

Reducción del metano en la industria del petróleo y gas

Manual para legisladores



Carta de apertura de la Secretaria Raimondo

El cambio climático es un reto profundo y mundial. Estados Unidos se ha puesto a la altura de este reto. En la Orden Ejecutiva 14008, la Administración Biden-Harris reconoció que ahora es el momento de actuar para evitar los peores impactos de la crisis climática, así como de aprovechar las oportunidades disponibles para abordar el cambio climático. El Departamento de Comercio de EE.UU. forma parte de este esfuerzo de todo el gobierno para hacer frente al momento climático y garantizar una transición justa y rápida hacia un futuro con menos carbono, sostenible y próspero.

Las emisiones de metano contribuyen en gran medida al cambio climático. Reducir las representa también una oportunidad única. Es por este motivo que en 2021 Estados Unidos y sus socios internacionales establecieron el Compromiso Global del Metano. En virtud del Compromiso, los países se comprometen a reducir colectivamente el metano en un 30% para 2030 con respecto a los niveles de 2020. Estados Unidos y sus socios están trabajando ahora para ayudar a los países a adoptar políticas de reducción del metano, movilizar la financiación necesaria, desplegar tecnologías y prácticas de reducción y reformar leyes y reglamentos.

En el Departamento de Comercio de EE.UU., el Programa de Desarrollo del Derecho Mercantil (CLDP) de la Oficina del Consejero General lleva más de 30 años ayudando a los países a actualizar sus leyes y reglamentos mercantiles. Ahora, el programa CLDP ha organizado una guía gratuita, accesible y práctica para que los responsables políticos y los reguladores reduzcan las emisiones de metano en la cadena de valor del petróleo y gas.

Para elaborar el manual, el programa CLDP convocó a un grupo de expertos en reducción del metano procedentes del Gobierno de Estados Unidos, instituciones multilaterales, organizaciones no gubernamentales, la industria y el mundo académico. Estos autores y otros muchos colaboradores que participaron de la redacción del manual dedicaron colectivamente innumerables horas de trabajo voluntario. El resultado es una guía que los legisladores,

funcionarios ministeriales y reguladores de todo el mundo pueden utilizar ahora mismo para redactar, adoptar y aplicar nuevas leyes que reduzcan de manera rápida y eficaz el metano procedente de los procesos del petróleo y gas.

Este manual también amplía el alcance de la serie desarrollada por el programa CLDP en el marco de Power Africa : una biblioteca de manuales de conocimiento de código abierto y lenguaje sencillo denominada *Understanding Power* que explica una serie de temas esenciales para los contratos, la financiación y la adquisición de proyectos energéticos. Además de apoyar el Compromiso Global del Metano y los objetivos climáticos de Estados Unidos, el manual respalda los objetivos climáticos y de comercio de tecnologías limpias del Departamento de Comercio de Estados Unidos.

Doy las gracias al programa CLDP y a los autores, patrocinadores y colaboradores por haber elaborado este valioso aporte a nuestro esfuerzo colectivo para tomar medidas contra el cambio climático. Trabajando juntos, podemos hacer frente a la crisis climática, aprovechar las oportunidades económicas y estar a la altura del desafío.



Gina M. Raimondo
Secretaria de Comercio de los Estados Unidos

Índice

GUÍA DE USO DEL MANUAL

8

1. LA OPORTUNIDAD DEL METANO

14

- a. Cambios en la participación del metano en el sector del petróleo y el gas 15
- b. El metano y el reto climático 17
- c. El metano en la cadena de valor del petróleo y el gas 18
- d. La oportunidad: Reducir las emisiones de metano procedentes del petróleo y el gas 20

2. PLANIFICACIÓN PARA REDUCIR LAS EMISIONES DE METANO EN EL SECTOR DEL PETRÓLEO Y EL GAS 26

- a. Planes de acción nacionales acerca del metano 27
- b. Planes de reducción para el sector del petróleo y el gas 31
- c. Adaptación de las políticas sobre metano a los contextos locales 35
- d. Recursos útiles 38

3. INTRODUCCIÓN A LA NORMATIVA SOBRE LA REDUCCIÓN DEL METANO 39

- a. Posibles estrategias regulatorias y de políticas 40
- b. Evaluación de las leyes e instituciones existentes 45
- c. Participación de las partes interesadas 48
- d. Aprovechamiento de las acciones voluntarias de la industria 49
- e. Enfoques comunes en las regulaciones existentes 50

| | |
|---|------------|
| 4. FUENTES DE METANO POR SEGMENTOS DEL MERCADO DEL PETRÓLEO Y GAS | 51 |
| a. Upstream | 53 |
| b. Midstream | 57 |
| c. Downstream | 63 |
| 5. DETECCIÓN Y REPARACIÓN DE FUGAS (LDAR) | 68 |
| a. Características de las regulaciones para LDAR | 70 |
| b. Ejemplo: El requerimiento federal LDAR de Canadá | 73 |
| 6. QUEMA EN ANTORCHA Y VENTEO | 79 |
| a. Características de las regulaciones sobre quema en antorcha y venteo | 81 |
| b. Ejemplo: Restricciones a la quema en antorcha y el venteo en Colombia | 83 |
| c. Ejemplo: Utilización del gas asociado en Kazajistán | 89 |
| 7. NORMAS SOBRE EQUIPOS Y PROCESOS | 94 |
| a. Cómo es una regulación típica de equipos o procesos | 96 |
| b. Ejemplo: Regulaciones sobre normas para equipos en Nigeria | 99 |
| 8. INVENTARIOS | 107 |
| a. Inventarios de emisiones versus monitorización | 109 |
| b. Datos necesarios para los inventarios de emisiones | 110 |
| c. Inventario de pozos taponados y abandonados | 111 |
| d. Consideraciones de diseño para el desarrollo de programas de notificación e inventarios de emisiones | 112 |
| e. Recursos disponibles para apoyar la elaboración de inventarios | 115 |

9. MONITORIZACIÓN 121

| | |
|--|-----|
| a. Tecnologías de monitorización disponibles | 122 |
| b. Necesidad de monitorización para apoyar los marcos regulatorios | 128 |
| c. Consideraciones sobre los protocolos de monitorización, notificación y verificación | 129 |
| d. Apoyo disponible para los gobiernos | 131 |
| e. Recursos útiles | 133 |

10. GARANTIZAR EL CUMPLIMIENTO NORMATIVO 135

| | |
|---|-----|
| a. Comunicación de las expectativas | 137 |
| b. Aplicación de la regulación | 143 |
| c. Elaboración de un plan de inspección | 145 |

11. FINANCIACIÓN DE LA REDUCCIÓN DEL METANO 147

| | |
|---|-----|
| a. El déficit de financiación | 149 |
| b. Tendencias en la financiación | 156 |
| c. Argumentos económicos para la reducción del metano | 159 |
| d. Monetización de la reducción del metano | 162 |

12. DESARROLLO DE CAPACIDADES PARA LA ACCIÓN 166

| | |
|--|-----|
| a. Experticia necesaria para la gestión del metano | 167 |
| b. Estrategia para el desarrollo de capacidades | 169 |

13. RECURSOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN 178

| | |
|--------------------------------|-----|
| a. Asesoramiento especializado | 179 |
| b. Financiación | 180 |
| c. Guías | 182 |

| | |
|---------------------|-----|
| d. Herramientas | 185 |
| e. Fuentes de datos | 187 |

| | |
|---------------------------------|------------|
| ANEXO: ACERCA DEL METANO | 189 |
|---------------------------------|------------|

| | |
|---------------|------------|
| SIGLAS | 193 |
|---------------|------------|

| | |
|--------------|------------|
| NOTAS | 196 |
|--------------|------------|

| | |
|----------------|------------|
| COLOFÓN | 215 |
|----------------|------------|

Guía de uso del Manual

¿A quién va dirigido este libro?

La comunidad internacional se ha comprometido a reducir rápidamente las emisiones de metano procedentes de las operaciones de petróleo y gas para cumplir con los objetivos del cambio climático y mejorar la seguridad económica y energética. Sin embargo, muchos países aún no saben cómo alcanzar estos objetivos. Este manual presenta a los funcionarios gubernamentales una serie de opciones para la reducción de las emisiones de metano en el sector del petróleo y el gas y brinda orientación en el diseño y la aplicación de normativas. Se basa en las enseñanzas extraídas de los regímenes normativos de varios países. De este manual se pueden beneficiar los funcionarios públicos implicados en todos los aspectos del sector del petróleo y gas.

¿Cuál es el alcance de este libro?

Este manual explica las oportunidades y tecnologías para la reducción de las emisiones de metano, así como la manera de desarrollar y aplicar políticas y normativas eficaces en la materia. Ofrece ejemplos útiles y estudios de casos de normativas recientes de reducción del metano adoptadas por países de todo el mundo. Este manual solo trata en profundidad algunas de las tecnologías específicas para reducir las emisiones de metano y se centra en los puntos más destacados sobre el tema. Resume los puntos que los autores consideran especialmente importantes a la hora de estudiar la normativa sobre reducción del metano y su aplicación. Este manual no pretende abogar por un conjunto concreto de políticas de reducción de las emisiones de metano, sino ofrecer una visión general de las opciones existentes.

¿Quién escribió este libro?

Los autores son diversos profesionales del sector energético, entre los que se incluyen funcionarios, ingenieros, expertos en políticas públicas, abogados y académicos. Este manual pretende recoger su experiencia práctica colectiva y sus conocimientos actuales. Sin

embargo, puede no representar las posiciones con respecto a políticas de las organizaciones, instituciones, países y/o empresas con los que los autores individuales están o han estado afiliados. Para más información, consulte las publicaciones y sitios web de las organizaciones, instituciones, países o empresas correspondientes.

La reducción de las emisiones de metano es un tema complejo que se nutre del aprendizaje continuo de muchas partes interesadas y de avances tecnológicos. Las diversas áreas de especialización de los autores han permitido que el manual aborde esta complejidad en un formato digerible, donde los autores participan de acuerdo con su experiencia individual en todos o algunos de los temas señalando problemas y alternativas. Los autores esperan que este manual sirva para avanzar en el desarrollo y la aplicación de políticas y normativas de reducción de las emisiones de metano y contribuir a que disminuyan las que proceden del sector del petróleo y gas.

¿Cómo se hizo este libro?

El manual se elaboró utilizando el método Book Sprints (www.booksprints.net), que permite redactar, editar y publicar un producto completo en sólo cinco días. Los autores agradecen sinceramente a nuestra facilitadora de Book Sprint, Barbara Rühling, su paciente orientación y su inquebrantable liderazgo a lo largo de las casi 75 horas que duró el proceso de redacción. Los autores también dan las gracias a Henrik van Leeuwen y Lennart Wolfert por convertir nuestros garabatos precipitados en bellas y valiosas ilustraciones. También nos gustaría reconocer el incansable trabajo de las editoras de Book Sprints, Raewyn Whyte y Christine Davis.

Los autores desean expresar su reconocimiento a las siguientes personas e instituciones que orientaron el diálogo para llegar a un consenso en torno al potencial de este manual: Oficina de Recursos Energéticos del Departamento de Estado de EE.UU.; Enviado Especial para el Clima del Departamento de Estado de EE.UU. , y

Stephen Gardner (Programa de Desarrollo del Derecho Mercantil del Departamento de Comercio de EE.UU.). Los autores también desean dar las gracias a quienes les han prestado su apoyo a lo largo del proceso de redacción:

Martin Oswald, del Banco Mundial; Shareen Yawanarajah, del *Environmental Defense Fund* (Fondo de Defensa del Medio Ambiente); Dan McDougall, de la *Climate and Clean Air Coalition* (Coalición por el Clima y el Aire Limpio); Meghan Demeter, del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente; Mark Davis, de Capterio; Riley Duren y Daniel Bon, de *Carbon Mapper* (Mapeador de carbono); Gabrielle Dreyfus y Tad Ferris, del *Institute for Governance and Sustainable Development* (Instituto para la Gobernanza y el Desarrollo Sostenible); y Osasu Dorsey, de la *U.S. Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration* (Administración de Seguridad de Oleoductos y Materiales Peligrosos de EE.UU.). Además, la conceptualización de este manual ha requerido una considerable labor de planificación y desarrollo. Los autores también desean agradecer la generosa financiación del Programa de Gobernanza Energética y Minera de la Oficina de Recursos Energéticos del Departamento de Estado de EE.UU., que ha financiado íntegramente este libro.

¿Cómo puedo utilizar este libro?

Siguiendo la tradición de compartir conocimientos en código abierto, este manual pretende reflejar la vibrante naturaleza del proceso de Book Sprint y servir como referencia y punto de partida para futuros debates y estudios. Se publica bajo la licencia Creative Commons Atribución -NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY NO SA). Al elegir esta licencia de publicación, cualquiera puede copiar, extraer, reelaborar, traducir y reutilizar el texto para cualquier fin no comercial sin pedir permiso a los autores, siempre que la obra resultante se publique también bajo una licencia Creative Commons. El manual se publica inicialmente en inglés. Es posible que pronto se publiquen traducciones. Está disponible (en inglés) en formato electrónico en

<https://cldp.doc.gov/resources> y en formato impreso. Además, el manual puede utilizarse como recurso interactivo en línea. Muchos de los autores colaboradores se han comprometido a trabajar en sus instituciones para adaptar este recurso y utilizarlo como base de cursos de formación e iniciativas de asistencia técnica.

Atentamente,
Los autores colaboradores

| | |
|---|---|
| <p>Dr. Md. Rafiqul Islam División de Energía y Recursos Minerales <i>Gobierno de Bangladesh</i> (Bangladesh)</p> | <p>Chathura Wijesinghe <i>Autoridad para el Desarrollo del Petróleo</i> (Sri Lanka)</p> |
| <p>Kenyon Weaver Programa de Desarrollo del Derecho Mercantil <i>Departamento de Comercio de EE.UU.</i> (Estados Unidos)</p> | <p>Eric Camp Programa de Desarrollo del Derecho Mercantil <i>Departamento de Comercio de EE.UU.</i> (Estados Unidos)</p> |
| <p>Mohamed Badissy <i>PennState Dickinson Law</i> (United States)</p> | <p>Gil Damon <i>Facultad de Derecho de la UC Berkeley</i> (Estados Unidos)</p> |
| <p>Deanna Haines <i>Honeywell</i> (Estados Unidos)</p> | <p>K.C. Michaels <i>Agencia Internacional de la Energía</i> (Francia)</p> |
| <p>Naadira Ogeer <i>Secretaría de la Commonwealth</i> (Trinidad and Tobago)</p> | <p>Dr. Adam Pacsi <i>Chevron</i> (Estados Unidos)</p> |
| <p>Darin Schroeder <i>Grupo de Trabajo sobre Aire Limpio</i> (Estados Unidos)</p> | <p>Steve Wolfson <i>Agencia de Protección del Medio Ambiente</i> (Estados Unidos)</p> |
| <p>Dr. Ryan Wong <i>Universidad de Northumbria</i> (Reino Unido)</p> | |

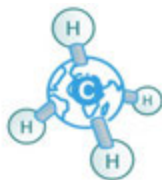
1. La oportunidad del metano

Por qué los países deben reducir ya las emisiones de metano procedentes del sector del petróleo y gas

Información clave

- El metano, un componente clave del gas natural, es tanto una mercancía global como un gas de efecto invernadero (GEI) que contribuye al cambio climático.
- La reducción del metano a corto plazo en todos los sectores económicos, incluidos el sector del petróleo y el gas, es vital para alcanzar los objetivos climáticos mundiales.
- La mitigación de las emisiones de metano puede generar ingresos, mejorar el acceso a la energía, crear puestos de trabajo, aumentar la disponibilidad energética, facilitar el acceso a la inversión, mejorar la seguridad, promover la salud de las comunidades y demostrar liderazgo.
- Los gobiernos pueden diseñar políticas eficaces de reducción de las emisiones de metano en el sector del petróleo y el gas para conseguir estos beneficios.
- Los gobiernos deberían aprovechar la oportunidad del metano, reduciendo las emisiones y avanzando en sus objetivos económicos y sociales.

Cambios en la participación del metano en el sector del petróleo y el gas



El metano, cuya fórmula química es CH_4 , es el principal componente del gas natural. La participación del gas natural en el sistema energético ha cambiado radicalmente con el paso del tiempo.

Cuando se descubrió y produjo petróleo por primera vez, el gas natural se consideraba un riesgo, un producto no deseado que se encontraba junto a los yacimientos de petróleo. En aquella época, el gas natural era una molestia que había que gestionar. Para

comercializar el petróleo, muchos productores se deshacían del gas natural mediante venteos libres o quemas .

Hoy en día, el gas natural desempeña un papel importante en la matriz energética de muchos países. Se utiliza en la generación de electricidad, la industria y la calefacción urbana, y también es una materia prima fundamental para la fabricación de fertilizantes, amoníaco y otros productos químicos y petroquímicos. En algunos mercados ha sustituido en gran medida al carbón y a los combustibles líquidos en hogares, industrias y centrales eléctricas, mejorando la calidad del aire en ciudades de todo el mundo y reduciendo las emisiones de dióxido de carbono. Sin embargo, se ha demostrado mediante investigaciones que sustituir carbón por gas solo produce un beneficio climático neto¹ cuando las tasas de fuga de metano no superan el 2,4-3,4%.²

La llegada en la década de 1950 del transporte a gran escala de gas natural sometido a un proceso de licuefacción significó que este producto ya no estaba sujeto solo al transporte por gasoducto. A partir de ese momento , los países que se enfrentaban a una disminución de sus reservas nacionales de gas natural, o que carecían de otras opciones para la generación de energía, podían aprovechar el gas natural licuado (GNL) importado.

El gas natural, que alguna vez fue solo una molestia y un riesgo, es ahora una fuente de energía e ingresos clave para numerosos países que dependen de él para su crecimiento económico. Incluso ahora, algunos países están aumentando el uso del gas natural para su desarrollo económico o para sustituir fuentes de combustible más intensivas en carbono, como el carbón. Por el contrario, otros países están evaluando futuros descensos en el uso del gas natural como parte de su planificación de transición energética. La Agencia Internacional de la Energía considera que para alcanzar el objetivo de cero emisiones netas en 2050 es necesario reducir a la mitad la intensidad de las emisiones del sector del petróleo y el gas para el final de esta década, al tiempo que se reduce el consumo total de petróleo y gas.

El metano y el reto climático

El metano es un potente gas de efecto invernadero (GEI) de vida corta, que se descompone en la atmósfera en alrededor de 12 años. Según el 5º Informe de Evaluación del IPCC, se calcula que el impacto del metano es unas 84 veces mayor que el del dióxido de carbono si se considera la media de 20 años y unas 28 veces más potente cuando se considera la media de 100 años.³ Según la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica, la concentración atmosférica de metano se ha más que duplicado desde la época preindustrial (de alrededor de 715 partes cada mil millones (ppb) a alrededor de 1912 ppb en 2022), y el metano procedente de todo tipo de fuentes, sean naturales o antropogénicas, es el segundo GEI más abundante.⁴

Como se señala en el Compromiso Global del Metano, "las medidas rentables y fácilmente disponibles para reducir las emisiones de metano tienen el potencial de evitar más de 0,2 grados centígrados de calentamiento para 2050",⁵ por lo que las soluciones para reducir las emisiones de metano deben aplicarse junto con la reducción de otras emisiones de GEI, en particular de dióxido de carbono, para abordar de forma significativa los objetivos climáticos mundiales.

La reducción de metano a corto plazo es un componente vital para alcanzar los objetivos climáticos globales y podría limitar el ritmo del calentamiento global. El IPCC recomienda una reducción "fuerte, rápida y sostenida" de las emisiones de metano.⁶

El metano en la cadena de valor del petróleo y el gas

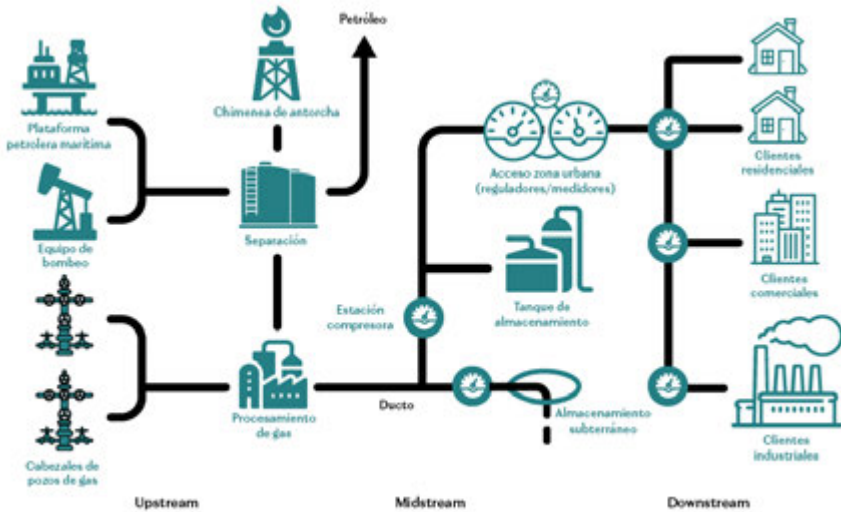


Gráfico 1.1: Ilustración de los segmentos de la cadena de valor del petróleo y el gas.

Puede haber emisiones de metano a lo largo de toda la cadena de valor del petróleo y el gas, que consta de tres segmentos:

- ➔ **Upstream (Aguas arriba):** Producción y procesamiento de petróleo y gas.
- ➔ **Midstream (Fase intermedia):** Transporte de gas por gasoductos o como GNL, y actividades de almacenamiento.
- ➔ **Downstream (Aguas abajo):** Transporte y refinación del petróleo y sistemas de distribución local del gas a los consumidores.

La mayoría de las emisiones de metano procedentes de las operaciones hidrocarburíferas pertenecen a una de estas tres categorías:



Quema. Quema intencional de gas natural para liberar presiones en caso de avería o cuando no es posible enviar el gas a puntos de venta. Cuando se quema gas natural, la mayor parte del metano se convierte en CO₂, pero queda algo de metano sin quemar.



Venteo. La liberación intencionada de gas natural procedente de un proceso o actividad directamente al aire.



Emisiones fugitivas. La liberación involuntaria de metano por fugas, por ejemplo, de válvulas o bridas. Como el metano es incoloro e inodoro, las fugas pueden pasar desapercibidas sin una inspección periódica.

La Agencia Internacional de la Energía (AIE) estima que las emisiones mundiales de metano procedentes de las actividades relacionadas con el petróleo y el gas fueron de 82 millones de toneladas métricas en 2022.⁷ El gráfico 1.2 muestra la proporción relativa de emisiones de metano entre la quema en antorcha, el venteo y las emisiones fugitivas.

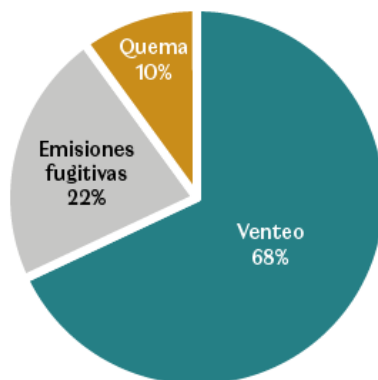


Gráfico 1.2: Fuentes de emisiones de metano en los sectores del petróleo y el gas natural (2021).⁸

La oportunidad: Reducir las emisiones de metano procedentes del petróleo y el gas

Los gobiernos han empezado a priorizar la reducción del metano a corto plazo a la luz de los crecientes conocimientos en la materia. Más de 150 países se han adherido al Compromiso Global del 1 Metano al momento de redactar este manual. El Compromiso Global del Metano incluye, entre otras cosas, el compromiso de "trabajar juntos para reducir en conjunto las emisiones antropogénicas globales de metano en todos los sectores al menos un 30% por debajo de los niveles de 2020 para 2030". Otros foros internacionales también han reconocido que el metano es un asunto prioritario.⁹

El sector del petróleo y el gas no es la única ni la mayor fuente de emisiones antropogénicas de metano. Son tres los sectores que reúnen la mayor parte de las emisiones de metano de origen humano en el mundo: la energía, la agricultura y los residuos. Cada uno de ellos necesitará su propio enfoque para la

reducción del metano. Aunque este documento se centra en el metano procedente del petróleo y el gas, los gobiernos pueden maximizar los beneficios de la reducción de las emisiones de metano si consideran acciones simultáneas en otros sectores.

Algunos avances recientes en teledetección han demostrado que el sector energético tiene oportunidades para reducir las emisiones de metano a corto plazo. En 2022, la AIE estimó que el sector del petróleo y el gas había emitido alrededor de 82 millones de toneladas de metano a nivel mundial y que alrededor de 70% de las emisiones de metano procedentes de las operaciones mundiales de combustibles fósiles podrían reducirse con tecnología bien conocida y actualmente disponible.¹⁰

La mitigación de las emisiones de metano en el sector del petróleo y el gas puede ser beneficiosa para todos. La rápida reducción del metano procedente del petróleo y el gas es posible, y puede y debe promover un amplio crecimiento económico, creación de empleo, salud de las comunidades, seguridad de los trabajadores y competitividad internacional. La reducción del metano procedente del petróleo y el gas constituye una oportunidad de mitigación del cambio climático y de desarrollo económico.

Sin embargo, **el "cómo" importa.** La forma en que se reduzcan las emisiones de metano determinará en qué medida cada país puede aprovechar los beneficios económicos y sociales resultantes. La reducción del metano exigirá ajustar el entorno normativo y operativo para la inversión en petróleo y gas. Entre los aspectos importantes que deben considerarse figuran los siguientes:

- ➔ **Los costos.** ¿Quién se hará cargo de afrontar los costos de las nuevas tecnologías y prácticas?
- ➔ **Los ingresos.** ¿Se reducirán los ingresos del Tesoro o de las Compañías Petroleras Nacionales (CPN)?
- ➔ **Capacidades.** ¿Dispondrán los gobiernos, las CPN y las empresas privadas de los conocimientos y el personal necesarios para cumplir con los nuevos requisitos normativos y operativos que permitan reducir el metano?

- **Empleo.** ¿Qué impacto tendrá la reducción del metano en el empleo? ¿Tendrá repercusiones desiguales en las distintas comunidades?
- **Tecnología.** ¿Estarán disponibles y serán asequibles las tecnologías de mitigación ?

Aunque estas preocupaciones son reales y deben afrontarse, la reducción del metano procedente de las actividades hidrocarburíferas puede reportar beneficios significativos:

- **Más ingresos.** Los gobiernos pueden monetizar el metano que ahora se desperdicia. Esto puede producir más ingresos para el fisco y una mejor administración de los recursos públicos.
- **Mejor acceso a la energía.** Los gobiernos y los operadores pueden mejorar el acceso de la población a la energía, al capturar y utilizar el metano para producir electricidad, calefaccionar y cocinar.
- **Creación de empleo.** Las tecnologías de reducción del metano requieren personal capacitado, lo que estimula la creación de nuevos puestos de trabajo.¹¹
- **Mayor disponibilidad energética.** Eliminar el metano que se transforma en residuo garantiza una menor dependencia de fuentes de energía importadas que en ocasiones son costosas .
- **Acceso a inversiones.** Las empresas, incluidas las CPN, buscan acceder a financiación ecológica o verde, pero para ello deben demostrar que cuentan con sólidos indicadores proclima y medioambientales, sociales y de gobernanza (ASG).
- **Mejor seguridad pública.** Las actividades de reducción del metano pueden reducir los riesgos para el público y los trabajadores.
- **Mejor calidad del aire.** La reducción de las emisiones de metano puede ofrecer beneficios secundarios al contribuir a mejorar la calidad del aire local.

→ **Liderazgo climático en la región y en todo el mundo.** La reducción de las emisiones de metano es una prioridad mundial y los países que demuestren progresos serán reconocidos como líderes a nivel regional y mundial.



Gráfico 1.3: Ilustración de los beneficios de reducir las emisiones de metano .

Más ingresos y más energía: cómo pueden beneficiarse los gobiernos al usar el gas en lugar de quemarlo

Algunos gobiernos y CPN están perdiendo una oportunidad al permitir la quema de gas asociado. La reducción de la quema permite transportar gas adicional a los mercados de consumo o utilizarlo para generar electricidad. Tales proyectos, que llevan el gas a los gasoductos o lo transforman en energía eléctrica, son beneficiosos para los gobiernos, la industria y el público. En algunos casos, estos proyectos exigen poco o ningún desembolso de presupuestos públicos, ya que son ejecutados por operadores privados que obtienen beneficios. Además, en los proyectos de conversión de gas en energía eléctrica, la nueva disponibilidad de electricidad puede aumentar la estabilidad de la red y reducir las emisiones atmosféricas derivadas de la electrificación de las operaciones.

Dos ejemplos en Egipto ilustran la oportunidad potencial. En uno de ellos, Pharos Energy, una empresa petrolera independiente con sede en el Reino Unido, redujo la combustión de gas en un 30% en sus operaciones petroleras mediante la instalación de dos nuevos generadores de electricidad alimentados con gas. Esto también redujo significativamente la contaminación y los costos de la combustión de diésel. Según las estimaciones de FlareIntel de Capterio, la quema y las emisiones atmosféricas de diésel que se evitaron en estos proyectos permitieron una reducción de aproximadamente 42.000 toneladas equivalentes de CO₂ emitidas al año.

En otro campo petrolero, la empresa estatal ucraniana Naftogaz instaló nuevos equipos para recuperar el gas natural que se habría quemado en antorcha y enviarlo al mercado a través de un gasoducto cercano. Esto redujo las emisiones en hasta 800.000 toneladas equivalentes de CO₂ al año. FlareIntel calcula que, gracias a este proyecto, se están comercializando casi 15 millones de pies cúbicos (500.000 m³) al día de gas natural en lugar de quemarlo.¹²

¿Aprovecharán los países esta oportunidad?

¿Cómo será el futuro del petróleo y el gas? Dependerá de cómo aprovechen los países la oportunidad de reducción del metano en este sector. Los países que adopten la oleada de nuevos análisis, herramientas, normas, prácticas y compromisos pueden reducir rápidamente las emisiones de metano del sector hidrocarburífero . Existen oportunidades para que en el campo de las reducciones de las emisiones de metano crezcan tanto las ambiciones como las implementaciones.

2. Planificación para reducir las emisiones de metano en el sector del petróleo y el gas

Información clave

- Los gobiernos nacionales y regionales están planificando la reducción de las emisiones de metano estableciendo objetivos y metas de alto nivel para todos los sectores en un plan de acción nacional para el metano. Decenas de países han adoptado o están desarrollando planes de acción para el metano.
- Aquellos países que están desarrollando planes de acción nacionales y medidas sectoriales específicas pueden buscar ejemplos útiles de lo que se puede incluir en otras naciones.
- Los socios internacionales para el desarrollo del sector del petróleo y el gas disponen de recursos para elaborar planes de reducción del metano, hojas de ruta detalladas y normativas específicas.
- A la hora de desarrollar una política de reducción del metano para aplicar al sector hidrocarburífero, los responsables políticos y los reguladores deben adaptar las políticas a sus circunstancias específicas.
- Las opciones de reducción de las emisiones de metano dependen de los tres segmentos de la industria: Upstream, Midstream y Downstream.

Planes de acción nacionales acerca del metano

Los planes de acción nacionales acerca del metano establecen objetivos a nivel de toda la economía para controlar las emisiones. Un plan de acción nacional es un buen lugar para establecer objetivos y metas de alto nivel para el metano en todos los sectores, incluidos los del petróleo y el gas, el carbón, los residuos y la agricultura. Pueden incluir objetivos numéricos de alto nivel, una lista de medidas específicas de mitigación que adoptará el gobierno, o ambas cosas.

- El Plan de Acción Nacional de **Ghana** para Mitigar los Contaminantes Climáticos de Corta Duración (2018) identifica medidas específicas para reducir el metano y otros contaminantes en todos los sectores.¹³
- El Plan de Acción para la Reducción de las Emisiones de Metano de **Estados Unidos** (2021) detalla varias medidas reglamentarias y no reglamentarias que está adoptando el gobierno para reducir el metano procedente del petróleo y el gas, vertederos, minas de carbón, agricultura y otras industrias y construcciones .¹⁴
- El Plan de Acción Nacional sobre el Metano de **Noruega** (2022) no establece un objetivo separado para el metano, sino que señala que el metano está incluido en el objetivo general de reducción de emisiones de GEI de Noruega del 55% para 2030 y del 90-95% para 2050 (en comparación con los niveles de 1990).¹⁵
- La Estrategia de Metano de **Canadá** (2022) establece medidas de reducción y programas de apoyo para reducir las emisiones nacionales de metano en más de un 35% para 2030 (en comparación con 2020). En el sector petrolero y del gas, Canadá se ha comprometido a reducir las emisiones en un 75% para 2030 en comparación con 2012.¹⁶

Conforme los países vayan avanzando en la consecución de los objetivos de sus políticas , podrán revisar sus objetivos y planes para reflejar los nuevos conocimientos adquiridos.

Los países que desarrollan nuevos planes de acción pueden buscar en otros países ejemplos útiles de lo que se puede incluir. Para mayo de 2023, unos 50 países han adoptado o están elaborando planes de acción acerca del metano.¹⁷



Gráfico 2.1: Proceso de reducción continua de emisiones a nivel nacional.

Existen recursos disponibles para ayudar a los países en este proceso, incluido el Programa de Acción de la Hoja de Ruta del Metano (*Methane Roadmap Action Program - M-RAP*)¹⁸ de la Coalición Clima y Aire Limpio (*Climate and Clean Air Coalition - CCAC*).



Estudio de caso: Plan de Acción de Vietnam acerca del Metano para 2030

Un plan de acción acerca del metano puede ser una demostración de intenciones y establecer los procesos para la elaboración de una hoja de ruta más detallada. El Plan de Acción de Vietnam acerca del Metano para 2030 establece objetivos para reducir las emisiones totales en al menos un 30% por debajo de los niveles de 2020 para 2030, con objetivos específicos para los sectores de la agricultura, residuos y energía.

El Plan de Acción de Vietnam acerca del Metano establece que "las reducciones de las emisiones de metano deben realizarse en función del análisis costo-beneficio, de acuerdo con una hoja de ruta establecida que garantice los derechos y beneficios legítimos de las entidades tanto institucionales como individuales, y promueva innovaciones que sirvan al desarrollo socioeconómico sostenible de Vietnam". Esta hoja de ruta incluye disposiciones para:

- Promover la transferencia y adopción de tecnologías para apoyar la instalación de soluciones de reducción de las emisiones.
- Establecer el marco normativo para gestionar los créditos de carbono derivados de la reducción del metano y apoyar a los emisores para que accedan a los mercados de carbono nacionales e internacionales.

El Plan también ordena que las medidas para reducir el metano se ajusten a las políticas existentes, dando instrucciones a los funcionarios ministeriales para que incluyan la reducción de las emisiones de metano en la estrategia de respuesta al cambio climático, el plan nacional de crecimiento ecológico y los planes maestros sectoriales y provinciales.

Planes de reducción para el sector del petróleo y el gas

En apoyo de un plan de acción nacional para toda la economía, muchos países están elaborando políticas y hojas de ruta más detalladas que definen medidas específicas para hacer frente a las emisiones del sector del petróleo y el gas. La AIE ha elaborado una hoja de ruta y un conjunto de herramientas normativas para ayudar a los responsables de establecer las políticas, identificando los pasos que pueden dar los gobiernos para diseñar e implementar nuevas políticas y normativas acerca del metano.¹⁹

Estos pasos pueden agruparse en tres grandes fases: comprensión del entorno, diseño de la normativa e implementación. Estos pasos pueden llevarse a cabo de forma secuencial o simultánea.



Gráfico 2.2: Hoja de ruta de la AIE para el diseño de políticas efectivas sobre el metano.²⁰

Evaluación de los costos y los beneficios de la reducción de las emisiones de metano

A la hora de establecer objetivos y planes específicos para el sector del petróleo y el gas, los países pueden priorizar las fuentes de emisiones más significativas o las opciones de reducción más rentables. El *Global Methane Tracker* de la AIE es un buen punto de partida para obtener esta información,²¹ ya que ofrece estimaciones de la AIE sobre las emisiones de metano, las opciones de reducción y los costos país por país. Esta información puede ayudar a identificar las áreas con mayor potencial de mitigación, incluso sin información detallada a nivel nacional.

