



# Resumen nacional: Electrificación del sector industrial de España

Dr. Ali Hasanbeigi  
Dra. Cecilia Springer  
Adam Sibal, candidato a doctor

Diciembre 2024

AUTORES



Global  
Efficiency  
Intelligence



Industrial  
Electrification  
Center



FUNDACIÓN  
RENOVABLES

COLABORADORES

**ecodes**  
tiempo de actuar

# Resumen ejecutivo

La calefacción industrial representa un importante desafío en la lucha contra el cambio climático. El calor constituye más de dos tercios de toda la demanda de energía del sector industrial a nivel mundial, pero solo una pequeña fracción de esta demanda se satisface con fuentes de energía renovables, siendo los combustibles fósiles la fuente de energía dominante. En Europa, el gas natural es el combustible que más se utiliza en el sector industrial. Descarbonizar este sector y reducir la dependencia de combustibles fósiles importados, exigirá cambiar la producción de calor hacia fuentes más limpias, incluidas las tecnologías de electrificación alimentadas por electricidad con bajas emisiones de carbono o sin emisiones.

En este informe se analizan los procesos industriales específicos que podrían electrificarse directamente en el corto plazo (es decir, para 2030) utilizando tecnologías disponibles comercialmente, como la electrificación de calderas de vapor mediante la adopción de calderas eléctricas o bombas de calor generadoras de vapor. El informe global analiza la demanda de energía, las emisiones de CO<sub>2</sub> y los costes de la energía que se esperan para la electrificación directa de procesos en la UE27 y en cinco países de Europa: Francia, Italia, Polonia, España y Turquía, en 2030, 2040 y 2050. Este informe en específico se centra en España. Nuestros resultados pueden ayudar a las instalaciones industriales a identificar vías adecuadas para la electrificación. Asimismo, comprender el crecimiento potencial de la demanda industrial de electricidad que resultará de la electrificación puede ayudar a gobiernos y empresas de servicios públicos a planificar estos cambios y a garantizar que los recursos de generación de energía renovable estén disponibles para satisfacer la creciente demanda de electricidad.

Debido a que la adopción de las tecnologías de electrificación será gradual, para analizar el potencial de electrificación industrial, describimos dos escenarios, con diferentes velocidades, para la electrificación industrial.

- Escenario de electrificación basal: implica una velocidad de adopción de electrificación más conservadora.
- Escenario de electrificación avanzada: implica una velocidad de adopción más ambiciosa de las tecnologías de electrificación.

Dado que el factor de emisiones y el precio de la electricidad influyen en la electrificación, también desarrollamos dos escenarios de suministro eléctrico:

- El escenario de red de referencia más adquisición de electricidad renovable (ER): supone que las instalaciones industriales que electrifiquen su calefacción adquirirán una proporción pequeña, pero creciente del suministro eléctrico a través de mecanismos de adquisición corporativa de ER, como los contratos de compra de energía (PPA, por sus siglas en inglés) a partir de 2030.
- El escenario ambicioso de red más adquisición de ER: implica una mayor proporción de adquisición de ER corporativa en el suministro de electricidad industrial para calefacción eléctrica. En ambos escenarios el suministro eléctrico estará completamente descarbonizado para 2050.

Este informe analiza el potencial de electrificación en 17 sectores industriales diferentes: aluminio secundario, producción de acero, recalentamiento de acero, fundiciones de acero, automoción, vidrio para envases, cemento, ladrillos, pulpa y papel, etanol, amoníaco, plástico reciclado, leche en polvo, molienda húmeda de maíz, aceite de soja, producción de carne procesada y producción de queso.

Observamos que en la Unión Europea (UE) la electrificación de los procesos industriales podría llevar a una reducción de 117 millones de toneladas de emisiones de dióxido de carbono (CO2) para 2050. La figura ES1 muestra nuestras estimaciones de emisiones de CO2 para los procesos convencionales frente a los electrificados en 2050 para los cinco países analizados en este estudio y la proporción que cada país aporta al potencial general de mitigación en los cinco países. Observamos que Turquía y Francia tienen el mayor potencial general de mitigación a partir de la electrificación de los procesos industriales de uso final.

## REDUCCIONES ESTIMADAS DE EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO A PARTIR DE LA ELECTRIFICACIÓN DE PROCESOS

Escenario de electrificación avanzada  
2050

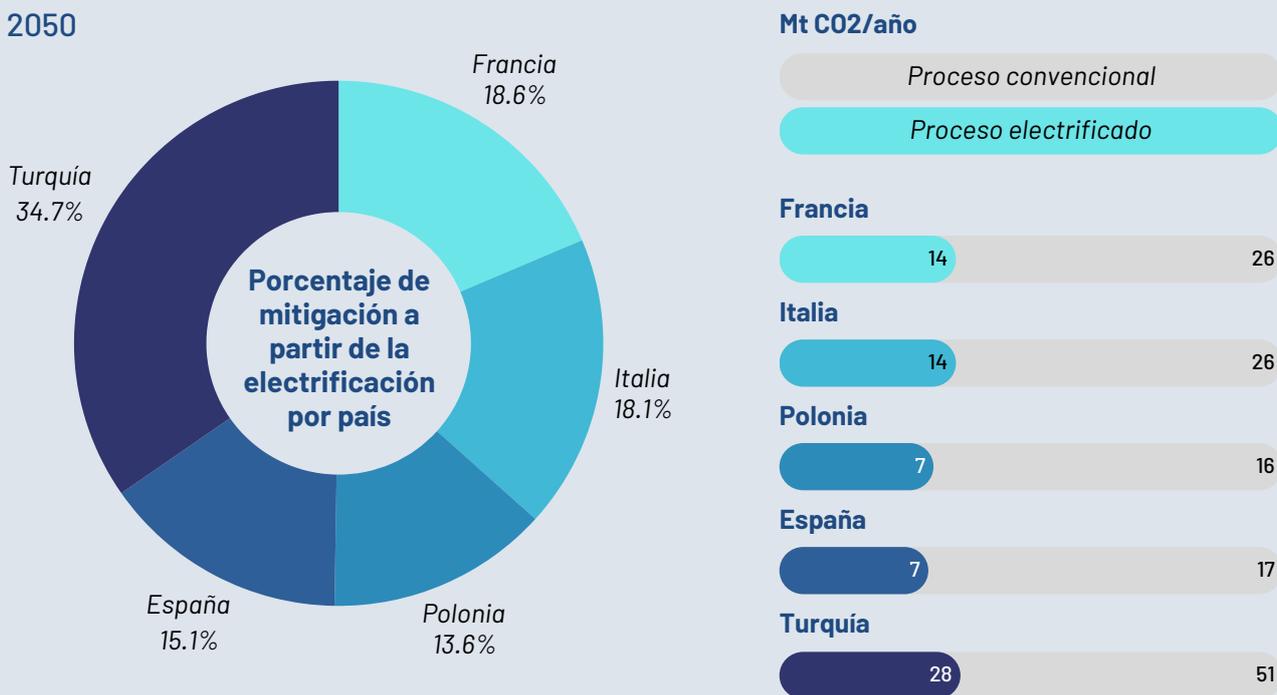


Figura ES1: potencial de reducción de emisiones de CO2 por país para 2050, escenario de electrificación avanzada.

