

# Diagnóstico para la Descarbonización de Puertos y Buques en el Golfo de California



# Créditos y Agradecimientos

*La elaboración de este reporte estuvo a cargo del Mtro. Salomón Díaz Mondragón, Coordinador para la Descarbonización del Sector Marítimo de WWF México, con apoyo de Rodrigo Sebastián Tapia Vela, Becario de WWF México.*

*Agradecemos a la **Cámara Mexicana de la Industria del Transporte Marítimo (CAMEINTRAM)**, particularmente al Mtro. Eric E. Serratos Zavala, por su compromiso con el desarrollo sustentable del sector, así como su valiosa orientación para la elaboración de este diagnóstico, en el marco de la Hoja de Ruta para la Descarbonización del Sector Marítimo de México publicada por la Cámara en marzo de 2025.*

*A las **empresas navieras** y asociaciones nacionales que amablemente dedicaron su tiempo en las entrevistas para conocer e integrar sus retos, oportunidades y propuestas de descarbonización: Transportes Marítimos de California, PROTEXA, Baja Ferries y a la Asociación Mexicana de Agentes Navieros (AMANAC).*

*A los panelistas y participantes del **Segundo Foro de Transporte Marítimo y Puertos Sustentables de las Californias** realizado en junio de 2025 en Ensenada Baja California, del cual se incluyeron diversos hallazgos en el presente diagnóstico. En el marco del convenio de colaboración entre WWF, CAMEINTRAM y el Instituto de las Américas.*

*A **Innovaciones Alumbra** por el financiamiento otorgado para la elaboración de este diagnóstico, en el contexto del proyecto de Descarbonización Marítima de WWF México.*

**Diciembre de 2025**

# Contenido

- 1. Introducción..... 5
  - 1.1 Importancia de la reducción de emisiones..... 6
  - 1.2 Emisiones de GEI en el Golfo de California..... 8
  - 1.3 Esfuerzos globales y nacionales para la descarbonización marítima ..... 9
- 2. Actividad Portuaria y Marítima en el Golfo de California..... 11
  - 2.1 Actividades por Puerto ..... 15
    - Puerto de Guaymas, Sonora ..... 15
    - Puerto de Topolobampo, Sinaloa..... 16
    - Puerto de Mazatlán, Sinaloa ..... 17
    - Puertos de La Paz y Pichilingue, Baja California Sur ..... 18
    - Puerto de San Juan de la Costa, Baja California Sur..... 19
    - Puerto de Los Cabos San Lucas, Baja California Sur ..... 19
    - Líneas Navieras con Terminales Propias o Concesionadas..... 20
  - 2.2 Acciones relacionadas con la Descarbonización en los Puertos ..... 21
  - 2.3 Compromisos de sustentabilidad de las líneas navieras ..... 23
- 3. Diagnóstico de retos y oportunidades para la descarbonización ..... 24
  - 3.1 Combustibles, Infraestructura, Tecnología..... 25
  - 3.2 Eficiencia Operativa..... 26
  - 3.3 Regulaciones y gobernanza ..... 28
  - 3.4 Financiamiento e incentivos ..... 29
  - 3.5 Colaboración y Comunidades Locales ..... 30
  - 3.6 Medición, planeación y reporte..... 32
- 4. Propuestas para la Descarbonización Marítima del GC ..... 34
  - 4.1 Combustibles e Infraestructura ..... 35

4.2	Eficiencia operativa .....	36
4.3	Regulaciones y gobernanza .....	38
4.4	Financiamiento e incentivos .....	38
4.5	Colaboración e involucramiento de comunidades locales .....	39
4.6	Medición, planeación y reporte .....	40
5.	Monitoreo y evaluación.....	41
6.	Literatura citada .....	44

## 1. Introducción

La reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en el sector marítimo es crucial por varias razones interconectadas que afectan tanto al planeta como a las personas, incluyendo el combate al cambio climático y calentamiento global, mejoramiento de la salud pública, justicia ambiental, equidad social y también representa una oportunidad para la innovación y transición energética.

Considerando lo anterior, este diagnóstico fue diseñado para orientar a los actores clave del sector en la región del Golfo de California y contribuir al cumplimiento de las metas y estrategias globales y nacionales sobre descarbonización de puertos y transporte marítimo. Este diagnóstico se enfoca en los puertos de Guaymas, Topolobampo, Mazatlán y el Puerto de Baja California Sur (que agrupa a Pichilingue, La Paz y San Juan de la Costa), Relevancia del Golfo de California

El Golfo de California, reconocido por la UNESCO como Patrimonio Mundial (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], 2018), es uno de los ecosistemas marinos más ricos y productivos del planeta. Su inmensa biodiversidad, que incluye cetáceos, aves marinas, manglares y arrecifes, no solo posee un valor ecológico invaluable, sino que también es un pilar para el sustento y la resiliencia de las comunidades costeras.

A su vez, la región es un motor estratégico para la economía de México. Las actividades en los estados de Baja California, Sonora y Sinaloa son clave para el desarrollo nacional:

- **Pesca:** La región representa cerca del 70% de la producción pesquera nacional (Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca [CONAPESCA], 2023).
- **Agricultura:** Sus distritos de riego aportan aproximadamente el 40% de la producción agrícola del país (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2023).
- **Minería:** Concentra el 27% del valor total de la producción minera de México (Secretaría de Economía, 2024).
- **Turismo:** Destinos como Los Cabos y Mazatlán atraen a más de dos millones de visitantes al año (Secretaría de Turismo [SECTUR], 2017).

Los puertos del Golfo de California son nodos logísticos clave que impulsan la productividad regional. No solo facilitan el comercio y la competitividad, sino que también son esenciales para el abastecimiento de la península. Además, actúan como un significativo motor de empleo regional, generando oportunidades directas e indirectas en sectores como el transporte, los servicios portuarios, las aduanas y la logística (Zepeda-Ortega *et al.*, 2017).

Sin embargo, este dinamismo coexiste con severas presiones ambientales. La región enfrenta una tensión constante entre el desarrollo y la conservación, amenazada por la contaminación agrícola, la sobrepesca y, de manera crucial, las emisiones de gases de efecto invernadero del sector marítimo y otras industrias, que impactan tanto al ecosistema como a la salud humana.

### ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

- 140 sitios prioritarios para la conservación en la región
- 12 decretos de reservas de la biosfera, parques nacionales y áreas de protección de flora y fauna

### ECOSISTEMAS

- 922 islas con flora y fauna únicas
- Arrecifes de coral, manglares, lagunas costeras, playas, dunas y zonas desérticas

### FLORA Y FAUNA

- 900 especies de peces
- 39% de los mamíferos marinos del mundo, como ballena jorobada, azul y gris
- 4,500 especies de invertebrados marinos
- 181 especies de aves marinas
- 6 especies de tortugas marinas (laúd, verde, caguama, carey, olivácea y prieta)
- 695 especies de plantas vasculares

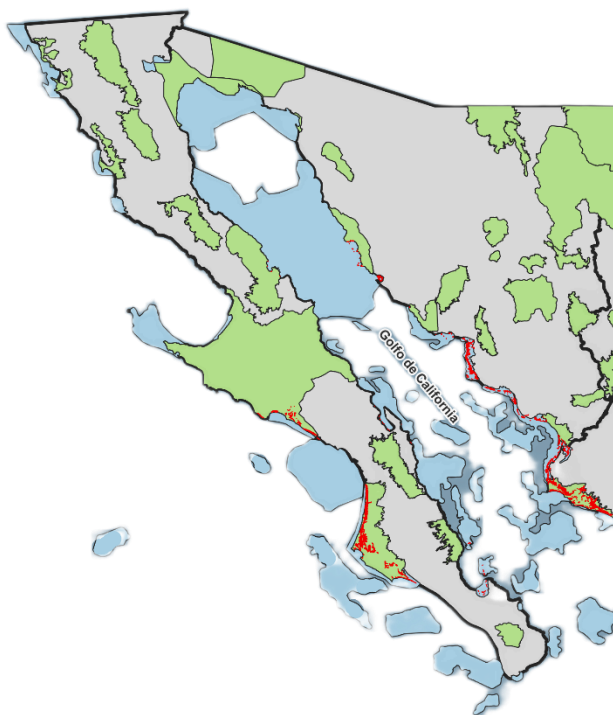


Figura 1. Biodiversidad del Golfo de California. Fuente: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

## 1.1 Importancia de la reducción de emisiones

El sector marítimo es responsable de aproximadamente el 3% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero GEI, rondando entre los 900 millones a 1.2 mil millones de emisiones de tCO<sub>2</sub> anuales, las cuales contribuyen directamente al cambio climático (OMI, 2021). En México, se estima que el Sistema Portuario Nacional emite alrededor de 1.33 millones de tCO<sub>2</sub> representando una fracción pequeña en comparación con las emisiones globales del transporte marítimo (SEMARNAT, 2024).

Paralelamente, la combustión de combustibles fósiles marinos libera contaminantes atmosféricos locales tales como óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y material particulado (PM<sub>2.5</sub>) que generan externalidades negativas significativas sobre la salud de las comunidades portuarias y costeras (Mueller *et al.*, 2022).

En este contexto, la transición hacia tecnologías y combustibles de cero o bajas emisiones no solo es un requisito para el cumplimiento de los compromisos internacionales en materia climática, sino que también representa una oportunidad para catalizar la innovación tecnológica, mejorar los indicadores de salud pública y fomentar un desarrollo industrial sostenible y socialmente inclusivo (ClassNK, 2023).

## Descarbonización del sector marítimo portuario

El transporte marítimo representa cerca del 3% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero (GEI), principalmente dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>)

### SALUD PÚBLICA

La contaminación atmosférica afecta gravemente la salud de comunidades cercanas a puertos y rutas marítimas.

El contacto con material particulado PM2.5 y PM10, óxidos de nitrógeno y azufre incrementan el riesgo de contraer enfermedades respiratorias como asma y bronquitis.

### CAMBIO CLIMÁTICO

El aumento de emisiones globales atmosféricas contribuyen directamente al incremento del cambio climático provocando:

- Aumento del nivel del mar, que amenaza a zonas costeras
- Alteraciones en patrones climáticos, como tormentas más intensas y sequías más prolongadas
- Pérdida de biodiversidad, especialmente de ecosistemas marinos

### LA DESCARBONIZACIÓN ES UNA OPORTUNIDAD DE INNOVACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE VIDA

La descarbonización marítima es el proceso de reducir o eliminar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y otros contaminantes (PM2.5, PM10, SO<sub>x</sub> y NO<sub>x</sub>) de la industria del transporte marítimo.

Muchas comunidades portuarias, especialmente en países en desarrollo, enfrentan una carga desproporcionada de contaminación sin beneficiarse directamente del comercio marítimo.

La reducción de emisiones en puertos y el transporte marítimo es crucial para combatir al cambio climático y calentamiento global (Acuerdo de París), contribuir al mejoramiento de la salud pública, la justicia ambiental y la equidad social.

