

**ANÁLISIS DEL OBJETIVO DE EMISIONES NETAS CERO DE ORICA
Y UNA REVISIÓN DE LAS EMISIONES ASOCIADAS A LA FABRICACIÓN DE CIANURO DE SODIO.
ANALYSIS OF ORICA'S NET ZERO EMISSIONS TARGET
AND A REVIEW OF THE EMISSIONS ASSOCIATED WITH SODIUM CYANIDE PRODUCTION.**

Germán Chen-Díaz¹, Andrés Mesa-Rodríguez²

¹ Orica Mining Services S.A., Gerente de Producto. Lima, Perú (german.chen@orica.com)

² Orica Colombia S.A.S, Especialista de Producto. Medellín, Colombia (andres.mesa@orica.com)

RESUMEN

El calentamiento global es una realidad con el potencial de aumentar la temperatura del planeta por encima de los 2°C para el 2050, si no se toman medidas de sostenibilidad ambiental en la fabricación de bienes y servicios, con la finalidad de frenar este impacto nocivo para el medio ambiente naciones y empresas se han comprometido con los objetivos del Acuerdo de París firmado en 2015, Orica es una empresa australiana que ha tomado parte en esta ambición, dado que provee al sector minero en más de 100 países del mundo productos explosivos con base en el nitrato de amonio y químicos especializados para la extracción de oro y plata como el cianuro de sodio, conscientes de que ambos productos generan un impacto en el medio ambiente en su fabricación y uso final, han diseñado una estrategia para equilibrar las emisiones inducidas por sus fábricas con las eliminaciones naturales que realiza el planeta, sin generar efectos a largo plazo. A esta ambición le han denominado *Net Zero Emissions*. Los métodos que plantea Orica para lograr su objetivo son la reconversión tecnológica de procesos basados en gas natural por hidrógeno verde, el abatimiento de gases nitrosos de manera selectiva, la captura y almacenamiento de carbono y el uso de fuentes de energía renovables, estas se aplican según su alcance. Luego de levantar una línea base de emisiones en 2019, han publicado resultados prometedores, sus emisiones globales de GEI de Alcance 1 y Alcance 2 se redujeron en un 13% para el 2021 con respecto a la base de referencia, así mismo, se mantiene debajo de su objetivo de intensidad de emisiones 1,7 tCO₂^e/tNA producida, y por primera vez publica la intensidad de emisiones del cianuro de sodio que producen, al menos 0.865 tCO₂^e/tCN. Orica resulta un caso de estudio interesante, pues sus métodos y ruta a la descarbonización dan frutos como resultado de la integración industrial, la aplicación de tecnologías de vanguardia y la participación en el mercado del carbono, tres factores claves para el éxito de las estrategias de emisiones netas cero.

1. Introducción

En el marco del acuerdo de París y la meta de reducir el impacto de las actividades humanas con potencial de calentar el planeta por encima del umbral de 1,5°C-2°C para el 2050, las compañías y países han aunado esfuerzos para lograrlo (Olabe, Gonzáles y Ribera, 2016). Orica busca contribuir al esfuerzo de frenar el calentamiento mediante acciones de sostenibilidad aplicadas a sus operaciones en diferentes alcances, que incluyen pero no se limitan a la fabricación de cianuro de sodio. En los alcances 1 y 2, es decir, las plantas de manufactura y las cadenas de suministro dentro de su control, se ha propuesto reducir en un 40% las emisiones de carbono equivalente antes del 2030, respecto de la línea base definida de acuerdo con el Protocolo de gases de efecto invernadero o *GHG Protocol (Greenhouse Gases Protocol)*.

Durante el 2019 Orica definió línea base de emisiones cuantificando la huella de carbono de sus productos, incluido el cianuro de sodio, es decir, determinó la suma de las emisiones de CO₂^e desde la manufactura hasta la distribución al usuario final y destinó \$45 millones de dólares en capital de trabajo en los siguientes 5 años para desplegar la tecnología que reduzca las emisiones en sus plantas de manufactura. Esta ambición ha sido denominada *Net Zero Emissions*, un concepto que se consigue cuando las emisiones inducidas por el hombre a la atmósfera se equilibran con las eliminaciones naturales durante un periodo determinado. Orica a diseñado una ruta hacia ese objetivo que se ejecuta en tres alcances. El alcance 1 se refiere a las emisiones y uso de energía de todas las instalaciones australianas bajo el control operativo de Orica (según los requisitos del Esquema Nacional de Informes de Energía y Efecto Invernadero, NIGERS); En el Alcance 2 se encuentran las emisiones y uso de energía indirectos, provenientes de todas las demás instalaciones y procesos de Orica a nivel mundial que cumplen con el umbral energético (>5,000 GJ de

consumo de energía durante un período de 12 meses) esto incluye las cadenas de suministro global; el Alcance 3 se define como las emisiones asociadas a las materias primas para la fabricación de cianuro, ácido nítrico y/o nitrato de amonio. (Orica, 2021, p.3.)

Existe un interés particular en reducir la huella de carbono asociada al cianuro de sodio, dada la importancia de este reactivo para la minería en Latinoamérica y especialmente en el Perú. Tan solo durante el 2021 se importaron cerca de 51.430 toneladas de cianuro de sodio sólido para abastecer la industria minera del Perú, lo cual representa 48% de la demanda en Latinoamérica, junto con estos niveles de consumo viene la responsabilidad social-ambiental de procurar operaciones sostenibles. El presente trabajo técnico detalla los avances en la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de los diferentes alcances de la ambición *Net Zero Emission* (NZE) y destaca las iniciativas para reducir las emisiones asociadas al cianuro de sodio.

2. Marco teórico

2.1. Gases de efecto invernadero GEI

Los gases de efecto invernadero GEI (GHG, por sus siglas en inglés), son aquellos encargados de mantener la temperatura en la tierra dadas sus propiedades de absorción y reflexión de energía. Sin embargo, estos se han convertido en un problema debido a la actividad humana, que ha causado un aumento de estos hasta índices desproporcionados alterando su equilibrio natural. Contrario a lo que se puede pensar, los GEI, no se limitan al dióxido de carbono, otros gases y vapores como el vapor de agua (H₂O), el óxido nitroso (N₂O), el metano (CH₄), el ozono (O₃) y los gases fluorados, están incluidos en la lista.

Se ha descubierto que no todos los gases tienen el mismo efecto, por lo cual han elaborado unos parámetros que permiten medir su influencia real, expresando su impacto en cantidades de CO₂. Para establecer un marco común se definen factores de equivalencia entre ellos tomando como patrón el dióxido de carbono (CO₂), estos factores son denominados Potenciales de Calentamiento (GWP, por sus siglas en inglés).

