

Impactos económicos y ambientales de los e-combustibles en España: Sustitución de los combustibles fósiles por DME

Pilar Vega¹, Miguel Menéndez¹, Sofía Jiménez², Cristina Sarasa²

¹Grupo de Catálisis e Ingeniería de Reactores, Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A)

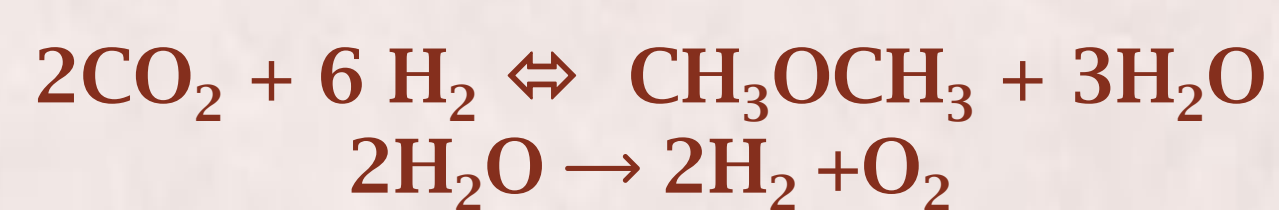
²Departamento de Análisis Económico, Facultad de Economía y Empresa, Universidad de Zaragoza
Tel. +34-976762707, e-mail: pvega@unizar.es

INTRODUCCIÓN

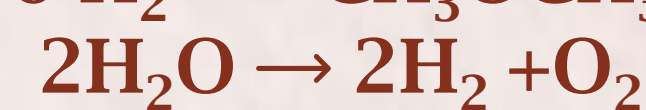
- Los combustibles sintéticos no biológicos como el dimetil éter (DME) ofrecen una alternativa sostenible a los combustibles fósiles, especialmente en sectores difíciles de electrificar.
 - El DME puede producirse a partir de hidrógeno renovable (electrólisis) y CO₂ capturado, contribuyendo a la descarbonización.
 - Presenta ventajas frente al diésel como su alto número de cetano, la ausencia de compuestos de azufre y nitrógeno que lo hacen menos contaminante y es compatible con la infraestructura de los Gases líquidos Derivados del Petróleo (GLP) lo que facilita su transporte.
 - Además, la coproducción de oxígeno como subproducto industrial/sanitario mejora su viabilidad económica haciéndolo competente en el mercado.
- El objetivo de estudio es evaluar el impacto de sustituir parcialmente el sector de las refinerías por uno nuevo de producción de DME renovable en la economía española.
- Analizar los impactos económicos, sociales y ambientales, centrándonos en las emisiones de gases contaminantes mediante enfoque input-output.

METODOLOGÍA PROPUESTA

- Planta propuesta: 100 kt/año de DME por síntesis directa de CO₂ e H₂ renovable (solar/eólica), en reactor con membrana y catalizador bifuncional Cu/ZnO/Al₂O₃ + HZSM-5. La planta propuesta se muestra en la (Figura 1) y las cantidades de materias primas se estiman con las siguientes reacciones:



Ecuación 1



Ecuación 2

Modelo utilizado: Input-output multirregional (EXIOBASE, 2021) ampliado a 60 sectores.

- Se introduce un nuevo sector de producción de DME, que sustituye parcialmente al de refinerías.
- Análisis tecno económico: estima costes operativos y de capital en función de requerimientos del proceso.
 - OPEX: electricidad, materias primas, CO₂, catalizadores, servicios.
 - CAPEX: infraestructura, equipos, mano de obra.

