

# **EL CO<sub>2</sub> COMO MATERIA PRIMA PARA UNA NUEVA RE-INDUSTRIALIZACIÓN. EL ROL DE LA ECONOMÍA CIRCULAR**

**Dr. Xavier Elias**

**Director Académico del Postgrado de Economía Circular del Colegio de  
Ingenieros Industriales de Cataluña.**

Barcelona, 14 de mayo de 2026

# LÍMITES EN LA GENERACIÓN DE CO<sub>2</sub> :¿HASTA DONDE?



# LOS MATERIALES, LA ECONOMÍA CIRCULAR Y LA PRODUCTIVIDAD

Dividiendo el PIB por la cantidad de materias se determina la “Productividad”. En la UE existen países que alcanzan los 30.000 €/t.

## ¿Crecimiento o Decrecimiento?

PIB (2022)	1.375.863	M€/año
Materiales (2022)	410.185.219	t/año
Productividad	<b>3.354</b>	€/t

Materias adquiridas no energéticas	335.065.901	t/año
Habitantes España (2022)	48.047.631	ha
Huella material (Consumo específico)	6,97	t/ha y año
Huella material (Consumo específico)	19,11	kg/ha y día

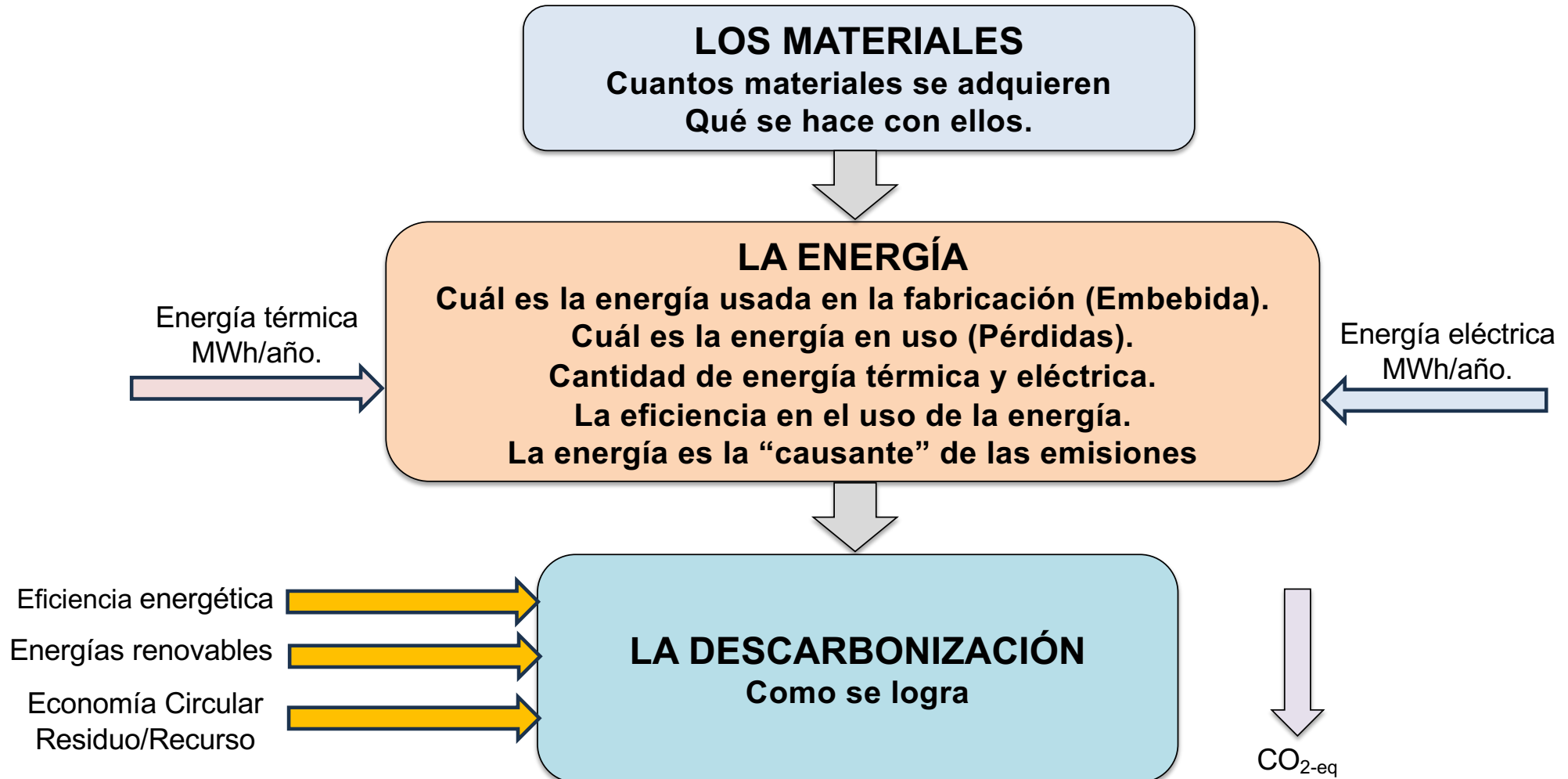
Fuentes INE, MITECO y propias

Fuentes INE y MITECO

PIB nacional 2022. M€	<b>1.375.863</b>
Productividad €/t	<b>3.354</b>
<b>Materias compradas y usadas</b>	<b>Año 2022</b>
<b>INDUSTRIA BÁSICA Y EXTRACTIVA</b>	<b>t/año</b>
Acero	12.000.000
Metales no ferreos	1.719.950
Cemento	15.552.291
Cerámicas	12.596.050
Vidrios	1.818.784
Maderas y derivados	25.645.937
Productos de cantera	145.800.000
Minerales industriales	9.900.000
Piedras ornamentales	3.020.000
<b>Parcial</b>	<b>228.053.012</b>
<b>INDUSTRIA TRANSFORMADORA</b>	
Industria Alimentaria	
Textil	329.412
Ind Química y farmaceutica	-
Ind Fabricación Maquinaria y vehiculos	-
Otras industrias transformadoras	6.000.000
Tratamiento minerales industriales	-
Suministro agua	
<b>Parcial</b>	<b>6.329.412</b>
<b>TOTAL INDUSTRIA</b>	<b>234.382.424</b>
Alimentos y recuperación de residuos	24.644.221
Alimentos: Agricultura y ganaderia	76.039.256
<b>TOTAL ALIMENTOS</b>	<b>100.683.477</b>
<b>TOTAL NO ENERGETICO</b>	<b>335.065.901</b>
Petróleo (Usos energeticos)	38.981.043
Petróleo (Otros usos)	6.664.206
Gas Natural	27.350.068
Hullas	2.124.000
<b>TOTAL PRODUCTOS ENERGÉTICOS</b>	<b>75.119.318</b>
<b>TOTAL</b>	<b>410.185.219</b>

# EL ROL DE LA ENERGÍA EN LAS EMISIONES

La secuencia de trabajo para calcular las emisiones ha sido la siguiente:



# LOS MATERIALES, LA ENERGÍA Y LAS EMISIONES

Las columnas indican (para 2022):

- La primera el consumo de materiales.
- La segunda el consumo térmico.
- La tercera el consumo eléctrico.
- La cuarta las emisiones en forma de t CO<sub>2</sub>-eq/año. En el caso del consumo eléctrico con el correspondiente factor de emisión en tCO<sub>2</sub>-eq/MWh.

## IMPORTANCIA DE LA ELECTRIFICACIÓN

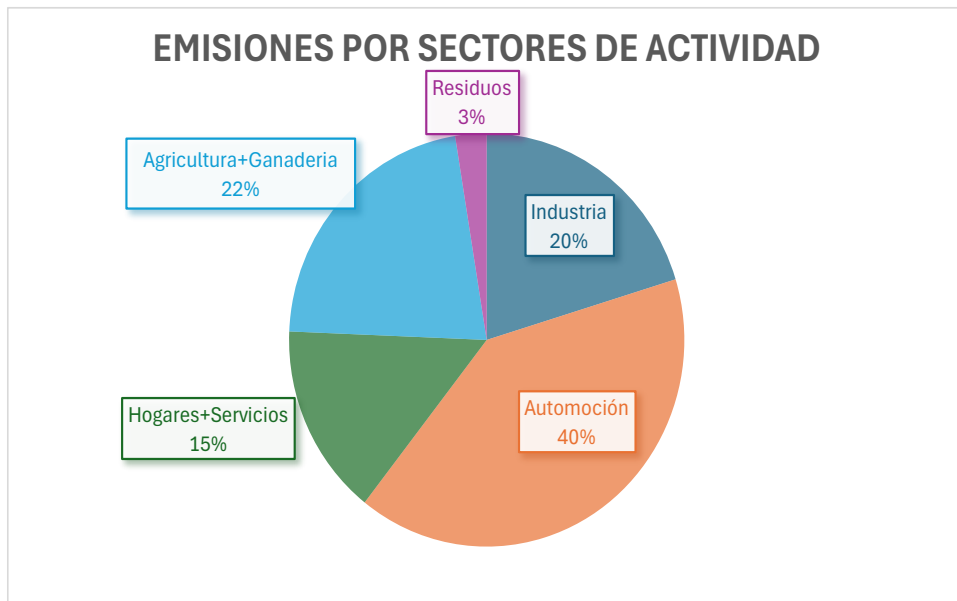
Factor de emisión eléctrico	0,17116 tCO <sub>2</sub> /MWh
-----------------------------	-------------------------------