2.2. Potencial de calentamiento atmosférico global

El concepto de *Global Warming Potentials* o GWP es un factor utilizado para calcular la equivalencia de gases distintos del CO₂, son valores que permiten la relación directa del impacto de diferentes gases de efecto invernadero en la atmósfera al comparar cuánta

energía absorberá una tonelada de un gas en particular si se compara con una tonelada de dióxido de carbono. El *Intergovernmental Panel on Climate Change* IPCC realiza anualmente actualizaciones de estos valores para una mejor comprensión científica de las propiedades físicas de estos gases.

Tabla 1. Indicadores Global Warming Potentials actualizados por la IPCC en 2021.

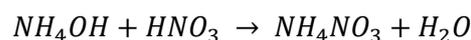
Gas Invernadero	GWP 2020 vs. 2021	% Cambio
Dióxido de carbono	1/1	0%
Metano	25/28	12%
Óxido nitroso	298/265	-11%

2.3. Fabricación y emisiones GEI por nitrato de amonio

El nitrato de amonio es la base del negocio de explosivos del fabricante Orica, la fabricación de este subproducto presente en la composición de sus explosivos representa gran parte de sus emisiones.

El nitrato de amonio NH₄NO₃ es una sal con gran potencial oxidante y altamente soluble en agua, por su contenido de nitrógeno resulta ser el precursor de fertilizantes y tiene un sin número de aplicaciones químicas.

Para fabricar nitrato de amonio se requieren grandes cantidades de amoníaco y ácido nítrico, estos reactivos se ven involucrados en una reacción ácido-base exotérmica donde se neutraliza el ácido nítrico con amoníaco hidratado.



Existen múltiples procesos basados en esta reacción de neutralización, una constante en todos ellos es la emisión de óxidos nitrosos como producto de la inestabilidad del hidróxido de amoníaco a altas temperaturas e indirectamente por la fabricación del ácido nítrico necesario.

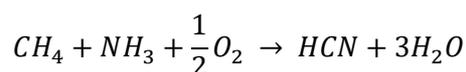
2.4. Fabricación y emisiones GEI por cianuro de sodio

El fabricante Orica se encuentra entre los cinco mayores fabricantes de cianuro de sodio del mundo, en la planta de manufactura Yarwun, Australia se fabrican al menos 95.000t de cianuro de sodio al año. El cianuro de sodio es un reactivo utilizado a nivel industrial para la lixiviación de metales preciosos como el oro y la plata, se comercializa como una sal de sodio o potasio derivada del ácido cianhídrico (HCN). Este reactivo se puede encontrar de manera natural como parte de azúcares en algunas plantas comestibles, bacterias,

hongos y algas, o puede ser manufacturado por medio de los procesos Andrussow, Degussa o SOHIO.

2.4.1. Proceso Andrussow

Este proceso produce ácido cianhídrico a partir de una reacción entre amoníaco y metano catalizada por Platino y Rodio, dentro de un reactor adiabático con una temperatura entre 1200-1400°C y presiones entre 1-2 bar. La reacción global de este proceso corresponde a la siguiente expresión:



El proceso se caracteriza por ser exotérmico sin requerimiento de aporte energético externo, lo que significa que no se necesita de la instalación de un horno, ni de corriente eléctrica para que se lleve a cabo.

La mezcla de reactivo se pasa por una malla de catalizador, con el fin de evitar que el HCN se polimerice, se realiza un enfriamiento tipo squench (inyección de refrigerante) a la salida del reactor, debido a que los gases de la corriente deben enfriarse rápidamente (Klaus Weissermel, 1981).

Por ser exotérmico este proceso cataliza una serie de reacciones secundarias del metano con oxígeno y vapor de agua, generando emisiones de gas carbónico. Además, pueden resultar impurezas del metano de fuentes naturales, como azufre y fósforo.

2.4.2. Proceso Degusa

Este proceso lleva a cabo la síntesis del HCN a partir de amoníaco y metano, se utiliza un catalizador de platino, pero a diferencia del proceso Andrussow, no hay presencia de oxígeno en la corriente de alimentación. La reacción global del proceso es la siguiente:

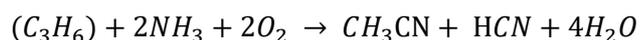


Las condiciones ideales para que la reacción se lleve a cabo son 1200 °C y 1 atm. La reacción es de tipo endotérmica, por lo cual demanda un aporte externo de energía. Para ello se emplea un reactor compuesto de un haz de tubos conectados a un horno alimentado por gas natural. Los gases a la salida del reactor se enfrían rápidamente hasta 300 °C para evitar que el HCN se polimerice, haciendo pasar la corriente de salida por una cámara de aluminio refrigerada.

Las emisiones producidas por este método provienen del carácter endotérmico de su reacción, ya que demanda la quema de gas natural que produce emisiones considerables de CO₂ por combustión, lo cual, es una gran desventaja ambiental del método, dado que se trata de un intercambio de calor indirecto, la energía requerida por el reactor es de 11,1 kWh/kg HCN producido (Ullmann Encyclopedia of Industrial Chemistry, 2021).

2.4.3. Proceso SOHIO

En este proceso el ácido cianhídrico se obtiene en forma de subproducto (el principal es acrilonitrilo), acompañado de otros como: agua, monóxido y dióxido de Carbono. Sin embargo, la cantidad de HCN que se obtiene es considerable, lo cual hace rentable su separación y comercialización. El proceso propiamente dicho, consiste en la amonoxidación (oxidación en presencia de amoníaco) de Propileno, con un catalizador de Bi-Mo-O. La reacción principal es la siguiente:



Las condiciones óptimas del proceso se dan a temperaturas entre 400–500°C y presiones de 0.3–2 bar. La reacción es de tipo exotérmica y se realiza en un reactor de lecho fluidizado con intercambio de calor. En el proceso de separación de los subproductos, inicialmente se extrae amoníaco mediante una absorción reactiva con ácido sulfúrico. Posteriormente, en un proceso de destilación, se separan el monóxido y el dióxido de carbono por cabezas, dejando en las colas una cantidad considerable de agua, acrilonitrilo y ácido cianhídrico. Este último tiene una volatilidad considerablemente mayor a los otros productos, por lo cual se logra extraer con un gran porcentaje de pureza.