Con el tiempo, los países pueden trabajar para obtener información específica sobre las posibles fuentes de emisiones y sus costos. La herramienta CoMAT (*Country Methane Abatement Tool*) del Clean Air Task Force está diseñada para ayudar a los reguladores a desarrollar estimaciones de las emisiones actuales y del potencial de reducción de las distintas opciones normativas.²² Con el tiempo, una curva detallada de costos marginales de reducción (MACC) puede ayudar a mostrar dónde se pueden hacer reducciones al menor costo, guiando así la priorización entre las diferentes opciones de mitigación.

Preparación de una curva de costos marginales de reducción

Una curva de costos marginales de reducción (MACC, por sus siglas en inglés) a escala nacional muestra las oportunidades de reducción en relación con el costo, lo que puede servir de base para decidir qué opciones de mitigación priorizar.

Hay muchas herramientas disponibles para ayudar a desarrollar las MACC y los expertos de organizaciones como CATF y otras pueden brindar asesoramiento para crearlas correctamente.²³

Entre los elementos clave figuran los siguientes:

- La cantidad anual de emisiones reducidas gracias a la oportunidad, normalmente expresada en toneladas de emisiones equivalentes de metano o CO₂.
- Estimación de los costos de capital.
- Costos recurrentes anuales de las actividades, incluida la mano de obra o el mantenimiento.
- Una tasa de descuento para ayudar a determinar un valor actual neto u otros indicadores económicos que consideren el valor relativo del gasto actual frente al futuro.
- Consideraciones relativas a la vida útil de los equipos.
- El valor del ahorro de costos, como la reducción de los costos de mantenimiento de las intervenciones, incluido el valor potencial del gas natural recuperado.

Una MACC puede cambiar a medida que las tecnologías evolucionan y se tornan más disponibles. Todavía se están desarrollando nuevas tecnologías de control, que pueden reducir el costo de encontrar las emisiones fugitivas y hacer las reparaciones necesarias ([Véase el Capítulo 9: Monitorización](#)). Sin embargo, la mayoría de las consideraciones de diseño que se tratan en este capítulo ya están bien establecidas.

Dado que las soluciones a las emisiones de metano deben aplicarse junto con las reducciones de dióxido de carbono, los gobiernos deben considerar cómo priorizar las acciones relacionadas con el metano junto con las acciones de mitigación dirigidas a otras emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y esfuerzos de adaptación. Los costos pueden ser un factor crítico a la hora de tomar estas decisiones, sobre todo cuando los recursos son limitados.

Potencial de calentamiento global: Lo que deben saber los legisladores

Los legisladores pueden estimar el efecto del calentamiento global utilizando el Potencial de Calentamiento Global (PCG), que expresa una tonelada de gas de efecto invernadero emitida en términos equivalentes de CO₂ para obtener una medida única de las emisiones totales de gases de efecto invernadero (en equivalente de CO₂). El IPCC ha indicado "un PCG para el metano entre 84-87 cuando se considera su impacto en un plazo de 20 años (PCG20) y entre 28-36 cuando se considera su impacto en un plazo de 100 años (PCG100). Por consiguiente, una tonelada de metano puede considerarse equivalente a entre 28 y 36 toneladas de CO₂ si se considera su impacto a lo largo de 100 años".²⁴ En el marco de la CMNUCC, las Partes acordaron utilizar los PCG a 100 años (o PCG100) para la presentación de informes nacionales y el seguimiento de los avances en virtud del artículo 13 del Acuerdo de París, y las directrices para la presentación de informes especifican el uso de los valores de PCG100 del Quinto Informe de Evaluación del IPCC.²⁵ Las directrices del IPCC ofrecen múltiples métricas para que los países informen sobre las emisiones de gases de efecto invernadero. Según el Acuerdo de París, los países utilizarían el PCG100 del Quinto Informe de Evaluación.

Adaptación de las políticas sobre metano a los contextos locales

Una política sobre metano en el sector del petróleo y el gas resulta más eficaz si se adapta a la situación local de una jurisdicción, incluido el contexto político y normativo, la naturaleza de la industria, el tamaño y la ubicación de las fuentes de emisiones y los objetivos de la jurisdicción en cuanto a políticas.

Una consideración clave puede ser la madurez del sector del petróleo y el gas del país: si se trata de un nuevo productor, un productor existente o un productor en fase avanzada.

Tabla 2.1: Comparación de los puntos de partida frente a las oportunidades para la reducción del metano procedente del petróleo y el gas.

| Distintos puntos de partida | Oportunidad que tienen los países para evitar y reducir las emisiones de metano |
|--|--|
| Nuevos productores Los países sin producción actual o con una producción limitada pueden elaborar su normativa a medida que desarrollan su comprensión de las operaciones petroleras y de gas. | Exigir que las nuevas instalaciones se diseñen de acuerdo con una norma de emisiones de metano próximas a cero: hacerlo bien desde el principio puede evitar adaptaciones más costosas y aplicar las mejores prácticas en la fase de diseño. |
| Productores en fase inicial y media Las circunstancias varían en función de la escala y complejidad de la industria. Por ejemplo, una nación insular con un único yacimiento en alta mar frente a países con producción de gas en tierra, en alta mar, convencional y no convencional. | Centrarse primero en los mayores emisores (superemisores) para conseguir las mayores reducciones con la menor inversión posible. Las prioridades pueden establecerse teniendo en cuenta la relación costo-efectividad. |

Productores en fase avanzada

Pueden necesitar una producción continua y pozos próximos al o abandono.

Buscar oportunidades continuas de reducción para la producción activa, lo que puede requerir ir más allá de las medidas regulatorias iniciales. Las políticas pueden desarrollar programas para un correcto taponamiento y abandono de los pozos a fin de mitigar las posibles emisiones de metano.

Hay muchas consideraciones importantes a la hora de desarrollar una política de reducción del metano procedente del petróleo y el gas.

Consideraciones locales. Los costos de los bienes o equipos pueden diferir significativamente en todo el mundo. Del mismo modo, los bienes y servicios pueden estar sujetos a requisitos de contenido local que pueden no tener la capacidad de fabricación para tecnologías específicas de reducción de metano.

Cadenas de suministro y logística. Diversos países están adoptando actualmente normativas y requisitos de control del metano. Aunque en última instancia el mercado equilibra la oferta y la demanda de estas tecnologías, puede haber dificultades a corto plazo para obtener equipos específicos, lo que posiblemente requiera plazos razonables de introducción progresiva de los controles técnicos. Por ejemplo, el Instituto Americano del Petróleo (API) citó recientemente plazos de espera de un año para los sistemas de aire comprimido y de 1,5 a 2 años para los paneles solares, que son tecnologías importantes en la reducción del metano. Sin embargo, un informe reciente de Datu Research, basado en entrevistas con proveedores de tecnologías de emisión cero, afirma que los proveedores están bien equipados para satisfacer la demanda prevista en EE.UU. Los reguladores pueden conocer la situación de la cadena de suministro a través del sector del petróleo y el gas local y de los proveedores de tecnología.

Servicios y formación locales. Para algunos tipos de oportunidades de reducción de metano, los operadores y contratistas necesitan formación sobre procedimientos o prácticas de mantenimiento para lograr una reducción eficaz. La disponibilidad local de personal de mantenimiento y el aprovisionamiento continuo de piezas de repuesto y materiales es vital para la implementación eficaz de otras opciones de reducción.

Resiliencia ante las condiciones meteorológicas locales. Las condiciones meteorológicas locales, como los niveles extremos de temperatura o precipitaciones, afectarán las normas de diseño de los equipos. Los estudios de casos y las soluciones de reducción desarrolladas para una operación o ubicación pueden no aplicarse a otra.

Fuentes nuevas y existentes. Los costos de los controles de emisiones de metano en el diseño de nuevas instalaciones pueden ser menores que los de las readaptaciones de fuentes existentes por diversas razones. Algunos ejemplos incluyen asegurar que la generación de energía in situ esté dimensionada para la carga eléctrica asociada con los compresores de aire o las unidades de recuperación de vapor o la disponibilidad de espacio en cubierta en una plataforma en alta mar para una unidad de proceso adicional necesaria para la reducción de metano. Los nuevos productores pueden recurrir a socios locales e internacionales y adoptar las mejores prácticas reguladoras de los mercados más consolidados, adaptándose a las circunstancias locales. Si las nuevas instalaciones se diseñan con las mejores tecnologías de mitigación disponibles, es posible alcanzar emisiones de metano cercanas a cero.



Recursos útiles

Asociación del Petróleo y el Gas Metano: Documentos de orientación y plantillas (*Oil and Gas Methane Partnership: Guidance documents and templates*). <https://ogmpartnership.com/guidance-documents-and-templates/>

La Alianza para el Medio Ambiente: Tomar medidas - Programas de desempeño medioambiental (*The Environmental Partnership: Taking Action — Environmental Performance Programs*). <https://theenvironmentalpartnership.org/what-were-doing/taking-action/>

Principios rectores del metano: Recursos - Guías de buenas prácticas y herramientas (*Methane Guiding Principles: Resources — Best Practice Guides and Toolkits*). — <https://methaneguidingprinciples.org/resources-and-guides/>

Programa *Natural Gas Star Program: Recommended Technologies to Reduce Methane Emissions* (Tecnologías recomendadas para reducir las emisiones de metano). <https://www.epa.gov/natural-gas-star-program/recommended-technologies-reduce-methane-emissions>

Corporación ExxonMobil: Mitigación de las emisiones de metano de la industria petrolera y del gas: Marco normativo modelo (*Mitigating Methane Emissions from the Oil and Gas Industry: Model Regulatory Framework*). <https://corporate.exxonmobil.com/-/media/Global/Files/newsroom/publications-and-reports/Mitigating-Methane-Emissions-from-the-Oil-and-Gas-Industry-Model-Regulatory-Framework.pdf>

Ayuda de la Coalición Clima y Aire Limpio. <https://www.ccacoalition.org/en/content/methane-technical-assistance>

Orientaciones de la Clean Air Task Force. <https://www.catf.us/methane/international-oil-gas/>

Informe de la AIE: Reducción de las fugas de metano de la industria del petróleo y el gas (*Driving Down Methane Leaks from the Oil and Gas Industry*). <https://www.iea.org/reports/driving-down-methane-leaks-from-the-oil-and-gas-industry/regulatory-roadmap>

3. Introducción a la normativa sobre la reducción del metano

Información clave

- Comprender las medidas que pueden aplicarse para reducir las emisiones de metano es un buen punto de partida para elaborar nuevas normativas.
- Existen cuatro enfoques principales para la regulación del metano: prescriptivo, de rendimiento, económico y de información. No son mutuamente excluyentes y es probable que un régimen regulador incluya elementos provenientes de múltiples enfoques.
- El marco legal y regulatorio existente determina qué acciones regulatorias son posibles y quién tiene la autoridad para desarrollar nuevas políticas.
- La participación de las principales partes interesadas en el desarrollo de políticas de reducción del metano les da voz en las decisiones que les afectan y contribuye a la elaboración de políticas.
- Es posible que los agentes del sector ya estén adoptando acciones voluntarias que las medidas reguladoras puedan aprovechar y reforzar.
- Las normativas vigentes en otros países pueden aportar información sobre las opciones más eficaces. Por ejemplo, las normativas existentes suelen incluir requisitos de detección y reparación de fugas, restricciones a la quema en antorcha y el venteo, y normas para equipos y procesos específicos.

Posibles estrategias regulatorias y de políticas

Un buen punto de partida para desarrollar una nueva política o normativa es comprender los distintos tipos de estrategias reguladoras que podrían aplicarse a la reducción de las emisiones de metano. Tras un estudio de las normativas existentes sobre el

metano procedente del petróleo y el gas, la AIE ha clasificado diferentes enfoques que podrían aplicarse a las emisiones de metano procedentes del petróleo y el gas.²⁶

- Las **medidas prescriptivas** obligan directamente a las entidades a emprender o evitar acciones o procedimientos específicos. Entre ellas se incluyen los requisitos de detección y reparación de fugas (LDAR, por sus siglas en inglés), las normas de equipamiento y las prohibiciones o moratorias.
- Las **medidas de desempeño** establecen un estándar de desempeño obligatorio para las entidades reguladas, pero no dictan cómo debe alcanzarse el objetivo. Pueden establecerse a gran escala (por ejemplo, normas de desempeño para toda la instalación) o a una escala más limitada (por ejemplo, normas de desempeño para la eficiencia de las antorchas).
- Las **medidas económicas** inducen a la acción al aplicar tasas o introducir incentivos financieros para determinados comportamientos. Van desde incentivos relativamente específicos, como impuestos sobre la quema en antorcha y el venteo o subvenciones directas para acciones de reducción de emisiones, hasta medidas más amplias que vinculan las reducciones de metano a mercados de carbono multisectoriales.
- Las **medidas de información** están diseñadas para mejorar el nivel de información sobre las emisiones y pueden incluir requisitos para que las entidades reguladas estimen, midan y notifiquen sus emisiones a los organismos públicos. Estas medidas pueden ir desde la simple notificación de las fuentes e instalaciones existentes hasta la notificación detallada de los índices de emisiones y los datos medidos. Por ejemplo, este sistema podría incluir la publicación de la lista de los principales emisores o de los datos completos de emisiones disponibles para el conocimiento público. Las medidas de información pueden ser en sí mismas herramientas poderosas para reducir las emisiones cuando los datos se hacen públicos y las empresas se enfrentan a la responsabilidad pública.



Gráfico 3.1: Ilustración de distintos enfoques regulatorios potenciales utilizando un ejemplo de gas asociado.

Estos cuatro enfoques no se excluyen mutuamente y es probable que un régimen regulador determinado incluya elementos provenientes de múltiples enfoques. Por ejemplo, las medidas regulatorias de un país pueden incluir un requisito LDAR obligatorio (una medida prescriptiva), un impuesto sobre la quema (una medida económica), y una norma de información que exija a las empresas informar sobre el volumen de gas quemado y el resultado específico de cada campaña LDAR (una medida de información).

Ventajas comparativas

En todo el mundo hay muchos ejemplos de normativas sobre metano en el sector del petróleo y el gas de cada uno de estos cuatro tipos principales de regulaciones. A la hora de seleccionar el enfoque y los elementos a utilizar, hay muchas consideraciones diferentes que son relevantes en función de la situación específica de cada país.

Facilidad de implementación. Las normativas prescriptivas bien diseñadas suelen ser relativamente fáciles de implementar para los reguladores y las empresas porque no son ambiguas y el marco de información y cumplimiento puede ser sencillo. Por esta razón, la mayoría de las normativas existentes sobre reducción de metano son prescriptivas. Esta consideración puede ser crucial para las jurisdicciones con recursos regulatorios limitados. Por otro lado, los instrumentos económicos pueden ser más difíciles de implementar, sobre todo si dependen de factores externos como un sistema más amplio de fijación de precios del carbono o un marco internacional de compensaciones.

Efectividad. Los distintos enfoques pueden ser más efectivos en función de las circunstancias nacionales específicas. Por ejemplo, las normativas basadas en la información pueden habilitar el uso de instrumentos económicos o basados en el desempeño, pero en general no conducen a reducciones por sí solas.

Necesidad de datos de alta calidad. El tipo de datos necesarios, ya sean de emisiones o de otro tipo, es una consideración importante. Un impuesto sobre la quema en antorcha solo funciona para reducir las emisiones si las empresas pueden estar seguras de que la reducción de la quema en antorcha reducirá su factura fiscal. Un programa de este tipo podría exigir la medición de los volúmenes quemados y la notificación de los datos medidos a la agencia gubernamental pertinente.

Flexibilidad o rigidez del régimen regulatorio. Los enfoques prescriptivos tienden a limitarse a las opciones tecnológicas existentes en el momento de finalizar la regulación. En cambio, los enfoques económicos y de desempeño permiten a las empresas elegir la manera de cumplir con la regulación a medida que se dispone de nuevas tecnologías.

Aunque estas son consideraciones frecuentes a la hora de elegir un régimen regulatorio, también deben tenerse en cuenta otros factores relacionados con las normas internacionales, la dinámica del mercado, las conmociones geopolíticas, las complicaciones internas y la aceptabilidad de las partes interesadas.

Tabla 3.1: Tabla de la AIE sobre enfoques regulatorios, inconvenientes y beneficios.²⁷

| Enfoque regulatorio | Costos de transacción | Rigidez | Condiciones previas | Momento en el cual considerarlo | Ejemplos |
|----------------------------------|--|--|--|---|---|
| Prescriptivo | Bajo Sencillo de administrar tanto para los reguladores como para las firmas | Alta Solo se llevarán a cabo cambios prescritos | Moderado Se requiere conocimiento de las emisiones de las instalaciones | Cuando se han identificado oportunidades clave de reducción | Prohibición (Guinea Ecuatorial ²⁸) |
| Basado en desempeño o resultados | Moderado Se necesita monitorización, medición y seguimiento | Baja EAlenta diferentes soluciones | Alto Requiere información sobre línea de base y emisiones generales | Tiene una comprensión razonable de las emisiones y las capacidades de monitorización. | Límites de instalaciones (Alberta, Canadá ²⁹) |
| Económico | Alto Requiere sistemas de verificación robustos | Baja Permite estrategias de reducción específicas de cada compañía | Moderado Requiere conocimiento de emisiones de línea de base y contribuciones de metano relacionadas | AHay un Sistema de monitoreo instalado y requiere movilizar diferentes soluciones | Regalías (Brasil ³⁰) |
| Basado en información | Requiere recolectar, analizar y transmitir información | Moderada Permite otras soluciones en algunos casos | Bajo No se necesita información previa | Cuando necesita una mayor comprensión de las emisiones de metano y las oportunidades de reducción | Medición e informe (Saskatchewan, Canadá ³¹) |

A menudo se combinan diferentes enfoques. Por ejemplo, Vietnam³² tiene una regulación con restricciones a la quema en antorcha (prescriptivo), que otorga al gobierno el derecho de usar sin costo el gas que iba a ser quemado (económico) y que requiere informar la pérdida de gas (basado en información).

Evaluación de las leyes e instituciones existentes

Es posible que algunos países ya cuenten con leyes, reglamentos, normas u otras políticas que aborden o puedan abordar la reducción de metano en el sector del petróleo y el gas. Estos marcos legales, sin embargo, pueden variar en el tipo de instrumentos legales, procedimientos y normas para abordar las emisiones de metano. Es posible que algunos países necesiten desarrollar nuevas regulaciones para abordar las emisiones de metano.

En algunos países, la autoridad inherente para proteger los recursos nacionales y su uso beneficioso puede ser particularmente amplia. Otras jurisdicciones pueden necesitar disposiciones legales precisas que otorguen autoridad legal para abordar fuentes específicas de emisiones de metano. Algunos países pueden poner a prueba políticas provisionales para informar sobre el desarrollo de un organismo estatutario que aborde las emisiones de metano del sector del petróleo y el gas.



Estudio de caso: La evolución del marco regulatorio de Sri Lanka

Sri Lanka es un ejemplo de un gobierno que busca hacer evolucionar su enfoque para regular la explotación de petróleo y gas y de cómo está dispuesto a integrar la reducción de las emisiones de metano en su marco regulatorio actual. La historia de la prospección petrolera de Sri Lanka se remonta a la década de 1960. Entre 1960 y 1984 se adquirieron importantes volúmenes de datos sísmicos 2D y se perforaron siete pozos frente a la costa noroeste. Los esfuerzos de exploración se renovaron con un operador sísmico noruego que adquirió datos sísmicos 2D de alta calidad en 2001 y 2005 en la cuenca de Mannar. Durante este tiempo, sin embargo, no era claro si Sri Lanka contaba con regulaciones o directrices medioambientales para las operaciones petroleras. En lugar de esa normativa, el Gobierno de Sri Lanka (GDSL) se aseguró de que los operadores utilizaran las mejores prácticas petroleras mediante la revisión y aprobación de las Normas de Procedimientos (SOP) de los operadores.

Alentado por el resultado de las operaciones mencionadas, el Gobierno de Sri Lanka ha decidido desde entonces promulgar un nuevo marco jurídico y regulatorio y adoptar nuevas directrices para las operaciones petroleras. Como resultado, la Secretaría para el Desarrollo de los Recursos Petroleros (PRDS, por sus siglas en inglés), creada en virtud de la Ley de Recursos Petroleros n° 26 de 2003, publicó directrices de programas geofísicos, geológicos, medioambientales y geotécnicos para las operaciones petroleras en 2008 y directrices para los programas de perforación en alta mar en 2011. Además, la Autoridad de Protección del Medio Marino, organismo responsable de las operaciones petroleras respetuosas con el medio ambiente, promulgó el Reglamento n.º 1 de 2011 sobre exploración y explotación de recursos naturales, incluido el petróleo (protección del medio ambiente marino). En virtud de esa regulación, se llevaron a cabo varios estudios sísmicos 2D y 3D en



alta mar y se perforaron cuatro pozos en alta mar, lo que dio lugar a dos descubrimientos de gas. En 2020, el Gabinete de Sri Lanka aprobó la Política Nacional de Gas Natural de Sri Lanka para apoyar el proceso de comercialización del gas natural.

El Gobierno de Sri Lanka ha promulgado recientemente la nueva Ley de Recursos Petroleros n° 21 de 2021 y ha creado una nueva entidad para regular todas las operaciones petroleras de *upstream* (exploración, perforación y producción) en Sri Lanka, denominada Autoridad de Desarrollo de los Recursos Petroleros de Sri Lanka (PDASL, por sus siglas en inglés). La PDASL ha publicado varios reglamentos para establecer procedimientos de aprobación de programas de exploración, generación de datos y concesión de licencias. Además, se espera que la PDASL elabore nuevos reglamentos técnicos para las operaciones petroleras de *upstream*, que incluyan aspectos sanitarios, de seguridad y medioambientales, como la reducción de las emisiones de metano y la utilización del gas. e meio ambiente, considerando a redução de emissões de metano e a utilização de gás.

Los esfuerzos a nivel regional también desempeñan un papel clave en la gestión de las emisiones en algunas jurisdicciones. Entre ellos se encuentran las normativas de varios estados de EE.UU., como California, Nuevo México y Colorado, y de provincias canadienses, como Alberta y Columbia Británica. Además, iniciativas centradas en el clima como la red de Ciudades C40 y la Coalición Under2 han unido a entidades subnacionales de todo el mundo para abordar las emisiones de metano.

Los procedimientos de aprobación de proyectos pueden ser fundamentales para evaluar las opciones de gestión de las emisiones de metano junto con la viabilidad, los impactos y la mitigación. Algunas jurisdicciones exigen que se tengan en cuenta las emisiones de metano previstas antes de aprobar un proyecto, por ejemplo, como parte de una evaluación de impacto ambiental o de un plan de gestión de GEI. La aprobación puede incluir

condiciones para mitigar los impactos ambientales, incluida la supervisión, los procedimientos operativos o los límites a las emisiones de metano.

Participación de las partes interesadas

La participación de las partes interesadas da voz a las comunidades afectadas en las decisiones y contribuye a la toma de decisiones. Este proceso puede consistir en una notificación pública y la oportunidad de hacer comentarios, y ofrece transparencia. La participación efectiva de las partes interesadas puede fomentar su aceptación.



Gráfico 3.2: Partes interesadas en las regulaciones de reducción de emisiones de metano.

Los grupos de la sociedad civil y las agencias medioambientales pueden estar interesados en las emisiones de metano como parte de una estrategia nacional o subnacional de reducción de GEI. También pueden tratar de garantizar que se tomen medidas para asegurar que las comunidades desatendidas tengan oportunidades de participación significativa y estén protegidas en las decisiones que las afectan.

La industria puede estar especialmente interesada en los costos y el margen de innovación a medida que evolucionan las tecnologías. En muchos casos, el sector dispone de información vital que los reguladores necesitan para garantizar que la normativa sea viable y práctica. Si los operadores designan un punto de contacto, estas personas pueden ayudar a abordar un caso de emisión posterior. Las agencias y los operadores deben mantener actualizadas las listas de contacto de los representantes para garantizar una comunicación oportuna y receptiva.

Las agencias gubernamentales que gestionan los recursos naturales o financian o supervisan a los operadores de petróleo y de gas pueden estar interesadas en el gas natural desperdiciado como resultado de prácticas como la quema en antorcha y el venteo. Las agencias energéticas pueden estar especialmente interesadas en garantizar y ampliar el acceso a la energía.

Aprovechamiento de las acciones voluntarias de la industria

En algunos casos, los legisladores y reguladores pueden aprovechar las iniciativas ya existentes de la industria en materia de reducción del metano. Los países con menos recursos y menor capacidad inicial pueden comenzar su periplo normativo acerca del metano en colaboración con la industria, para promover acciones voluntarias y conocer las opciones normativas y las mejores prácticas al respecto.

Los esfuerzos conjuntos de la industria, como la Iniciativa sobre el Clima en el Sector del Petróleo y del Gas "Objetivo Cero Emisiones de Metano", introducen directrices, normas y códigos estándar para compartir las mejores prácticas y mejorar el rendimiento de la industria. Otros ejemplos son:

- ➔ La Alianza para el Medio Ambiente.
- ➔ Principios rectores del metano.
- ➔ Iniciativa Climática del Petróleo y el Gas.

→ Alianza del Petróleo y el Gas contra el Metano 2.0.

Dado el objetivo compartido de reducir a corto plazo las emisiones mundiales de metano, muchos gobiernos están considerando activamente todas las herramientas disponibles para la reducción del metano, tanto voluntarias como de otro tipo, incorporándolas a sus programas regulatorios. Los gobiernos deben considerar la posibilidad de que las decisiones de políticas tengan consecuencias imprevistas en las actividades voluntarias de reducción de las emisiones de metano.

Enfoques comunes en las regulaciones existentes

En los últimos años, muchos países han implementado regulaciones de reducción de metano que pueden servir como ejemplos prácticos para otras jurisdicciones. Entre ellos se encuentran Canadá, Colombia, México, Nigeria, Noruega, Estados Unidos y la Unión Europea. Como ya se ha comentado, algunas jurisdicciones subnacionales también han desarrollado regulaciones sobre el metano en algunos países, como Alberta (Canadá) y California, Colorado y Nuevo México (EE. UU.). Estos ejemplos también pueden ser un buen punto de partida para comprender qué opciones pueden ser efectivas.

La mayoría de las regulaciones actuales sobre el metano se centran en enfoques prescriptivos o informativos. Los regímenes regulatorios existentes suelen incluir (1) requisitos LDAR; (2) restricciones a la quema en antorcha y el venteo; y (3) normas para equipos y procesos específicos. Estos últimos se tratan en detalle en los capítulos siguientes. A su vez, la eficacia de estos y otros regímenes regulatorios está respaldada por un inventario en desarrollo de las emisiones de metano (y GEI) basado en un programa de seguimiento, información y verificación (MRV por sus siglas en inglés). Los capítulos sobre inventarios y MRV siguen al análisis de los tres regímenes regulatorios.

4. Fuentes de metano por segmentos del mercado del petróleo y gas

Los tres segmentos de la cadena de valor del metano cuentan con equipos, componentes y procesos únicos. Las medidas específicas de reducción y sus costos varían significativamente. Por ejemplo, la quema en antorcha suele estar asociada a las actividades del *upstream* (exploración, perforación y producción), y son mucho menos comunes en los segmentos de *midstream* y *downstream*. Por estas razones, la composición específica de la industria de un país puede influir en el establecimiento de prioridades entre las diferentes opciones de mitigación.



Estudio de caso: Modernización de los sistemas de distribución de gas (Bangladesh)

Para Bangladesh, los segmentos del *midstream* y *downstream* del gas son prioritarios. Actualmente está modernizando su sistema de distribución de gas. Bangladesh ha detectado muchas fugas de metano en los gasoductos de distribución antiguos. Estos gasoductos se construyeron hace décadas.

En 1962 se descubrió gas natural y dos años después se creó la Titas Gas Transmission and Distribution Company (TGTDCL). TGTDCL inició entonces la construcción de una red de distribución de gas. Aún hoy es la mayor empresa de distribución de gas, y proporciona más del 50% del suministro total de gas natural a los consumidores.

Las fugas de gas natural de la red de distribución cobraron notoriedad cuando Bangladesh empezó a importar GNL a finales de 2018 para satisfacer la creciente demanda de energía. El GNL es caro, y también lo eran las pérdidas de ese GNL en el sistema de gasoductos. Principalmente por eficiencia energética y ahorro de costos, TGTDCL decidió modernizar el sistema.



Desde entonces, TGTDCCL ha preparado un proyecto para sustituir o modernizar su antigua red de gas en las zonas corporativas de las ciudades de Dhaka y Narayanganj. La red de servicios de TGTDCCL cuenta con unos 2,8 millones de consumidores residenciales.

TGTDCCL emprendió el estudio de factibilidad de unos 2.750 kilómetros de gasoductos a construir o sustituir y de 18 estaciones de gas natural a modificar. Es importante señalar que el proyecto incluirá una red modernizada con relevamientos mediante el sistema de información geográfica (SIG), supervisión mediante el sistema de control y adquisición de datos (SCADA, por sus siglas en inglés) y sistemas de identificación de defectos . Por último, TGTDCCL integrará esta red modernizada a l sistema de automatización del sector energético.

Para Bangladesh, por consiguiente, el sector del *downstream* es prioritario. Y aunque TGTDCCL está llevando a cabo la modernización de sus gasoductos en aras de la eficiencia operativa y para mejorar las garantías financieras, la reducción de las fugas contribuirá a alcanzar los objetivos climáticos, a conservar los recursos y a mejorar el medio ambiente local y la seguridad pública.

Las tablas siguientes describen las principales fuentes de emisiones de metano en los segmentos del *upstream*, *midstream* y *downstream*. Describen las fuentes de emisiones conocidas, las principales opciones de reducción para abordarlas y las posibles compensaciones.³³

Upstream

El segmento del *upstream* (exploración, perforación y producción) se compone de pozos de petróleo y gas (tanto en tierra como en el mar), instalaciones de separación de crudo, instalaciones de procesamiento de gas y oleoductos de recogida y de corta distancia entre estas instalaciones.

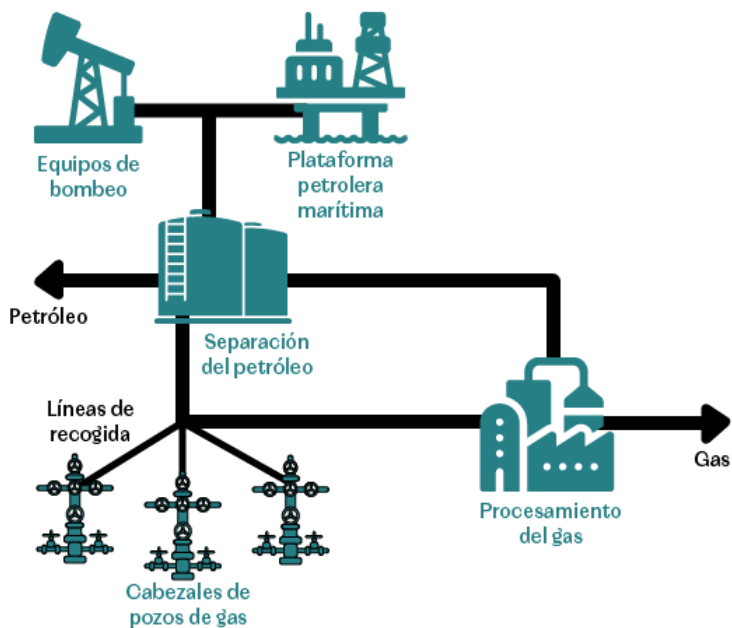


Gráfico 4.1: Ilustración de las infraestructuras de producción de petróleo y gas.

Tabla 4.1: Fuentes/oportunidades seleccionadas de reducción de metano en la exploración, perforación y producción de petróleo y gas .

Controladores y bombas neumáticos. Dispositivos que utilizan gas natural presurizado para acciones de control de procesos o bombeo de fluidos cuando no se dispone de electricidad.

| Opción de reducción | Descripción | Consideraciones |
|---|---|---|
| Reequipamiento o sustitución de purgadores altos. ³⁴ | Sustituir determinados tipos de controladores de alta emisión por opciones que venteen menos gas natural. | Ninguna identificada. |
| Inspección de controladores de venteo intermitente. ³⁵ | Asegurar que los controladores de venteo intermitente no venteen gas fuera de los periodos de actuación activa. | Requiere la existencia de un programa LDAR para emisiones fugitivas. |
| Sustitución con aire comprimido (puede sustituir cualquiera / todos los purgadores altos, purgadores intermitentes, purgadores bajos y bombas). ³⁶ | Sustituir el gas natural presurizado por aire comprimido. | Requiere acceso o generación in situ de electricidad, que puede lograrse mediante energía solar que se obtenga en el sitio. |

Descarga manual del líquido. Desvío temporal del pozo a un lugar de menor presión para eliminar el agua acumulada.

| Opción de reducción | Descripción | Consideraciones |
|--------------------------|--------------------------|-----------------|
| Personal in situ durante | El operador permanece in | Ninguna |

| | | |
|---|---|---------------|
| la operación de descarga. ³⁷ | situ hasta que finaliza la descarga y el pozo vuelve a la producción. | identificada. |
|---|---|---------------|

Tanques de almacenamiento de hidrocarburos. Emisiones de gases asociadas a las caídas de presión y actividades de movimiento de líquidos en los tanques de almacenamiento.³⁸

| Opción de reducción | Descripción | Consideraciones |
|--|---|--|
| Dirigir a un dispositivo de control como una antorcha. | Quemar el gas en lugar de ventearlo. | Seleccionar situaciones en las que se necesitaría gas suplementario para la combustión de los vapores. |
| Dirigir a un sistema de recuperación de vapores. | Capturar el gas para su venta o su aprovechamiento in situ. | Algunos diseños de tanques no son compatibles con los sistemas de recuperación de vapores; diseño inadecuado para manejar las emisiones. |

Sellos húmedos de los compresores centrífugos. El metano queda atrapado en los sistemas de sellado (húmedos) a base de aceite, que deben purgarse para mantener el funcionamiento del compresor.

| Opción de reducción | Descripción | Consideraciones |
|---|---|---|
| Redirigir el gas. | Capturar el gas mediante la recuperación de vapores o el direccionamiento a la succión del compresor. | Convertir a una tecnología de sello seco con menos emisiones. |
| Cambiar a una tecnología de sello seco con menos emisiones. | Sustituir o diseñar el sistema de sello con tecnología de menores emisiones. | La conversión de algunos compresores antiguos no es factible. |

Midstream

El *midstream* incluye infraestructuras de transporte, como gasoductos de larga distancia y estaciones de compresión asociadas, instalaciones de gas natural licuado y buques cisterna, e instalaciones de almacenamiento.

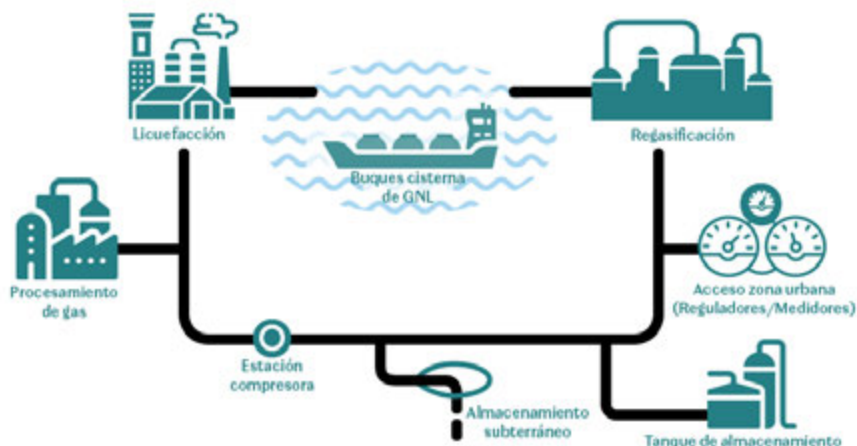


Gráfico 4.2: Ilustración de la infraestructura de midstream de petróleo y gas.

Tabla 4.2: Fuentes/oportunidades seleccionadas de reducción de metano seleccionadas en el transporte de petróleo y gas.

