

# Plan de desarrollo con huella de carbono negativa para reservorio *offshore* en Noruega integrado con captura de carbono, utilizando las refinerías de Mongstad y Pernis como fuentes de CO<sub>2</sub>



Por *Augusto Correnti (Shell Argentina), Farzana Binte Miswan y Johana Nevito (pasantía en Total), y Carla Oliveira dos Santos y Fernanda Campos Furtado (pasantía en Equinor)*

**Este trabajo, que marca la visión sustentable hacia donde apunta la industria, fue galardonado recientemente con el premio internacional EAGE Minus CO<sub>2</sub> Challenge 2020. Uno de sus autores es un ingeniero argentino, miembro de la Comisión de Jóvenes profesionales del IAPG.**

**E**n el escenario actual de transición energética, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero es una tarea clave para centrarse, y la industria del petróleo y el gas tiene la experiencia necesaria para desempeñar un papel protagónico en la búsqueda de soluciones. Con el objetivo de explorar y proponer alternativas rentables y eficientes, se evaluó una estrategia de desarrollo con emisiones negativas en el campo de Norne. El reservorio Norne es un campo de gas con un



de petróleo, pero la opción se descartó a causa de resultados económicos desfavorables como consecuencia del volumen limitado de petróleo en Norne. Por lo tanto, el principal objetivo de producción fue la zona de gas, incluyendo la producción de condensado asociada. La estrategia optimizada consistió en 9 pozos perforados en las formaciones que contienen gas natural, como se muestra en la figura 1. El cronograma de perforación de los pozos se definió en función del rendimiento individual de cada pozo, con el fin de maximizar el retorno económico del proyecto.

La estrategia de producción propuesta ofrece un 59,2% de recuperación de gas y un 5,6% de recuperación de petróleo. La evaluación económica del desarrollo de campo se realizó suponiendo un precio del petróleo de 60 USD/bbl, un precio de 0,23 USD/Gas Sm<sup>3</sup>, costos de OPEX de 7,5 USD/bbl, 920 MMUSD de CAPEX asociados a instalaciones de superficie, un pozo de inyección de agua, nueve pozos productores de gas, depreciación de CAPEX durante 6 años, 55 kgCO<sub>2</sub>/boe de intensidad de emisiones de CO<sub>2</sub>, un precio de crédito al carbono de 60 USD/tonelada, la base imponible del impuesto de sociedades de Noruega del 22% y la base imponible especial a hidrocarburos del 56%. La evaluación económica del proyecto mostró un valor actual neto de 482 MMUSD y un período de amortización de 9,9 años. En La figura 2 se muestra la evolución del flujo de caja del campo Norne.

anillo de petróleo compuesto por las formaciones Garn, Ile, Tofte y Tilje, situado en el mar de Noruega, a unos 200 km de la costa y con una profundidad de agua de 380 m.

## Plan de desarrollo

La producción de hidrocarburos del campo Norne se optimizó con la evaluación de diferentes estrategias de desarrollo de campo, para ello se simuló el comportamiento dinámico del reservorio y se evaluaron los resultados económicos. En primer lugar se evaluó la producción de petróleo con pozos dirigidos al anillo