La principal desventaja de este proceso tiene que ver precisamente con que está ligado a la producción del acrilonitrilo, y en este se generan otros subproductos, como amoníaco, monóxido y dióxido de carbono. Se entiende entonces el proceso SOHIO como un emisor directo de gas carbónico a la atmosfera, lo cual se convierte en un gran inconveniente considerando que la obtención de HCN por esta vía constituye alrededor del 30% de la producción mundial (Basham et al, 2009).

2.5. Desempeño de emisiones GEI

Para evaluar el desempeño de las emisiones estas deben ser ponderadas por la producción de un bien o servicio, así se tiene una percepción de la intensidad de

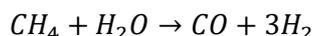
la emisión por unidad manufacturada. La intensidad de emisiones asociada a un producto a granel se define como:

$$\frac{\text{emisiones (Directas [tCO}_2\text{]} + \text{Indirectas [tCO}_2\text{]} + \text{Materiales [tCO}_2\text{]})}{\text{Total toneladas producidas [t]}}$$

3. Tecnologías para la descarbonización

3.1. Reformado de metano por vapor SMR

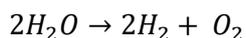
Este proceso consiste en la producción de Hidrógeno para uso como combustible, producto de la reacción entre el gas metano y el vapor de agua, según la reacción:



Esta reacción es de tipo endotérmica, por lo cual necesita un aporte externo de energía en forma de calor, alcanza un rendimiento ideal a una temperatura entre 700-1200 °C. Esto le confiere un reto en cuanto a costos por el requerimiento energético, además de que se genera el monóxido de carbono como producto adicional (García et al., 2014).

3.2. Hidrógeno verde

Esta tecnología se basa en el uso de hidrógeno como sustituto de combustibles fósiles para generar energía térmica. Generar hidrógeno molecular se logra con la descomposición de la molécula de agua (hidrolisis), mediante la electrólisis (aplicación de energía eléctrica), cuya reacción se describe a continuación:



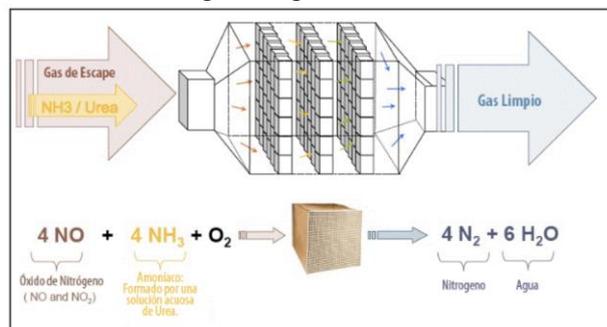
Cuando la energía empleada en el proceso proviene de fuentes renovables, recibe el nombre de hidrógeno verde. El hidrógeno molecular H_2 , se almacena en una celda de combustible donde al entrar en contacto con el oxígeno del aire, se produce una reacción que libera energía química y genera solamente vapor de agua como producto de la combustión (Jiménez, 2019).

3.3. Catalizadores de abatimiento selectivo

Es una tecnología especialmente desarrollada para abatir o reducir gases nitrosos, también es conocida como sistema de reducción catalítica selectiva o SCR (por sus siglas en inglés). Está orientada a reducir los vapores nitrosos que se emiten en los procesos de combustión como gas de escape, funciona esparciendo un agente reductor basado en nitrógeno (ej. amoníaco o urea) sobre la superficie de un catalizador de platino, cuando la corriente de gases de escape pasa por el

sistema catalítico en presencia de oxígeno ocurre una reacción de sustitución que neutraliza la corriente de salida. Es importante mencionar que este intercambio sucede a condiciones específicas de temperatura, que a su vez depende de la concentración de gases nitrosos a tratar. (Fernández P. et al, 2010)

Imagen 1. Esquema de reacciones químicas en un reactor SCR. Fuente: H+H Engineering & Service GmbH.



3.4. Captura, utilización y almacenamiento de carbono (CCUS)

El proceso CCUS, tiene como objetivo capturar el carbono emitido por las industrias antes de ser enviado a la atmósfera, con el fin de almacenarlo y posteriormente implementarlo en aplicaciones industriales.

Estos pasos constituyen un reto en cuanto a la captación, debido a la demanda energética que esta puede representar, a la fracción captada y a las posibles pérdidas entre la captura y el transporte al almacenamiento. Sin embargo, es una gran apuesta de cara al futuro de la descarbonización por la amplia aplicabilidad del CO_2 en los bioprocesos, la industria química y alimentaria (Pedraza et al., 2018).

3.5. Combustibles de biomasa

La biomasa es materia orgánica que ha sido generada a partir de un proceso biológico, bien sea espontáneo o provocado, y que son utilizables como fuente de energía. Esta energía química puede recuperarse, quemando la materia o convirtiéndola en biomasa.

La biomasa como combustible se puede clasificar en natural (sin intervención humana) como la poda natural de los bosques; y residual (generado por actividades agrícolas) como los rastrojos, etc. (Cerdá, 2012).

3.6. Mercado del carbono

Al concepto de que una empresa o país pueda emitir un certificado de emisiones reducidas (CER) para sus productos, y transarlos como un título valor en un mercado que compensa las inversiones de dichas

entidades en proyectos de sostenibilidad se le llama Mercado del Carbono, este mecanismo de financiamiento a los proyectos de sostenibilidad se definió en el Protocolo de Kyoto en 1997 y está regulado por el Mecanismo de desarrollo Limpio MDL, un símil de bolsa de valores para las acciones de sostenibilidad climática. Las compensaciones se denominan créditos de carbono y es un mercado en auge pero que avanza a pasos lentos pues los dos mayores productores de contaminantes del mundo, Rusia y Estados Unidos aún no ratifican el protocolo de Kioto. (CEPAL, 2004)

4. Ruta a la descarbonización de Orica

Orica ha acelerado su descarbonización en apoyo a los objetivos del acuerdo de París.

En el año fiscal 2020, desarrollaron una hoja de ruta de descarbonización basada en la reducción medida de sus emisiones operativas de GEI a mediano plazo. Este trabajo progresó en el año fiscal 2021, proporcionando una comprensión más profunda de las vías tecnológicas y económicas disponibles para la descarbonización total en 2050, y completando una huella de emisiones de Alcance 3 completa. Se identificaron tres pilares de descarbonización en el horizonte 2020-2030:

I. Emisiones de proceso:

Impulsar la descarbonización del ácido nítrico, en particular las emisiones de óxido nitroso de Alcance 1 mediante la optimización del sistema SCR secundario y terciario en todas las plantas de ácido nítrico de Orica en el mundo.