Dispositivos neumáticos. Dispositivos que utilizan gas a presión para acciones de control de procesos o para bombear fluidos cuando no se dispone de electricidad.

| Opción de reducción | Descripción | Consideraciones |
|---|--|---|
| Modificaciones o sustituciones de controladores de purga alta. ³⁹ | Sustituir los controladores de alta emisión por otros que venteen menos gases. | Ninguna identificada. |
| Inspección de controladores de venteo intermitente. ⁴⁰ | Asegurarse de que los controladores de venteo intermitente no ventean fuera de los periodos de actuación activa. | Exige la existencia de un programa LDAR para las emisiones fugitivas. |
| Sustitución con aire comprimido (puede sustituir a cualquier o todos los controladores de purga alta, purga intermitente, purga baja y bombas). ⁴¹ | Sustituir el gas a presión por aire comprimido. | Requiere acceso o generación de electricidad en el sitio, que puede lograrse mediante la producción de energía solar en el sitio. |

Tanques de almacenamiento de hidrocarburos. Emisiones de gases asociadas a caídas de presión y actividades de movimiento de líquidos en tanques de almacenamiento.⁴²

| Opción de reducción | Descripción | Consideraciones |
|--|---|---|
| Dirigir a un dispositivo de control como una antorcha. | Quemar, en lugar de ventear el gas. | Seleccionar situaciones en las que se necesitaría gas suplementario para quemar los vapores. |
| Dirigir a un sistema de recuperación de vapores. | Capturar el gas para venderlo o utilizarlo in situ. | Algunos diseños de tanques antiguos no son compatibles con los sistemas de recuperación de vapores. |

Sellos húmedos de los compresores centrífugos. El metano queda atrapado en los sistemas de sello (húmedo) a base de aceite que deben purgarse para mantener el funcionamiento del compresor.

| Opción de reducción | Descripción | Consideraciones |
|---|---|---|
| Redirigir el gas. | Capturar el gas mediante la recuperación de vapores o el direccionamiento a la succión del compresor. | Se necesitan estudios de ingeniería de diseño para garantizar la seguridad de la operación. |
| Cambiar a una tecnología de sello seco con menos emisiones. | Sustituir o diseñar el sistema de sello con tecnología de menores emisiones. | La conversión de algunos compresores antiguos no es factible. ⁴³ |

Compresores reciprocantes - venteo de la empaquetadura del vástago. Las emisiones provenientes de la empaquetadura del vástago no suelen producirse alrededor de los anillos, sino a través de la junta tórica que rodea la carcasa de la empaquetadura, entre las copas de la empaquetadura y entre los anillos y el eje. A medida que los anillos se desgastan, o si el ajuste entre los anillos de la empaquetadura del vástago y el vástago es demasiado flojo, puede escapar más gas.

| Opción de reducción | Descripción | Consideraciones |
|--|---|--|
| Sustitución de la empaquetadura del vástago en función de un tiempo predeterminado fijo u horas de funcionamiento. | Sustituir la empaquetadura del vástago del compresor reciprocante cada 26.000 horas o 36 meses. | Programar el tiempo de parada garantiza que la estación cumpla los requisitos de confiabilidad y demanda, especialmente si está conectado a un servicio público o a una infraestructura crítica. |

| Opción de reducción | Descripción | Consideraciones |
|---|--|---|
| Capturar, quemar o controlar el gas venteado. | Dirigir el venteo de la empaquetadura a un sistema de captura para su aprovechamiento o dirigirlo a una antorcha para conseguir al menos una reducción del 95% de las emisiones de metano. | Programación del tiempo de parada como se ha descrito anteriormente, posibles limitaciones de espacio y posibles interrupciones con los sistemas asociados. |
| Supervisión basada en las condiciones. | Utilizar datos de monitorización continua o | Costos de arranque; configuración inicial |

| | |
|---|---|
| de pruebas para realizar un seguimiento de las emisiones y desarrollar un programa de mantenimiento predictivo. | de los sensores y el software asociado; y curva de aprendizaje de un nuevo sistema. |
|---|---|

Purgas de gasoductos de transmisión entre estaciones de compresión. Las purgas son liberaciones de gas desde ductos que provocan una reducción de la presión del sistema o una despresurización completa. Suelen ser necesarias para el mantenimiento.

| Opción de reducción | Descripción | Consideraciones |
|---|---|--|
| Capturar el gas venteado. ⁴⁴ | Dirigir el gas a un compresor o a un sistema de captura para su aprovechamiento, dirigirlo a una antorcha o aprovechar las conexiones de tuberías existentes entre los sistemas de alta y baja presión. ⁴⁵ | Amplia planificación y coordinación con Control de Gas para minimizar el tiempo de inactividad; algunas oportunidades de direccionamiento pueden no estar disponibles por motivos de seguridad; el "hot tapping" (conexiones a presión) añade nueva infraestructura, lo que aumenta el mantenimiento y los puntos de fuga. |

Estaciones de compresión, medidores de transmisión y estaciones reguladoras o instalaciones sobre el suelo. Gas fugitivo y venteado asociado a instalaciones sobre el suelo.

| Opción de reducción | Descripción | Consideraciones |
|----------------------------|----------------------------|------------------------|
| LDAR periódico; | Llevar a cabo programas de | El rediseño de los |

| | | |
|--|--|--|
| <p>rediseñar los sistemas de venteo o purga de emergencia para simular o redirigir el gas de regreso al sistema durante las pruebas; instalar un monitoreo continuo.</p> | <p>inspección y mantenimiento rutinarios o programas LDAR en intervalos definidos; instalar una monitorización continua en las estaciones de compresores; e incorporar la posibilidad de no ventear gas durante las pruebas de seguridad de los sistemas de purga de emergencia.</p> | <p>sistemas de purga de emergencia puede requerir mucho capital e interrumpir otras operaciones; la rentabilidad de los sistemas de monitorización continua si el riesgo de que se produzcan grandes emisiones es bajo; la integración de nuevas infraestructuras conlleva costos iniciales y un mantenimiento continuo.</p> |
|--|--|--|

Motores u otros dispositivos de combustión in situ (por ejemplo, antorchas). La combustión incompleta permite que el metano se cuele en los gases de combustión que van a la atmósfera.

| Opción de reducción | Descripción | Consideraciones |
|--|---|---|
| <p>Programas periódicos de puesta a punto y mantenimiento; sistemas de optimización de monitorización y control de procesos.</p> | <p>Programas de mantenimiento periódico para garantizar que todo motor o dispositivo de combustión funcione según el diseño y las especificaciones; instalación de sistemas de monitorización y control</p> | <p>Se requieren nuevas habilidades para aprender a poner a punto y mantener adecuadamente los equipos para una eficiencia óptima de la combustión o aprender nuevos</p> |

| | | |
|--|--|---|
| | para una eficiencia óptima de la combustión. | procesos de monitorización y sistemas de control. |
|--|--|---|

Tuberías. Las tuberías de transporte pueden sufrir fugas por fallas de integridad debidas a la corrosión y a daños involuntarios provocados por fenómenos meteorológicos (por ejemplo, deslizamientos de tierra) o por terceros (excavaciones).

| Opción de reducción | Descripción | Consideraciones |
|--|---|---|
| Programa de integridad de tuberías; programas LDAR; sistemas de monitorización continua. | Programas de integridad de tuberías con inspecciones internas y externas; estudios LDAR periódicos (aéreos y a pie); instalación de monitorización continua a lo largo de la traza de las tuberías. | Los programas de integridad requieren diligencia y pericia para evaluar y hacer frente a las amenazas identificadas con buenas herramientas de gestión de datos; es posible que se requiera formación y habilidades nuevas. |

Downstream

El *downstream* del gas consiste principalmente en redes de distribución diseñadas para llegar a los consumidores finales, ya sean residenciales, comerciales o industriales.

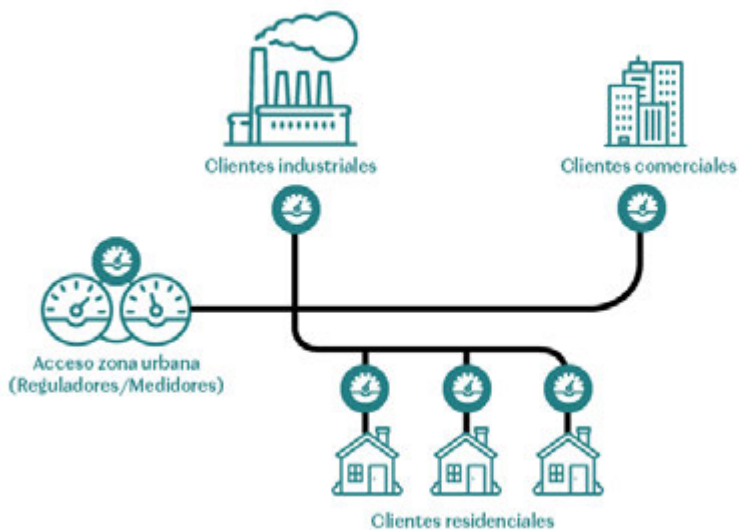


Gráfico 4.3: Ilustración de la infraestructura de downstream del gas.

Tuberías (principales y de servicio). Las tuberías de distribución pueden sufrir fugas por fallas de integridad (normalmente por corrosión del acero en las conexiones si son de hierro fundido y por grietas en materiales plásticos no modernos) o por daños involuntarios causados por excavaciones de terceros.

Tabla 4.3: Selección de fuentes/oportunidades de reducción del metano en el sector downstream del gas.

| Opción de reducción | Descripción | Consideraciones |
|--------------------------------------|--|--|
| Programas de integridad de tuberías. | Programas de gestión de la integridad de la distribución para identificar amenazas | La rehabilitación y sustitución de tuberías puede llevar años y requerir un importante capital |

| | | |
|---------------------------|--|--|
| | <p>y monitorizar el rendimiento actual. Utilizar inspecciones aéreas y móviles y tecnologías de monitorización de detección puntual continua.</p> <p>Dar prioridad a la reparación de las fugas más grandes.</p> <p>Acelerar la sustitución de los sistemas de tuberías propensos a fugas.</p> | <p>inicial.</p> <p>Demostrar las reducciones requiere alternativas a los métodos tradicionales de factor de emisión: nuevos métodos para vincular las emisiones a las fugas reales y a su duración antes de la reparación.</p> <p>El desarrollo de curvas de costo-eficacia o de costo marginal de reducción es fundamental para garantizar que la LDAR mejorada pueda priorizarse para obtener el máximo impacto.</p> |
| Programas LDAR mejorados. | <p>Los programas LDAR mejorados aumentan las inspecciones en las zonas de bajo rendimiento.</p> <p>Utilizar análisis de árbol de decisión para encontrar las fugas más grandes.</p> | <p>Capital y costos de operación.</p> <p>El desarrollo de curvas de costo-eficacia o de costo marginal de reducción es fundamental para garantizar que la LDAR mejorada pueda priorizarse para obtener el máximo impacto.</p> |

| Opción de reducción | Descripción | Consideraciones |
|--|---|--|
| Programas de prevención de daños (por ejemplo, "Llame al 811 antes de excavar"). | Estos programas reducen el riesgo de ruptura de tuberías por actividades de excavación, al mantener un sistema de | Puede resultar difícil obtener los datos SIG de la ubicación de las tuberías. Es necesario crear la |

| | | |
|--|--|---|
| | fácil acceso para que los promotores obtengan información sobre la ubicación de las tuberías antes de excavar. | base de datos de información. Tiempo y costo de sensibilizar a la opinión pública sobre el programa. |
|--|--|---|

Medidores de clientes. Emisiones fugitivas de componentes con fugas (por ejemplo, conexiones flojas) o venteo de reguladores de presión. Los medidores comerciales/industriales pueden tener dispositivos neumáticos y un mayor potencial de emisión porque funcionan a presiones más altas que los medidores residenciales.

| Opción de reducción | Descripción | Consideraciones |
|---|---|---|
| Detección de fugas mejorada y reparación acelerada. | Mejorar la detección de fugas mediante inspecciones aéreas y móviles y la instalación de sensores puntuales en los que pueda utilizarse el análisis de datos para encontrar fugas. Acelerar o priorizar la reparación en función de las fugas de los sistemas de alta presión (si resulta seguro). | Limitaciones de financiación y capacidad humana. Al igual que en el caso de los gasoductos, es necesario pasar de los factores de emisión tradicionales a métodos basados en factores de fuga para demostrar las reducciones y desarrollar perfiles de emisión más precisos. |

| Opción de reducción | Descripción | Desafíos conocidos para la implementación |
|--|---|--|
| Instalación de redes avanzadas de medidores. | Las redes avanzadas de medidores pueden utilizar la analítica de datos del lado del medidor que compete al cliente para encontrar fugas a través de anomalías en las tasas de consumo por hora. | Costos de capital y operativos. Costos de capacitación e integración en la infraestructura informática. |
| Rediseño de medidores para reducir los puntos de fuga. | El rediseño de los medidores puede implicar el cambio de los medidores de desplazamiento a los sónicos para uso residencial o la eliminación de los puntos de fuga siempre que sea posible. | Costos de capital y operativos. |

5. Detección y reparación de fugas (LDAR)

Información clave

- Los programas de detección y reparación de fugas (*Leak Detection and Repair* - LDAR) están diseñados para identificar y abordar las emisiones no intencionales o fugitivas de los equipos.
- Los requisitos LDAR pueden implementarse sin necesidad de disponer de datos exhaustivos o mediciones específicas del nivel de emisiones fugitivas.
- Entre las características más importantes de las regulaciones LDAR se encuentran:
 - Alcance de las instalaciones que deben inspeccionarse.
 - Tecnologías de detección que deben utilizarse y umbrales de detección que deben fijarse.
 - Frecuencia de las inspecciones.
 - Requisitos de reparación, incluidos los plazos.
 - Presentación de informes, mantenimiento de registros y certificación.
- Las regulaciones federales de LDAR de Canadá se discuten como ilustración de estas características de diseño.

Las emisiones fugitivas, o fugas, son pérdidas involuntarias de metano. Las fugas suelen producirse en varios puntos de conexión, como valores, a lo largo de la cadena de valor. Aunque las emisiones de una fuga individual pueden no ser significativas, las tasas colectivas de emisión de metano procedentes de fugas son una de las mayores fuentes de emisiones del sector del petróleo y el gas.

Los programas LDAR implican inspecciones periódicas in situ por parte de personal cualificado. Si se detectan fugas, se exige al operador que las repare en un plazo determinado. Además, se suele exigir a los operadores que documenten el proceso LDAR e informen periódicamente a la administración.

Los programas LDAR no requieren datos sólidos sobre las emisiones de metano para funcionar. Los operadores pueden empezar a realizar

estudios de detección de fugas y a repararlas, lo que se traduce en reducciones de metano, incluso antes de que se recopilen datos exhaustivos. Sin embargo, los datos recopilados por los operadores durante los programas LDAR, como el tipo y la frecuencia de ciertas fugas, pueden ser una información valiosa para ayudar a considerar acciones futuras.

Características de las regulaciones para LDAR



Gráfico 5.1: Características de las regulaciones para LDAR.

Varias consideraciones de diseño determinan la eficacia de los programas LDAR:

Alcance de las instalaciones inspeccionadas. Los requerimientos LDAR pueden especificar qué instalaciones deben ser inspeccionadas. Las exclusiones pueden basarse en el tamaño, el rendimiento u otras características. Por ejemplo, las instalaciones más pequeñas pueden quedar excluidas o tener

requisitos diferentes. La frecuencia de las inspecciones puede ser menor para las instalaciones muy remotas. Los programas LDAR pueden incluir excepciones para componentes que se consideren inseguros para monitorizar.

Las fugas pueden producirse en todo tipo de instalaciones, ya sean grandes o pequeñas. Un programa centrado en un subconjunto de fuentes de emisión puede abordar menos fugas pero ser más rentable. Si una regulación solo cubre un subconjunto de fuentes, es esencial cubrir las fuentes con mayor probabilidad de fugas.

Tecnología de detección y umbral de detección. Las regulaciones LDAR pueden requerir métodos o tecnologías específicas para llevar a cabo la inspección de la fuente. Estos incluyen, entre otros, inspecciones auditivas, visuales y olfativas (AVO), diversos instrumentos de control portátiles como los dispositivos que captan olores (olfateadores o *sniffers*) para el método 21 de la EPA y cámaras de imágenes ópticas de gas (OGI). En el caso de los instrumentos y las cámaras OGI, las regulaciones pueden especificar los requisitos de calibración y funcionamiento del dispositivo. Estos pueden incluir un umbral de detección específico para el tamaño de las fugas que el instrumento puede detectar. Sin embargo, las regulaciones LDAR pueden no requerir necesariamente la cuantificación de fugas individuales más allá de si están por encima del umbral de detección.

Las inspecciones AVO son poco costosas, ya que se agrupan con las otras tareas rutinarias de una instalación y no requieren equipos especiales. Sin embargo, su eficacia para detectar fugas es mayor en lugares con equipos sencillos (como cabezales de pozo) y bajos niveles de ruido. Las cámaras OGI, que requieren una formación especializada para su manejo y utilización, son más eficaces para detectar fugas.

Hay una discusión en curso sobre cómo garantizar que las regulaciones LDAR fomenten la innovación y el desarrollo de tecnologías avanzadas, tales como estudios aéreos desde aviones o drones, satélites y monitoreo continuo. Algunas jurisdicciones han creado procesos para que los operadores puedan solicitar el uso de

un enfoque alternativo si logran demostrar que puede lograr al menos el mismo nivel de reducción de emisiones que las tecnologías de detección especificadas en las regulaciones. Otras opciones potenciales incluyen el desarrollo de un marco común para evaluar la equivalencia de las tecnologías de monitorización emergentes para identificar las reducciones de emisiones.

Dado que hay gran cantidad de distintas opciones de detección y que la tecnología avanza rápidamente, algunos reguladores han optado por incorporar los planteamientos de otras jurisdicciones en sus regulaciones. Por ejemplo, muchas jurisdicciones ya hacen referencia a la norma de detección instrumental de la Agencia de Protección Medioambiental de EE.UU.: el método 21 de la EPA. Para más información sobre estas tecnologías, consulte el [Capítulo 8: Inventarios](#) y en el [Capítulo 9: Monitorización](#).

Frecuencia de las inspecciones. La frecuencia de las inspecciones (anual, trimestral, etc.) influye en el potencial de reducción de emisiones de un programa LDAR. Las inspecciones más frecuentes permiten detectar y reparar las fugas con mayor rapidez, pero con un costo añadido. En algún momento, las inspecciones adicionales pueden alcanzar un punto de rendimiento decreciente. Una fuente de orientación sobre la frecuencia de las inspecciones y las mediciones es MiQ, que ofrece una norma de certificación de emisiones de metano.⁴⁶

Requisitos de reparación. Las regulaciones LDAR pueden exigir a las empresas que reparen cualquier fuga detectada durante las inspecciones periódicas. Las regulaciones pueden exigir un plazo específico para estas reparaciones, como 30 días. En el caso de reparaciones complejas, puede ser necesario un plazo más largo. Un plazo de reparación más corto garantiza que las fugas se reparen más rápidamente, pero puede tener implicaciones operativas para las instalaciones. Algunas regulaciones establecen que si una reparación se puede hacer sin cerrar la instalación, es obligatorio hacerla en un plazo corto, como de 30 días, pero se permite un plazo más largo para las reparaciones que requieren una parada completa.

Informes, certificación y auditorías. Las regulaciones LDAR pueden requerir que las empresas mantengan registros de sus estudios de detección de fugas, fugas detectadas y acciones de reparación. Esto se puede hacer a través de plantillas específicas o una herramienta de informes en línea. Estos informes pueden incluir:

- Fecha del estudio.
- Tipo de instrumento de detección.
- Detalles sobre la fuente inspeccionada (ubicación, tipo de instalación).
- Información sobre las fugas detectadas (tipo de componente, tipo de servicio, etc.).
- Medidas adoptadas para las reparaciones, incluidas las fechas.
- Resultado de las reparaciones, incluidos los estudios de seguimiento.

Algunas regulaciones exigen que los informes LDAR sean certificados o auditados por un tercero. Esta práctica puede ayudar a los reguladores a garantizar que los informes sean completos y precisos, con cargas administrativas adicionales para los operadores.

Ejemplo: El requerimiento federal LDAR de Canadá

En 2018, el gobierno federal canadiense estableció un requisito LDAR nacional que tiene muchas de las características mencionadas anteriormente.⁴⁷

Alcance de las instalaciones inspeccionadas. La regulación de Canadá solo se aplica a las grandes instalaciones, que generalmente cubren todas las instalaciones del *upstream* del petróleo y el gas, incluidas las plataformas de pozos y las estaciones de compresión, que produzcan o manejen más de 60.000 m³ de gas

natural al año.⁴⁸ La sección 28(1) de la regulación también excluye explícitamente ciertas piezas de equipo del requisito LDAR:

Sección 28(1) Las secciones 29 a 36 no se aplican con respecto a:

- *(a) un componente de equipo utilizado en un cabezal de pozo en un emplazamiento en el que no haya ningún otro cabezal de pozo o equipo, excepto tuberías de recogida o un medidor conectado al cabezal de pozo;*
- *(b) un par de válvulas de aislamiento en una tubería de transmisión si no hay ningún otro equipo situado en el segmento de la tubería que pueda aislarse cerrando las válvulas; y*
- *(c) un componente de equipo utilizado en una instalación del upstream de petróleo y gas cuya inspección supondría un grave riesgo para la salud o la seguridad humanas.*

Al especificar las instalaciones, equipos o circunstancias exentos, las regulaciones canadienses centran las inspecciones en las fuentes de fugas más importantes para lograr reducciones significativas. Por ejemplo, dado que las fugas suelen producirse en los componentes o equipos de una instalación, los emplazamientos que se limitan al cabezal del pozo, con pocos componentes y ningún otro equipo (por ejemplo, tanques de almacenamiento, compresores, etc.), están exentos debido a su menor probabilidad de fugas. Del mismo modo, las válvulas de aislamiento de las tuberías de transmisión están exentas en (b) porque el potencial de emisión de estos componentes en estas instalaciones es bajo. La tercera exención en (c) se refiere a cualquier caso en que la inspección pueda suponer un riesgo para la salud o la seguridad de las personas, por lo que no queda demasiado claro las circunstancias en las que se aplicaría. Las exenciones pueden reducir la carga de los operadores, pero pueden pasar por alto las emisiones que generen emisores importantes de metano y aumentar la carga de las autoridades regulatorias para atender las solicitudes de exención.

Tecnología y umbrales de detección. Canadá exige inspecciones basadas en instrumentos. Especifica dos instrumentos

que pueden utilizarse: (1) instrumentos de monitorización portátiles que cumplan determinadas especificaciones operativas y de calibración y (2) instrumentos OGI capaces de cumplir requisitos de detección específicos. La sección 30(2) establece que un instrumento de control portátil debe cumplir el método 21 de la EPA en su especificación, aplicación y calibración. En el caso de las cámaras OGI, las regulaciones establecen un umbral de concentración de "como máximo 500 ppm [en volumen] y con un caudal de al menos 60 [gramos/hora] de fuga por un orificio de 0,635 centímetros de diámetro". También incluye requisitos relativos a la distancia de observación.⁴⁹

Exigir el uso de estos instrumentos puede suponer costos de capacitación y equipamiento, pero pueden detectar fugas que los métodos AVO pasarían por alto. Al hacer referencia a especificaciones existentes de otro organismo regulador, la norma canadiense evita la necesidad de elaborar una norma técnica detallada, al tiempo que garantiza la coherencia para los operadores que deben cumplir las mismas especificaciones en sus jurisdicciones.

Las regulaciones canadienses permiten a los operadores establecer un programa LDAR alternativo siempre que "dé como resultado, como máximo, la misma cantidad de emisiones fugitivas que las que resultarían de un programa LDAR conforme a las regulaciones".⁵⁰ Las regulaciones también establecen que un programa alternativo debe contar con los siguientes elementos:

- (a) *la inspección de fugas;*
- (b) *la operación, mantenimiento y calibración de los instrumentos de detección de fugas, si procede; y*
- (c) *la reparación de las fugas detectadas.*⁵¹

Esta flexibilidad permite a un operador utilizar un instrumento que no figure directamente en las regulaciones o inspeccionar con distintas frecuencias. El uso de un programa alternativo hace recaer en el operador la carga de demostrar la eficacia del programa con documentos justificativos que deben presentarse al organismo regulador.

Frecuencia de las inspecciones. La regulación canadiense especifica el plazo para las inspecciones iniciales y posteriores:

30(3) El plazo para las inspecciones es el siguiente:

(a) para la primera inspección, la fecha más tardía entre el 1 de mayo de 2020 y el día que se cumple 60 días desde el día en que comenzó por primera vez la producción en la instalación; y

(b) para las inspecciones posteriores, al menos tres veces al año y al menos 60 días después de una inspección anterior.

Por ejemplo, una instalación nueva tendría que realizar una inspección LDAR en los 60 días siguientes al primer día de producción y, a continuación, al menos tres veces al año en cada instalación con un intervalo mínimo de 60 días entre inspecciones. Esta frecuencia permite a los operadores determinar el mejor calendario de inspecciones en múltiples instalaciones dentro de los límites de la regulación.

Requisitos de reparación. La regulación canadiense exige que se reparen las fugas detectadas. El plazo para la reparación varía en función de la facilidad para realizarla. Cuando la reparación pueda efectuarse mientras el componente está en funcionamiento, el operador deberá realizarla en un plazo de 30 días:

32(1) Se debe reparar toda fuga de un componente del equipo que se detecte, ya sea como resultado de una inspección o de otro modo.

(a) si la reparación puede realizarse mientras el componente del equipo está en funcionamiento, se debe reparar en un plazo de 30 días a partir del día en que se detectó.

No obstante, si la reparación requiere una parada, se puede realizar durante la siguiente parada prevista:

32(1) (continuación)

(b) en cualquier otro caso, dentro del plazo previo a la finalización de la siguiente parada prevista, a menos que dicho plazo se prorrogue en virtud del artículo 33.

La regulación especifica además que el plazo para realizar la siguiente parada programada se basa en el tamaño relativo de la

fuga en comparación con las emisiones que se emitirían en el proceso de reparación:

(2) La siguiente parada programada deberá programarse a más tardar en la fecha en que el volumen estimado de gas hidrocarburo, expresado en m³ estándar, que, comenzando a partir del día en que se detecte la fuga, se emitiría si no se efectúan reparaciones al componente del equipo con fugas en cuestión y a todos los demás componentes del equipo que también tengan fugas a partir de ese día, sea igual al volumen de gas hidrocarburo, expresado en m³ estándar, que se emitiría debido a la purga de gas hidrocarburo de los componentes del equipo a reparar.

En otras palabras, dado que la parada y reparación de componentes puede requerir el venteo del gas del interior del componente, la reparación debe programarse antes de que las emisiones acumuladas de la fuga superen las emisiones previstas que provocaría la parada.⁵² Este enfoque ofrece a las empresas flexibilidad para programar la reparación, al tiempo que establece límites para garantizar que la fuga no continúe indefinidamente.

Informes, certificación y auditoría. La regulación canadiense exige que los operadores creen y conserven registros y documentos justificativos, entre los que se incluyen:

- Cada calibración de los instrumentos de inspección.
- La fecha de las inspecciones.
- El tipo y la ubicación del equipo con coordenadas GPS.
- El tipo de instrumento utilizado.
- En el caso de OGI, grabación de imágenes con indicaciones de los datos y la hora.
- Las fugas detectadas y la documentación de las medidas adoptadas para repararlas.⁵³

Canadá exige que estos registros se creen en un plazo de 30 días a partir del momento en que se disponga de la información y que se conserven durante cinco años.⁵⁴ La regulación exige que se presenten en un plazo de 60 días cuando se soliciten.⁵⁵ Este planteamiento

reduce la carga administrativa que supone para el organismo regulador la recepción y revisión de informes, al tiempo que ofrece un mecanismo para que los funcionarios públicos obtengan información para su revisión cuando sea necesario. El incumplimiento de las regulaciones sobre informes u otras disposiciones puede ser la causa de sanciones monetarias para el operador.

Para más información sobre los mecanismos de cumplimiento normativo, véase el *Capítulo 10: Garantizar el cumplimiento normativo*.

6. Quema en antorcha y venteo

Información clave

- La quema en antorcha y el venteo de gas natural es una de las principales formas en que los reguladores pueden reducir las emisiones de metano del sector del petróleo y el gas.
- Las tecnologías para reducir o eliminar la quema y el venteo rutinarios son bien conocidas y se pueden desplegar siempre que se cuente con la infraestructura adecuada.
- Varios países han adoptado regulaciones para reducir la quema en antorcha y el venteo. En general, estas regulaciones incluyen varias características clave, que se analizan con más detalle en este capítulo.
- Colombia y Kazajstán han promulgado recientemente nuevas regulaciones para reducir la quema en antorcha y el venteo. Esta sección examina los textos de sus regulaciones como fuente de información sobre cómo otros reguladores pueden elaborar sus propias regulaciones sobre la quema en antorcha y el venteo.

La **quema en antorcha** es la quema controlada de gas natural por razones operativas, de seguridad o económicas. El **venteo** es la liberación intencionada de gas natural a la atmósfera. Desde el punto de vista de las emisiones de gases de efecto invernadero, la quema en antorcha es mejor que el venteo porque convierte el metano en dióxido de carbono en lugar de liberar directamente metano a la atmósfera, que tiene un mayor potencial de calentamiento global.

Este capítulo se centra en los casos en los que el gas natural se quema en antorcha o se ventea intencionadamente por motivos operativos, de seguridad o económicos. Tenga en cuenta que el venteo derivado del funcionamiento normal de los equipos o del mantenimiento u otros procesos se trata en la sección de normas sobre equipos del [*Capítulo 7: Normas sobre equipos y procesos*](#).

La quema y el venteo suponen un despilfarro de recursos energéticos y son fuentes de emisiones de gases de efecto

invernadero en el sector del petróleo y el gas. También contribuyen a los niveles locales de contaminación atmosférica. El gas quemado libera CO₂, carbono negro (hollín) y una cierta cantidad de metano sin quemar. Ni siquiera las antorchas más eficientes logran una eficacia de destrucción del 100% (algunos supuestos alcanzan el 98%, aunque la AIE estima que la eficiencia de destrucción típica es del 92%), y muchas alcanzan eficiencias significativamente inferiores.

Características de las regulaciones sobre quema en antorcha y venteo

Las restricciones a la quema y el venteo son relativamente comunes. Recientemente, algunas jurisdicciones han tomado medidas para ampliar o mejorar las leyes destinadas a reducir la quema en antorcha y el venteo, como Colombia, Nigeria y Kazajistán. Otros han adoptado regulaciones que prohíben en gran medida la quema rutinaria, como los Países Bajos, Noruega y el estado de Nuevo México en los Estados Unidos.

Los reguladores disponen de opciones de eficacia probada para reducir o impedir la quema o el venteo rutinarios, sobre todo en el caso del gas asociado a la producción de petróleo. Entre ellas figuran:

Cuando se requiere un permiso. Algunas jurisdicciones exigen que los operadores obtengan un permiso o autorización para la quema en antorcha. Si se produce un suceso imprevisto, la regulación puede exigir a los operadores que presenten un informe *a posteriori*. La exigencia de un permiso ofrece a la jurisdicción la oportunidad de recopilar información sobre la quema en antorcha y el venteo que se están llevando a cabo, lo que podría ayudarle a comprender los niveles generales de emisiones. En el proceso de aprobación del permiso pueden tenerse en cuenta los costos del cumplimiento de los límites de quema en antorcha.

Excepciones a las prohibiciones de quema en antorcha y venteo. A menudo se permite la quema en antorcha por motivos de seguridad o para proteger la salud humana. Algunos países permiten excepciones a las prohibiciones de quema en caso de que sea económicamente injustificada, prohibitiva en términos de costos o cuando el costo de utilizar el gas sea mayor que el valor recibido. Algunas jurisdicciones han estipulado que la falta de infraestructura de gasoductos no justifica la quema. A la hora de decidir qué excepciones se permiten, los gobiernos pueden ponderar los costos para la industria y compararlos con las ventajas de reducir las emisiones y evitar el desperdicio de gas natural. El impacto en los ingresos derivados del petróleo también puede ser un factor a tener en cuenta.

Reducción de la quema en antorcha a lo largo del tiempo. La Asociación Mundial para la Reducción de la Quema de Gas (GGFR, por sus siglas en inglés)⁵⁶ del Banco Mundial garantiza el compromiso mundial de gobiernos y empresas para poner fin a la quema rutinaria de gas. Algunos países y empresas han suscrito la iniciativa Cero Quema Rutinaria para 2030.⁵⁷ Algunos países han incluido este objetivo o una fecha anterior, como 2025, en sus regulaciones.

Eficiencia de la antorcha. No todo el gas natural que se quema en antorcha se quema completamente. Algunas antorchas pueden no funcionar correctamente y ser menos eficientes que los estándares de la industria.⁵⁸ Algunas llamas de antorcha (también llamadas llamas piloto o luces piloto) pueden apagarse, provocando el venteo de metano. La mejora de la eficiencia de las antorchas es un área importante de desarrollo tecnológico y de investigación para la reducción de emisiones.⁵⁹

Algunos países cuentan con regulaciones que establecen normas de diseño o límites de funcionamiento para los equipos de las antorchas con el fin de garantizar unos niveles mínimos de eficiencia de destrucción en las antorchas.⁶⁰

Regalías, sanciones y otros incentivos económicos. Las regulaciones sobre la quema y el venteo pueden incluir un elemento

prescriptivo, como una prohibición o un requisito de permiso, y un elemento económico, como el cobro de regalías. La quema es relativamente fácil de medir y cuantificar (*véase el [Capítulo 9: Monitorización](#)*), por lo que los incentivos económicos son más viables para la quema que para las emisiones fugitivas (o el venteo). Una regalía o impuesto por quema en antorcha puede proporcionar un incentivo monetario para que las empresas reduzcan su quema. Estos gravámenes pueden imponerse a todos los volúmenes quemados o a los volúmenes que superen un umbral. El impacto de estas medidas puede verse afectado por el importe de las regalías, la infraestructura, los precios del gas y la demanda.

Mediciones y notificaciones. Muchos gobiernos exigen a los operadores que notifiquen los volúmenes de gas quemado o venteado. En algunos casos, se exige la medición directa de los volúmenes quemados, mientras que en otros, las cantidades se estiman utilizando la relación gas/petróleo y los volúmenes de producción de petróleo.

Incentivos para aumentar la utilización del gas. Algunos países han desarrollado incentivos para ayudar a crear un mercado nacional u otras oportunidades de uso potencial para el gas que, de otro modo, se quemaría. Algunos países exigen a los operadores que elaboren planes de utilización del gas y ofrecen inversiones directas en infraestructuras para la utilización del gas u otros incentivos para fomentar la utilización del gas. Un proyecto reciente en Angola redirige el gas que se habría quemado hacia la exportación de GNL.⁶¹

Ejemplo: Restricciones a la quema en antorcha y el venteo en Colombia

Colombia ha reducido significativamente la quema en antorcha gracias a las regulaciones y a los esfuerzos de su CPN, Ecopetrol. Entre 2012 y 2022, Colombia redujo sus volúmenes absolutos de gas quemado en un 75%, mientras que la producción disminuyó alrededor de un 20%. Durante este mismo periodo, la intensidad de

la quema (metros cúbicos de gas quemado por barril de petróleo producido) se redujo en un 65%, lo que convierte a Colombia en uno de los países del mundo con mejores resultados en la reducción de la quema, junto con Noruega, Canadá y Brasil.



Gráfico 6.1: Volúmenes e intensidad de la quema en Colombia, 2012-2022⁶²

Las regulaciones del gas natural asociado en Colombia incluyen:

- Cumplimiento de las medidas de quema en antorcha y venteo por parte de los reguladores, la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) y el Ministerio de Minas y Energía (MME).
- Pagos financieros de los operadores al gobierno por la quema y el venteo.
- El fomento de un mercado nacional de gas competitivo mediante un acceso abierto y no discriminatorio a las infraestructuras de gas.

La histórica Resolución 40066 de Colombia, adoptada en 2022, establece:

- Se prohíbe el venteo tanto en la exploración como en la producción, con excepciones durante emergencias o para mantenimiento.
- Toda quema en antorcha requiere la autorización previa de los reguladores, que debe incluirse en un permiso anual.
- En general, la quema en antorcha no está permitida, con excepciones limitadas, entre ellas por razones de seguridad, mantenimiento planificado e inviabilidad económica.
- La quema debida a acontecimientos imprevistos debe calcularse de antemano sobre la base del año anterior y está sujeta a una eliminación progresiva a lo largo de cinco años.
- Los operadores deben pagar regalías por el gas quemado, venteado o desperdiciado de otra forma, a menos que sea autorizado por un permiso.⁶³

La Resolución 40066 aborda las principales características de las regulaciones sobre venteo y quema en antorcha:

Cuándo se requiere un permiso. La Resolución 40066 prohíbe el venteo intencionado de gas asociado y exige la recogida para su uso o el direccionamiento a una antorcha cuando las condiciones técnicas o económicas impidan el uso. Esta disposición incluye excepciones limitadas sin autorización previa. El operador debe

informar a los reguladores en un plazo de 24 horas a partir de la emisión.