### LA DESCARBONIZACIÓN PORTUARIA OFRECE:

- La implementación de tecnologías limpias como buques eléctricos, combustibles alternativos (metanol verde, amoníaco, hidrógeno)
- Infraestructura sostenible, como electrificación de muelles y eficiencia energética en operaciones portuarias
- Normativas internacionales, como las de la Organización Marítima Internacional (OMI), que promueven estándares más estrictos

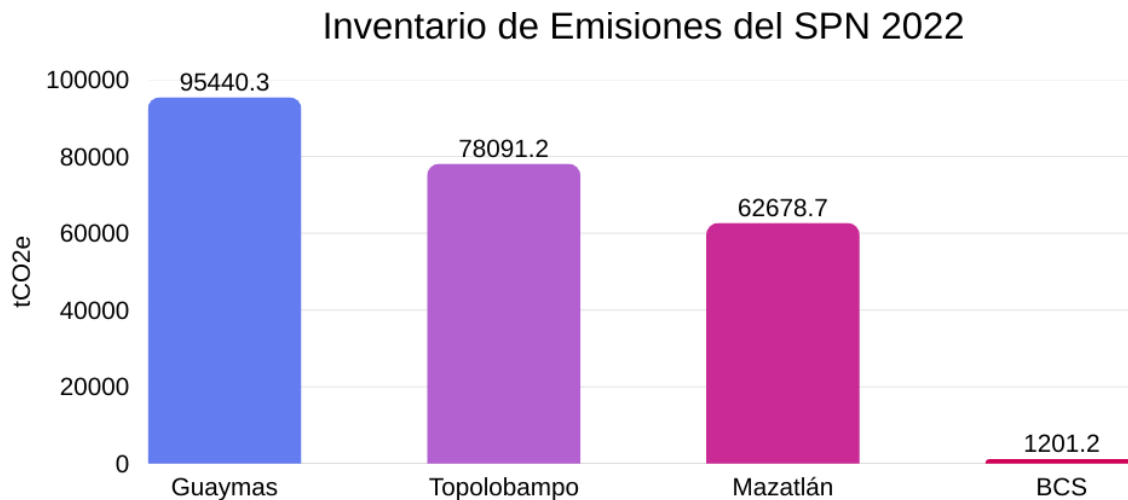


Figura 2. Principales efectos de los contaminantes atmosféricos en la salud pública y el cambio climático. Elaboración propia con información de OMI, 2021 y Mueller *et al.*, 2022.

## 1.2 Emisiones de GEI en el Golfo de California

El sistema portuario dentro del Golfo de California emite un total de 237,411.4 tCO<sub>2</sub>e al año, posicionando a Guaymas como el principal foco de emisiones de la región (SEMAR, 2024). Dentro de la zona, cada puerto contempla distintas operaciones marítimas y por ende la atribución de estas emisiones varía de acuerdo con la vocación de cada puerto:

- Guaymas: Emisiones asociadas predominantes a la manipulación de carga a granel y en la flota pesquera industrial.
- Topolobampo: Se atribuye principalmente al consumo de diesel para la propulsión de ferries y el movimiento de carga comercial.
- Mazatlán: Las emisiones se originan en las operaciones de buques de pasajeros y cruceros turísticos.
- Baja California Sur: Emisiones asociadas a ferries de pasajeros y carga, así como a exportación de minerales.



*Figura 3. Emisiones de toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO<sub>2</sub>e) en puertos del GC. **Nota:** Es importante resaltar que en BCS no se reportan las emisiones provenientes de buques ni de ferries (alcance 3), los cuales representan las mayores emisiones en los puertos.*

Así mismo, de un total de 1,334,145 tCO<sub>2</sub>e que se emitieron en el Sistema Portuario Nacional (SPN) durante el 2022, el Golfo de California (que incluye al puerto de Guaymas, Topolobampo, Mazatlán y Baja California Sur) representa únicamente el 17.8% de estas emisiones en comparación con otros puertos.

## Inventario de emisiones del SPN 2022

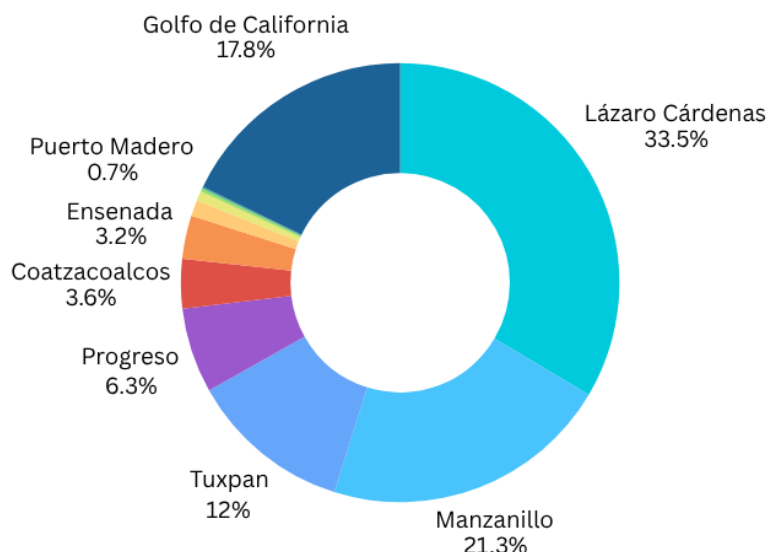


Figura 4. Emisiones de toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO<sub>2</sub>e) en puertos de México en comparación con los puertos del Golfo de California.

### 1.3 Esfuerzos globales y nacionales para la descarbonización marítima

La descarbonización marítima atraviesa una transformación profunda liderada por la Organización Marítima Internacional (OMI). En 2023, la OMI adoptó su Estrategia Revisada de GEI, que fija metas para reducir al menos un 20 % las emisiones en 2030 (con aspiración de 30 %), 70 % en 2040 (con aspiración de 80 %) y alcanzar cero emisiones netas para 2050 (OMI, 2023). También busca que al menos el 5 % de la energía del transporte marítimo provenga de combustibles de bajas o nulas emisiones en 2030. Para ello, se aplican instrumentos como el Índice de Eficiencia Energética de Buques Existentes (EEXI), el Indicador de Intensidad de Carbono (CII) y el reforzamiento del Anexo VI de MARPOL (OMI, 2023b).

Junto a la regulación internacional, diversas alianzas impulsan la transición. La *Getting to Zero Coalition* promueve buques de cero emisiones; la *Sea Cargo Charter* estandariza la medición y reporte de emisiones; los *Poseidon Principles* vinculan el financiamiento con objetivos de sostenibilidad; *ZEMBA* agrupa a grandes cargadores que buscan transporte libre de emisiones; y la

*Science Based Targets initiative (SBTi)* apoya a las navieras en la definición de metas alineadas con la ciencia climática.

En el ámbito tecnológico, la industria experimenta una diversificación acelerada: el gas natural licuado (GNL) se consolida como opción de transición, mientras que crecen los proyectos con metanol verde, amoníaco, hidrógeno y biocombustibles avanzados. Paralelamente, la electrificación portuaria (*Shore Power*) y las innovaciones en eficiencia (p. ej. cascos hidrodinámicos, propulsión asistida por viento y digitalización de rutas) reducen el consumo y las emisiones.

Regionalmente, la Unión Europea lidera al incluir al transporte marítimo en su mercado de carbono (EU ETS) y con la regulación *FuelEU Maritime*, que exige combustibles más limpios desde 2015 (European Commission, 2015). Estados Unidos aplica normas obligatorias de *Shore Power* en California y promueve el uso de hidrógeno mediante los *Hydrogen Hubs* (Office of Clean Energy Demonstrations [OCED], 2024). En Asia, empresas como Mitsui O.S.K. Lines (MOL) desarrollan buques de cero emisiones e infraestructura para combustibles alternativos (MOL, 2022).

El mercado también impulsa el cambio. Grandes empresas como Amazon, Ikea o Unilever demandan transporte sin emisiones (Peng, 2023; IKEA, 2025), mientras bancos y aseguradoras condicionan financiamientos a criterios climáticos. Además, aumenta la transparencia: las navieras reportan indicadores como CII y EEXI y la huella de carbono gana relevancia en toda la cadena logística.

En conjunto, estos avances muestran un cambio estructural en marcha, aunque aún en una fase inicial que requiere cooperación, inversión y participación activa de los puertos como facilitadores de la transición.

En México, la descarbonización marítima y portuaria comienza a consolidarse mediante instrumentos que alinean al país con los compromisos internacionales. Destaca la *Estrategia de Descarbonización de Puertos* de la Secretaría de Marina (SEMAR), primer marco oficial para incorporar objetivos de mitigación en la gestión portuaria. Esta estrategia diagnostica emisiones, identifica barreras y define acciones en cada Administración del Sistema Portuario Nacional (ASIPONA).

Por su parte, la *Hoja de Ruta para la Descarbonización del Transporte Marítimo en México*, elaborada por la CAMEINTRAM, orienta al sector privado hacia el uso de combustibles alternativos, modernización de flotas y capacitación del personal.

Finalmente, México participa en la elaboración del *Plan de Acción Nacional para la Descarbonización del Transporte Marítimo*, coordinado por la OMI, que busca integrar las metas globales con las capacidades nacionales.

Estos tres últimos instrumentos conforman una base sólida para la transición hacia un sector marítimo bajo en carbono. Su éxito dependerá de la articulación entre gobierno, empresas y comunidades portuarias, así como de la inversión en infraestructura limpia y una gobernanza continua y efectiva.



Figura 5. Principales estrategias nacionales e internacionales para la descarbonización marítima. Elaboración propia.

## 2. Actividad Portuaria y Marítima en el Golfo de California

El Golfo de California concentra una actividad marítima diversa en tres segmentos principales: ferris y transporte de pasajeros, buques de carga comercial y cruceros turísticos. La dinámica de estos movimientos está determinada tanto por la conectividad interna de México como por los flujos de

comercio internacional y turismo. En conjunto, este sistema portuario es clave para la movilidad de la península de Baja California, la integración económica con el noroeste del país y la atracción de turismo internacional.

1. **Conectividad y Abastecimiento (Ferris):** El corredor de ferris entre Baja California Sur (Pichilingue) y Sinaloa (Topolobampo, Mazatlán) es vital para la integración territorial. Navieras como Baja Ferries y Transportación Marítima de California mueven pasajeros, vehículos y carga rodada esencial para el abastecimiento de la península, incluyendo alimentos, combustibles y materiales de construcción. Esta dependencia operativa, basada en el uso intensivo de diésel marino, posiciona la modernización de esta flota como un desafío prioritario.
2. **Comercio y Logística (Carga):** Los puertos del Golfo son nodos logísticos clave. Guaymas se especializa en el movimiento de graneles minerales y productos agroindustriales, con conexiones comerciales hacia Estados Unidos y Asia. Por su parte, Topolobampo moviliza granos y fertilizantes. En estos puertos operan gigantes navieros globales como Maersk, MSC y CMA CGM, cuya presencia y metas de descarbonización abren una oportunidad para que los puertos desarrollen infraestructura de combustibles limpios y electrificación.
3. **Turismo (Cruceros):** Mazatlán y La Paz son destinos importantes en las rutas del Pacífico, recibiendo líneas de cruceros como Carnival, Princess, Norwegian y Royal Caribbean, que conectan la región con puertos como Los Ángeles y San Diego. Aunque generan una derrama económica significativa, las emisiones durante sus estancias son un problema relevante. Esto impulsa la necesidad de implementar soluciones como el suministro eléctrico desde tierra (*shore power*) para avanzar hacia un modelo de "cruceros verdes".