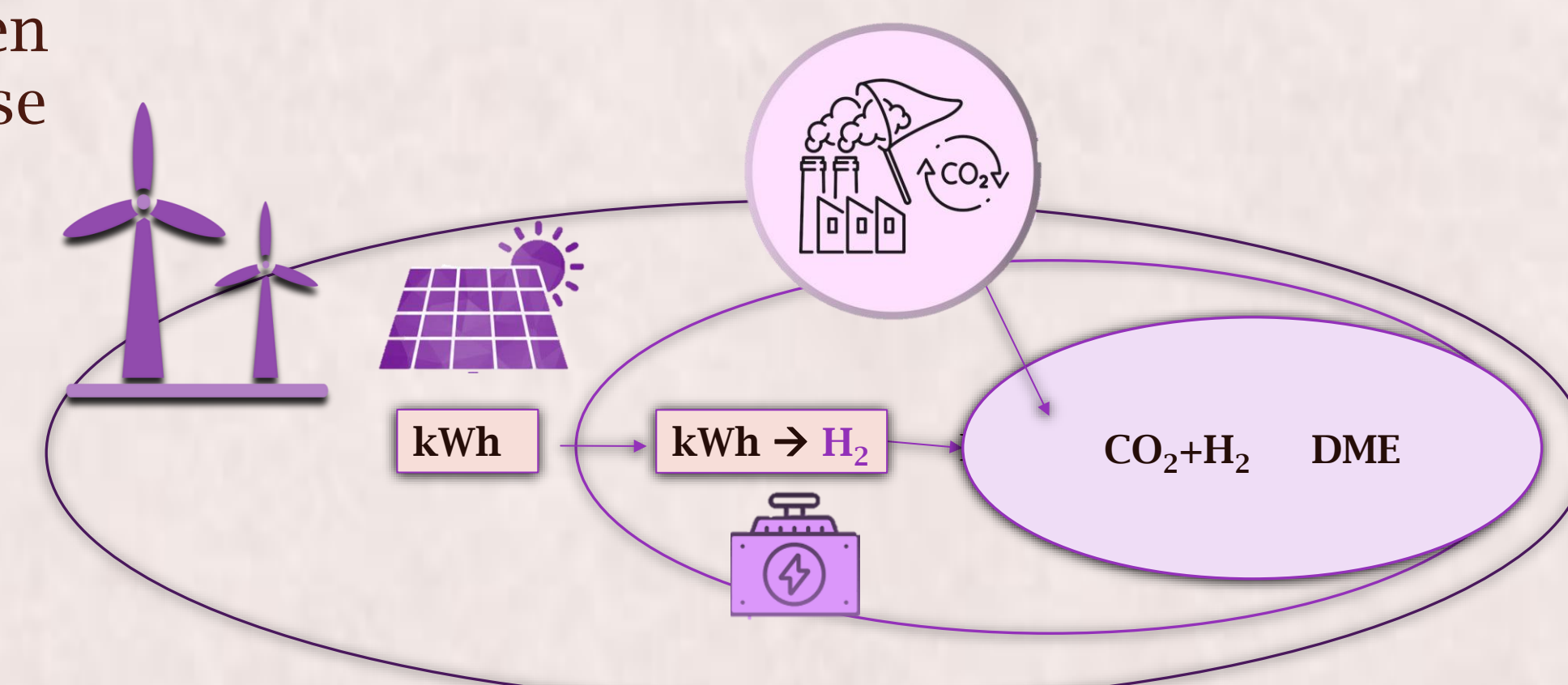


Figura 1. Planta propuesta

RESULTADOS

Tabla 1. Comparación de emisiones por sector y tipo de gas entre el escenario base (2021) y el escenario con producción de DME, incluyendo la tasa de reducción.