II. Energía renovable:

Realización de análisis de viabilidad, desplegando tecnologías de generación renovables in situ cuando sea posible, y la compra de electricidad renovable fuera de la capacidad instalada de Orica.

III. Optimización energética:

Un proceso continuo de búsqueda de oportunidades en la tecnología, el diseño, el funcionamiento y el mantenimiento, centrándose en la eficiencia energética a través de la recuperación del consumo de energía eléctrica y de calor.

Más allá de 2030, la ambición es lograr cero emisiones netas para 2050, abarcando Alcance 1, Alcance 2 y Alcance 3 (emisiones materiales). Orica acepta que para lograr el objetivo de cero emisiones netas requerirá una inversión considerable y un mayor

despliegue de las tecnologías de descarbonización como impulsores, entre ellos:

I. Tecnología CCUS:

Las tecnologías de captura, almacenamiento y utilización de carbono (CCUS) desempeñan un papel importante en las vías de mitigación hacia la consecución de emisiones netas cero para 2050. Orica ha invertido una subvención de 14,6 millones de dólares para la adquisición de una planta móvil de CCUS de demostración, que será diseñada y comisionada por el equipo del *Mineral Carbonation International* en las plantas de manufactura de amoníaco y nitrato de amonio de la isla de Kooragang.

II. Materias primas de hidrógeno alternativo:

El hidrógeno producido a partir de energía renovable puede desempeñar un papel a largo plazo en la descarbonización. Convertir la única planta de fabricación de amoníaco de Orica en la isla de Kooragang de gas natural a hidrógeno verde, crearía unas 64.000 toneladas de demanda de hidrógeno al año. El hidrógeno producido a partir de energías renovables podría usarse también en aplicaciones de transporte, especialmente en vehículos pesados.

III. Bajo nivel de emisiones de carbono:

Una implementación de mediano a largo plazo serían los biocombustibles avanzados, biomasa baja en carbono y amoníaco para alimentar las plantas de amonio en todo el mundo.

IV. Compromiso con los proveedores:

El objetivo de cero emisiones netas cubre las emisiones de Alcance 3 que como ya hemos detallado son aquellas asociadas a los materiales adquiridos de terceros, en específico se refieren al amoníaco y nitrato de amonio comprado. Alrededor de dos tercios del amoníaco y casi la mitad del nitrato de amonio se obtienen de proveedores globales con objetivos de reducción de emisiones definidos o que operan en países con objetivos de emisiones netas cero. Aunque Orica resalta que hay un compromiso común con los proveedores estratégicos de reducir las emisiones, dispuso de palancas clave para reducir aún más las emisiones en la cadena de valor:

- Compromiso para recopilar datos de emisiones más precisos e influir en los proveedores más importantes para que establezcan sus propios objetivos de emisiones.
- Integrar las consideraciones sobre las emisiones de GEI en el proceso de selección de

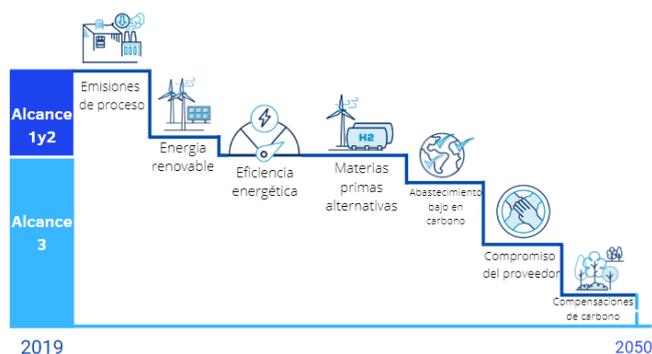
proveedores a largo plazo, ya que las cadenas de suministro se alinean en los objetivos y compromisos.

- Desarrollar futuras políticas de diseño de productos y servicios, además de modificar las políticas de compra y adquisición.

V. Compensación:

Compensar las emisiones, las actividades basadas en la naturaleza y los sumideros de carbono pueden apoyar la transición hacia las emisiones netas cero. Con cambios en el uso y la gestión de la tierra, se pueden reducir las emisiones de GEI y aumentar la absorción de dióxido de carbono, creando y ampliando los sumideros naturales. Contribuyendo a la biodiversidad, mejorando la calidad del agua y ayudando al desarrollo social de las comunidades locales.

Gráfica 1. Ruta de descarbonización de Orica a largo plazo hacia el objetivo NZE al 2050.



La contribución de estos impulsores a largo plazo dependerá de la madurez de la tecnología, y de su comercialización. También será necesario una política climática global e incentivos financieros eficaces.

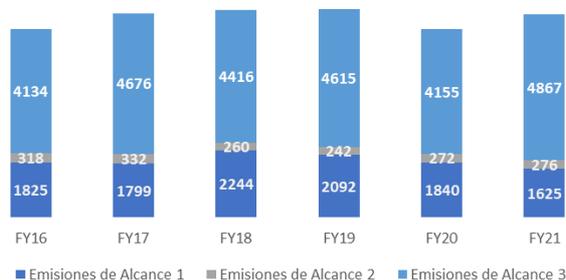
5. Emisiones globales GEI de Orica

Como una empresa bajo el *GHG Protocol* (Protocolo de medición de gases de efecto invernadero) Orica está obligada a establecer un año base para que la comparación del rendimiento de las emisiones a lo largo del tiempo sea significativa y consistente. Se estableció el año fiscal 2019 como base para el objetivo de los Alcances 1 y 2. Usando la metodología del *GHG Protocol* se determinó que en el 2019 hubo emisiones por 2,092 ktCO₂^{-e} en el Alcance 1 (plantas de nitrato de amonio, ácido nítrico y cianuro), 242 ktCO₂^{-e} en el Alcance 2 y 4,615 ktCO₂^{-e} en el Alcance 3. Las emisiones globales totales durante el FY2019 fueron de 6,949 ktCO₂^{-e}, este es considerado el valor base de la iniciativa.

Al finalizar el año 2021 Orica reportó una reducción del 8.7% en las emisiones globales operativas de alcance 1 y 2 en comparación con el año base, de las cuales el 29% se relacionan con cambios en la metodología asociada a los PWG (véase tabla 1), no obstante, considerar una reducción de solo el 6,1% desestimando el efecto de los cambios de metodología no es apropiado ya que este cambio afecta a todos los pares de la industria.