La Resolución 40066 prohíbe a los operadores la quema en antorcha de gas natural sin una autorización y permiso para tal quema emitidos por la ANH. Se exige un permiso anual.

Para obtener el permiso anual de quema en antorcha, los operadores deben presentar una solicitud al menos 30 días antes del inicio de las operaciones o del vencimiento del permiso actual, con información sobre los niveles de quema previstos por cada uno de estos motivos, una justificación e información de soporte. Para quemar gas debido a la falta de viabilidad económica, el operador debe demostrar que el gas asociado no puede comercializarse.

El artículo 18 establece lo que debe presentar el operador para obtener un permiso anual:

[Extracto del artículo 18:]

1. *Causa y justificación de la quema de gas natural.*
2. *Volumen máximo de gas natural a quemar determinado de conformidad con el artículo 17 de la presente resolución.*
3. *Volumen estimado de gas a quemar por razones de seguridad, respaldado por cálculos o valores establecidos por el proveedor.*
4. *Volumen estimado de gas natural económicamente inviable respaldado por su respectivo estudio técnico-económico.*
5. *Volumen estimado de gas proveniente de eventos planificados, respaldado por un plan de mantenimiento.*
6. *En el caso de presentar volúmenes de gas provenientes de eventos no planificados, deberán estar debidamente justificados con la entrega de un plan de optimización operativa.*
7. *Volumen estimado de gas proveniente de venteo intencional recolectado para quema en antorcha respaldado con los cálculos respectivos.*
8. *Alternativas y soportes para el aprovechamiento del gas, cuando corresponda.⁶⁴*

Asimismo, se requiere un permiso de quema en caso especial para sucesos no incluidos en el permiso anual y derivados de la gestión del gas o de causas no atribuibles a las prácticas operativas. Si no se presenta un permiso, el operador debe notificarlo en un plazo de 24 horas. La ANH debe pronunciarse sobre cada solicitud de permiso en un plazo de 30 días a partir de su recepción. También puede solicitar información adicional para evaluar la solicitud de un permiso en un plazo de 7 días a partir de su recepción.

Excepciones a la prohibición de quema en antorcha y venteo. La Resolución 40066 (artículo 34) establece tres excepciones a la prohibición de venteo.

1. El venteo puede producirse en caso de emergencia, y la ANH debe ser informada dentro de las 24 horas siguientes al fin de la emergencia.
2. El venteo puede ocurrir en conexión con el programa de mantenimiento preventivo de una instalación, y la ANH debe ser informada dentro de las siguientes 24 horas.
3. Cuando el volumen de gas sea inferior al necesario para mantener encendido el piloto de una antorcha.

Se pueden conceder autorizaciones de quema en antorcha por las siguientes circunstancias:

- Razones de seguridad.
- Quema rutinaria, que está sujeta a los límites establecidos en la regulación (por ejemplo, los pilotos).
- Cuando la captura no sea económicamente viable (con una demostración de justificación).
- Quema relacionada con eventos de mantenimiento planificados.
- Gas recogido que de otro modo se habría venteado intencionadamente.
- Eventos no planificados debidamente justificados.

Los operadores deben presentar documentación justificativa de la quema. La Resolución establece que se concederá una autorización de quema siempre que se recoja gas que de otro modo se habría

venteadado. Esto elimina el incentivo de ventear gas en lugar de solicitar un permiso de quema en antorcha.

Reducción de la quema en antorcha a lo largo del tiempo. La Resolución 40066 incluye un cálculo para el volumen máximo de gas que puede quemarse en antorcha, que es esencialmente la suma de las estimaciones para la quema en antorcha que se autoriza en virtud de cada una de las excepciones enumeradas anteriormente. Sin embargo, la cantidad máxima autorizada debida a sucesos imprevistos debe disminuir un 20% cada año a lo largo de cinco años, hasta llegar a cero en el quinto año. Esta eliminación progresiva solo se aplica a esa categoría específica de combustión en antorcha (sucesos imprevistos) y no se aplica a las situaciones en las que la captura no es económicamente viable ni a los casos limitados en los que se permite la quema rutinaria en antorcha.

Eficiencia de las antorchas. La Resolución 40066 (artículo 22) exige a los operadores que verifiquen anualmente que cada antorcha haya sido inspeccionada y funcione dentro de márgenes aceptables. El operador puede realizar la verificación por sí mismo, siempre que disponga del equipo y las capacidades técnicas necesarias. Además, deben instalarse equipos de monitorización para garantizar que la antorcha funciona correctamente:

[Extracto del artículo 22:]

Para este fin, se utilizará la mejor tecnología disponible para monitorizar la llama, como una cámara de rayos infrarrojos para determinar la generación de humo por la combustión de hidrocarburos líquidos o drones de medición de emisiones para comprobar el estado del sistema de ignición de los pilotos o equipos similares.⁶⁵

Si se detectan problemas o incidentes, el operador deberá (1) realizar las reparaciones lo antes posible, en ningún caso en un plazo superior a 6 meses, y (2) informar de la situación al regulador.

Regalías, sanciones y otros incentivos económicos. La Resolución 40066 y sus predecesoras establecieron dos incentivos económicos para los operadores con el fin de incentivarlos a no quemar más de lo permitido en su permiso:

- **Regalías.** El artículo 18 establece que se pagarán regalías por cualquier quema que supere el volumen permitido en el permiso de quema. Por lo tanto, cualquier cantidad que se queme por encima de lo permitido estará automáticamente sujeta al pago de derechos.
- **Sanción administrativa.** Según la Resolución 40066 y el Código del Petróleo de 1953, la sanción por infracción (quemar más de lo permitido en el permiso) será de USD 5.000 (cinco mil dólares estadounidenses).

Medición y notificación. La resolución 40066 exige la medición y la notificación mensual de los volúmenes quemados y proporciona un formato de notificación:

Artículo 24. Medición y notificación de los volúmenes de quema de gas natural. Todos los volúmenes de quema de gas natural deben ser medidos y reportados mensualmente por el Operador a la [ANH] a través del [Formato de Reporte] adjunto o el que lo reemplace.⁶⁶

La Resolución 40066 también exige que el gas venteado intencionalmente se informe a las autoridades, junto con una justificación. Sin embargo, no exige la medición. En cambio, especifica que los volúmenes deben cuantificarse y notificarse siguiendo los modelos y procedimientos de notificación de la producción.

Ejemplo: Utilización del gas asociado en Kazajistán

Kazajistán es un ejemplo de cómo un país puede reducir las quemas fomentando el uso de gas asociado. Las quemas en Kazajistán han disminuido considerablemente en la última década, como se ilustra a continuación:

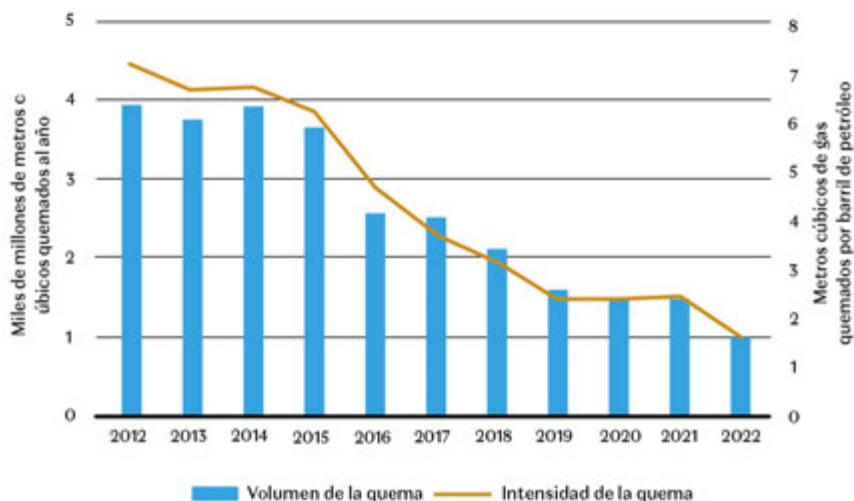


Gráfico 6.2: Volúmenes e intensidad de las quemas en Kazajistán, 2012-2022.⁶⁷

Incentivos para aumentar la utilización del gas. Como muchos otros países, Kazajistán ha prohibido la quema en antorcha y el venteo, con algunas excepciones, con el fin de proteger la salud y la seguridad humanas.⁶⁸ Paralelamente, Kazajistán ha animado a los productores de petróleo a utilizar o comercializar el gas asociado.

En Kazajistán, los recursos petroleros (incluido el gas asociado) son propiedad del Estado.⁶⁹ La propiedad del Estado supone un fuerte incentivo para que el gobierno garantice que el recurso se destine a un uso productivo y no se desperdicie.

La Ley del Petróleo de Kazajistán exige a los operadores que elaboren un plan para utilizar el gas asociado antes de recibir permiso para llevar adelante cualquier nuevo proyecto petrolero. El regulador debe aprobar estos planes antes de que el proyecto

obtenga el permiso, y deben actualizarse cada tres años. El operador también debe presentar un informe anual sobre la implementación del plan de utilización del gas.⁷⁰

La ley de Kazajistán prevé cuatro opciones para utilizar el gas asociado:

1. El gas se puede quemar en antorcha si puede acogerse a una de las excepciones (por ejemplo, quema de emergencia para proteger la salud y la seguridad humanas, quema en antorcha durante pruebas, etc.).
2. El gas puede utilizarse para los fines inmediatos del operador, como quemarlo para obtener energía in situ.
3. El gas se puede vender a otro usuario para su procesamiento y comercialización.
4. Si el procesamiento del gas bruto no es rentable, el gas puede reinyectarse en un yacimiento subterráneo para su almacenamiento o para mantener la presión del yacimiento.⁷¹

El operador debe presentar un plan de captura y utilización (que no incluya el venteo y la quema en antorcha rutinarios) para que se apruebe un nuevo proyecto. La ley autoriza al regulador a trabajar con los operadores de las instalaciones existentes para establecer objetivos progresivos de captura y utilización basados en la factibilidad económica.

El requisito de utilización puede ayudar a crear un mercado nacional para el gas asociado e incentivos para la instalación de la infraestructura necesaria. Dado que se exige a las empresas que busquen activamente oportunidades de utilización, esto crea una oportunidad de negocio para las empresas que puedan utilizar ese gas de forma productiva.

Kazajistán comenzó con la ventaja de contar con una infraestructura de gas ya existente (incluidos gasoductos intermedios, distribución urbana y gasoductos de exportación) y una base de clientes consumidores e industriales. Así, los productores de petróleo podían enviar gas a través de la

infraestructura de transporte existente a los mercados nacionales y de exportación. Otras características del régimen regulatorio, como las restricciones a la quema en antorcha del Código Medioambiental, fomentan la utilización del gas. Kazajistán también impone sanciones monetarias por el incumplimiento de los requisitos de concesión de permisos. La atención prestada por Kazajistán a garantizar que el gas asociado pueda llegar a los mercados de consumo, junto con estas restricciones normativas, ha reducido significativamente la quema de gas.



Recursos útiles sobre la quema en antorcha y el venteo

Banco Mundial 2022: Revisión comparativa de las regulaciones globales sobre quema y venteo (*World Bank 2022: Comparative Review of Global Flaring and Venting Regulations*),

<https://flaringventingregulations.worldbank.org/summary-report>

Principios rectores del metano 2019, Reducción de las emisiones de metano: Guía de buenas prácticas – Quema (*Methane Guiding Principles 2019, Reducing Methane Emissions: Best Practice Guide — Flaring*),

<https://methaneguidingprinciples.org/resources-and-guides/best-practice-guides/flaring>

Asociación Mundial para la Reducción de la Quema de Gas, Iniciativa sobre el Clima en el Sector del Petróleo y el Gas, Principios Rectores del Metano y Herramientas para la Quema de Metano (*Global Gas Flaring Reduction Partnership, Oil and Gas Climate Initiative, Methane Guiding Principles, and Methane Flaring Toolkit*),

<https://flaringmethanetoolkit.com>

7. Normas sobre equipos y procesos

Información clave

- Los equipos utilizados en el sector del petróleo y el gas pueden emitir metano como resultado del diseño de dichos equipos o debido a sus normas de operación. Por consiguiente, exigir a los operadores que adopten normas sobre equipos y procesos es una herramienta reguladora importante para la reducción del metano.
- Las regulaciones sobre equipos y procesos pueden obligar a las empresas a sustituir los equipos de mayor emisión por alternativas de menor emisión, o a adoptar procedimientos específicos que eviten o limiten las emisiones de metano.
- Hay muchos ejemplos de regulaciones de equipos y procesos en el sector del petróleo y el gas. Estas regulaciones se aplican a la completación de pozos y a los dispositivos neumáticos, incluidos controladores de válvulas y bombas, compresores, tanques de almacenamiento, deshidratadores de glicol y descarga de líquidos.
- Las regulaciones de noviembre de 2022 en Nigeria muestran cómo un país utiliza los equipos y las normas de operación como parte de su plan de reducción del metano.

Las normas para equipos son los requisitos de diseño para tipos específicos de equipos en el sector del petróleo y el gas. Las normas de proceso, incluidos los procedimientos normalizados de operación, son requisitos para operar las piezas de tal equipo o llevar a cabo actividades específicas. El metano puede liberarse de los equipos debido a su diseño y durante su operación regular. Por ejemplo, cuando un operario necesita realizar tareas de mantenimiento en un equipo como un separador de petróleo y gas, el procedimiento normalizado de operación puede consistir en ventear el gas presurizado del interior para que los trabajadores puedan llevar a cabo ese mantenimiento de forma segura. El venteo emite metano.

Las emisiones de metano de los equipos y procesos pueden ser significativas. Por ello, muchos gobiernos han adoptado regulaciones que exigen que los equipos se actualicen a versiones

más nuevas con menos o ninguna emisión de metano. Muchos gobiernos también han adoptado regulaciones que exigen cambios en los procedimientos que pueden reducir potencialmente las emisiones en comparación con los procedimientos operativos anteriores.

La mejora de las normas para los equipos y los procesos pueden ayudar a reducir las emisiones de metano incluso sin disponer de datos sólidos y medidos de las fuentes de emisión individuales. Dicho esto, un buen inventario de fuentes (incluidos los que se ban en factores de emisión estándar) puede ayudar a los reguladores a detectar las regulaciones tendrán más impacto y los costos potenciales para la industria de la implementación de las normas.

Cómo es una regulación típica de equipos o procesos

Los elementos específicos de una norma sobre **emisiones relacionadas con equipos** dependen de la fuente de emisiones objetivo. Puede exigir a las empresas que sustituyan un dispositivo que se sabe que emite metano por una versión mejorada que emita menos o no emita en absoluto o exigir a las empresas que instalen nuevos equipos que recuperen las emisiones.

En el caso de las **emisiones relacionadas con procesos**, las normas prescriptivas pueden especificar cambios en los procedimientos que pueden reducir potencialmente las emisiones en comparación con los procedimientos operativos normalizados-

Equipos/procesos objetivo. Determinar en qué equipos debe centrarse la regulación es la cuestión más importante a la hora de diseñar las normas sobre equipos. Los requisitos específicos de control pueden variar en función de la tecnología predominante en la jurisdicción y de las opciones técnicas de reducción disponibles.

Las regulaciones pueden centrarse en:

- Dispositivos neumáticos, incluidos controladores de válvulas y bombas. En algunas partes del mundo se denomina uso de gas de instrumentación.
- Compresores.
- Tanques de almacenamiento.
- Deshidratadores de glicol.
- Descarga de líquidos.
- Completación de pozos.

Los reguladores deben tener en cuenta los volúmenes de emisiones de las distintas fuentes y la viabilidad y los costos asociados a las opciones de reducción. En cada una de estas consideraciones pueden influir factores regionales o locales, como la topografía o el clima. A menudo, los reguladores que desean elaborar o actualizar regulaciones sobre equipos y normas de proceso pueden obtener más información sobre la naturaleza local de estas fuentes a través de las partes interesadas.

Algunas regulaciones de equipos exigen controladores neumáticos de purga cero, lo que obliga a utilizar electricidad (de la red o paneles solares) o aire de instrumentos en lugar de gas natural. Esta especificidad puede aportar claridad y reducciones previsibles, pero es posible que no incentive el uso de tecnologías que puedan surgir más adelante para reducir las emisiones en un grado equivalente a un costo similar o inferior.

Otras regulaciones utilizan **normas de rendimiento para los equipos**. En lugar de exigir un dispositivo concreto, una normativa puede establecer el nivel de rendimiento requerido: por ejemplo, un controlador neumático que emita menos de 0,17 metros cúbicos estándar por hora. Este criterio permite a la empresa elegir cualquier tecnología que cumpla los objetivos de rendimiento, a veces con ahorro de costos.

Cobertura de fuentes. Como ya se ha comentado, el potencial de reducción del metano y las curvas de costos pueden ser consideraciones importantes en el diseño de la normativa. Las

regulaciones pueden distinguir entre fuentes grandes y pequeñas o establecer otras distinciones relacionadas con el costo o la viabilidad del cumplimiento. Un período de implementación gradual puede dar tiempo a las instalaciones existentes para adaptarse a las normas aplicables de forma inmediata a las nuevas fuentes. En algunas regulaciones, las fuentes existentes pueden solicitar una exención o ampliación del plazo por motivos técnicos o de costos.

Monitorización. Otra consideración clave es determinar las reducciones de emisiones logradas por un requisito. Algunas regulaciones se basan únicamente en las especificaciones del fabricante: si el producto está diseñado para emitir menos que el límite establecido en la regulación, entonces se cumple el requisito. En otros casos, las regulaciones exigen pruebas periódicas de los equipos. Las pruebas periódicas ofrecen una mayor seguridad en cuanto a las emisiones, con mayores costos de implementación para la industria.

Informes, certificación y auditorías. Los requisitos de información son importantes para controlar el cumplimiento normativo y también pueden ayudar a mejorarlo al garantizar que las empresas sepan cómo están actuando. La presentación de informes es también la base de la transparencia para crear responsabilidad pública, que a su vez es un factor clave para mejorar el desempeño. En algunos casos, las regulaciones obligan a las empresas a mantener registros durante un período determinado, y los reguladores pueden obtenerlos previa solicitud. El requisito de presentar electrónicamente algunos de los registros más esenciales también puede ser valioso, para que las empresas sepan que el gobierno tiene fácil acceso a esos registros.

Algunas regulaciones exigen la certificación de terceros a través de una auditoría. La certificación por parte de terceros aumenta la confianza en que una empresa cumple la normativa sin necesidad de un gran aparato gubernamental de garantía, aunque con un costo adicional para la industria regulada. Los programas de certificación por terceros son más eficaces cuando los terceros son

completamente independientes de las entidades auditadas, por lo que la asignación aleatoria de auditores es un método de probada eficacia para una verificación más precisa.

Ejemplo: Regulaciones sobre normas para equipos en Nigeria

Nigeria adoptó en 2022 una regulación que estableció normas específicas para varias clases de equipos utilizados en las operaciones de extracción de petróleo y gas, incluidos los controladores neumáticos, bombas neumáticas, sellos de compresores centrífugos, compresores reciprocantes, deshidratadores de glicol y tanques de almacenamiento de líquidos.⁷² La regulación de Nigeria es un buen ejemplo del uso de normas para los equipos con el fin de reducir las emisiones de metano. En esta sección se analizan en detalle algunas de estas nuevas normas sobre equipos:

Tanques de almacenamiento de líquidos

La sección 3.4.6 de la regulación de Nigeria establece normas para los tanques de almacenamiento de líquidos.

Equipos/procesos alternativos. La regulación de Nigeria obliga a los operadores a implementar un sistema de recuperación de vapores o un dispositivo de combustión (antorcha) para los tanques que alcancen un determinado umbral de tamaño:

1. Requerimientos de control

i. En el caso de todos los tanques de almacenamiento de techo fijo con un potencial de emisión de más de dos (2) toneladas al año de compuestos orgánicos volátiles debido a gas de inflamación, pérdidas de trabajo y pérdidas por respiración, los operadores deberán dirigir las emisiones, incluidas todas las emisiones de gas de inflamación y las emisiones debidas a pérdidas de trabajo y

pérdidas por respiración, bien sea hacia un sistema de recuperación de vapores o, en algunos casos, hacia un dispositivo de combustión.

Los operadores pueden elegir entre (1) un sistema de recuperación de vapores o (2) un dispositivo de combustión. La inclusión de dos alternativas para el cumplimiento da a las empresas la flexibilidad de elegir la solución más adecuada para una circunstancia específica.

Además, los operadores deben evaluar sus sistemas de control de la contaminación y certificar que el sistema es lo suficientemente amplio como para capturar las emisiones asociadas a varios procesos diferentes del tanque.

iv. Se exige a los operadores de tanques controlados que evalúen sus sistemas de control de las emisiones de los tanques y certifiquen que cada sistema, tal como está diseñado, es lo suficientemente amplio como para capturar todas las emisiones potenciales del tanque (gas de inflamación, pérdidas de trabajo y pérdidas por respiración).⁷⁴

Por otra parte, las regulaciones incluyen prácticas operativas asociadas con escotillas y otros puntos de acceso utilizados para fines de inspección o medición de nivel:

iii. Se prohíbe el venteo de emisiones de hidrocarburos desde las escotillas y otros puntos de acceso de los tanques durante el funcionamiento normal.

a. Las escotillas se pueden abrir para hacer mediciones, pero deberán cerrarse inmediatamente después de tomar las muestras.

b. Alternativamente, el operador puede utilizar un sistema de automedición o una espita para tomar muestras de hidrocarburos en el tanque sin abrir la escotilla.⁷⁵

Los operadores pueden cumplir esta regulación instalando sistemas de automedición o espitas para tomar muestras del tanque, pero no están obligados a instalarlos. Si no se instalan estas opciones, el operador debe cerrar lo antes posible las escotillas de los tanques después de tomar una muestra. Esta opción ofrece al operador una

flexibilidad significativa porque no es obligatorio actualizar el equipo.

Cobertura de las fuentes. La regulación nigeriana se aplica a todos los tanques de techo fijo con potencial para emitir más de dos toneladas al año de COV (compuestos orgánicos volátiles), independientemente de la antigüedad de los tanques. Sin embargo, existe un calendario de implementación por fases que exige que los controles se implementen antes en los tanques más grandes:

Se implementarán siguiendo el siguiente calendario de implementación por fases (excepto en el caso indicado en la sección 3.4.6, 1(ii)).

a. Tanques con COV >12 tpy (toneladas métricas por año) controlados, en el plazo de un año a partir de la implementación de las directrices actuales.

b. Tanques con COV 6-12 tpy controlados, en el plazo de dos años a partir de la implementación de las directrices actuales.

c. Tanques con COV 2-6 tpy controlados, en un plazo de tres años a partir de la implementación de las directrices actuales.⁷⁶

Por otra parte, la regulación permite a los operadores solicitar una exención si el uso de equipos de control de la contaminación atmosférica fuera "técnicamente inviable sin combustible suplementario":

ii. Los propietarios u operadores de tanques de almacenamiento para los que el uso de equipos de control de la contaminación atmosférica fuera técnicamente inviable sin combustible suplementario podrán solicitar a la NUPRC una exención de los requisitos de control de la Sección 3.4.6, 1(i). Dicha solicitud deberá incluir documentación que demuestre la inviabilidad del equipo de control de la contaminación atmosférica. La aplicabilidad de esta exención no exime a los propietarios u operadores del cumplimiento de los requisitos de monitorización de los tanques de almacenamiento.⁷⁷

Esta exención está destinada a los casos en que la regulación resulte excesivamente gravosa para las empresas debido a la necesidad de transportar combustible suplementario para el funcionamiento de los equipos de control de la contaminación. La empresa debe solicitar específicamente la exención y presentar la documentación justificativa. La sección 2.iii establece que los operadores deben realizar pruebas anuales en los tanques exentos para evaluar si la exención sigue estando justificada (véase más abajo).

Monitorización. La regulación nigeriana incluye un requisito específico de monitorización de los dispositivos de control de los tanques. Este requisito exige que el tanque de almacenamiento y los sistemas de recuperación de vapores asociados se incluyan en actividades como los estudios auditivos, visuales y olfativos (AVO) y en los programas LDAR instrumentados:

2. Monitorización

i. Se exige con frecuencia trimestral como mínimo la realización de inspecciones visuales y AVO de los tanques de almacenamiento de techo flotante y techo fijo con emisiones superiores a dos (2) toneladas métricas por año y de los dispositivos de control para garantizar que las emisiones se dirigen a las unidades de control y que las antorchas funcionan según lo previsto.

ii. Se deben monitorizar los depósitos de almacenamiento, puntos de acceso, sistemas de recuperación de vapores y cámaras de combustión como parte de la LDAR instrumentada.

iii. Todos los tanques (con emisiones >2tpy) que no empleen un sistema de recuperación de vapores deberán realizar pruebas anuales de análisis de inflamación (flash) de estos tanques para estimar las emisiones anuales de metano de los tanques y evaluar si la exención de la Sección 3.4.6, 1(ii) sigue estando justificada.⁷⁸

Informes, certificación y auditoría. La regulación de los tanques de almacenamiento de líquidos requiere que el operador presente un informe anual que demuestre el cumplimiento normativo. Sin embargo, en comparación, los requisitos de

mantenimiento de registros son relativamente limitados, ya que solo se exigen registros para las inspecciones trimestrales visuales y AVO.

Controladores neumáticos

La sección 3.4.1 de la regulación nigeriana exige la sustitución de los dispositivos de purga alta por dispositivos de purga baja o cero, la modernización de los dispositivos con purga alta y la mejora de las prácticas de mantenimiento. Estas medidas pueden reducir las emisiones y, en algunas circunstancias, pueden tener periodos de amortización cortos.

La regulación prohíbe que los operadores utilicen un controlador neumático accionado por gas natural que ventila el gas directamente a la atmósfera para muchas instalaciones:

i. El siguiente requerimiento se aplica a todas las estaciones de compresión y plantas de procesamiento. Además, se aplica a las instalaciones de producción de pozos con acceso a operadores eléctricos de red y a todas las instalaciones nuevas de producción de pozos construidas después de la fecha de entrada en vigor de esta norma:

Los operadores no deben utilizar controladores neumáticos accionados por gas natural y, en su lugar, deben reequipar las instalaciones con controladores de purga cero, incluidos los controladores accionados por electricidad o aire de instrumentos, o bien las emisiones deben dirigirse a un sistema de recuperación de vapores que capture las emisiones. Si no es posible capturar las emisiones, los operadores podrán utilizar una antorcha.⁷⁹

Aunque la regulación nigeriana exige controladores de purga cero, señala que las emisiones pueden dirigirse a un sistema de recuperación de vapores o, como último recurso, quemarse en antorcha. Esto permite que los controladores accionados por gas natural sigan utilizándose en algunos casos, pero exige que el gas natural se capture o controle en última instancia.

Cobertura de las fuentes. La regulación nigeriana se aplica a todas las estaciones de compresión y plantas de procesamiento, aunque solo se aplica a las construcciones nuevas y a las instalaciones de pozos de producción con acceso a la red eléctrica. Para las instalaciones de pozos de producción existentes sin acceso a la red, la regulación prevé un periodo de incorporación progresiva de cinco años:

ii. Lo que sigue se aplica a instalaciones de pozos de producción que no tengan acceso a operadores de la red eléctrica:

Periodo de incorporación progresiva de cinco años:

a. En el plazo de un año a partir de la implementación de las presentes directrices, el operador debe garantizar que el 25% de estos controladores neumáticos sean controladores de purga cero (como se define en la sección anterior), y que el resto sean de purga baja (es decir, que emitan menos de 0,17 metros cúbicos estándar por hora de gas natural).

b. En un plazo de dos años a partir de la implementación de las presentes directrices, el operador debe garantizar que el 65% de estos controladores neumáticos sean controladores de purga cero (tal como se definen en la sección anterior) y que el resto sean de purga baja (es decir, que emitan menos de 0,17 metros cúbicos estándar por hora de gas natural).

c. En un plazo de tres años a partir de la implementación de las presentes directrices, el operador debe garantizar que el 75% de estos controladores neumáticos sean controladores de purga cero (como se define en la sección anterior) y que el resto sean de purga baja (es decir, que emitan menos de 0,17 metros cúbicos estándar por hora de gas natural).

d. En un plazo de cuatro años a partir de la implementación de las presentes directrices, el operador debe garantizar que el 85% de estos controladores neumáticos sean controladores de purga cero (como se define en la sección anterior) y que el resto sean de purga baja (es decir, que emitan menos de 0,17 metros cúbicos estándar por hora de gas natural).

e. En un plazo de cinco años a partir de la implementación de las presentes directrices, el operador debe asegurarse de que todos los controladores neumáticos sean controladores de purga cero (como se define en la sección anterior).⁸⁰

La obligación de utilizar dispositivos de purga cero aumenta rápidamente del 25% al 65% en solo dos años y se acerca al 100% en los tres años siguientes. Como protección, las emisiones de los controladores neumáticos que no se sustituyan por dispositivos de purga cero se limitan a menos de 0,17 metros cúbicos estándar por hora. Esta disposición funciona como una **norma de desempeño**, ya que no exige un tipo o modelo específico de controlador y deja en manos del operador la elección de cualquier controlador que cumpla con la norma de desempeño.

Monitorización. La regulación nigeriana de los controladores neumáticos exige una prueba anual e inspecciones periódicas:

2. Monitorización

i. Siempre que un operador disponga in situ de controladores neumáticos accionados por gas, éstos deberán someterse a pruebas anuales utilizando un método de medición directa (muestreo de alto volumen, embolsado, instrumento calibrado de medición del caudal), y el operador debe reparar cualquier dispositivo con un caudal de emisiones medido superior a 0,17 metros cúbicos estándar por hora en un plazo de 14 días a partir de la fecha de detección de la fuga.

ii. Cualquier controlador intermitente accionado por gas que haga venteos a la atmósfera se monitorizará con instrumentos durante cualquier inspección realizada de conformidad con los requisitos de la sección 3.2, para garantizar que no se generan emisiones entre accionamientos. Si hay emisiones entre los accionamientos, el controlador deberá repararse o sustituirse en un plazo de 30 días.⁸¹

La regulación nigeriana exige que los dispositivos de baja purga se sometan a una prueba anual de medición directa para determinar si el caudal supera el umbral. Además, exige que el operador realice reparaciones rápidas si se detecta un problema.

Informes, certificación y auditoría. La regulación obliga a cada operador a mantener registros del caudal de purga o del tipo de controlador neumático durante al menos cinco años y a presentar un informe anual que demuestre su cumplimiento. Esto permite a las autoridades nigerianas hacer el seguimiento del cumplimiento del operador mediante la revisión de los informes anuales.

8. Inventarios

Información clave

- Los inventarios de emisiones son esenciales para comprender la magnitud relativa de las distintas fuentes de emisión.
- La elaboración de inventarios de emisiones suele ser distinta de las actividades de monitorización de las emisiones, aunque recientemente se han realizado esfuerzos para lograr un mejor acercamiento entre estos dos tipos de datos.
- Los inventarios iniciales pueden compilarse utilizando cálculos basados en el factor de emisión (multiplicando las actividades por los factores de emisión) sin mediciones reales de las emisiones. Este paso puede ser el más adecuado para que los reguladores elaboren por primera vez un inventario de emisiones de metano.
- El objetivo es avanzar hacia inventarios de metano basados en mediciones, que pueden incluir información adicional de monitorización procedente de fuentes como satélites y aviones para mejorar las estimaciones de las emisiones de metano.
- Existen muchos recursos gratuitos para ayudar a los países a elaborar sus inventarios y los programas de monitorización, notificación y verificación asociados.

Los gobiernos elaboran inventarios de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a escala nacional para hacer seguimiento y notificar las emisiones de GEI, incluido el metano, como parte del proceso de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Las directrices de notificación de la CMNUCC exigen el uso de las orientaciones metodológicas del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Las emisiones de metano del sector del petróleo y el gas se basan generalmente en factores de emisión. El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) describe niveles de prácticas de notificación. La jerarquía metodológica por niveles del IPCC incluye métodos de estimación más sencillos basados en la producción o el rendimiento aplicados a

los índices de emisión regionales o mundiales por unidad de producción o rendimiento (Nivel 1) hasta metodologías de niveles superiores que utilizan información específica del país, incluido el uso de datos o modelos específicos del país o de la instalación (Nivel 2 o 3). Para algunos países, el paso a los niveles superiores exigirá la recopilación de datos adicionales para desarrollar estimaciones de emisiones más precisas. Estos datos adicionales incluirán información que también será útil para identificar oportunidades de reducción de emisiones y pueden ayudar a hacer el seguimiento de las reducciones de emisiones de los proyectos completados. Por último, la inclusión de estimaciones sólidas para este sector en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero ayudará a los países a incorporar las reducciones de metano derivadas de las políticas como parte del cumplimiento de sus contribuciones determinadas a nivel nacional en virtud del Acuerdo de París.

Inventarios de emisiones versus monitorización

Históricamente, los sectores con emisiones dispersas, como la agricultura, la gestión de residuos y el petróleo y gas, han desarrollado inventarios de emisiones utilizando datos de actividad y factores de emisión estándar. Los factores de emisión estiman las emisiones medias de una actividad o equipo (por ejemplo, kilogramos de metano por hora por dispositivo neumático) y generalmente se han desarrollado a partir de estudios académicos o campañas de medición sobre el terreno.

Recientemente, los estudios científicos realizados a partir de métodos de estimación descendentes, como el uso de mediciones desde aeronaves, han calculado niveles de emisiones superiores a los estimados a partir de factores de emisión. La detección de emisiones de superemisores (eventos de menor probabilidad pero gran magnitud de emisión) puede explicar parte de la diferencia.

Cada vez es mayor el uso de tecnologías de monitorización de las emisiones de metano procedentes de las operaciones de petróleo y

gas, a menudo como parte de los programas LDAR. Estas tecnologías suelen ser no cuantitativas: determinan si ha habido una fuga sin medir el volumen de las emisiones. Aunque la tecnología evoluciona, la mayoría de las actividades de elaboración de inventarios de emisiones siguen desarrollándose con independencia de las actividades de monitorización. Cada vez más, la tendencia es alinear las observaciones de monitorización y las actividades de desarrollo de inventarios de emisiones. Para mejorar la utilidad de los datos de monitorización procedentes de estudios descendentes, y su uso para identificar áreas de mejora en los inventarios de emisiones, es importante involucrarse desde el principio para asegurarse de que el diseño y el alcance del trabajo coinciden, y para garantizar el análisis comparativo cuando proceda.

Datos necesarios para los inventarios de emisiones

Gran parte de la información necesaria para elaborar inventarios de emisiones requiere el aporte de datos clave por parte de los operadores. Los inventarios nacionales recopilan las emisiones previstas notificadas por los operadores o a nivel de activos, a veces aumentadas con estimaciones o mediciones. Por ejemplo, el Programa de Notificación de Gases de Efecto Invernadero de Estados Unidos suele tener un umbral de notificación de 25.000 toneladas de emisiones equivalentes de CO₂ al año. El Inventario de Emisiones y Sumideros de Gases de Efecto Invernadero de Estados Unidos utiliza varias fuentes de datos para cuantificar las emisiones y los sumideros nacionales, incluida la información notificada al *GHGRP*, estudios de investigación y estadísticas nacionales.

Los inventarios suelen elaborarse a partir de estimaciones generadas mediante la combinación de factores de emisión con datos de actividad. Los factores de emisión estiman las emisiones medias de una actividad o equipo (es decir, kilogramos de metano

por hora por dispositivo neumático) basándose en estudios o campañas de medición sobre el terreno. Los datos de actividad pueden incluir el recuento de equipos (es decir, el número de dispositivos neumáticos) o el seguimiento de datos auxiliares como el uso de combustible. Los enfoques basados en factores de emisión pretenden cubrir las emisiones medias de una amplia gama de activos y, por tanto, pueden no corresponder con precisión a las emisiones de un emplazamiento concreto. En algunos casos, las estimaciones de ingeniería para fuentes específicas pueden aumentar las estimaciones basadas en factores de emisión.

Una de las críticas a los inventarios de metano que se basan únicamente en factores de emisión es que pueden pasar por alto información sobre superemisores, ya sean derivados de condiciones normales de proceso y funcionamiento (como el mantenimiento o la descarga) o de sucesos imprevistos (como rupturas de tuberías o fallas de equipos).