INDUSTRIA BÁSICA Y EXTRACTIVA	t/año	MWh/año	MWh/año	t CO <sub>2</sub> -eq/año
Acero	12.000.000	29.762.998	12.068.999	8.953.320
Metales no ferreos	1.719.950	194.586	2.780.556	514.689
Cemento	15.552.291	29.476.744	2.021.798	24.071.046
Cerámicas	12.596.050	8.445.622	840.263	1.826.822
Vidrios	1.818.784	464.097	126.111	464.097
Maderas y derivados	25.645.937	19.456.860	6.416.469	1.557.546
Productos de cantera	145.800.000	-	216.844	37.114
Minerales industriales	9.900.000	-	57.200	9.790
Piedras ornamentales	3.020.000	-	6.644	1.137
<b>Parcial</b>	<b>228.053.012</b>	<b>87.800.908</b>	<b>24.534.884</b>	<b>37.435.562</b>
INDUSTRIA TRANSFORMADORA	t/año	MWh/año	MWh/año	t CO <sub>2</sub> -eq/año
Industria Alimentaria		5.765.716	24.023.816	5.260.823
Textil	329.412	8.011.667	11.653.333	3.591.084
Ind Química y farmaceutica	-	230.588	164.706	74.141
Ind Fabricación Maquinaria y vehiculos	-	35.798.400	20.285.760	10.605.800
Otras industrias transformadoras	6.000.000	7.050.000	7.050.000	2.521.878
Tratamiento minerales industriales	-	2.934.657	-	1.001.021
Suministro agua		-	5.906.466	1.010.936
<b>Parcial</b>	<b>6.329.412</b>	<b>59.791.027</b>	<b>69.084.081</b>	<b>24.065.684</b>
<b>TOTAL INDUSTRIA</b>	<b>234.382.424</b>	<b>147.591.935</b>	<b>93.618.965</b>	<b>61.501.247</b>
Alimentos y recuperación de residuos	24.644.221	940.019	880.601	7.764.001
Alimentos: Agricultura y ganaderia	76.039.256	- 986.875	192.623	66.130.588
<b>TOTAL ALIMENTOS</b>	<b>100.683.477</b>	<b>- 46.856</b>	<b>1.073.224</b>	<b>73.894.588</b>
<b>TOTAL NO ENERGETICO</b>	<b>335.065.901</b>			
Petróleo (Usos energeticos)	38.981.043	473.284.992	9.122.968	122.428.508
Petróleo (Otros usos)	6.664.206		-	-
Gas Natural	27.350.068	172.040.000	73.224.000	45.711.111
Hullas	2.124.000			-
<b>TOTAL PRODUCTOS ENERGÉTICOS</b>	<b>75.119.318</b>	<b>645.324.992</b>	<b>82.346.968</b>	<b>168.139.619</b>
<b>TOTAL</b>	<b>410.185.219</b>	<b>792.870.072</b>	<b>177.039.156</b>	<b>303.535.454</b>
<b>DATO OFICIAL MITECO</b>				<b>294.907.409</b>

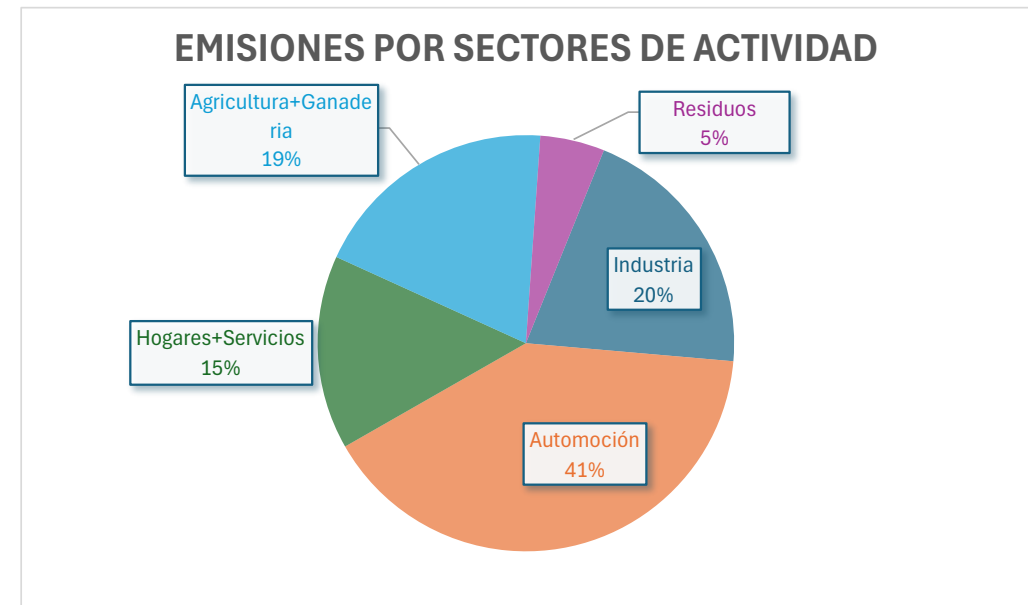
Fuente Elaboración propia

# LAS EMISIONES DE CO<sub>2</sub> POR SECTORES

De la tabla anterior se obtiene la siguiente distribución de emisiones de CO<sub>2</sub> (2022) por sectores.



En esta versión los residuos de la gestión agrícola se imputan en “Agricultura + Ganadería”.



En esta versión los residuos de la gestión agrícola se imputan en “residuos”.

Fuente Elaboración propia

# LOS TRABAJOS DE UN PREMIO NOBEL SOBRE LA EMISIÓN DE CO<sub>2</sub>

Debemos prepararnos para un precio del CO<sub>2</sub> mucho más elevado.

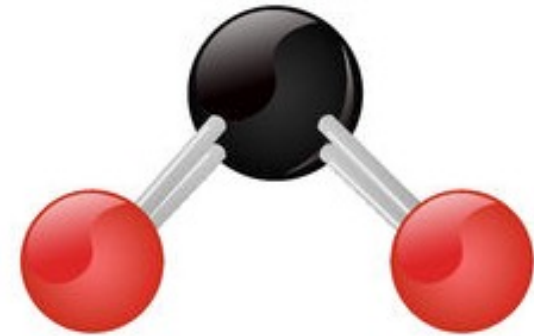


William D. Nordhaus. Premio Nobel Economía 2018 por el estudio sobre las emisiones del CO<sub>2</sub> y el cambio climático.

La receta consiste en que gobiernos, empresas y hogares paguen un precio alto por las emisiones de carbono.



Hoy solo se paga el 10% del precio que debería pagarse para lograr no sobrepasar los 2°C a final de siglo.  
Según el Premio Nobel es más probable que los “ángeles” actúen que lo haga la humanidad...