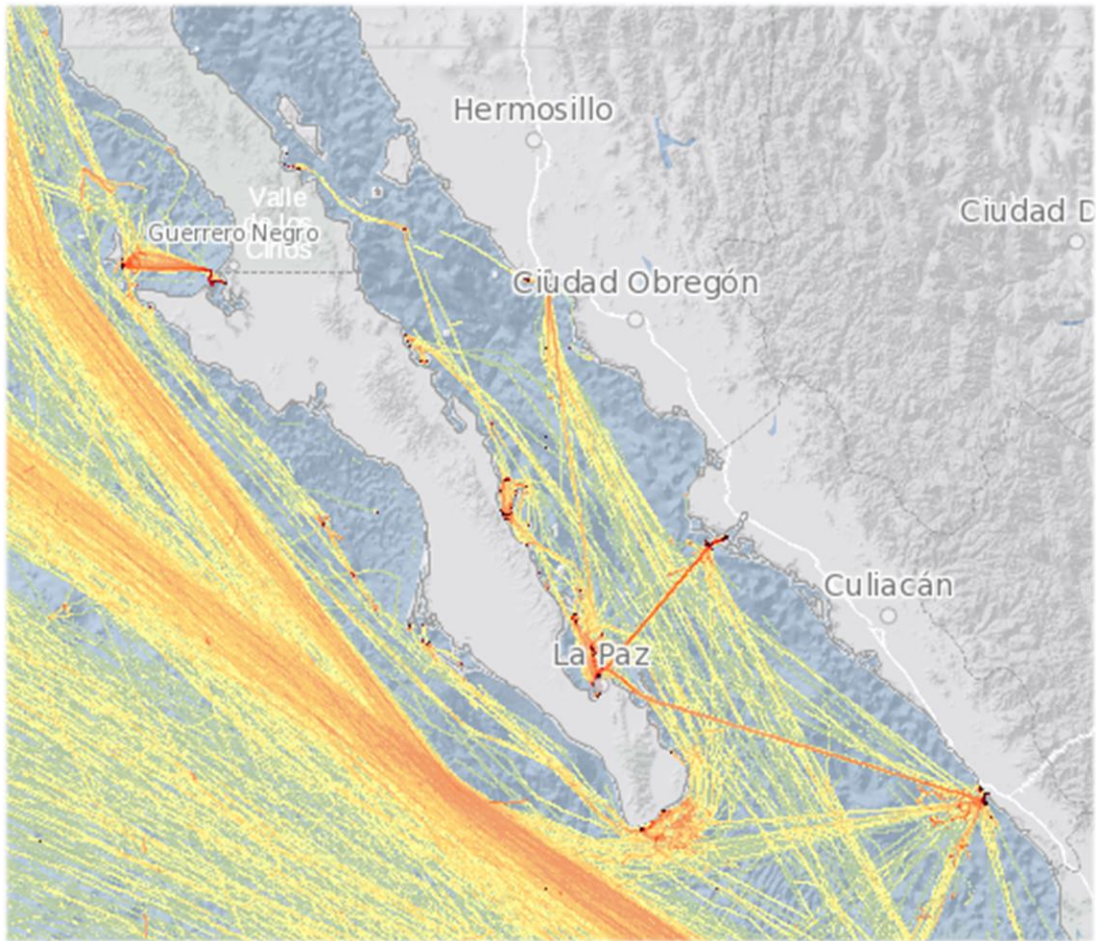


Figura 6. Mapa de densidad de buques en el Golfo de California. Incluye las principales rutas utilizadas por buques de tipo cargueros, tanqueros, graneleros, no comerciales y de pasajeros. Fuente: Global Marine Traffic GMTDS map.

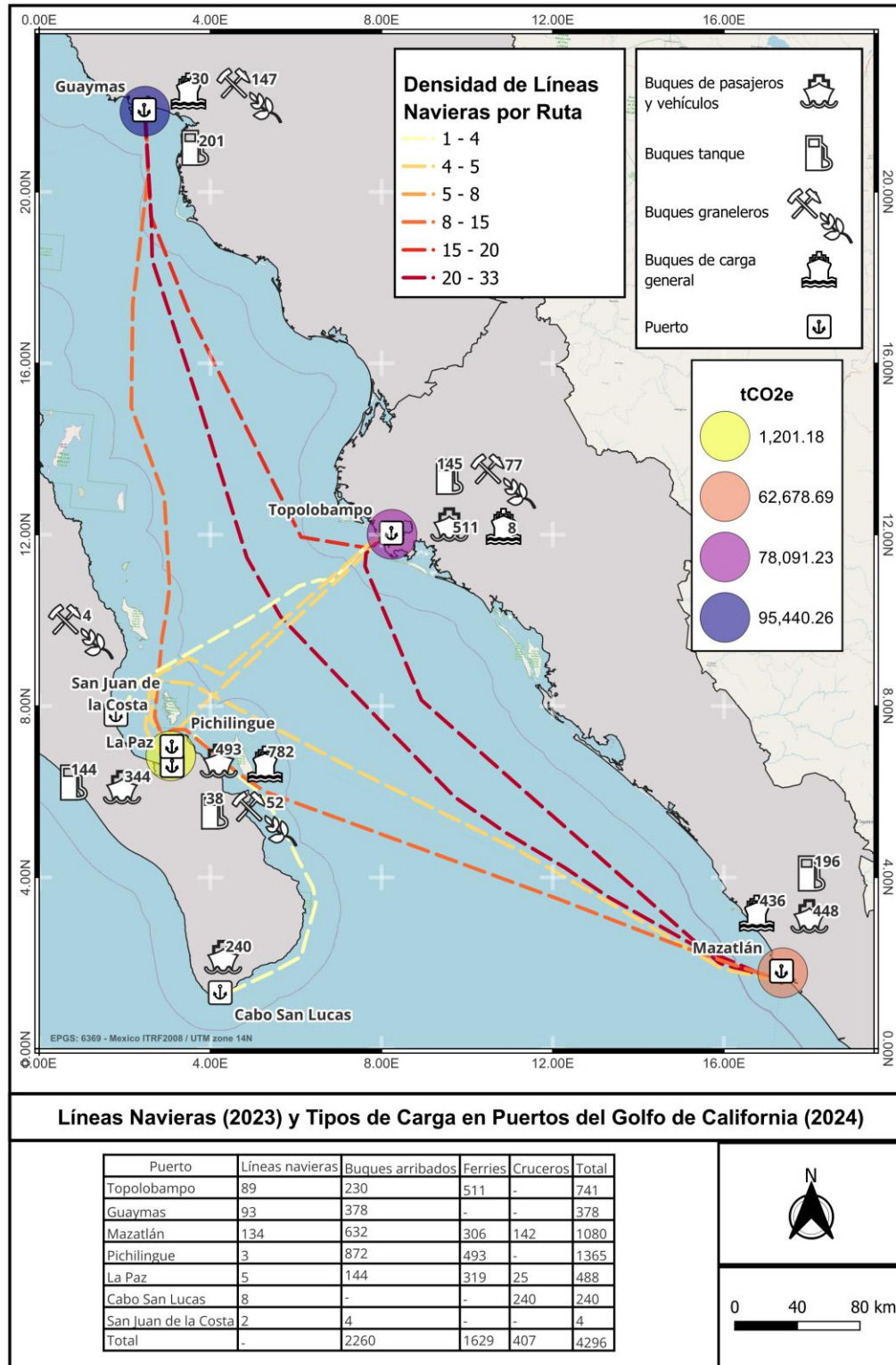


Figura 7. Rutas navieras, tipos de buques y emisiones de tCO<sub>2</sub>e en los principales puertos del Golfo de California. Los colores muestran la densidad de líneas navieras por tramo y los círculos el nivel de emisiones. La tabla resume la actividad portuaria registrada en el año 2023 y 2024.

## 2.1 Actividades por Puerto

### Puerto de Guaymas, Sonora



*Figura 8. Puerto de Guaymas, Son. Fuente: ASIPONA Guaymas.*

El Puerto de Guaymas cuenta con terminales especializadas y una infraestructura diversa para el movimiento de mercancías, incluyendo cabotaje, exportación, importación y tránsito internacional.

Entre sus terminales especializadas se encuentran:

- Graneles líquidos: Con una superficie de más de 21,356 m<sup>2</sup>, cuenta con dos tanques de almacenamiento de 30,000 toneladas para fertilizante a granel líquido. También hay una instalación de 45,159.20 m<sup>2</sup> con cinco tanques para el manejo de ácido sulfúrico.
- Granos: La terminal de granos de Multigua tiene una batería de 72 silos con capacidad para 68,000 toneladas, con un sistema automatizado para carga y descarga de buques y una capacidad dinámica anual de 4 millones de toneladas.
- Graneles minerales: Una nueva terminal está en construcción con una capacidad dinámica de 500,000 toneladas anuales, incluyendo un domo de almacenamiento de 30,000 toneladas. La Administración del Sistema Portuario Nacional (ASIPONA) de Guaymas también administra un almacén de 6,000 m<sup>2</sup> para concentrados de cobre, con una capacidad de 40,000 toneladas.

- Carga general: Existe una instalación especializada para el manejo de graneles de mineral y un almacén de 10,000 m<sup>2</sup> para cemento.

### Puerto de Topolobampo, Sinaloa



*Figura 9. Puerto de Topolobampo, Sin. Fuente: ASIPONA Topolobampo.*

El puerto de Topolobampo se destaca por su infraestructura multimodal que conecta eficientemente el transporte marítimo con el terrestre y ferroviario.

- Terminal de Transbordadores: Un muelle de 170 metros de largo para carga y pasajeros tipo Ro-Ro-Pax.
- Terminal de Cemex: De usos múltiples, cuenta con dos silos mecanizados con una capacidad de 1,000 toneladas cada uno y una espuela de ferrocarril hasta sus instalaciones.
- Terminal de PEMEX: Una terminal privada especializada en el manejo de petróleo y sus derivados, con dos posiciones de atraque de 156 metros cada una y equipo que incluye tanques de almacenamiento y ductos de conducción.
- Graneles agrícolas: La Terminal Marítima de Topolobampo, S.A. de C.V. es una instalación pública especializada en graneles agrícolas, con una capacidad estática de 120 mil

toneladas. Las maniobras de recepción, almacenamiento y carga a buque están completamente mecanizadas.

- Fertilizantes: Existen dos instalaciones especializadas en la recepción y venta de fertilizantes, equipadas con bodegas mecanizadas, bandas transportadoras y básculas.
- Hidrocarburos: La terminal de IENOVA PETROLÍFEROS se especializa en el manejo de hidrocarburos, petrolíferos y fluidos.

### Puerto de Mazatlán, Sinaloa



Figura 10. Puerto de Mazatlán, Sin. Fuente: ASIPONA Mazatlán.

El Puerto de Mazatlán administra un recinto portuario que atiende una amplia gama de maniobras, desde contenedores y carga general hasta vehículos y gráneles.

- Terminal de Usos Múltiples (TMAZ): Cuenta con 1,300 metros lineales de muelles y almacenes, incluyendo uno equipado con grúas viajeras. Esta terminal atiende contenedores, carga general, vehículos y "car carriers". También dispone de un patio de granel, 150 plugs para contenedores refrigerados y un frigorífico.
- Terminal de Fluidos: Cesionada a PEMEX, se especializa en la recepción de combustibles en buques cisterna para el abastecimiento local.
- Terminal de Transbordadores: Cuenta con dos rampas Ro-Ro y 200 metros de muelle, proporcionando una conexión diaria con La Paz.
- Terminal de Pesca: Atiende a la flota atunera, con la empresa PINSA como un actor clave.

- Maquinaria y equipo: El puerto dispone de equipo para la carga y descarga, como tractores de arrastre, camiones de volteo, montacargas, barredoras, y grúas móviles multipropósito de hasta 100 toneladas. También cuenta con plataformas para contenedores de 20 y 40 pies.

#### Puertos de La Paz y Pichilingue, Baja California Sur



*Figura 11. Puerto de Pichilingue, BCS. Fuente: API BCS.*

Es fundamental distinguir que el Puerto de La Paz es considerado un puerto turístico, mientras que Pichilingue es el principal puerto de altura y cabotaje que recibe la mayor parte de la carga para el estado.

- Puerto de Pichilingue: Es el principal enlace con el continente para el transporte de carga y pasajeros a través de sus rutas de ferry a Mazatlán y Topolobampo. Su infraestructura incluye:
  - Muelles de transbordadores: Múltiples muelles y rampas para transbordadores, con longitudes que van de 79.71 m a 85 m.
  - Muelle de Usos Múltiples: Un muelle de 250 m de largo y 34.60 m de ancho.