Hoy en día, los gobiernos y los operadores que desean mejorar la información sobre emisiones de metano buscan pasar de los factores simples (es decir, basados en la producción o el desempeño) a los factores de emisión específicos de cada fuente y a la elaboración de informes basados en mediciones que utilicen fuentes de información adicionales, como la monitorización continua de las emisiones o los estudios periódicos aéreos o por satélite.

Inventario de pozos taponados y abandonados

Las mejores prácticas de inventario del IPCC incluyen estimaciones a nivel nacional de los pozos existentes no utilizados, basadas normalmente en factores de emisión. Los pozos inactivos pueden emitir volúmenes significativos de metano y otras sustancias.⁸² Las emisiones pueden estimarse utilizando factores de emisión y recuentos de pozos taponados y no taponados. Cuando se taponan correctamente, estos pozos representan una pequeña

fracción de las emisiones en comparación con las fuentes de emisión de las operaciones activas.

Los pozos huérfanos son pozos sin tapar que no tienen ningún propietario responsable registrado. La carga financiera de taponar estos pozos recae en los gobiernos y en el público. Para evitar que los pozos queden huérfanos, se puede exigir a los operadores que proporcionen una garantía financiera por adelantado en forma de fianza, que sea suficiente para cubrir el costo de cierre de un pozo. Para evitar que los pozos queden huérfanos, también es útil disponer de sólidas aplicaciones de transferencia de activos para hacer un seguimiento de la propiedad y la responsabilidad. Otra política posible es financiar a las agencias para que taponen y recuperen los terrenos asociados a los pozos huérfanos como parte de una estrategia de reducción del metano.⁸³

Consideraciones de diseño para el desarrollo de programas de notificación e inventarios de emisiones

Un programa de notificación bien diseñado a nivel de instalación u operador puede ser una aportación clave para el desarrollo de inventarios de emisiones a nivel nacional y para los análisis de mitigación.

Alcance de las notificaciones. Un punto de decisión clave es qué emisiones de GEI incluir en los programas de información a nivel de instalación u operador y, por tanto, en los inventarios de emisiones. Aunque las fuentes de emisiones de dióxido de carbono y metano serán diferentes, es útil incluir ambas en un programa de información sobre petróleo y gas.

Una segunda decisión clave es aplicar el mismo requisito de notificación a todos los operadores. Algunos gobiernos han excluido a los operadores más pequeños debido al costo de recopilar y notificar los datos necesarios. Sin embargo, aunque los operadores

sean pequeños, esto no significa que sus emisiones sean proporcionalmente menores que las de los grandes operadores, sobre todo porque los operadores pequeños pueden disponer de menos fondos para acciones de mitigación.

El requisito de utilizar metodologías específicas. Cuando se desarrolla un programa de notificación por primera vez, un punto de decisión clave es si se debe exigir a todos los notificadores que utilicen la misma metodología para cada fuente identificada. La normalización permitiría una comparación más directa entre los distintos operadores de un país. Aportaría claridad metodológica a la presentación de informes, pero cuando hay normas que compiten entre sí, también puede imponer costos adicionales, sobre todo a los operadores internacionales.

Transparencia de los datos del inventario. Aunque los datos sobre emisiones de GEI a nivel nacional suelen hacerse públicos como parte de los procesos de notificación de la CMNUCC, no todos los países hacen públicos los datos de empresas o activos individuales. Esta información puede ser valiosa para comparar las fuentes de emisiones y el desempeño de los operadores, y muchas partes interesadas han pedido que esta información se haga pública. Estados Unidos, por ejemplo, pone a disposición del público la mayoría de los datos relativos a las instalaciones.⁸⁴ Otro ejemplo es la North Sea Transition Authority (NSTA) del Reino Unido, que ha elaborado un informe de monitorización de emisiones y un cuadro de mandos que puede consultarse en su página web.⁸⁵ Aunque proporciona tendencias de las emisiones de GEI y una evaluación comparativa de la producción nacional, solo ofrece datos parcialmente desglosados en función del tipo y agrupaciones por antigüedad de las infraestructuras, no por operador individual.

Inclusión de datos adicionales. En algunas circunstancias, la recopilación de datos e información adicionales de los programas de información a nivel de instalación u operador puede ser útil para comparar el rendimiento de los operadores y comprender las oportunidades para una mayor reducción de las emisiones de metano. Por ejemplo, el recuento de pozos, los datos de producción o

rendimiento y la información sobre el tipo de activo pueden ser útiles para comprender el desempeño relativo de los diferentes activos y por qué las emisiones pueden ser mayores o menores para algunos operadores.

Verificación de datos por parte de terceros. Algunas jurisdicciones exigen que terceros proveedores de servicios verifiquen la información sobre emisiones notificadas. A veces, el regulador ofrece capacitaciones o certificaciones para los verificadores e impone sus requisitos de capacitación o calificación. La verificación por parte de terceros puede aumentar los costos de desarrollo del inventario de GEI, particularmente en lugares donde no hay personas capacitadas, y puede requerir tiempo adicional en los ciclos de reporte de emisiones.

La certificación por parte de terceros no debe confundirse con el desarrollo de inventarios de emisiones a cargo de terceros, como el desarrollo inicial de inventarios por parte de consultores. Algunas políticas posibles, como los mercados de carbono o los programas de compensación, requieren la verificación de los datos por parte de terceros.

Factores que contribuyen a la incertidumbre. La calidad de los inventarios, los factores de emisión y la tecnología contribuyen a la incertidumbre. En las jurisdicciones en las que los inventarios de metano están maduros, se espera que los métodos y las tecnologías sigan evolucionando a medida que surja nueva información.

Recursos disponibles para apoyar la elaboración de inventarios

Muchos gobiernos y ONG ofrecen recursos o servicios para establecer inventarios de emisiones de metano que sirvan de apoyo a los programas gubernamentales de reducción de emisiones de metano, entre los que se incluyen:

| | |
|---|--|
| Coalición Clima y Aire Limpio (CCAC) | <ul style="list-style-type: none">→ La CCAC asesora directamente a los gobiernos en la elaboración de inventarios de metano y los planes de acción al respecto.⁸⁶ La CCAC "está dispuesta a reunirse individualmente con los países para discutir las prioridades y necesidades y ayudar a desarrollar las estrategias de mitigación del metano más eficientes". |
| Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) | <ul style="list-style-type: none">→ Directrices para que los países compilen y presenten su información nacional sobre GEI, incluido el análisis de sectores clave.→ Las emisiones fugitivas en el contexto de la CMNUCC incluyen la quema en antorcha, el venteo y las emisiones fugitivas, tal y como se describen en este manual. |
| Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) | <ul style="list-style-type: none">→ Marco metodológico y orientación para estimar las emisiones nacionales de GEI.→ En el Volumen 2 sobre Energía, el Perfeccionamiento de 2019 de las Directrices de 2006 del IPCC para los inventarios nacionales de GEI incluye un capítulo sobre la estimación de emisiones fugitivas en diversos sectores, incluidos los sistemas de petróleo y gas. |
| Grupo Operativo "Aire Limpio" (CATF) | <ul style="list-style-type: none">→ La Herramienta Nacional de Reducción de Metano⁸⁷ puede ayudar a los países a identificar oportunidades de reducción de |

| | |
|---|--|
| | <p>metano utilizando diferentes niveles de información disponible, desde oportunidades genéricas que suelen existir hasta recomendaciones más detalladas cuando se dispone de información más específica.</p> |
| <p>Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos (EPA)</p> | <ul style="list-style-type: none"> → El Programa de Información sobre Gases de Efecto Invernadero (<i>GHGRP</i>)⁸⁸ de Estados Unidos cuenta con metodologías definidas por la regulación y formularios de información a disposición del público⁸⁹ para calcular el metano y el dióxido de carbono para las instalaciones de petróleo y gas. → Esto incluye metodologías personalizadas y enfoques de cálculo para fuentes de yacimientos en tierra firme o en el mar y actividades de <i>midstream</i> o <i>downstream</i> dentro de la cadena de valor. → La EPA estadounidense ha realizado actualizaciones periódicas de la metodología para este sector. Esto puede suponer una ventaja para algunos países a la hora de mantenerse al día con los últimos factores y métodos de emisión, o un reto si los países vinculan su regulación a una metodología en evolución sobre la que no tienen control. |
| <p>Índice climático del petróleo más gas (Oil Climate Index plus Gas) (Rocky Mountain Institute)</p> | <ul style="list-style-type: none"> → Modelo desarrollado por destacados expertos del Rocky Mountain Institute, esta herramienta "revela el tamaño, alcance y naturaleza del problema del metano cuantificando y comparando las emisiones de gases de efecto invernadero de más de dos tercios de los suministros mundiales de petróleo y gas". |

| | |
|---|--|
| Alianza del Petróleo y el Gas Metano 2.0 (OGMP 2.0)⁹⁰ | <ul style="list-style-type: none"> → Ofrece enfoques de estimación de emisiones específicas de fuentes que abarcan factores de emisión (definidos como Nivel 3 en el marco del programa), cálculos de ingeniería más detallados o mediciones específicas de fuentes (Nivel 4 en el marco del programa) y conciliación con información derivada de campo (Nivel 5 en el marco del programa). → El programa depende del PNUMA e incluye una revisión de los datos presentados por los contratistas del PNUMA para las empresas inscritas en el programa. → Entre los elementos positivos de este programa se encuentran la participación mundial, la normalización y el aprendizaje de otros en lo que respecta a la mejora de los informes. |
| Alianza del Petróleo y el Gas Metano 2.0 (OGMP 2.0)⁹¹ | <ul style="list-style-type: none"> → Desde el punto de vista de los países, confiar en el proceso completo del <i>OGMP 2.0</i> puede tener desventajas en cuanto a la cantidad de datos que finalmente se pongan a disposición de los reguladores (actualmente, solo se publica información total global a nivel de empresa y los datos a nivel de activos se consideran reservados) y la puntualidad en la disponibilidad de los datos, que se espera que sea de al menos nueve meses después del suministro de datos. → <i>OGMP 2.0</i> prevé realizar actualizaciones periódicas de la metodología para este sector. Esto podría suponer una ventaja para algunos países a la hora de mantenerse al día con los últimos factores y métodos de emisión o un desafío si los países vinculan su regulación a una |

metodología en evolución sobre la que no tienen control.

- Para las CPN y las empresas multinacionales, el uso de *OGMP 2.0* podría presentar oportunidades de eficiencia para las que ya informan en el marco del programa o desafíos de cumplimiento para los operadores que aún no se han inscrito.

Límites de carbono

- Una herramienta en línea y un sistema de almacenamiento de datos conocidos como *MIST*⁹² ofrecen instrucciones paso a paso para elaborar inventarios de emisiones de metano con distintos niveles de información disponible.
- En la actualidad, la herramienta respalda 28 fuentes de metano en la fase del *upstream* (exploración, perforación y producción) del petróleo y gas sobre la base de fuentes de financiación filantrópicas y el apoyo financiero de la industria a través de la Iniciativa del petróleo y gas para el clima (Oil and Gas Climate Initiative - OGCI) y los Principios guía del metano (Methane Guiding Principles - MGP).
- Actualmente, la herramienta es gratuita para que los operadores elaboren sus inventarios de emisiones y puede ser un buen punto de partida para los países que no disponen de herramientas actuales de inventario de emisiones.
- Como ocurre con cualquier herramienta de software no comercial, puede haber desventajas relativas a la falta de control a largo plazo sobre el sistema de registro de la información sobre GEI y el modelo de financiación a largo plazo del producto y

| | |
|---|--|
| Instituto Americano del Petróleo (API) | <p>los servicios.</p> <ul style="list-style-type: none"> → Compendio de metodologías de emisión de GEI de la industria del petróleo y el gas⁹³ que incluye fuentes potenciales y metodologías de estimación disponibles. → Puede complementar otras metodologías, en particular para fuentes de emisión únicas que no estén bien caracterizadas en otros programas. |
| MiQ | <ul style="list-style-type: none"> → Proporciona un marco independiente para evaluar las emisiones de metano procedentes de la producción de gas natural, para su certificación. → Es una fuente de normas técnicas para cada segmento de la cadena de suministro de gas natural. |

Tecnologías de monitorización

La evolución de la tecnología de monitorización para detectar y medir las emisiones de metano se abordará ampliamente en el *Capítulo 9: Monitorización*. Con el tiempo, esta evolución tecnológica puede permitir opciones adicionales para que los organismos reguladores rastreen y verifiquen las emisiones de metano de la industria del petróleo y el gas y proporcionen información a los operadores para apoyar reducciones de emisiones más significativas.

Los costos y beneficios de las opciones descritas en el *Gráfico 8.1* varían. Las intervenciones de bajo costo, como el uso de datos satelitales de acceso público, podrían constituir la base de un programa de este tipo a corto plazo. Otras opciones requieren a veces que el gobierno gaste recursos en contratar a terceros proveedores de tecnología para servicios de monitorización aérea o móvil, o en instalar redes de monitorización fijas cerca de instalaciones importantes. Los enfoques no son mutuamente

excluyentes, y un programa basado en satélites podría añadir elementos adicionales como la monitorización aérea, móvil o continua a medida que dicho programa vaya madurando.



Gráfico 8.1. Herramientas de monitorización remota del metano.

9. Monitorización

Información clave

- Hoy en día existen muchas tecnologías de monitorización en el mercado y otras nuevas están en fase de desarrollo. Sin embargo, todas estas tecnologías tienen diferentes limitaciones y casos de uso óptimos.
- La mayoría de las regulaciones actuales sobre detección y reparación de fugas utilizan un enfoque prescriptivo basado en tecnologías de monitorización de instrumentos.
- La regulación actual puede incluir requisitos que mejoren los datos y los informes, lo que puede sentar las bases para el futuro.
- Los gobiernos pueden aprovechar los distintos recursos de las organizaciones internacionales y no gubernamentales para mejorar la monitorización, incluidos los estudios aéreos puntuales y la monitorización por satélite.

Tecnologías de monitorización disponibles

Los programas de monitorización permiten saber dónde y por qué pueden producirse las emisiones y cómo evitarlas o prevenirlas. En la actualidad existe un gran número de tecnologías para operadores en el mercado, y se están comercializando y desarrollando otras nuevas. Las tecnologías de monitorización más maduras implican la detección a nivel de fuente mediante instrumentos, mientras que las tecnologías nuevas y emergentes permiten la detección aérea y la monitorización continua. Los programas de monitorización más eficaces incorporan múltiples tecnologías para mejorar la detección de fugas y la atribución de fuentes.

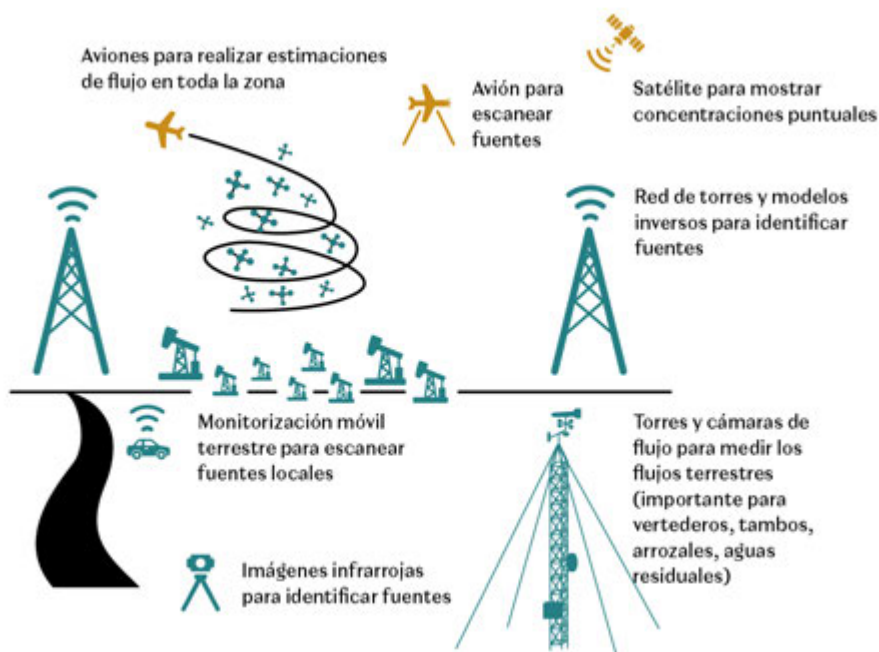


Gráfico 9.1: Concepto de sistema de observación de metano por niveles.⁹⁴

Instrumentos de detección más comunes. Los programas tradicionales de detección y reparación de fugas en el sector del petróleo y el gas se basan normalmente en imágenes ópticas de gas (*OGI* por sus siglas en inglés) o en el uso de sondeos mediante dispositivos que captan olores (olfateadores o sniffers) del método 21 de la *EPA*. La *OGI* consiste en que un operario cualificado con una cámara de rayos infrarrojos observe posibles puntos de fuga, como válvulas o bridas dentro de una instalación, para determinar si existe una fuga. El método 21 de la *EPA* consiste en que un operario realice lecturas de detección en cada interfaz de fuga potencial. Una lectura por encima de un umbral especificado, como 500 ppm, indicaría una fuga. Tanto el método *OGI* como el método

21 requieren mucha mano de obra y formación especializada para su implementación.

Tecnologías emergentes y avanzadas. Los últimos avances han ampliado los tipos de tecnologías disponibles para la detección y medición de las emisiones de metano. Estas tecnologías avanzadas incluyen (1) sensores que detectan las emisiones de metano en varios lugares y que pueden instalarse en satélites, aeronaves, drones o vehículos y (2) sensores que se instalan de forma permanente en un único lugar para proporcionar una monitorización casi continua de la concentración de metano. Cada método tiene sus ventajas y sus inconvenientes. Algunos métodos requieren actividades de seguimiento por parte de un operador para identificar la causa de una detección de metano y determinar las medidas para la reparación.

Digitalización y monitorización continua del proceso. Aunque todavía se encuentra en sus primeras fases, la combinación de sensores de monitorización continua con la digitalización de los sistemas de control de los procesos del operador resulta muy prometedora para futuras reducciones. La combinación de estos datos puede vincular los datos de metano en tiempo real con la información sobre las actividades del proceso y ayudar a identificar los casos de emisiones asociados a fallas del proceso o problemas de mantenimiento.⁹⁵

Enfoques por niveles. La combinación de distintos tipos de tecnologías de monitorización (incluidas las inspecciones instrumentales periódicas, las inspecciones aéreas y por satélite y la monitorización continua) puede mejorar enormemente la capacidad de los operadores para detectar, mitigar y prevenir las emisiones. Algunas tecnologías pueden ser más adecuadas que otras para detectar distintos tipos de emisiones. Por tanto, un sistema de monitorización por niveles aprovecha las capacidades complementarias de los distintos métodos y evita algunas de las limitaciones individuales de cada tecnología.




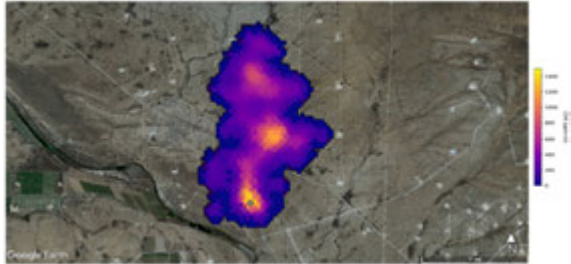

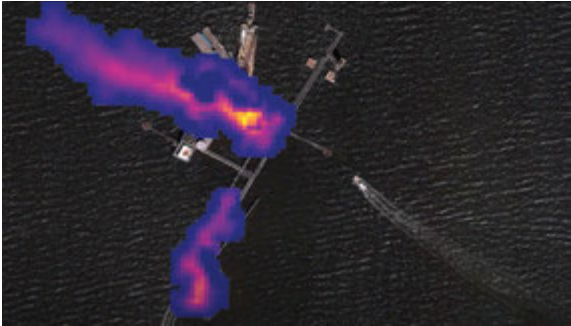

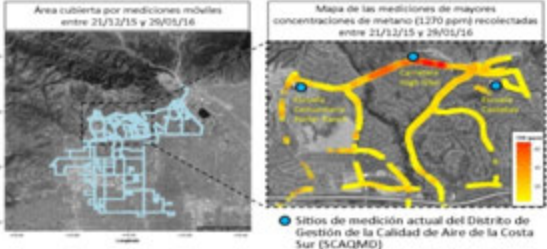
Monitorización de emisiones a escala mediante aeronaves

En algunos países, la industria del petróleo y el gas cuenta con un gran número de instalaciones y está dispersa geográficamente. La detección de metano mediante aeronaves puede examinar zonas a una escala de cientos o miles de instalaciones al día y su adopción por parte de los operadores es cada vez mayor. Existen diferencias de rendimiento entre las distintas tecnologías, con límites de detección de metano que oscilan entre 3 y 50 kg/h y una precisión de geolocalización que va desde el nivel del equipo hasta el nivel del emplazamiento de las emisiones detectadas. Las tecnologías basadas en aeronaves pueden permitir una identificación relativamente rápida de las principales fuentes de emisión en zonas geográficas amplias. Sin embargo, existen diferencias entre los proveedores en cuanto a la cantidad de emplazamientos cubiertos y los niveles de detección.

Los proveedores pueden necesitar una cantidad base de clientes que justifique los costos de una campaña de monitorización y el permiso de las autoridades de aviación pertinentes para permitir vuelos en nuevas regiones. Sobre el terreno, los operadores a menudo necesitan estar preparados para hacer el seguimiento de las emisiones detectadas con una solución de confirmación como OGI u otros tipos de información operativa, para comprender las fuentes detectadas y las opciones de mitigación disponibles.

Tabla 9.1: Detecciones de muestra con distintas tecnologías de monitorización.

Monitorización episódica

| | |
|---|---|
| <p>Satélite</p>  |  <p>Fuente: NASA/JPL-CalTech</p> |
| <p>Aérea</p>  |  <p>Fuente: Carbon Mapper</p> |
| <p>Móvil</p>  |  <p>Fuente: Distrito de Gestión de la Calidad del Aire de la Costa Sur - Estado de California.⁹⁶</p> |

Monitorización episódica

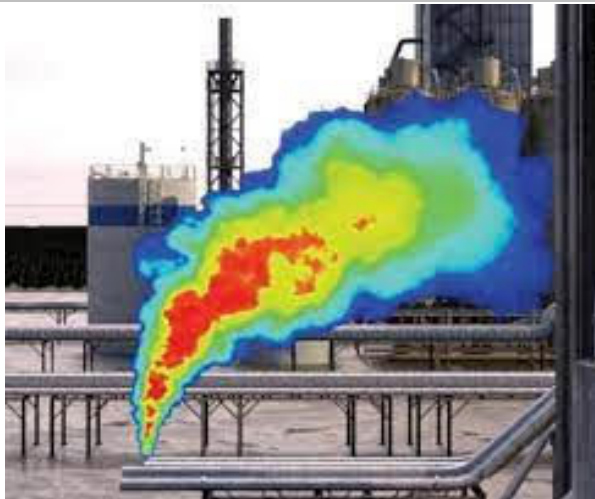
Cámara de mano



Fuente: EPA de EE. UU.⁹⁷

Monitorización continua

Cámara fija



Fuente: Honeywell

Sensores fijos



Fuente: Honeywell⁹⁸

Necesidad de monitorización para apoyar los marcos regulatorios

Como se explica con más detalle en el *Capítulo 5: Detección y reparación de fugas*, la mayoría de las regulaciones actuales para los programas LDAR han adoptado un enfoque prescriptivo que exige la monitorización mediante instrumentos, pero en general no exigen la medición activa. Por ejemplo, LDAR requiere tecnologías de detección como las cámaras OGI o el método 21 de la EPA. Sin embargo, por lo general no exige una tecnología que pueda cuantificar el tamaño de las fugas detectadas.

Las regulaciones basadas en el rendimiento y la economía suelen exigir un régimen estricto de medición y notificación basado en la monitorización y medición activas. Aunque las medidas económicas son habituales en el ámbito medioambiental en general, solo unas pocas cubren el metano. La ley estadounidense de Reducción de la Inflación⁹⁹ de 2022 establece una tasa sobre las emisiones de metano que superen un umbral de intensidad de emisiones para determinados segmentos del sector del petróleo y el gas. También hay ejemplos limitados de incorporación del metano a los sistemas de fijación de precios de los GEI. Noruega aplicó un impuesto sobre las emisiones de CO₂ y metano a las emisiones de petróleo y gas en alta mar.¹⁰⁰ Los proyectos de reducción de metano también pueden ser elegibles para créditos de carbono en algunas circunstancias, como en el sistema de límites máximos y comercio de California y en algunos proyectos certificados en el marco del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) del Protocolo de Kioto.

Algunas disposiciones económicas o de desempeño se basan en medidas indirectas con el supuesto de que se correlacionan con las emisiones. Massachusetts promulgó una regulación para reducir las emisiones de metano de las tuberías de distribución de gas mediante requerimientos de desempeño para cada empresa, con emisiones estimadas según factores de emisión para distintos materiales de tuberías especificados en la ley.¹⁰¹

Dado que las tecnologías mejoran con rapidez, los reguladores deben plantearse si las medidas regulatorias actuales incluyen requisitos que mejoren los datos y la información, lo que puede sentar las bases de una regulación más eficiente desde el punto de vista económico o del desempeño.¹⁰²

Consideraciones sobre los protocolos de monitorización, notificación y verificación

A menudo, monitorización, notificación y verificación se agrupan como "MNV", pero cada una tiene su propio significado. La monitorización es la creación de datos mediante la medición de las emisiones. La notificación es la difusión de esos datos. La verificación es la evaluación independiente de esos datos de emisiones. La Iniciativa Global del Metano tiene un excelente resumen de MNV (al que se refieren como Medición, Notificación y Verificación), incluyendo el siguiente material visual:¹⁰³



Perfiles de costos. Las tecnologías que ofrecen un control periódico de las emisiones suelen tener diferentes perfiles de costos. Las inspecciones con *OGI* y drones suelen tener un componente de costo operativo y de capital que los operadores deben pagar. Al mismo tiempo, las opciones de aeronaves y satélites comerciales suelen funcionar sobre la base de una tarifa de servicio por

emplazamiento, con todos los costos incorporados a la tarifa de servicio. Las tecnologías que pueden instalarse de forma permanente pero ofrecen una monitorización casi continua (por ejemplo, las cámaras) pueden requerir una inversión de capital inicial por parte de la empresa.

Efectividad. La frecuencia de las inspecciones (anual, trimestral, etc.) influye en el potencial de reducción de emisiones de un programa LDAR. Además, los estudios LDAR son útiles sobre todo para detectar emisiones asociadas a equipos defectuosos o que funcionan mal. Incluso los estudios de detección de fugas frecuentes pueden no captar las emisiones relacionadas con fallas en los procesos. Aunque las tecnologías no tengan una implementación amplia, la monitorización continua puede ser más eficaz para detectar este tipo de emisiones.

Barreras regulatorias. Algunos países han prohibido el uso privado de drones y el uso gubernamental de imágenes por satélite o han establecido zonas de exclusión aérea en torno a infraestructuras cruciales. Estas leyes pueden impedir el uso de determinadas tecnologías para detectar emisiones de metano, limitando el número de opciones de detección disponibles para los operadores y desalentando el despliegue de nuevas tecnologías.

Requerimientos de capacitación. Algunas tecnologías de monitorización requieren una capacitación especializada y experiencia para su operación. Los estudios han demostrado que la experiencia es fundamental para que un técnico sea capaz de detectar fugas cuando lleva a cabo una campaña LDAR.¹⁰⁴

Independencia del inspector. Algunos programas LDAR permiten al operador decidir entre personal interno o un contratista de inspección. Algunas partes interesadas creen que los inspectores que sean independientes del operador tendrán más incentivos para encontrar y documentar fugas que alguien de la empresa que conozca los costos de reparación.

Apoyo disponible para los gobiernos

Hay muchas organizaciones disponibles para apoyar a los gobiernos en la detección y estimación de los niveles de emisiones utilizando diversas opciones tecnológicas.

El Programa de Ciencia del Metano de la CCAC puede proporcionar estudios puntuales de las regiones petroleras y gasísticas mediante sondeos aéreos coordinados por el Fondo de Defensa Medioambiental. Este programa suele facilitar una instantánea de los índices totales de emisión en una región de interés en unos pocos días. Sin embargo, puede que no aporte la información necesaria para comprender por qué las emisiones difieren de las expectativas.

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) utiliza el programa Sistema de Alerta y Respuesta al Metano (*MARS*, por sus siglas en inglés) para cotejar las detecciones de metano de gran volumen procedentes de los satélites públicos existentes que pueden detectar superemisores muy significativos. La tecnología satelital actual puede cubrir mejor las regiones terrestres llanas y de latitud media¹⁰⁵ que las marinas o las situadas en regiones ecuatoriales o polares.

Las próximas misiones satelitales financiadas con fondos filantrópicos y dirigidas por el Fondo de Defensa Medioambiental (MethaneSAT) y Carbon Mapper podrían aumentar la cantidad de satélites de libre acceso que monitorean las emisiones de metano en regiones clave (para incrementar la frecuencia de observación) y mejorar la granularidad espacial, los límites de detección y la capacidad de monitorización de activos en el mar. Los datos de estos satélites se publican en portales de Internet para uso de las distintas partes interesadas.



Estudio de caso: Sistema de Alerta y Respuesta al Metano (MARS)

El Observatorio Internacional de Emisiones de Metano (IMEO) del PNUMA puso en marcha el Sistema de Alerta y Respuesta al Metano (MARS), el primer sistema mundial que proporciona datos procesables y transparentes sobre emisiones de metano desde satélites en tiempo casi real. MARS está diseñado para acelerar la reducción de las emisiones de metano (incluso en apoyo al Compromiso Mundial sobre el Metano) mediante la detección de grandes fuentes de emisiones antropogénicas de metano utilizando datos satelitales, la notificación a las partes interesadas pertinentes, la evaluación y mitigación de los incidentes individuales de emisiones, y el seguimiento de los incidentes, incluyendo el intercambio público de datos.

MARS aprovecha los datos satelitales más avanzados para identificar con rapidez los principales incidentes de emisiones, notificar e implicar a los países y operadores, apoyar la mitigación y seguir los progresos a lo largo del tiempo. Aunque el modelo operativo completo aún está en fase de desarrollo, en el momento de escribir este libro, la fase inicial de MARS se centrará en detectar y atribuir incidentes específicos de emisiones del sector energético y, posteriormente, trabajará para identificar y notificar a las partes interesadas pertinentes entre los contactos gubernamentales y las empresas que se han unido a la Alianza del Metano en el Petróleo y el Gas 2.0 (*OGMP 2.0*) del IMEO. Los países pueden designar un punto de contacto para recibir notificaciones del PNUMA que incluyan información relevante para permitir la mitigación y se les pide que compartan cualquier información sobre las medidas adoptadas. Una vez que esté plenamente operativo, el PNUMA tiene la intención de hacer públicos los datos y análisis de las detecciones específicas a través de MARS y la respuesta del gobierno y del operador entre 45 y 75 días después de la detección. El impacto final del programa MARS puede depender de la financiación disponible para las observaciones satelitales continuas y la entrega de información procesable para guiar la notificación, evaluación y mitigación de los superemisores.



Recursos útiles

Observatorio Internacional de Emisiones de Metano (*The International Methane Emissions Observatory*)

<https://www.unep.org/explore-topics/energy/what-we-do/methane/imo-action>

Este programa de la ONU "cataliza la recopilación, conciliación e integración de datos empíricos sobre las emisiones de metano en tiempo casi real para ofrecer una transparencia climática sin precedentes y la información necesaria para reducir este potente gas de efecto invernadero".

Carbon Mapper

<https://carbonmapper.org/>

Carbon Mapper es una iniciativa sin fines de lucro, asociada con California y el Laboratorio de Propulsión a Chorro de la NASA, que trabaja para "ofrecer un servicio rápido de detección de fugas de metano a los operadores de instalaciones y los reguladores" mediante tecnologías de teledetección. Su objetivo es lanzar dos satélites en 2023 para ofrecer un acceso generalizado a estos datos.

MethaneSAT

<https://www.methanesat.org/>

Esta iniciativa del Environmental Defense Fund tiene previsto lanzar un satélite a principios de 2024. Prometen identificar grandes columnas de metano "prácticamente en cualquier lugar de la Tierra", y señalan que "reducir las emisiones de metano procedentes del petróleo y el gas es lo más rápido y lo de mayor impacto que podemos hacer hoy para frenar el ritmo de calentamiento".



Climate Trace

<https://climatetrace.org/>

Esta asociación ofrece datos abiertos y gratuitos sobre emisiones conocidas y estimadas, incluido el metano. Proporciona a las jurisdicciones una idea inmediata pero general de su perfil de emisiones de metano.

NASA EMIT

<https://earth.jpl.nasa.gov/emit/data/data-portal/Greenhouse-Gases/>

Mediante un instrumento instalado en la Estación Espacial Internacional, la NASA capta registros cartográficos de importantes concentraciones de metano con una cobertura mundial limitada. Esta herramienta puede identificar algunas concentraciones en una jurisdicción, pero no es exhaustiva ni se actualiza con frecuencia.

TROPOMI

<http://www.tropomi.eu/data-products/methane>

TROPOMI es un instrumento a bordo del satélite Copernicus Sentinel-5 Precursor, encargado por la Agencia Espacial Europea, que proporciona datos sobre el metano.

Satellite Point Source Emissions Completeness Tool (SPECT) (Rocky Mountain Institute)

<https://rmi.org/clean-energy-101-methane-detecting-satellites/>

La herramienta SPECT está diseñada para ayudar a los usuarios a comparar la exhaustividad de los satélites en lo que respecta a la "identificación y seguimiento de superemisores de metano".

Iniciativa Global del Metano 2023: Recursos del sector del petróleo y el gas. (*Global Methane Initiative 2023: Oil and Gas Sector Resources*)

<https://www.globalmethane.org/oil-gas/index.aspx>

Muchas tecnologías emergentes ofrecen distintos tipos de detección de emisiones. Varios recursos, como GTI Energy,¹⁰⁶ la colaboración de miembros de IPIECA, OGCI e IOGP,¹⁰⁷ y la experiencia de empresas específicas (como la de Chevron)¹⁰⁸ proporcionan información sobre los tipos de tecnologías disponibles y sus ventajas y desventajas.

10. Garantizar el cumplimiento normativo

Información clave

- Los sistemas de cumplimiento normativo para los requisitos de reducción del metano pueden incluir sanciones y recompensas.
- Los sistemas de cumplimiento normativo también pueden incluir las estructuras de los tipos de monitorización, información y rendición pública de cuentas para que el desempeño de los operadores sea más autoejecutable, de modo que los reguladores no tengan que depender solo de la aplicación de la regulación.
- Por tanto, al diseñar un programa de cumplimiento de la regulación, los reguladores pueden recurrir a muchas opciones.
- Las medidas coercitivas fomentan el cumplimiento y la igualdad de condiciones al ofrecer una amenaza creíble de aplicación de la ley en caso de infracción; los programas de transparencia basados en la monitorización y la presentación de informes cumplen una función similar.

Los enfoques tradicionales para el cumplimiento regulatorio pueden incluir sanciones como disuasión ante las infracciones e incentivos para recompensar a quienes acatan los requerimientos regulatorios. Este enfoque de "palo y zanahoria" es el que los reguladores pueden utilizar a la hora de diseñar e implementar programas de cumplimiento.

La eficacia de las sanciones y los incentivos está estrechamente ligada a la solidez del régimen de aplicación de la regulación. Cuando la aplicación es coherente y previsible, los operadores tienden a tomar medidas que mantienen el cumplimiento y evitan las que desencadenan infracciones. También puede darse el caso de que la cantidad de fuentes potenciales de metano supere con creces los recursos disponibles para hacer cumplir la normativa, por lo que los programas eficaces de reducción del metano no deben basarse únicamente en la aplicación de la normativa. Los reguladores pueden incentivar a los operadores para que reduzcan

las emisiones mediante normas que exijan la monitorización, la notificación electrónica, el uso de la capacidad de monitorización de terceros para identificar grandes incidentes de emisiones, la responsabilidad pública, el uso de la automatización en la medida de lo posible y la ausencia de fallas en los equipos.







