 meses en LC aunque el bajo precio del gas significa que esta medida no tiene impacto.
- HC aplica un recargo para el carbón doméstico y visión más restrictiva de la Directiva de Emisiones Industriales («IED»).
- Impuesto a la generación eliminado por sobre-recuperación en 2020-2021 y fondo nacional (FNSSE).
- Se añade 1,5 GW de New FV en 2025 como «firme». Después aplicar límites anuales en el despliegue de New Wind y PV «económica» hasta 2030 en el Low Case, pero para siempre en otros casos. Sin límites para la New Battery.

Note: Precios reales 2025€.



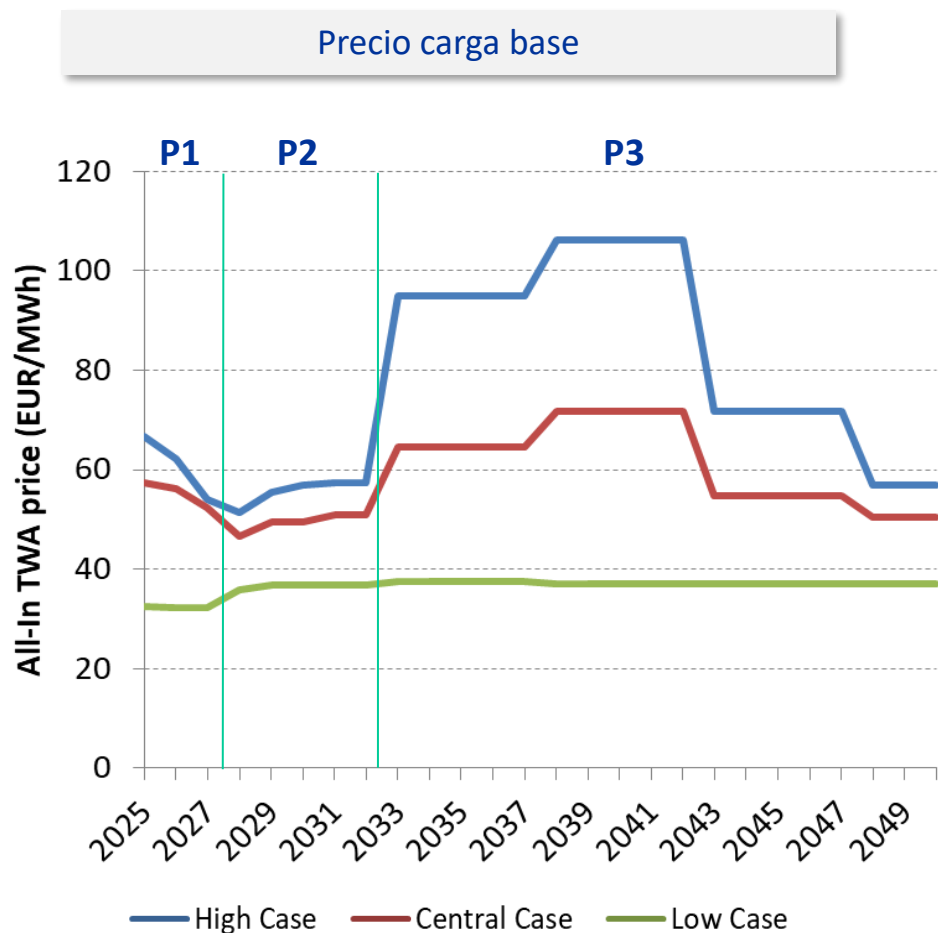
## Evolución del precio de la electricidad

---



- Contexto
- Conceptos clave
- Repaso de acontecimientos recientes
- Supuestos de modelo
- Resultados de modelo
- Reflexiones sobre PNIEC
- Comentario final