- Muelle de altura: Con 200 m de longitud y 10 m de calado, cuenta con un patio de maniobras de tres hectáreas y una bodega de consolidación de mercancías de 3,600 m<sup>2</sup>.
- Puerto de La Paz: Principalmente turístico, atiende a cruceros y embarcaciones de recreo. En este puerto se ofrecen servicios a embarcaciones como amarre, suministro de agua potable, combustible y energía eléctrica.

#### Puerto de San Juan de la Costa, Baja California Sur

Este puerto es una instalación privada clasificada como puerto de carga, dedicada a las operaciones de la empresa Roca Fosfórica Mexicana (ROFOMEX).

- Operaciones: La principal actividad es la extracción y comercialización de roca fosfórica. El muelle tiene la capacidad de manejar buques de hasta 40,000 DWT, y el sistema de carga de concentrado tiene una capacidad de 3,000 toneladas métricas por hora.
- Equipo: Las dragas utilizadas para la extracción de la roca fosfórica operan con una fuente de alimentación eléctrica de 4,160V.

#### Puerto de Los Cabos San Lucas, Baja California Sur



Figura 12. Puerto de Los Cabos San Lucas, BCS. Fuente: IGY Marinas.

El Puerto de Los Cabos es un centro de actividad "Pesquera Turística". Su infraestructura se centra en la atención a cruceros, yates y embarcaciones turísticas, con un alto tráfico de turismo náutico.

- Terminales e instalaciones: El puerto cuenta con una "Terminal de Cabo" de lujo para yates y excursiones, que ofrece servicios como avituallamiento, comida y bebida. También dispone de un astillero con una grúa móvil de 75 toneladas para mantenimiento y reparación de embarcaciones de hasta 80 pies de eslora.
- Operaciones: Debido al alto tráfico de embarcaciones menores, se recomienda una coordinación con la Capitanía de Puerto para las maniobras de entrada y salida. Si bien su principal actividad es turística, el puerto está clasificado para tráfico de cabotaje, altura y otros, y se encuentra en una zona de actividad comercial y pesquera.

#### Líneas Navieras con Terminales Propias o Concesionadas



Figura 13. Terminal Marítima Mazatlán. Fuente: TMAZ.

- Baja Ferries y Transportación Marítima de California (TMC): Son las compañías más importantes en el segmento de carga y pasajeros que conectan la península de Baja California con el territorio continental. Ambas operan en la Terminal de Transbordadores

de Mazatlán. Baja Ferries tiene una terminal propia en Pichilingue, mientras que a TMC se le ha cedido un área en la Terminal de Transbordadores de Topolobampo.

- Hapag-Lloyd Mexico ha establecido una presencia clave en el Golfo de California a través de la adquisición de la Terminal Marítima Mazatlán (TMAZ) por parte de su filial Hanseatic Global Terminals, lo que refuerza su posición en el manejo de contenedores y carga en la región.

## 2.2 Acciones relacionadas con la Descarbonización en los Puertos

Como parte de la Estrategia de Descarbonización de Puertos (EDP), durante el 2023 y 2024 los puertos del Golfo de California establecieron una serie de acciones iniciales orientadas al cumplimiento de los Planes estratégicos de reducción en las ASIPONAS y API Baja California Sur (**Tabla 1**).

Puertos como Guaymas y Topolobampo han centrado sus esfuerzos en optimizar la eficiencia energética y la gestión operativa. Mientras que, en Mazatlán y Baja California, se observan iniciativas enfocadas en la gestión de residuos y la conservación de ecosistemas.

Aunque estas acciones promueven importantes beneficios ambientales y fortalecen el vínculo de la cultura ecológica, su impacto directo en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero es limitado. Aún no se observan esfuerzos sustantivos en áreas clave como la introducción de combustibles alternativos (hidrógeno y amoníaco), la electrificación de muelles, la modernización tecnológica de la flota marítima o la implementación de regulaciones específicas de emisiones. En términos generales, se trata de medidas necesarias, pero claramente insuficientes para alinear los puertos con las metas internacionales sobre descarbonización, ya que contribuyen más a la gestión ambiental que a la transformación estructural hacia un transporte marítimo descarbonizado.

Tabla 1. Iniciativas agrupadas por tipo de acción dentro de los puertos del Golfo de California en su camino hacia la descarbonización (2023).

Puerto	Tipo de Acciones Implementadas
Guaymas	<p><b>Eficiencia Energética:</b> Mantenimiento de subestación eléctrica y vehículos, Cambio y mantenimiento de luminarias, Reemplazo y mantenimiento de aires acondicionados y Oficinas administrativas nuevas con eficiente sistema de iluminación para la reducción de consumo de energía eléctrica.</p> <p><b>Infraestructura:</b> Dragado de construcción, Construcción de muelles y Mantenimiento de infraestructura portuaria</p> <p><b>Gestión:</b> Identificación de almacenes frigoríficos, Plan de reducción de consumo de gasolina por Diesel, Publicación de la Regla de Operación de Calidad del aire, Monitoreo de emisiones totales de ASIPONA, cesionarios y embarcaciones; Concientización de la comunidad portuaria sobre impacto de las emisiones de GEI.</p>
Topolobampo	<p><b>Eficiencia Energética:</b> Mantenimiento de luminarias, automatización de sistemas de refrigeración.</p> <p><b>Operaciones y Movilidad:</b> Impulso al cabotaje; procedimientos para arrendamiento vehicular con mejor rendimiento de combustible.</p> <p><b>Infraestructura:</b> Mantenimiento de infraestructura portuaria.</p> <p><b>Gestión:</b> Monitoreo de emisiones totales de ASIPONA, cesionarios y embarcaciones, elaboración material de concientización para la comunidad portuaria sobre impacto de las emisiones de GEI y publicación de la Regla de Operación de Calidad del aire.</p>
Mazatlán	<p><b>Eficiencia Energética:</b> Monitoreo del consumo de energía en las instalaciones</p> <p><b>Gestión de Recursos:</b> Mejoras y optimización en el tratamiento de residuos con un enfoque en economía circular.</p> <p><b>Gestión:</b> Publicación de la Regla de Operación de Calidad del aire y Monitoreo de emisiones totales de ASIPONA, cesionarios y embarcaciones</p>
Baja California Sur*	<p><b>Medio Ambiente:</b> Programa de reforestación de mangle</p> <p><b>Gestión de Recursos:</b> Reducción de desechos de contenedores de un solo uso de alimentos en la comunidad portuaria</p> <p><b>Gestión:</b> Publicación de la Regla de Operación de Calidad del aire, Concientización de la comunidad portuaria sobre el impacto de las emisiones de GEI y Monitoreo de las emisiones totales de ASIPONA, cesionarios y embarcaciones.</p>

\* Incluye Pichilingue, La Paz y San Juan de la Costa.

Fuente: Estrategia de Descarbonización de Puertos de México SEMAR 2024.

### 2.3 Compromisos de sustentabilidad de las líneas navieras

Los compromisos de las líneas navieras son un motor clave para la descarbonización del transporte marítimo, responsable de más del 80 % del comercio mundial. Cuando las navieras adoptan metas de reducción de emisiones, como alcanzar la neutralidad climática en 2050, generan certidumbre al mercado, impulsan la innovación en combustibles alternativos y motivan la adaptación de la infraestructura portuaria. Además, crean un efecto multiplicador que atrae financiamiento verde y responde a la creciente demanda de cadenas logísticas bajas en carbono.

De acuerdo con los datos reportados en Servicios de Transporte Marítimo Regular en México, durante 2022 operó un conjunto de 83 líneas navieras en el Golfo de California (Secretaría de Marina [SEMAR], 2022). Para 2023 este conjunto se ve reducido a 29 líneas, debido al registro de únicamente las líneas navieras regulares (Secretaría de Marina [SEMAR], 2023).

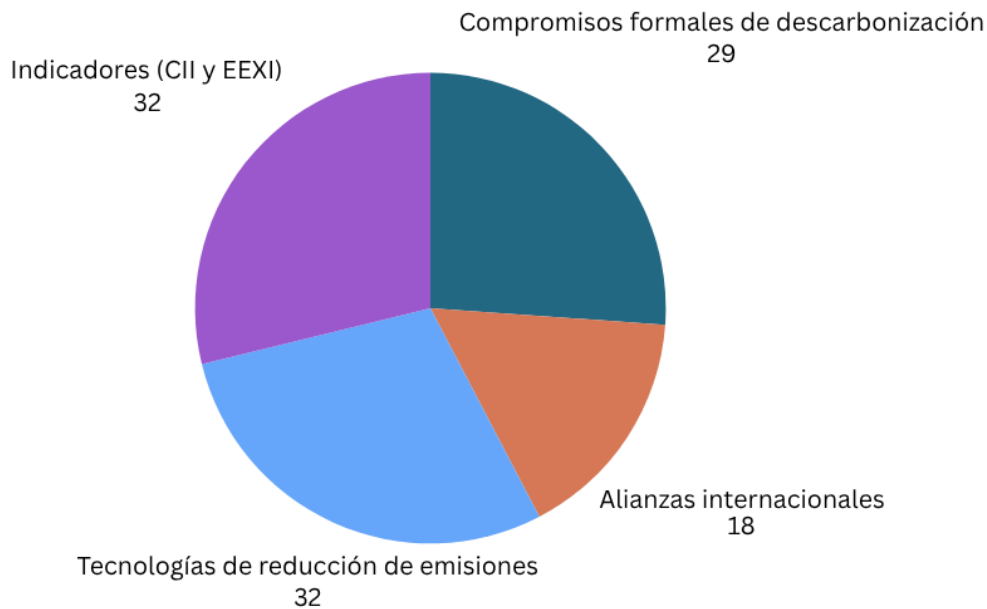


Figura 14. Número de líneas navieras con compromisos establecidos en el Golfo de California. Las categorías no son mutuamente excluyentes y fueron calculadas de forma independiente; una naviera puede estar presente en múltiples categorías.

El análisis indica que, si bien un 35-40% de las navieras ha iniciado su transición, la madurez de estos esfuerzos es desigual. Se observa una brecha entre los compromisos formales internos y la participación en alianzas internacionales, sugiriendo una limitada integración global. Asimismo, el

impacto de las acciones más adoptadas debe ser matizado: una porción significativa de las tecnologías implementadas (como GNL o depuradores EGCS) son soluciones transitorias, no de cero emisiones netas. De igual forma, el hecho de que solo 32 navieras reporten sus indicadores (CII/EEI) resalta que la mayoría (más del 60%) aún opera sin transparencia pública, lo que dificulta la rendición de cuentas.

Esta tendencia de acción interna con transparencia limitada se confirma a nivel nacional. Según la encuesta de descarbonización de CAMEINTRAM (Cámara Mexicana de la Industria del Transporte Marítimo [CAMEINTRAM] *et al.*, 2025), empresas clave de la región como Baja Ferries y Línea Marítima del Pacífico reportan tener metas formales "Net Zero" y realizan la medición de sus emisiones. No obstante, la publicación de estos avances permanece reservada, impidiendo la validación pública de su progreso.

### 3. Diagnóstico de retos y oportunidades para la descarbonización

En años recientes, el sector marítimo ha comenzado la transición hacia la descarbonización, empezando con la implementación de tecnologías limpias en sus embarcaciones. No obstante, esta transición aún presenta retos importantes, resaltando aquellos donde su ejecución a gran escala sigue sin realizarse.

Existen barreras evidentes para la transformación del sector, generalmente relacionadas con su dependencia a los combustibles fósiles, la renovación (*retrofit*) de la flota, su limitada capacidad financiera, así como la reducida oferta de vehículos cero emisiones y la incipiente infraestructura de recarga necesaria, aunado a la falta de estrategias integrales y políticas públicas.