El estudio considera varias posibles soluciones de electrificación para cada proceso y subsector, como el análisis de tres rutas alternativas de producción de acero en relación con la ruta de alto horno-alto horno de oxígeno (BF-BOF): producción de horno de arco eléctrico a base de chatarra, producción de hidrógeno-DRI y fabricación de acero mediante electrólisis. Es posible que actualmente existan o estén en desarrollo otras tecnologías electrificadas de calentamiento aplicables, como la fabricación de acero DRI-EAF con gases ricos en hidrógeno. Además, es posible que exista una posibilidad de electrificación adicional aún no explorada dentro de los subsectores estudiados. Por lo tanto, los potenciales de ahorro de energía y reducción de CO2 proyectados en este estudio pueden representar una subestimación del potencial total que podría lograr la electrificación del subsector industrial a gran escala.

La figura ES2 resume nuestros resultados sobre la demanda anual de energía, las emisiones de CO2 y la carga eléctrica adicional prevista para la Unión Europea en 2050 en el escenario de electrificación avanzada con adopción total de tecnologías de electrificación.

## POSIBLES INFLUENCIAS DE LA ELECTRIFICACIÓN INDUSTRIAL EN LA UE27

Escenario de electrificación avanzada  
2050

### ELECTRIFICACIÓN DIRECTA DE PROCESOS FRENTE A PROCESOS CONVENCIONALES

### CARGA ELÉCTRICA ADICIONAL (GW) PROCEDENTE DE LA ELECTRIFICACIÓN

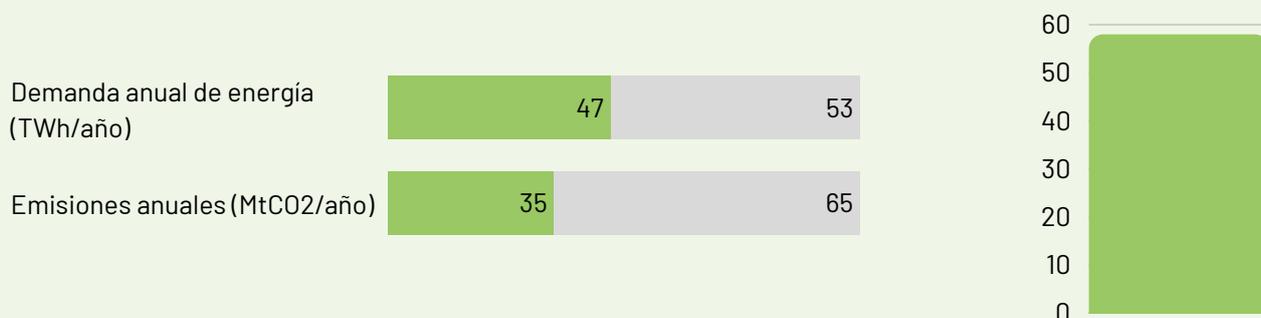


Figura ES2: resumen de los resultados de la electrificación directa de procesos en la UE27, electrificación avanzada para 2050.

Nota: esta figura muestra la carga eléctrica adicional necesaria. Para estimar la capacidad adicional de generación de electricidad que instalar se debe suponer un factor de capacidad de generación de energía que puede variar dependiendo del tipo de generación.

Además, se ha realizado un análisis comparativo del coste de la energía por unidad de producción para procesos electrificados y convencionales en cada sector industrial, examinando el año 2030 y realizando la proyección hasta 2050, bajo varios supuestos en lo que respecta a los precios futuros de la electricidad, del combustible y del carbono. En los escenarios que reflejan los pronósticos de los precios de referencia de la energía, el coste por unidad de producción para los procesos electrificados a menudo supera el de los procesos convencionales para 2030. Sin embargo, en muchos sectores industriales, los pronósticos según el escenario ambicioso de red más adquisición de ER, indican una reducción significativa en los costes de la energía para los procesos de producción electrificados, haciéndolos más competitivos económicamente en comparación con los métodos convencionales. Es importante señalar que nuestro análisis de costes solo considera los costes de la energía (con precios futuros del carbono supuestos) y no abarca los gastos de capital u otras posibles ventajas asociadas a las tecnologías electrificadas (consulte la sección Metodología).

El proceso de electrificación de la calefacción industrial para obtener estos beneficios de energía, emisiones y costes requerirá una estrategia integral, particularmente en lo que respecta a la reducción del coste de la electricidad renovable para los consumidores industriales. Ampliar la capacidad y la integración de la electricidad renovable es fundamental para satisfacer la creciente demanda industrial de electricidad limpia. Para apoyar y acelerar de forma eficaz esta transición, la Comisión Europea (CE), los gobiernos nacionales y otras partes interesadas pueden desempeñar un papel fundamental mediante intervenciones estratégicas financieras, técnicas y políticas. El informe resume las acciones clave para las distintas partes interesadas. Para acelerar la transición a las tecnologías electrificadas de calefacción y maximizar sus beneficios climáticos y de costes en diversos sectores industriales en la Unión Europea y los cinco países estudiados, las partes interesadas deben priorizar las siguientes acciones clave:

- En primer lugar, la CE, Eurostat y las oficinas nacionales de estadística deben mejorar los datos sobre las necesidades de calefacción industrial y el potencial de electrificación para identificar oportunidades industriales específicas.
- En segundo lugar, la CE y los gobiernos nacionales deben establecer objetivos, planes y políticas de electrificación claros que estén en consonancia con los objetivos climáticos. Los objetivos deben ser específicos y ambiciosos, incluidos los sectoriales, y deben tener en cuenta los rangos de temperatura de los procesos industriales. Es necesaria la rápida aprobación de un plan de acción de la UE sobre electrificación, enfatizando, de forma clara, la aceleración de la transformación del sector industrial. Además, se debe introducir una norma de cero emisiones para aplicaciones de calor industrial, centrándose en áreas donde la electrificación sea factible y económicamente viable.
- En tercer lugar, se deben introducir incentivos y subsidios financieros para reducir los costes de energía y capital para las instalaciones industriales individuales, con el apoyo de entidades como la Dirección General de Competencia y las agencias nacionales de la energía. La inversión en infraestructura también es fundamental para desarrollar una infraestructura de red capaz de soportar una mayor demanda de electricidad.
- Por último, se necesitan programas integrales de capacitación y educación para formar una fuerza laboral cualificada para gestionar sistemas industriales electrificados, con el apoyo de la Dirección General de Empleo, Asuntos Sociales e Inclusión, los ministerios nacionales de educación y trabajo y los institutos técnicos.

Estas acciones, combinadas con alianzas estratégicas con la industria y el mundo académico, así como la innovación tecnológica, permitirán a Europa lograr la descarbonización a través de la electrificación industrial y tener una mayor seguridad energética al reducir la dependencia de combustibles fósiles importados.

# Introducción

El sector industrial de España es un importante consumidor de energía, responsable de, aproximadamente, el 22% del consumo final de energía a nivel nacional. En el contexto de los desafíos económicos, geopolíticos y climáticos actuales, la necesidad de mejorar la seguridad energética y la descarbonización del sector industrial de España ha ido cobrando una importancia creciente.

La electrificación de la calefacción industrial presenta una oportunidad estratégica para que España aumente su ventaja competitiva en energías renovables y alcance los objetivos planteados de cero emisiones. Dentro de Europa, España es un productor importante de minerales no metálicos y productos químicos y petroquímicos. La electrificación de estos sectores industriales a base de electricidad, procedente de bajas emisiones de carbono o sin emisiones, puede reducir o eliminar las emisiones de CO<sub>2</sub> y, en determinados escenarios, reducir los costes de la energía. Este resumen nacional, incluido dentro del análisis de países de la UE, examina el potencial de electrificación de la industria de España, cuantificando los beneficios asociados en términos de reducción de la demanda de energía, ahorro de emisiones y costes.

