



Supported by:



on the basis of a decision
by the German Bundestag

Análisis de la captura de carbono para la producción de combustibles sintéticos en Chile

Resumen Ejecutivo



IMPRINT

This study was carried out by INODU on behalf of the Energy Partnership Chile-Alemania.

Leading partners are the German Ministry for Economy and Energy (BMWi) and the Chilean Ministry for Energy (ME), together with numerous affiliated institutions. The GIZ, executive body of the partnership, can look back to more than ten years of successful cooperation with the Chilean Ministry of Energy (ME).

Commissioned and published by:

Deutsche Gesellschaft für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Registered offices Bonn and Eschborn, Germany

Project:

Energy Partnership Chile-Alemania

Contact:

Energy Partnership Chile - Alemania

c/o Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit
(GIZ) GmbH

Marchant Pereira 150, 7500523 Santiago de Chile



energyclde@giz.de



+56 22 30 68 600

Project Lead:

Rainer Schröer

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ)
GmbH

Authors:

INODÚ Chile energy&sustainability

inodú
energy & sustainability

Jorge Moreno, Tomas Meyer, Victoria Frohlich

Coordination:

Energy Partnership Chile - Alemania, GIZ Chile

Design:

Energy Partnership Chile - Alemania, GIZ Chile

Photography & Illustrations:

INODÚ Chile energy&sustainability

Energy Partnership Chile - Alemania, GIZ Chile

Version:

1st Edition, Berlin and Santiago de Chile,
May 2021

GIZ is responsible for the content of this publication.

On behalf of the Federal Ministry for Economic Affairs and
Energy (BMWi)

Análisis de la captura de carbono para la producción de combustibles sintéticos en Chile

Resumen Ejecutivo

El actual auge por el hidrógeno verde en el cual se encuentra inmerso Chile ha abierto la puerta para la producción de combustibles sintéticos carbono-neutrales, los cuales se elaboran en base a una combinación de hidrógeno verde y CO₂. Para que el combustible sea sustentable, el CO₂ utilizado debe ser considerado CO₂-neutral, y por ende la intensidad de las emisiones del proceso de producción de éste debe ser menor a las emisiones del combustible fósil que reemplaza. Además, este CO₂ podría ser captado directamente de la atmósfera, para no representar emisiones adicionales, o bien, se pueden considerar también fuentes biogénicas, un recurso renovable carbono neutral, o fuentes industriales de CO₂ *inevitable*. Las emisiones de CO₂ inevitables se definen como *"aquellas emisiones de CO₂ asociadas a procesos que no pueden ser reemplazados ni por otros procesos que utilicen energéticos renovables, ni por procesos químicos alternativos, ni se pueden evitar mediante una optimización de este"*. En ambos casos, el CO₂ utilizado volverá a la atmósfera sin causar un incremento de este, es decir CO₂ neutral. Por lo tanto, para asegurar la sustentabilidad del CO₂ utilizado, se debe certificar que las emisiones son inevitables y se están contabilizando sólo una vez (en el punto de captura o en el uso final del combustible).

En Chile se identificó a 33 establecimientos, pertenecientes principalmente a las industrias del cemento y de la celulosa, que poseen **fuentes con emisiones inevitables** suficientemente altas (>0,01 MtonCO₂/año)¹ para que sea económicamente factible realizar la captura de carbono. La industria del acero se encuentra en proceso de transición hacia la carbono-neutralidad utilizando a futuro, por ejemplo, hidrógeno verde en lugar de coque.

Las emisiones de CO₂ *inevitables* de los productores de cemento fueron del orden de **0,9 a 1,1 millones de toneladas [Mton] de CO₂**. En el caso de la industria maderera fueron **2,1 Mton de CO₂**. Finalmente, en la industria del papel y celulosa se generan **12 Mton de CO₂** (todos para 2018)². Si bien los números presentados corresponden al potencial de captura estimado del total de emisiones de estas industrias, por razones técnicas y económicas es probable que se capture sólo un porcentaje de este. Si se quisiera realizar la captura total de las emisiones, por tecnología solo se podría alcanzar tasas de captura del orden de 80%-95%. Sin embargo, puede resultar económicamente más conveniente realizar una captura parcial, la cual dependerá de factores propios de cada instalación, como, por ejemplo, disponibilidad de calor residual. El calor residual de procesos adyacentes a la central de captura puede ser utilizado para regenerar los adsorbentes sólidos en las unidades DAC a baja temperatura, o bien para producir el vapor necesario para regenerar los solventes usados en el proceso de captura mediante absorción química por aminas, reduciendo los costos globales del proceso de captura de CO₂.