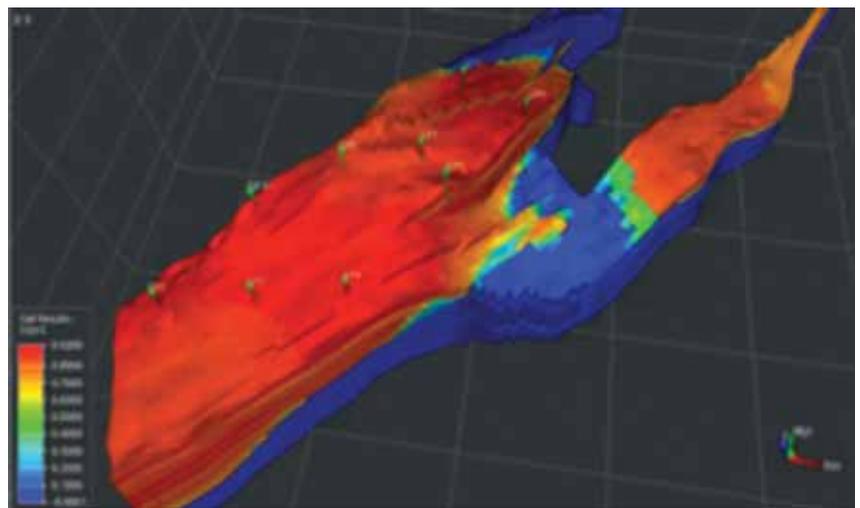


Figura 1. Estrategia de ubicación de pozos seleccionada.

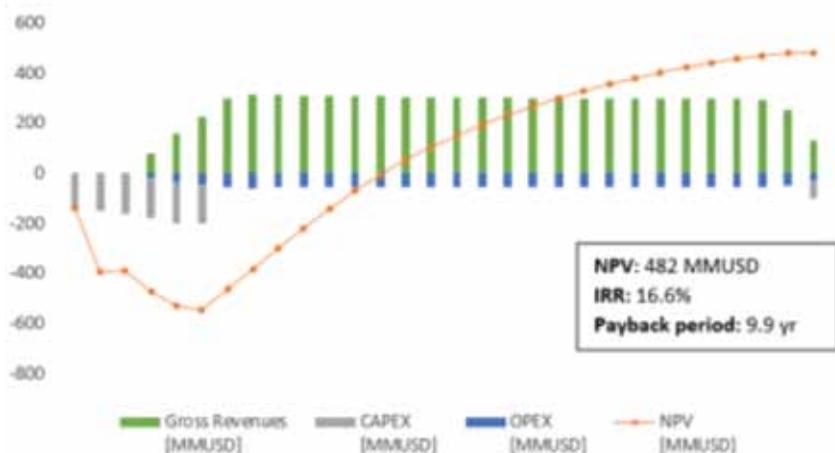


Figura 2. Evolución de los componentes del flujo de caja para el proyecto de desarrollo de Norne.



Figura 3. Emisiones de CO<sub>2</sub> estimadas para cada etapa del ciclo de vida de los fluidos producidos.

## Análisis de emisiones de CO<sub>2</sub>

Las emisiones de CO<sub>2</sub> se estimaron considerando el ciclo de vida completo de los fluidos producidos. Se utilizaron factores de intensidad de carbono en cada etapa del ciclo de vida del petróleo y el gas para estimar la huella de carbono de cada producto. En la figura 3 se muestra las emisiones totales de CO<sub>2</sub> del proyecto de desarrollo de campo, segmentadas por cada etapa del ciclo de vida analizada.

## Gestión de emisiones de CO<sub>2</sub>

Para alcanzar el objetivo de huella de carbono neutral se requiere una opción técnica y económicamente viable de manera de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en al menos un 2,78 MMtonCO<sub>2</sub>/año. Se evaluaron diferentes alternativas con el fin de disminuir las emisiones del proyecto. Se analizaron tecnologías como

el uso de turbinas eólicas y reactores nuclear modulares como opciones

de fuentes de energía para la etapa de producción de hidrocarburos. Estas opciones se descartaron, debido al pequeño impacto en términos de reducción de emisiones para la evaluación completa del ciclo de vida del proyecto y la inversión relativamente alta asociada.

Dado que el uso final del petróleo y el gas es el principal contribuyente a las emisiones del proyecto, se necesitan tecnologías de emisiones negativas para lograr la neutralidad del carbono. Por lo tanto, se evaluaron soluciones innovadoras, como es el uso del hidrógeno como combustible, como sustituto de combustibles líquidos convencionales y el uso de fotobiorreactores de algas para convertir el CO<sub>2</sub> en biomasa. En ambos casos, la escala de reducción de emisiones que se puede lograr no es suficiente para contrarrestar las emisiones del proyecto. Por lo tanto, se determinó que la mejor opción con escala suficiente para lograr la neutralidad del carbono es la captura y el almacenamiento de carbono. En la figura 4 se resumen todas las opciones consideradas para reducir la huella de carbono del proyecto.