# Previsiones de precios de mercado

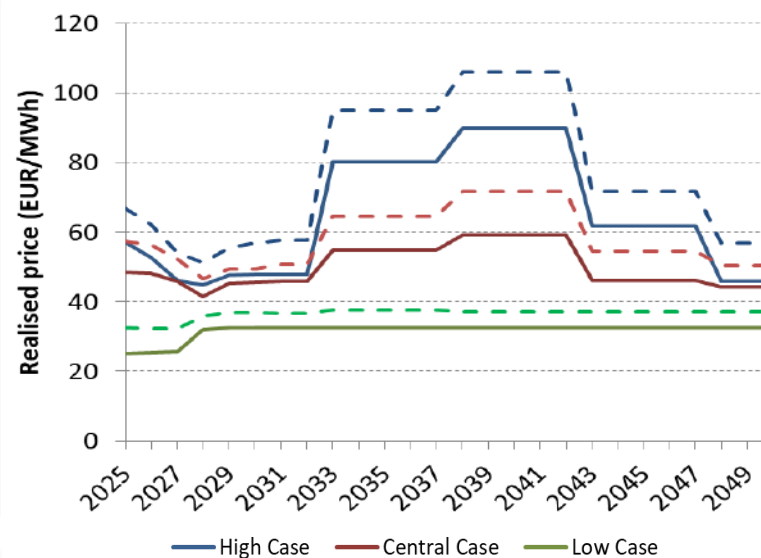


- Los precios primero se mueven por los precios de las materias primas y el despliegue de renovables (P1) y luego se estabilizan (P2).
- Dado que gran parte de la capacidad térmica se retira en la década de 2030, se espera un aumento en los precios en los casos central y alto (P3).
- Pero incluso en estos casos, la capacidad renovable finalmente se pone al día y los precios bajan.

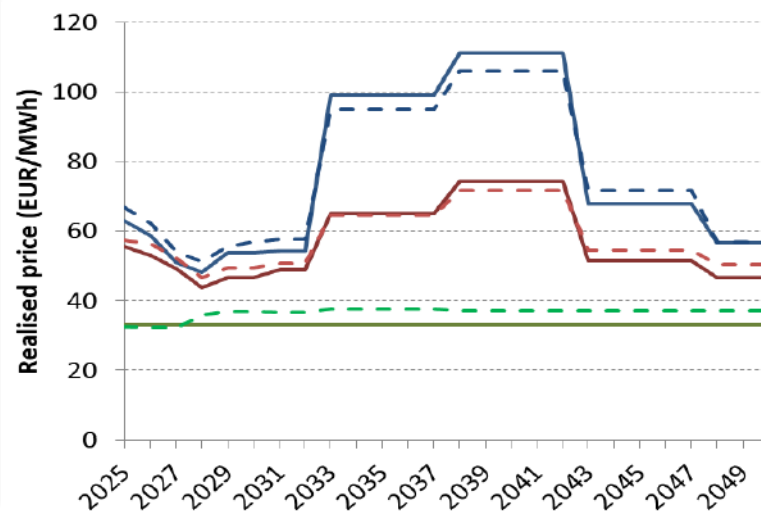
# Previsiones de precios capturados

- Los precios capturados de FV y eólica siguen al precio de mercado. Pero a medida que se introduce más capacidad renovable, los precios de captura tienden a caer por debajo del precio baseload.
- K4K se mantiene optimista de que la rentabilidad de las energías renovables será satisfactoria. Pero también somos más pesimistas ya que no creemos que las condiciones del mercado (restricciones de red y planificación, «bancabilidad» del proyecto, liquidez de los PPA, etc.) sean adecuadas para alcanzar las metas del PNIEC.