GAS	CO ₂			SO _x			CH ₄		
	DME (kT)	2021 (kT)	red %	DME (kT)	2021 (kT)	red %	DME (kT)	2021 (kT)	red %
Refinerías and coke oven	16,177	16,397	-1.34(*)	24,319	24,408	-0.28	5,360	5,379	-0.31
DME PRODUCTION	32	0		0,022	0		0,003	0,000	
Manufacture of plastics and chemical products	9,102	9,106	-0.05	9,886	9,889	-0.03	2,163	2,164	-0.05
Construction and processing of construction materials	17,071	17,072	-0.01	15,799	15,799	0.00	3,186	3,186	-0.01
Manufacture of motor vehicles, transport equipment and furniture	12,944	12,945	-0.01	10,475	10,474	0.01	2,333	2,334	-0.01
Electricity generation from coal	11,475	11,475	0.00	13,978	13,978	0.00	0,314	0,314	-0.02
Electricity generation from wind	356	363	-1.80	0,142	0,145	-1.77	0,019	0,020	-1.85
Hotels and restaurants	7,646	7,647	-0.01	8,838	8,838	0.00	3,009	3,010	-0.01
Air transport	8,503	8,508	-0.07	1,430	1,433	-0.21	0,281	0,282	-0.30
Waste management and treatment	1,000	1,001	-0.06	2,034	2,035	-0.05	0,423	0,423	-0.06