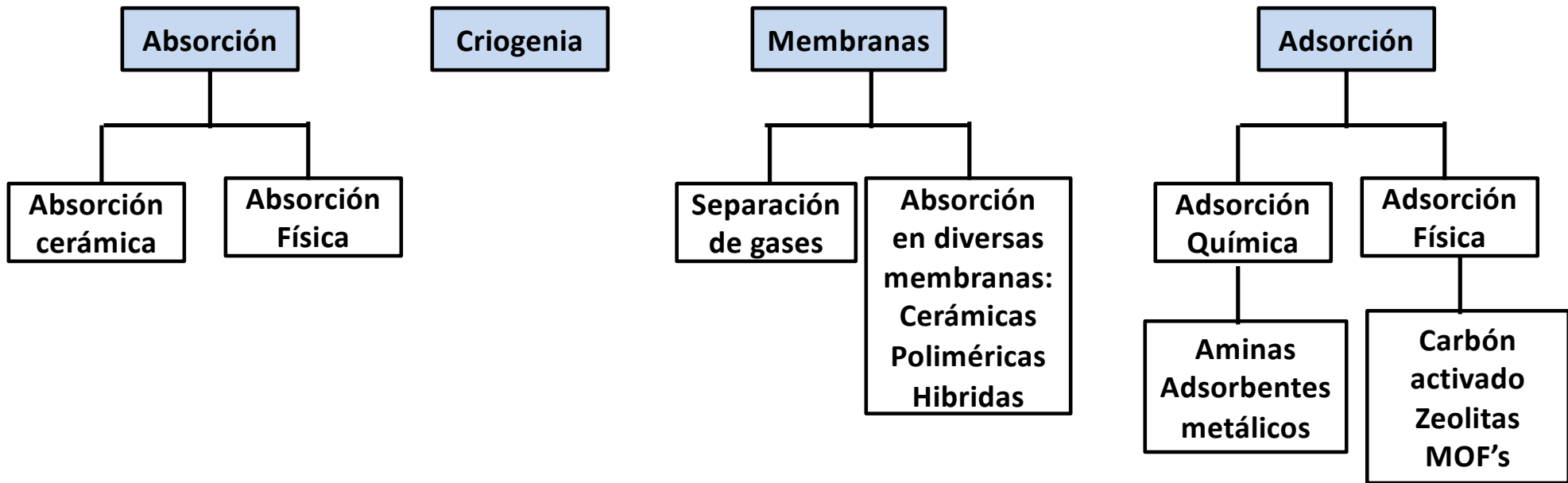


# 1ª FASE: CAPTURA DEL CO<sub>2</sub>



# LA CAPTURA DEL CO<sub>2</sub>

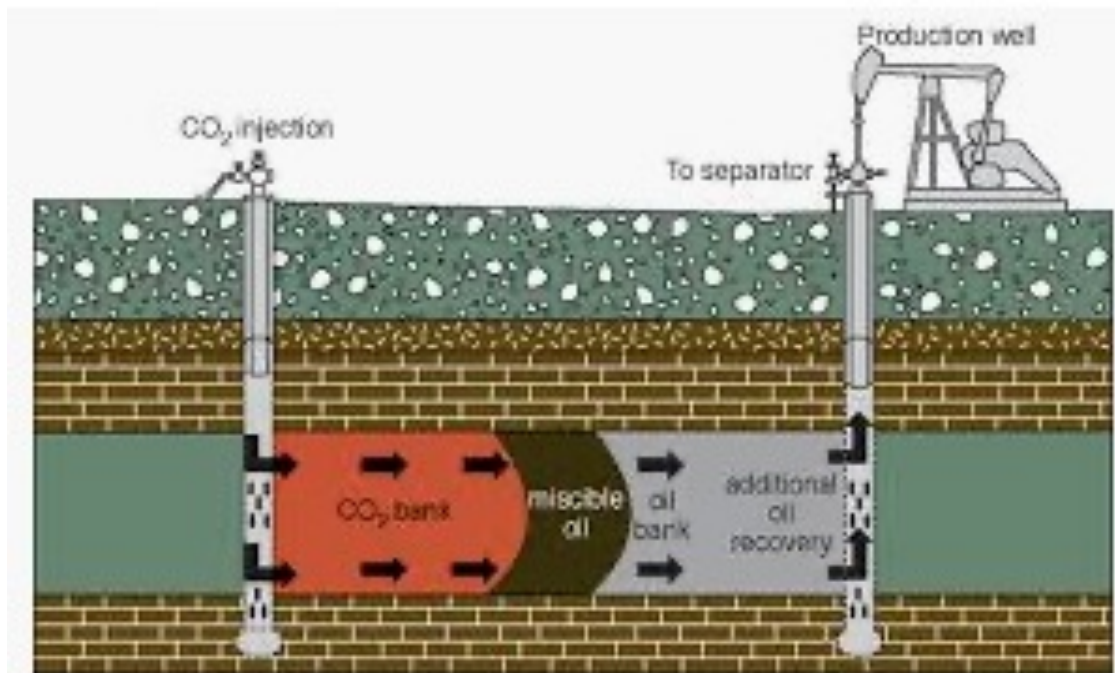
La primera actuación debe consistir en la captura del CO<sub>2</sub> de la corriente de gases de la chimenea. En las chimeneas industriales se utilizan tecnologías como la adsorción química (aminas), criogenia y oxicombustión para separar del resto de gases. El CO<sub>2</sub> capturado se comprime y se transporta para su almacenamiento geológico o reutilización (CCUS), reduciendo significativamente los gases de efecto invernadero.



MOF's: Redes Metal-Orgánicas

# SECUESTRO GEOLÓGICO DEL CO<sub>2</sub>

El secuestro geológico se refiere al almacenamiento subterráneo de CO<sub>2</sub> en yacimientos de petróleo y gas agotados, formaciones salinas o depósitos de carbón. En Noruega, la empresa estatal Equinor (antes Statoil) ha “enterrado” debajo del fondo marino alrededor de un millón de toneladas de CO<sub>2</sub> cada año (equivalentes a un poco más de las emisiones totales de México).



El dióxido de carbono supercrítico (CO<sub>2</sub> sc) es una forma del CO<sub>2</sub> que se encuentra en un estado físico intermedio entre gas y líquido, alcanzado cuando se somete a condiciones de temperatura y presión superiores a su punto crítico: 31,1 °C y 73,8 bar.

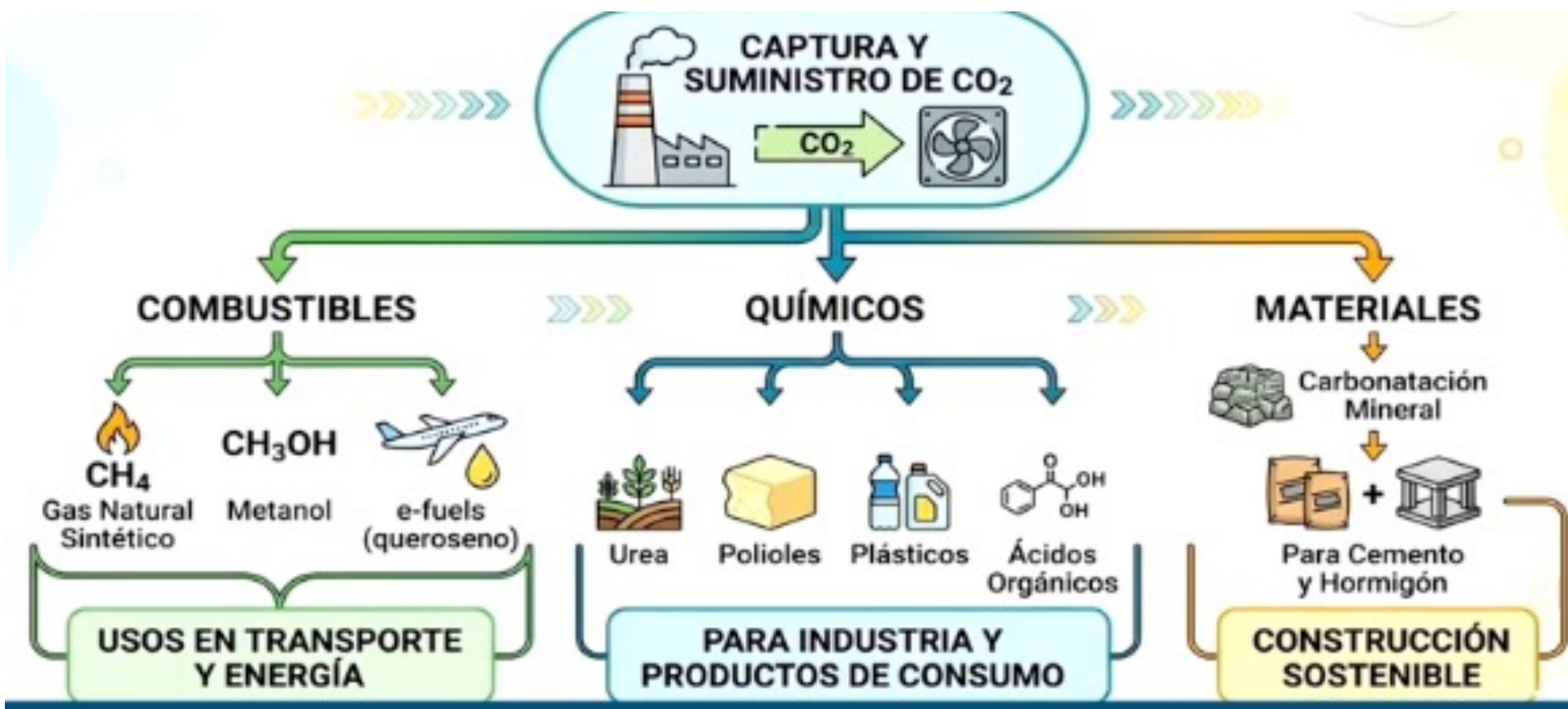
# EL CO<sub>2</sub> COMO MATERIA PRIMA: Carbon Capture Use Storage: CCUS



# EL CO<sub>2</sub> COMO MATERIA PRIMA

Donde se genera el CO<sub>2</sub>, no suele utilizarse. Pero si es fácil convertirlo en CH<sub>4</sub> y transportarlo por la red de GN.

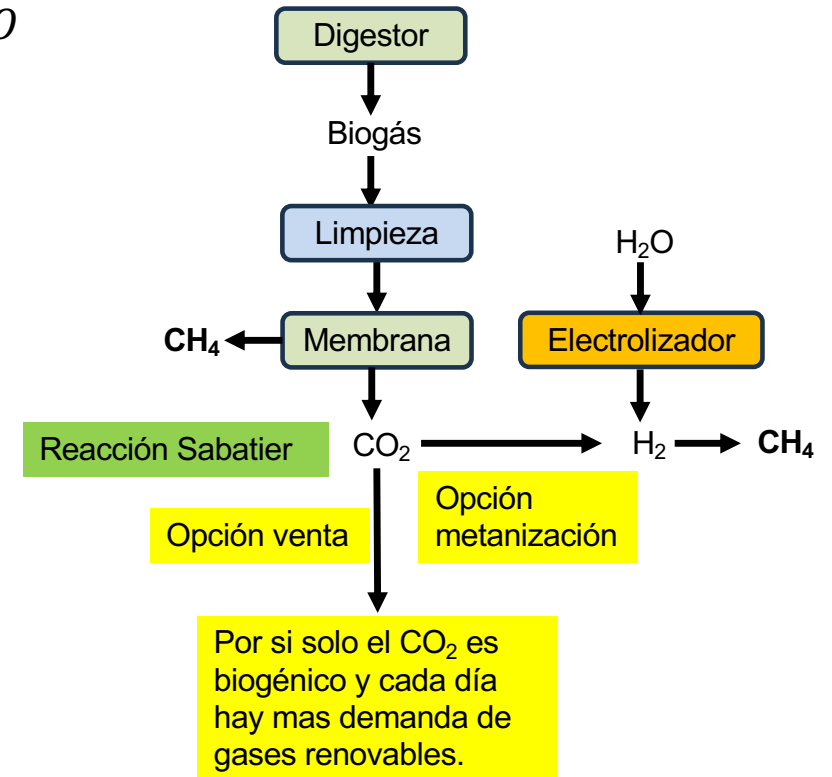
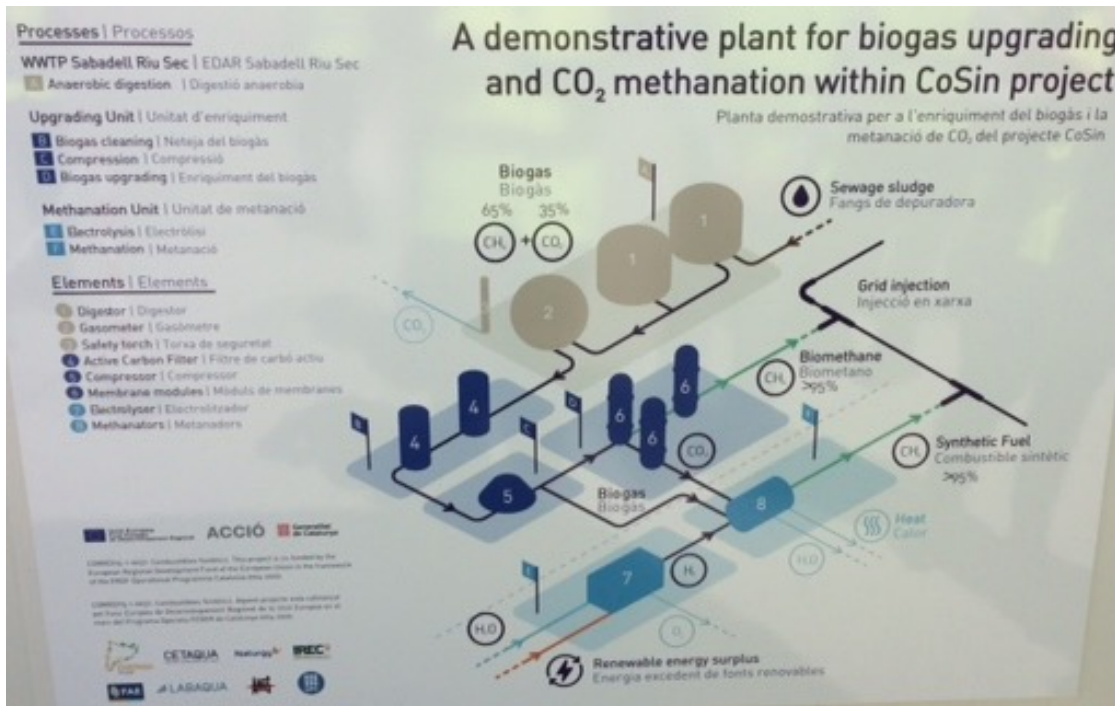
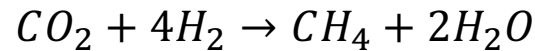
**Secuencia para el uso del CO<sub>2</sub> como materia prima:**