¹ El programa de gases de efecto invernadero de la IEA (IEAGHG) establece un límite de 0,1 Mton emisiones de CO₂ anuales sobre el cuál sería económicamente favorable realizar la captura en términos de costos.

² Estos valores corresponden a estimaciones realizadas utilizando los datos de emisiones del RETC del 2018 y 2019. Este último no es definitivo y según lo reportado presenta errores. Adicionalmente, la estimación de las emisiones de CO₂ inevitable de las industrias analizadas en este estudio, no se consideraron GEI distintos al CO₂ ni tampoco la potencial absorción de parte de estas emisiones. Por esta razón, es posible que los datos estimados difieran levemente respecto a las emisiones de GEI que se pudieran presentar en otros estudios para estas industrias.

Tecnologías de captura de CO₂

Las tecnologías más avanzadas y adoptadas a la fecha son la absorción o adsorción química y la separación física (absorción/adsorción); otras tecnologías disponibles en la industria son las membranas y la separación criogénica. La selección de la tecnología de captura más adecuada depende de factores como la concentración de CO₂ inicial y final deseada, la presión y la temperatura de funcionamiento, la composición y el flujo de gas, la integración con la instalación original, y los costos asociados al sistema de captura.

Captura de CO₂ desde el aire (DAC)

Las alternativas de captura de CO₂ desde el aire se dividen en **absorción química a alta temperatura** y **adsorción química a baja temperatura**. Existen 15 plantas operativas en el mundo que son operadas por 3 empresas: **Climeworks** en Europa, **Global Thermostat** en EEUU y **Carbon Engineering** en Canadá.

- Los procesos de **separación química** son los únicos que permiten capturar las bajas concentraciones de CO₂. Producto del elevado volumen de aire que se debe procesar para extraer el CO₂, los procesos que requieren la adecuación del aire entrante (presurización, por ejemplo) no son rentables.
- Los procesos de **absorción química** utilizan hidróxidos y requieren de elevadas temperaturas (900°C), las que en general se alcanzan mediante combustión de gas natural. Carbon Engineering presenta una variante teórica totalmente electrificada.
- Por el otro lado, la **adsorción química** con aminas requiere temperaturas muchos menores (80-100°C), lo que permite abastecer el calor necesario a partir de procesos 100% eléctricos, o incluso de calor residual de procesos adyacentes.

Los costos nivelados de captura (LCOD) actuales se encuentran en torno a los 280 €/tonCO₂ y se determinan en base al estado actual de madurez tecnológica y la escala del proyecto. Estos dependen fuertemente del costo de la electricidad y la disponibilidad de calor residual a partir de procesos adyacentes. Sin embargo, las distintas empresas han reportado costos del orden de 75-113 €/tonCO₂ para nuevos proyectos a escala comercial.

Captura de CO₂ a partir de fuentes industriales en Chile

Las emisiones inevitables en Chile provienen de 3 industrias, las que poseen efluentes gaseosos con concentraciones de CO₂ entre 9-33% y no se encuentran a altas presiones. Esto hace que los procesos de separación química sean los más adecuados, ya que son capaces de operar en un mayor rango de concentración de CO₂ en los gases de entrada (0,04-100% de volumen) y no requieren presiones elevadas. En base a la caracterización del efluente gaseoso de las industrias de cemento y celulosa, se identifica la absorción química como la tecnología de mayor madurez para separar el CO₂ a partir de fuentes industriales actualmente en funcionamiento, específicamente su aplicación mediante el uso de aminas.

Los costos de captura de CO₂ pueden variar significativamente entre una instalación y otra, principalmente en función de la concentración de CO₂ en la corriente de gas, la ubicación de la planta, el suministro de energía y vapor, y la integración con la instalación original.