Los GWP actualizados se han aplicado tanto a los datos de emisiones actuales del año 2021 como a los cálculos del año base 2019. Como resultado, la reducción de emisiones globales en todos los alcances con respecto al año base 2019 se evalúa como del 13% en el año 2021, y no del 19%. Este ajuste del inventario de emisiones permitirá una comparación transparente a lo largo del tiempo y una evaluación más precisa del desempeño continuo de emisiones de GEI (Gases de efecto invernadero), de acuerdo con los principios de contabilidad y presentación de informes del *GHG Protocol*.

Gráfica 2. Emisiones globales GEI en ktCO₂^{-e} de las operaciones Orica por alcances a nivel global.

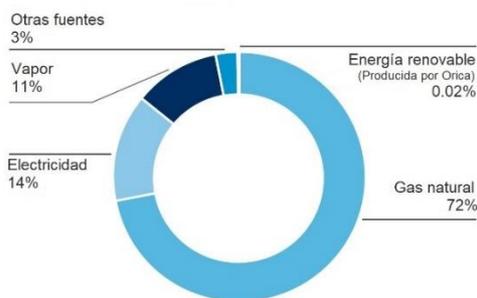


Durante el último año las emisiones operativas (Alcance 1 y Alcance 2) fueron de 1,9 MtCO₂^{-e}, lo cual significa una reducción de 433 ktCO₂^{-e}, esto fue logrado gracias a las mejoras en las manufacturas, por ejemplo, la sustitución y mejora de los catalizadores de abatimiento selectivo de gases nitrosos en la planta de ácido nítrico en Bontang (Indonesia), donde se registró una reducción del 43,3% de las emisiones netas, pese a un aumento en la producción de 6,3% en comparación con el año 2019; la planta de nitrato de amonio de la Isla de Kooragang, en Australia, logró una reducción del 6,3% de las emisiones netas con un aumento del 0,2% en la producción; del mismo modo, la planta de Carseland, en Canadá, redujo sus emisiones netas en un 8,6%.

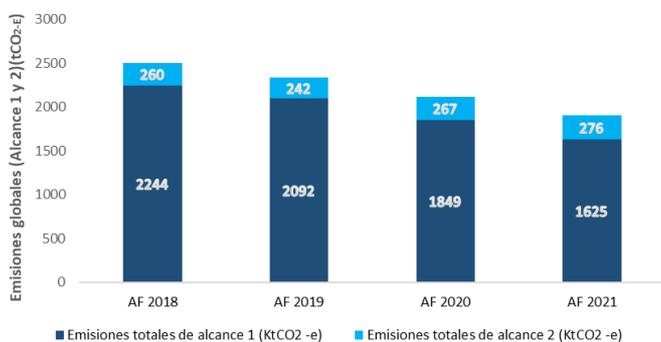
Por otro lado, para el mismo año las emisiones de Alcance 2 (electricidad comprada) aumentaron un 14%, los principales contribuyentes a este aumento fueron los cambios en el factor aplicado a las emisiones de la

red eléctrica en Alberta (Canadá), mayores volúmenes de explosivos a nivel mundial y la inclusión de Exsa Perú en los informes de GEI para el año fiscal 2021. Los proyectos para frenar el aumento de estas emisiones de Alcance 2 a través de la eficiencia energética lograron generar 540 MWh de electricidad procedentes de fuentes renovables, aunque es tan solo el 0,02% de la energía estacionaria consumida por Orica. Se espera aumentar dicha independencia energética en el FY2022.

Gráfica 3. Fuentes de origen de la energía estacionaria usada por Orica en el 2021.

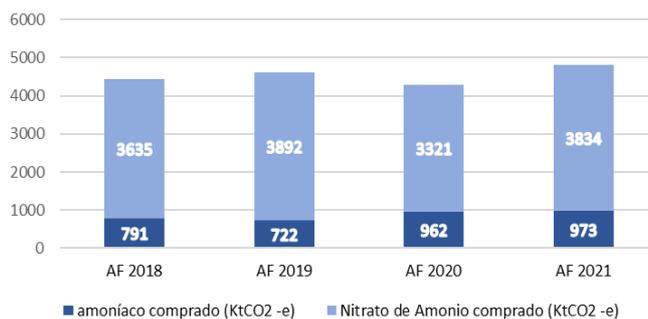


Gráfica 4. Emisiones globales GEI en el alcance 1 y 2.



Durante el 2021 las emisiones globales de Alcance 3 aumentaron en un 15% en comparación con el año 2020, dejando la reducción neta en 4,1% respecto del año base, en este retroceso hay un impacto de los cambios en la metodología asociada a las emisiones, sin embargo otros factores como, el abastecimiento de amoníaco y nitrato de amonio (AN) de terceros asiáticos que aumentó en un 12% en el año fiscal 2020 y el impacto de Exsa (que se adquirió el 30 de abril de 2020) han sido el complemento para este aumento. Los volúmenes incrementales de producto comprado a terceros se destinaron a satisfacer la demanda durante las paradas programadas de las plantas en Australia y Canadá. Para el año 2022 se espera ver mayor producción y menos emisiones como resultado de las mejoras implementadas en las plantas.

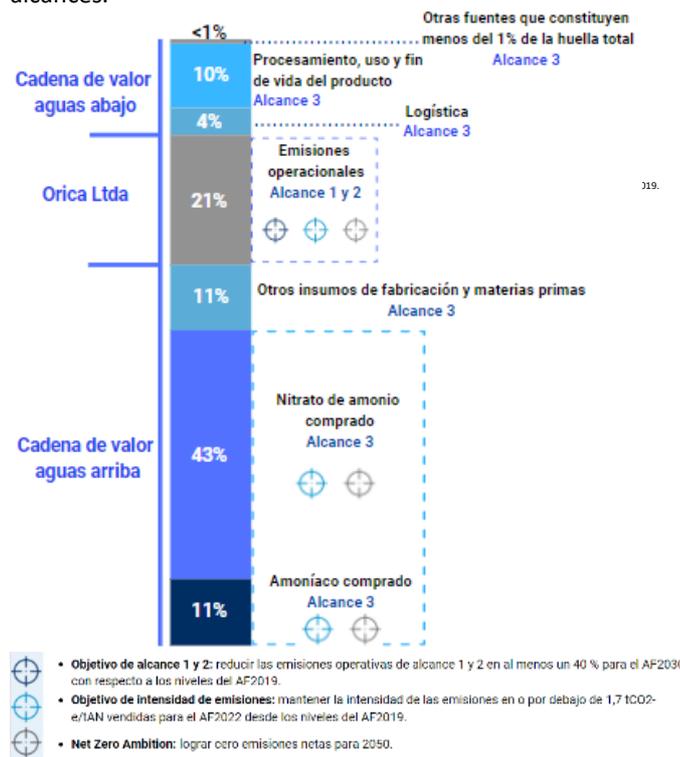
Gráfica 5. Emisiones globales GEI de alcance 3 por nitrato de amonio y amoniaco comprado a terceros.