Las formaciones Tilje y Are dentro del grupo Bat en el mar de

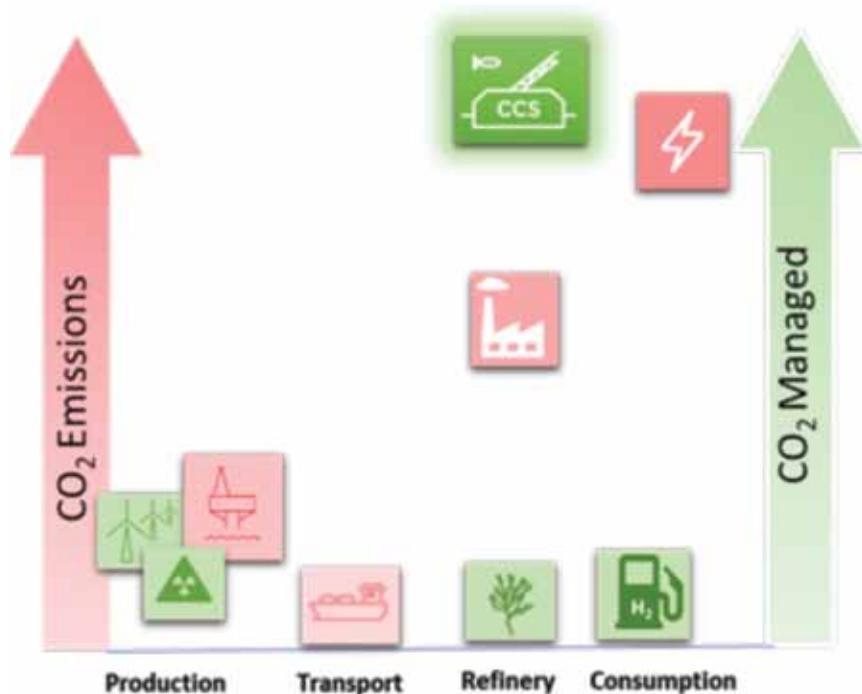


Figura 4. Fuentes de CO<sub>2</sub> del proyecto y tecnologías de emisión negativa evaluadas para contrarrestar las emisiones del proyecto.

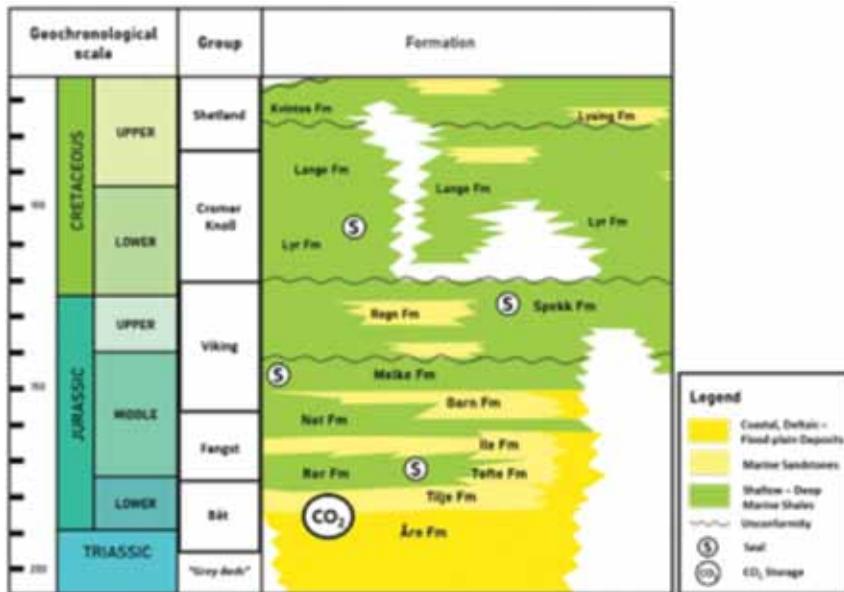


Figura 5. Las formaciones de Ore y Tilje debajo del campo de Norne en el mar de Noruega fueron consideradas como reservorios objetivo para almacenar CO<sub>2</sub>. El grupo Viking actuará como un sello para garantizar que el almacenamiento geológico de CO<sub>2</sub> sea seguro.