# LA METANIZACIÓN DEL CO<sub>2</sub> DEL BIOGÁS: Proyecto CoSin

El esquema muestra la planta piloto (en la EDAR de Sabadell) que consiste en:

- Obtención de H<sub>2</sub> por electrólisis.
- Limpieza del biogás (con CA) para eliminar siloxanos, H<sub>2</sub>S y vapor de agua.
- Enriquecimiento de CH<sub>4</sub> hasta 95% (el resto es CO<sub>2</sub>) e inyección en red.
- Metanización del CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub> e inyección a red de GN.
- La reacción de Sabatier usa el CO<sub>2</sub> como fuente de carbono para obtener CH<sub>4</sub>.



# **ECONOMÍA DE LA CONVERSIÓN DEL CO<sub>2</sub> A CH<sub>4</sub>**

La conversión (reacción de Sabatier) es endotérmica y precisa de catalizadores especializados.

La viabilidad de generar metano es técnicamente alta y madura, siendo una tecnología clave en el ámbito del Power-to-Gas (energía a gas) para almacenar renovables y valorizar CO<sub>2</sub>. Sin embargo, su viabilidad económica sigue siendo limitada debido al alto coste de producción del hidrógeno H<sub>2</sub> necesario, lo que hace que el metano sintético sea más caro que el gas natural fósil.

La tabla siguiente muestra una aproximación actual (2026) de los precios de las diferentes energías. Se estima que el GN sintético pronto será rentable.

## **PRECIOS**

**Energía térmica: 25 /MWh**

**Energía eléctrica: 120 /MWh**

**Metano “Sabatier”: 150 /MWh**

# REDES DE CO<sub>2</sub> O DE CH<sub>4</sub>

La cantidad de C que contiene la molécula de CO<sub>2</sub> es del 27,2%, mientras que para el metano es del 75%. Por lo tanto, lo que interesa es convertir el CO<sub>2</sub> en CH<sub>4</sub> y transportarlo por la red de Gas Natural.

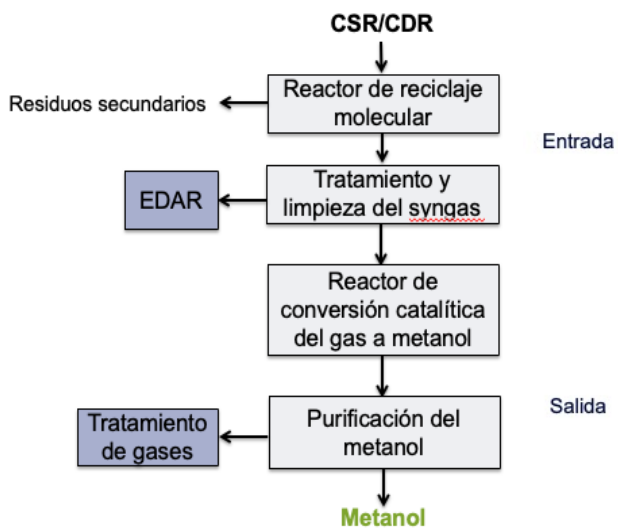
Propiedad	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>
Masa molar	44 g/mol	16 g/mol
Densidad	Alta	Baja
Energía transporte	Mayor	Menor
Pérdidas presión	Mayores	Menores
Estado típico	Gas / supercrítico	Gas



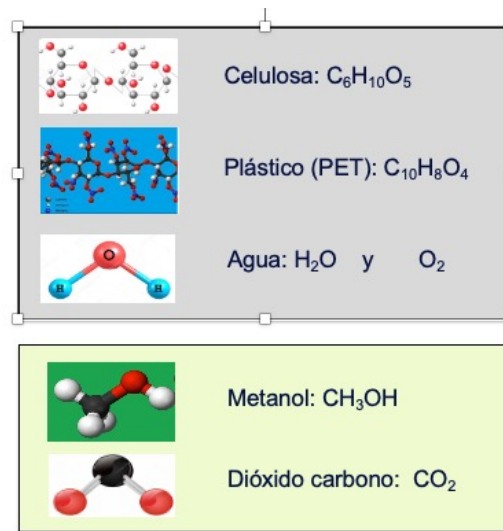
En España, Enagás gestiona más de 11.000 km de gasoductos. Se divide en transporte primario (alta presión > 60 bar) y secundario (entre 16 y 60 bar). Hay muchas plantas de regasificación en la costa.

# OBTENCIÓN DE METANOL A PARTIR DE RESIDUOS

El metanol es el producto químico mas vendido del mundo.



Esquema de la Eco planta



Entradas y salidas de la planta

Residuos a tratar (BH)	410.000	t/año
Residuos a tratar (BS)	257.100	t/año

Entradas	t/año	Salidas	t/año
Residuos (BH)	410.000	<b>Metanol</b>	<b>257.627</b>
Gases industriales	238.285	Agua (secadores)	112.773
Agua y vapor de agua	34.912	Agua residual	121.908
Aditivos y reactivos	15.821	Materiales recuperados	10.630
Aire	175.676	Residuos secundarios	49.116
		Gases tratados	319.252
		Ajuste balance	3.388
<b>TOTAL</b>	<b>874.694</b>	<b>TOTAL</b>	<b>874.694</b>

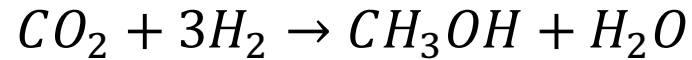
Balance de masas de la ECOPLANTA (2018)



Foto de la planta de 100.000 t metanol/año en Edmonton (Canadá)

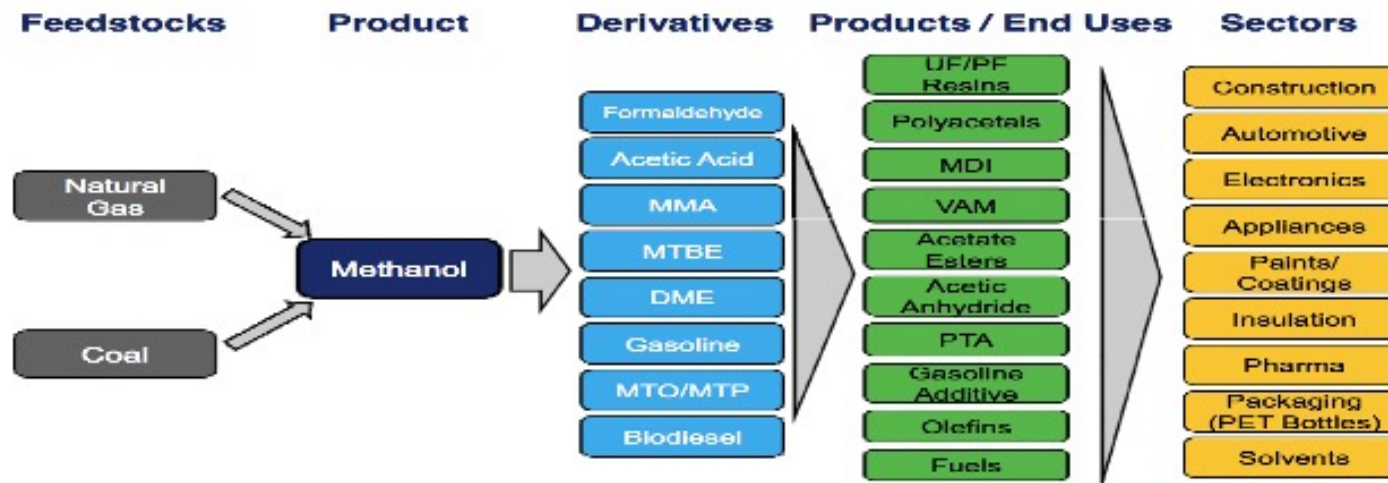
# EL CO<sub>2</sub> COMO MATERIA PRIMA PARA METANOL

La obtención de metanol CH<sub>3</sub>OH es un proceso de valorización de gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub>), principalmente mediante la **hidrogenación catalítica** (a altas presiones 50-100 bar y temperaturas de 200-300°C)



Utilizando catalizadores basados en Cu, Zn y Ce. Esta tecnología es clave en la economía circular.