5.1. Relevancia del inventario de emisiones de alcance tres de Orica

En el ejercicio 2021, Orica completó un inventario de emisiones de Alcance 3 estimando las fuentes adicionales de emisiones materiales relevantes más allá de productos y servicios adquiridos. Para identificar las fuentes de emisiones relevantes y el límite del inventario de Alcance 3, evaluó las actividades de emisión utilizando criterios de relevancia de acuerdo con las mejores prácticas internacionales y australianas en la contabilidad de los GEI. La evaluación confirmó que las emisiones de Alcance 3 más importantes provienen de los productos químicos adquiridos para abastecer la fabricación de explosivos y amoniaco para el cianuro. De cara al futuro, mantener un inventario claro y transparente de emisiones posiciona de manera sólida a las empresas para iniciar la planificación de la descarbonización en toda su cadena de valor.

Gráfica 6. Perfil de la huella de carbono de Orica según sus alcances.



5.2. Intensidad de emisiones GEI por fabricación de cianuro de sodio

Según lo anterior, las emisiones globales de Orica en el alcance 1 y 2 para el año fiscal 2021 sumaron 1901 ktCO₂^e de las cuales 74,1 ktCO₂^e provienen de la planta de manufactura Yarwun de cianuro, lo cual significa el 3.9% de participación en las emisiones directas globales, es importante anotar que a la fecha de este estudio de caso, Orica no ha completado el análisis de impacto de alcance 3 para el cianuro, es decir, las emisiones asociadas a las materias primas que se adquieren en el noreste asiático (soda caustica y amoníaco). Por lo tanto, se presenta el desempeño de emisiones de alcance 1 y 2.

Gráfica 7. Desempeño de emisiones netas de la planta de manufactura de cianuro Yarwun de Orica en Australia.



La reducción en las emisiones por manufactura de cianuro ha sido positiva desde el año base en estudio, la planta se ha optimizado para reducir sus emisiones globales en al menos un 9.3%, significando una intensidad de emisiones de al menos 0.865 tCO₂^e/tCN. Nótese que, a pesar de una reducción sostenida en las emisiones de la planta, la producción ha afectado los indicadores de intensidad debido a la parada de planta del 2020 y el efecto de la pandemia en la acumulación de inventario en el 2021 por imposibilidad de transporte marítimo. Orica se ha planteado para el 2022 aumentar la productividad de 85,700t en 2021 a 101,200t en 2022 manteniendo emisiones en valores estables y así disminuir la intensidad de emisiones a 0.73 tCO₂^e/tCN, este sería un gran salto hacia la sostenibilidad minera en Latinoamérica y el Perú pues significa reducir la huella de carbono del cianuro que ingresa al país en al menos 2,600 tCO₂^e, solo por concepto de Alcance 1.

Las acciones de sostenibilidad de Orica relacionadas al cianuro se están aplicando no solo en la manufactura sino también en las cadenas de suministro y al usuario final (Alcance 2). El fabricante ha optado por modificar

la forma y materiales de sus cajas de cianuro para lograr transportar 1,135kg de cianuro de sodio por caja, esto es 13.5% más contenido por empaque, lo cual concatena con la reducción del uso de contenedores marítimos y menores frecuencias de transporte terrestre, básicamente se traduce en menos emisiones por combustibles fósiles. Orica estima que se han reducido las emisiones por transporte en al menos un 7%. Incluso, el fabricante desarrolló tecnologías analizadoras de cianuro para que los departamentos de ingeniería de cada usuario final puedan monitorear en tiempo real y con un alto grado de certeza la concentración de cianuro en sus tanques, el equipo denominado Cyantific OCM, tiene la capacidad de controlar automáticamente la dosificación de cianuro para evitar uso innecesario o déficit del reactivo en los tanques. Orica estima que en los clientes donde se ha aplicado esta tecnología los consumos de cianuro reducen hasta un 40% y en la misma medida los reactivos detoxificantes, sin mencionar el efecto positivo en la recuperación de oro y plata que tiene un proceso menos variable. En Perú esta tecnología se ha implementado desde el 2018, demostrando en algunos usuarios reducciones de consumo anual de cianuro superiores a 995t anuales. (World Gold Congress, 2019)

Las mejoras logísticas y los desarrollos tecnológicos orientados a optimizar el uso de cianuro tienen un impacto positivo en el medio ambiente y en el costo del producto mismo, Orica planea demostrar sus compromisos y adelantos ambientales y tecnológicos para los siguientes años como un parte de la estrategia integral de esfuerzos para una reducción de la intensidad de las emisiones asociadas al cianuro Orica. La consigna es encaminar la empresa, los proveedores y los clientes en el objetivo de operaciones con emisiones netas cero al 2050.

6. Análisis de factibilidad de las tecnologías de descarbonización

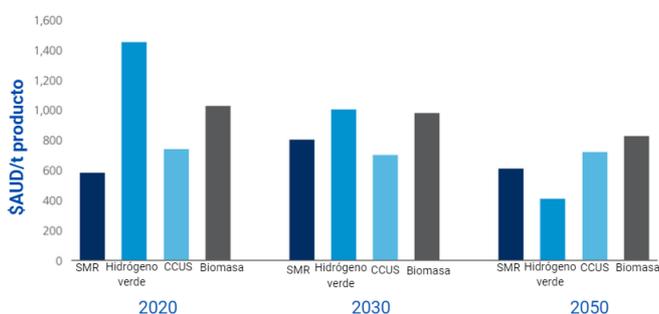
Orica ha evaluado el costo de implementar nuevas tecnologías que contribuyan a los resultados ya mencionados. Se ha identificado la producción de amoníaco en Newcastle (Australia) como el foco principal de las emisiones de gas carbónico en alcance 1 y 2, por ello se han desarrollado estudios y proyectos para el abatimiento de emisiones en esa planta.

Una fuente importante de monóxido y dióxido de carbono en Newcastle es la producción de hidrógeno basada en el gas natural como materia prima del amoníaco. El cambio del método reformado del

metano por vapor al proceso de electrólisis renovable para producción de hidrógeno es una oportunidad prometedora de eliminar las emisiones a largo plazo, esto dependerá del suministro rentable de grandes cantidades de electricidad renovable, la velocidad de la reducción de costes de la electrólisis y su crecimiento a escala comercial.