En esta sección se detallan los retos y oportunidades que enfrenta la región del Golfo de California en su camino hacia la descarbonización, las cuales se manifestaron durante el Segundo Foro Binacional de Transporte Marítimo y Puertos Sostenibles en Las Tres Californias (Institute of the Americas [IOA] *et al.*, 2025)

### 3.1 Combustibles, Infraestructura, Tecnología

#### Amoníaco 'verde' / Ciclo de producción y uso

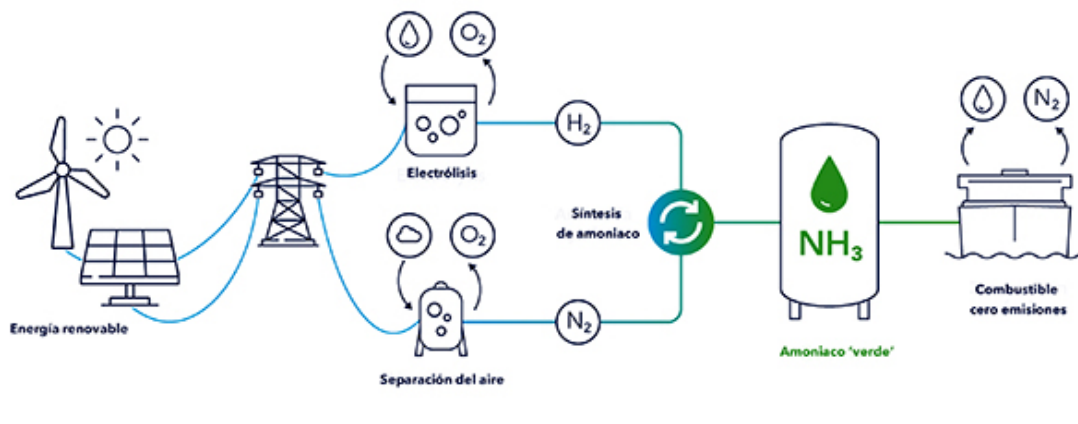


Figura 15. Amoníaco o verde como combustible marino alternativo. Fuente: Asociación de Navieros Españoles (ANAVE).

La transición hacia combustibles y tecnologías de cero emisiones en el Golfo de California presenta el reto fundamental de desarrollar cadenas de suministro y redes energéticas completamente nuevas. Actualmente, la región carece de disponibilidad local de combustibles limpios —como el metanol o amoníaco verde—, de la infraestructura portuaria para su almacenamiento y suministro, y de redes eléctricas capaces de soportar la alta demanda de sistemas de conexión a tierra (*shore power*).

#### Retos

- Escasa disponibilidad local de combustibles alternativos (metanol, amoníaco, hidrógeno verdes).
- Falta de infraestructura portuaria para almacenamiento, suministro y conexión eléctrica (*shore power*).
- Necesidad de modernizar sistemas eléctricos portuarios antiguos para soportar cargas eléctricas por buque.
- Baja capacidad instalada para producción de combustibles limpios en México.
- Altos costos de inversión en tecnologías limpias y retrofits (hasta \$1 millón por buque).
- Riesgo tecnológico por falta de certeza sobre viabilidad y dominancia futura de ciertos combustibles.
- Falta de estandarización técnica para conexión eléctrica y combustibles alternativos.
- Carga fiscal (como el IEPS al biodiésel) que desincentiva el uso de combustibles renovables.

La implementación de tecnologías como pinturas de silicona, la renovación (*retrofit*) de su flota y programas de compensaciones (p. ej. Restauración de corales) de empresas como Baja Ferries quien ha logrado reducir en un 74% sus emisiones gracias a ello, abre la puerta para que otros actores navieros y puertos clave se sumen al uso de estas mismas.

Por su parte, la creación de hubs para la producción y distribución de combustibles marinos limpios dentro de la región puede ser una excelente oportunidad para reducir costos operativos y facilitar la transición energética del sector. Empresas como PROMAN, Pacífico México y High Energy, así como CODESIN se encuentran liderando proyectos para producir amoníaco y metanol con bajas emisiones, visualizando como un futuro centro estratégico para el suministro de combustibles verdes en la región.

Así mismo, la región puede aprovechar su cercanía con el puerto de San Diego, el cual ha implementado desde 2010 el uso de shore power electrificando sus muelles, al usarlo como catalizador para impulsar a sus puertos a implementar este sistema y transformar la relación entre puertos, buques, comunidades y medio ambiente. Esta tecnología será vital para cumplir los compromisos climáticos globales y construir puertos sostenibles y resilientes.

A medida que más embarcaciones adopten tecnologías limpias y biocombustibles, los costos de producción disminuirán, haciendo más asequible su adopción masiva.

### 3.2 Eficiencia Operativa

El principal desafío en este eje es modernizar las operaciones portuarias para reducir tiempos y consumo energético, transitando de un modelo tradicional a uno digitalizado. La implementación de sistemas de monitoreo con inteligencia artificial, gobernanza de sostenibilidad a bordo, así como el uso de big data son estrategias que se han adoptado para optimizar la logística portuaria.



Figura 16. Esquema comparativo del arribo implementando la estrategia “Just in Time” y sin implementar. Fuente: Green Voyage 2050.

### Retos

- Optimización de rutas y reducción de tiempos muertos en puerto (llegada de buques al puerto “justo a tiempo/just in time”).
- Integración de sistemas de monitoreo y big data para mejorar eficiencia energética.
- Coordinación entre actores logísticos para evitar congestión terrestre (primera milla).
- Fragmentación tecnológica entre actores portuarios.
- Falta de datos históricos y sistemas de monitoreo continuo.
- Resistencia al cambio en prácticas operativas tradicionales.
- Débil señal de mercado para soluciones sostenibles.

La implementación de plataformas como *Puerto Inteligente y Seguro* en el puerto de Manzanillo, junto con la adopción de vehículos y grúas electrificadas, y la incorporación de esquemas operativos como *Just in Time* y *Net Zero Slot* en el Canal de Panamá, constituyen referentes relevantes para la modernización logística.

La región puede implementar gradualmente el desarrollo y la adopción de prácticas como la optimización de rutas mediante software de gestión y mantenimiento predictivo, contribuyendo a reducir el consumo de combustible y emisiones al mejorar la eficiencia operativa de las flotas.

### 3.3 Regulaciones y gobernanza



Figura 17. Anexos del Convenio MARPOL 73/78. Fuente: DIRECTEMAR.

En el ámbito regulatorio, los retos se centran en la implementación efectiva de la Estrategia de Descarbonización del Sistema Portuario de México, la alineación con estándares internacionales como los de la OMI y MARPOL, la ratificación del Anexo VI de dicho convenio, y la incorporación de criterios ambientales en la Ley de Puertos y la Ley de Navegación. El reto central es crear un marco normativo robusto y coordinado que dé certidumbre a las inversiones en descarbonización y orientación a los puertos del Golfo de California con los estándares internacionales.

#### Retos

- Implementación efectiva de la Estrategia de Descarbonización del Sistema Portuario de México, de la Política Nacional Marítima y del Plan de Acción Nacional (en proceso de elaboración), todos a cargo de la SEMAR.
- Alineación de marcos normativos nacionales con estándares internacionales (OMI, MARPOL).
- Incertidumbre regulatoria sobre uso de nuevos combustibles.
- Falta de implementación de las reglas de operación portuaria.
- Falta de gobernanza multinivel y coordinación intersecretarial.
- Escasa participación de productores de energía en la agenda de descarbonización.

Ratificación del Anexo VI del Convenio Marpol.

- Inclusión de criterios ambientales y de sustentabilidad en la Ley de Navegación y Ley de Puertos.

Dentro de la región, los avances en la adopción del sistema híbrido de índices de intensidad de combustible y créditos compensatorios propuesto por la OMI abren una oportunidad para incentivar a las navieras a reducir emisiones mediante mecanismos de redistribución de recursos. Además, la introducción de instrumentos de reconocimiento como el Sello Soberano y los certificados de Calidad Ambiental permiten a las autoridades portuarias y navieras cuantificar sus contribuciones en criterios de sostenibilidad y justicia ambiental, alineando sus acciones con compromisos internacionales como el Acuerdo de París.

### 3.4 Financiamiento e incentivos

18

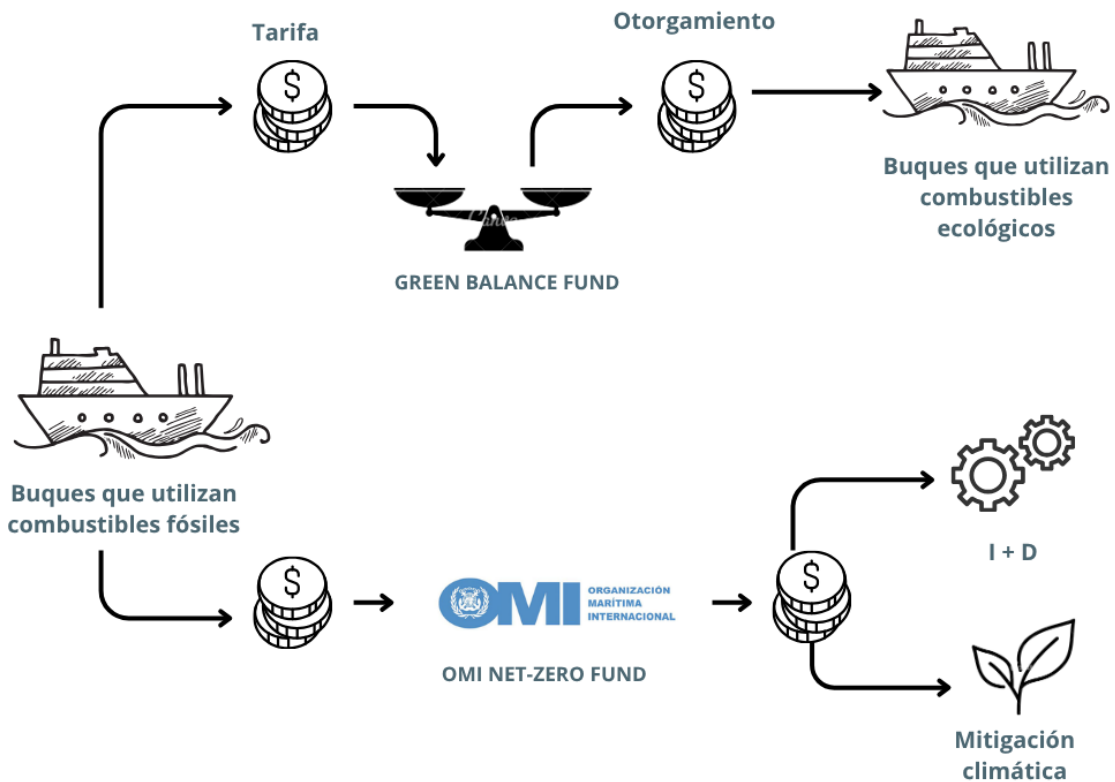


Figura 19. Esquema del funcionamiento del Net-Zero Fund de la OMI. Fuente: *World Shipping Council*.

El acceso a financiamiento climático es otro reto clave, ya que requiere estructurar proyectos portuarios y navieros que puedan alinearse con instrumentos internacionales como el Net Zero Fund de la OMI y con esquemas que consideren la vida útil de buques y equipos. El objetivo es desbloquear y atraer capital nacional e internacional para financiar la transición, haciendo que las inversiones verdes sean técnica y económicamente viables.

#### **Retos**

- Acceso a financiamiento climático para proyectos portuarios y navieros.
- Estructuración de proyectos alineados con el Net Zero Fund de la OMI.
- Alineación de créditos con la vida útil de activos (buques y equipo de carga en puertos).
- Burocracia excesiva en fondos internacionales.
- Falta de incentivos fiscales o administrativos para tecnologías limpias.
- Percepción de alto riesgo en inversiones verdes.
- Desigualdad en el costo del capital entre México y EE.UU.