-  Sensibilización y protección del cumplimiento
-  Auditorías o certificación por parte de terceros
-  Requisitos de notificación
-  Requisitos de notificación y registro
-  Verificación del cumplimiento, por ejemplo, mediante inspecciones, estudios de vallado, teledetección
-  Aplicación de la normativa en caso de infracción

Gráfico 10.1: Iconos que representan las actividades de cumplimiento de la reducción de metano.

Comunicación de las expectativas

Un aspecto fundamental de un régimen de cumplimiento eficaz es la claridad y amplitud de la información que los reguladores comunican a los agentes regulados del mercado.

En aras de la claridad, los reguladores pueden adoptar un enfoque de varios niveles en el que los requisitos detallados se establecen en la regulación, la dirección operativa sobre la implementación de la regulación se comparte mediante la orientación, y las explicaciones

adicionales se comparten a través de los medios de comunicación, la formación y el aprendizaje entre pares.

La amplitud de la campaña de divulgación de los reguladores debe tratar de llegar no solo a los actores principales del sector del petróleo y del gas, tales como los operadores de yacimientos e instalaciones, sino también a otros actores críticos, como subcontratistas, servicios de monitorización, empresas de auditoría/contabilidad, etc. Al buscar una amplia comprensión de los requisitos regulatorios en toda la industria, además de disponer de normas que fuercen a los actores de mal desempeño a exponerse al escrutinio público y la responsabilidad, los reguladores pueden instaurar una cultura de cumplimiento que se refuerce a sí misma y en la que los agentes se animen mutuamente a actuar de forma adecuada.

Verificación del cumplimiento

La detección de infracciones es un componente fundamental de los sistemas eficaces de garantía del cumplimiento. Además de la aplicación, las regulaciones pueden establecer criterios de autorregulación para las empresas. La regulación de la reducción del metano también puede incluir un proceso de participación pública. Sin embargo, existen opciones a la hora de determinar las funciones de si es el gobierno nacional, un gobierno regional/local o una entidad privada subcontratada quien lleva a cabo la supervisión. Una autoridad clara para tales actividades puede crear una mayor certidumbre y reducir el riesgo de litigios.

Incentivar la autorregulación

Aunque pueda parecer ilógico, la experiencia en muchos mercados de todo el mundo ha demostrado que las empresas pueden responder positivamente a los incentivos que las animan a reconocer voluntariamente sus errores. Por ejemplo, los reguladores pueden comprometerse a penalizar las infracciones identificadas, notificadas con prontitud y corregidas rápidamente por las empresas con menos dureza que las infracciones no notificadas.¹⁰⁹ Los operadores con un buen historial de

cumplimiento pueden recibir un trato fiscal favorable, créditos de carbono o mejoras en los precios. Además de trasladar algunos costos de supervisión a las empresas, estas estrategias animan a los operadores a actuar con rapidez para limitar el impacto de las infracciones en lugar de esperar la intervención regulatoria.

Estrategias de cumplimiento y monitorización

Existen muchos métodos de monitorización de las regulaciones que se aplican al metano. Un programa eficaz puede utilizarlos todos.

Automonitorización. Al exigir a las empresas que monitoreen sus propias emisiones se consiguen dos cosas al mismo tiempo: las empresas saben cuáles son sus emisiones (un primer paso para solucionarlas) y saben que el gobierno (y también el público) también las conoce.

La **inspección** debe entenderse como una acción del gobierno para verificar el cumplimiento. La regulación puede establecer requisitos de inspección, como comprobar los registros de certificación, tomar muestras y contactar al personal de la empresa, para determinar el cumplimiento. Dado que la cantidad de fuentes es normalmente mucho mayor de lo que el gobierno puede inspeccionar, las inspecciones deben centrarse en las fuentes que, según los datos disponibles, son las que cometen las peores infracciones.

Monitorización de emisiones por parte de terceros. Hoy en día hay muchas empresas capaces de monitorizar las emisiones de metano mediante satélites y sobrevuelos aéreos y de prestar la atención necesaria a los casos de mayor volumen de emisiones. Los gobiernos pueden aprovechar esa experiencia incorporando los datos de terceros a los programas gubernamentales. Si los terceros identifican las emisiones más importantes y el gobierno exige a las empresas que tomen medidas para remediarlas, la capacidad externa puede combinarse con la autoridad gubernamental para reducir las emisiones más importantes.

Las auditorías de terceros (distintas de la monitorización de emisiones por parte de terceros de la que se habla más arriba) emplean a organizaciones o especialistas independientes para que

evalúen e informen a los reguladores la exactitud de la información suministrada por los operadores de petróleo y gas. Este tipo de apoyo puede ser ventajoso cuando un regulador nacional no ha establecido su propia capacidad de auditoría. Sin embargo, sigue siendo necesario que los reguladores gestionen la certificación y garanticen la independencia de esos auditores externos. Por ejemplo, los auditores externos deben ser evaluados para detectar cualquier conflicto de intereses y tener la competencia necesaria para llevar a cabo auditorías de cumplimiento medioambiental. Una opción probada para aumentar la independencia, y por tanto la precisión de las auditorías de terceros, es asignar auditores procedentes de un grupo aprobado de manera aleatoria. Es importante destacar que la determinación del cumplimiento normativo corresponde a los reguladores y que las auditorías de terceros deben revisarse cuidadosamente, dando la oportunidad a los operadores de hacer sus aportes. Tanto Argentina como México exigen que auditores externos verifiquen los informes de las empresas.

Las **inspecciones remotas** permiten realizar inspecciones a distancia en condiciones en las que la inspección in situ resulta difícil. Los instrumentos de medición terrestres o aéreos pueden detectar posibles emisiones de metano. Las terceras partes también pueden llevar a cabo la teledetección para la identificación de emisiones importantes. Los resultados de estos estudios pueden indicar la necesidad de realizar un seguimiento con el operador o una inspección in situ.

Los **informes electrónicos de medición** y otros informes de cumplimiento pueden mejorar drásticamente la eficiencia de los esfuerzos de cumplimiento y permitir una transparencia mucho mayor, una estrategia clave para impulsar el cumplimiento. Las herramientas digitales pueden reducir la carga del papeleo relacionado con el cumplimiento, especialmente para las grandes operaciones que generan datos voluminosos. La incorporación de la automatización y la inteligencia artificial reducen los errores en la presentación de informes y aceleran la identificación de

oportunidades para mejorar el cumplimiento y, potencialmente, las infracciones.

Los gobiernos tienen muchas opciones para la gran variedad de estrategias reguladoras destinadas a impulsar el cumplimiento.

La **inspección** debe entenderse como una acción gubernamental para verificar el cumplimiento normativo. La regulación puede establecer requisitos de inspección, como la comprobación de los registros de certificación, la toma de muestras y el contacto con el personal de la empresa para determinar el cumplimiento.

Las **auditorías por parte de terceros** emplean a organizaciones o especialistas independientes para evaluar la exactitud de la información suministrada por los operadores de petróleo y gas a los reguladores. Este tipo de apoyo puede ser conveniente cuando un regulador nacional no ha establecido su capacidad de auditoría. Sin embargo, sigue siendo necesario que los reguladores puedan gestionar la certificación y garantizar la independencia de esos auditores externos. Por ejemplo, los auditores externos deben ser evaluados para detectar cualquier conflicto de intereses y que tengan la competencia necesaria para llevar a cabo auditorías de cumplimiento medioambiental. Es importante destacar que la determinación del cumplimiento normativo corresponde a los reguladores y que las auditorías de terceros deben revisarse cuidadosamente, dando la oportunidad a los operadores de hacer sus aportes. Tanto Argentina como México exigen que auditores externos verifiquen los informes de las empresas.¹¹⁰

Los **estudios remotos** permiten la inspección a distancia en condiciones en las que la inspección in situ es difícil. Los instrumentos de medición terrestres o aéreos pueden detectar posibles emisiones de metano. Los resultados de estos estudios pueden indicar la necesidad de realizar un seguimiento con el operador o una inspección in situ.

La **digitalización** de los mecanismos de medición y notificación pueden mejorar la eficacia de los esfuerzos de cumplimiento. Las herramientas digitales pueden reducir la carga del papeleo de

cumplimiento, especialmente para las operaciones grandes que generan datos voluminosos. La incorporación de la automatización y la inteligencia artificial reducen los errores en la presentación de informes y aceleran la identificación de oportunidades para mejorar el cumplimiento y, potencialmente, las infracciones.

Los gobiernos tienen muchas opciones tanto para las "zanahorias" como para los "palos": los incentivos y las sanciones. Estas opciones se construyen unas sobre otras como una pirámide, como se ilustra a continuación.



Gráfico 10.2: Pirámide de apoyos y pirámide de correcciones

Para promover la eficiencia y adaptarse al ritmo creciente del cambio tecnológico, los reguladores de distintas jurisdicciones pueden adoptar un **enfoque de evaluación de equivalencias**.¹¹¹ Este enfoque permite a los reguladores comprender y aprobar las alternativas propuestas por un operador a los equipos y/o prácticas de mitigación de metano exigidos por una regulación (por ejemplo, en relación con LDAR) sin sacrificar el beneficio medioambiental.

Aplicación de la regulación

Las medidas de cumplimiento normativo fomentan la conformidad y la igualdad de condiciones al constituir una amenaza creíble de acciones apropiadas en caso de infracción. La agencia gubernamental responsable de hacer cumplir las regulaciones de reducción de metano necesita una autoridad legal clara para aumentar la credibilidad de sus esfuerzos de aplicación. Esto incluye la autoridad para las inspecciones y la aplicación, con el poder de imponer una gama creciente de acciones apropiadas para incentivar el cumplimiento.

Las cartas de advertencia pueden informar a una empresa sobre las infracciones detectadas y enumerar los pasos concretos que debe seguir para cumplir con la normativa. Las cartas de advertencia permiten a los reguladores colaborar con la empresa para corregir las infracciones y cumplir con la legislación. Las medidas formales de ejecución pueden limitarse a situaciones en las que una carta de advertencia no conduzca al cumplimiento.

Al inicio de una acción de aplicación formal, es vital evaluar la dimensión de la infracción basándose en muchos factores, entre ellos:

- El daño real o potencial.
- El alcance de la desviación con respecto a los requisitos.
- El historial de cumplimiento del infractor.
- Si la infracción fue autodeclarada o descubierta en una inspección.

Estos factores también pueden influir en la magnitud de la sanción civil. La determinación de una sanción adecuada también puede verse afectada por el objetivo general de garantizar que los infractores no se beneficien económicamente del incumplimiento. Una oportunidad clave para mejorar los resultados a través de la aplicación de la normativa consiste en exigir a las empresas infractoras que cumplan la normativa, pero también que reduzcan

sus emisiones en el futuro, es decir, que protejan el medioambiente, además de pagar una sanción que recupere todo el dinero que se ahorraron con la infracción y que sea suficiente para disuadir de futuras infracciones.

Un buen diseño normativo debe incluir un mecanismo mediante el cual un operador pueda recurrir o impugnar las medidas de ejecución, incluidas las medidas correctivas y las sanciones. Las limitaciones financieras no son una razón válida para el incumplimiento. Si una empresa determina que una instalación no puede permitirse operar de conformidad con la normativa, puede evitar futuras sanciones optando por cerrar dicha instalación. Sin embargo, en algunas jurisdicciones, una sanción puede reducirse cuando los registros financieros oficiales de la empresa documentan la incapacidad de la empresa para pagar. Alternativamente, se puede permitir que una empresa realice pagos a plazos durante un tiempo determinado cuando pueda demostrar que el pago de la sanción le impide hacer frente a los gastos ordinarios y necesarios de la empresa.

Plan de inspección

La siguiente sección describe algunos puntos clave que los reguladores pueden utilizar para desarrollar su plan de inspección, con el fin de garantizar el cumplimiento de la regulación sobre reducción de metano.

Dado que los recursos de inspección siempre serán limitados, es importante dar prioridad a la inspección de las infracciones más graves en materia de emisiones, los infractores reincidentes y las empresas con un historial de grandes emisiones.

Elaboración de un plan de inspección

Objetivos

- ¿Cuál es el propósito de la inspección?
- ¿Qué se debe lograr?

Tareas

- ¿Qué información se revisará (por ejemplo, permisos, licencias, regulaciones, informes de inspecciones anteriores e información sobre el historial de cumplimiento)?
- ¿Qué coordinación se requiere con el personal de detección, otros programas medioambientales, abogados o agencias gubernamentales?

Procedimientos

- ¿Qué procesos específicos de las instalaciones se inspeccionarán?
- ¿Han establecido los inspectores un derecho de entrada a la instalación?
- ¿Requerirá la inspección procedimientos especiales?
- ¿Se ha elaborado e implementado un plan de garantía y control de la calidad?
- ¿Qué equipo se requerirá?
- ¿Cuáles son las responsabilidades de cada miembro del equipo?

Recursos

- ¿Qué personal será necesario?
- ¿Se ha elaborado e implementado un plan de seguridad?

Cronograma

- ¿Cuáles serán los tiempos necesarios para las actividades de inspección?
- ¿Cuáles serán las prioridades? ¿Qué debe hacerse y qué es opcional completar?



Recursos útiles para garantizar el cumplimiento

Red Internacional para el Cumplimiento y la Aplicación de la Normativa Medioambiental (INECE): Principios de la aplicación efectiva de la normativa medioambiental. (*International Network for Environmental Compliance and Enforcement [INECE]: Principles of Effective Environmental Enforcement*). <https://inece.org/>

Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA): Política de respuesta en materia de cumplimiento y política de auditoría de la EPA. (*United States Environmental Protection Agency [EPA]: Enforcement Response Policy and EPA Audit Policy*) <https://www.epa.gov/enforcement/enforcement-policy-guidance-publications>

Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos 2022: Cumplimiento de próxima generación. (*United States Environmental Protection Agency [EPA]: Enforcement Response Policy and EPA Audit Policy*). <https://www.epa.gov/compliance/next-generation-compliance>

11. Financiación de la reducción del metano

Información clave

- Las soluciones para el metano ofrecen uno de los mayores beneficios de reducción de emisiones por dólar de capital invertido, pero carecen de financiación suficiente en todo el mundo.
- Se necesitan flujos de financiación suficientes para reducir las emisiones de metano en el sector del petróleo y gas.
- Para aprovechar la oportunidad del metano es necesario invertir en soluciones técnicas y actividades de apoyo. La financiación ineficaz de los costos indirectos para los gobiernos podría ser un obstáculo importante para desplegar soluciones técnicas.
- Entre las fuentes de financiación se encuentran las Instituciones Financieras de Desarrollo (IFD), los mecanismos de financiación específicos para el clima y los emisores de bonos verdes.
- El Compromiso Mundial sobre el Metano puede contribuir a la integración de la reducción del metano en la arquitectura de la financiación climática.
- Las emisiones de metano son una forma de residuo, pero a falta de un precio para los GEI, no todas las fuentes son rentables para que las empresas las solucionen o eviten.
- Es posible que algunas empresas solo utilicen voluntariamente el metano previamente desperdiciado que ofrezca la oportunidad de inversión más atractiva. En muchos países, los gobiernos necesitan una regulación para impulsar las medidas de reducción del metano.

Aprovechar la oportunidad para reducir el metano procedente del sector petrolero y del gas requiere una inversión significativa. Aunque el 39% de las emisiones de metano proceden del sector energético, solo el 0,8% de la financiación para la reducción del metano se destinó a este sector. Para subsanar este déficit de

financiación serán necesarias las aportaciones del sector privado, los gobiernos nacionales, las instituciones multilaterales y los fondos de financiación para el clima. En este capítulo se analizan estas fuentes de financiación, sus enfoques para financiar la reducción del metano y casos prácticos que ilustran cómo la financiación puede acelerar los esfuerzos de reducción.

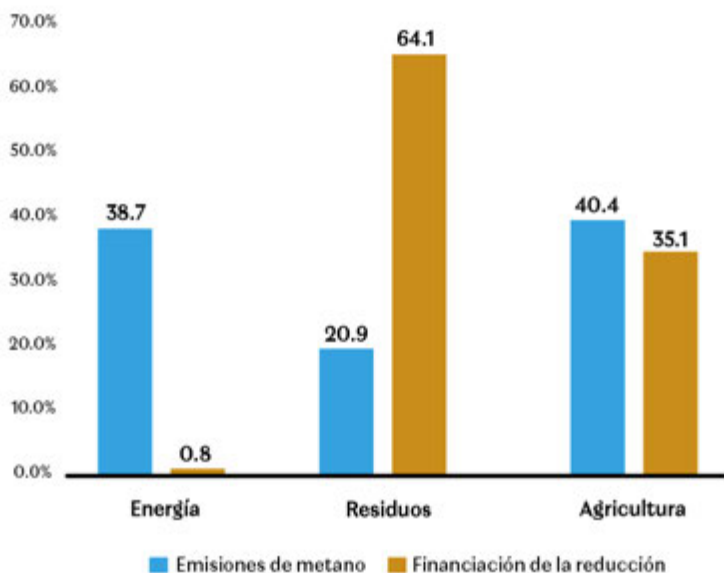


Gráfico 11.1: Distribución porcentual de la financiación de la reducción y distribución de las emisiones de metano entre sectores.^{112, 113}

El déficit de financiación

Las medidas de reducción del metano carecen de financiación suficiente.¹¹⁴ Según el Compromiso Mundial sobre el Metano, el metano representa el 17% de las emisiones mundiales de GEI procedentes de la actividad humana. Sin embargo, el metano ha

recibido menos del 2% de los flujos totales de financiación climática (~ USD 11.000 millones en 2019/2020). Se necesitan más de USD 100.000 millones anuales, al menos diez veces más que los niveles actuales.¹¹⁵ El sector de los combustibles fósiles, que tiene el mayor potencial de mitigación de metano para 2030, ha recibido la menor financiación para la reducción de metano.

Según una estimación de la AIE, se necesitan unos USD 100.000 millones de inversión total de aquí al 2030 para lograr una reducción del 75% en el sector energético.¹¹⁶ Teniendo en cuenta los beneficios de la reducción del metano en el sector del petróleo y el gas, este déficit de financiación es un desafío crítico.

¿Qué es lo que requiere financiación?

Frenar las emisiones de metano exige invertir en infraestructura y en el entorno propicio para esa infraestructura: políticas, leyes, regulaciones y contratos, incluidas las estructuras de incentivos y sanciones, para reducir las emisiones de metano.

Infraestructura. Las medidas de reducción del metano abarcan las fuentes existentes y las posibles nuevas fuentes de emisiones. Aunque es lógico centrarse urgentemente en las grandes fuentes puntuales, también se necesita financiación para evitar las fuentes de nuevas emisiones. Por tanto, la financiación de infraestructuras de reducción del metano podría incluir intervenciones que hagan lo siguiente:

- Eviten o impidan que se produzcan emisiones de metano, por ejemplo, diseñando nuevas normas.
- Aprovechen el metano: proyectos que capturen este gas y luego lo utilicen o reinyecten.
- Reduzcan los niveles actuales de emisiones.

Entorno propicio. La financiación de la reducción del metano incluye la asistencia técnica para crear capacidad. Por ejemplo, el desarrollo de mercados nacionales de gas requiere una asistencia

técnica importante y puede contribuir a la reducción del metano en proyectos petroleros.

Fuentes de financiación

La financiación de soluciones de reducción del metano en el sector del petróleo y el gas podría realizarse de forma específica para cada sector o como parte de la financiación nacional para el cambio climático. Algunas fuentes clave para la financiación de soluciones de reducción del metano son las siguientes:

Instituciones Financieras de Desarrollo (IFD). Las IFD se centran en el desarrollo y son más activas en mercados con acceso limitado a la financiación privada o en proyectos que carecen de una base comercial firme. Las IFD pueden bajar los precios, conceder préstamos a largo plazo, añadir transparencia y ofrecer cobertura a los inversores en entornos de alto riesgo. También suelen estar dispuestas a asumir riesgos técnicos en tecnologías emergentes si ello concuerda con sus objetivos políticos, como la mitigación del cambio climático. Su objetivo es apoyar los objetivos de los gobiernos y proporcionar financiación a los proyectos que entran dentro de sus mandatos prescritos. Las IFD suelen imponer condiciones medioambientales y sociales exhaustivas para su apoyo.

Fondos dedicados al clima. Varias IFD administran fondos climáticos para promover el despliegue rápido de tecnologías con bajas emisiones de carbono, centrándose en las energías renovables. Entre ellos se encuentran Green Climate Fund (Fondo Verde para el Clima), Global Environment Facility (Fondo para el Medioambiente Mundial), Global Methane Hub y Climate Investment Funds (Fondos de Inversión en el Clima) (el Fondo de Tecnología Limpia y el Fondo Estratégico para el Clima). La ventaja principal de estos fondos es la posibilidad de conceder préstamos a tasas inferiores a las del mercado (financiación en condiciones favorables). Estos préstamos mejoran la estructura de capital de una inversión en metano al reducir el costo de financiación. Estos fondos también disponen de una capacidad de

préstamo significativa. Por ejemplo, el Global Methane Hub es una organización filantrópica que proporciona financiación directa para proyectos de reducción de metano y ha recaudado más de 340 millones de dólares.

Agencias de Crédito a la Exportación (ACE). El gobierno de un país crea una ACE para promover la exportación de sus bienes y servicios. Las agencias de crédito a la exportación pueden apoyar las transacciones de soluciones, programas informáticos y tecnología para la reducción del metano cuando dichas transacciones impliquen importaciones desde el mercado de la ACE. Las ACE cubren las transacciones a través de seguros o mediante una garantía directa de pago, ofreciendo cobertura contra riesgos comerciales y políticos. Cuando intervienen las ACE, es probable que los exportadores ofrezcan condiciones comerciales más competitivas. Además, las ACE pueden proporcionar una cobertura adecuada cuando los prestamistas comerciales son más reacios a asumir riesgos políticos.

Empresas de petróleo y gas. Estas empresas pueden verse incentivadas a financiar medidas de reducción cuando el valor de la reducción, en términos de metano capturado adicional o de evitar sanciones regulatorias, es superior a los costos. Varias compañías petroleras internacionales han dedicado parte de sus presupuestos de capital a proyectos que reducen sus emisiones operativas de GEI, incluidas las de metano. Estos programas están estructurados de tal manera que estos proyectos de reducción compiten por el capital con otras oportunidades internas de reducción de GEI, pero no con otros usos del capital, como la perforación de un pozo. Dado que la industria del petróleo y el gas es diversa, puede que esta opción no sea válida para todas las empresas, zonas geográficas u oportunidades de reducción de metano.

Compañías petroleras nacionales. En los países en los que las CPN participan activamente en el sector del petróleo y el gas (como operadores o socios de empresas mixtas), pueden ser una fuente de financiación para proyectos de reducción de metano. Las CPN pueden apoyar proyectos de reducción como inversionistas,

redirigiendo una parte de sus beneficios retenidos, o como prestamistas, redirigiendo fondos que de otro modo irían al tesoro nacional. Incluso cuando las CPN no tienen los ingresos necesarios para financiar la reducción del metano, los gobiernos pueden optar por utilizar una CPN como punto focal para el apoyo financiero público, ya sea a través de asignaciones directas de un presupuesto central o a través de préstamos en los que el gobierno pide prestado y pasa los fondos a la compañía de servicios públicos.

Bancos comerciales y fondos de capital privado. Los prestamistas, como los bancos comerciales y los fondos de capital privado, evalúan la viabilidad comercial de las oportunidades de inversión en reducción del metano como lo hacen con cualquier otra inversión. Es posible que estos prestamistas no consideren el valor de los beneficios relacionados con el clima como lo haría una IFD. Sin embargo, muchos prestamistas tienen objetivos ASG internos, incluida la reducción del metano. Además, si los beneficios de la reducción del metano se pueden monetizar (es decir, créditos de carbono, devoluciones de impuestos, etc.), estos incentivos financieros se tendrán en cuenta en la evaluación económica del proyecto por parte del prestamista.

Financiación pública. Algunos gobiernos han recaudado con éxito bonos para infraestructuras, incluidos bonos verdes para proyectos de mitigación del cambio climático. Sin embargo, la mayor parte de los fondos públicos siguen destinándose a programas de reducción del metano en el sector agrícola. Algunos gobiernos han establecido mecanismos para financiar proyectos específicos relacionados con el metano, como el Programa de Pozos Huérfanos de Canadá, dotado con 1.700 millones de dólares canadienses, para ayudar a limpiar pozos de petróleo y gas huérfanos y abandonados en Alberta, Saskatchewan y Columbia Británica.¹¹⁷ En muchos países en desarrollo, esta opción puede no estar disponible, teniendo en cuenta otros compromisos de gasto fiscal del gobierno, los altos niveles de deuda y otras prioridades de desarrollo.

Tabla 11.1: Mecanismos de financiación de la lucha contra el cambio climático e instituciones financieras específicas

Instituciones Financieras de Desarrollo (IFD)

| | |
|--------------------|---|
| IFD multilaterales | Banco Mundial, Banco Asiático de Desarrollo, Banco Europeo de Reconstrucción y Desarrollo, Corporación Financiera Internacional |
| IFD bilaterales | CDC Group (Reino Unido), Swedfund (Suecia), Corporación Financiera Internacional para el Desarrollo (Estados Unidos) |
| IFD nacionales | Banco de Desarrollo de China, Grupo Bancario KfW (Alemania), Banco de Exportación e Importación de la India |
| IFD subnacionales | Fondo de Garantía de Buenos Aires, Garantías e Inversiones de Baja Austria, Agencia de Desarrollo de Río de Janeiro |

Mecanismos de financiación específicos para el clima

| | |
|--|---|
| Fondos multilaterales específicos para el clima (CMNUCC) | Fondo de Adaptación de la CMNUCC, Fondo Verde para el Clima, Fondo para los Países Menos Adelantados y Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM) |
| Fondos para el clima no pertenecientes a la CMNUCC | Programa del PNUD para el Desarrollo de Capacidades de Baja Emisión, Iniciativa del PNUMA para la Iluminación de la Eficiencia Energética |
| Fondos Nacionales para el Clima (FNC) | Fondo Fiduciario para el Cambio Climático de Indonesia, Fondo Internacional para el Clima del Reino Unido, Fondo Fiduciario para el Cambio Climático de Bangladesh e Iniciativa alemana IKI |
| Filantropía | Fundación Rockefeller, Bloomberg Philanthropies, Fundación de la Energía, Fundación Ford, Global Methane Hub |

Emisores de bonos verdes

| | |
|--|--|
| Bancos de desarrollo | Banco Europeo de Reconstrucción y Desarrollo, Banco Mundial, Banco Africano de Desarrollo, Banco Europeo de Inversiones |
| Emisores de valores basados en activos | Fannie Mae, Credit Agricole CIB, Toyota |
| Emisores corporativos financieros | BNP Paribas, Bank of America, Bank of China, Morgan Stanley |
| Entidades públicas | Agencia Japonesa de Construcción Ferroviaria, Transporte y Tecnología, Agencia India de Desarrollo de Energías Renovables |
| Emisores soberanos | República de Fiyi, Gobierno Federal de Nigeria |
| Emisores corporativos no financieros | Canadian Solar, Tesla Energy, Beijing Enterprises Water Group |
| Gobiernos locales | Gobierno Metropolitano de Tokio (Japón), Ciudad de Gotemburgo (Suecia), MTA de Nueva York (EE.UU.), Estado de Connecticut (EE.UU.) |

Tendencias en la financiación

Existen actualmente varias tendencias en los mercados financieros mundiales que podrían cerrar o ampliar el déficit de financiación para la reducción del metano. La financiación de proyectos de reducción de emisiones de metano en la industria del petróleo y el gas podría aumentar si los beneficios de dichos proyectos fueran más notorios. Sin embargo, las inversiones en reducción de metano en el sector del petróleo y gas se enfrentan a desafíos, dados los objetivos de transición energética y cambio climático.

Papel de la filantropía. Con la creciente concienciación sobre la oportunidad del metano para contribuir a alcanzar objetivos medioambientales, económicos, energéticos y de empleo, la filantropía podría desempeñar un papel más significativo. El Compromiso Global sobre el Metano y sus iniciativas de financiación asociadas pueden catalizar a otros para aumentar la cuota del metano en la financiación climática.

Financiación mixta. La financiación privada de las actividades/proyectos de reducción del metano es un 40% mayor que la financiación pública, lo que contrasta claramente con otras intervenciones en materia de cambio climático en las que la financiación pública desempeña un papel importante. Es probable que surja una mezcla de financiación pública, privada y filantrópica.

Cooperación. Las redes de gobiernos de ciudades están aprovechando las economías de escala para emprender actividades en favor del clima, como la adquisición colectiva de tecnologías en Estados Unidos y Nigeria. Este apalancamiento podría extenderse a las soluciones de reducción del metano (por ejemplo, soluciones regionales para utilizar el gas asociado para la generación de electricidad y el acceso a la energía).

Requerimientos ASG. La inversión basada en criterios ambientales, sociales y de gobernanza ha alejado a gobiernos, IFD, bancos comerciales y otras empresas privadas de la inversión en el sector del petróleo y el gas. También se están elaborando

directrices ASG para mejorar la información de las empresas sobre el impacto de sus actividades en el clima. Por ejemplo, la Fuerza de Tareas sobre Divulgaciones Financieras Relacionadas con el Clima (2015) y el Consejo de Normas de Divulgación sobre el Clima (2007) son esfuerzos conjuntos de actores privados, bancos centrales, consejos de estabilidad financiera y reguladores nacionales para desarrollar normas coherentes sobre ASG y clima para la presentación de informes por parte de las empresas.

Mayor escrutinio en la financiación

Si se demuestra que la reducción del metano en el sector del petróleo y gas cumple con los objetivos climáticos y de ASG, se podrían desbloquear fondos.

Límites a los préstamos internacionales para proyectos intensivos en carbono

El 16 de agosto de 2021, el Departamento del Tesoro de Estados Unidos publicó un memorando de orientación política titulado "*Fossil Fuel Energy Guidance for Multilateral Development Banks (MDBs)*" (Guía de energía proveniente de combustibles fósiles para bancos multilaterales de desarrollo [BMD]).¹¹⁸ El principal objetivo de esta política era anunciar la oposición del Gobierno de EE.UU. a "la financiación internacional de energía basada en combustibles fósiles intensiva en carbono", concretamente que utilizaría su papel como miembro del consejo de múltiples BMD para votar en contra de tales proyectos. La nota del Tesoro es la última de un creciente número de declaraciones de los principales donantes que se oponen al uso de la financiación del desarrollo para apoyar proyectos de combustibles fósiles. Por ejemplo, la política declara inequívocamente que EE.UU. se opondrá a "proyectos de gas natural del *upstream*". Permite un apoyo limitado a "proyectos de gas natural del *midstream* y *downstream*" en países elegibles para la Asociación Internacional de Fomento (AIF), siempre que incluyan "estrategias de reducción de gases de efecto invernadero". La nueva política prevé una excepción para la financiación de proyectos de reducción del metano, pero con importantes salvedades (énfasis en el original):

"Estamos abiertos a apoyar proyectos de captura, uso y almacenamiento de carbono (CCUS) y de reducción de metano. Estamos abiertos a apoyar soluciones de CCUS y de reducción del metano como inversiones independientes para proyectos existentes de combustibles fósiles, siempre que no amplíen la capacidad del proyecto existente ni prolonguen significativamente su vida operativa".

La lección para los países que pretendan obtener financiación internacional para proyectos de petróleo y gas es que se enfrentarán a un escrutinio cada vez mayor de sus propuestas de proyectos y evaluaciones de factibilidad. Los países que cubren más de la mitad de las importaciones mundiales de gas y un tercio de las exportaciones mundiales de gas pidieron recientemente en la COP27 que se minimizaran al máximo las emisiones de quema en antorcha, metano y CO₂ en toda la cadena de suministro.¹¹⁹

Enfoques innovadores o no tradicionales. Los fondos soberanos y los fondos de inversión estratégica con objetivos climáticos ambiciosos son fuentes potenciales de financiación de proyectos de reducción del metano. Para los países que se enfrentan a problemas de acceso a la energía y de seguridad, la realización de proyectos relacionados con el metano en consonancia con las rutas nacionales de desarrollo con bajas emisiones de carbono y los planes nacionales de desarrollo cumple con las prioridades de acceso a la energía de un país a la vez que mitiga las emisiones de metano. Los bonos de transición y los préstamos vinculados a la sostenibilidad son mecanismos emergentes que ofrecen flexibilidad a los grandes emisores a la hora de estructurar sus actividades de financiación.

Mercados de carbono. Los proyectos de reducción de metano podrían generar ingresos a través de los mercados de carbono si se diseñan y estructuran bien. El desafío actual es la cuantificación limitada del impacto positivo sobre el clima, que pueda plasmarse en permisos de emisión comercializables. Resulta especialmente complicado en el caso de las emisiones fugitivas, ya que es difícil determinar la base de referencia para cuantificar la reducción lograda gracias a las medidas adoptadas por el sector. A medida que se avance en la estimación y monitorización de las emisiones, esto podría convertirse en una fuente futura de financiación de proyectos.¹²⁰

Argumentos económicos para la reducción del metano

Los reguladores deben presentar argumentos económicos ante el gobierno o persuadir a los operadores de que las soluciones de reducción son adecuadas para las inversiones a corto y largo plazo. Aunque los operadores tienen un incentivo económico para evitar los residuos, algunas soluciones son más rentables que otras. Un análisis de rentabilidad específico del entorno operativo local puede ayudar a desarrollar políticas reguladoras viables para la reducción

del metano. Las inversiones en reducción de metano, como las LDAR y las unidades de recuperación de vapor, pueden ser rentables en función de las circunstancias.

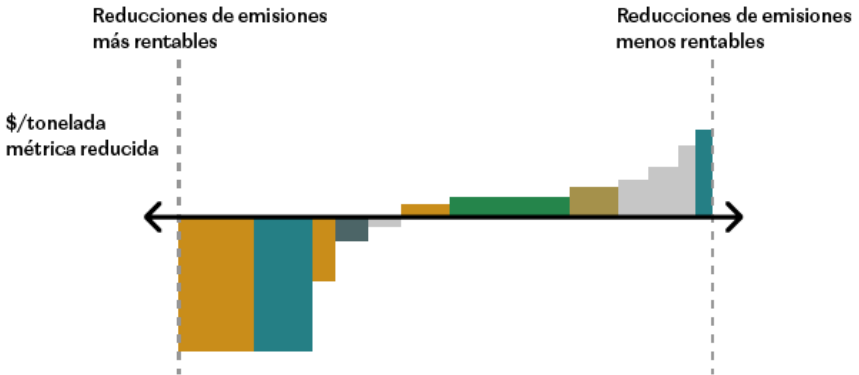


Gráfico 11.2: Ejemplo de curva de costos marginales de reducción. Cada barra representa un tipo de proyecto de reducción de emisiones, y los colores indican oportunidades temáticas de reducción de emisiones, como los programas de detección y reparación de fugas.¹²¹

Los operadores privados suelen preferir las opciones de bajo costo o incluso de costo negativo. Sin embargo, incluso en esos casos, suele ser necesaria una inversión inicial, por lo que los periodos de amortización cortos harán que las inversiones resulten más atractivas en relación con otros posibles activos. En muchos casos, las actividades de reducción del metano pueden ser una oportunidad comercial que amortice la inversión inicial y los costos de mantenimiento y genere ingresos adicionales.

Rentabilidad de la reducción de las emisiones de metano

Explicar claramente los argumentos económicos a favor de los proyectos de reducción del metano puede aumentar el interés de los inversores. Sin embargo, la visión de la relación costo-beneficio puede variar según los puntos de vista particulares.

La perspectiva de la empresa. Para la empresa, la rentabilidad significa que el valor del gas adicional recuperado o de las tasas o multas que se evitan por la recuperación del gas supera los costos operativos y de capital incrementales del proyecto de reducción. Las medidas que cumplen estos criterios pueden describirse como medidas con un valor actual neto (VAN) positivo, un periodo de amortización corto o una tasa interna de retorno (TIR) que cumpla con los criterios de inversión de la empresa.

La perspectiva económica. Este enfoque considera los beneficios netos para la economía nacional. Por ejemplo, las empresas de transporte y distribución local no suelen ser propietarias del gas que transportan. Los reguladores suelen exigirles que devuelvan a sus clientes el valor de la reducción de pérdidas derivada de la disminución del metano. Como resultado, las reducciones de metano en estos segmentos de la industria no tendrán un retorno positivo para la empresa. Dicho esto, el valor de las pérdidas reducidas se acumulará en otras partes de la economía en forma de menores precios del gas y prevención de la contaminación. Por lo tanto, existe un beneficio más amplio incluso cuando la entidad que implementa una reducción no puede beneficiarse directamente de la reducción de pérdidas.