Noruega fueron consideradas como reservorios objetivo para almacenar CO<sub>2</sub>. El grupo Viking actuará como el sello principal para garantizar un almacenamiento seguro y confinado. En la figura 5 se muestran las formaciones descritas anteriormente. Se estimó que la capacidad de almacenamiento de CO<sub>2</sub> era de 147,4 MMton de CO<sub>2</sub>.

Después de determinar la formación objetivo para almacenar CO<sub>2</sub>, se evaluaron diferentes industrias como fuentes de carbono. Se necesita una fuente de carbono con emisiones significativas para contrarrestar la huella de carbono del proyecto, donde no solo el CO<sub>2</sub> pueda ser capturado fácilmente, sino también licuado y transportado con facilidad a Norne. Una planta de carbón en Alemania, una industria cementera en Noruega y dos refinерías europeas fueron evaluadas económicamente para determinar la mejor solución. Los costos de CAPEX y OPEX y la reducción del impuesto sobre el carbono asociada a las alternativas del proyecto CCS se estimaron y utilizaron para determinar la financiación gubernamental necesaria para que cada opción sea económicamente viable. En la figura 6 se ilustran los resultados de la evaluación económica de todas las opciones consideradas.

La alternativa que requiere la fi-

nanziación gubernamental más baja y logra emisiones netas negativas es la refinерía de Pernis. No obstante, al reconsiderar a las refinерías de Pernis y Mongstad en conjunto, dos gobiernos podrían colaborar con el proyecto con una menor inversión individual. Por lo tanto, se decidió proponer esta última alternativa para balancear las emisiones del proyecto.

Esta solución está alineada con los planes de cambio climático de los gobiernos noruego y holandés. Al proporcionar fondos a esta alterna-

tiva, el gobierno holandés invertirá en una solución eficaz para lograr su objetivo de reducir las emisiones del país en un 49% en 2030, en comparación con los niveles de 1990. Suponiendo que la financiación gubernamental necesaria para este proyecto se dividirá por la cantidad de emisiones capturadas y almacenadas provenientes de cada país, los gobiernos holandés y noruego proporcionarían 450 MMUSD y 300 MMUSD, respectivamente. Para demostrar la viabilidad económica del proyecto al gobierno noruego, la cantidad de fondos gubernamentales necesarios para la implementación de esta solución representa solo el 53% de los ingresos fiscales totales que el proyecto de desarrollo generará.

Por último, con el fin de lograr que la estrategia propuesta para la gestión del carbono sea más atractiva para los inversores y los gobiernos involucrados, el proyecto también podría gestionar fuentes adicionales de CO<sub>2</sub>, fuera del alcance inicial anteriormente descrito. Dado que la formación objetivo para la inyección de CO<sub>2</sub> tiene capacidad para almacenamiento adicional y el proyecto tendrá la infraestructura adecuada para realizar el transporte, la inyección y el almacenamiento de CO<sub>2</sub>. Las emisiones de otras fuentes podrían ser manejadas, siempre y cuando el emisor acepte pagar una tarifa por el transporte y el almace-

