



## **Producción de metano verde a partir de dióxido de carbono biogénico e hidrógeno verde**

Autores:

María Gimena Blanco Malzoni (IQ)

Eddie Kaitazoff Efimenco (IQ)

Pilar Eliana Rial Braña (IQ)

Lucas Villamor Schuch (IQ)

Sofía Antonella Yannuzzi Peña (IQ)

Proyecto de grado presentado a la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República en cumplimiento parcial de los requerimientos para la obtención del título de Ingeniero Químico.

Tutores:

Ing. Quím., Ph D Gustavo Domínguez

Ing. Quím., M. Eng. Santiago Ferro

Consultor:

Ing. Quím. Norberto Casella

Montevideo, Uruguay  
Abril 2025.

# Resumen Ejecutivo

El presente trabajo analiza la viabilidad técnica, económica y ambiental de una planta para la producción de metano sintético (metano verde) mediante la reacción de Sabatier. Se utilizan como insumos dióxido de carbono biogénico capturado de los gases de combustión de la planta UPM2, e hidrógeno verde generado a partir de electrólisis del agua, alimentada con electricidad de fuentes renovables, y la reacción química es realizada en sistemas de reacción catalizados. Es por tanto que se plantea la construcción de la planta de producción en la localidad de Centenario, departamento de Durazno, en las cercanías de UPM2, factor que contribuye al fortalecimiento de capacidades técnicas en el interior del país.

El proyecto se propone como una alternativa sostenible para sustituir el uso de fuel oil en procesos industriales de gran escala, particularmente en los hornos de cal de las plantas de celulosa UPM1, UPM2 y Montes del Plata. Esta sustitución no solo implica una reducción significativa de emisiones de gases de efecto invernadero, sino también un impacto positivo en el balance de divisas del país, al disminuir la necesidad de importación de combustibles fósiles.

Se evaluaron distintas tecnologías de captura de CO<sub>2</sub>, optando por el uso del solvente DMX, opción innovadora frente a las aminas convencionales. Dicha tecnología requerirá la instalación de equipos dentro del predio de la planta de UPM2, junto con un previo tratamiento de desulfurización de humos para asegurar la eficiencia del proceso de absorción.

El metano producido en el sistema de reacción será secado y enviado de forma gaseosa a UPM2, mediante un gasoducto de 700 metros de largo, y de forma licuada a UPM1 y Montes del Plata, mediante 11 camiones diarios de 58 m<sup>3</sup> de capacidad. El diseño del sistema productivo asegura el suministro a las tres pasteras, con respaldo mediante almacenamiento propio de producto y planes de contingencia.

Desde el punto de vista ambiental, se realizó una evaluación exhaustiva que garantiza la sostenibilidad del proyecto, contemplando el tratamiento adecuado de efluentes líquidos, gaseosos y sólidos, y proponiendo además la posible valorización de subproductos como lodos y cal. La integración térmica entre procesos optimiza el consumo energético y reduce el uso de recursos hídricos.

El proyecto contempla una captura anual de 446 mil toneladas de CO<sub>2</sub> y una producción de 82 mil toneladas de hidrógeno verde (que implican un consumo de 829 mil m<sup>3</sup> de agua por año). Esto permitirá una producción de 162 mil toneladas anuales de metano, equivalente al consumo total actual de fuel oil de las tres pasteras, con ingresos estimados en US\$ 517.814.004 por año (considerando un precio de producto de 2,28 USD/Nm<sup>3</sup>).

Desde el punto de vista económico, se analizaron dos escenarios: uno financiado completamente con capital propio y otro con financiamiento mixto. En base a las altas inversiones iniciales, se entiende que el financiamiento con capital propio no es una opción inviable. Es por tanto que se considera un préstamo de US\$ 722.685.114 (58% de la inversión total), que arroja un VAN neutro para un precio de producto de 67 USD/MMBTU, una TIR del 8% y un período de repago de 8,6 años.

En conclusión, se trata de una inversión innovadora, rentable en el caso de considerar un precio de producto mayor al mencionado o un subsidio significativo, y técnicamente viable, alineada con las políticas nacionales de descarbonización y desarrollo sostenible. El proyecto tiene el potencial de posicionar a Uruguay como referente regional en tecnologías de conversión de carbono y energía renovable, al tiempo que impulsa el desarrollo de capacidades industriales y capital humano especializado en el país. Adicionalmente, la experiencia adquirida y la infraestructura desarrollada podrían escalarse a otros puntos del país o adaptarse a procesos industriales con similares necesidades energéticas.

**Palabras clave:** CO<sub>2</sub> biogénico, hidrógeno verde, fuel oil, electrólisis, Sabatier, metano, descarbonización, agua, integración de calor, economía circular, innovación, sustentabilidad, energías renovables.