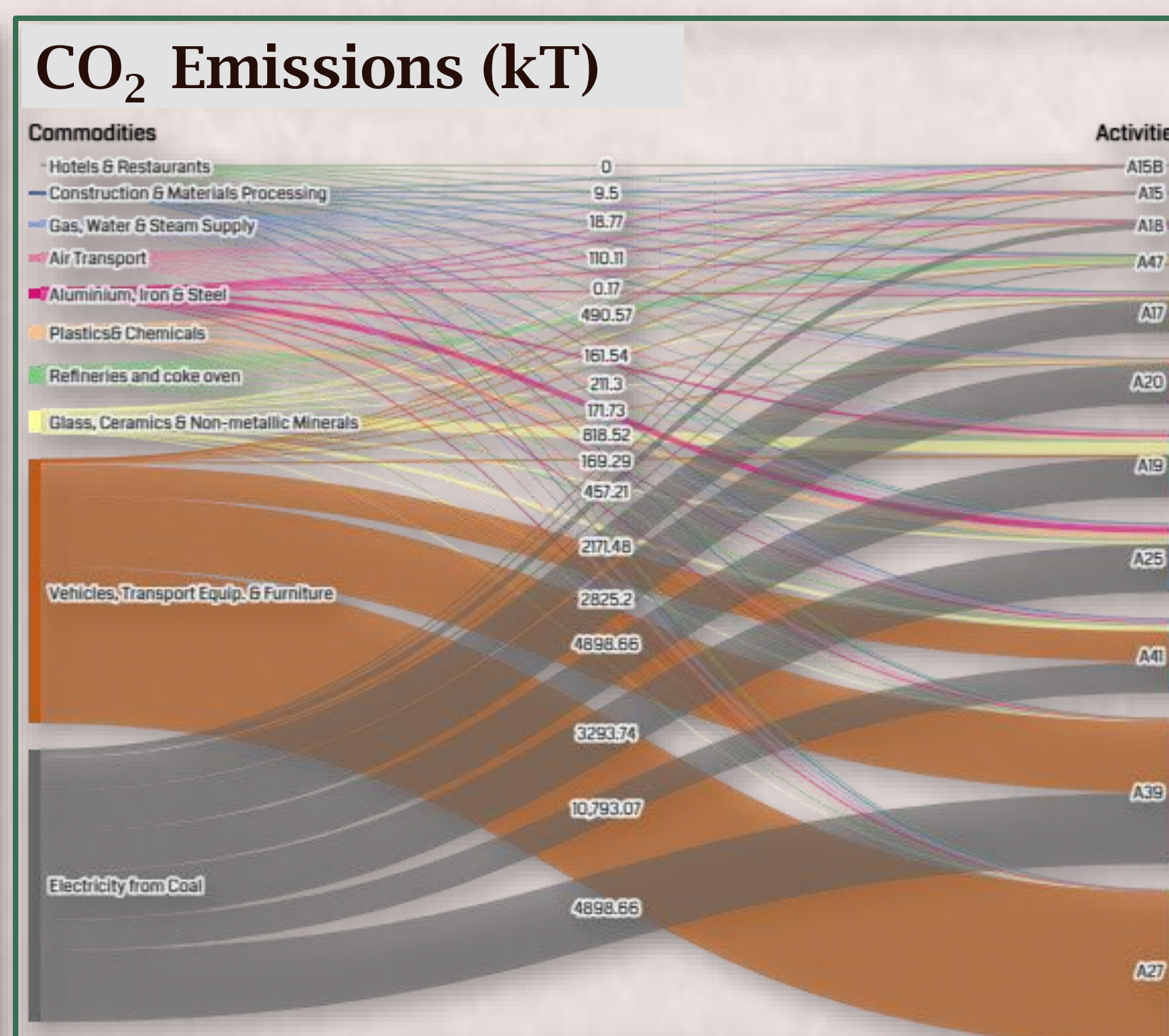


Figura 2. Diagrama de Sankey que representa los flujos de CO₂ incorporado en la cadena de suministro, resaltando los principales sectores emisores y transmisores.