## Rutas de electrificación industrial

Se han analizado las dos rutas principales para electrificar la calefacción industrial de España. En primer lugar, las calderas de vapor alimentadas con combustibles fósiles, ampliamente utilizadas en sectores industriales diferentes, pueden reemplazarse por calderas eléctricas de vapor o bombas de calor generadoras de vapor. En muchos sectores industriales, el vapor es un importante portador de calor para procesos de baja y media temperatura, como la esterilización y el secado en diversos procesos.

En segundo lugar, la electrificación directa del proceso implica reemplazar las tecnologías basadas en combustibles fósiles, como secadores y hornos, por tecnologías eléctricas que realizan las mismas funciones de calefacción.

Hemos comparado las tecnologías de calefacción convencionales con las tecnologías electrificadas en diferentes sectores industriales de España. Así, se han modelado cuatro escenarios que difieren en la velocidad de adopción de tecnologías de electrificación a lo largo del tiempo y en la proporción de electricidad renovable (ER) adquirida en el suministro eléctrico industrial. En los escenarios de electrificación y adquisición de ER más ambiciosos, descubrimos que la electrificación puede eliminar las emisiones de CO<sub>2</sub> y reducir los costes para el sector industrial de España. Estos resultados se presentan a continuación con más detalle.

## Energía, emisiones y ahorro de costes gracias a la electrificación de calderas de vapor

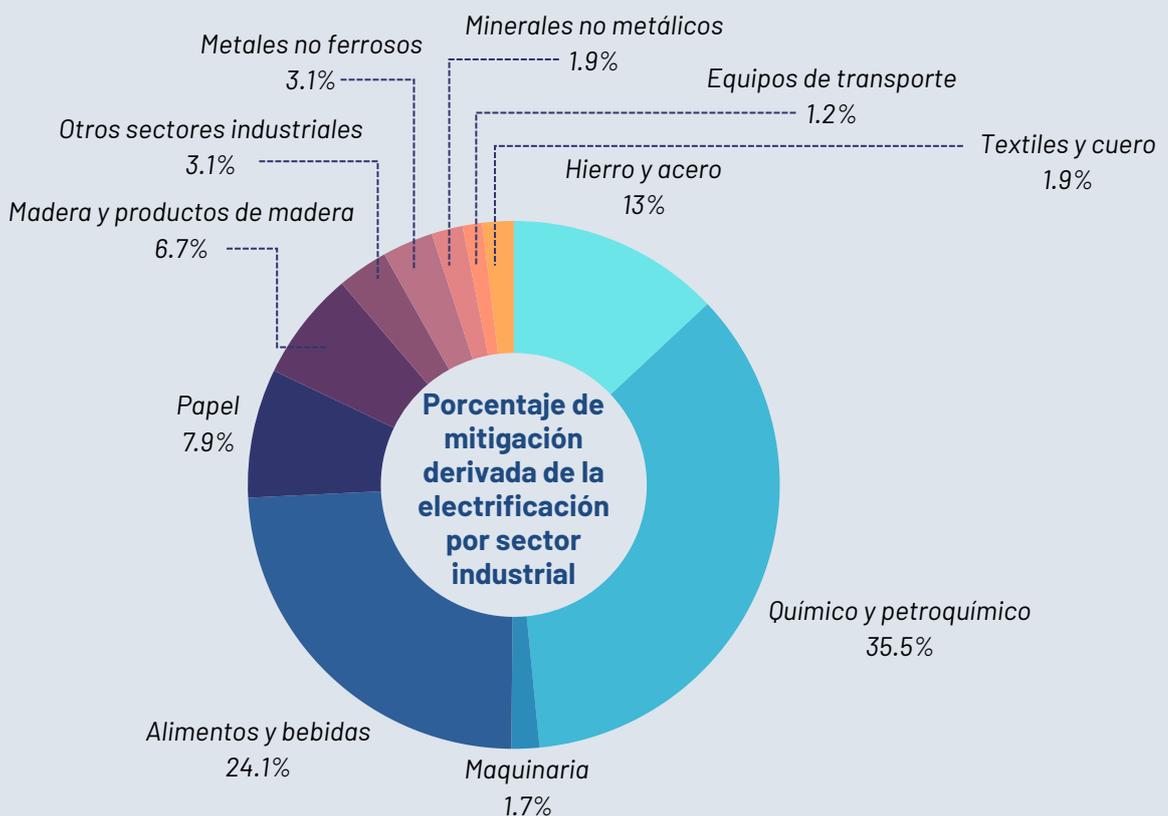
### Calderas eléctricas

El calor de proceso en forma de vapor a 100-200 °C se utiliza habitualmente en todos los sectores industriales, normalmente mediante calderas de vapor que utilizan combustibles fósiles. Las calderas de vapor eléctricas son una tecnología comercializada y también son más eficientes que las calderas de vapor convencionales (hasta un 99% de eficiencia).

La adopción de calderas de vapor eléctricas en todos los sectores industriales en España podría **reducir el consumo energético anual en 12 TWh/año, con el 100% de calderas eléctricas**, lo que supone una ganancia de **eficiencia de alrededor del 21%**. Las **emisiones de CO2 podrían mitigarse en 11,5 millones de toneladas (Mt)** al año con la adopción total de calderas eléctricas y electricidad sin emisiones de carbono. La Figura 1 muestra las posibles reducciones de emisiones derivadas del cambio a calderas eléctricas en todos los sectores industriales de España, en el escenario de adopción total y con electricidad sin emisiones de carbono. En cuanto a la electrificación de calderas, la industria química y petroquímica es la que tiene un mayor potencial de mitigación de las emisiones, seguida de la industria alimentaria y de bebidas, así como la del hierro y el acero. Aunque la industria del hierro y el acero utiliza más energía en general que la industria alimentaria y de bebidas en España, el potencial de mitigación de la electrificación de las calderas es mayor en esta última como consecuencia de los importantes requisitos de vapor para el calentamiento de procesos de baja y media temperatura para producir productos alimenticios y bebidas.

## REDUCCIONES ESTIMADAS DE LAS EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO EN ESPAÑA A PARTIR DE LA ELECTRIFICACIÓN CON CALDERAS ELÉCTRICAS

Escenario de electrificación avanzada  
2050



Proceso convencional	Demanda anual de energía (TWh/año)	Emisiones anuales (MtCO2/año)
Proceso electrificado	46	11.5

Figura 1: potencial de mitigación anual de las emisiones de CO2 a partir de la adopción de calderas eléctricas en los distintos sectores industriales de España.

También calculamos los costes energéticos por tonelada de vapor producido por calderas de vapor convencionales frente a las electrificadas en ambos escenarios eléctricos. En España, las calderas eléctricas tienen costes energéticos ligeramente superiores a los de las calderas convencionales en todos los sectores industriales en 2030 por el precio de la relación electricidad-combustible a corto plazo (Figura 2). Sin embargo, los costes energéticos de las calderas eléctricas disminuyen significativamente con el tiempo a medida que los sectores industriales pueden adquirir más energías renovables a bajo coste, mientras que los costes del carbono y del combustible aumentan en el caso de las calderas convencionales.

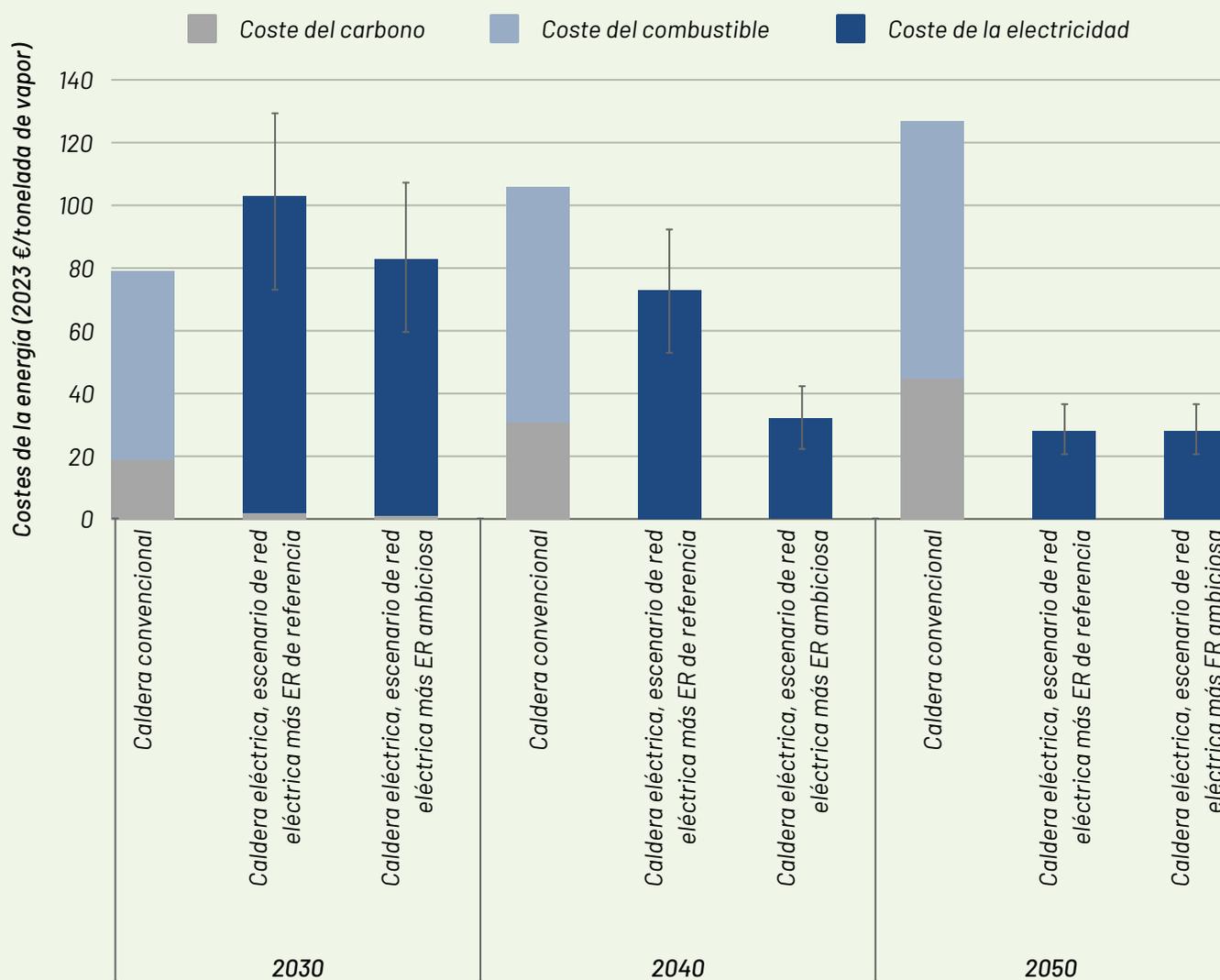


Figura 2: costes energéticos de las calderas de vapor convencionales frente a las eléctricas en los diferentes sectores industriales en España. Media ponderada por energía, escenarios de referencia frente a escenarios ambiciosos en cuanto a la adquisición de energía eléctrica con red eléctrica más ER.

Nota: las barras de error representan una sensibilidad de +/- 30% en los precios de la electricidad.

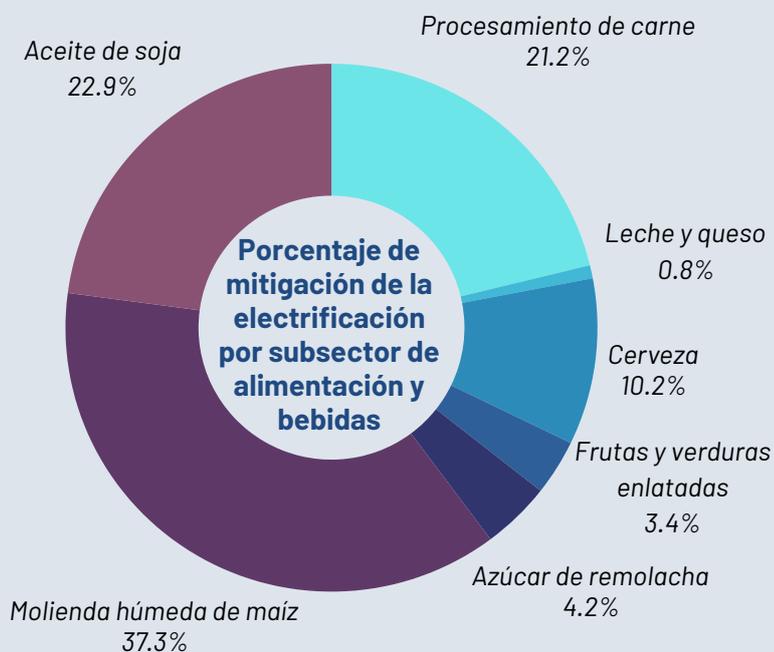
## Bombas de calor industriales

Las bombas de calor utilizan electricidad para transferir calor desde una fuente de baja temperatura a un disipador de mayor temperatura, lo que las hace muy eficientes en relación con el uso de combustibles fósiles para calefacción. Las **bombas de calor industriales disponibles actualmente pueden generar vapor y proporcionar calor hasta 170 °C**, lo que las sitúa como una alternativa viable a las calderas de vapor convencionales. En este estudio, las calderas eléctricas y las bombas de calor representan vías distintas para la electrificación de la producción de vapor y sus resultados no deben combinarse en este resumen. Este análisis se centra en el posible uso de las bombas de calor generadoras de vapor en la industria papelera y en ocho subsectores de alimentación y bebidas: procesamiento de carne, productos lácteos (leche y queso), bebidas de malta (cerveza), verduras enlatadas, frutas enlatadas, azúcar de remolacha, molienda húmeda de maíz y producción de aceite de soja.

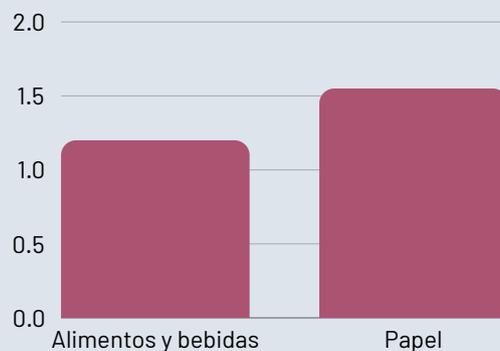
Las reducciones de emisiones y los ahorros de energía para los subsectores analizados en España se muestran en la Figura 3. Con la adopción completa la electrificación de la producción de vapor con bombas de calor en España para estos subsectores podría **reducir el uso anual de energía en 15 TWh/año para 2050**. Las **emisiones de CO2 podrían mitigarse en casi 3 Mt de CO2 por año** para 2050 con la adopción completa de bombas de calor combinadas con electricidad sin emisiones de carbono. La molienda húmeda de maíz es el subsector de alimentación y bebidas con el mayor potencial de mitigación en España, seguido del aceite de soja y el procesamiento de carne.