Internacionalmente, fondos como el Net Zero Fund presentan una apertura para estructurar proyectos que se pueden alinear a apoyar tecnologías limpias, resiliencia comunitaria y transición justa del sector con el objetivo de capturar los recursos que este tipo de proyectos ofrece. De igual manera, las instituciones bancarias multilaterales como el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) ofrecen productos financieros que dan la posibilidad de costear a largo plazo la adopción de tecnologías limpias, infraestructura verde y la modernización portuaria en el sector marítimo del Golfo de California.

### **3.5 Colaboración y Comunidades Locales**

La inclusión de las comunidades locales constituye un reto central, ya que es necesario integrarlas en la planificación portuaria, garantizar procesos efectivos de consulta pública e indígena para proyectos energéticos y marítimos, así como formar talento técnico local capaz de operar nuevas tecnologías. El objetivo que las autoridades deben buscar es asegurar que la transición energética sea justa e inclusiva, integrando comunidades costeras como socios prioritarios y estratégicos que se vean beneficiados en todo momento del proceso.

### **Retos**

- Inclusión de comunidades costeras en la planificación y operación de los puertos.
- Consulta pública e indígena para proyectos energéticos y portuarios.
- Formación de talento técnico local para operar nuevas tecnologías.
- Falta de mecanismos formales o efectivos para integrar sociedad civil en proyectos portuarios.
- Débil articulación efectiva entre puertos y comunidades en monitoreo ambiental.
- Ausencia de programas educativos especializados en combustibles alternativos.

Debido a la relevancia que presenta el Golfo de California, las iniciativas sociales brindan una oportunidad para los principales actores de la región de promover la integración de saberes y prácticas culturales de las comunidades locales en la definición de políticas y operaciones relacionadas con los puertos, promoviendo su participación en proyectos relacionados con tecnologías limpias y protección ambiental.

No obstante, actualmente, existe una fuerte oposición de organizaciones civiles, cooperativas pesqueras y autoridades indígenas a la expansión portuaria. Las recientes tensiones en la región demuestran una profunda desconexión entre los proyectos de expansión portuaria y las comunidades indígenas y locales. Para estas comunidades, la amenaza inmediata no es solo el CO<sub>2</sub>, sino la destrucción de sus territorios y los impactos directos en sus servicios ambientales por la constante actividad de buques y puertos. La inclusión social y el respeto a la autonomía de las comunidades indígenas y costeras no son un complemento deseable, sino la condición fundamental e indispensable para el éxito de cualquier transición en la región.

La creación de espacios donde se promueva el diálogo con las comunidades es una oportunidad fundamental para ayudar en la toma de decisiones sobre la transición energética en el sector. Asimismo, incorporar vínculos con centros académicos y grupos comunitarios puede denotar el diseño e implementación de programas de innovación tecnológica e infraestructura verde en torno a los puertos y zonas marítimas, cerrando la brecha entre las necesidades de talento y formación técnica.

Un ejemplo de los modelos a seguir de inclusión de comunidades portuarias es la implementación de los acuerdos de relación a largo plazo en el puerto de Vancouver con las Primeras Naciones en cuyo territorio opera (como los Musqueam, Squamish y Tsleil-Waututh). Estos acuerdos son tratados de colaboración que incluyen la creación de comités conjuntos para la revisión ambiental de nuevos proyectos, la participación económica directa (revenue sharing) de las comunidades, inversiones directas en capacitación laboral, becas y centros culturales para las propias comunidades y la integración del conocimiento ecológico tradicional en los planes de manejo ambiental.

Creo que deberíamos al menos mencionar la tensión que existe por los proyectos de expansión. Siento que es un gran elefante en la mesa y nos vemos mal sino lo reconocemos.

También sería bueno mencionar algún caso de éxito de inclusión para mostrar que si es posible.

### 3.6 Medición, planeación y reporte

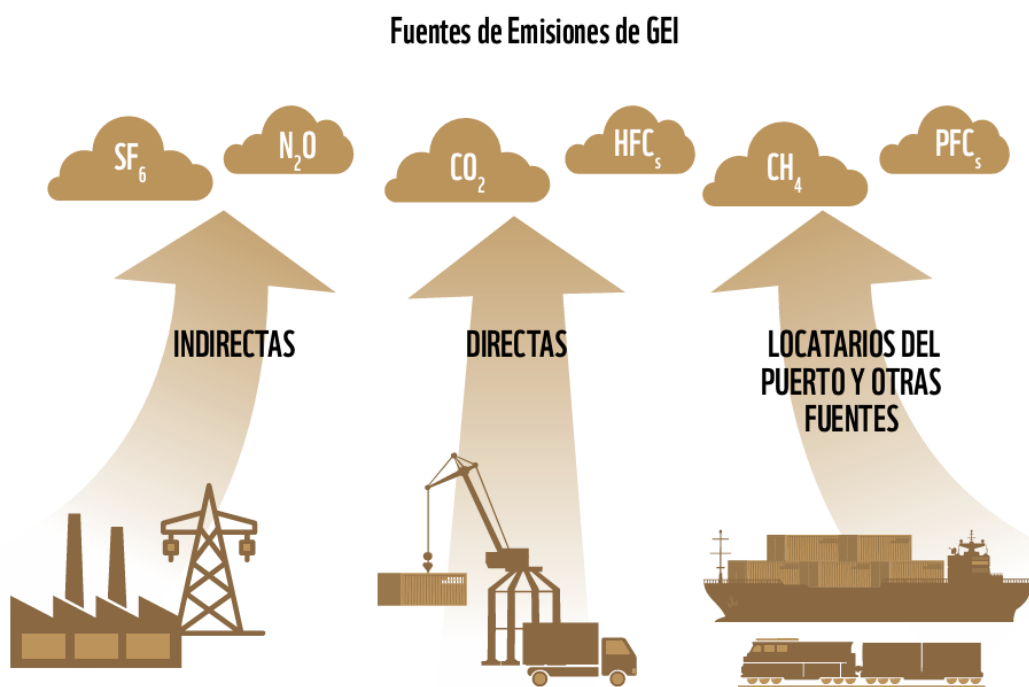


Figura 20. Fuentes de emisiones GEI en los puertos. Elaboración: SEMAR-CGPMM.

Medir, planear y reportar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) es el punto de partida indispensable para cualquier estrategia efectiva de descarbonización marítima y portuaria. Sin una

base sólida de información cuantitativa, resulta imposible identificar las principales fuentes de emisiones, establecer metas realistas o evaluar el impacto de las acciones implementadas. La medición permite distinguir entre emisiones directas —provenientes de buques, maquinaria portuaria o consumo eléctrico— y emisiones indirectas de la cadena logística, lo que facilita priorizar intervenciones con mayor potencial de reducción. Además, contar con inventarios actualizados y metodologías alineadas con estándares internacionales, como el Protocolo GHG o las directrices de la OMI, fortalece la credibilidad técnica y la comparabilidad entre puertos y regiones.

Planear la descarbonización con base en datos medidos posibilita diseñar hojas de ruta específicas y escalonadas, integrando tecnologías, políticas e inversiones que respondan a la realidad operativa de cada puerto. Al mismo tiempo, el reporte transparente y periódico de emisiones no solo mejora la rendición de cuentas, si no que también genera confianza entre actores públicos, privados y financieros. Las instituciones internacionales y los fondos climáticos exigen cada vez más evidencia verificable para canalizar recursos, por lo que los sistemas de monitoreo y reporte se vuelven herramientas clave para acceder a financiamiento verde, atraer inversión sostenible y demostrar avances tangibles hacia las metas nacionales e internacionales de reducción de GEI. En este sentido, la medición, planificación y reporte no son tareas administrativas, sino pilares estratégicos para guiar la transformación hacia un transporte marítimo bajo en carbono.

El uso de herramientas y metodologías que permiten cuantificar las emisiones de GEI y otros contaminantes atmosféricos (p. ej. NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> y PM<sub>2.5</sub>) es fundamental para establecer un punto de partida como referencia para implementar acciones enfocadas en reducir las principales fuentes de emisiones. El principal desafío es instaurar un modelo que solicite a los agentes portuarios y navieras con actividades en el Golfo de California gestionar y reportar sus emisiones provenientes de buques, vehículos de carga y transporte, así como sus actividades en el puerto.

#### **Retos**

- Realizar inventarios integrales y actualizados de emisiones (Alcance 1, 2 y 3)
- Implementar un sistema de monitoreo y reporte digital, transparente y confiable para centralizar los datos de GEI, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> y PM<sub>2.5</sub>
- Crear una línea base robusta que permita a cada puerto fijar metas de reducción y priorizar inversiones
- Ausencia de un marco legal que exija a las navieras reportar sus emisiones de buques (Alcance 3) a las autoridades portuarias
- Fragmentación de las fuentes de datos (ASIPONAS, terminales y navieras) y acceso limitado a datos operativos (p. ej. Consumo de combustible)

- Alta complejidad técnica para asignar y calcular con precisión las emisiones de buques de manera estandarizada

Actualmente, el 38.6% de las navieras que tuvieron actividades en 2022 en la región del Golfo de California reportan públicamente los resultados de su monitoreo de emisiones de acuerdo con lo establecido por la OMI en 2023 y el Convenio MARPOL, Anexo VI incluyendo métricas como el CII y EEXI. Esto puede ser una excelente oportunidad que las demás navieras pueden aprovechar para consolidar sistemas robustos de medición y reporte, que no solo contribuyen a cumplir regulaciones internacionales y nacionales, sino que fortalecen la confianza de inversiones y comunidades locales.

En el contexto de los puertos, la implementación de políticas como Puerto Verde en Long Beach y Ensenada representan una oportunidad para incentivar a los demás puertos de la región a incorporar mejores prácticas ambientales para así obtener este destacamento y adquirir una reacción positiva en la atracción de nuevos clientes, mientras logran reducir de manera drástica sus emisiones de PM2.5, NOx y SOx.

#### 4. Propuestas para la Descarbonización Marítima del GC

La transición energética en el sector marítimo-portuario mexicano requiere un enfoque integral que permita avanzar en diversos frentes como los combustibles renovables, infraestructura, eficiencia operativa, regulaciones, gobernanza, financiamiento, incentivos, colaboración e involucramiento de comunidades locales, las cuales se describen a continuación.

<b>Combustibles e Infraestructura</b>	Promover la implementación de sistemas de conexión eléctrica a muelle (Onshore Power Supply), asegurando la expansión de la red eléctrica y la normatividad necesaria	Desarrollar la infraestructura para el suministro (bunkering) de combustibles de nueva generación	Fomentar la colaboración entre operadores portuarios, navieras y gobiernos para garantizar una red de abastecimiento confiable y competitiva para los nuevos combustibles
<b>Eficiencia operativa</b>	Digitalizar integralmente los puertos (ASIPONAS y APIs) con plataformas de monitoreo energético y logística inteligente para optimizar operaciones y precedir cuellos de botella	Implementar plataformas colaborativas para optimizar horarios de llegada y salida, reduciendo la congestión y los "tiempos muertos"	Adoptar herramientas de planificación dinámica de rutas y coordinación buque-puerto para habilitar llegadas y eliminar el costoso fondeo en bahía
<b>Regulación y Gobernanza</b>	Incorporar criterios obligatorios de sostenibilidad, eficiencia energética y descarbonización en la Ley de Navegación y la Ley de Puertos	Alinear el marco legal nacional con los compromisos internacionales de la OMI y el Acuerdo de París, realizando consultas técnicas con el sector	Establecer o reforzar un sistema nacional de gobernanza marítima que incluya la participación intersecretarial, empresarial y comunitaria en la descarbonización
<b>Financiamiento e incentivos</b>	Establecer beneficios tributarios y subsidios para cerrar la brecha de costos entre combustibles tradicionales y alternativos, penalizando el carbono	Crear incentivos fiscales transitorios para que navieras y puertos adquieran flotas de bajas emisiones e implementen tecnologías de reducción de CO2	
<b>Comunidades locales</b>	Fortalecer centros educativos y establecer alianzas entre puertos, comunidades costeras, universidades y ONGs	Incorporar el conocimiento de la población local en el desarrollo portuario para asegurar que la descarbonización genere beneficios sociales	Fomentar monitoreos participativos de las actividades portuarias para vincular al sector con la ciudadanía
<b>Medición, planeación y reporte</b>	Establecer la obligatoriedad del reporte de inventarios de emisiones (alcance 1, 2 y 3) para todos los buques, modificando las reglas de operación de ASIPONAS y APIs	Implementar un sistema proactivo para estimar emisiones de forma autónoma, utilizando los datos del Sistema de Identificación Automática	Vincular a las navieras con el Programa Nacional de Auditoría Ambiental (PNAA) de PROFEPA, ligando la certificación e incentivos, y colaborar con asociaciones como AMANAC y CAMEINTRAM

Figura 21. Estrategias integrales para la descarbonización del transporte marítimo en el Golfo de California.