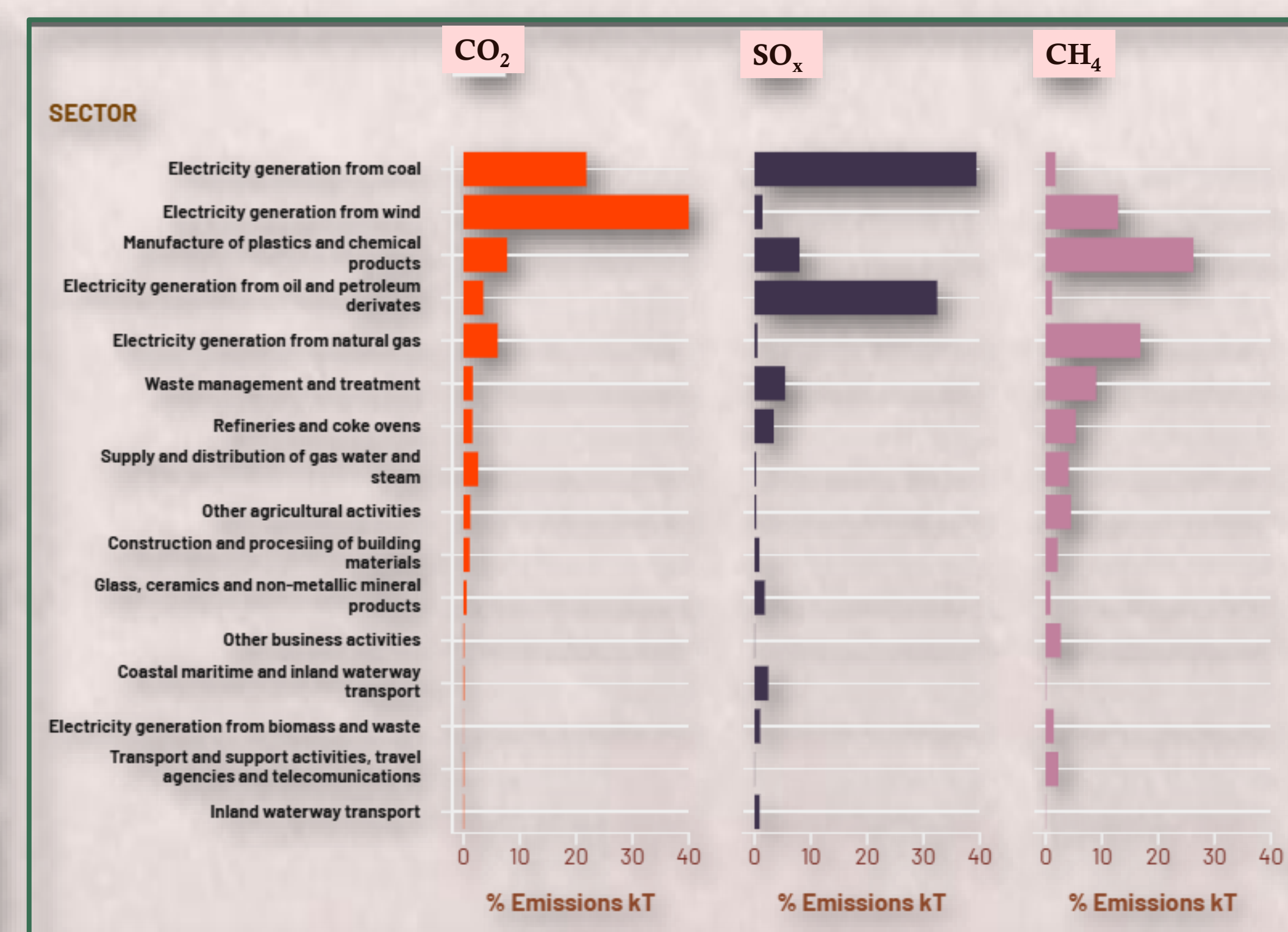


Figura 3. Contribución sectorial a las emisiones incorporadas del nuevo sector de producción de DME, mediante gráfico de barras apiladas.

- Se utiliza un modelo input-output multirregional (MRIO) basado en la estructura de Leontief para calcular las emisiones incorporadas. Este enfoque permite estimar las emisiones de CO₂ asociadas a la demanda final, considerando todas las interacciones entre sectores y regiones

$$e = \hat{c}(I-A)^{-1}\hat{Y}$$

Ecuación 3. Cálculo de las emisiones incorporadas mediante un modelo input-output extendido

- La Tabla 1 muestra los resultados de estas emisiones por gas y sector comparando el escenario base con nuestro nuevo sector de DME. Para visualizar estas emisiones, en las Figuras 2 y 3 se visualizan estos resultados y los flujos de emisiones entre sectores, así como los que contribuyen al nuevo sector.

CONCLUSIONES

- La integración del nuevo sector DME demuestra el potencial del modelo input-output permite captar impactos directos y estructurales a lo largo de la cadena de suministro.
- Los resultados muestran una reducción en emisiones de CO₂: -1,34%, SO_x: -0,28% y CH₄: -0,31% para la sustitución parcial en el sector refinerías.
- Se confirma la viabilidad ambiental de la electrólisis alimentada con electricidad renovable con una demanda de agua despreciable 0,022 % consumo nacional anual y la posibilidad de valorizar el oxígeno como coproducto.
- Como proyección futura, se plantea analizar el papel estratégico del DME en la economía nacional, su impacto en otros contaminantes (NO_x, NH₃, N₂O) y mejorar la representación de coproductos y eficiencia hídrica para avanzar hacia un sistema energético más sostenible.

REFERENCIAS

- G. Skorovika, M. Saric, S. N. Sluiter, J. Sánchez-Martínez, and J. Boon, "Techno-Economic Benefit of Sorption Evaluation of Sorption-Enhanced Dimethyl Ether Synthesis for CO₂ Utilization," *Frontiers chemical engineering*, vol. 2, no. TEA of Sorption-Enhanced DME production, Dec. 2020, doi: 10.3389/fceng.2020.594884.
- C. Peinado et al., "Review and perspective: Next DME synthesis technologies for the energy transition," *Jan. 01, 2024, Elsevier* 10.1016/j.ces.2023.147494.
- K. Stadler et al., "EXIOBASE 3: Developing a Time Series of Detailed Environmentally Extended Multi-Regional Input Output Tables," *J Ind Ecol*, vol. 22, no. 3, pp. 502-515, Jun. 2018, doi: 10.1111/jiec.12715.
- S. Poto, T. Vink, P. Oliver, F. Gallucci, and M. F. Neira D'angelo, assessment "Techno-economic of the CO₂ conversion to dimethyl ether in a membrane-assisted process," *Journal of CO₂ Utilization*, vol. 69, Mar. van Kampen, C. 2023, 10.1016/j.jcou.2023.102419

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la financiación recibida de la AEI proyecto (PLEC2022-009239) y de la EU por los fondos Next Generation. Agradecemos también la financiación recibida por parte del Gobierno de Aragón para el mantenimiento del grupo CREG (T43-23R) vía Fondos FEDER