Precio de captura FV



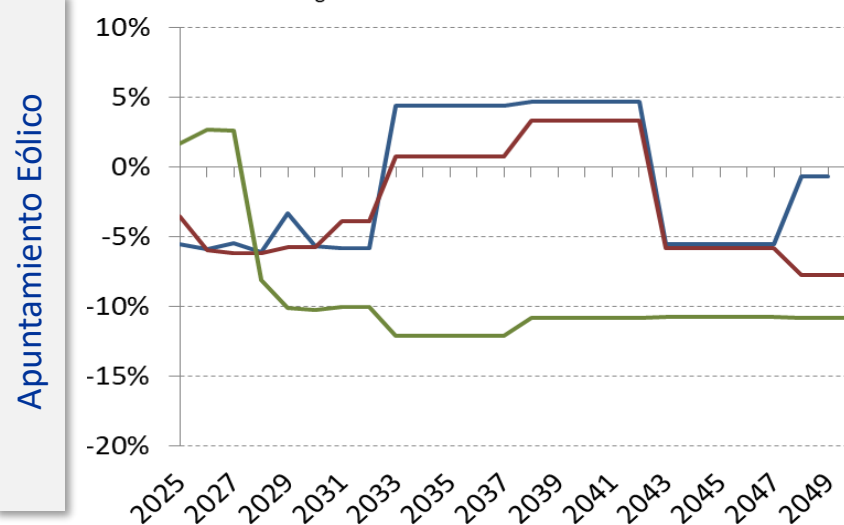
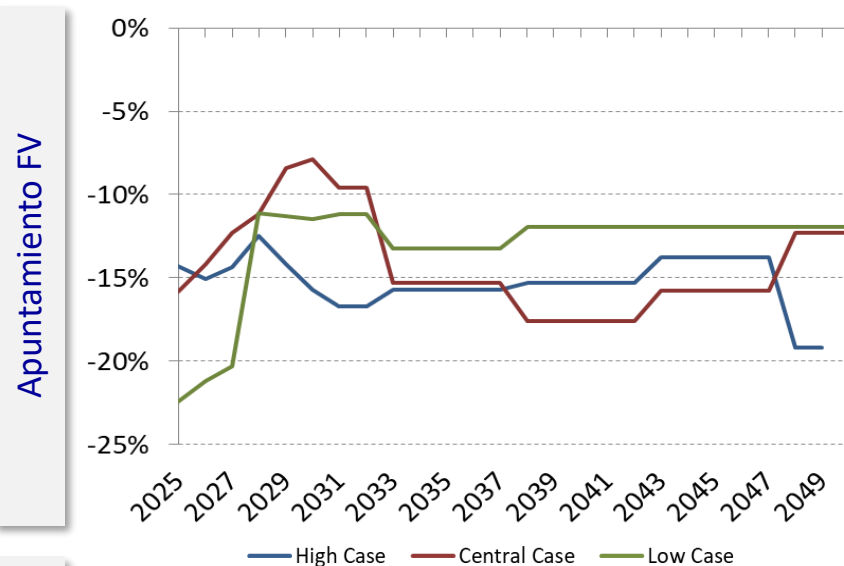
Precio de captura Eólico



Fuente: K4K 2025Q1. Precios reales 2025€. Línea discontinua = Precios carga base.

# Diferenciales de precios de captura fotovoltaica y eólica

- K4K predice que el diferencial de precios de captura fotovoltaica pasará de ser positivo a caer entre -10% y -20%. El diferencial de precios de captura de viento caerá menos.
- Cuando se despliegan nueva capacidad FV y Eólica Nueva hasta que los precios de captura converjan en los niveles de LCOE, ya que Eólica Nueva es «cuasi-carga base» (ya que el viento sopla tanto durante el día como durante la noche), entonces
  1. Apuntamiento de la eólica =  $\sim 0$
  2. Apuntamiento de la FV  $= \sim (\text{LCOE FV} - \text{LCOE Eólica}) / \text{LCOE Eólica}$