## REDUCCIONES ESTIMADAS DE LAS EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO POR LA ELECTRIFICACIÓN CON BOMBAS DE CALOR EN ESPAÑA

Escenario de electrificación avanzada  
2050



### Reducciones anuales de emisiones de CO2 por sector industrial (MtCO2/año)



Proceso convencional

Proceso electrificado

Demanda anual de energía (TWh/año)

10

25

Emisiones anuales (MtCO2/año)

0

2.7

Figura 3: reducciones de emisiones por electrificación con bombas de calor en los subsectores industriales analizados en España.

En España, en 2030 las bombas de calor tendrán unos costes energéticos significativamente más bajos que las calderas de vapor convencionales. Las bombas de calor ofrecen importantes mejoras de eficiencia, reduciendo drásticamente los costes energéticos en relación con los combustibles convencionales. Presentamos los resultados para el sector de la molienda húmeda de maíz en España (Figura 4), que presenta el mayor potencial de mitigación de los subsectores de alimentos y bebidas que se han estudiado.

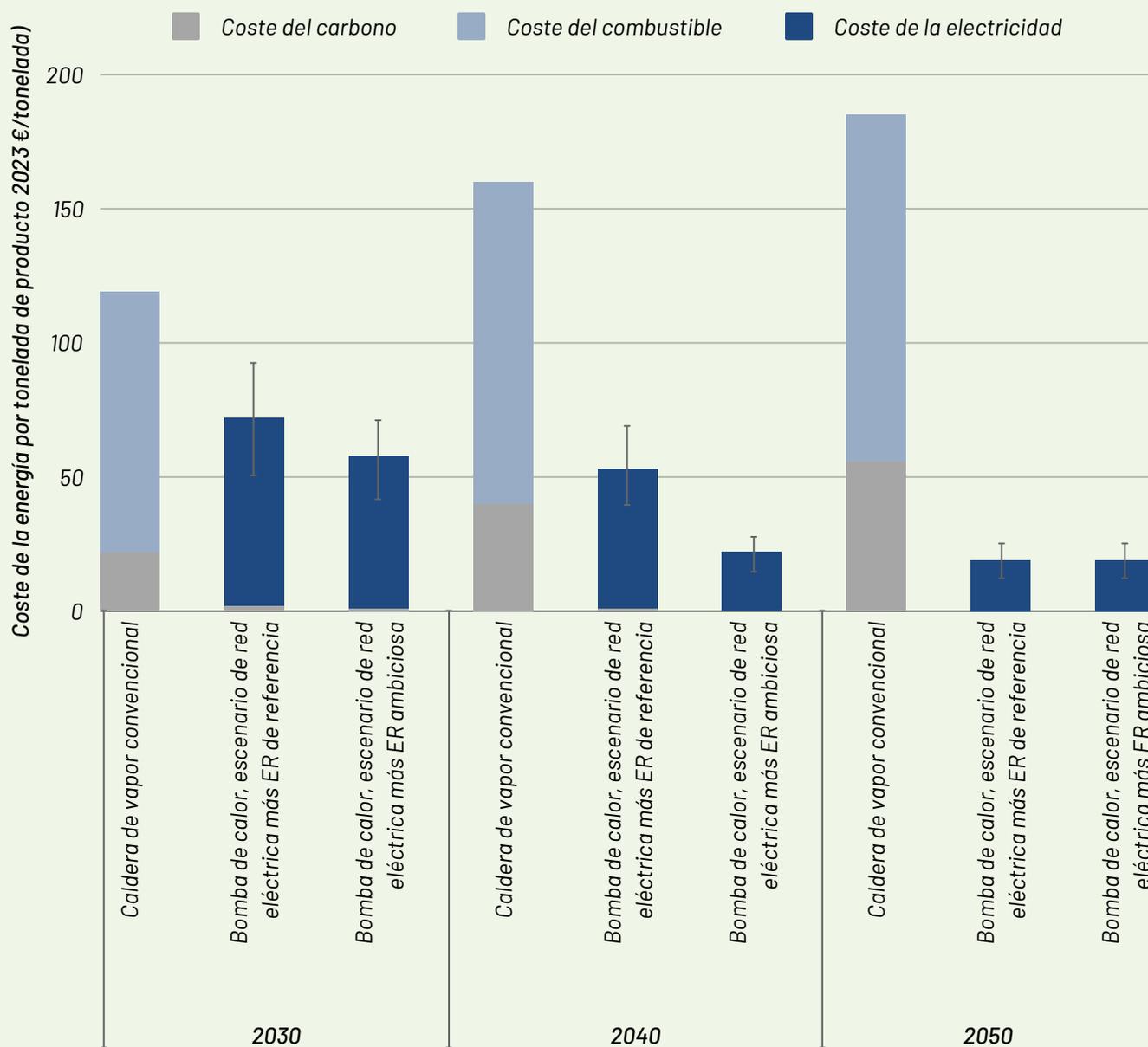


Figura 4: costes energéticos de las calderas de vapor convencionales frente a las bombas de calor generadoras de vapor en el sector de molienda húmeda de maíz de España. Escenarios de referencia frente a escenarios ambiciosos de adquisición de energía eléctrica con red eléctrica más ER.

Nota: las barras de error representan una sensibilidad de +/-30 % en los precios de la electricidad.

# Coste nivelado de calor (LCOH) para la producción industrial de vapor

Además de los costes energéticos específicos de la tecnología estimados anteriormente, en este estudio también estimamos el coste nivelado de calor (LCOH, en sus siglas en inglés) para las tecnologías de generación de vapor. El LCOH es una métrica importante para el personal encargado de la toma de decisiones porque representa tanto los costes de capital como los operativos de cada tecnología a lo largo de su vida útil. Para estimar el LCOH para la producción de vapor, modelamos un sistema de vapor típico para cuatro tecnologías de generación de vapor diferentes: calderas de carbón, calderas de gas natural, calderas eléctricas y bombas de calor. Evaluamos estas tecnologías para una instalación industrial típica con una producción térmica de 50.000 MWh (térmicos) al año. **En España, el LCOH de las calderas eléctricas en el escenario ambicioso de adquisición de ER es inferior al de las calderas de vapor convencionales.** Esto se debe al aumento previsto de los costes del carbono en toda la UE, al incremento de los costes del combustible y a la mayor integración de ER de bajo coste, todo lo cual contribuye a la competitividad de las tecnologías de electrificación desde una perspectiva de costes a lo largo de la vida útil. Las bombas de calor tienen el LCOH más bajo, incluso a pesar de sus elevados costes de capital, debido al importante ahorro energético durante su vida útil en relación con otras tecnologías.

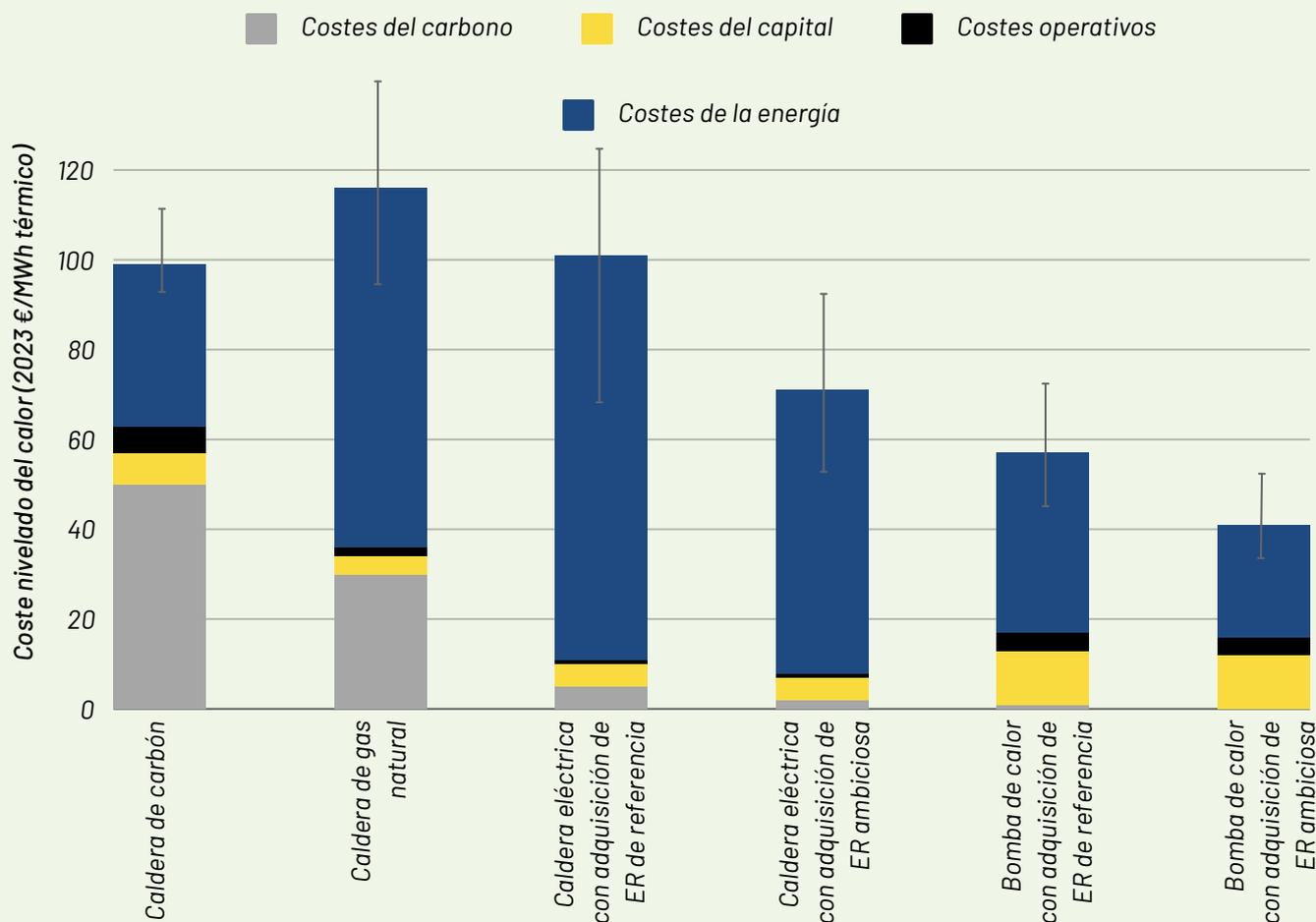


Figura 5: coste nivelado del calor (LCOH) para la producción industrial de vapor en España.  
Nota: las barras de error representan una sensibilidad del precio de la energía de +/- 30%.

# Energía, emisiones y ahorros de costes de la electrificación directa de los procesos

Para la segunda vía de electrificación, la electrificación directa de los procesos, analizamos 17 subsectores diferentes con datos disponibles, incluidos algunos de los mayores consumidores de energía, como los productos químicos y alimentación y bebidas. Para cada subsector, identificamos procesos específicos adecuados para la electrificación, como el cambio de la fabricación de acero en hornos de oxígeno básico de alto horno (BF-BOF) a la producción en hornos de arco eléctrico (EAF) en la industria del hierro y el acero, o el uso de mezcladores y fundidores eléctricos en la industria del vidrio. En los sectores industriales de menor temperatura exploramos tecnologías electrificadas de calentamiento como secadores eléctricos, calentadores resistivos indirectos, recompresores mecánicos de vapor y desolventizadores de lecho fluido.

La Figura 6, que se presenta a continuación, resume los resultados para los subsectores industriales analizados en España. Las **reducciones totales de emisiones podrían alcanzar los 10 Mt de CO<sub>2</sub>/año para 2050** (una reducción del 57%) con la adopción total de tecnologías de electrificación directa de los procesos y electricidad sin emisiones de carbono, con ganancias generales de **eficiencia de alrededor del 9%, que ahorrarían 14 TWh/año de energía**. El sector industrial de minerales no metálicos, incluidos los ladrillos y el cemento, tiene el mayor potencial de mitigación, seguido del sector industrial del acero, que incluye la producción, el recalentamiento y las fundiciones.

## REDUCCIONES ESTIMADAS DE EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO A PARTIR DE LA ELECTRIFICACIÓN DE PROCESOS DE ESPAÑA