El metanol es utilizado principalmente como disolvente, materia prima para producir formaldehído y plásticos, anticongelante y combustible de alto rendimiento (pila de combustible de metanol para buques), etc.



# FUENTES Y CONSUMO DE CO<sub>2</sub> BIOGÉNICO

## PRODUCCIÓN DE CO<sub>2</sub> bio:

Restos de plantas, animales y residuos orgánicos.

Microorganismos descomponen la materia orgánica y liberan CO<sub>2</sub> (y a veces CH<sub>4</sub>).

Quema de madera, residuos agrícolas, biocombustibles.

Redes de calor, estufas de leña, centrales de biomasa

Manejo de cultivos y residuos vegetales.

Fermentación en silos. Compostaje.

**Fermentación industrial:** Producción de bioetanol: Cerveza, vino

**Digestión anaerobia:** El proceso libera mucho CO<sub>2</sub> biogénico.

## CONSUMIDORES DE CO<sub>2</sub> bio

**Alimentación y bebidas:** carbonatación de refrescos y cerveza, atmósferas modificadas para conservación y uso alimentario si cumple un cierto grado de pureza “food grade”.

**Química y petroquímica verde:** como materia prima para metanol, urea, carbonatos, polímeros y otros químicos de base carbono.

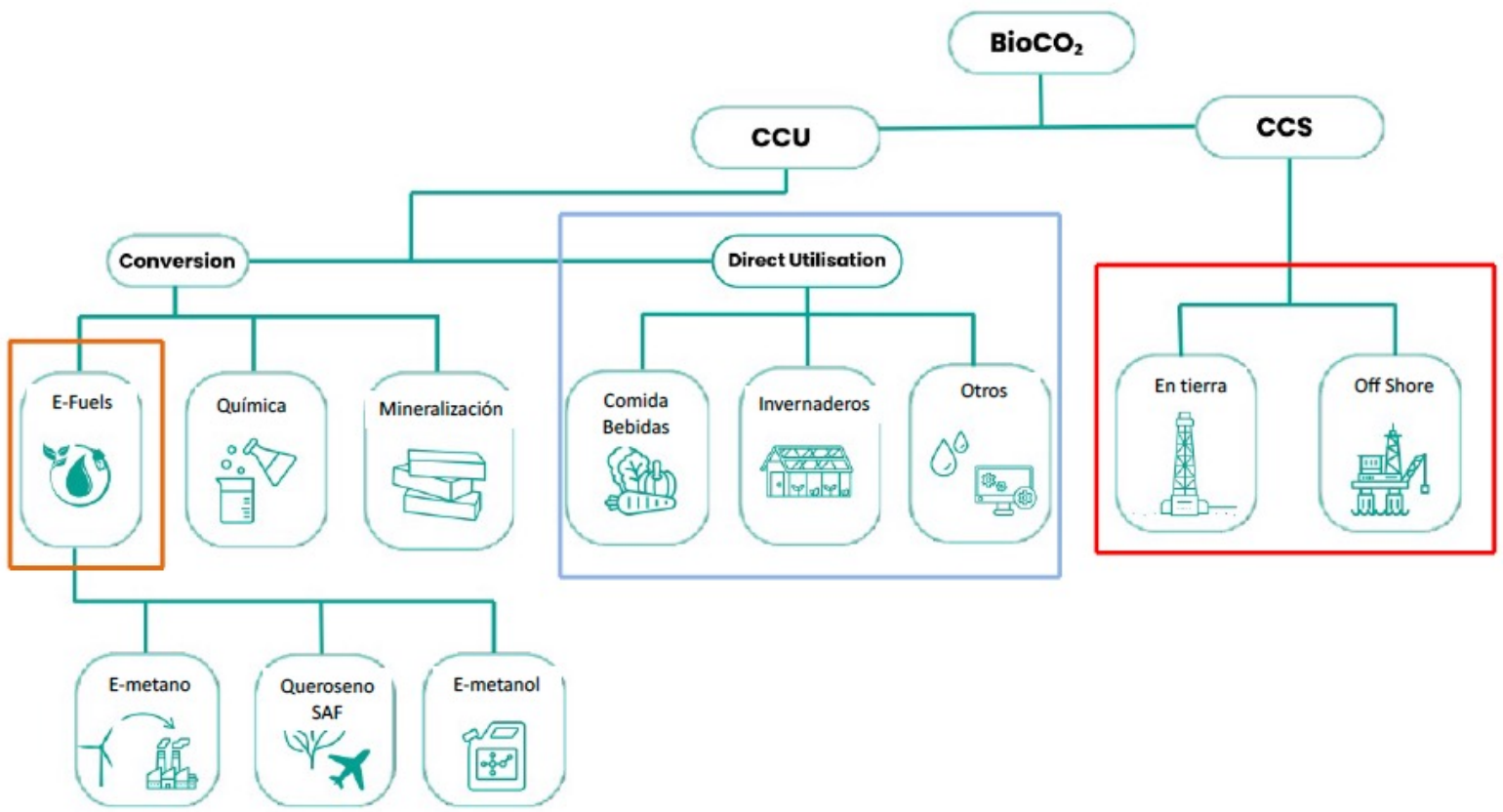
**Combustibles sintéticos / e-fuels:** combinado con hidrógeno para producir e-metanol, e-metanol marino, e-queroseno y otros combustibles sintéticos.

**Materiales de construcción:** mineralización y curado de hormigón, áridos carbonatados y otros materiales que fijan CO<sub>2</sub>.

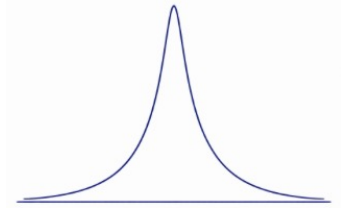
# NUEVOS COMBUSTIBLES A PARTIR DEL CO<sub>2</sub>-bio

En la próxima década, habrá una gran demanda de CO<sub>2</sub> bio (por ejemplo, el que produce la digestión anaerobia) y sobre todo para los E-fuels. Además, es un buen refrigerante.

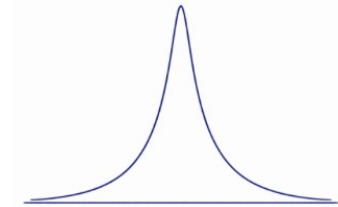
Otro sistema es con H<sub>2</sub> de electrolizadores y CO<sub>2</sub>:  $H_2 + CO_2 \xrightarrow{\text{Catalizadores}} CxHy + O_2 \uparrow$



## DESTILACIÓN FRACCIONADA



Para una gasolina: la mayoría es C8.



Para en gasóleo: la mayoría es C13.



Para un FT (Fichers-Tropch) la campana de Gauss es achatada y hay que “redestilar” el “nuevo petróleo”. Es fundamental la búsqueda de nuevos catalizadores.

Solo en España, la UE prevé que se necesitarán 34.400.000 t CO<sub>2</sub>-bio para la síntesis de los E-fuels

# OTRAS APLICACIONES DEL CO<sub>2</sub> COMO MATERIA PRIMA

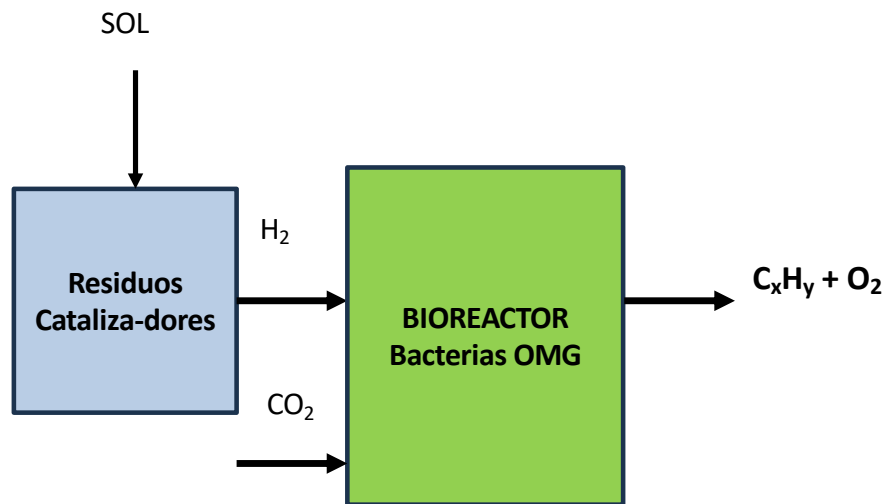


# COMBUSTIBLES AVANZADOS A PARTIR DE BACTERIAS MODIFICADAS GENÉTICAMENTE

La Universidad de Santiago de Compostela **producirá biocombustibles avanzados** mediante el uso de bacterias genéticamente mejoradas para convertir  $\text{CO}_2$ , junto con hidrógeno renovable, en un biocombustible renovable.