La perspectiva regulatoria. Este enfoque tiene en cuenta los objetivos de salud pública y medio ambiente para determinar el beneficio para la sociedad. La relación costo-eficiencia varía en función de los distintos contaminantes y programas reguladores. En este contexto, las reducciones de metano pueden considerarse rentables debido a la reducción de la contaminación local y del calentamiento global, aunque tengan un costo neto para la empresa. Los reguladores también pueden ponderar los ingresos fiscales adicionales derivados de las emisiones evitadas frente a la inversión en equipos de detección y personal.

Monetización de la reducción del metano

Los beneficios de la reducción de metano pueden ser directos, como la captura de gas que de otro modo se quemaría o ventearía, o indirectos, como la emisión de un crédito de carbono que se puede revender.

Captura de gas

Las inversiones en reducción de metano que dan lugar a la captura de gas pueden ofrecer retornos significativos si el gas capturado puede redirigirse a los consumidores con demanda de gas. Tales inversiones pueden ofrecer a la empresa retornos elevados, al igual que otras oportunidades de inversión. En lugar de quemar en antorcha, el metano capturado puede monetizarse mediante lo siguiente:

- La venta de gas para consumo doméstico (cocina, calefacción, etc.).
- La producción de gas natural licuado o gas licuado de petróleo si el gas es húmedo.
- La reinyección del gas en un yacimiento de petróleo y gas para la recuperación mejorada.
- El uso de gas natural para la generación de electricidad.
- El suministro de materia prima para las industrias del hidrógeno, metanol y gas licuado.

Cada opción conlleva sus propios desafíos. Por ejemplo, el *Nigerian Gas Flare Commercialization Programme* (Programa Nigeriano de Comercialización de Gas en Antorcha) lanzó un proceso de licitación (2020-2023) para que las instalaciones de quema en antorcha monetizaran su gas asociado, incluida la producción de productos petroquímicos y fertilizantes.¹²² Este proceso de licitación se basaba en un sistema de cadena de suministro existente (instalaciones de procesamiento y transporte) en el que los licitantes podían apoyarse para trasladar el gas natural al mercado. En Colombia, en el yacimiento de Florena, se invirtió en

un compresor de reinyección de alta presión. Pero solo se pudo reinyectar en el reservorio una parte de la cantidad total de gas. Por lo tanto, el gas sobrante se convirtió en energía suministrada a la red eléctrica.¹²³

Créditos de carbono

Los mercados de carbono, en los que los ahorros derivados de los GEI se materializan en créditos negociados activamente, se han hecho cada vez más comunes en los últimos años. La implementación y las implicaciones políticas de los mercados de carbono son un tema que merece su propio manual y no se tratarán aquí en detalle. La reducción de metano es, sin embargo, una forma de producir créditos en el mercado de GEI. A continuación, se presenta un ejemplo de cómo la reducción de las emisiones fugitivas de una red de distribución de gas se materializó en créditos que respaldaron la economía del proyecto.

Estudio de caso sobre la monetización de la reducción del metano: Iniciativas de reducción de las emisiones de metano en Bangladesh

El gas natural es la principal fuente de energía primaria en Bangladesh. Alrededor del 65% de la energía comercial de Bangladesh procede del gas natural. Alrededor del 13% del suministro total de gas natural se utiliza para cocinar en las viviendas a través de un gasoducto de distribución. Con el envejecimiento de la red de distribución de gas, las empresas distribuidoras han detectado numerosas fugas. Las empresas contratan a terceros para identificar y reparar las fugas de metano

con el fin de mejorar la eficiencia operativa y la seguridad. Las empresas de distribución no necesitan invertir cuando un programa está financiado por el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). Las actividades LDAR son un ejemplo de proyecto referido al metano que financia el MDL.

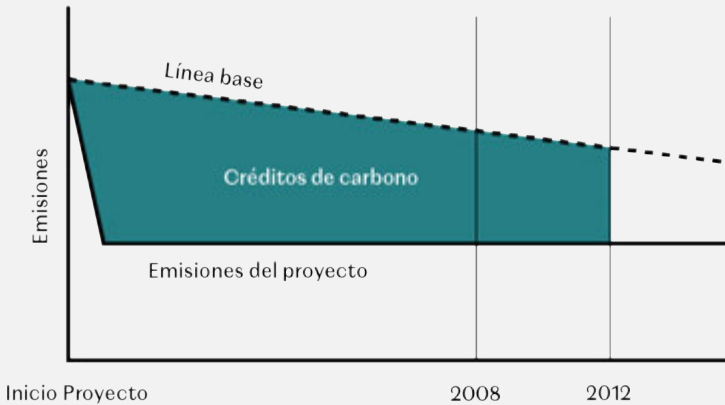


Gráfico 11.3: Ilustración de la devolución de créditos de carbono basada en la reducción de emisiones.¹²⁴

Titas Gas Transmission and Distribution Company Limited (*TGTDCL*), un proveedor de gas en Dhaka, la capital y sus alrededores, firmó en 2012 el Acuerdo de Inversión del Proyecto de Reducción Certificada de Emisiones con NE Climate A/S (*NES*) de Dinamarca para reducir las emisiones de metano mediante el despliegue de LDAR. La CMNUCC registró el proyecto en 2015. En el marco de este proyecto, se reducen anualmente unos 4,0 millones de toneladas métricas de emisiones de metano equivalentes de CO₂. Además, *TGTDCL* está generando ingresos mediante la venta de reducciones certificadas de emisiones (RCE).

Teniendo en cuenta el éxito inicial del proyecto de Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), *TGTDCL* firmó otro contrato con la misma empresa para la Reducción Verificada de Emisiones (RVE)



en 2021. El patrocinador inició el LDAR con el nuevo proyecto a nivel Rise/RMS, con el que pretende ahorrar 10,91 millones de toneladas métricas de CO₂ equivalente mediante la reducción de las emisiones de metano.

Paschimanchal Gas Company (*PGCL*) firmó un contrato con Eco Gas Asia Limited. Como resultado, se han ahorrado unos 0,36 millones de toneladas métricas equivalentes de CO₂ de reducciones de emisiones de metano al año, lo que ha empezado a generar ingresos como beneficio del proyecto MDL.

Karnaphully Gas Distribution Company (*KGDCL*) inició un proyecto MDL teniendo en cuenta la estrategia *LDAR*. Como resultado, se han ahorrado alrededor de 2,64 millones de toneladas métricas de reducciones de emisiones de metano equivalentes de CO₂ entre 2019 y 2022. Además, *KGDCL* puso en marcha otro sistema de detección de fugas de gas en el gasoducto utilizando un sistema móvil de detección de gas. Este sistema de detección de fugas de gas se replica en otras empresas de distribución (*BGDCL*, *JGTDSL*) dependientes de Petrobangla, la empresa nacional de gas de Bangladesh que es propiedad del gobierno.

Todos estos proyectos MDL contribuyen a alcanzar los objetivos de la NDC de Bangladesh en materia de emisiones fugitivas de gas en el sector energético y generan financiación para reducir las emisiones de metano.

12. Desarrollo de capacidades para la acción

Información clave

- La reducción del metano es una nueva prioridad: gobiernos y empresas de todo el mundo están tomando medidas audaces. Para que los gobiernos puedan actuar eficazmente en la reducción del metano, resultan importantes varias áreas de especialización.
- Al desarrollar una estrategia para la creación de capacidades, los gobiernos pueden desarrollar nuevas habilidades de manera progresiva a lo largo del tiempo.
- Dependiendo de las circunstancias y las capacidades existentes, el desarrollo de capacidades podría hacerse rápidamente y con recursos financieros limitados.
- Hay asistencia disponible: varias iniciativas existentes de desarrollo de capacidades proporcionan apoyo personalizado de expertos y de pares a las jurisdicciones nacionales y subnacionales. Hay recursos disponibles para ayudar a los gobiernos y a las compañías petroleras nacionales a actuar rápidamente en relación con el metano.

Experticia necesaria para la gestión del metano

Las principales áreas de especialización necesarias en todo el ciclo de vida de la industria son las siguientes:

Elaboración de políticas. Experticia en la evaluación de las políticas medioambientales, energéticas y petroleras existentes, capacidad de redacción y experiencia en el ámbito político. Los compromisos de políticas claras aumentan las posibilidades de obtener asistencia técnica.

Diseño regulatorio. Conocimiento de las implicaciones jurídicas, institucionales y políticas de las opciones posibles. El diseño de las regulaciones de reducción del metano determina si son eficaces, eficientes, factibles, responsables, asequibles y seguras.

Conocimientos jurídicos. El conocimiento y la aplicación de las leyes locales, la legalidad de intervenciones específicas y la redacción jurídica son fundamentales para evitar cualquier violación de las leyes vigentes que haga inaplicable la nueva regulación.

Conocimientos técnicos. Los distintos marcos y técnicas de cuantificación y su aplicación a tecnologías y programas informáticos avanzados contribuyen a comprender cómo desarrollar regímenes eficaces de monitorización, notificación y verificación.

Conocimientos económicos. Comprender las tendencias macroeconómicas, las opciones de financiación, los incentivos de mercado y los mecanismos de fijación de precios de la reducción del metano en el sector del petróleo y el gas. Como se expone en este libro, una de las herramientas más poderosas para el diseño de políticas y regulaciones es la curva de costos marginales de reducción.¹²⁵

Experiencia en la industria. Familiaridad con los problemas actuales, los éxitos y fracasos regulatorios, los asuntos operativos y la factibilidad de implementación en la industria. Los estudios formales de factibilidad, junto con el conocimiento tácito de una región, sector, tecnología y regulación, permiten evaluar los riesgos y beneficios de las distintas opciones.

Experiencia en supervisión, aplicación y cumplimiento. Experiencia en la revisión y aprobación de proyectos, concesión de permisos, y monitorización, cumplimiento y ejecución. Los especialistas en ingeniería, seguridad y medioambiente aportan una comprensión de los aspectos técnicos necesarios para las presentaciones y operaciones, con el fin de identificar cualquier cambio requerido por el programa de reducción de metano de cada país.

Coordinación intragubernamental y resolución de conflictos. Coordinación entre organismos para fomentar el intercambio de información, la negociación de las diferencias, la convergencia de esfuerzos y la armonización de las regulaciones. Para garantizar su eficacia, el coordinador debe buscar el respaldo y la legitimidad de los niveles de liderazgo más altos y situarse en un nivel de autoridad lo suficientemente elevado como para efectuar cambios.

La coordinación con las jurisdicciones subnacionales favorece la aportación de soluciones flexibles para abordar las necesidades locales de la industria y las comunidades. Esto es especialmente cierto en el ámbito de las políticas climáticas, donde los gobiernos estatales y regionales han demostrado la voluntad y la capacidad para liderar, incluso a través de objetivos y regulaciones específicas para cada jurisdicción. Los gobiernos subnacionales tienen ahora la oportunidad de adoptar medidas tempranas sobre el metano, y muchos ya se han comprometido¹²⁶ a reducir las emisiones de metano procedentes del petróleo y el gas. El Intercambio de Líderes Subnacionales para la Acción Climática (SCALE, por sus siglas en inglés)¹²⁷ incorpora el Compromiso Mundial sobre el Metano, que ofrece oportunidades de capacitación a través del aprendizaje entre pares sobre mecanismos intersectoriales y multinivel de coordinación y movilización de fondos.

Estrategia para el desarrollo de capacidades

Las economías en desarrollo suelen disponer de escasos recursos para el diseño regulatorio y las actividades de supervisión. Al crear una estrategia de capacitación, los gobiernos nacionales deben (1) evaluar sus necesidades, (2) identificar los recursos y (3) asegurar la financiación.

1. Evaluar las necesidades

La evaluación examina las capacidades individuales e institucionales. Las capacidades individuales son los conocimientos y aptitudes del personal que gestiona el marco regulador del metano.

La capacidad institucional es un sistema que incluye procedimientos de gestión de datos, planificación estratégica, desarrollo de la mano de obra, asignación de recursos y resolución de conflictos.

La evaluación depende de varias características. Por ejemplo, tendrá en cuenta la fase de desarrollo de la industria específica del país: sin producción, desarrollo incipiente, suministro constante, producción máxima y extinción. La evaluación también tendrá en cuenta la capacidad necesaria según las perspectivas de futuro del sector: ciclo rápido de auge y caída, inestabilidad de precios y periodo dorado.

Además, uno de los aspectos más importantes de cualquier evaluación de la capacidad es determinar en qué punto se encuentran la autoridad y la experiencia existentes: el sistema de gobernanza del país. En algunos países, existe un organismo central que cuenta con gran parte de los conocimientos necesarios. En otros, los conocimientos están repartidos entre varias agencias. Por último, algunos países tienen CPN con cierto grado de independencia del gobierno. Las CPN pueden suponer un reto para la coordinación y la eficacia operativa, pero también pueden ser una fuente de fuerza significativa para una acción rápida de reducción del metano. Muchas CPN cuentan con capacidades individuales e institucionales sólidas en materia de creación de redes, optimización de procesos y toma de decisiones conjuntas. La ilustración que sigue ofrece un contraste simplificado entre estas tres modalidades de gobernanza.



Gráfico 12.1: Diferentes estructuras de los sistemas reguladores.

2. Identificar recursos y apoyo

Este manual contiene una lista de recursos que pueden ser un buen punto de partida para el desarrollo de capacidades en el Capítulo 13: Recursos para la implementación. La transferencia de conocimientos y habilidades puede producirse a través de la investigación documental, la capacitación presencial o virtual, la formación en el puesto de trabajo, el asesoramiento y la mentoría. Las siguientes son fuentes de apoyo:

Investigación/Análisis/Publicaciones. Existe una gran cantidad de investigación escrita, publicaciones y documentos de referencia que pueden ofrecer a los funcionarios públicos una base sobre asuntos críticos relacionados con el metano en el sector del petróleo y gas. Estos recursos pueden servir de base para estrategias, políticas y regímenes regulatorios. Las entidades comerciales ofrecen algunos de estos recursos previo pago, pero otros son de libre acceso. Por ejemplo, la AIE facilita periódicamente datos y análisis sobre las emisiones de metano procedentes del petróleo y el gas, los potenciales de reducción y las tecnologías para ayudar a los gobiernos a elaborar políticas eficaces en materia de metano.

Iniciativas internacionales sobre el metano. A través de su centro de soluciones, la *Coalición Clima y Aire Limpio (CCAC)* trabaja con los países participantes para identificar recursos que apoyen la mitigación del metano. La CCAC se reúne individualmente con los países para debatir sus prioridades y necesidades. También ayudan a desarrollar estrategias de mitigación del metano diseñadas para alcanzar los objetivos del Compromiso Global sobre el Metano. La Alianza Mundial contra el Metano pretende apoyar a los países que se comprometan a alcanzar objetivos ambiciosos de reducción de metano en el sector del petróleo y el gas. *La Alianza Mundial para la Reducción de la Quema de Gas (GGFR) del Banco Mundial* es un fondo fiduciario de múltiples donantes compuesto por gobiernos, empresas petroleras y organizaciones multilaterales comprometidas a poner fin a la quema rutinaria de gas en los centros de producción de petróleo de todo el mundo. *El Banco Europeo de Reconstrucción y Desarrollo (BERD)* brinda asistencia técnica y facilita la transferencia de conocimientos sobre la medición, notificación y reducción de las emisiones de metano, y podría estudiar la posibilidad de financiar planes de inversión para reducirlas. Los anteriores son sólo algunos ejemplos de iniciativas internacionales específicas sobre el metano.

Expertos en la materia. Estos expertos pueden provenir del sector público o privado, o de organismos multilaterales. Aprovechar la experiencia externa suele ser vital para desarrollar soluciones específicas para una jurisdicción. A menudo, los expertos pueden conseguirse gratuitamente a través de las ONG, intercambios multilaterales y programas de la ONU. En otros casos, es posible emplear a contratistas para que brinden asesoramiento. Las instituciones académicas nacionales y extranjeras pueden ofrecer asesoramiento a bajo costo o sin costo alguno.

Iniciativas lideradas por la industria. Ofrecen asistencia técnica y orientación en la industria. Por ejemplo, la *Iniciativa OGCI Objetivo Cero en Emisiones de Metano*¹²⁸ aboga por un enfoque integral que trate las emisiones de metano con la misma

seriedad con la que la industria del petróleo y el gas ya trata la seguridad.

Intercambio entre pares. A través de redes formales e informales, los países pueden explorar lecciones y retos compartidos con sus homólogos. Mientras tanto, los países con amplia experiencia regulatoria y conocimientos técnicos pueden aportar el asesoramiento pertinente. Los reguladores se benefician de la sabiduría de sus homólogos a la hora de emprender sus iniciativas de mitigación del metano. Véase el *Grupo de Nuevos Productores* como ejemplo de comunidades prácticas entre gobiernos.

Socios para el desarrollo. Se trata de redes internacionales diseñadas para el intercambio de conocimientos a través de las fronteras y proveedores de recursos que pueden ayudar a reunir a los gobiernos para identificar estrategias eficaces de desarrollo de capacidades y compartir resultados positivos. Considere los ejemplos a continuación.



Coalición Clima y Aire Limpio (CCAC)

La CCAC es un recurso clave de primera línea para la asistencia en el desarrollo de capacidades para la reducción del metano. A través de su centro de soluciones, la CCAC colabora con los socios interesados para ayudar a todos los gobiernos y otros agentes dispuestos a asumir compromisos sólidos y ambiciosos para reducir las emisiones de metano del sector del petróleo y el gas. La CCAC ha ayudado a varios países a desarrollar la capacidad de diseñar y aplicar políticas y regulaciones para la reducción del metano:

- **México.** La CCAC ofreció capacitación a la Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente (ASEA) de México para la implementación de una regulación audaz en 2018 para controlar las emisiones de metano procedentes de la industria del petróleo y el gas. La CCAC impartió capacitación sobre gestión de datos, inspecciones para *LDAR* y verificación por parte de terceros, entre otras cuestiones. México se fijó el objetivo de reducir entre el 40% y el 45% de las emisiones de metano del sector del petróleo y el gas para el 2030.¹²⁹
- **Nigeria.** La CCAC ayudó a Nigeria con sus políticas y regulaciones recientes sobre reducción de metano, algunas de las cuales se analizan en este libro. Al conectar a Nigeria en forma directa con legisladores y expertos de todo el mundo, la CCAC ayudó a los reguladores clave del sector del petróleo y el gas de Nigeria, como su Comisión Reguladora del *Upstream* del Petróleo, en el diseño de disposiciones sobre quema en antorcha, *LDAR* y *MRV*.¹³⁰



Nuevo Grupo de Productores: Red de conocimientos entre gobiernos

El Grupo de Nuevos Productores (NPG, por sus siglas en inglés) es un ejemplo de red de intercambio de conocimientos y experiencias en el Sur Global que lleva 10 años funcionando con éxito. Reúne a más de 30 países en desarrollo que son relativamente nuevos en el sector del petróleo y el gas, como Guyana, Ghana, Kenia, Mauritania, Mozambique, Senegal, Surinam, Tanzania, Uganda y Namibia. Fue creado en 2012 por Chatham House, el Instituto de Gobernanza de Recursos Naturales (Natural Resources Governance Institute) y la Secretaría de la Commonwealth. Pone en contacto a más de 700 funcionarios públicos (ministerios, reguladores, CPN) con homólogos, grupos de reflexión, expertos del sector y empresas energéticas. El objetivo del NPG es ayudar a los gobiernos a gestionar eficazmente los recursos petroleros, avanzar en la transición energética e integrar estrategias de resistencia al cambio climático para lograr un desarrollo sostenible. Un aspecto central de la actividad del NPG es el desarrollo de las competencias de los funcionarios gubernamentales en materia de GEI, lo que se ha hecho a través de seminarios web, investigaciones y talleres como *Alineación del sector petrolero con los objetivos nacionales de desarrollo, energía y clima (2021)* y *Minimización de las emisiones de GEI procedentes del sector petrolero (2022)*.

3. Asegurar la financiación

Comprender los recursos financieros disponibles ayudará a enmarcar la oportunidad de establecer y determinar dónde pueden obtener financiación los gobiernos. Las fuentes incluyen lo siguiente:

Socios para el desarrollo. Aunque puede accederse a esta vía a corto y mediano plazo, debe evitarse depender de ella a largo plazo, y deben establecerse estructuras que garanticen la autofinanciación a largo plazo.

Operadores a través de los requerimientos de capacitación y desarrollo existentes. Los regímenes regulatorios pueden incluir una disposición, en la ley o a través de acuerdos petroleros, por la que se cree un fondo de capacitación o se contribuya al desarrollo de capacidades locales. En los países con un sector petrolero y del gas activo, los reguladores pueden imponer una tasa a los operadores para crear un fondo de desarrollo de capacidades.

Asignaciones presupuestarias nacionales. Los gobiernos que den prioridad a la reducción del metano reunirán financiación a través de impuestos y ahorros presupuestarios dentro de su marco de política climática.

Financiación climática. Podría haber oportunidades de acceder a financiación climática para los esfuerzos de mitigación. Estas oportunidades requieren el desarrollo de propuestas de proyectos que describan claramente las emisiones de metano que deben reducirse o evitarse.

Impuesto sobre la resiliencia climática. Un impuesto de este tipo podría ayudar a financiar el desarrollo de capacidades de vanguardia. Como la reducción de las emisiones de metano genera ingresos, algunos fondos pueden destinarse al desarrollo de capacidades sectoriales.

Becas de investigación. La financiación de becas de investigación sobre soluciones tecnológicas adecuadas puede asignarse a investigadores potenciales, especialmente a nivel universitario. Los gobiernos, en algunos casos, podrían actuar como otorgantes, donde se les pide que sean custodios de los fondos dedicados a la captura y reducción de metano, repartiendo los fondos a las áreas que probablemente tengan el impacto más significativo.

En el *Capítulo 11: Financiación de la reducción del metano*, se ofrece un mapa detallado de las fuentes de financiación.



Estudio de un caso de éxito en el desarrollo de capacidades: El Protocolo de Montreal

El Protocolo de Montreal ha logrado reducir el uso de sustancias que agotan el ozono para proteger la capa de ozono estratosférico. En países en vías de desarrollo se crearon Dependencias Nacionales del Ozono (DNO), formadas por funcionarios nacionales del ozono, con autoridad para gestionar sus programas nacionales de cumplimiento del Protocolo de Montreal, incluidos los calendarios acordados para la eliminación progresiva de sustancias controladas. La creación de las Dependencias Nacionales de Ozono ilustra la necesidad de desarrollar las capacidades para una implementación eficaz del Protocolo de Montreal.

Mientras tanto, estas Dependencias Nacionales del Ozono participan en redes regionales y talleres de capacitación en los que pueden beneficiarse de orientación y conocimientos adicionales. Como resultado, los responsables políticos de los países en desarrollo aprendieron de las experiencias de sus homólogos y tuvieron acceso a recursos adicionales. A pesar de este éxito, el Protocolo ha tenido dificultades para llevar a cabo las funciones reguladoras establecidas debido a la elevada rotación de personal en los países con Dependencias Nacionales del Ozono más pequeñas.

Los países desarrollados financiaron estas actividades a través del Fondo Multilateral del Protocolo de Montreal. Gracias a este modelo, las jurisdicciones consiguieron frenar drásticamente las sustancias que agotan la capa de ozono. Este modelo podría reproducirse para reducir las emisiones de metano.

13. Recursos para la implementación

No está solo

La reducción del metano es un reto, pero existen muchos recursos de ayuda, muchos de ellos gratuitos. Estos recursos van desde manuales, portales de datos y herramientas de modelización hasta organizaciones cuya misión es ayudar a los gobiernos, a menudo sin costo alguno. La lista que sigue no pretende ser exhaustiva, sino que refleja una muestra representativa de los recursos disponibles.

Asesoramiento especializado

Coalición Clima y Aire Limpio

<https://www.ccacoalition.org/en/content/methane-technical-assistance>

Esta asociación de gobiernos, organizaciones intergubernamentales, empresas, instituciones científicas y organizaciones de la sociedad civil, cuya Secretaría tiene su sede en el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, ofrece asesoramiento sobre la reducción del metano. Centrado en la calidad del aire y los contaminantes climáticos, la CCAC "está dispuesta a reunirse individualmente con los países para debatir las prioridades y necesidades y ayudar a desarrollar las estrategias más eficientes de mitigación del metano". Además, facilita proyecciones, apoyo a la planificación nacional, orientación sobre políticas, herramientas normativas y mucho más.

Grupo de trabajo para un aire limpio

<https://www.catf.us/methane/international-oil-gas/>

Esta ONG ayuda a los productores de petróleo y gas y a los legisladores a elaborar regulaciones sólidas sobre el metano. Ha trabajado con Nigeria, México, Colombia, Ecuador y otros países para apoyar la reducción del metano en el sector del petróleo y el gas. También trabaja para facilitar el acceso a participaciones y financiaciones multilaterales.

Fondo de Defensa Medioambiental (EDF)

<https://www.edf.org/issue/methane>

Esta ONG dispone de numerosas herramientas para ayudar a los legisladores y reguladores en la reducción del metano. El fondo EDF trabaja con diversos socios y partes interesadas, y asesora sobre opciones normativas para la reducción del metano en todo el mundo.

Iniciativa mundial sobre el metano (GMI)

<https://www.globalmethane.org/about/index.aspx>

Desde 2004, esta coalición internacional ha impulsado la "reducción costo-eficiente y a corto plazo del metano" poniendo en contacto a los legisladores con instituciones financieras y gobiernos homólogos. La iniciativa GMI ofrece apoyo técnico para desplegar en todo el mundo proyectos de conversión de metano en energía que permitan a los países socios poner en marcha proyectos de recuperación y uso del metano.

The Under2 Coalition

<https://www.theclimategroup.org/methane-project>

Este consorcio de gobiernos subnacionales agrupa a más de 160 estados y regiones que toman la iniciativa en la acción climática. Constituye un foro importante para que los gobiernos "compartan formas eficaces de reducir las emisiones de metano, empezando por el sector del petróleo y el gas".

Financiación

Coalición Clima y Aire Limpio

<https://www.ccacoalition.org/en/content/methane-technical-assistance>

Esta asociación de gobiernos, organizaciones intergubernamentales, empresas, instituciones científicas y organizaciones de la sociedad civil, con una Secretaría a cargo del

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, puede orientar a los gobiernos hacia oportunidades de financiación. Ofrece asistencia experta personalizada para ayudar a los gobiernos a alcanzar sus objetivos de metano en distintos sectores.

El panorama de la financiación de la reducción del metano (Iniciativa de Políticas Climáticas)

<https://www.climatepolicyinitiative.org/publication/the-landscape-of-methane-abatement-finance/>

Este informe se centra en las soluciones de reducción de metano adoptadas en distintos sectores para "evaluar la inversión mundial en actividades de reducción de metano y crear una base de referencia que permita medir las necesidades de inversión y los avances alcanzados".

The Global Methane Hub

<https://globalmethanehub.org/>

Esta organización filantrópica ofrece financiación directa para proyectos de reducción del metano. Lanzada en marzo de 2022, pretende "apoyar y sostener la acción de la sociedad civil, el gobierno y la industria privada, incluso en los más de 100 países que han firmado el GMP, invirtiendo significativamente en soluciones de reducción de metano."

Red de proyectos de la Iniciativa Global sobre el Metano (Global Methane Initiative Project Network)

<https://www.globalmethane.org/about/index.aspx>

Esta red "está formada por representantes de la industria, la comunidad de investigadores, instituciones financieras, gobiernos estatales y locales y otros expertos interesados en desarrollar y apoyar proyectos de reducción, recuperación y uso del metano en los países socios".

Programa de Bonos Verdes del Grupo del Banco Mundial

<https://treasury.worldbank.org/en/about/unit/treasury/ibrd/ibrd-green-bonds>

Este programa ofrece financiación para la reducción del metano procedente de la quema de gas, junto con proyectos en los sectores agrícola y de residuos.

Financiación de soluciones para reducir la quema en antorcha de gas natural y las emisiones de metano

<https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/e7bb2e64-799c-59d7-9f92-4531d541b129>

Este informe brinda un marco para que los responsables políticos evalúen la factibilidad y el atractivo financiero de los proyectos de reducción de la quema en antorcha y del metano (RMF, por sus siglas en inglés), analiza las barreras a la inversión e identifica variables vitales y factores de éxito respaldados por las lecciones aprendidas de estudios de casos. Se facilitan plantillas simplificadas de modelos financieros para ayudar a los responsables políticos a evaluar las opciones de RMF.

Guías

Evaluación mundial del metano: Resumen para responsables de la toma de decisiones (Coalición de las Naciones Unidas sobre el Clima y el Aire Limpio)

<https://www.ccacoalition.org/en/resources/global-methane-assessment-summary-decision-makers>

Este recurso ha sido elaborado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y la Coalición Clima y Aire Limpio. Explica los imperativos sanitarios, económicos y climáticos de la lucha contra el metano en distintos sectores.

Hoja de ruta normativa para el metano procedente del petróleo y el gas (Agencia Internacional de la Energía)

<https://www.iea.org/reports/driving-down-methane-leaks-from-the-oil-and-gas-industry/regulatory-roadmap>

La Agencia Internacional de la Energía ha elaborado esta guía práctica paso a paso. Independientemente de la jurisdicción, es un recurso para desarrollar políticas sobre el metano procedente del

petróleo y el gas. La hoja de ruta guía a los responsables políticos a través de un proceso de diez pasos, desde la comprensión del contexto jurídico y político hasta la revisión y actualización de las políticas.

Primer (Cartilla) sobre la reducción del metano: la mejor estrategia para frenar el calentamiento en la década hasta 2030 (Instituto para la Gobernanza y el Desarrollo Sostenible)

https://www.igsd.org/wp-content/uploads/2022/09/IGSD-Methane-Primer_2022.pdf

Como explica el Instituto para la Gobernanza y el Desarrollo Sostenible (IGSD), este manual sobre el metano "ofrece a los responsables de la toma de decisiones los fundamentos científicos y políticos para lograr las reducciones 'firmes, rápidas y sostenidas' de las emisiones de metano, necesarias para frenar el calentamiento global a corto plazo y limitar el riesgo de desencadenar puntos de inflexión climáticos, económicos y sociales". Los temas tratados incluyen la ciencia de la mitigación del metano y por qué es necesario actuar urgentemente; las oportunidades de mitigación actuales y emergentes por sector; los esfuerzos nacionales, regionales e internacionales que pueden informar la acción global de emergencia sobre el metano; y las iniciativas de financiación para asegurar el apoyo a la reducción rápida del metano. El *Methane Primer* también apoya la necesidad de investigar y desarrollar tecnologías para eliminar el metano de la atmósfera a gran escala".

Minimización de las emisiones de gases de efecto invernadero en el sector petrolero (Grupo de Nuevos Productores)

<https://www.newproducersgroup.online/minimising-greenhouse-gas-emissions-in-the-petroleum-sector-the-opportunity-for-emerging-producers/>

Este informe se centra en los nuevos productores, a quienes ayuda a "diseñar sus leyes, sistemas regulatorios, regímenes de

monitorización y proyectos" para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Guía para la acción subnacional sobre el metano (Coalición Under2)

<https://www.theclimategroup.org/our-work/resources/tackling-methane-guide-subnational-government-action>

Desarrollado por una coalición que incluye más de 160 jurisdicciones subnacionales, este resumen está diseñado para facilitar a los gobiernos municipales, estatales y regionales una serie de recursos para abordar el problema del metano en todos los sectores.

Financiación de soluciones para reducir la quema en antorcha de gas natural y las emisiones de metano (Banco Mundial)

<https://www.worldbank.org/en/programs/gasflaringreduction/publication/financing-solutions-to-reduce-natural-gas-flaring-and-methane-emissions>

Este informe "ofrece un marco sistemático para evaluar la factibilidad de los proyectos de reducción de antorchas en emplazamientos de tamaño medio. Los planteamientos y herramientas desarrollados ayudarán a los responsables políticos y a los operadores a analizar los obstáculos a la inversión, identificar las variables clave y los factores de éxito, y generar modelos para las opciones financieras de aquellas antorchas de tamaño medio que históricamente se han pasado por alto."

Asociación Mundial para la Reducción de la Quema de Gas (Banco Mundial)

<https://www.worldbank.org/en/programs/gasflaringreduction>

Este fondo desarrolla programas de quema específicos para cada país, comparte las mejores prácticas y afianza los compromisos mundiales para acabar con la quema rutinaria. Su objetivo es "acabar con la quema rutinaria de gas en los centros de producción de petróleo de todo el mundo".

Recursos de metano (Centro de Derecho, Energía y Medio Ambiente)

<http://methaneresources.org>

Investigadores de la Facultad de Derecho de la Universidad de California en Berkeley crearon esta plataforma como punto de convergencia de información sobre la reducción del metano en todos los sectores. Dirige a los usuarios a un amplio conjunto de recursos para ayudar a "gobiernos, empresas, ONG y otros a aprovechar una oportunidad climática vital abordando las emisiones de metano".

Herramientas

Herramienta nacional de reducción del metano (Clean Air Task Force)

<https://www.catf.us/comat/>

Desarrollada por el Clean Air Task Force, esta herramienta ofrece una combinación única y fácil de usar de herramientas de recopilación de datos, elaboración de informes, participación y diseño de políticas que permiten a los usuarios obtener información, analizar datos, crear consenso y desarrollar planes de mitigación, reconociendo que no existe una solución única para el problema de las emisiones de metano.

Índice climático del petróleo más gas (Oil Climate Index Plus Gas) (Rocky Mountain Institute)

<https://rmi.org/oci-update-tackling-methane-in-the-oil-and-gas-sector/>

Desarrollada por destacados expertos del Rocky Mountain Institute, esta herramienta "revela el tamaño, el alcance y la naturaleza del problema del metano al cuantificar y comparar las emisiones de gases de efecto invernadero de más de dos tercios de los suministros mundiales de petróleo y gas". Pretende presentar una evaluación de las emisiones del ciclo de vida en boca de pozo y durante el procesamiento, la refinación y el transporte.

Satellite Point Source Emissions Completeness Tool (Rocky Mountain Institute)

<https://rmi.org/clean-energy-101-methane-detecting-satellites/>

La herramienta SPECT está diseñada para ayudar a los usuarios a comparar satélites para "identificar y rastrear superemisores de metano".

MiQ

<https://miq.org/>

MiQ es una organización independiente sin fines de lucro creada por RMI y SYSTEMIQ para facilitar una rápida reducción de las emisiones de metano del sector del petróleo y el gas. Es el primer sistema de certificación del mundo que clasifica el gas en función de sus emisiones de metano.

Kit de herramientas para la quema de metano

<https://www.worldbank.org/en/programs/gasflaringreduction/publication/methane-flaring-toolkit>

Publicado por el Banco Mundial, este documento ofrece consejos prácticos e información sobre la medición y el seguimiento de las emisiones de metano procedentes de las antorchas de gas en la industria del petróleo y el gas.

Plantillas de informes y orientaciones técnicas (Oil and Gas Methane Partnership 2.0)

<https://ogmpartnership.com/guidance-documents-and-templates/>

Estos documentos de orientación y plantillas simplifican el proceso de elaboración de informes y explican conceptos clave de las operaciones de los equipos de petróleo y gas.

Principios rectores del metano

<https://methaneguidingprinciples.org/>

Los 24 signatarios del sector del petróleo y el gas de estos principios trabajan para que "la industria y los gobiernos tomen medidas para reducir las emisiones de metano de la cadena de suministro de gas natural". También "desarrollan y comparten herramientas

interactivas prácticas y orientaciones para ayudar a otros a aprender de su experiencia y poner en práctica esas lecciones."

Serie Marco sobre el metano (Centro de Derecho, Energía y Medio Ambiente)

<https://methaneresources.org/>

Esta serie ofrece la base para las políticas de reducción del metano. Prepara a los gobiernos para aprovechar las oportunidades de intervención sobre el metano en el sector del petróleo y el gas, así como en la agricultura, el carbón y los residuos.

Fuentes de datos

Observatorio Internacional de Emisiones de Metano

<https://www.unep.org/explore-topics/energy/what-we-do/methane/imeo-action>

Este programa de la ONU "cataliza la recopilación, conciliación e integración de datos empíricos sobre las emisiones de metano casi en tiempo real, para ofrecer transparencia climática sin precedentes y la información necesaria para reducir este potente gas de efecto invernadero".