Escenario de electrificación avanzada 2050

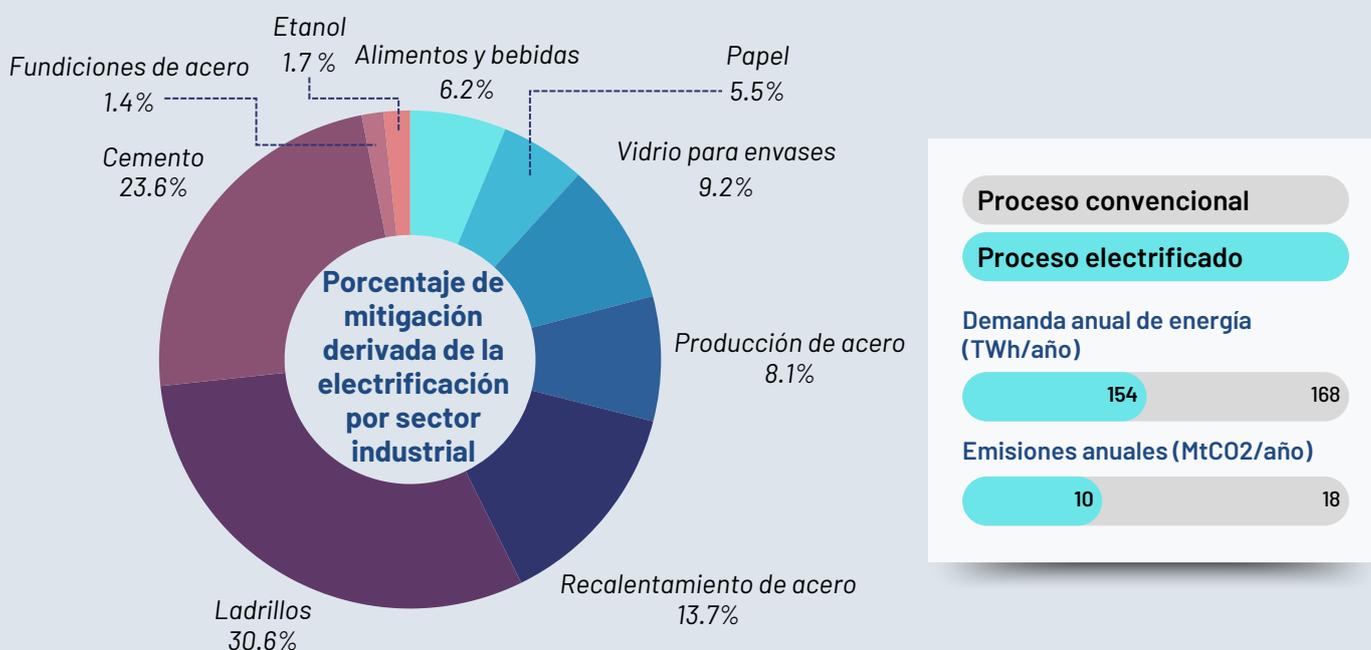


Figura 6: demanda de energía, reducción de emisiones y proporción de reducción de emisiones por sector industrial para la electrificación directa de procesos en la industria de España.

*Nota: analizamos 17 sectores industriales, pero para mayor claridad, en este gráfico agregamos cinco subsectores de alimentación y bebidas (molienda húmeda de maíz, aceite de soja, leche en polvo, queso y procesamiento de carne). Excluimos de los resultados el amoníaco y el reciclaje de plástico. Los sectores industriales de fundición de aluminio y automotriz no se muestran porque contribuyen menos del 1% cada uno a la mitigación general.*

En la mayoría de los sectores industriales de España, la electrificación directa de procesos puede ofrecer reducciones moderadas a corto plazo en los costes de energía, impulsadas por las ganancias de eficiencia de la electrificación, así como por los precios relativamente bajos de la electricidad. Como ejemplo, presentamos a continuación los resultados de los costes de la energía para la industria del vidrio para envases de España. Si bien los costes de la energía para el proceso electrificado son más altos en 2030 con los niveles de referencia de adquisición de ER, los costes de la energía podrían ser más bajos con una mayor proporción de adquisición de ER. Con el tiempo, los costes energéticos asociados a la electrificación disminuirán en relación con las tecnologías convencionales a medida que se integren más ER de bajo coste en la red y/o sean adquiridas directamente por los fabricantes.

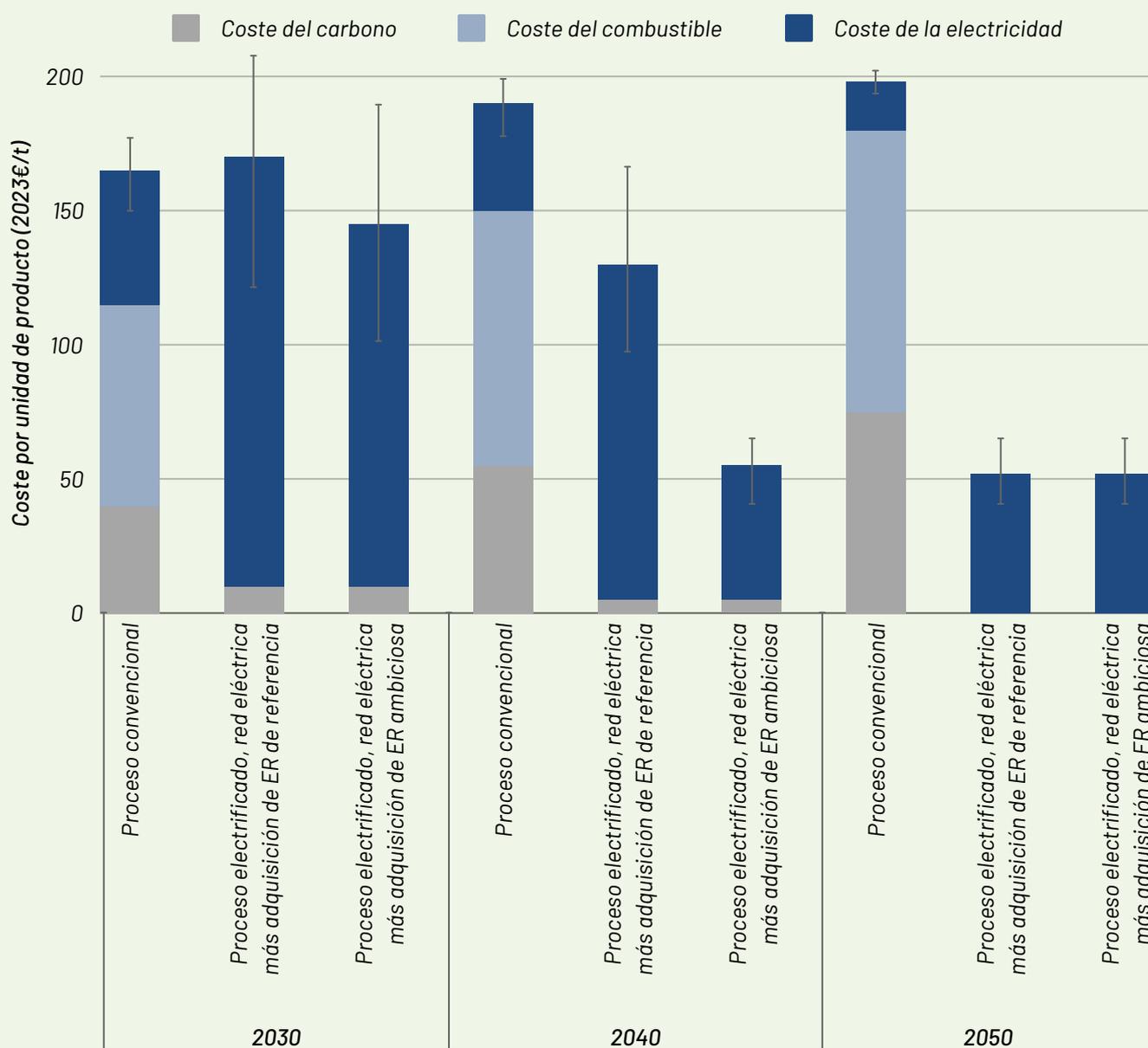


Figura 7: costes energéticos de los procesos convencionales frente a los electrificados en la industria española del vidrio para envases. Escenarios de referencia frente a escenarios ambiciosos de adquisición de energía eléctrica con red eléctrica más energía renovable. Nota: las barras de error representan una sensibilidad de +/-30% en los precios de la electricidad.

# Panorama de la contratación corporativa de energías renovables en España

El mercado de contratación corporativa de energías renovables en España ha crecido rápidamente, convirtiéndose en el más grande de Europa y el segundo más alto en el índice PPA global de EY en 2024 (por detrás de Alemania). En 2023, España representó 2,8 GW de capacidad contratada a través de PPA corporativos, casi la mitad del total de contratos de PPA de Europa. Los acuerdos clave, como los celebrados entre Iberdrola, Audax y los grandes consumidores industriales, han impulsado esta expansión. El crecimiento se ha visto respaldado por medidas regulatorias que han agilizado el proceso de contratación y reducido los impuestos para los PPA corporativos directos. Entre los acuerdos recientes se incluyen el PPA solar de 12 años de Google con una planta de 149 MW en Zamora y los cinco PPA de Digital Realty para proyectos solares en Cádiz y Zaragoza. España ofrece PPA físicos y financieros, con una variedad de modelos de precios, incluidos contratos fijos, indexados e híbridos. La fuerte demanda corporativa y el liderazgo de España en energías renovables sugieren un crecimiento continuo en el mercado de PPA.

## Recomendaciones

Para acelerar la electrificación industrial en España **se proponen varias recomendaciones clave**. En primer lugar, es fundamental **mejorar los datos sobre las necesidades de calefacción industrial y el potencial de electrificación**, con el apoyo del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITRED), el Instituto Nacional de Estadística (INE) y otras agencias nacionales pertinentes para estandarizar y mantener una recopilación de datos completa. En segundo lugar, el MITRED debe **establecer objetivos de electrificación claros y ambiciosos, alineados con los objetivos climáticos, centrándose en los objetivos sectoriales**, en particular en sectores industriales como la alimentación y las bebidas. En tercer lugar, **se necesitan incentivos financieros e inversiones en infraestructuras para reducir los costes de capital y energía de las tecnologías de electrificación**, incluidos fondos de I+D, diseño de tarifas competitivas y mejoras de la red. Por último, se deben **desarrollar programas de capacitación para crear una fuerza laboral cualificada** mediante la colaboración entre el Ministerio de Educación, Formación Profesional y Deportes, las instituciones educativas y las asociaciones industriales. Estas recomendaciones se resumen en la siguiente Figura en acciones a corto, medio y largo plazo para las diferentes partes interesadas.

	<b>AHORA-2030 ACCIONES A CORTO PLAZO</b>	<b>2030-2040 ACCIONES A MEDIO PLAZO</b>	<b>2040-2050 ACCIONES A LARGO PLAZO</b>
<b>Gobierno</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estandarizar datos sobre calefacción industrial.</li> <li>• Establecer objetivos nacionales de electrificación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proporcionar incentivos para ampliar proyectos de electrificación industrial.</li> <li>• Apoyar mecanismos innovadores de adquisición corporativa de energías renovables.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continuar la planificación de la infraestructura para la modernización de la red y la integración de fuentes de energía renovables con una industria totalmente electrificada.</li> <li>• Evaluar el progreso hacia los objetivos de electrificación a largo plazo y aumentar la ambición, si corresponde.</li> </ul>
<b>Industria</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adoptar hojas de ruta de electrificación.</li> <li>• Probar tecnologías de electrificación.</li> <li>• Desarrollar casos de negocio para el suministro electrificado de calor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incrementar las alianzas estratégicas con empresas de servicios públicos y proveedores de tecnología.</li> <li>• Ampliar modelos de electrificación y casos de negocio que hayan tenido éxito.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conseguir la electrificación completa de los procesos de calefacción.</li> <li>• Integrar nuevas innovaciones en gestión y eficiencia energética.</li> </ul>
<b>Empresas de servicios públicos y operadores de red</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Invertir en generación de energías renovables e infraestructura para satisfacer la demanda.</li> <li>• Diseñar soluciones energéticas personalizadas para el sector industrial.</li> <li>• Agilizar los procesos de conexión a la red para proyectos de energías renovables.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avanzar hacia instalaciones electrificadas como recursos de la red mediante la integración de almacenamiento, respuesta a la demanda y otros mecanismos.</li> <li>• Ampliar la capacidad renovable para satisfacer nuevas necesidades industriales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar continuamente mecanismos para implementar energías renovables de bajo coste.</li> <li>• Mejorar y ampliar los programas de respuesta a la demanda de instalaciones electrificadas.</li> </ul>
<b>Instituciones financieras</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar productos financieros personalizados para proyectos de electrificación.</li> <li>• Proporcionar préstamos a largo plazo y con bajo interés para la electrificación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer fondos de inversión verdes orientados a la descarbonización industrial.</li> <li>• Sectores y regiones objetivo donde la electrificación genera un sólido retorno de la inversión basado en los precios de la electricidad y el combustible y otros factores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continuar apoyando e incentivando la electrificación industrial completa mediante mecanismos de financiación personalizados.</li> <li>• Garantizar el acceso a la financiación para las pequeñas y medianas empresas.</li> </ul>
<b>Ámbito académico/ investigación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar investigaciones sobre tecnologías de electrificación.</li> <li>• Colaborar con los sectores industriales para publicar los resultados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continuar con los programas académicos para formar una fuerza laboral cualificada para la electrificación.</li> <li>• Proporcionar apoyo técnico para la planificación de electrificación de alto nivel y la implementación de políticas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Garantizar la innovación continua a través de la investigación y el desarrollo de tecnologías futuras.</li> <li>• Ayudar a los responsables políticos a establecer normas de forma continua basándose en los datos disponibles.</li> </ul>

Figura 8: recomendaciones para la electrificación industrial para diferentes actores de España basadas en acciones a corto, medio y largo plazo.



## Más información

Este resumen nacional se basa en una serie de dos informes sobre la electrificación industrial de Europa. El primer informe evalúa la electrificación directa de los procesos industriales, mientras que el segundo evalúa la electrificación de la producción industrial de vapor con calderas eléctricas y bombas de calor industriales. Estos informes contienen información detallada a nivel nacional y sectorial que los lectores pueden consultar para obtener información adicional.

## Agradecimientos

Este estudio fue posible gracias al apoyo de la Fundación Europea del Clima. Los autores desean agradecer a Gian-Luca Agliardi, Corinna Fuerst y Philipp Niessen de la Fundación Europea del Clima, Jibrán Zuberi del Laboratorio Nacional Lawrence Berkeley y al grupo asesor de este estudio (Carolina Bedocchi, Nicolas Berghmans, Ozge Kepenek Bozkırlioğlu, Aurelie Brunstein, Chiara Di Mambro, Marcin Dusilo, Timo Gerres, Lidia Kolucka, Alexandra Langenheld, Matteo Leonardi, Juan Fernando Martín, Ismael Morales, Giulia Novati y Aleksander Sniegocki) por sus valiosos aportes a este estudio.

## Descargo de responsabilidad

La responsabilidad de la información y las opiniones expresadas en este informe recae en los autores. La Fundación Europea del Clima no se hace responsable del uso que pueda hacerse de la información contenida o expresada en el presente documento. Los autores y sus organizaciones afiliadas han proporcionado la información de esta publicación solo con fines informativos. Aunque se ha tenido mucho cuidado para mantener la exactitud de la información recopilada y presentada, los autores y sus organizaciones afiliadas no ofrecen ninguna garantía expresa o implícita con respecto a dicha información. Las estimaciones incluidas en la publicación reflejan los análisis y expectativas actuales de los autores basados en los datos y la información disponibles. Cualquier referencia a un producto, proceso o servicio comercial específico por nombre comercial, marca registrada, fabricante u otro, no constituye ni implica un respaldo, recomendación o preferencia por parte de los autores y sus organizaciones afiliadas. Esta publicación no refleja necesariamente la política o las intenciones de los colaboradores.

Este documento puede citarse o reimprimirse libremente, pero se solicita el reconocimiento. Cita recomendada: Hasanbeigi, Ali, Springer, Cecilia, and Adam Sibal. 2024. Resumen nacional: Electrificación del sector industrial de España. Global Efficiency Intelligence. Estados Unidos.

<https://www.globalefficiencyintel.com>

<https://www.industryelectrification.com>

**Resumen nacional:**  
**Electrificación del sector  
industrial de España**

AUTORES



COLABORADORES