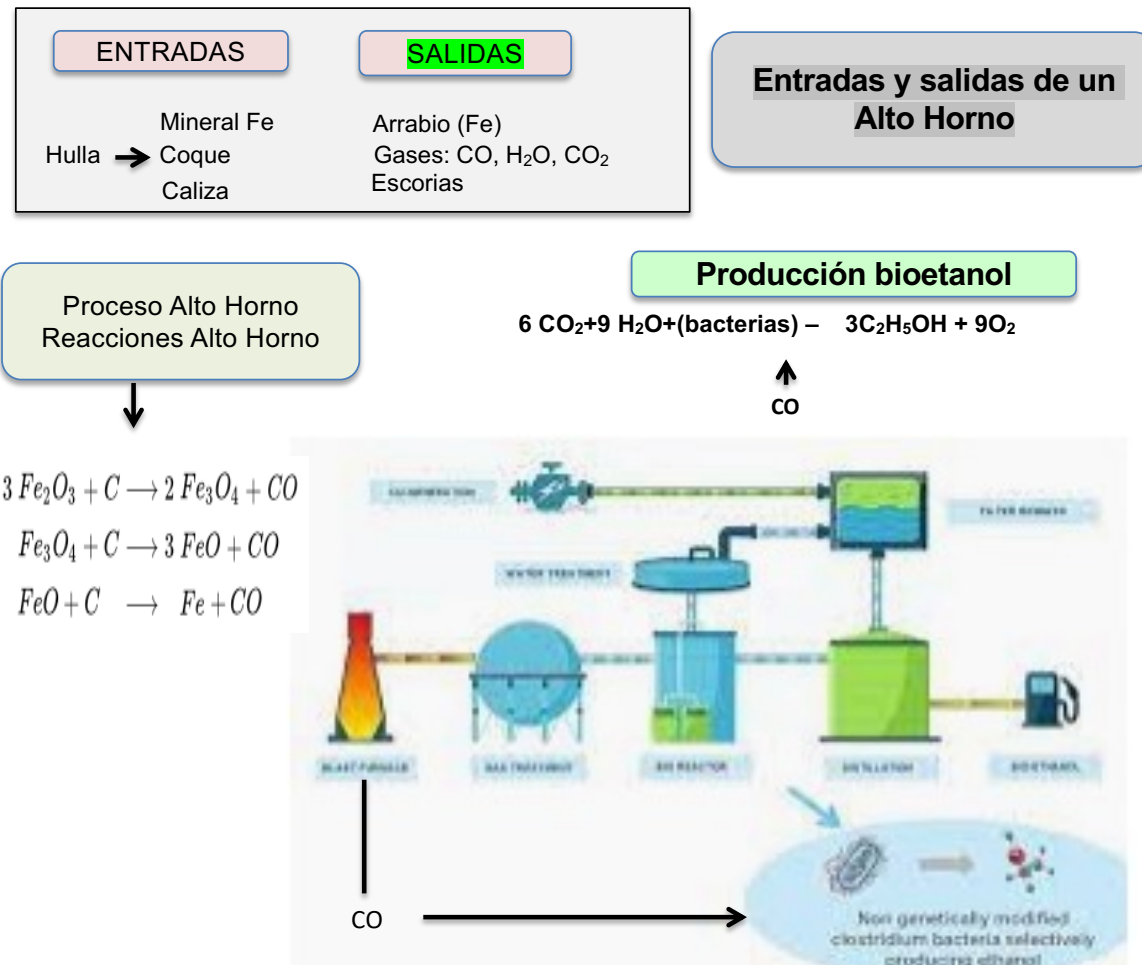
1ª etapa: **imitar el proceso natural de la fotosíntesis** mediante el uso de la luz solar directa en aguas residuales, para obtener hidrógeno renovable.

2ª etapa: el hidrógeno producido en el paso anterior alimentará un biorreactor junto con  $\text{CO}_2$  en bruto y **bacterias genéticamente modificadas (OMG)**, para obtener biocombustibles avanzados.



# PROCESO BIOLÓGICO DE CAPTURA DE CO<sub>2</sub> Y GENERACIÓN DE BIOETANOL

ArcelorMittal y LanzaTech han desarrollado un proceso para alimentar bacterias con CO y generar etanol.



# TECNOLOGÍAS APLICABLES A LA VALORIZACIÓN DE RESIDUOS INORGÁNICOS: LA CARNOTACIÓN

Para la valorización de los residuos se puede usar:



RCD



Residuos mineros y de actividades extractivas

Residuos

Tecnologías basadas en la carbonatación

CO<sub>2</sub>

Residuos con hidróxidos



Tecnologías basadas en la química:  
GEOPOLÍMEROS

Tecnologías basadas en la química y calor:  
HORMIGONES

Biochar C. Sistemas de drenaje



Tecnologías basadas en la química y calor:  
CERÁMICOS

CERÁMICAS Aislantes

CERÁMICAS Densas

CERÁMICAS Vitrificadas

# IMPACTO DE LA ECONOMÍA CIRCULAR



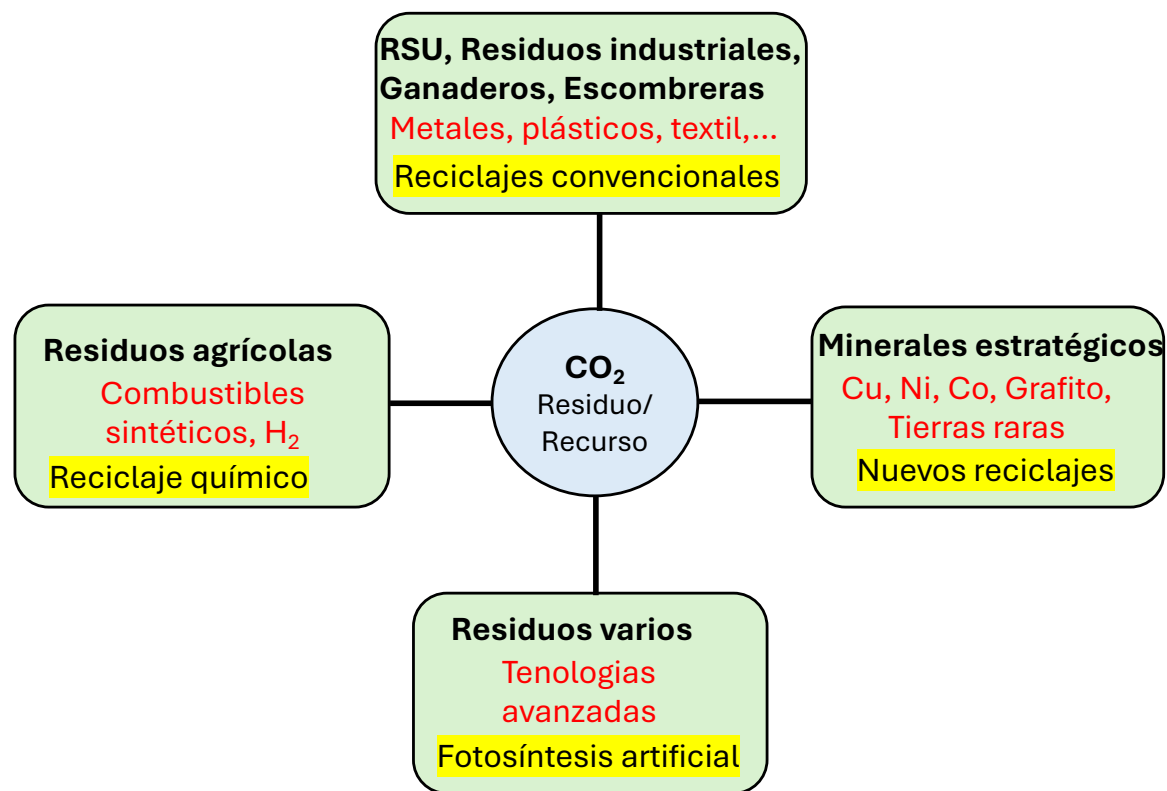
# EL CO<sub>2</sub> Y LA ECONOMÍA CIRCULAR

La generación del CO<sub>2</sub> esta íntimamente ligada a la producción de materiales y energía. Pero es una oportunidad de reindustrialización:

Al aumentar la eficiencia de un proceso se reduce el gasto de energía.

Hay fábricas de cemento que funcionan con carbón vegetal: PIRÓLISIS.

El reciclaje químico permite una nueva vida a los residuos plásticos.



Se puede producir acero con energía renovable y H<sub>2</sub> (en lugar de coque).

A partir de CDR se produce metanol (el producto químico mas vendido).

Las balsas de residuos, las escombreras y los depósitos de cenizas volantes son "recursos" de minerales estratégicos.

Cada día es mas importante el uso de CO<sub>2</sub> como gas refrigerante e industrial.

# LA GENERACIÓN DE RESIDUOS EN ESPAÑA Y LAS COMPRAS DE MATERIALES

La tabla siguiente compara la cantidad y naturaleza de los residuos que se generan en España con la cantidad de materias (no energéticas) que se adquieren en el país.

## Estimación residuos generados en España (2022)

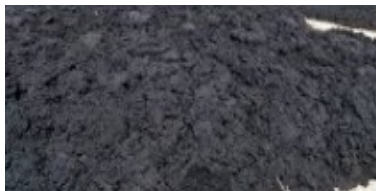
Clase de residuo	t/año 2022	%
Residuos urbanos	23.203.308	7,0%
Fangos EDAR	6.629.516	2,0%
Residuos Construcción y Demolición	39.777.099	12,0%
Industriales	13.259.033	4,0%
Mineros (Balsas y escombreras)	109.387.021	33,0%
Forestales	29.832.824	9,0%
Agrícolas	72.924.681	22,0%
Ganaderos	36.462.340	11,0%
<b>TOTAL</b>	<b>331.475.822</b>	<b>100%</b>

Fuente Elaboración propia y MITECO

## Materias primas no energéticas compradas en España

Materiales comprados y usados	t/año 2022	%
Industria básica y extractiva	228.053.012	68,1%
Industria transformadora	6.329.412	1,9%
Alimentos y recuperación de residuos	24.644.221	7,4%
Alimentos: Agricultura y ganadería	76.039.256	22,7%
<b>TOTAL</b>	<b>335.065.901</b>	<b>100%</b>

Fuente: Ministerios: MITECO – INDUSTRIA - AGRICULTURA



# IMPORTANCIA DE LA ECONOMÍA CIRCULAR – NZE 1

Es importante constatar que las cifras finales de “materiales no energéticos” son del mismo orden que la de los residuos, lo que debería forzar a un cambio de paradigma. Los “residuos” deben ser considerados como **recursos**.