Se espera que la electrólisis renovable sea la forma más barata de producir hidrógeno verde en torno a 2040 (Butler et al., 2021) (véase Gráfica 7). Mientras esto se logra parece ser que el acoplamiento de la tecnología de captura y el almacenamiento de carbono (CCUS) con el actual método de reformado de metano por vapor podría abordar una gran parte de las emisiones, no obstante, debido a que actualmente no hay zonas productoras de petróleo o gas cerca de Newcastle, adecuadas para el almacenamiento permanente del dióxido de carbono capturado, la implementación de CCUS desde Newcastle conllevaría de infraestructura y transporte a zonas adecuadas lo cual es una barrera de implementación, ambas opciones están en desarrollo.

Gráfica 8. Opciones de abatimiento/reducción de GEI en la producción de amoniaco y su coste relativo según análisis Orica.



Durante 2021, se hizo un estudio para comprender mejor los riesgos y las oportunidades que presenta la nueva tecnología de electrólisis y su oportunidad de introducirlo como sustituto en la fabricación de amoniaco. Se realizó un estudio interno de fabricación para la adopción (en fase inicial) del hidrógeno producido a partir de energía renovable, esto permitió comprender los riesgos desde el punto de vista de seguridad, las barreras y los cambios necesarios en los equipos de fabricación para facilitar su adopción.

Otro gas de efecto invernadero en el radar de Orica son los óxidos nitrosos, y la principal fuente de emisiones de este GEI está en la producción de nitrato de amonio, específicamente en la primera etapa del proceso: la producción de ácido nítrico. Estas emisiones se diferencian de las demás actividades con emisiones

intensivas, ya que el óxido nitroso, es 265 veces más potente que el dióxido de carbono. Las soluciones tecnológicas catalizadoras selectivas destruyen el óxido nitroso convirtiéndolo en nitrógeno y oxígeno naturales (véase numeral 3.3). La tecnología es muy útil para reducir las emisiones de óxido nitroso de las plantas de procesos industriales y químicos como el ácido nítrico. La aplicación más rentable se conoce como reducción por catalizadores secundarios donde las emisiones de óxido nitroso se suelen reducir entre 75% y 90% respecto a los niveles base, sin embargo, existen oportunidades para desplegar la mejor tecnología de catalizadores terciarios disponible y reducir más del 95% de estas emisiones respecto a los niveles actuales.

En la actualidad existen incentivos limitados para que los fabricantes de productos químicos utilicen estas tecnologías. No obtienen ningún beneficio económico sobre las emisiones o una "prima verde" para los productos de bajas emisiones. Sin embargo, con los incentivos financieros del gobierno australiano (en el caso de Orica) y la participación en el mercado del carbono, la viabilidad económica de la reducción terciaria y las otras tecnologías puede mejorarse. Orica ha instalado un sistema catalizador terciario en Carseland, Canadá, durante el 2021, y sancionó el proyecto de descarbonización de la isla de Kooragang para desplegar la misma tecnología.

6.1. Mecanismos de incentivo para la descarbonización

Orica ha reforzado aún más los vínculos entre la remuneración de los ejecutivos y el cambio climático. Orica hace parte del mercado de carbono de Alberta (Canadá) y es recompensada con ingresos por créditos de carbono, esto crea un incentivo (en forma de ingresos y ventaja competitiva) para invertir en soluciones de reducción y lograr menores emisiones. En Australia, el proyecto de descarbonización de la isla de Kooragang que se ha mencionado anteriormente, es un ejemplo similar en el que los mercados de carbono ofrecen rentabilidad de capital, certeza del precio del carbono y la posibilidad de reducir el riesgo en las decisiones de inversión finales.

Las políticas y programas gubernamentales también ayudan a reducir los costes con subvenciones fiscales para el desarrollo o el despliegue de la tecnología en su fase inicial. Estas pueden adoptar varias formas: incentivos fiscales, subvenciones, garantías, tarifas de alimentación y contratos.

Un precio del carbono fijado a través de un programa de comercio de emisiones o un mecanismo fiscal,

proporciona a los productores un importante incentivo para reducir las emisiones de GEI. Una conclusión temprana es que los gobiernos de todo el mundo deberían considerar este tipo de mecanismos mientras se mantiene la competitividad relativa de la industria entre las naciones que comercian.

7. Conclusiones

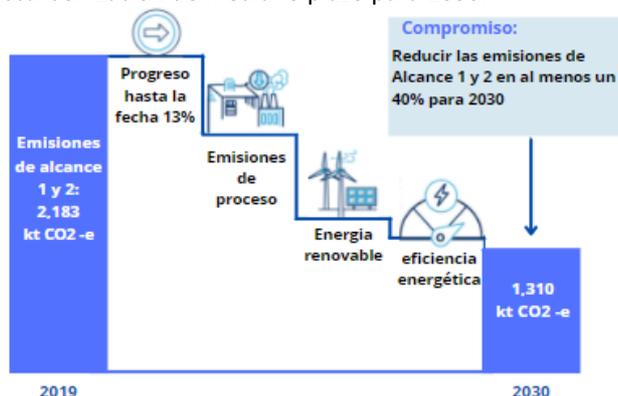
Orica ha logrado que sus emisiones globales de GEI de Alcance 1 y Alcance 2 se redujeran en un 13% con respecto a la base de referencia reformulada del ejercicio 2019.

Tabla 2. Primeros resultados de la iniciativa NZE.

Emisiones GEI (ktCO ₂ ^{-e})	AF 2019	AF 2020	AF 2021
Emisiones totales de GEI en alcance 1,2 y 3	6950	8970	8950
Emisiones de GEI para el alcance 1	2090	1850	1620
Emisiones de GEI para el alcance 2	240	270	280
Subtotal: Emisiones de GEI (alcance 1 y 2)	2330	2120	1900
Emisiones de GEI para el alcance 3 (amoníaco y nitrato de amonio comprado)	4610	4280	4810
Emisiones de GE para el alcance 3 (Nuevo límite)	N/A	6150	7050

Orica se mantiene debajo de su objetivo de intensidad de emisiones, esto es un valor igual o inferior a 1,7 tCO₂^e por tonelada de NA vendida. La intensidad global de las emisiones de GEI en 2021 fue de 1,64 tCO₂^e por tonelada de nitrato de amonio vendido, un 2% menos que la intensidad actualizada para 2020 (1,67 tCO₂^e por tonelada de NA vendida). Esto se debe principalmente a las emisiones de Alcance 1 como resultado de los cambios en el GWP del óxido nítrico y a la reducción de los volúmenes fabricados a causa de las tensiones comerciales en China a principios del año 2021.

Gráfica 9. Estado de la iniciativa NZE al 2021 y la ruta de descarbonización de mediano plazo para 2030.



Se ha demostrado que acompañar la venta de productos críticos para la minería con servicios de optimización que permitan al usuario final aumentar su desempeño (recuperación/fragmentación) con menores consumos genera un impacto mayor que la reducción de las emisiones en sí mismo, pues el concepto de reducción de consumo genera valor a todas las partes del proceso: empresa, proveedor especializado y medio ambiente.

Por primera vez Orica ha definido su línea base de emisiones para el cianuro de sodio y se ha planteado reducir el impacto ambiental de este reactivo crítico, a través del aumento de la productividad de su planta de manufactura, la implementación de nuevas tecnologías de captura de carbono, materias primas con menor huella de carbono, optimizaciones logísticas y nuevas tecnologías al servicio de los usuarios finales. En la actualidad el cianuro Orica tiene una intensidad de emisiones de al menos 0.865 tCO₂^e/tCN.

Los esfuerzos de sostenibilidad obtienen mejores resultados cuando hay asociación. La integración industrial potencia el desarrollo e implementación de las tecnologías, una demostración de ello es el alcance que ha tenido Orica en solo tres años de su objetivo de emisiones. El apoyo de asociaciones industriales como *World Coal Association, Fertilizer Canada, The Fertilizer Institute, Federation of European Explosives Manufacturer, Carbon Market Institute*, entre otros, ha sido la base del sólido plan de descarbonización de Orica y puede ser el camino de cualquier otro agente de la industria.

Un aspecto faltante en la estrategia de Orica es un análisis de ciclo de vida de los productos que manufactura, esto ayudará a priorizar las áreas donde enfocar los esfuerzos de reducción de emisiones.

El mercado del carbono es un aliciente económico que motiva las industrias a invertir en nuevas tecnologías ambientales. Las empresas mineras que consumen los bienes y servicios de este tipo de industrias deben incluir dentro de sus políticas de adquisiciones un factor de escogencia basado en la sostenibilidad ambiental.

Agradecimientos

Hacemos un agradecimiento especial a Troy Powell & Meredith Read del equipo de sostenibilidad de Orica Australia por su soporte y guía a lo largo de la revisión de este artículo. A Tim Ilhe, jefe global de la cartera de cianuro de sodio de Orica, por su patrocinio en este

esfuerzo investigativo. A Jorge Márquez, estudiante de ingeniería de Minas de la Universidad Nacional de Colombia, por su grata contribución a la finalización de este escrito. Al equipo de OBE de Orica en Latinoamérica, por su esfuerzo de difundir las mejores prácticas de la minería. A nuestros padres y alma mater por formar personas y profesionales íntegros. Al Instituto de Ingenieros de Minas del Perú, por la oportunidad de participar en el mayor congreso de minería de Latinoamérica, Perumin35.

Referencias

- Basham, B., Stimek, R. (2009). Improved process to co-manufacture acrylonitrile and hydrogen cyanide. International Patent C07C 253/34 (2006.01). From: shorturl.at/eoBJV
- Butler, C., Maxwell, R., Graham, P. & Hayward, J. (2021). Australian Industry Energy Transitions Initiative Phase 1 Technical Report. ClimateWorks Australia. From: shorturl.at/jBGKQ
- CEPAL. División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos. (2004). El mercado de carbono en América Latina y el Caribe: balance y perspectivas. From: shorturl.at/pquHZ
- Cerdá, E. (2012). Energía obtenida a partir de biomasa, 83. From: shorturl.at/lv059
- Cyanide Handbook. (2009). Cyanide Handbook. From: shorturl.at/adDQ9
- DuPont(a). (n.d.). Sodium Cyanide Properties, Uses, Storage and Handling.
- Fernández, P., Araya, J. (2010). Tecnologías probadas para el Control de Emisiones Atmosféricas en Grupos Electrógenos. From: shorturl.at/kDS09
- García, A., López, C. M., García, L., Goldwasser, M., Moya, A., & Ojeda, I. (2014). Análisis del equilibrio termodinámico en procesos de reformado de metano con vapor, CO₂ y O₂. Scientific Journal from the Experimental Faculty of Sciences, at the Universidad del Zulia, 22, 52-63. From: shorturl.at/gnyJT
- Giménez, J. C. (2019). La hora del hidrógeno verde. Gas actual, 153, 24-30.
- Golder Associates, (2006). Orica Australia Pty Ltd, International Cyanide Management Code, Cyanide Production Certification Audit. From: www.cyanidecode.org/pdf/CyanideProductionCertificationAudit.pdf
- Gutiérrez, I. (2015). Procesos de obtención del acrilonitrilo y ácido cianhídrico, sus usos y la reactivación de estos en la actualidad. México.
- Klaus Weissermel, .-J. A. (1981). Química orgánica industrial. Reverté S.A. From: shorturl.at/bgiwG
- Olabe, A., González-Eguino, M., & Ribera, T. (2016). El Acuerdo de París y el fin de la era del carbón. Real Instituto Elcano. From: shorturl.at/lptB0
- ONU. (1998). Protocolo de Kyoto sobre Cambio Climático. Kioto, Japón. From: shorturl.at/nyzFY
- Orica. (2021). Orica climate action report 2021.
- Pedraza, J., Martínez, L., Suarez, L. A., Rojas, N., Ramírez, H., Mejía, A., & Casallas, J. (2018). Capturando el co2: De la industria para la industria. Innovación y Ciencia, 1, 1-8.
- Ullmann Encyclopedia of Industrial Chemistry. (2021). From: shorturl.at/ahxMV

Perfil profesional

Ingeniero industrial de la Universidad Católica de San Pablo, especialista en Finanzas Aplicadas, máster en Administración de Negocios y Dirección Avanzada de Proyectos. Gerente senior de la categoría de cianuro de sodio a nivel global en Orica.

German E. Chen-Díaz
Gerente de producto
Orica Mining Services
german.chen@orica.com
+51 987 226 474
Lima, Peru

Perfil profesional

Ingeniero de Minas y Metalurgia de la Universidad Nacional de Colombia, especialista en procesamiento de datos y programación web. Especialista de producto para la categoría de cianuro de sodio en Orica.

Andrés C. Mesa-Rodríguez
Especialista de producto
Orica Colombia
andres.mesa@orica.com
+57 311 631 7751
Medellín, Colombia