#### 4.1 Combustibles e Infraestructura

La modernización del sector portuario global enfrenta un desafío de alinear sus operaciones con los objetivos de descarbonización. Para lograrlo, se requiere de una estrategia integral que aborde las

dos principales fuentes de emisiones del transporte marítimo, las generadas durante la estancia en puerto y las producidas durante la navegación.

Como primera estrategia se debe promover la implementación de sistemas de conexión eléctrica a muelle, conocidos técnicamente como Onshore Power Supply (OPS). Su adopción resulta en reducción de las emisiones de contaminantes locales, como óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre y material particulado, además de disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub> en las zonas portuarias. Para su implementación debe considerarse:

- La expansión necesaria de la red eléctrica, para asegurar la potencia y cobertura. Así, garantizar las necesidades energéticas de las flotas.
- La implementación de infraestructura de recarga en las rutas principales de transporte y el desarrollo de una normatividad que permita promover los centros OPS necesarios en la descarbonización del transporte.
- La promoción a las empresas generadoras y distribuidoras de energía, para la distribución de los recursos energéticos necesarios para la nueva flota a largo plazo.

La segunda estrategia es el desarrollo de infraestructura para el suministro de combustibles de nueva generación. Los puertos deben estar equipados para el *bunkering* (abastecimiento) de alternativas como el metanol verde, el amoníaco y el hidrógeno. Esto garantiza la oferta de combustibles alternativos y por ende, incrementa la adopción de flotas cero emisiones. Si no hay una red de abastecimiento confiable y amplia, la transición a barcos con estas nuevas tecnologías será lenta y limitada. Por eso, es esencial que los operadores portuarios, las compañías navieras, los productores de energía y los gobiernos trabajen juntos para crear un sistema que facilite la producción, distribución y suministro de estos combustibles, asegurando así una oferta constante y competitiva.

#### 4.2 Eficiencia operativa

La optimización de las operaciones a través de la tecnología es un pilar fundamental para la descarbonización marítima. La estrategia se centra en la digitalización integral de los puertos para transformar la manera en que se gestiona la energía y la logística, atacando directamente las ineficiencias que generan emisiones innecesarias.

Una estrategia clave para mejorar la eficiencia operativa es la integración de plataformas digitales de monitoreo energético y logística inteligente en el 100% de las Administraciones del Sistema

Portuario Nacional (ASIPONAS) y de las Administraciones Portuarias Integrales (APIs). El objetivo es crear un verdadero "ecosistema digital" donde cada operación, desde el consumo eléctrico de una grúa hasta el movimiento de un contenedor, sea visible y optimizable en tiempo real.

Con ello, se podrán implementar sistemas inteligentes que utilicen Big Data e inteligencia artificial para predecir "cuellos de botella", automatizar decisiones y optimizar flujos de trabajo. Por ejemplo, los algoritmos podrán analizar datos históricos y en tiempo real para asignar muelles de manera dinámica, programar el mantenimiento de equipos antes de que fallen y gestionar el tráfico de camiones para evitar congestiones en los accesos. El resultado será una reducción directa en los costos de combustible, una optimización drástica de los tiempos de espera y una cadena de suministro más ágil, resiliente y competitiva.

Otra estrategia importante es la optimización de los horarios de llegada y salida de los buques mediante una mejor coordinación entre navieras y terminales es el primer paso. Esto incluye la implementación de plataformas digitales donde todos los actores (agentes aduanales, transportistas, autoridades) compartan información para planificar de manera colaborativa.

Estas estrategias refuerzan la transición hacia una meta de cero emisiones al atacar una de las principales fuentes de ineficiencia: los tiempos muertos. Eliminar la congestión portuaria mediante una planificación más precisa de la carga y descarga en muelles no solo ahorra combustible, sino que también reduce el desgaste de los equipos y mejora la calidad del aire local.

Una estrategia más es la adopción de herramientas de planificación dinámica de rutas y coordinación buque-puerto para reducir los tiempos muertos. La implementación de software de *weather routing* permite a los buques ajustar su velocidad y trayectoria en función de las condiciones meteorológicas y oceanográficas en tiempo real (Shin *et al.*, 2020). Esto no solo automatiza la selección de las rutas óptimas para minimizar el consumo de combustible y las emisiones de CO<sub>2</sub>, sino que también permite una estimación de llegada (ETA) mucho más precisa.

Esta optimización es la clave para habilitar las llegadas "*Just-in-Time*". Al coordinar esta información con el puerto mediante plataformas basadas en inteligencia artificial, el buque puede ajustar su velocidad para arribar justo cuando el muelle, el personal y el equipo de descarga estén listos. Se elimina así la necesidad de fondear y esperar en la bahía, una práctica altamente contaminante y costosa.

### 4.3 Regulaciones y gobernanza

Para asegurar el cumplimiento de las metas definidas por los gobiernos y asociaciones nacionales habrá que garantizar la transición a través de estándares y regulaciones de cumplimiento obligatorio. Blindar jurídicamente las políticas y metas definidas es un impulso para que los puertos y navieras migren más rápidamente hacia tecnologías cero emisiones. De una u otra forma, estas regulaciones deben promover la transición hacia estas tecnologías, que, en ausencia de un marco regulatorio, no se dará con la rapidez necesaria.

Como primera estrategia es necesario plasmar criterios de sostenibilidad, eficiencia energética y descarbonización en la Ley de Navegación y la Ley de Puertos. En la medida que se da la certeza jurídica y regulatoria, tanto navieras como puertos podrán contar con los marcos regulatorios necesarios para su transición. Esta regulación debe venir acompañada con todas las condiciones habilitantes para su despliegue, tales como la alineación del marco legal con los compromisos de la Organización Marítima Mundial (OMI) y el Acuerdo de París, la elaboración de propuestas con enfoque climático y la realización de consultas públicas y técnicas con actores del sector.

Una segunda estrategia es el establecimiento de un sistema nacional de gobernanza marítima que incluya la participación de sectores intersecretarial, empresarial y comunitaria. Esto se puede lograr a través de las comisiones ya existentes como la Comisión Intersecretarial para el Manejo Sustentable de Mares y Costas (CIMARES) y la Comisión Intersecretarial para el Desarrollo Marítimo (CIDEMAR), reforzando los temas de descarbonización y transición energética marítima a la vez que se promueve la integración de la sociedad civil, academia y sector privado en la toma de decisiones.

### 4.4 Financiamiento e incentivos

La implementación de incentivos fiscales a embarcaciones cero emisiones trae varias ventajas: permite acelerar la adopción y oferta de estos, a la par de desalentar el uso de buques menos eficientes y más contaminantes, mejora la competitividad del sector, castigando el uso de combustibles fósiles. Estos beneficios permiten al sector marítimo introducir tecnologías de cero emisiones y crear el camino adecuado hacia la descarbonización del sector.

Los incentivos fiscales mejoran el costo total de propiedad y aceleran el despliegue de flotas cero emisiones. Para implementar incentivos fiscales, es fundamental que los mismos sean transitorios con la finalidad de equilibrar los costos iniciales de inversión que, para buques cero emisiones, son

más elevados. Con mayores reducciones en los costos de los buques de cero emisiones, estos incentivos deben revisarse periódicamente.

La primera estrategia en el tema de financiamiento e incentivos consiste en establecer un conjunto de beneficios tributarios y subsidios para generar condiciones que permitan que todas las empresas migren a tecnologías cero emisiones, ayudando a cerrar la brecha de costos entre los combustibles tradicionales y los alternativos. Estos beneficios incluyen acciones como la disminución de impuestos para combustibles alternativos y penalizar las emisiones de carbono. La implementación se basaría en un esquema de tasa fija por litro o unidad, donde el Impuesto Especial sobre Producción y Servicios (IEPS) se calcularía con base el contenido de Gases de Efecto Invernadero (GEI) de cada tipo de combustible.

La segunda estrategia es la creación de incentivos fiscales para navieras y puertos para la compra inicial de flotas de menores emisiones, implementar tecnologías de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> en las flotas que ya poseen y mejorar la infraestructura instalada en los puertos. Se deberá promover la transición tanto de flotas grandes como pequeñas navieras, pero con enfoques diferenciados.

#### 4.5 Colaboración e involucramiento de comunidades locales

La descarbonización marítima no es solo un reto tecnológico, sino también un desafío social y educativo. Para asegurar una transición exitosa y sostenible, es indispensable involucrar activamente a las comunidades locales y formar al talento humano que liderará el cambio. La estrategia se enfoca en crear una base social sólida y una fuerza laboral altamente capacitada.

La idea de estas alianzas es crear un espacio formal donde las decisiones de desarrollo portuario se tomen escuchando las necesidades y el conocimiento de la población local, garantizando que la descarbonización beneficie a todos. Así mismo, se busca fomentar la participación de pescadores, estudiantes y ciudadanos en general para el desarrollo de monitoreos participativos enfocados en las actividades relacionadas con los puertos cercanos a sus comunidades, generando con ello un vínculo entre el sector portuario y ciudadano.

Para lograr lo anterior, una estrategia será fortalecer de los centros e institutos como el Centro de Estudios Superiores Navales (CESNAV) y la Universidad Marítima y Portuaria de México y su función como puente entre la actividad portuaria y la sociedad. También se deben establecer alianzas con las Escuelas Navales para reforzar el tema de sustentabilidad y vincular a los puertos con las

comunidades costeras, universidades y organizaciones de la sociedad civil que viven y dependen de la salud del ecosistema marino.

#### 4.6 Medición, planeación y reporte

Establecer una metodología estandarizada es el desafío principal para enfocar los esfuerzos en la descarbonización marítima. Una primera estrategia es impulsar la creación de políticas públicas que establezca la metodología y obligatoriedad del reporte de emisiones para todos los alcances (1, 2 y 3). Bajo este contexto se busca modificar las reglas de operación de las ASIPONAS y API para incluir el reporte de inventarios como una obligación contractual, proporcionando el fundamento jurídico para exigir el cumplimiento a buques de bandera nacional e internacional.

Una segunda estrategia es la estimación de emisiones de forma proactiva, esto se lograría implementando un sistema que utilice los datos ya existentes del Sistema de Identificación Automática (AIS) de los buques. Al cruzar los datos de actividad (tipo de buque, tiempo de maniobra y tiempo en muelle) con factores de emisión estandarizados por la OMI, la autoridad portuaria puede calcular una línea base robusta del alcance 3 de forma autónoma. El objetivo de estas estimaciones es la generación de métricas de emisiones con transparencia sobre las navieras dentro de la región.