El **II Plan de Acción de Economía Circular (PAEC) 2024-2026** inaugura una fase distinta en la política ambiental española.

	Año 2022	Año 2022	Año 2022
<b>Materias compradas y usadas</b>	t materiales/año	t CO2-eq/año	t CO2/t material
INDUSTRIA BÁSICA Y EXTRACTIV	228.053.012	37.435.562	0,164
INDUSTRIA TRANSFORMADORA	6.329.412	24.065.684	3,802
Alimentos y recuperación de residu	24.644.221	7.764.001	0,315
Alimentos: Agricultura y ganaderia	76.039.256	66.130.588	0,870
<b>PARCIAL</b>	<b>335.065.901</b>	<b>135.395.835</b>	<b>0,404</b>
Productos petroliferos	45.645.249	122.428.508	2,682
Gas Natural	27.350.068	45.711.111	1,671
Carbón	2.124.000		
<b>PARCIAL</b>	<b>75.119.318</b>	168.139.619	2,238
<b>TOTAL (2022)</b>	<b>410.185.219</b>	<b>303.535.454</b>	<b>0,740</b>

La tabla calcula los valores unitarios de tCO<sub>2</sub>/t material

Net Zero Emissions	<b>100.000.000</b>	t CO2-eq/año
Emisiones 2022	303.535.454	t CO2-eq/año
Emisiones 2035	200.000.000	t CO2-eq/año
Emisiones 2050	100.000.000	t CO2-eq/año

La tabla reproduce las previsiones de emisión del MITECO

Fuente Elaboración propia

## IMPORTANCIA DE LA ECONOMÍA CIRCULAR – NZE 2

Con los cálculos llevados a cabo anteriormente no hará falta comprar la misma cantidad de materias primas ya que una parte de ellas procede de la recuperación (“recursos”). También hay que tener en cuenta que no se ha tenido en cuenta la valorización energética.

En cambio, si se tienen en cuenta las reducciones de productos energéticos ya que se cuenta con electrificar y el aumento de los e-combustibles.

	Año 2035				
<b>Materias compradas y usadas</b>	t materiales/año	t materiales recupera	t material	t CO2/t material	t CO2/año
INDUSTRIA BÁSICA Y EXTRACTIVA	335.065.901	93.761.250	241.304.651	0,350	84.456.628
Productos petroliferos	29.669.412		29.669.412	2,682	79.578.530
Gas Natural	16.410.041		16.410.041	1,671	27.426.667
			<b>287.384.104</b>		<b>191.461.825</b>

Reducción de materias (por compra y valorización) y emisiones previstas para 2035

	Año 2050				
<b>Materias compradas y usadas</b>	t materiales/año	t materiales recupera	t material	t CO2/t material	t CO2/año
INDUSTRIA BÁSICA Y EXTRACTIVA	335.065.901	121.889.625	213.176.276	0,350	74.611.697
Productos petroliferos	11.867.765		11.867.765	2,682	31.831.412
Gas Natural	8.205.020		8.205.020	1,671	13.713.333
			<b>233.249.061</b>		<b>120.156.442</b>

Reducción de materias (por compra y valorización) y emisiones previstas para 2050

Fuente Elaboración propia

# IMPORTANCIA DE LA ECONOMÍA CIRCULAR – NZE 3

La nueva Ley de Economía Circular de la UE fija unos objetivos de circularidad que supone llegar al 2050 con emisiones de CO<sub>2-eq</sub> nulas.

Esto es un límite, aun tratándose del 2050 muy difícil de conseguir. El propio MITECO admite el NZE en 100.000.000 t de CO<sub>2-eq</sub>.

Por otra parte, la mayoría de los países parten de valores de EC muy superiores al 12% de España. El resumen sería el indicado en la tabla siguiente.

<b>ESPAÑA</b>	2024	2030	Previsión con EC	2050	Previsión con EC
Tasa de Economía Circular	<b>11%</b>				
Compras materiales t/año	335.065.901				
Compras materiales t/año		287.384.104	<b>14%</b>		
Compras materiales t/año				233.249.061	<b>30%</b>

Reducción de materias (por compra y valorización) con Economía circular

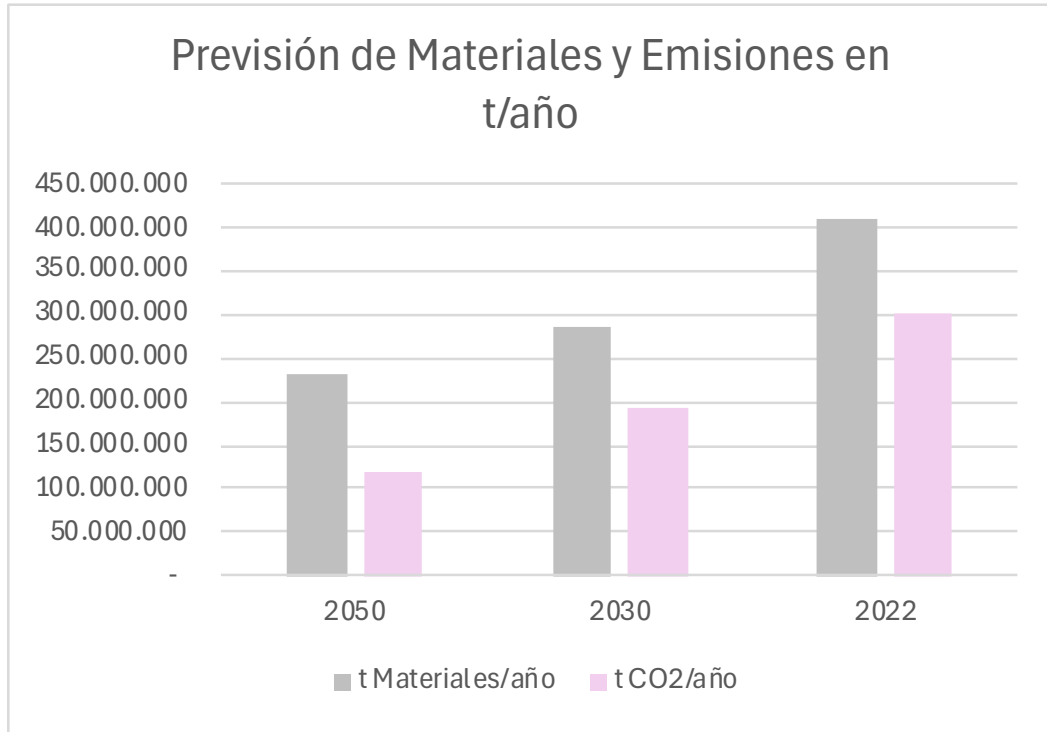
	España 2024	UE 2030
Economía Circular	11%	
Propuesta UE		24%

Realidad y objetivos de la Economía circular

Fuente Elaboración propia

# RESUMEN DE CIFRAS DE 2022 Y OBJETIVO PARA 2050 DE EMISIONES DE CO<sub>2</sub>-eq

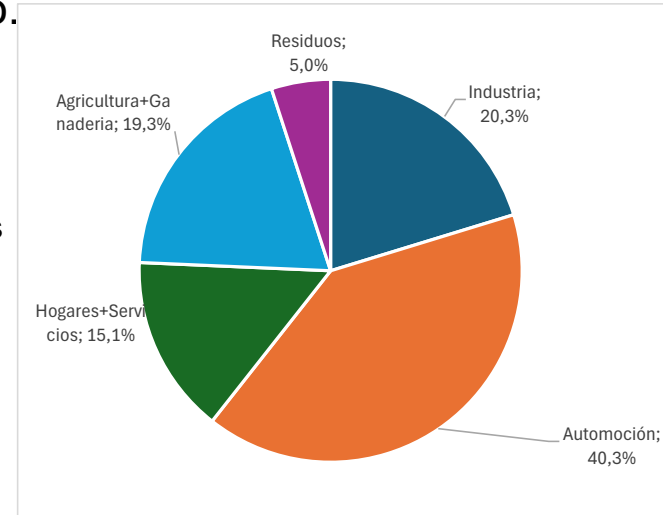
A partir de las tablas anteriores la gráfica siguiente muestra la correlación entre materiales y emisiones (de casi 3 veces) en las tres fechas señaladas a medianos de siglo.



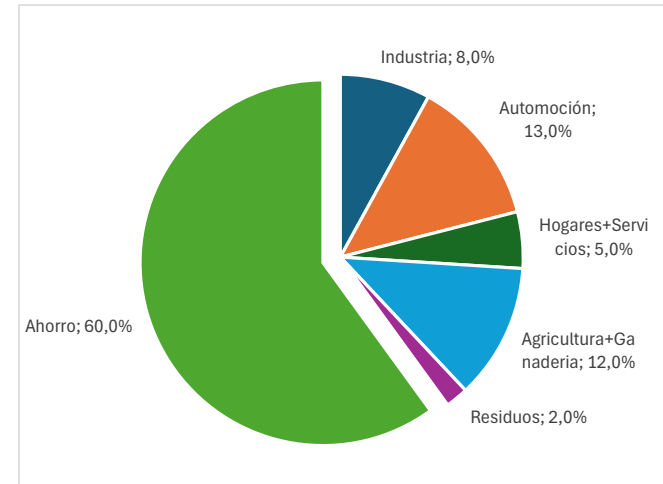
Previsión de emisiones para 2035 y 2050 (NZE)

Fuente Elaboración propia

Emisiones en 2022



Previsión de emisiones para 2050



# POTENCIAL DE BIOMETANO EN ESPAÑA

España dispone de un potencial de biometano que se estima que puede alcanzar los 163 TWh/año, es decir la mitad del consumo actual de GN. Sin embargo, solo tiene en marcha 15 plantas de biometano operativas, cuando la cifra de la UE es de casi 1.500 plantas, así Alemania tiene 150. En Dinamarca el biometano cubre más del 40% de la demanda de GN.