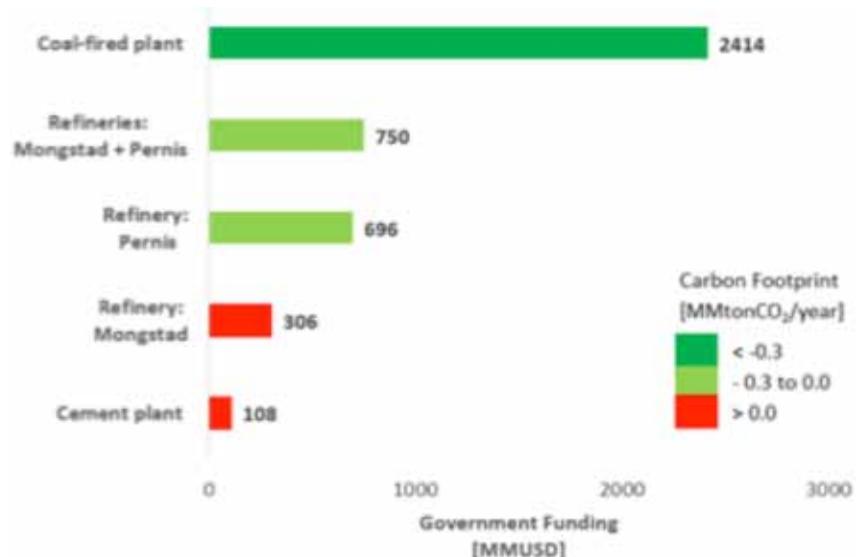


Figura 6. Comparación entre diferentes fuentes de CO en términos de compensación de emisiones y financiación gubernamental requerida.



namiento de su CO<sub>2</sub> en Norne. Esta estrategia no solo permitiría a Norne reducir aún más las emisiones de CO<sub>2</sub>, sino que también proporcionaría un ingreso adicional.

## Conclusión

El plan de desarrollo del campo Norne propone una opción técnica y económicamente viable para producir, transportar, refinar y consumir hidrocarburos sin aumentar las emisiones netas de CO<sub>2</sub> en la atmósfera. Se evaluaron diferentes soluciones y se encontró que la opción de captura y almacenamiento de carbono tenía la escala adecuada para contrarrestar las emisiones del proyecto. Se estima que la estrategia optimizada para producir hidrocarburos del campo Norne tiene un valor actual neto de 482 MMUSD. Combinado con captura de carbono y con las refinerías de Mongstad y Pernis como fuentes de emisiones, se alcanzará un neto de -5,92 millones de toneladas de

emisiones de CO<sub>2</sub> para el final de proyecto, y requiere 750 MMUSD de financiación de los gobiernos de Holanda y Noruega. La colaboración entre diferentes industrias, gobiernos y países es esencial para alcanzar un futuro con carbono neutral. Reducir la huella de carbono mundial manteniendo el nivel de vida en un mundo con una población y una economía en crecimiento es un desafío compartido, que debe abordarse con soluciones innovadoras y esfuerzos combinados.

## Bibliografía

- Gavenas E., Rosendahl K. E. & Skjerven, T. (2015). *CO<sub>2</sub>-emissions from Norwegian oil and*. Statistics Norway Research Department.
- Government of the Netherlands. (2020). *Climate Policy*. Retrieved from <https://www.government.nl/topics/climate-change/climate-policy>
- Halland E., Gjeldvik I., Johansen W., Magnus C., Meling I., Mujezinovic J., . . . Tappel I. (n.d.). Ch 5. *The Norwegian Sea. CO<sub>2</sub> Storage Atlas - Norwegian Continental Shelf*. Retrieved April 30, 2020, from <https://www.npd.no/contentassets/aa14c3079a47451c88268166ba4e61aa/chapter-5.pdf>
- Norwegian Petroleum. (n.d.). *Retrieved from Norwegian Petroleum*: [https://www.norskpetroleum.no/en/?attachment\\_id=18970](https://www.norskpetroleum.no/en/?attachment_id=18970)
- Offshore Technology. (n.d.). *Mars Oil and Gas Field Project, Gulf of Mexico*. Retrieved from Offshore Technology: <https://www.offshore-technology.com/projects/mars/>
- Oil & Gas Journal. (2020, January 8). *Rystad Energy: Operational production costs down globally, led by UK*. Retrieved from Oil & Gas Journal: <https://www.ogj.com/general-interest/article/14074441/rystad-energy-operational-production-costs-down-globally-led-by-uk>