# Evolución del precio de la electricidad

---

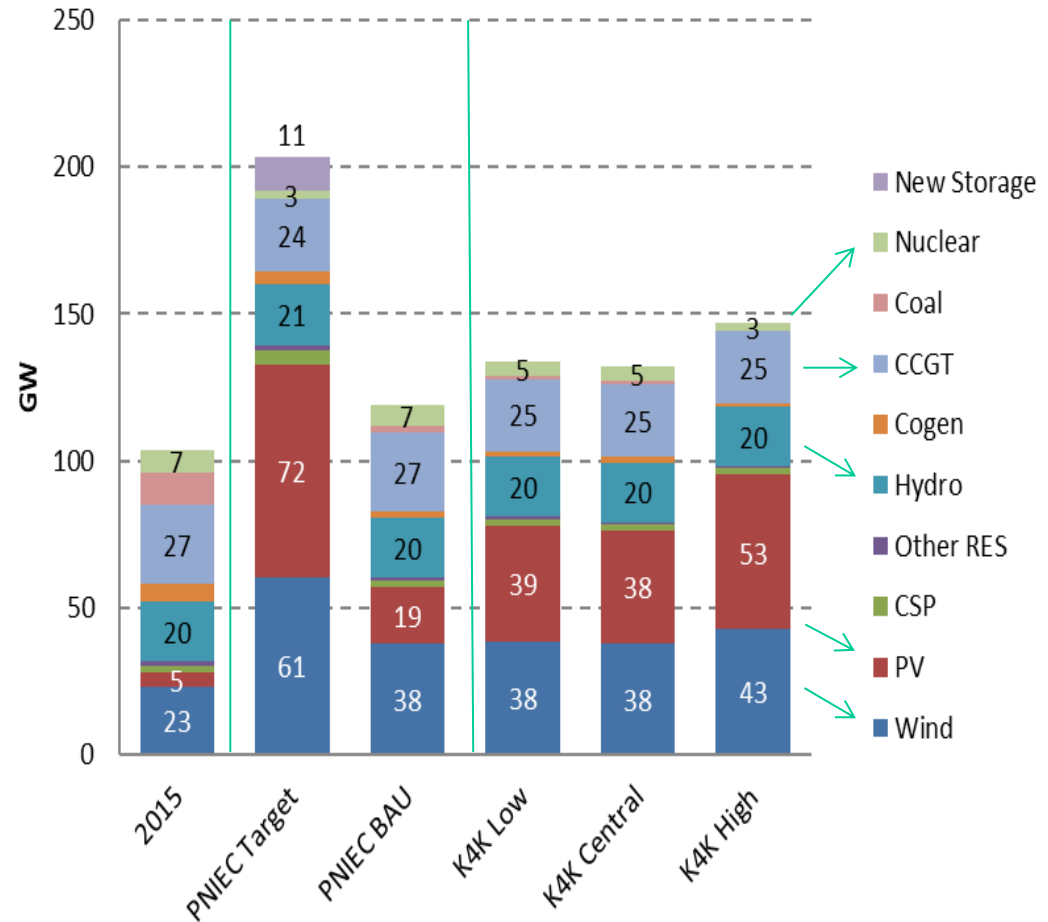


- Contexto
- Conceptos clave
- Repaso de acontecimientos recientes
- Supuestos de modelo
- Resultados de modelo
- Reflexiones sobre PNIEC
- Comentario final

# Alcanzar los objetivos del NECP 2030

- La participación de la generación renovable en el caso central de K4K es del 76,00% y 81,70% en el Low Case (en comparación con el objetivo del 81% en nuevo PNIEC).
- Los objetivos de capacidad del PNIEC son muy agresivos, ya que dependen del fuerte crecimiento de la demanda, horas históricas para las energías renovables, y un aumento en exportaciones.
- ¿Qué pasa si el gobierno persigue objetivos agresivos que exceden el punto de saturación?
  - Las subastas de nueva capacidad solo quebrantarán al mercado y estarán abiertas a impugnaciones legales por discriminación.
  - **Mejor utilizar el mercado de certificados verdes con objetivos firmes y abiertos a todos.**

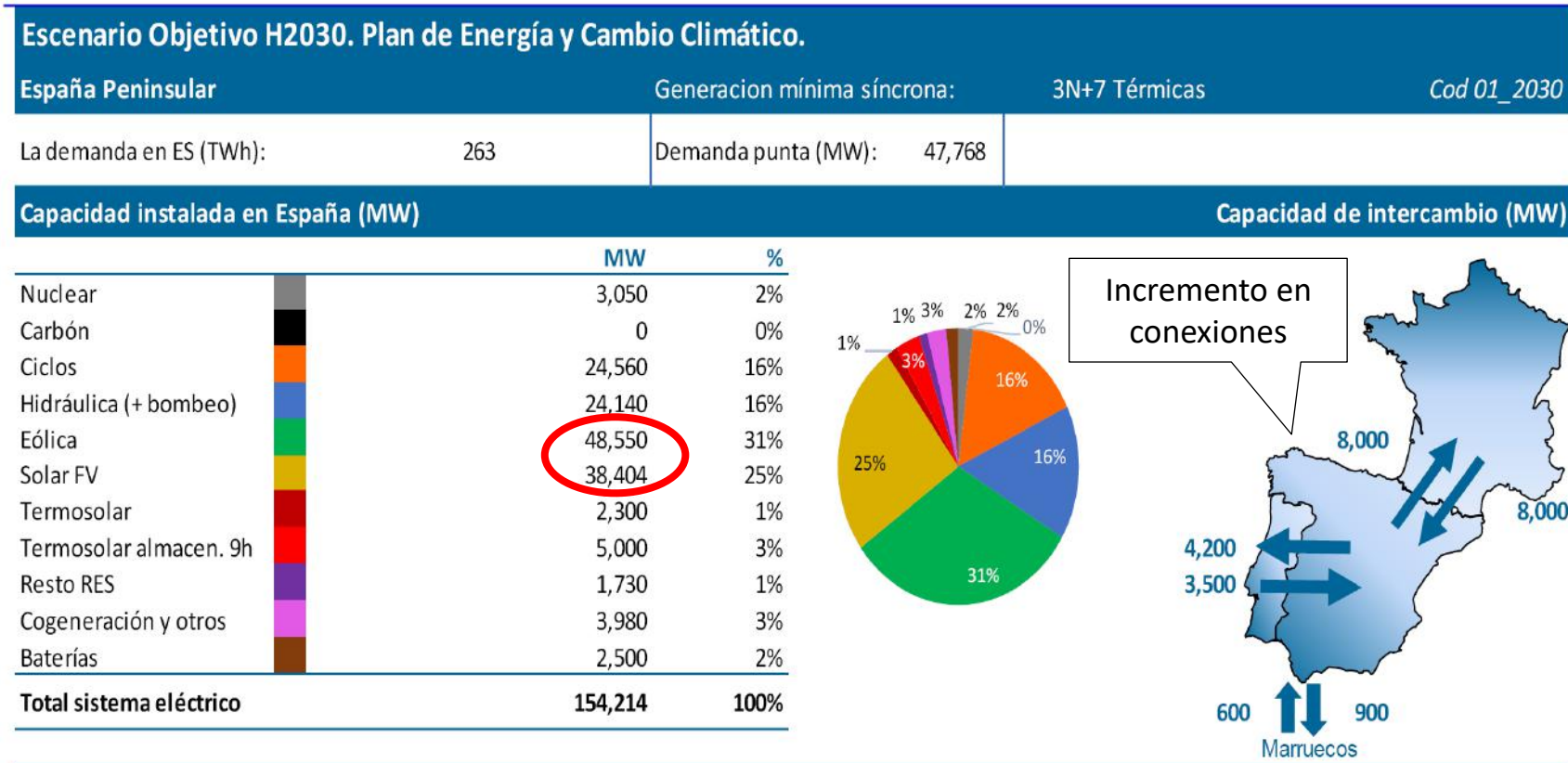
2030 proyecciones



Nota: La energía hidroeléctrica incluye la acumulación por bombeo  
 Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2023-2030 ("PNIEC") 2024, sólo cifras de la Península, K4K 2025Q1.

# Cuidado con las suposiciones en el PNIEC

Figura D.7. Resultados Escenario Objetivo H2030



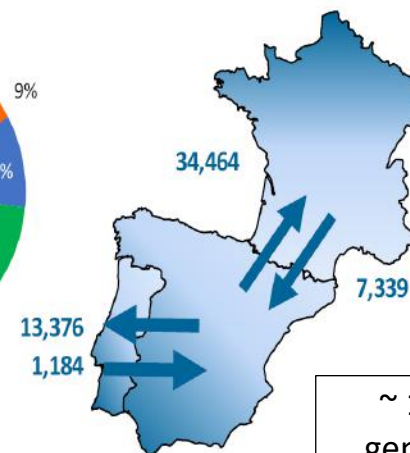
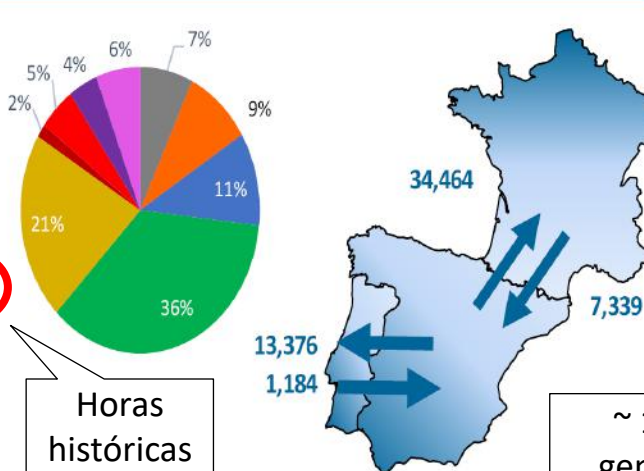


# Capacidad no tiene que ser tan alta

## Balance de generación (GWh). España peninsular

## Saldo de intercambios anual (GWh)

	GWh	%	Horas utilización
Nuclear	22,034	7%	7,224
Carbón	0	0%	0
Ciclos	27,617	9%	1,124
Hidráulica	32,376	11%	1,341
Eólica	109,464	36%	2,255
Solar FV	65,180	21%	1,697
Termosolar	4,629	2%	2,013
Termosolar almacen. 9h	15,156	5%	3,031
Resto RES	12,088	4%	6,987
Cogeneración y otros	18,399	6%	4,623
<b>Generación</b>	<b>306,943</b>	<b>100%</b>	
<b>Balance almacenamiento</b>	<b>-4,964</b>		
Consumo almacenamiento	22,042		
Producción bombeo	13,782		
Producción baterías	3,296		



Perfil exportador con Marruecos: 0

Saldo ES-FR	27,125	
Saldo ES-PT:	12,192	
<b>Saldo Neto + Marruecos:</b>	<b>39,317</b>	<b>ES EXPORT</b>
<b>CONGESTIONES (% horas)</b>	<b>→</b>	<b>←</b>
ES-FR	53.2%	8.6%
ES-PT	8.0%	0.7%
<b>Spread ES-FR (€/MWh):</b>	<b>23.4</b>	

~ 14% de generación para exportación?



# Nuevo PNIEC aun menos probable

## Escenario Objetivo H2030. Plan de Energía y Cambio Climático.

España Peninsular

Generación mínima síncrona:

7 CC + 3 NUC

Cod 2030\_600

Demanda (TWh):

344.0

+31% y +13 respetivamente

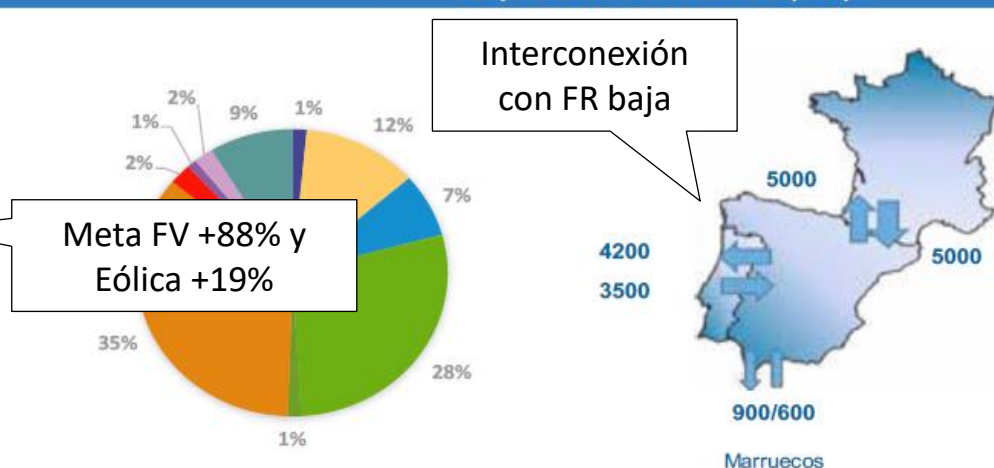
Punta horaria de demanda (MW):

53794

### Capacidad instalada (MW)

	MW	%
Nuclear	3041	1%
Carbón	0	0%
Ciclos	24499	12%
Hidráulica (sin bombeo)	14562	7%
Eólica terrestre	57737	28%
Eólica offshore	2800	1%
Solar FV	72130	35%
Termosolar	4804	2%
Resto RES	1964	1%
Cogeneración y otros	4205	2%
Almacenamiento	17612	9%
<b>Total sistema</b>	<b>203353</b>	<b>100%</b>
<b>Electrolizadores</b>	<b>11980</b>	

### Capacidad de intercambio (MW)



### Información adicional:

Potencia renovable en España peninsular (MW)

153997

76%

del Total sistema

Fuente: Nuevo PNIEC (2024) Anexo D.