POTENCIAL DE BIOGAS EN ESPAÑA		
Potencial de biogas	163.000	GWh/año
Potencial de biogas	163.000.000	MWh/año
Factor de conversión	13,5	MWh/t GN
<b>Potencial de GN</b>	<b>12.074.074</b>	<b>t GN/año</b>
Consumo GN España 2023	29.000.000	t GN/año
% de ahorro potencial	42%	
Emisión CO2 España por G	79.750.000	t CO2/año

Potencial de biogás en España

	2025		2024		2022
France	190,711	Germany	147,749	Germany	147,711
Germany	157,258	France	132,818	United Kingdom	107,029
Italy	99,658	United Kingdom	114,358	France	87,691
United Kingdom	93,151	Italy	97,757	Denmark	70,105
Denmark	85,142	Denmark	85,117	Sweden	45,421

Capacidad en billones m<sup>3</sup>/año

Numero de plantas operativas en España:

- 46 vinculadas a vertederos
- 34 a EDAR
- 13 sector agropecuario
- 12 sectores papel, químico, bebidas
- 3 FORM

# LA INNOVACIÓN, LA ECONOMÍA CIRCULAR Y LA RE-INDUSTRIALIZACIÓN



# NUEVAS FUENTES DE INNOVACIÓN

El objetivo mas importante es DESCARBONIZAR, no solo electrificar.  
Para alcanzar la neutralidad de emisiones en el NZE, según la AIE, hay que elegir las tecnologías mas efectivas.

## EN EL MERCADO

Automoción autónoma

Bombas de calor optimizadas

CO<sub>2</sub> capturado del aire

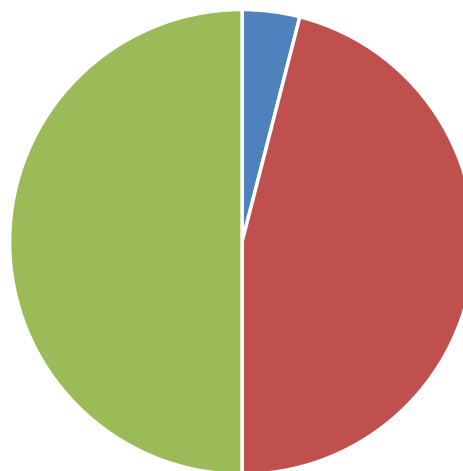
Barcos con amoniaco

H<sub>2</sub> electrolítico para metanización

Edificios que puedan almacenar energía

Crakers eléctricos y mas grandes

Evolución de las tecnologías para NZE en 2050



■ Comportamiento en 2050 ■ En desarrollo ■ En el mercado

## EN DESARROLLO

Sistemas avanzados de refrigeración

Baterías avanzadas

E-fuels

Captura CO<sub>2</sub> del clínker

Modelo de acero a partir de H<sub>2</sub>

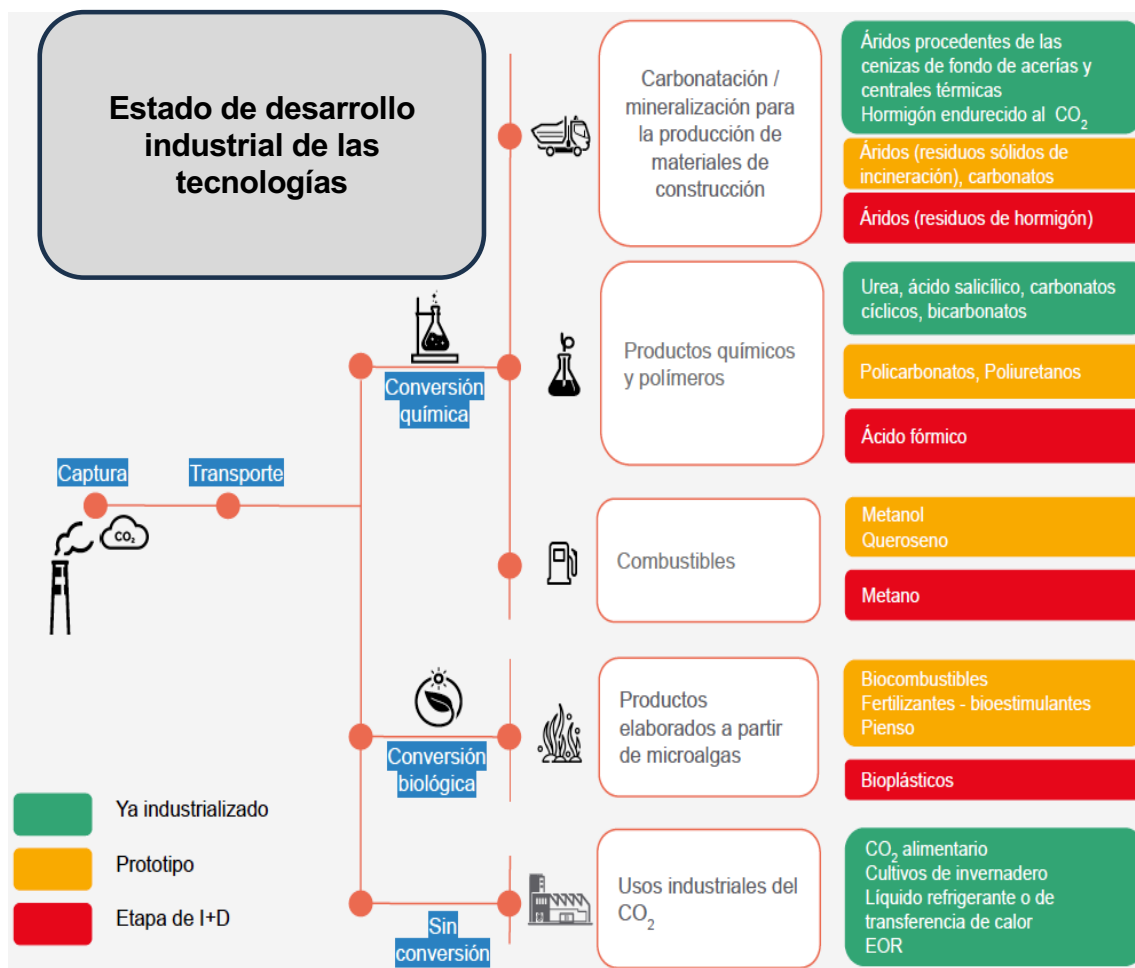
Reactores modulares nucleares (SMR)

Combustibles sintéticos

Fuente IEA 2021

# ESTADO DE DESARROLLO DE LAS TECNOLOGÍAS AVANZADAS DE CONVERSIÓN DE CO<sub>2</sub>

Las tecnologías más avanzadas de secuestro son las referentes a materiales de construcción y productos químicos.



# EL OBJETIVO DE LAS FUTURAS INVERSIONES PARA ALCANZAR EL NZE

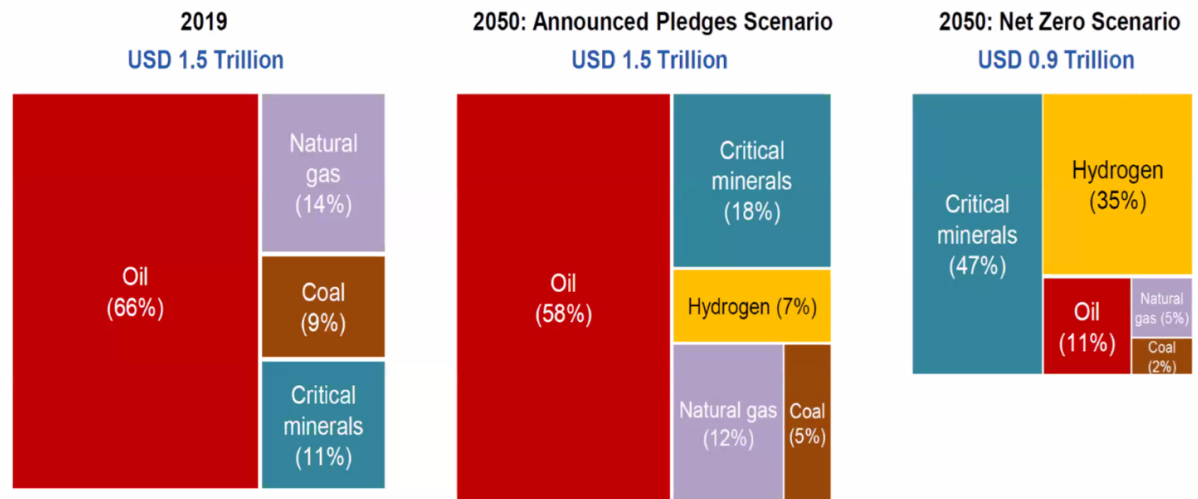
La AIE estima que en 2050 el 85% de las inversiones en recursos energéticos se focalizará en los minerales críticos y en el hidrógeno.

Los depósitos de la extracción tradicional de minerales (relaves, escombreras) o las cenizas volantes de la quema de carbón, son fuentes de tierras raras.

**TRANSICION ENERGETICA = TRANSICION EXTRACTIVA**  
2019-2050: auge en el comercio internacional de minerales críticos por escenario

Value of international energy-related resource trade

APS: Escenario de Promesas Anunciadas



(IEA, WEO 2021)

# RETOS PARA LA SOSTENIBILIDAD FUTURA

Se precisa trabajar en los cuatro frentes indicados:

- Economía Circular: evitar el vertido y valorización material.
- Electrificación: EERR y Nuclear, para eliminar los combustibles fósiles.
- Descarbonización en automoción, la industria, la vivienda, etc. y usar el CO<sub>2</sub> como materia prima.
- La Innovación: Desarrollar nuevos procesos de mayor eficiencia.