Otra estrategia clave para fortalecer la descarbonización marítima en el Golfo de California es la vinculación activa de las empresas navieras al Programa Nacional de Auditoría Ambiental (PNAA) de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPa), con el objetivo de que obtengan certificados ambientales que reconozcan su cumplimiento en materia de gestión ambiental, eficiencia energética y reducción de emisiones de GEI. Esta estrategia permitiría incorporar al sector naviero en un esquema de mejora continua, donde las auditorías sirvan como herramienta para identificar oportunidades de ahorro energético, modernización tecnológica y control de emisiones en buques y operaciones portuarias. Además, el cumplimiento y la certificación bajo este programa podrían vincularse con incentivos regulatorios o fiscales —como reducción de tarifas portuarias o acceso preferente a programas de financiamiento verde—, creando así un círculo virtuoso entre cumplimiento ambiental, competitividad empresarial y mitigación climática. De esta manera, la colaboración entre PROFEPa, SEMAR y las empresas del sector marítimo puede consolidar una plataforma nacional de transparencia, verificación y reconocimiento ambiental, alineada con los compromisos internacionales de México en materia de reducción de emisiones del transporte marítimo.

Una última estrategia es la vinculación con la Asociación Mexicana de Agentes Navieros (AMANAC) y la Cámara Mexicana de la Industria del Transporte Marítimo (CAMEINTRAM) para el involucramiento de empresas navieras, empezando por la generación de información que ayude evaluar los avances de las líneas navieras que tienen operaciones dentro del Golfo de California.

## 5. Monitoreo y evaluación

Para asegurar la implementación efectiva de las propuestas para la descarbonización del Golfo de California, se requiere el establecimiento de un Sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV). Este sistema permitirá medir el progreso hacia los objetivos de descarbonización, identificar desviaciones de manera temprana y proporcionar la evidencia necesaria para ajustar las estrategias de manera adaptativa.

Este sistema contempla la integración de dos tipos de indicadores con base en las estrategias propuestas en la sección anterior, clasificándolos en indicadores de proceso, los cuales miden la ejecución de las actividades y la implementación de las políticas e indicadores de impacto que miden los resultados y efectos directos de las acciones implementadas.

Tabla 2. Matriz de indicadores para la descarbonización marítima del Golfo de California.

Eje	Indicador	Tipo de indicador	Fuente de verificación
C.I.T	Número de muelles equipados con infraestructura para shore power o combustibles alternativos	Proceso	Reportes de ASIPONA/API
E.O.	Número de ASIPONA/API que han implementado plataformas digitales de monitoreo energético.	Proceso	Reportes de ASIPONA/APIs
R.G.	% de reducción de tiempos muertos en puerto	Proceso	Reportes de ASIPONA, APIs y Navieras
R.G.	Integración de criterios de sostenibilidad, eficiencia energética y/o descarbonización en programas, estrategias, legislación u otros instrumentos marítimos.	Proceso	Publicaciones oficiales
F.I.	Número de incentivos fiscales diseñados o aprobados para combustibles renovables.	Proceso	Reportes oficiales
C.C.	Número de centros o escuelas navales que incluyen sustentabilidad y descarbonización en sus planes y programas académicos	Proceso	Reportes de Centros y Escuelas Navales
	Porcentaje de participación de sectores de gobierno, empresarial y comunitaria en comisiones u otros mecanismos de participación que incluyen descarbonización marítima.	Proceso	Reportes de mecanismos de participación
Emisiones	Porcentaje de reducción de emisiones por la implementación de estrategias de descarbonización	Impacto	Reportes oficiales

*C.I.T.= Combustibles, Infraestructura y Tecnología, E.O.= Eficiencia operativa, R.G.= Regulación y gobernanza, F.I.= Financiamiento e incentivos, C.C.= Colaboración y comunidades.*

La coordinación y seguimiento de este sistema estará en función de un reporte anual de avances donde las instituciones harán un informe público consolidando los avances con base en los indicadores de proceso e impacto. Así mismo, se realizará una evaluación de medio término (cada 3 años) donde se plasmará una revisión estratégica profunda para evaluar la efectividad de las acciones y realizar los ajustes necesarios con base en la evidencia recopilada por los reportes anuales.

## 6. Literatura citada

2023 IMO Strategy on Reduction of GHG Emissions from Ships. (2023). *International Maritime Organization*. <https://www.imo.org/en/ourwork/environment/pages/2023-imo-strategy-on-reduction-of-ghg-emissions-from-ships.aspx>

Cámara Mexicana de la Industria del Transporte Marítimo [CAMEINTRAM], World Wildlife Fund [WWF], Sea Energy. (2025). *Diagnóstico y hoja de ruta para la descarbonización del sector marítimo de México*. World Wildlife Fund. <https://wwflac.awsassets.panda.org/downloads/hoja-de-ruta-para-la-descarbonizacion-del-sector-maritimo-de-mexico-2025.pdf>

ClassNK. (2023). *Pathway to Zero-Emission in International Shipping*. [https://download.classnk.or.jp/documents/PathwaytoZero-EmissioninInternationalShipping\\_ClassNK\\_EN.pdf](https://download.classnk.or.jp/documents/PathwaytoZero-EmissioninInternationalShipping_ClassNK_EN.pdf)

Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca (CONAPESCA). (2023). *Anuario estadístico de acuacultura y pesca*. Gobierno de México. [https://nube.conapesca.gob.mx/sites/cona/dgppe/2023/ANUARIO\\_ESTADISTICO\\_DE\\_ACUACULTURA\\_Y\\_PESCA\\_2023.pdf](https://nube.conapesca.gob.mx/sites/cona/dgppe/2023/ANUARIO_ESTADISTICO_DE_ACUACULTURA_Y_PESCA_2023.pdf)

European Commission. (2015). *EU ETS Handbook*. Energy, Climate Change, Environment. [https://climate.ec.europa.eu/document/download/8cabb4e7-19d7-45bd-8044-c0dcc1a64243\\_en?filename=ets\\_handbook\\_en.pdf](https://climate.ec.europa.eu/document/download/8cabb4e7-19d7-45bd-8044-c0dcc1a64243_en?filename=ets_handbook_en.pdf)

Institute of the Americas, World Wildlife Fund (WWF), & Cámara Mexicana de la Industria del Transporte Marítimo (CAMEINTRAM). (2025). *Segundo Foro Binacional de Transporte Marítimo y Puertos Sostenibles en Las Tres Californias*. Institute of the Americas. [https://iamericas.org/wp-content/uploads/2025/07/Reporte\\_2o-Foro-Sustainable-Shipping-2025.pdf](https://iamericas.org/wp-content/uploads/2025/07/Reporte_2o-Foro-Sustainable-Shipping-2025.pdf)

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2023). *Resultados definitivos del censo agropecuario 2022*. En *Censo Agropecuario 2022*. [https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2023/CA\\_Def/CA\\_Def2022.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2023/CA_Def/CA_Def2022.pdf)

International Maritime Organization. (2021). *Fourth IMO GHG Study 2020 – Full report and annexes*. [https://greenvoyage2050.imo.org/wp-content/uploads/2021/07/Fourth-IMO-GHG-Study-2020-Full-report-and-annexes\\_compressed.pdf](https://greenvoyage2050.imo.org/wp-content/uploads/2021/07/Fourth-IMO-GHG-Study-2020-Full-report-and-annexes_compressed.pdf)

International Maritime Organization. (2023b). *EEXI and CII – Ship carbon intensity and rating system*. <https://www.imo.org/en/mediacentre/hottopics/pages/eexi-cii-faq.aspx>

Mitsui O.S.K. Lines, Ltd [MOL]. (2022). *WIND HUNTER Green Hydrogen Production-Supply Vessel*. Mitsui O.S.K. Lines, Ltd. Solutions. <https://www.mol-service.com/en/services/low-carbon-decarbonized-business/wind-hunter#:~:text=CAZADOR%20DE%20VIENTO&text=Conozca%20el%20proyecto%20de%20Mitsui,producir%2C%20almacenar%20y%20transportar%20hidr%C3%B3geno>.

Mueller, N., Westerby, M., & Nieuwenhuijsen, M. (2022). Health impact assessments of shipping and port-sourced air pollution on a global scale: A scoping literature review. *Environmental Research*, 216, 114460. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.114460>

Office of Clean Energy Demonstrations (OCED). (2024). *California Hydrogen HUB (ARCHES)*. Energy Gov. [https://www.energy.gov/sites/default/files/2024-07/H2Hubs%20ARCHES\\_Award%20Fact%20Sheet.pdf](https://www.energy.gov/sites/default/files/2024-07/H2Hubs%20ARCHES_Award%20Fact%20Sheet.pdf)

Our view on decarbonising transport and logistics – IKEA Global. (2025). *IKEA*. <https://www.ikea.com/global/en/our-business/our-view-on/decarbonising-transport/>

Peng, T. (2023). Amazon is shipping products on the first zero-carbon cargo ship. *Amazon Sustainability*. <https://www.aboutamazon.com/news/sustainability/amazon-zero-carbon-shipping>

Secretaría de Economía. (2024). *Prontuario estadístico de la minería*. Unidad de Coordinación de Actividades Extractivas. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/942564/Prontuario\\_Ene-Jun\\_2024.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/942564/Prontuario_Ene-Jun_2024.pdf)

Secretaría de Marina [SEMAR] & Coordinación General de Puertos y Marina Mercante. (2024). *Estrategia de descarbonización de puertos de México*. En *Gob MX*. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/924365/10062024\\_Descarbonizaci\\_n\\_de\\_Puertos\\_VF.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/924365/10062024_Descarbonizaci_n_de_Puertos_VF.pdf)

Secretaría de Marina [SEMAR]. (2022). *Servicios de transporte marítimo regular en México*. Gobierno de México. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/832129/Prontuario\\_2022\\_DGMM.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/832129/Prontuario_2022_DGMM.pdf)

Secretaría de Marina [SEMAR]. (2023). *Servicios de transporte marítimo regular en México*. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/951958/Servicio.pdf>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2018). *Golfo de California, el acuario del mundo*. gob.mx. <https://www.gob.mx/semarnat/es/articulos/golfo-de-california-el-acuario-del-mundo-166100>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2018b). *Golfo de California: mil 126 km. de imponente belleza y pródiga bi. . .* gob.mx. <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/golfo-de-california-mil-126-km-de-imponente-belleza-y-prodiga-biodiversidad-150945>

Secretaría de Turismo. (2017). *Diagnóstico Mesa 5 Turismo para el desarrollo y la conservación: Mar de Cortés*. Gobierno de México. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/266491/Diagnostico\\_Foro\\_3\\_Mesa\\_5.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/266491/Diagnostico_Foro_3_Mesa_5.pdf)

Shin, Y. W., Abebe, M., Noh, Y., Lee, S., Lee, I., Kim, D., Bae, J., & Kim, K. C. (2020). Near-optimal weather routing by using improved A\* algorithm. *Applied Sciences*, 10(17), 6010. <https://doi.org/10.3390/app10176010>

Zepeda-Ortega, Isidro Enrique, Ángeles-Castro, Gerardo, & Carrillo-Murillo, David Guillermo. (2017). Infraestructura portuaria y crecimiento económico regional en México. *Economía, sociedad y territorio*, 17(54), 337-366. <https://doi.org/10.22136/est002017806>



® 1986 Logotipo del Panda de WWF

® “WWF” es una Marca Registrada de WWF.

WWF México, Av. Insurgentes Sur 1216, Despacho 702-703-704, Colonia Del Valle, Alcaldía Benito Juárez C.P. 03100 CDMX — Tel. +52 55528 65631. Para más información visite [www.wwf.org.mx](http://www.wwf.org.mx)

*WWF es una organización de conservación independiente, con más de 30 millones de seguidores y una red global activa en casi 100 países. Nuestra misión es detener la degradación ambiental del planeta y construir un futuro en el que las personas vivan en armonía con la naturaleza, conservando la diversidad biológica del mundo, asegurando que el uso de los recursos naturales sea sostenible y promoviendo la reducción de la contaminación y el consumo desmedido. En México inició formalmente sus operaciones en 1993.*