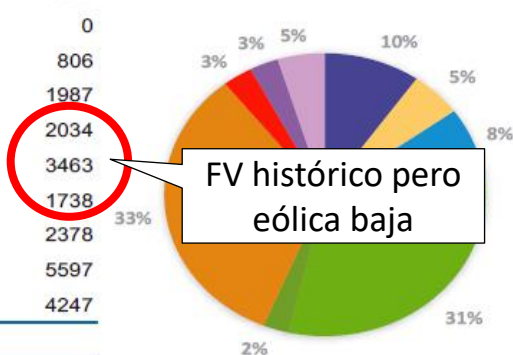
# Generación y la capacidad muy altas

## Balace de generación (GWh)

	GWh	%	Horas utilización
Nuclear	36881	10%	7224
Carbón	0	0%	0
Ciclos	19750	5%	806
Hidráulica (sin bombeo)	28932	8%	1987
Eólica terrestre	117450	31%	2034
Eólica offshore	9695	3%	3463
Solar FV	125377	33%	1738
Termosolar	11426	3%	2378
Resto RES	10993	3%	5597
Cogeneración y otros	17859	5%	4247
<b>Generación <sup>(1)</sup></b>	<b>378362</b>	<b>100%</b>	

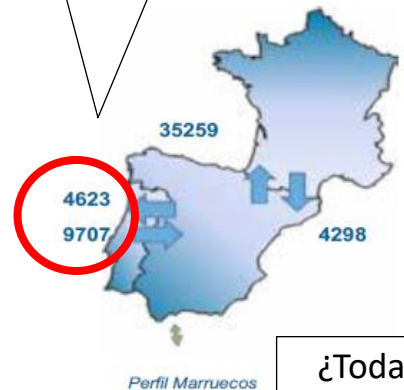
<sup>(1)</sup> Sin almacenamiento

Balace almacenamiento	-7185	GWh
Consumo	35447	
Producción	28262	



FV histórico pero eólica baja

Cambio de dirección con PT, pero FR toma el relevo



	GWh
Saldo ES-FR	-30961
Saldo ES-PT:	5083
<b>Saldo neto internacional (FR, PT, MA)</b>	<b>-27243</b>
<i>Positivo: saldo importador. Negativo: saldo exportador.</i>	
CONGESTIONES (% horas)	
ES-FR	76.7% → ← 7.5%
ES-PT	3% → ← 19%
<b>Spread ES-FR (€/MWh) <sup>(3)</sup></b>	<b>27.4</b>

<sup>(3)</sup> Media horaria de la diferencia de precios en cada hora en valor absoluto

# Evolución del precio de la electricidad

---



- Contexto
- Conceptos clave
- Repaso de acontecimientos recientes
- Supuestos de modelo
- Resultados de modelo
- Reflexiones sobre PNIEC
- Comentario final

## Comentario final

- ¿Qué pasa si el gobierno apunta a una capacidad que excede los puntos de saturación?  
¡Esperemos que no discriminen entre diferentes cohortes de activos! Establecer un objetivo agresivo de energía verde (GWh) y respaldarlo con certificados verdes negociables garantizaría que todos los inversores, antiguos y nuevos, estén protegidos de la inevitable caída del precio de la electricidad.
- Así que infórmese y si desea ver los precios realizados para la energía fotovoltaica o eólica, piense en estos:

— Crecimiento de la demanda

← **Re saturación**

— Precios de combustible

← **Impacto corto  
plazo**

— Precios EUA

— Impuestos (impuesto Green Cent, impuesto a la generación)

— Límite de vida útil para plantas existentes (cogeneración y renovables incluidas)

— Hidrología

— Horas operativas para Eólica y FV Nueva

← **Especialmente  
importantes**

— Capex, apalancamiento y costo de capital de Eólica y FV Nueva

— Tasa de despliegue de Eólica y FV Nueva (inc. autoconsumo)

— Medidas para cumplir con PNIEC (incluyendo subastas)