En los casos en que el CO₂ se utiliza en un lugar diferente al sitio de captura, se requiere que este sea transportado. Para grandes volúmenes y distancias menores a 1.000 km se prefieren los gaseoductos, en caso contrario se requiere el transporte con barcos. Es importante destacar que el CO₂ debe ser almacenado hasta poder ser embarcado, y que este se transporta en estado de líquido presurizado. Además, se debe evaluar el CO₂ emitido por el transporte.

Impactos ambientales en la captura de CO₂

- **Agua:** Las tecnologías de ab/adsorción química, tanto en DAC como desde efluentes industriales, utilizan agua en ciclos cerrados que son susceptibles a pérdidas, por lo que se requiere su reposición. En el caso de los sistemas de absorción desde efluentes industriales en base de aminas, pruebas en una planta piloto indican que las pérdidas de agua se encuentran en el rango de 6,9 a 39,4 kg de agua por tonelada de gas efluente industrial tratado. En el caso de los sistemas DAC, el consumo de agua depende de factores como la humedad relativa y la temperatura ambiente, y, en el caso de la absorción química, también de la concentración de la solución de hidróxido. Entre los sistemas que utilizan adsorbentes químicos, *Climeworks* ha reportado que su tecnología es capaz de generar agua (entre 0,8 y 2 Mton agua/MtonCO₂), sin embargo, desde un punto de vista de demanda energética, es preferible capturar la menor cantidad de agua posible. *Global Thermostat* no informa sus valores de consumo de agua, sin embargo, el proyecto HIF que se desarrollará en el sur de Chile utilizará esta tecnología, y reporta un consumo de agua de 5,4 Mton agua/MtonCO₂ capturado. Carbon Engineering informa valores de uso de agua de 4,7 Mton agua/MtonCO₂, para 20°C de temperatura y una humedad relativa de 64%, pero este valor aumenta en ambientes más secos y cálidos.
- **Espacio:** En términos de uso de espacio, estos requieren hasta 7 km² por MtonCO₂ año. Gran parte del uso de espacio corresponde a espacio indirecto, que se debe dejar entre los contactores (250 m) para permitir la mezcla del aire pobre en CO₂ que sale del contactor con el aire atmosférico.
- **Otros impactos ambientales:** Está el riesgo de fugas de CO₂. Si este es liberado a alta presión, se pueden formar partículas de CO₂ sólido de muy bajas temperaturas. Además, pequeñas fugas de CO₂ pueden causar la acidificación de aguas y suelos, y fugas de CO₂ en espacio cerrados pueden ser letales para los trabajadores.

La captura desde efluentes industriales con aminas causa pequeñas emisiones de solvente a la atmósfera. Las aminas se descomponen en otros productos que representan riesgos para la salud y ecosistemas. Se ha identificado que se podría producir la formación de amonio y etilamina, que son tóxicos y pueden causar irritación a la piel. Además, existe riesgo de formación de nitraminas y nitrosaminas, que son compuestos carcinogénicos. La presencia de aminas o sus derivados en la atmósfera pueden contribuir a la formación de aerosol secundario, que puede afectar negativamente la calidad del aire, e incluso actuar como núcleos de formación de nubes. También pueden contribuir a la formación de ozono troposférico, que es un gas irritante y puede causar efectos negativos sobre el sistema respiratorio, puede afectar negativamente la reproducción y crecimientos de las plantas, y es considerado un gas de efecto invernadero.

Desafíos para Chile

Las fuentes industriales y biogénicas inevitables son limitadas y están asociadas a 3 industrias principales, el cemento, la celulosa y la industria maderera, por lo que para alcanzar grandes volúmenes será necesaria la captura directa desde el aire. Además, las fuentes industriales y biogénicas inevitables identificadas se ubican casi exclusivamente en la zona centro sur del país, lo que no necesariamente coincide con las zonas de mayor potencial de generación renovable en escala. Se identifican las siguientes ventajas de la producción de combustibles sintéticos en la zona central: suministro de CO₂ a partir de fuentes puntuales inevitables a mayor concentración, lo que permite acceder a menores costos de captura; y producción de hidrógeno cerca de sitios industriales, lo que permitiría ahorrar costos de transporte y además se podría aprovechar el oxígeno que se genera como subproducto (por ejemplo para realizar oxidación en plantas para tener un efluente gaseoso aún más concentrado y así reducir aún más los costos de captura de CO₂).