Carbon Mapper

<https://carbonmapper.org/>

Carbon Mapper es una iniciativa sin fines de lucro. Entre sus socios se encuentran la Universidad Estatal de Arizona, la Universidad de Arizona, el Rocky Mountain Institute, el Estado de California y el Laboratorio de Propulsión a Chorro de la NASA, que trabaja para "ofrecer un servicio rápido de detección de fugas de metano a operadores de instalaciones y reguladores" mediante tecnología de teledetección. Su objetivo es lanzar dos satélites en 2023 para ofrecer un acceso generalizado a estos datos.

MethaneSAT

<https://www.methanesat.org/>

Esta iniciativa del Environmental Defense Fund planea lanzar un satélite a principios de 2024. Prometen identificar grandes plumas de metano "prácticamente en cualquier lugar de la Tierra", y señalan que "reducir las emisiones de metano procedentes del petróleo y el gas es lo más rápido e impactante que podemos hacer hoy para frenar el ritmo de calentamiento".

Climate Trace

<https://climatetrace.org/>

Esta asociación facilita datos abiertos y gratuitos sobre las emisiones conocidas y estimadas, incluido el metano. Aporta a las jurisdicciones una idea inmediata pero general de su perfil de emisiones de metano.

NASA EMIT

<https://earth.jpl.nasa.gov/emit/data/data-portal/Greenhouse-Gases/>

La NASA cartografía las principales nubes de metano con una cobertura mundial limitada mediante un instrumento instalado en la Estación Espacial Internacional. Esta herramienta puede identificar algunas concentraciones en una jurisdicción.

TROPOMI

<http://www.tropomi.eu/data-products/methane>

TROPOMI es un instrumento a bordo del satélite Copernicus Sentinel-5 Precursor, encargado por la Agencia Espacial Europea, que proporciona datos sobre el metano.

Anexo: Acerca del metano

El metano (CH₄) es un gas de efecto invernadero (GEI) incoloro, inodoro e inflamable que tiene fuentes tanto naturales como antropogénicas. Las fuentes antropogénicas incluyen los sectores de la agricultura, petróleo y gas, carbón y residuos. En la industria del petróleo y el gas, el metano es también un gas natural, el mismo gas natural que se utiliza en centrales eléctricas, procesos industriales, motores de combustión, aplicaciones comerciales, calefacción y cocinas residenciales. Además, el metano es una materia prima para diversos recursos químicos y elementales (hidrógeno). Como gas natural, el metano es la molécula que compone el Gas Natural Comprimido (GNC), un combustible alternativo para vehículos. Y el metano forma parte del Gas Natural Licuado (GNL), uno de los grandes cambios energéticos del último medio siglo.

Fuentes de metano

Alrededor del 60% de las emisiones mundiales de metano proceden de actividades humanas (antropogénicas), y el resto de fuentes naturales, como humedales, aguas dulces, filtraciones geológicas, animales salvajes, termitas, incendios forestales, permafrost y vegetación.¹³¹

Agricultura

La agricultura es la mayor fuente de emisiones de metano de origen humano, y la reducción de estas emisiones en el sector representa una oportunidad para ralentizar el ritmo del calentamiento global a corto plazo. El metano agrícola se libera a través del almacenamiento de energía orgánica en condiciones de bajo oxígeno. Entre ellas se encuentran los arrozales, los sistemas digestivos de los rumiantes y, en algunos países, las piscinas de estiércol de las grandes explotaciones ganaderas.

Las técnicas agrícolas de reducción del metano pueden controlar las emisiones al tiempo que mejoran la generación de productos, lo que

a menudo aumenta los beneficios para los rebaños y las granjas.¹³² En el caso del ganado vacuno, las soluciones incluyen mejoras sencillas de la dieta, mejores prácticas de cría, aditivos alimentarios que combaten el metano, mejor almacenamiento del estiércol y captura del metano del estiércol. Las estrategias para el arroz pueden consistir en diferentes cultivares de arroz y la reducción del agua en los arrozales.

Energía

El sector energético (petróleo, gas, carbón y bioenergía) es responsable de aproximadamente el 33% de las emisiones antropogénicas de metano. Este manual analiza en detalle las fuentes de emisión de metano y las opciones de reducción para las fuentes de petróleo y gas.¹³³

Residuos

El sector de los residuos es la tercera mayor fuente de metano antropogénico, con un 20% del total. Las emisiones de metano procedentes de residuos se deben a la descomposición de sustancias orgánicas en condiciones anóxicas, como en vertederos, instalaciones de aguas residuales, sistemas sépticos y letrinas. Las técnicas de reducción del metano en el sector de los residuos pueden controlar las emisiones y, en algunos casos, redirigir esa energía hacia usos productivos, como productos y combustible. Según la Evaluación Mundial del Metano, alrededor del 60% de las soluciones para el metano de los residuos tienen un costo negativo o nulo.

Dado que los vertederos y los sistemas de aguas residuales tienden a gestionarse a nivel subnacional, el metano del sector de los residuos presenta una oportunidad de liderazgo para ciudades, municipios, estados y provincias. Aunque la investigación en este campo está en curso, muchas estrategias de metano procedente de residuos ya consolidadas pueden aplicarse hoy en día con un efecto

significativo. Entre ellas se encuentran los programas de reducción de residuos y compostaje, las cubiertas de vertederos y los sistemas de captura de gases, así como la mejora de los sistemas de saneamiento de aguas residuales.

Este manual aborda únicamente las emisiones de metano procedentes del sector del petróleo y el gas, pero podría ayudar a elaborar una estrategia más amplia centrada en múltiples fuentes de emisión de metano.

Siglas

AVO Audio, Visual, and Olfactory (auditivo, visual y olfativo)

CATF Clean Air Task Force (Grupo de trabajo para un aire limpio)

CCAC Climate and Clean Air Coalition (Coalición Clima y Aire Limpio)

CCUS Carbon Capture, Use, and Storage (Captura, uso y almacenamiento de carbono)

CDM Clean Development Mechanism (Mecanismo de Desarrollo Limpio)

CoMAT Country Methane Abatement Tool (Herramienta nacional de reducción del metano)

DFI Development Finance Institution (Institución Financiera de Desarrollo - IFD)

EDF Environmental Defense Fund (Fondo de Defensa Medioambiental)

EPA Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Medioambiental de EE.UU.)

ESG Environmental, Social, and Governance (Ambiente, social y gobernanza - ASG)

GGFR Global Gas Flaring Reduction Partnership (Asociación Mundial para la Reducción de la Quema de Gas)

GHG Greenhouse Gas (Gases de efecto invernadero - GEI)

GMP Global Methane Pledge (Compromiso mundial sobre el metano)

GWP Global Warming Potential (Potencial de calentamiento global)

IMEO International Methane Emissions Observatory (Observatorio Internacional de Emisiones de Metano)

IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático)

IRR Internal Rate of Return (Tasa interna de retorno - TIR)

LDAR Leak Detection and Repair (Detección y reparación de fugas)

LNG Liquefied Natural Gas (Gas natural licuado - GNL)

MACC Marginal Abatement Cost Curve (Curva de costos marginales de reducción)

MARS Methane Alert and Response System (Sistema de alerta y respuesta al metano)

MDB Multilateral Development Bank (Banco Multilateral de Desarrollo)

M-RAP Methane Roadmap Action Program (Programa de Acción de la Hoja de Ruta del Metano)

MRV Monitoring, Reporting, and Verification (Supervisión, notificación y verificación)

NOC National Oil Company (Compañía petrolera nacional - CPN)

NPV Net Present Value (Valor actual neto - VAN)

OGCI Oil and Gas Climate Initiative (Iniciativa del petróleo y el gas para el clima)

OGI Optical Gas Imaging (Imágenes ópticas de gas)

OGMP Oil and Gas Methane Partnership (Asociación del Petróleo y el Gas para el Metano)

SCALE Subnational Climate Action Leaders Exchange (Intercambio subnacional de líderes para la acción climática)

TPY Ton Per Year (Toneladas métricas por año)

UNEP United Nations Environmental Program (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente - PNUMA)

UNFCCC United Nations Framework Convention and Climate Change (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático - CMNUCC)

VOC Volatile Organic Compound (Compuesto orgánico volátil - COV)

Notas

Capítulo 1

- 1 "El beneficio de las emisiones climáticas puede ser incluso inferior al 0,2% si se tienen en cuenta las coemisiones de aerosoles procedentes de la combustión de carbón". cita Gordon D., Reuland F., Jacob D. J., Worden J. R., Shindell D., & Dyson M. (2023) Evaluación de las intensidades de las emisiones netas de gases de efecto invernadero del ciclo de vida del gas y el carbón con diferentes tasas de fuga de metano, *Environ. Res. Lett.* 18(8): 084008, <https://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/ace3db>

 - 2 Álvarez R. A. et al. 2018: Evaluación de las emisiones de metano de la cadena de suministro de petróleo y gas de Estados Unidos, *Science* 361(6398): 186-88, <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aar7204>

Howarth R. W. 2014: Un puente hacia ninguna parte: las emisiones de metano y la huella de los gases de efecto invernadero del gas natural, *Energy Sci. Eng.* 2(2): 47-60, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ese3.35>

Schwietzke S., Griffin W. M., Matthews H. S., & Bruhwiler L. M. P. 2014: Tasas de emisiones fugitivas de gas natural limitadas por el metano y el etano atmosféricos globales, *Environ. Sci. Technol.* 48(14): 7714-22, <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es501204c>

 - 3 Valores de la 5ª Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Los valores de la 6ª Evaluación son 81,2 y 27,9 para 20 años y 100 años, respectivamente.

 - 4 Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y Coalición Clima y Aire Limpio (CCAC), Evaluación Mundial del Metano 2022:
-

Evaluación Mundial del Metano: Informe de referencia 2030, <https://www.ccaoalition.org/en/resources/global-methane-assessment-2030-baseline-report>

- 5 Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) 2022: Evaluación mundial: Hay que tomar medidas urgentes para reducir las emisiones de metano en esta década, <https://www.unep.org/news-and-stories/press-release/global-assessment-urgent-steps-must-be-taken-reduce-methane>

 - 6 Declaraciones principales del IPCC AR6 WGI Resumen para responsables de políticas, <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/resources/spm-headline-statements/>

 - 7 AIE 2023: Rastreador mundial de metano 2023, <https://www.iea.org/reports/global-methane-tracker-2023>

 - 8 AIE 2023: Rastreador mundial de metano 2023, <https://www.iea.org/reports/global-methane-tracker-2023>

 - 9 Véase la Declaración Conjunta de Importadores y Exportadores de Energía sobre la Reducción de las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero procedentes de Combustibles Fósiles, <https://www.state.gov/joint-declaration-from-energy-importers-and-exporters-on-reducing-greenhouse-gas-emissions-from-fossil-fuels/> ; Comunicado de los ministros de Clima, Energía y Medio Ambiente del G7, [/energy/pdf/G7MinistersCommunique2023.pdf](https://www.meti.go.jp/information/g7hirosima/energy/pdf/G7MinistersCommunique2023.pdf) ; (párrafo 61), <https://www.meti.go.jp/information/g7hirosima/energy/pdf/G7MinistersCommunique2023.pdf> ; Véase también Declaración Conjunta de Glasgow de EE.UU. y China sobre el Refuerzo de la Acción Climática en la década de 2020, <https://www.state.gov/u-s-china-joint-glasgow-declaration-on-enhancing-climate-action-in-the-2020s/>
-

-
- 10 AIE 2023: Rastreador mundial de metano 2023, <https://www.iea.org/reports/global-methane-tracker-2023>
-
- 11 Fondo de Defensa Medioambiental 2022: Cómo la reducción de las emisiones de metano crea empleo, <https://www.edf.org/how-reducing-methane-emissions-creates-jobs>
-
- 12 Mark Davis, James Turrilo, Ioannis Binietoglou 2022: Liderazgo sobre la quema en antorcha en Egipto: Éxitos recientes y oportunidades futuras de cara a la COP27, <https://flareintel.com/insights/leadership-on-flaring-in-egypt-recent-successes-and-future-opportunities-in-the-lead-up-to-cop27>
-

Capítulo 2

- 13 Gobierno de Ghana 2018: Plan de Acción Nacional para Mitigar los Contaminantes Climáticos de Vida Corta, <https://www.ccacoalition.org/en/resources/national-action-plan-mitigate-short-lived-climate-pollutants-ghana>
-
- 14 Oficina de Política Climática Interior 2021 de la Casa Blanca: Plan de Acción para la Reducción de las Emisiones de Metano en Estados Unidos, <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2021/11/US-Methane-Emissions-Reduction-Action-Plan-1.pdf>
-
- 15 La Coalición CCA, <https://www.ccacoalition.org/en/file/9060/download?token=fWAlxbrU>
-
- 16 Gobierno de Canadá 2022: Más rápido y más lejos: La estrategia canadiense contra el metano, <https://publications.gc.ca/site/eng/9.915545/publication.html>
-

-
- 17** Departamento de Estado de EE.UU. 2022: Compromiso mundial sobre el metano: Del momento al momentum, <https://www.state.gov/global-methane-pledge-from-moment-to-momentum/>
-
- 18** Coalición Clima y Aire Limpio (CCAC) 2022: Programa de Acción para la Hoja de Ruta del Metano (M-RAP), <https://www.ccacoalition.org/en/activity/methane-roadmap-action-programme-m-rap>
-
- 19** AIE 2021: Reducir las fugas de metano de la industria del petróleo y el gas: Una hoja de ruta normativa y un conjunto de herramientas <https://www.iea.org/reports/driving-down-methane-leaks-from-the-oil-and-gas-industry>
-
- 20** AIE 2021: Reducir las fugas de metano de la industria del petróleo y el gas: Una hoja de ruta normativa y un conjunto de herramientas, <https://www.iea.org/reports/driving-down-methane-leaks-from-the-oil-and-gas-industry>
-
- 21** Agencia Internacional de la Energía 2023: Rastreador mundial de metano 2023, <https://www.iea.org/reports/global-methane-tracker-2023>
-
- 22** Clean Air Task Force 2023: Herramienta nacional de reducción del metano, <https://www.catf.us/comat/>
-
- 23** Límites de carbono, MIST, <https://mist.carbonlimits.no/>
-
- 24** Valores de la 5ª Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Los valores de la 6ª Evaluación son 81,2 y 27,9 para 20 años y 100 años, respectivamente.
-
- 25** Véase el apartado 37 del anexo de la Decisión 18/CMA.1: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cma2018_3_add2_new_advance.pdf
-

Capítulo 3

- 26** Agencia Internacional de la Energía 2021: Reducir las fugas de metano de la industria del petróleo y el gas: Una hoja de ruta normativa y un conjunto de herramientas, <https://www.iea.org/reports/driving-down-methane-leaks-from-the-oil-and-gas-industry>
-
- 27** Hoja de ruta y herramientas reguladoras de la AIE.
-
- 28** Agencia Internacional de la Energía 2022: Decreto Ministerial n° 04/2013 - Regulación de las Operaciones Petrolíferas, [https://www.iea.org/policies/11934-ministerial-order-no-042013-petroleum-operations-regulations?country=Equatorial percent 20Guinea&q=equatorial&topic=Methane](https://www.iea.org/policies/11934-ministerial-order-no-042013-petroleum-operations-regulations?country=Equatorial%20Guinea&q=equatorial&topic=Methane)
-
- 29** Agencia Internacional de la Energía 2022: (Alberta) Directiva AER 060: Quema en antorcha, incineración y venteo en la industria petrolera (Disposiciones para el *upstream*, <https://www.iea.org/policies/8712-alberta-aer-directive-060-upstream-petroleum-industry-flaring-incinerating-and-venting-upstream-provisions?country=Canada&q=Alberta&topic=Methane>)
-
- 30** Agencia Internacional de la Energía 2022: Resolución n° 806 de 2020 de la ANP, <https://www.iea.org/policies/11752-resolution-no-806-of-2020-from-anp?country=Brazil&topic=Methane>
-
- 31** Agencia Internacional de la Energía 2022: (Saskatchewan) Directiva PNG017: Requisitos de medición para las operaciones de petróleo y gas, <https://www.iea.org/policies/8900-saskatchewan-directive-png017-measurement-requirements-for-oil-and-gas-operations?country=Canada&topic=Methane>
-
- 32** Agencia Internacional de la Energía 2022: Decreto n° 84-CP 1996, que detalla la aplicación de la Ley del Petróleo, <https://www.iea.org/policies/11905-decree-no-84-cp-1996-detailing-the-implementation-of-the-petroleum-law?country=Vietnam&q=vietnam&topic=Methane>
-

Capítulo 4

- 33** Informe "Conozca su petróleo y su gas" de RMI (<https://rmi.org/insight/kyog/>) contiene recomendaciones adicionales detalladas.
-
- 34** La Asociación Medioambiental 2020: Actualizaciones de controladores neumáticos, <https://theenvironmentalpartnership.org/what-were-doing/pneumatic-controllers-upgrades/>
-
- 35** Principios rectores del metano 2022: Reducción de las emisiones de metano: dispositivos neumáticos, <https://methaneguidingprinciples.org/resources-and-guides/best-practice-guides/pneumatic-devices/>
-
- 36** Gas Natural Star 2006: Convertir controles neumáticos de gas a aire por instrumentos, https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-06/documents/ll_instrument_air.pdf
-
- 37** La Asociación Medioambiental 2020; Eliminación manual de líquidos, <https://theenvironmentalpartnership.org/what-were-doing/manual-liquids-removal/>
-
- 38** ExxonMobil 2020: Mitigación de las emisiones de metano de la industria del petróleo y el gas: Modelo de marco normativo, <https://corporate.exxonmobil.com/-/media/Global/Files/newsroom/publications-and-reports/Mitigating-Methane-Emissions-from-the-Oil-and-Gas-Industry-Model-Regulatory-Framework.pdf>
-
- 39** La Asociación Medioambiental 2020: Actualizaciones de controladores neumáticos, <https://theenvironmentalpartnership.org/what-were-doing/pneumatic-controllers-upgrades/>
-
- 40** Principios rectores del metano 2022: Reducción de las emisiones de metano: dispositivos neumáticos.
-

-
- 41 Natural Gas Star 2006: Convertir los controles neumáticos de gas a aire por instrumentos, https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-06/documents/ll_instrument_air.pdf
-
- 42 ExxonMobil 2020: Mitigación de las emisiones de metano de la industria del petróleo y el gas: Modelo de marco normativo. <https://corporate.exxonmobil.com/-/media/Global/Files/newsroom/publications-and-reports/Mitigating-Methane-Emissions-from-the-Oil-and-Gas-Industry-Model-Regulatory-Framework.pdf>
-
- 43 Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos (EPA) 2022: Programa STAR de Gas Natural, Mejores Prácticas de Gestión (BMP) del Reto del Metano, Opciones de Participación, <https://www.epa.gov/natural-gas-star-program/methane-challenge-background-best-management-practices-bmp-commitment#CCompressors>
-
- 44 Deanna Haines 2016: Comparaciones de estudios de caso con el informe de MJB&A "Emisiones de reventones de oleoductos y opciones de mitigación", <https://www.epa.gov/natural-gas-star-program/case-study-comparisons-against-mjba-report-pipeline-blowdown-emissions>
-
- 45 Restablecimiento temporal o desvío de la presión antes del mantenimiento, o instalación de conexiones temporales entre sistemas de alta y baja presión; conexión en caliente (hot tap) para realizar una nueva conexión de tuberías mientras la tubería permanece en servicio para evitar reventones.
-

Capítulo 5

46 <https://miq.org>

47 Canadá, Reglamento relativo a la reducción de las emisiones de metano y de determinados compuestos orgánicos volátiles (sector del *upstream* del petróleo y el gas), SOR/2018-66, <https://laws-lois.justice.gc.ca/eng/regulations/SOR-2018-66/index.html>

48 Id. en la sección 20(1).

49 Id. en la sección 30(2).

50 Id. en la sección 29(1)(b).

51 Id. en la sección. 35(1).

52 Id. en la sección. 33.

53 Id. en las sección 36, (1) y (2).

54 Id. en la sección 56, (1) a (5).

55 Id. en la sección 56(6).

Capítulo 6

- 56 Véase, por ejemplo, Banco Mundial: Asociación Mundial para la Reducción de la Quema de Gas (GGFR), <https://www.worldbank.org/en/programs/gasflaringreduction/about> (última consulta: 5 de mayo de 2023).
-
- 57 Banco Mundial: Iniciativa " Cero quema rutinaria para 2030" (Zero Routine Flaring by 2030, ZRF), <https://www.worldbank.org/en/programs/zero-routine-flaring-by-2030/about> (última consulta: 5 de mayo de 2023).
-
- 58 Las normas del sector presuponen que las antorchas funcionen con una eficiencia de destrucción del 98%. Instituto Americano del Petróleo 2021: Compendio de metodologías de emisión de GEI para la industria del petróleo y el gas, p. 5-4, <https://www.api.org/-/media/files/policy/esg/ghg/2021-api-ghg-compendium-110921.pdf>
-
- 59 Las regulaciones de Nigeria también incorporan inspecciones de las llamas de antorcha como parte de sus requisitos LDAR: iii. La inspección incluye la observación de la chimenea de la antorcha. Anotación sobre el estado de la chimenea de la antorcha:
- Llamarada encendida - combustión adecuada
 - Encendida - combustión deficiente (chisporroteo, humo, etc.)
 - Antorcha apagada con venteo de gas
 - Antorcha apagada sin venteo de gas
-
- 60 Departamento de Energía 2021: Reducir las emisiones de metano todos los días del año, <https://arpa-e.energy.gov>
-
- 61 Banco Mundial 2023: Informe mundial de seguimiento de la quema de gas, <https://www.worldbank.org/en/topic/extractiveindustries/publication/2023-global-gas-flaring-tracker-report>
-

-
- 62** Seguimiento mundial de la quema de gas del Banco Mundial, <https://www.worldbank.org/en/programs/gasflaringreduction/global-flaring-data>.
-
- 63** Colombia, Resolución 40066 de 2022, por la cual se establecen requerimientos técnicos para la detección y reparación de fugas, el aprovechamiento, quema y venteo de gas natural durante las actividades de exploración y explotación de hidrocarburos, https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion_minminas_40066_2022.htm; Véase también Banco Mundial, Regulaciones globales de la quema en antorcha y el venteo: Colombia, <https://flaringventingregulations.worldbank.org/colombia>
-
- 64** Id. en el artículo 18.
-
- 65** Id. en el artículo 22.
-
- 66** Id. en el artículo 24.
-
- 67** Seguimiento mundial de la quema de gas del Banco Mundial. <https://www.worldbank.org/en/programs/gasflaringreduction/global-flaring-data>
-
- 68** Kazajistán, Ley sobre el subsuelo y el uso del subsuelo, artículo 146, <https://adilet.zan.kz/eng/docs/K1700000125> (traducción no oficial al inglés); véase también Banco Mundial, Regulaciones globales sobre la quema y el venteo: Kazajistán, <https://flaringventingregulations.worldbank.org/kazakhstan>
-
- 69** Id. en el artículo 147(9).
-
- 70** Id. en el artículo 147.
-
- 71** Id. en el artículo 147(4).
-

Capítulo 7

- 72 Nigeria, Directrices para la gestión de las emisiones fugitivas y las emisiones de gases de efecto invernadero en las operaciones del *upstream* de petróleo y gas en Nigeria, Guía NUPRC 0024-2022, <https://www.nuprc.gov.ng/wp-content/uploads/2022/11/METHANE-GUIDELINES-FINAL-NOVEMBER-10-2022.pdf>
-
- 73 Id. en la sección 3.4.6 (1).
-
- 74 Id. en la sección 3.4.6 (1).
-
- 75 Id. en la sección 3.4.6 (1).
-
- 76 Id. en la sección 3.4.6 (1).
-
- 77 Id. en la sección 3.4.6 (1).
-
- 78 Id. en la sección 3.4.6 (2).
-
- 79 Id. en la sección 3.4.1 (1).
-
- 80 Id. en la sección 3.4.1 (1)(ii).
-
- 81 Id. en la sección 3.4.1 (2).
-

Capítulo 8

- 82 Kang et al. (2021): Estímulo de los pozos huérfanos de petróleo y gas - Maximización de los beneficios económicos y medioambientales, <https://online.ucpress.edu/elementa/article/9/1/00161/116782/Orphaned-oil-and-gas-well-stimulus-Maximizing>
-
- 83 Véase, por ejemplo, Ley Bipartidista de Infraestructuras de
-

Estado Unidos.

- 84** Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos 2022: “Herramienta EPA sobre información de gases de efecto invernadero a nivel de instalaciones”, <https://ghgdata.epa.gov/ghgp/main.do>
-
- 85** Autoridad de Transición del Mar del Norte 2021: Intensidad de las emisiones en alta mar del UKCS, <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiMWEwNTQ3ZWMtZjZiMC00NDRiLTg4MzAtN2M5N2I5MjhlMjYxIiwidCI6ImU2O DFjNTlkLTg2OGUtNDg4Ny04MGZhLWNIWzZmMWYyMWIwZiJ9>
-
- 86** Coalición Clima y Aire Limpio 2023: Asistencia técnica sobre el metano, <https://www.ccacoalition.org/en/content/methane-technical-assistance>
-
- 87** Clean Air Task Force 2023: CoMAT - Herramienta nacional de reducción del metano, <https://www.catf.us/comat/>
-
- 88** Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos 2023: Programa de Información sobre Gases de Efecto Invernadero (GHGRP), <https://www.epa.gov/ghgreporting>
-
- 89** Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos 2023: Instrucciones para el formulario de información, <https://ccdsupport.com/confluence/display/help/Reporting+Form+Instructions>
-
- 90** Alianza del Petróleo y el Gas Metano 2.0 (OGMP 2.0) 2023: Documentos de orientación y plantillas, <https://ogmpartnership.com/guidance-documents-and-templates/>
-
- 91** Ibid.
-
- 92** Límites de carbono 2023: MIST, <https://mist.carbonlimits.no/>
-

-
- 93 Instituto Americano del Petróleo 2021: Compendio de metodologías de emisión de GEI para la industria del petróleo y el gas, <https://www.api.org/-/media/files/policy/esg/ghg/2021-api-ghg-compendium-110921.pdf>
-

Capítulo 9

- 94 Basado en el Consejo de Recursos Atmosféricos de California 2023: Investigación sobre puntos calientes de metano (AB 1496), <https://ww2.arb.ca.gov/our-work/programs/methane/ab1496-research>
-
- 95 GTI Evaluación de los métodos emergentes de detección de metano Principales hallazgos 2021, https://www.gti.energy/wp-content/uploads/2022/03/Evaluation-of-Emerging-Methane-Detection-Methods_Dec2021.pdf
-
- 96 Distrito de Gestión de la Calidad del Aire de la Costa Sur 2023: Encuestas móviles de medición de metano, <https://www.aqmd.gov/home/news-events/community-investigations/aliso-canyon-update/air-sampling/mobile-methane-measurement-surveys>
-
- 97 Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos 2018: Manual de la EPA: Detección Óptica y Remota para la Medición y Monitorización del Flujo de Emisiones de Gases y Material Particulado, <https://www.epa.gov/sites/default/files/2020-08/documents/gd-52v.2.pdf>
-
- 98 Honeywell 2023, <https://www.regulations.gov/comment/EPA-HQ-OAR-2021-0317-2340>
-
- 99 Congreso de los Estados Unidos - H.R.5376 - Ley de reducción de la inflación de 2022, <https://www.congress.gov/bill/117th-congress/house-bill/5376/text>
-

-
- 100** Dirección Noruega del Petróleo - Ley 21 - diciembre 1990 no 72 relativa al impuesto sobre el vertido de CO₂ en las actividades petroleras en la plataforma continental, <https://www.npd.no/en/regulations/acts/co2-discharge-tax/>
-
- 101** Departamento de Protección Ambiental de Massachusetts 2021: Reducción de las emisiones de metano (CH₄) de las tuberías y servicios de distribución de gas natural (310 CMR 7.73), <https://www.mass.gov/service-details/reducing-methane-ch4-emissions-from-natural-gas-distribution-mains-services-310-cmr-773>
-
- 102** Comentario presentado en EPA Docket ID No EPA-HQ-OAR-2021-0317. Código de Regulaciones de Colorado 5 CCR 1001-9 Regulación Número 7 Control del Ozono a través de Precursores de Ozono y Control de Hidrocarburos a través de Emisiones de Petróleo y Gas con referencia al establecimiento de un inventario de emisiones para apoyar en última instancia los objetivos de intensidad.
-
- 103** Iniciativa Global del Metano; Medición, notificación y verificación del metano. Disponible en: <https://globalmethane.org/mrv/>
-
- 104** Véase, por ejemplo, Colorado State University 2021: Clase de capacitación en OGI, <https://energy.colostate.edu/metec/ogi-training-class/>
-
- 105** Mozhou Gao, et al. 2023: Cobertura observacional mundial de fuentes de metano procedentes del petróleo y el gas con TROPOMI, <https://www.researchsquare.com/article/rs-2681923/v1>
-
- 106** GTI Energía 2021: Evaluación en Libro Blanco de Métodos Emergentes de Detección de Metano, https://www.gti.energy/wp-content/uploads/2022/03/Evaluation-of-Emerging-Methane-Detection-Methods_Dec2021.pdf
-

-
- 107** Iniciativa 2020 sobre el clima en el sector del petróleo y el gas: Desplegar eficazmente las tecnologías de detección y cuantificación del metano, <https://www.ogci.com/news/deploying-methane-detection-and-quantification-technologies-effectively>
-
- 108** Chevron 2022: Informe sobre el metano, p.9, <https://www.chevron.com/-/media/shared-media/documents/chevron-methane-report.pdf>
-

Capítulo 10

- 109** Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos 2023: Política de auditoría de la EPA, <https://www.epa.gov/compliance/epas-audit-policy>
-
- 110** AIE 2021: Reducir las fugas de metano procedentes de la industria del petróleo y el gas, p. 58, <https://www.iea.org/reports/driving-down-methane-leaks-from-the-oil-and-gas-industry>
-
- 111** Fondo de Defensa Ambiental 2019: Vías para el cumplimiento alternativo: Un marco para impulsar la innovación, la protección del medioambiente y la prosperidad, https://www.edf.org/sites/default/files/documents/EDFAlternativeComplianceReport_0.pdf
-

Capítulo 11

- 112** IPC 2022: El panorama de la financiación de la reducción del metano, <https://www.climatepolicyinitiative.org/wp-content/uploads/2022/07/Landscape-of-Methane-Abatement-Finance.pdf>
-
- 113** AIE 2022: Seguimiento mundial del metano 2022, <https://www.iea.org/reports/global-methane-tracker-2022/estimating-methane-emissions>
-

-
- 114** IPC 2022: El panorama de la financiación de la reducción del metano.
-
- 115** AIE 2022: Seguimiento mundial del metano 2022, <https://www.iea.org/reports/global-methane-tracker-2022>.
-
- 116** AIE 2023: Las emisiones de metano se mantienen persistentemente altas en 2022 a pesar de que la subida de los precios de la energía abarata más que nunca las medidas para reducirlas, <https://www.iea.org/news/methane-emissions-remained-stubbornly-high-in-2022-even-as-soaring-energy-prices-made-actions-to-reduce-them-cheaper-than-ever>
-
- 117** CBS News 17 de abril de 2020: \$1.700 millones para limpiar pozos huérfanos y abandonados podría crear miles de puestos de trabajo, <https://www.cbc.ca/news/canada/calgary/federal-oil-and-gas-orphan-wells-program-1.5535943>
-
- 118** Departamento del Tesoro de EE.UU: Guía sobre energía procedente de combustibles fósiles para bancos multilaterales de desarrollo (BMD), <https://home.treasury.gov/system/files/136/Fossil-Fuel-Energy-Guidance-for-the-Multilateral-Development-Banks.pdf>
-
- 119** Departamento de Estado de Estados Unidos 2022: Declaración conjunta de importadores y exportadores de energía sobre la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de combustibles fósiles, <https://www.state.gov/joint-declaration-from-energy-importers-and-exporters-on-reducing-greenhouse-gas-emissions-from-fossil-fuels/>
-
- 120** Si los mercados voluntarios de carbono operan en un entorno en el que la normativa está en vigor, deben especificarse los criterios de adicionalidad. Si la normativa exige reducciones, esas reducciones de emisiones no se considerarían "adicionales" y no podrían optar a compensaciones en un mercado de carbono.
-

-
- 121** AIE 2020: Seguimiento mundial del metano 2020, <https://www.iea.org/reports/methane-tracker-2020/methane-abatement-options>
-
- 122** Banco Mundial 2022: Soluciones financieras para reducir la quema de gas natural y las emisiones de metano, <https://openknowledge.worldbank.org/server/api/core/bitstreams/27e9b31f-c8bf-5fa4-aeeca-p3-3576d60e1a48/content>
-
- 123** Banco Mundial 2022: Soluciones financieras para reducir la quema de gas natural y las emisiones de metano, <https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/e7bb2e64-799c-59d7-9f92-4531d541b129>
-
- 124** Ecofys 2004: Guía de Introducción a los Proyectos del Mecanismo de Desarrollo Limpio en los Países en Transición Temprana, p.3, <https://www.oecd.org/env/outreach/34595305.pdf>
-

Capítulo 12

- 125** La AIE, <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/marginal-abatement-cost-curve-for-oil-and-gas-related-methane-emissions-globally>
-
- 126** Grupo Clima: Más lejos, más rápido, juntos: Acciones de los líderes Under2 en la COP26, <https://www.theclimategroup.org/further-faster-together-under2-leaders-actions-cop26> (última consulta: 5 de mayo de 2023)
-
- 127** Departamento de Estado de EE.UU. 2022: El Departamento de Estado de EE.UU. y Bloomberg Philanthropies anuncian su apoyo al Intercambio Subnacional de Líderes para la Acción Climática, <https://www.state.gov/u-s-state-department-and-bloomberg-philanthropies-announce-su-support-for-the-subnational-climate-action-leaders-exchange/>
-

-
- 128** OGCI: La iniciativa “Cero emisiones de metano” de la OGCI, <https://aimingforzero.ogci.com/>
-
- 129** La Coalición CCA, <https://www.ccacoalition.org/en/activity/reducing-methane-emissions-mexico%E2%80%99s-oil-and-gas-sector>
-
- 130** La Coalición CCA, <https://www.ccacoalition.org/en/news/harnessing-law-slash-methane-emissions-oil-and-gas-industry-0>
-

Anexos

- 131** Evaluación mundial del metano de la ONU, <http://ccacoalition.org/en/resources/global-methane-assessment-full-report>
-
- 132** Este marco no aborda asuntos como la oferta de carne o la reducción de la demanda, que pueden ser componentes clave de las estrategias de reducción de emisiones a largo plazo. Los responsables políticos que elaboren estrategias de acuerdo con este marco deben tener cuidado de evitar la creación de incentivos perversos o el bloqueo de programas que puedan inhibir futuros esfuerzos.
-
- 133** PNUMA y CACC 2022: Evaluación mundial del metano: Informe de referencia 2030, <https://www.ccacoalition.org/en/resources/global-methane-assessment-full-report>
-

Colofón

Esta obra está autorizada para su uso bajo una Licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License (CC BY NC SA).

Este libro fue escrito utilizando el método Book Sprints (www.booksprints.net) en mayo de 2023.

Autores: Adam Pacsi, Chathura Wijesinghe, Darin Schroeder, Deanna Haines, Eric Camp, Gil Damon, K.C. Michaels, Kenyon Weaver, Mohamed Badissy, Naadira Ogeer, Rafiqul Islam, Ryan Wong, Steve Wolfson

Facilitadora de Book Sprints: Barbara Rühling

Redactores: Raewyn Whyte, Christine Davis

Diseñador HTML del libro: Manuel Vázquez

Ilustrador y diseñador de portadas: Lennart Wolfert, Henrik van Leeuwen

Foto de portada: Captura de pantalla de un video termográfico grabado con una cámara de rayos infrarrojos y facilitado a Reuters el 10 de junio de 2021 por Clean Air Task Force (CATF).

Fuente: *Inria* de The Black[Foundry], *Techna* de Carl Enlund, *Faune* de Alice Savoie

Este documento debe citarse como: Methane Abatement for Oil & Gas: Handbook for Policymakers (2023).



Financiado por:

Oficina de Recursos Energéticos

DEPARTAMENTO *de* ESTADO DE EE.UU.

Desarrollado por:



CLDP

PROGRAMA DE DESARROLLO DEL DERECHO MERCANTIL

Colaboradores institucionales:

