



## **PUERTOS SUSTENTABLES**

Proyecto de Título para optar al Título de Constructor Civil

Estudiante:  
Yosselin Valverde Enciso

Profesor Guía:  
José Francisco Benavides Núñez

Junio 2018  
Santiago, Chile

***Dedicatoria:***

*Este trabajo está dedicado a nuestro planeta, a los animales, la vegetación, la geografía y la humanidad. El paso de los años y el desarrollo de nuestra evolución han permitido que dejemos de lado la preocupación por nuestro planeta, el egoísmo y la prevalencia de lo económico sobre lo demás, nos ha contraído un montón de problemas medioambientales, muchas especies sufren y se encuentran en peligro de extinción, hay un ineficiente manejo de residuos plásticos, hay sequía, aluviones, huracanes, debilitamiento de nuestra capa de ozono y no nos damos cuenta que el daño nos lo estamos generando a nosotros mismos.*

*Una manera de retribuir con nuestra profesión, fuente predominante de contaminación, es lo que busca esta investigación, de acercar la humanidad con el profesionalismo, la concientización sobre la explotación de recursos agotables, de entender que todo lo que hacemos es para nosotros mismos, y no cuidar de nuestro planeta va a repercutir en nuestras futuras generaciones.*

*Espero que esta memoria sea de gran aporte.*

***Agradecimientos:***

*Quiero agradecer a mis padres, a mi amor, a la Biblioteca de mi Facultad, al Puerto Ventanas por su disposición y a todos los que hicieron esto posible, especialmente a mi profesor: José Francisco Benavides Núñez, por su paciencia, profesionalismo, perseverancia, apoyo y dedicación.*

## **Resumen:**

En esta memoria, se plantean recomendaciones que orientan la Infraestructura y a las Operaciones Portuarias Chilenas hacia la Sostenibilidad, luego de un profundo estudio en cuanto a lo que requiere un puerto para su construcción, sus componentes, el sistema portuario nacional, los impactos que generan, los requerimientos de un puerto sustentable, legislaciones, organizaciones y certificaciones al respecto.

En cuanto a las operaciones portuarias, la clave estará en seguir tomando como ejemplo, puertos del mundo desarrollado y organizaciones que apoyan iniciativas frente al cambio climático, como la World Ports Climate Initiative (WPCI), EcoPorts, la Cumbre COP21, los Convenios de MARPOL de la OMI, entre otros, que apoyan la reducción de los GEI, el uso de combustibles menos contaminantes para las embarcaciones, la incorporación de filtros para gases de escape de las mismas, la adaptabilidad de buques que funcionen con energía eléctrica para trabajos en atracaderos que preferentemente provengan de fuentes renovables, promueven la eficiencia energética, movilizan más mercancías con la menor cantidad de recursos, concientizando el manejo de residuos y de recursos hídricos.

En cuanto al diseño para la construcción de puertos en Chile, el estudio para la utilización de materiales renovables que cumplan con los requerimientos normativos es primordial. Existen una variedad de residuos industriales que pueden ser útiles como materia prima, por ejemplo, la escoria de cobre en asfaltos, el residuo plástico en hormigones para obtener altas resistencias y mejor comportamiento a la corrosión, el uso de cenizas volcánicas para cementos puzolánicos, o desechos de construcción para la conformación de nuevos hormigones. Por otro lado, está el acero, material más utilizado para la construcción de bodegas para almacenaje a granel en Chile, y que puede ser reutilizado para aumentar la vida útil del material, sin desperdiciar los recursos invertidos para su confección,

Es importante que los puertos generen su propia energía, proveniente de fuentes renovables como la eólica o la solar, ya que además de satisfacer su consumo, satisfacen también el de las ciudades aledañas y apoyan el uso de energías limpias. Lo mismo pasa con proyectos como las plantas desaladoras, que son una propuesta interesante frente a los problemas de escasez de agua potable que hay en la zona norte de nuestro país.

En cuanto a la construcción, la planificación de cada etapa es vital para garantizar que los impactos negativos sean minimizados lo máximo posible. El resguardo por la liberación de material particulado y los GEI que generan el uso de maquinarias para el transporte de materiales, por la contaminación acústica de herramientas y equipos para la construcción de muelles o para el anclaje de pilotes, por la contaminación de embarcaciones para las operaciones de dragado, o por las vibraciones que producen los tratamientos para el mejoramiento de suelos de fundación, es decisivo en la disminución de riesgos asociados.

## **Summary:**

In this report, recommendations are made in order to guide the Infrastructure of Chilean Port Operations towards Sustainability, after an in-depth study of what a port requires for its construction, its components, the national port system, the impacts they generate, the requirements of a sustainable port, legislations, organizations, and certifications in this regard.

Regarding port operations, the key will be to continue taking as an example ports in the developed world and organizations that support initiatives in the face of climate change, such as the World Ports Climate Initiative (WPCI), EcoPorts, the COP21 Summit, and the MARPOL Agreements of the IMO, among others. These organizations support the reduction of GHGs, the use of less polluting fuels for boats, the incorporation of filters for their exhaust gases, the adaptability of ships that work with electrical energy for work at berths that preferably come from renewable sources, promote energy efficiency; mobilizing more goods with the least amount of resources, raising awareness of waste management and water resources.

On the topic of the designing for the construction of ports in Chile, a study for the use of renewable materials that comply with regulatory requirements is essential. There is a variety of industrial waste that can be useful as a raw material, for example, copper scoria in asphalts, plastic waste in concrete to obtain high strength and better performance against corrosion, the use of volcanic ash for pozzolanic cements, or construction waste for the formation of new concretes. On the other hand, there is steel, which is the most used material for the construction of warehouses for bulk storage in Chile. In addition, it can be reused to increase the useful life of the material, without wasting the resources invested for its preparation.

It is important that the ports generate their own energy, from renewable sources such as wind or solar, since, in addition to satisfying their consumption, they also satisfy the neighboring cities and support the use of clean energy. The same goes for projects such as desalination plants, which are an interesting proposal in the face of the problems of shortage of drinking water in the northern part of our country.

In terms of construction, the planning of each stage is vital to ensure that negative impacts are minimized as much as possible. The safeguard for the release of particulate material and the GHG that generate the use of machinery for the transport of materials, for the acoustic contamination of tools and equipment for the construction of springs or for the anchoring of piles, for the contamination of vessels for the dredging operations, or by the vibrations that produce the treatments for the improvement of foundation soils, is decisive in the reduction of associated risks.

# Índice

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>10</b>
Objetivo General.....	10
Objetivos Específicos .....	10
<b>CAPÍTULO 1: PUERTOS .....</b>	<b>11</b>
<b>1.1. DEFINICIONES .....</b>	<b>11</b>
<b>1.2. FUNCIONES DE UN PUERTO .....</b>	<b>12</b>
1.2.1. Ejemplos.....	12
<b>1.3. PRINCIPALES USUARIOS DE UN PUERTO .....</b>	<b>15</b>
1.3.1. El Pasajero.....	15
1.3.2. El Barco.....	15
1.3.3. La Mercadería .....	16
<b>1.4. OPERACIONES DE UN PUERTO .....</b>	<b>17</b>
<b>1.5. TIPOS DE TERMINALES .....</b>	<b>18</b>
<b>1.6. MAQUINARIA Y EQUIPOS .....</b>	<b>22</b>
1.6.1. Para Carga General .....	22
1.6.2. Para Contenedores.....	23
1.6.3. Para Gráneles Líquidos .....	23
1.6.4. Para Gráneles Sólidos .....	24
<b>1.7. PLANIFICACIÓN PARA UN PUERTO .....</b>	<b>25</b>
<b>1.8. ETAPAS PARA LA CONFIGURACIÓN DE UN PUERTO .....</b>	<b>26</b>
1.8.1. Inversión.....	26
1.8.2. Construcción .....	26
<b>1.9. COMPONENTES PARA UN PUERTO .....</b>	<b>27</b>
1.9.1. Excavación .....	28
1.9.2. Obras de Dragado.....	32
1.9.3. Rellenos Compactados .....	37
1.9.4. Fundaciones .....	39
1.9.5. Estructuras de Contención.....	40
1.9.6. Pavimentos Portuarios.....	41

1.9.7. Obras de Abrigo .....	43
1.9.8. Obras de Atraque.....	49
1.9.9. Estructuras Off Shore.....	60
1.9.10. Ductos y Tuberías .....	61
1.9.11. Obras Complementarias .....	62
<b>CAPÍTULO 2: IMPACTOS ASOCIADOS.....</b>	<b>63</b>
<b>2.1. IMPACTOS MEDIOAMBIENTALES.....</b>	<b>64</b>
2.1.1. Por la Construcción del Puerto.....	64
2.1.2. Por Transporte.....	66
2.1.3. Por Actividades .....	66
2.1.4. Por Mantenimiento.....	67
<b>2.2. Impactos Sociales .....</b>	<b>69</b>
<b>2.3. Impactos Económicos .....</b>	<b>69</b>
<b>CAPÍTULO 3: SUSTENIBILIDAD O SUSTENTABILIDAD.....</b>	<b>70</b>
<b>3.1. ¿Qué es la Sustentabilidad? .....</b>	<b>73</b>
<b>3.2. Puertos Sustentables .....</b>	<b>74</b>
<b>3.3. INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL Y DE DESARROLLO SOSTENIBLE .....</b>	<b>78</b>
3.3.1. Índice del Planeta Vivo (Living Planet Index (LPI)) .....	78
3.3.2. Índice de Sostenibilidad Ambiental (ISA) .....	78
3.3.3. Índice de Bienestar Económico Sostenible (IBES).....	79
3.3.4. Indicador de Impacto Ambiental.....	79
<b>3.4. DESARROLLO PORTUARIO SOSTENIBLE (DPS).....</b>	<b>79</b>
<b>3.5. PUERTOS VERDES.....</b>	<b>82</b>
<b>CAPÍTULO 4: SOSTENIBILIDAD EN LOS PUERTOS .....</b>	<b>83</b>
<b>4.1. AVANCES INTERNACIONALES .....</b>	<b>83</b>
4.1.1. Cumbre COP21 - Cambio Climático .....	84
4.1.2. OMI Zonas ECA / SECAS.....	86
4.1.3. OMI 2018 GHG Strategy .....	89
4.1.4. GHG Protocol (Green House Gas Protocol) .....	91
4.1.5. IAPH World Ports - WPCI.....	92
4.1.6. Política Europea de Transportes.....	98
4.1.7. Política Europea Medioambiental .....	102

4.1.8. Certificación EcoPorts PERS - ESPO.....	103
4.1.9. Transporte Ecológico Portuario .....	106
<b>4.2. AVANCES NACIONALES.....</b>	<b>109</b>
4.2.1. Programa Transforma Logística: Eje de Sostenibilidad Ambiental en Logística .....	110
4.2.2. Acuerdo de Producción Limpia (APL) .....	113
4.2.3. Certificación PERS – EcoPorts Puerto Ventanas.....	122
4.2.4. Sello de Eficiencia Energética .....	126
4.2.5. Asociados Estatales a WPCI.....	129
4.2.6. Reportes de Sostenibilidad.....	135
<b>CAPÍTULO 5: SOSTENIBILIDAD EN EL DISEÑO Y EN LA CONSTRUCCIÓN .....</b>	<b>147</b>
<b>5.1. DISEÑO PORTUARIO.....</b>	<b>147</b>
5.1.1. Emplazamiento.....	149
5.1.2. Materiales .....	149
5.1.3. Pavimentos Portuarios.....	161
5.1.4. Dragado .....	162
5.1.5. Muelles.....	165
5.1.6. Rompeolas.....	167
5.1.7. Instalaciones Adicionales.....	167
5.1.8. Fuentes para consumo.....	170
<b>5.2. CONSTRUCCIÓN PORTUARIA.....</b>	<b>177</b>
5.2.1. Grandes Rellenos .....	177
5.2.2. Mejoramiento de Terreno.....	181
5.2.3. Montajes Masivos .....	184
5.2.4. Pilotajes .....	188
5.2.5. Dragados .....	190
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>192</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>197</b>

## INTRODUCCIÓN

### Importancia de los Puertos

Un puerto según la Real Academia Española es un lugar en la costa o en las orillas de un río que, por sus características, naturales o artificiales, sirve para que las embarcaciones realicen operaciones de carga y descarga, embarque y desembarque de mercancías.

Es el tipo de infraestructura que potencia el comercio internacional, además de ser una puerta de entrada para el turismo, debido a la conexión que se genera entre diferentes lugares del mundo. Todo ello origina un poderoso desarrollo económico a nivel mundial.

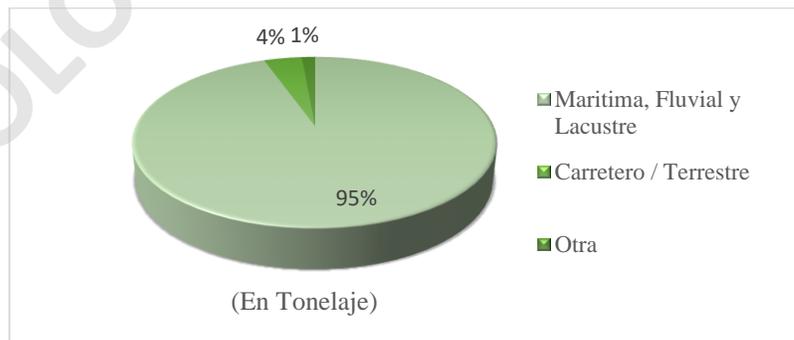
Al hablar de comercio, lo entendemos como la actividad que permite el intercambio de bienes y servicios pertenecientes al libre mercado de compra y venta. Esto permite una extensa gama de variedades en cuanto a las ofertas y una ampliación del campo de demanda, lo que conlleva a que diferentes países puedan vincularse entre sí según sus necesidades, realizando tratados o sociedades. Todo esto genera a una competitividad por la gran cantidad de productos, lo que responde a una constante preocupación por la mejora en cuanto a la calidad de lo que brindan países comerciantes.

Hoy en día no solo se busca una mejora en cuanto a productos, sino también en el proceso para la entrega de estos, por las instalaciones donde se cargan y albergaran dichas mercancías, de manera de que lleguen a su destino en las mejores condiciones.

Cabe destacar que según la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo, más del 80% del comercio a nivel mundial se mueve por transporte marítimo<sup>1</sup>, demostrando que es el medio que más ha repercutido en el desarrollo de la globalización.

En el caso particular de nuestro país, según la Cámara Marítima y Portuaria de Chile, más del 90% del comercio exterior es movilizado por mar<sup>2</sup>, ratificando aún más el rol que desempeñan los puertos en el desarrollo económico nacional.

Gráfico 1: Movimiento de Cargas de Comercio Exterior Chile por Vía de Transporte.



Fuente: Elaboración propia en base a: SERVICIO NACIONAL DE ADUANAS. Compendios Estadísticos de Comercio Exterior. Chile, 2016.

<sup>1</sup> UNCTAD. Comunicado de prensa. Suiza: Ginebra, noviembre 2016.

<sup>2</sup> CAMPORT. Desafíos de la Conectividad para el Comercio Exterior. Chile, abril 2015.

Chile posee una de las economías más abiertas al libre comercio a nivel Latinoamericano, por lo tanto, es importante permanecer actualizados en cuanto a los requerimientos para infraestructuras y operaciones portuarias, además de tomar como ejemplo las buenas prácticas de países del mundo desarrollado.

Chile cuenta con un alto posicionamiento económico a nivel de América Latina con una de las economías más desarrolladas, orientada principalmente a las exportaciones. A nivel mundial es uno de los principales exportadores de mercancías<sup>3</sup>. Gran parte del movimiento de la Zona Norte del país se lo llevan los minerales como el cobre, en la Zona Central los productos agrícolas y movimiento de contenedores, en la Zona Sur los derivados de la madera y celulosa; finalmente en la Zona Sur Austral se destacan los productos pesqueros como salmones y mariscos.

No podemos dejar de mencionar la importancia de las importaciones, que sin duda han contribuido al desarrollo que manejamos en nuestro país. Con los aportes de grandes potencias pioneras en tecnología como China, EEUU, Alemania, Corea, Países de la Unión Europea y Japón<sup>4</sup>, se ha generado un crecimiento en diversas áreas: el parque automotriz, de telefonía móvil, la computación, tecnología en la medicina, en construcción, en educación, en nuevas tecnologías sustentables y entre tantas, que no solo facilitan la vida cotidiana de nuestra sociedad, sino también ayudan al aumento de la actividad económica y al desarrollo de nuestra evolución.

Las estructuras portuarias también son necesarias para la conectividad de la Zona Austral con el resto del país, debido a su compleja geografía insular y la extensa longitud territorial de 6.435 km en todo el borde costero<sup>5</sup>. Además de generar un gran porcentaje de empleos que beneficia el desarrollo socioeconómico.

### **Impacto Ambiental de los Puertos**

Para la conformación de un puerto se requiere un conjunto de obras como instalaciones para el transporte y almacenamiento de contenedores, donde es indispensable el uso de transporte terrestre, ferroviario, maquinarias y equipos de manipulación de carga, las 24 horas del día durante todo el año. Proceso que libera gran cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub>.

Necesitamos también frentes de atraque para las naves que nos permiten las operaciones de carga y/o descarga de las embarcaciones. El tiempo en que se realiza la operación, las naves están varadas en las aguas, derramando cantidades de petróleo que claramente perjudican el ecosistema marino-fluvial.

Las obras de abrigo cumplen la función de proteger las zonas del oleaje. Son construcciones que alteran el medio marino y sus especies asociadas ya que limita el paso natural de las corrientes.

---

<sup>3</sup> ORGANIZACIÓN MUNDIAL DEL COMERCIO. Estadísticas de Comercio Internacional, 2015.

<sup>4</sup> BANCO MUNDIAL. Exportaciones de productos de alta tecnología (US\$ a precios), 2016.

<sup>5</sup> CENTRAL INTELLIGENCE AGENCY. Biblioteca.

Todas ellas, entre otras, sin lugar a dudas requieren una intervención que altera el medio, sus especies, altera la vida cotidiana de la comunidad al contaminar acústicamente las ciudades, utilizan energía de fuentes no renovables con un excesivo consumo, además de las diversas emisiones de fluidos, gases y sustancias liberadas.

Las actividades que se desarrollan al interior del puerto generan gran contaminación, por esto hoy en día se hace indispensable proteger el entorno y disminuir los efectos negativos que conllevan las operaciones portuarias. Tenemos conciencia de que disponemos de recursos limitados a comparación de 50 años atrás, debido a los daños a lo largo del tiempo.

A fines del siglo XIX se confirma que la causa del Efecto Invernadero son las emisiones antropogénicas y que éstas podrían cambiar el clima de nuestro planeta. En el 2001 la NASA reporta el agujero de la Capa de Ozono y su debilitamiento por los gases refrigerantes CFC, lo que justifica la fuerte radiación ultravioleta que ingresa a nuestro planeta, y su difícil escape debido a los gases de efecto invernadero, producto de las actividades industriales, mineras, de transporte y de construcción que hemos desarrollado en el transcurso de las décadas.

### **Sustentabilidad en los Puertos**

Con toda esta información se hizo indispensable crear una conciencia social con respecto a los problemas medioambientales. Y nace en 1987 el concepto “Sostenibilidad” con la publicación del Informe Brundtland, en el que se define como: Satisfacer las necesidades de las generaciones presentes, sin comprometer las posibilidades del futuro para atender sus propias necesidades<sup>6</sup>.

La sostenibilidad o sustentabilidad incorpora tres contextos:

- **Medioambiental:** consiste en lograr un desarrollo humano, que permita mantener aspectos biológicos en su productividad y diversidad a lo largo del tiempo y preservar los recursos naturales.
- **Social:** lograr un desarrollo con apoyo a la población, aumentando el grado de pertenencia y superación, preocupándose por mantener un buen nivel de vida del que se beneficien todos por igual.
- **Económico:** lograr un desarrollo que fortalezca la producción y consumo, siempre en busca del equilibrio entre la humanidad y la naturaleza, para satisfacer las necesidades sin perjudicar las oportunidades de las generaciones futuras.

El aspecto político también es de suma importancia ya que nos enmarca reglas a nivel país que van a garantizar el respeto por el medio ambiente y por la sociedad.

Este concepto va de la mano con la construcción. Sabemos la importante contaminación que generan las obras, no solo en la fase de construcción sino también en la operación.

---

<sup>6</sup> DRA. BRUNDTLAND, Gro Harlem. Nuestro futuro común, 1987.

Además, tenemos que adecuarnos a los modelos y nuevas técnicas en pos de mejorar la calidad de vida de las personas y mantener su entorno.

Es una estrategia empresarial que, gracias a la gestión de los tres contextos en conjunto, garantiza un retorno de la inversión a largo plazo, en el caso particular de puertos: por buen manejo de la eficiencia energética en los procesos, buen manejo de los residuos, de operaciones de dragado, por optimización de la red logística, por reducción de la polución y las emisiones o por minimizar la intensidad del transporte. La competitividad con respecto a puertos sustentables cada vez es más valorada en el mercado, ofreciendo una mayor credibilidad para operadores logísticos, exportadores, importadores y para la comunidad misma. Es importante también tener en cuenta factores como el análisis del ciclo de vida y reciclaje de los materiales en el periodo de construcción, medición de huella de carbono de los procesos, relación puerto-ciudad en la planificación de proyecto y cuidado del ecosistema en construcción y operación.

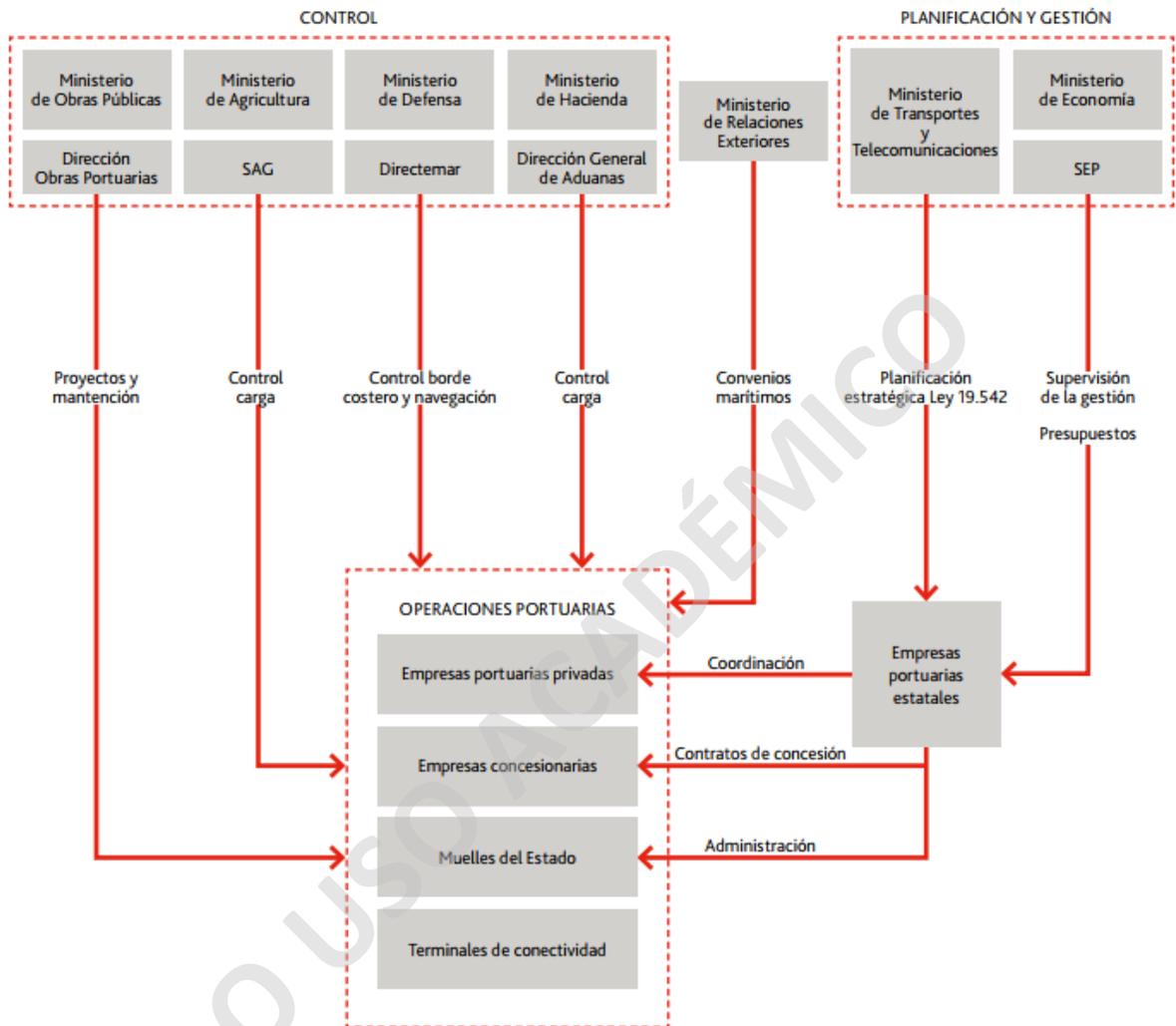
### **Evolución del Sistema Portuario en Chile**

En el año 1997, gracias a la publicación de la nueva Ley 19.542 sobre Modernización del Sector Portuario Estatal, se vive todo un proceso de transformación del sistema de puertos comerciales en nuestro país. La principal causa que motiva a la promulgación de la nueva ley es el déficit de los recursos estatales para modernizar el uso e infraestructura de nuestros puertos. Dejando de lado la antigua Empresa Portuaria de Chile (EMPORCHI) creada en 1960, encargada de la infraestructura, administración, mantención y explotación de 10 puertos. Como consecuencia resultaron las 10 continuadoras legales empresas portuarias estatales: Arica, Iquique, Antofagasta, Coquimbo, Valparaíso, San Antonio, Talcahuano - San Vicente, Puerto Montt, Chacabuco y Austral.

La nueva ley consiste en la participación de empresas privadas en el financiamiento, construcción y habilitación de los servicios portuarios; luego de la creación de la Coordinación General de Concesiones en 1996, lo que denominamos Concesión. Es decir: los privados invierten, administran y operan los terminales, mientras que el Estado se encarga de fiscalizar.

Los puertos chilenos cuentan con instituciones relacionadas a la Planificación y Gestión de Obras, gracias a la participación del Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones en la planificación estratégica de puertos y también del SEP que tienen la tarea de supervisar la gestión y los presupuestos de las empresas portuarias del estado. También contamos con instituciones encargadas del Control de puertos y sus operaciones, como la Dirección de Obras Portuarias, entidad responsable del desarrollo de proyectos y de su mantención, el SAG y la Dirección General de Aduanas para el control de mercancías y el Directemar encomendado para el control del borde costero y de navegación. Cada Empresa Portuaria Estatal tiene la misión de coordinar y administrar sus operaciones portuarias y contratos de concesiones.

Figura 1: Marco Institucional del Sector Portuario.



Fuente: CCHC. Infraestructura Crítica para el Desarrollo: Bases para un Chile Sostenible, 2016 – 2025.

La participación de entidades privadas en los puertos estatales, generan un círculo de competencia, debido a la mayor disponibilidad de inversión para la incorporación de nuevas tecnologías para una mayor eficiencia en la gestión de frentes de atraque.

Las actualizaciones en la legislación han generado un aumento en la capacidad de transferencia de los puertos chilenos. Como la economía del país está orientada principalmente al comercio exterior, los acuerdos de libre comercio dejan a Chile como uno de los países con mayor posicionamiento económico de Latinoamérica. Sin embargo, este aumento de capacidad con el transcurso de los años está quedando insuficiente en relación a la creciente demanda.

Respecto a la eficiencia, es posible demostrar que la cantidad de carga transportada depende, principalmente, de la capacidad de transferencia de los terminales que la mueven<sup>7</sup>, de modo que, para acrecentar el rendimiento de nuestros puertos, deben progresar sus servicios portuarios de transferencia.

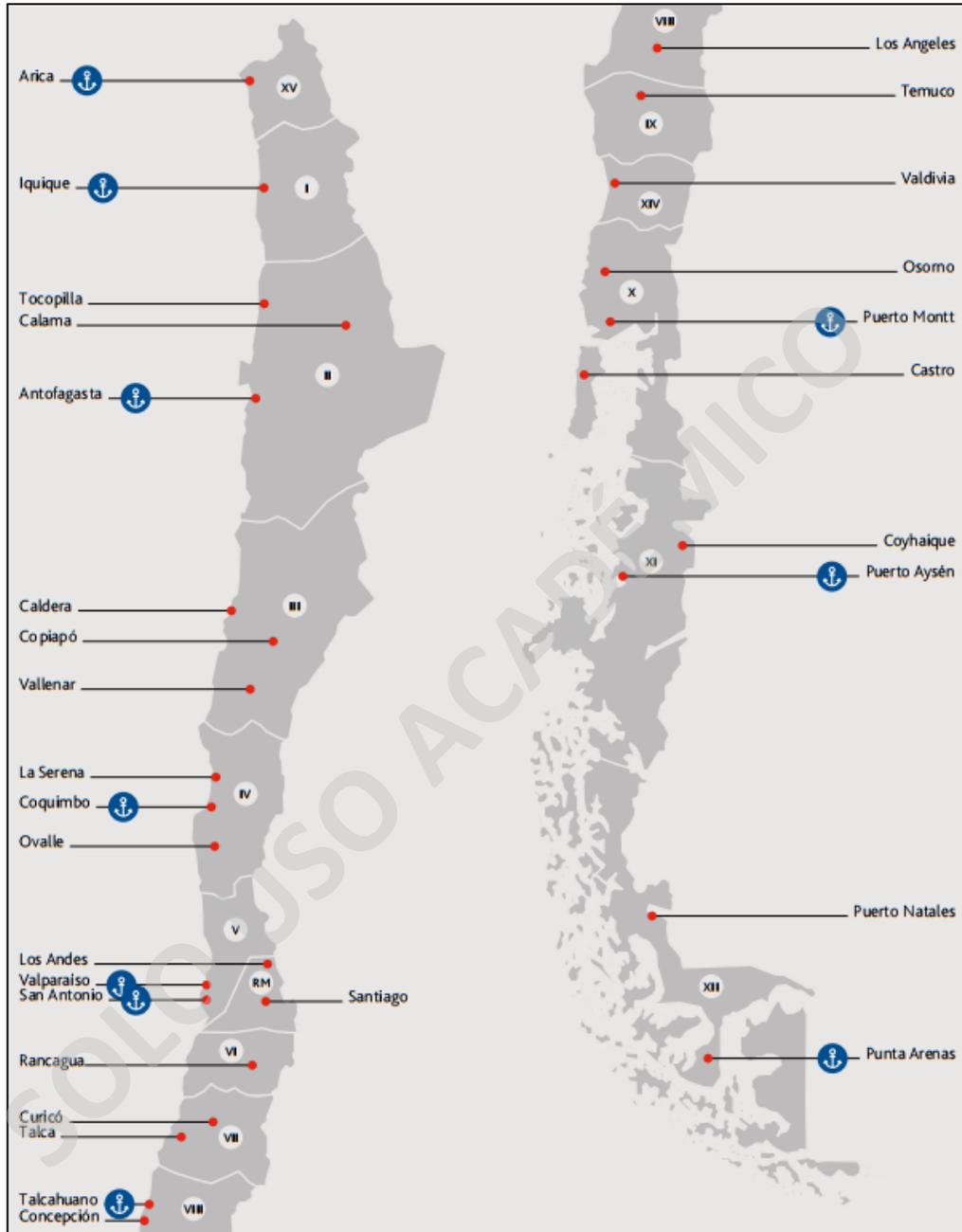
En la actualidad Chile cuenta con un sistema de 56 puertos en todo el territorio, de los cuales 10 son estatales, 14 son privados de uso público y 32 privados de uso privado, este último se reparte en 15 puertos mineros y 17 petroleros.

En este trabajo se pondrá enfoque en los puertos estatales, ya que son los que movilizan la mayor cantidad de mercancías que entran y salen del país, requiriendo urgentemente una eficiente cadena logística, a diferencia de los puertos privados que tienen una velocidad de transporte menor, ya que se encargan solo de transportar un tipo de mercadería.

---

<sup>7</sup> UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE. Apuntes de Economía de Transporte.

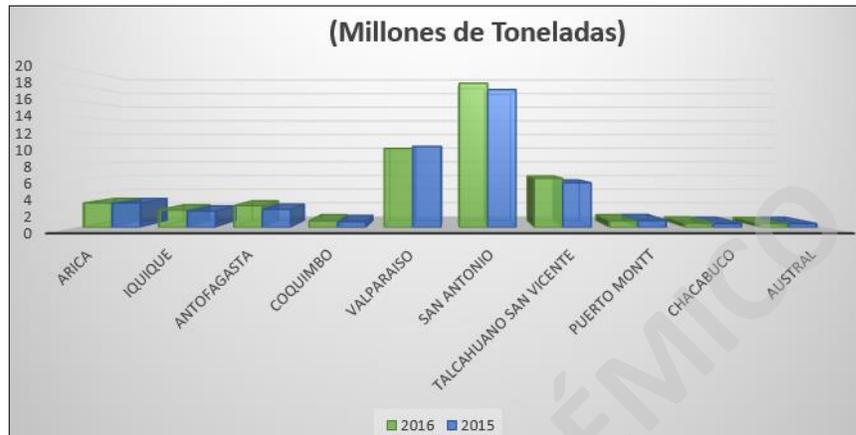
Figura 2: Localización de Empresas Portuarias Estatales.



Fuente: CCHC. Infraestructura Crítica para el Desarrollo: Bases para un Chile Sostenible 2016 – 2025.

Los principales puertos del país se encuentran en la Zona Centro: Valparaíso y San Antonio, transfiriendo al 2016 el 62% del total de cargas por puertos estatales, a diferencia de los puertos de la Zona Norte, Sur y Austral, según la Subsecretaría de Transportes.

Gráfico 2: Carga Total Transferida en Puertos Estatales.



Fuente: Elaboración propia en base a: SISTEMA DE EMPRESAS PORTUARIAS. Memoria Anual. Chile, 2016.

La mayoría de los puertos de uso público están implementados para que sus terminales funcionen como multipropósito. Esto quiere decir que sus terminales poseen infraestructura para el transporte y almacenamiento de varios tipos de cargas: contenedores, general, gráneles sólidos, líquidos, entre otros. No obstante, la gran cantidad de mercancía en los principales puertos de Chile es transportada por contenedores<sup>8</sup>, dato que respalda la importancia de la ampliación de los principales puertos del país en función de las cargas de contenedores.

Tabla 1: Capacidad de Transferencia de los Principales Puertos de Chile.

Capacidad de transferencia estimada   Puerto San Antonio.		Capacidad de transferencia estimada   Puerto Valparaíso.	
Tipo de Carga	Capacidad [ton/año]	Tipo de Carga	Capacidad [ton/año]
Contenedores	12.772.080	Contenedores	9.182.000
Carga fraccionada	1.308.744	Carga fraccionada	3.086.000
Graneles	4.461.800	Graneles	No aplica
<b>Total</b>	<b>18.542.624</b>	<b>Total</b>	<b>12.269.000</b>

Fuente: MTT. Plan Nacional de Desarrollo Portuario: Conectando Chile, 2013.

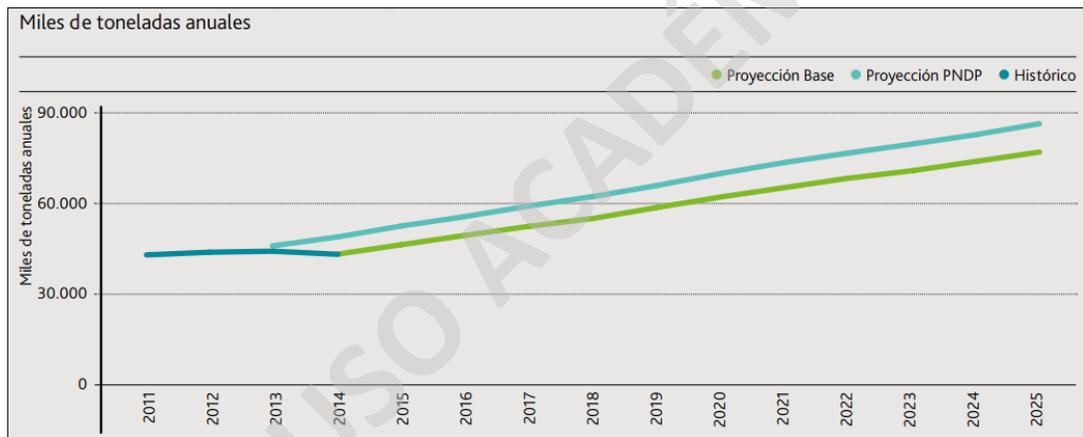
Con el auge de la industria hortofrutícola, acuícola, de la madera, celulosa y minera, se impulsó una ola de inversiones en la infraestructura vial del país, que superó los US\$ 9.000 millones desde 1998 al 2007, según la Cámara Chilena de la Construcción (CChC)

<sup>8</sup> SEP. Memoria 2015. Sistema de Empresas, Chile.

y que, junto con el aumento del stock de camiones, posibilitaron el aumento del transporte de cargas<sup>9</sup>.

Con el pasar del tiempo, las nuevas tecnologías, el crecimiento proyectado de la demanda de mercancías a nivel mundial y el aumento en el tamaño de los buques, han provocado el afloramiento de nuevas necesidades. En respuesta a ello, el Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones el año 2011 decide poner en estudio el Proyecto “Puerto Gran Escala” para su construcción, en busca de la ampliación de la capacidad portuaria en la zona centro del país y del fortalecimiento de terminales contenedores. Como resultado, la ubicación más estratégica se encuentra en los Puertos Valparaíso – San Antonio. El PGE deberá contar con una red logística que conecte los puertos en función de un eficiente rendimiento, con acceso vial y ferroviario, con el aumento de calado en sitios de atraque para naves modernas de gran envergadura, en respuesta de la demanda que se proyecta para los puertos del estado.

Gráfico 3: Demanda Proyectada en Puertos del Estado.



Fuente: CCHC. Infraestructura Crítica para el Desarrollo: Bases para un Chile Sostenible 2016 – 2025.

Considerando todo lo mencionado, este trabajo de investigación luego de un extenso estudio que se presentará a continuación, busca la realización de una propuesta orientada a Puertos Sustentables y lo que requiera para su infraestructura y mantención. La tarea a nivel nacional es construir y ampliar nuestros puertos de la manera más estratégica y sostenible posible con la finalidad de disminuir costos sociales, ambientales y económicos a mediano y largo plazo. Una oportunidad es la construcción PGE, si este proyecto es realizado de la manera sostenible, estaremos cada vez más cerca de un país íntegro que no solo se preocupa de su economía sino también de preservar los recursos naturales y la buena calidad de vida de sus habitantes.

<sup>9</sup> CCHC. Infraestructura Crítica para el Desarrollo: Bases para un Chile integrado, 2013.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Formular recomendaciones en cuanto a la infraestructura y las operaciones portuarias mediante un estudio para acercar a los Puertos Chilenos hacia la Sostenibilidad.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ✓ Identificar el sistema portuario nacional, lo que es un puerto, sus componentes y las etapas que lo conforman.
- ✓ Identificar los impactos ambientales que generan los procesos relacionados a la infraestructura y a las operaciones portuarias.
- ✓ Investigación de significados y requerimientos de Puertos Verdes y Sustentables.
- ✓ Realizar un estudio respecto a las Legislaciones, Certificaciones y Organizaciones al respecto, además de ver los casos aplicados en Chile y el Mundo Desarrollado.
- ✓ Proponer recomendaciones en pos de la sostenibilidad económica, medioambiental y social, tanto en la infraestructura portuaria como en la operación.

SOLO USO ACADÉMICO

## **CAPÍTULO 1: PUERTOS**

### **1.1. DEFINICIONES**

Puerto, terminal o recinto portuario: es un área litoral delimitada por condiciones físicas o artificiales que permite la instalación de una infraestructura destinada a la entrada, salida, atraque y permanencia de naves, y a la realización de operaciones de movilización y almacenamiento de carga, a la prestación de servicios a las naves, cargas, pasajeros o tripulantes, actividades pesqueras, de transporte marítimo, deportes náuticos, turismo, remolque y construcción o reparación de naves<sup>10</sup>.

Se entiende como puerto todo aquel espacio de mar (sectores ribereños, fondos de mar y porciones de agua) con infraestructura marítima, instalaciones y sus recintos asociados. Son sistemas multifuncionales destinados a la transferencia de entidades (carga, pasajeros) por distintos modos de transporte hacia y desde el modo marítimo, comprendidos dentro de un sistema logístico cuyo objetivo principal es optimizar la competitividad comercial de un país, tanto interna como externamente<sup>11</sup>.

Considerando las dos definiciones mencionadas, se concluye que es un conjunto de obras, instalaciones y servicios, que se ubican en zonas de aguas abrigadas para asegurar operaciones de transbordo, manipulación, almacenaje y expedición de bienes, permitiendo el funcionamiento de un puerto que puede ser emplazado en bordes marítimos, fluviales y lacustres. Es la conexión entre el transporte acuático-terrestre, que produce un acrecentamiento en el turismo y proporciona conectividad para sectores aislados; una ayuda para el desarrollo del comercio y para el incremento de economías.

La misión de un puerto es mejorar la calidad de vida de diferentes países en el mundo. El crecimiento económico que produce este tipo de obras en el mismo territorio, genera un descenso de las tasas de desempleo y un aumento de los salarios. Esto permite que la comunidad tenga mayores posibilidades de acceder a bienes y servicios. Por otro lado, generan conectividad entre zonas aisladas e integran al mercado nacional a un nivel internacional, gracias a los servicios de infraestructura que poseen, con el objetivo de sustentar las necesidades de demanda actual y futuras.

---

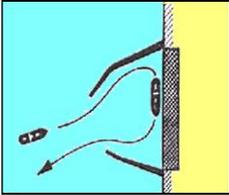
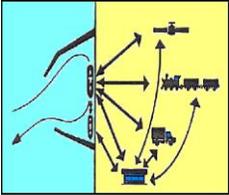
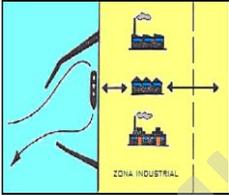
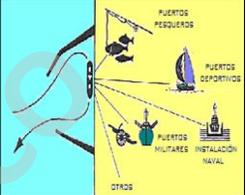
<sup>10</sup> MTT. Ley 19.542: Título III De las definiciones. Chile, 1997.

<sup>11</sup> CCHC. “Infraestructura Crítica para el Desarrollo: Análisis Sectorial 2012 – 2016”. Chile, 2012.

## 1.2. FUNCIONES DE UN PUERTO

La función de un puerto va a estar determinada según la manera en que se manejen las mercancías. Un puerto puede cumplir con una sola de ellas, o con todas a la vez.

Tabla 2: Funciones de un Puerto<sup>12</sup>.

MARÍTIMA	TRANSPORTE	INDUSTRIAL	ESPECÍFICA
			
Apoya exclusivamente a la navegación y al barco, permitiendo su abastecimiento. Es la función más antigua.	Gracias a la cadena de transporte de las cargas, se genera una conexión entre las vías marítima y terrestre. El puerto es un eslabón en la cadena del transporte.	La incorporación de instalaciones industriales al interior del puerto con el objetivo de minimizar los costos por transporte, proporcionan un apoyo a su actividad y desarrollo.	Este funciona para una actividad en particular, por ejemplo, para el uso militar, pesquero, deportivo, entre otras.

Fuente: VIGUERAS, M. “Curso de explotación y dirección de puertos”, 1981, editada por José Francisco Benavides Núñez.

### 1.2.1. Ejemplos

#### Función Marítima

Imagen 1: Puerto Quebec – Canadá.



Fuente: <https://www.vix.com/es/imj/mundo/5307/5-grandes-puertos-maritimos-del-mundo>.

<sup>12</sup> Elaboración Propia en base a: BENAVIDES NÚÑEZ, José Francisco. “Puertos: Antecedentes para el diseño, construcción, planificación y explotación”, Capítulo 2: El Puerto. Chile, 2013.

## **Función Transporte**

Imagen 2: Puerto Manzanillo, Colima – México.



Fuente: <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=753662&page=21>.

## **Función Industrial**

Imagen 3: Puerto Barcelona – España.



Fuente: <http://iguanamagazine.com/barcelona-puerto-mas-carro-espana/>.

## **Función Específica**

Imagen 4: Puerto Deportivo Roda de Bará, Tarragona – España.



Fuente: <http://www.acciona.cl/proyectos/construccion/puertos-obras-hidraulicas/puerto-deportivo-roda-de-bara/>.

SOLO USO ACADÉMICO

### 1.3. PRINCIPALES USUARIOS DE UN PUERTO

Una instalación portuaria debe contar con ciertos requerimientos y servicios indispensables para los siguientes participantes.

#### 1.3.1. El Pasajero

Existen en 3 clasificaciones.

Tabla 3: Clasificación de Pasajeros en un Puerto.

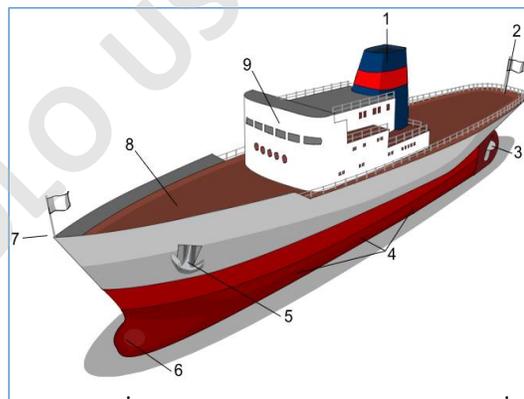
INTERNACIONALES	EN TRÁNSITO	DE CABOTAJE
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pasajero que se quedará en la ciudad o país de arribo de la embarcación.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Es aquel viajero que llega a un puerto en un transatlántico, atracando horas o días en el país, pero por lo general embarcando diariamente en su transatlántico.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Principalmente se transportan en ferres, utilizando el barco solo como medio de transporte entre dos o más destinos de un mismo país.</li></ul>

Fuente: Elaboración Propia en base a: BENAVIDES NÚÑEZ, José Francisco. "Puertos: Antecedentes para el diseño, construcción, planificación y explotación", Capítulo 2: El Puerto. Chile, 2013.

#### 1.3.2. El Barco

Partes básicas de una embarcación.

Figura 3: Componentes de un Barco.



- 1.- Chimenea.
- 2.- Popa.
- 3.- Hélice.
- 4.- Obra Viva.
- 5.- Ancla.
- 6.- Bulbo de Proa.
- 7.- Proa.
- 8.- Cubierta.
- 9.- Superestructura.

Fuente: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/88/Ship\\_diagram-numbers.svg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/88/Ship_diagram-numbers.svg).

### 1.3.3. La Mercadería

Se clasifican en 4 categorías.

Figura 4: 4 Tipos de Mercancías<sup>13</sup>.



#### MERCADERÍA GENERAL

- Pueden presentarse en estado sólido, líquido o gaseoso. Usualmente debe estar embalada en cajas normalizadas. Se caracterizan por no presentar riesgos a la salud, ni atentar contra la seguridad del entorno.

#### CONTENEDORES

- Generalmente están fabricadas de acero. Su uso permite la manipulación de carga con mayores rendimientos y permiten el sistema de transporte puerta a puerta. Sirven para mercancías que requieran refrigeración, ventilación o mercaderías de complicadas dimensiones.



#### GRÁNELES SÓLIDOS

- No necesitan embalaje y se transportan a granel. Se hace indispensable el uso de grúas de gran capacidad y rendimiento.

#### GRÁNELES LÍQUIDOS

- Tampoco necesitan embalaje. La carga se transporta a granel, en tanques o depósitos específicamente diseñados para alojar materias líquidas.



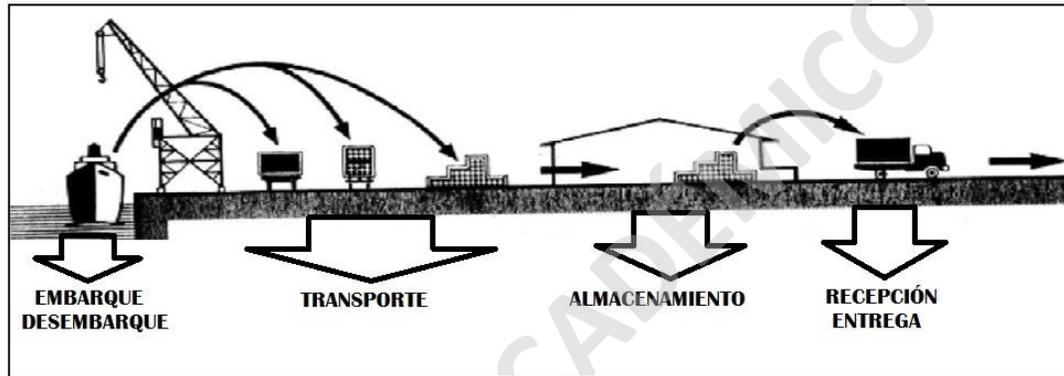
Fuentes: <https://www.pinterest.es/pin/152559506105789968/?lp=true>.  
[https://www.alimarket.es/buscador\\_avanzado](https://www.alimarket.es/buscador_avanzado).

<sup>13</sup> Elaboración Propia en base a: BENAVIDES NÚÑEZ, José Francisco. “Puertos: Antecedentes para el diseño, construcción, planificación y explotación”, Capítulo 2: El Puerto. Chile, 2013.

#### 1.4. OPERACIONES DE UN PUERTO

- ✓ Embarque y desembarque de cargas y/o pasajeros, con la ayuda de equipos e instalaciones, adecuadas o específicas.
- ✓ Transporte de cargas y/o pasajeros, con la indispensable aplicación de servicios complementarios que permitan y faciliten el traslado.
- ✓ Almacenamiento de cargas como mercadería, contenedores, gráneles sólidos y líquidos.
- ✓ Recepción o entrega hasta su destino.

Figura 5: Esquema General de Operaciones Portuarias.



Fuente: Elaboración Propia en base a: BENAVIDES NÚÑEZ, José Francisco. "Puertos: Antecedentes para el diseño, construcción, planificación y explotación", Capítulo 2: El Puerto. Chile, 2013.

## 1.5. TIPOS DE TERMINALES

Existen diferentes terminales para cada tipo de mercancía, como se observa a continuación<sup>14</sup>:

Imagen 5: Terminal de Carga General.



Fuente: <http://www.puertomanzanillo.com.mx/esps/0021104/terminales-especializadas>.

Imagen 6: Terminal Contenedor.



Fuente: [www.qualiteasy.ning.com](http://www.qualiteasy.ning.com).

---

<sup>14</sup> Desarrollado en base a: FERNANDEZ SAN LUIS, Sara e IGLESIAS PIRLA, Fernando. "Infraestructura Portuaria Gestión y Logística". Universidad La Laguna. España, 2015.

Los terminales de graneles sólidos y líquidos requieren maquinaria específica para el transporte de mercancías. En el caso de graneles sólidos: mineral de hierro, carbón, cemento, alimentos secos como harina, azúcar, alfalfa. Etc.

Imagen 7: Terminal Graneles Sólidos.



Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=XQS5O4sn0Eo>.

En el caso de terminales de graneles líquidos, para: petróleo, GNL, gasolina, productos químicos, etc.

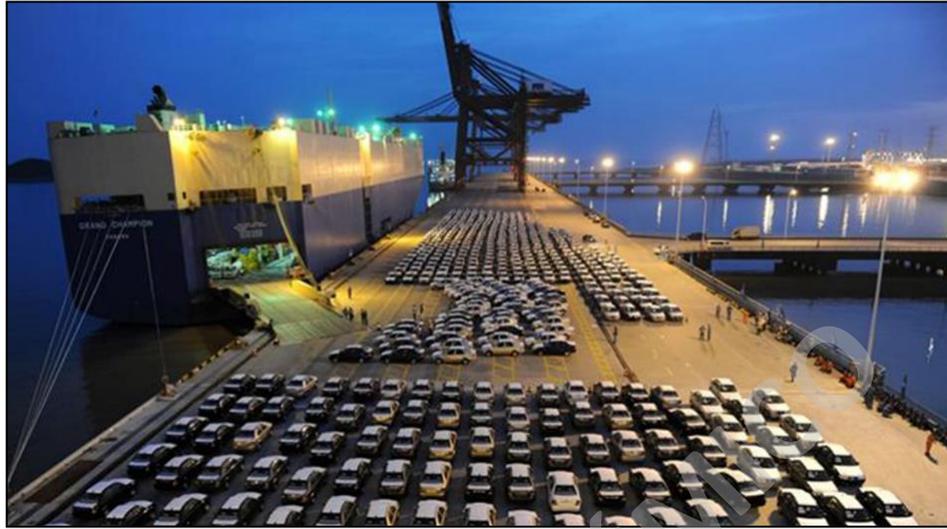
Imagen 8: Terminal Graneles Líquidos.



Fuente: <https://masqueingenieria.com/blog/que-es-una-terminal-portuaria/#jp-carousel-1099>.

Los terminales Ro-Ro insertan el mercado automotriz a cualquier parte del mundo, amplían la gama de precios y de diferentes tecnologías aplicadas.

Imagen 9: Terminales Ro-Ro (para buques que transportan mercancías con ruedas).



Fuente: <https://www.breakbulk.com/ningbo-opens-island-ro-ro-terminal/>.

Los terminales de GNL son una óptima alternativa al hablar de sustentabilidad, ya que, a diferencia de los combustibles líquidos, este, no libera emisiones contaminantes al mar.

Imagen 10: Terminales de Gas Natural Licuado.



Fuente: [www.todoproductividad.blogspot.com](http://www.todoproductividad.blogspot.com).

También podemos observar los terminales de pasajeros característicos por el amplio turismo que proporcionan frente a las dificultades geográficas, sobre todo es un apoyo al turismo en zonas insulares.

Imagen 11: Terminal de Pasajeros.



Fuente: <https://www.puertocartagena.com/es/galerias/terminal-de-cruceros>.

La construcción de diversos terminales pesqueros enriquece las industrias de este tipo, encaminando al sector donde se ubiquen hacia un positivo desarrollo económico.

Imagen 12: Terminal Pesquero.



Fuente: [http://www.viviendochile.cl/lugares-norte-antofagasta-galeria-terminal\\_pesquero.php](http://www.viviendochile.cl/lugares-norte-antofagasta-galeria-terminal_pesquero.php).

## 1.6. MAQUINARIA Y EQUIPOS

También se clasifican según el tipo de mercancía:

### 1.6.1. Para Carga General

Figura 6: Maquinaria para Carga General.



Fuente: BENAVIDES NÚÑEZ, José Francisco. "Puertos: Antecedentes para el Diseño, Construcción, Planificación y Explotación", Capítulo 4: Maquinaria, Equipamiento y Características de Terminales Portuarios. Chile, 2012.

### 1.6.2. Para Contenedores

Figura 7: Maquinaria para Contenedores.

GRÚAS TRANSTAINER  
PARA  
APILAMIENTO/ACOPIO



GRÚAS HORQUILLA  
PARA CONTENEDORES



GRÚAS PÓRTICO  
PARA CARGA/DESCARGA



GRÚAS DE VEHÍCULO



GRÚAS STRADDLE  
CARRIER



Fuente: BENAVIDES NÚÑEZ, José Francisco. “Puertos: Antecedentes para el Diseño, Construcción, Planificación y Explotación”, Capítulo 4: Maquinaria, Equipamiento y Características de Terminales Portuarios. Chile, 2012.

### 1.6.3. Para Gráneles Líquidos

Figura 8: Maquinaria para Gráneles Líquidos.

BRAZOS DE CARGA Y DESCARGA



Fuente: BENAVIDES NÚÑEZ, José Francisco. “Puertos: Antecedentes para el Diseño, Construcción, Planificación y Explotación”, Capítulo 4: Maquinaria, Equipamiento y Características de Terminales Portuarios. Chile, 2012.

### 1.6.4. Para Gráneles Sólidos

Figura 9: Maquinaria para Gráneles Sólidos.



Fuente: BENAVIDES NÚÑEZ, José Francisco. "Puertos: Antecedentes para el Diseño, Construcción, Planificación y Explotación", Capítulo 4: Maquinaria, Equipamiento y Características de Terminales Portuarios. Chile, 2012.

## 1.7. PLANIFICACIÓN PARA UN PUERTO

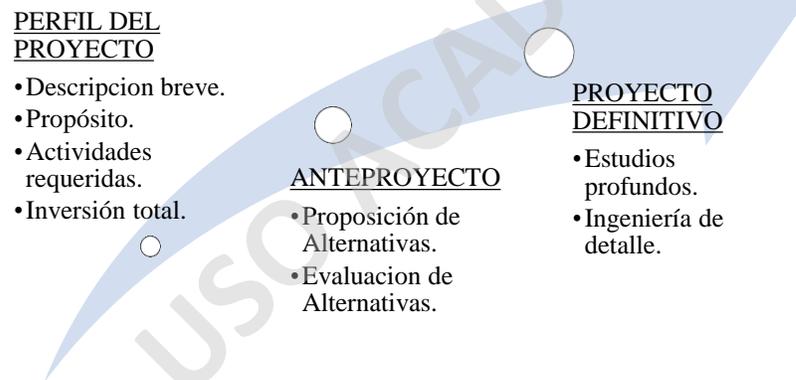
La planificación portuaria es una herramienta que nos acerca al éxito del puerto de estudio, elaborado a partir de una necesidad a nivel nacional o regional.

En ella nos preocupamos por cubrir las demandas que nos exige el comercio internacional en relación a la magnitud de la infraestructura que se requiera o a suplir con obras que agilicen las operaciones del puerto, por ser éste uno de los sectores económicos con más desarrollo.

Evidentemente la viabilidad financiera del proyecto es estudiada con el fin de obtener un proyecto sostenible como resultado. Sin dejar de lado las repercusiones que puedan alterar el medio social y ambiental tratando de que sean en su mayoría beneficiosas.

Cada vez que se requieran nuevos proyectos portuarios, mejoras de proyectos existentes que sean deficientes o anticiparse frente a sobredemandas futuras en la zona del puerto, se deben realizar los pasos que se presentaran en la siguiente figura.

Figura 10: Pasos para la Planificación Portuaria.



Fuente: Elaboración propia en base a: BENAVIDES NÚÑEZ, José Francisco. "Puertos: Antecedentes para el Diseño, Construcción, Planificación y Explotación", Capítulo 3: Proyecto Portuario. Chile, 2012.

En el perfil se realiza un resumen detallado del proyecto a lo largo de su vida, en el que incluye información general acerca de la ubicación, sus características, su intención, la justificación de su inversión, los costos por actividad y mantenimiento e ingresos.

En la etapa de anteproyecto se formulan las posibles alternativas para la realización del proyecto y se consigue el resultado de la evaluación social y privada, que determinará quién será el partícipe de su ejecución (el estado o privados). Dentro de él, se definen áreas de protección, de navegación, almacenes, accesos y servicios, instalaciones, etc.

La última etapa de planificación se consolida con la elección de la mejor propuesta y la elaboración del proyecto definitivo en base a ella.

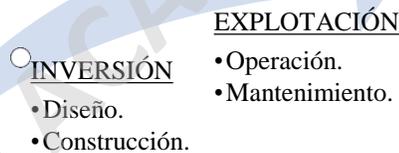
## 1.8. ETAPAS PARA LA CONFIGURACIÓN DE UN PUERTO

### 1.8.1. Inversión

En el periodo de Inversión viene la etapa de Diseño, donde se estudia toda la ingeniería de detalle de la alternativa escogida en el Estudio de Evaluación Privada y Social. Se realizan estudios oceanográficos, que involucran las mareas, corrientes, viento y oleaje; además de estudios topográficos y geotécnicos. Se desarrolla la programación de ejecución, insumos y recursos financieros, para seguir de manera eficiente cada etapa.

En la etapa de construcción y al ser un proyecto concesionado, se comienza con el llamado a licitación, donde se elige la mejor propuesta que construya y supervise la obra de acuerdo a la programación establecida. La supervisión es indispensable para la detección de cualquier discontinuidad que se manifieste en la construcción e instalación de maquinarias. Esta etapa finaliza con la recepción de obras.

Figura 11: Etapas de Configuración.



Fuente: Elaboración propia en base a: BENAVIDES NÚÑEZ, José Francisco. “Puertos: Antecedentes para el Diseño, Construcción, Planificación y Explotación”, Capítulo 3: Proyecto Portuario. Chile, 2012.

En la última etapa de Operación y Mantenimiento, los encargados de la ejecución del proyecto velarán por la gestión eficiente del puerto en su operación, y por su mantenimiento, fiscalizados por la Dirección de Obras Portuarias del MOP, verificando el cumplimiento del proyecto en pos de su progreso.

### 1.8.2. Construcción

Las construcciones de puertos son obras distintas en comparación a obras de edificación. Aquí debemos considerar procedimientos constructivos sobre y bajo el mar, con diferentes factores de cálculo y diseño. Sin olvidar que, por ser un país sísmico, debemos cumplir con la norma sísmica exigida.

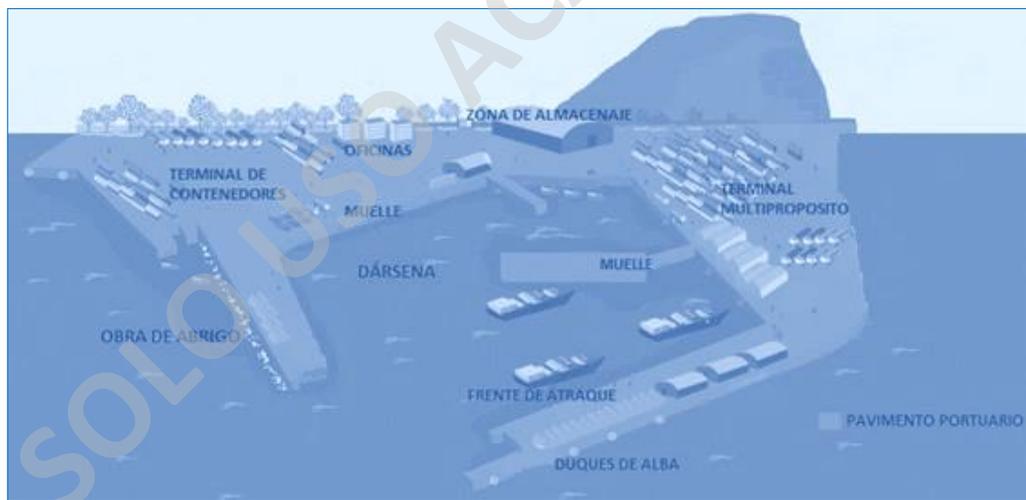
## 1.9. COMPONENTES PARA UN PUERTO

Los terminales portuarios son el conjunto de muelles de similares características, con sus maquinarias, equipos e instalaciones, necesarias para el funcionamiento del puerto. Existen terminales de mercancía general, de contenedores, de Roll On - Roll Off, de pasajeros, de gráneles sólidos, de gráneles líquidos y mixtos. Esto dependiendo del volumen de mercancía que se moviliza, lo que también define el tamaño del barco y la frecuencia de llegada de los barcos, debiendo tenerlo siempre presente<sup>15</sup>.

La función del puerto definirá la infraestructura necesaria para desempeñar su ocupación, de la manera más estratégica posible con tal de agilizar sus operaciones. Por su puesto antes de su construcción e implementación, se deben considerar los aumentos de demanda que solicite el mercado a futuro de la zona, con el propósito de fortalecer el nivel de competitividad de cada puerto, y mantenerlo vigente.

Todo puerto debe considerar muelles estratégicos en sus dársenas (parte de las aguas navegables de un puerto resguardada artificialmente de las aguas exteriores, para permitir la operación de buques), fijar la ubicación de sus almacenes y terminales de acuerdo al tipo de cargas, determinar las vías de acceso de manera de inducir un flujo vehicular óptimo, agregar obras de abrigo para generar aguas calmas y obras de atraque con el fin de fijar las naves al puerto, para operaciones de embarque, desembarque o mantenimiento.

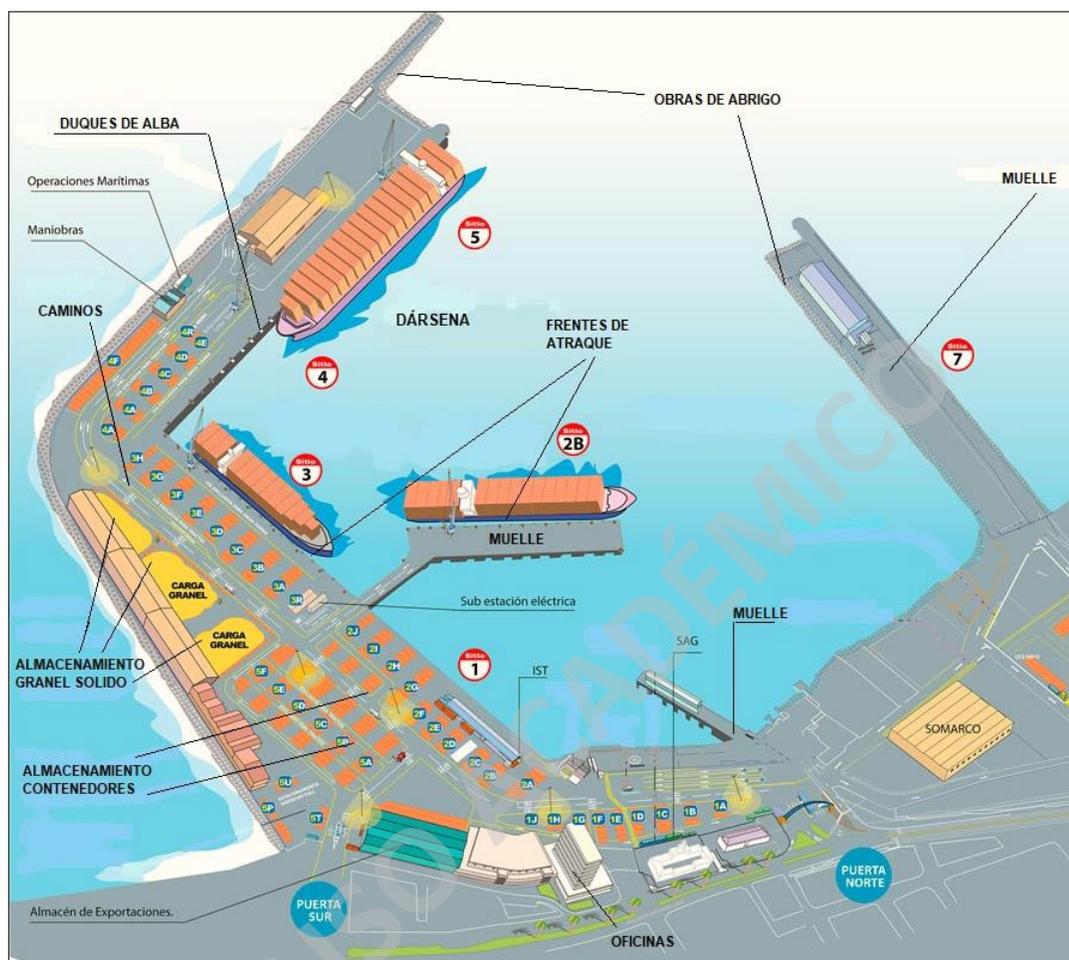
Figura 12: Esquema Puerto Ejemplo:



Fuente: <http://www.puertoarica.cl/Web/conoce-el-puerto.html>. Modificado.

<sup>15</sup> BENAVIDES NÚÑEZ, José Francisco. "Puertos: Antecedentes para el Diseño, Construcción, Planificación y Explotación", Capítulo 4: Maquinaria, Equipamiento y Características de Terminales Portuarios. Chile, 2012.

Figura 13: Esquema Puerto Ejemplo.



Fuente: <http://portal.tpa.cl/tpaweb/nuestro-puerto/>. Modificado.

## TIPOS DE OBRAS Y COMPONENTES PARA LA ELABORACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN PUERTO<sup>16</sup>:

### 1.9.1. Excavación

La superficie del terreno donde se construyen terminales para un puerto, puede estar en tierra firme o ganado al mar.

En primer lugar, la cantidad de tierra vegetal que resulte del escarpe para el inicio del movimiento de tierras, es considerablemente alta, por lo tanto, se deberá contar con un botadero certificado en caso de acumulación de material que no será utilizado.

<sup>16</sup> Elaboración propia en base a: DIRECCIÓN DE OBRAS PORTUARIAS, MOP. "Guía para el Diseño, Construcción, Operación y Conservación de Obras Marítimas y Costeras". Chile, 2013.

El material que resulte de la excavación también debe contar con una estrategia que facilite la disponibilidad a un botadero de manera de no generar contaminación, o de lo contrario, para su reutilización en otra actividad de la misma obra. De esta manera, suplir las necesidades en caso de requerir rellenos (por lo general los rellenos se utilizan en abundancia en obras de este tipo) que cumplan con las especificaciones, respaldado por ensayos y controles de laboratorio. Para su desarrollo se necesita maquinaria industrial mecanizada como excavadoras, retroexcavadoras, bulldozers, cargadores frontales, dúmpers, entre otros.

Figura 14: Maquinaria habitual para Excavaciones Portuarias.

RETROEXCAVADORA



DUMPER



BULLDOZERS



CARGADOR FRONTAL



Fuente: <http://multimaq.cl/producto/816liugong/#>.

### **Excavación Común:**

La excavación mecánica deberá ser meticulosa y respetuosa en cuanto a cotas, sobre anchos y taludes del proyecto, según lo indiquen los planos. También en cuanto al tipo de material que quede a nivel (sub rasante), se deberá verificar que no contenga suelo orgánico, escombros o suelos que obtengan una densidad máxima compactada seca menor al 95% (DMCS). No deben ser materiales inestables, ni que tengan un CBR < 10% (resistencia a la penetración). De lo contrario, el material del fondo de excavación deberá ser reemplazado. Una vez finalizada la excavación, se

procede a verificar con levantamientos topográficos las cotas y volúmenes exigidos.

En las siguientes imágenes podremos apreciar la ejecución de la excavación para un terminal en la Región de Valparaíso - Chile que a futuro prestará servicios para la transferencia de gránulos líquidos. Se visualizan con este claro ejemplo de fotos con vista aérea, las grandes cantidades de metros cúbicos y de maquinaria necesaria para la conformación de un puerto/terminal.

Imagen 13: Movimiento de Tierra Masivo en Construcción de nuevo Terminal Oxiquim en Ventanas – Quintero, Chile, 2014.



Fuente: <http://inatec.cl/web/?slide=experiencia-2>.

Imagen 14: Movimiento de Tierra Masivo en Construcción de nuevo Terminal Oxiquim en Ventanas – Quintero, Chile, 2014.



Fuente: <http://inatec.cl/web/?slide=experiencia-2>.

Imagen 15: Movimiento de Tierra Masivo en Construcción de nuevo Terminal Oxiquim en Ventanas – Quintero, Chile, 2014.



Fuente: <http://inatec.cl/web/?slide=experiencia-2>.

### **Excavación en Rocas:**

En el caso de no poder hacer uso la excavación común, se deberá utilizar explosivos. En primer lugar la empresa a cargo de la construcción del puerto debera solicitar los permisos correspondientes, presentar planes de trabajo que incluyan la cantidad de explosivos por metro cubico, esquema de cortes, planes de seguridad, entre otros. Debe ser un procedimiento minucioso, no solo para evitar aflojamiento de material fuera de la excavación considerada, si no también para no intervenir la cotidianidad del sector.

### **Excavación con presencia de Agua:**

Se realizara la excavación bajo agua una vez presentado el procedimiento a la inspección. En el caso de afloramiento de napas subterranas se considera el agotamiento de aguas por medio de cunetas, canales, sub drenes provisorios de hormigón con niveles inferiores y bombas. El objetivo es poder conducir el agua a sistemas de evacuación y trabajar en las excavaciones libres de agua. Se debe tener en consideracion que actividades como estas pueden provocar inestabilidad del terreno o socavaciones por lo que es importante seguir un protocolo y tomar responsabilidad para remediar en el caso que ocurran daños, por parte de la empresa a cargo de la ejecución del proyecto.

### **Entibaciones:**

Estos deberán actuar como soporte del terreno frente a esfuerzos que puedan afectar la excavación. En el caso de terrenos inestables o cuando se producen sobre excavaciones se podra construir entibaciones con perfiles de acero o madera, pultales y/o riostras. El sistema deberá ser retirado una vez finalizada la excavación. No pueden ser parte del suelo de relleno ni de las estructuras que se construyan.

### **1.9.2. Obras de Dragado**

Corresponde a la extracción de material del fondo marino o fluvial en puertos y zonas navegables, con la finalidad de aumentar la profundidad de las aguas. El objetivo principal es facilitar la navegación de las embarcaciones con profundidades no menores al calado necesario (distancia entre el nivel de flotación hasta la quilla). El material debe ser descargado en zonas de depósitos, en el mismo mar o en botaderos autorizados. También este tipo de obras sirven para sanear terrenos contraproducentes, eliminar suelo contaminado producto de los sedimentos que acarrear las corrientes o para la producción de rellenos.

Figura 15: Esquema Nivel de Flotación en Barcos.



Fuente: [http://amarrasdelyacht.com/barcos\\_yates\\_lanchas/2013/05/28/partes-basicas-de-una-embarcacion/](http://amarrasdelyacht.com/barcos_yates_lanchas/2013/05/28/partes-basicas-de-una-embarcacion/). Modificado.

### **Clasificaciones de dragados según su finalidad de construcción:**

#### **De Construcción:**

Es realizado cuando en puertos es necesario el aumento de superficies en planta, el aumento de profundidades o los dos casos a la vez.

#### **De conservación o mantenimiento:**

Es el mismo procedimiento, pero aplicado periódicamente con tal de mantener la profundidad de proyecto. Principalmente se aplica en lugares donde los sedimentos se depositan comúnmente en dársenas, canales de navegación y muelles.

### **Clasificación de dragados según la técnica de ejecución:**

#### **Dragados por Acción Mecánica:**

Se aplica en menores superficies de dragado y se utiliza maquinaria industrial motorizada.

#### **Dragados por Succión:**

Es la más aplicada. Su función está determinada por la ayuda de una bomba que succiona el material a extraer y lo impulsa por tuberías. Pueden realizarse de manera estacionaria, en marcha o mixta (de corte y succión). Por lo general son maquinarias hidráulicas industriales.

## Equipos de Dragado:

### Para Excavación:

Figura 16: Maquinaria para Draga Mecánica.

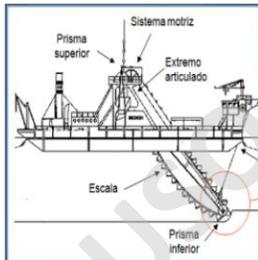


#### CUCHARA

Embarcación sobre cubierta con una o varias grúas habilitadas con cuchara.

#### RETROEXCAVADORA

Pontón que en su proa lleva instalada una retroexcavadora con brazos robustos y largos.



#### ROSARIO O CANGLIONES

Embarcación con una escala robusta y articulada que es suspendida hacia la profundidad penetrando los fondos para la extracción del material.

Fuente: BENAVIDES NÚÑEZ, José Francisco. "Puertos: Antecedentes para el Diseño, Construcción, Planificación y Explotación", Capítulo 7: Dragados. Chile, 2012.

Figura 17: Maquinaria para Draga por Succión<sup>17</sup>.



PARA SUCCIÓN ESTACIONARIA

Embarcación que consta de un cajon centra, un tubo de succión articulado, una bomba y dos tuberias que descargan el material.

PARA SUCCIÓN EN MARCHA

Similar a la estacionaria pero con capacidades mayores. Además de desplazarse y succionar de manera simultánea.



PARA DRAGADO POR SUCCIÓN MIXTO -  
CORTADORA DE ARCILLA DURA

La embarcación es de caracter estacionario y lleva acoplado un equipo rotativo en el extremo del tubo de succión que excava y desintegra el fondo.

Fuente: Guía de Buenas Prácticas para la Ejecución de Obras Marítimas, 1ra edición Julio de 2008, del Gobierno de España.

<sup>17</sup> Elaboración propia en base a: BENAVIDES NÚÑEZ, José Francisco. “Puertos: Antecedentes para el Diseño, Construcción, Planificación y Explotación”, Capítulo 7: Dragados. Chile, 2012.

### Para Transporte:

Figura 18: Maquinaria para transporte de material en operaciones de Dragado<sup>18</sup>.



#### GÁNGUILES

Embarcaciones con cántaras de carga que sirve para la disposición de material mientras es transportado al lugar de descarga.

Fuente: Guía de Buenas Prácticas para la Ejecución de Obras Marítimas, 1ra edición Julio de 2008, del Gobierno de España.

### Para Remolque:

Imagen 16: Maquinaria para Remolque en Dragas sin autopropulsión.



Fuente: Guía de Buenas Prácticas para la Ejecución de Obras Marítimas, 1ra edición Julio de 2008, del Gobierno de España.

<sup>18</sup>Elaboración propia en base a: BENAVIDES NÚÑEZ, José Francisco. “Puertos: Antecedentes para el Diseño, Construcción, Planificación y Explotación”, Capítulo 7: Dragados. Chile, 2012.

### **Elementos Auxiliares:**

Dentro de ellos encontramos: rompe rocas, pontonas, bombas, barcazas, grúas flotantes, boyas, sondas, anclas, entre otros.

Imagen 17: Pontón de Perforación.



Fuente: Guía de Buenas Prácticas para la Ejecución de Obras Marítimas, 1ra edición Julio de 2008, del Gobierno de España.

### **1.9.3. Rellenos Compactados**

Primero se procede a preparar el suelo de fundación humidificando (sin apozamientos de agua) y compactando el terreno de sub rasante para obtener las densidades solicitadas por el proyecto. El objetivo de los rellenos compactados es aumentar la capacidad portante del suelo, ya que generalmente los suelos naturales son deformables.

Imagen 18: Colocación de Relleno.



Fuente: Guía de Buenas Prácticas para la Ejecución de Obras Marítimas, 1ra edición Julio de 2008, del Gobierno de España.

Imagen 19: Colocación de Relleno.



Fuente: Guía de Buenas Prácticas para la Ejecución de Obras Marítimas, 1ra edición Julio de 2008, del Gobierno de España.

En el caso de suelos rocosos se limpiara la superficie expuesta luego de un picado superficial. Posteriormente se rellena con hormigon o algun material que se adhiera a la roca basal.

Los rellenos pueden ser colocados desde tierra, desde el mar o por ambos sistemas, hasta cumplir con la altura de proyecto. Si el relleno es de grava chancada, en cada capa se compactara con rodillo estático, traslapanto cada pasada.

Su procedencia puede ser:

- ✓ Material Terrestre.
- ✓ Material de Dragado.
- ✓ Materiales Especiales (Hormigón).

Cabe destacar que existen diferentes métodos de compactación y estos dependerán del tipo de suelo, las características que se buscan, el plazo y el costo.

- ✓ **Precarga:** consiste en depositar y mantener durante un período de tiempo una carga sobre el terreno, con la finalidad de acelerar su consolidación y permitir su puesta en uso en un plazo breve de tiempo<sup>19</sup>.
- ✓ **Vibroflotación:** consiste en una vibración profunda de suelos granulares sueltos, (particularmente se permite un máximo de 5% de finos), provocando el asentamiento del terreno.
- ✓ **Vibrosustitución:** consiste en una vibración profunda de suelos granulares con un rango de finos entre 5% - 20% . Esta vibración provoca la densificación del area perimetral donde se aplique, generando un hueco al retirar el vibrador. Posteriormente el hueco es relleno con material granular de aportación.

<sup>19</sup> GOBIERNO DE ESPAÑA. Guía de buenas prácticas para la ejecución de obras marítimas: Capítulo 6: Dragados, Rellenos, Escolleras y Prefabricados. España, 2008.

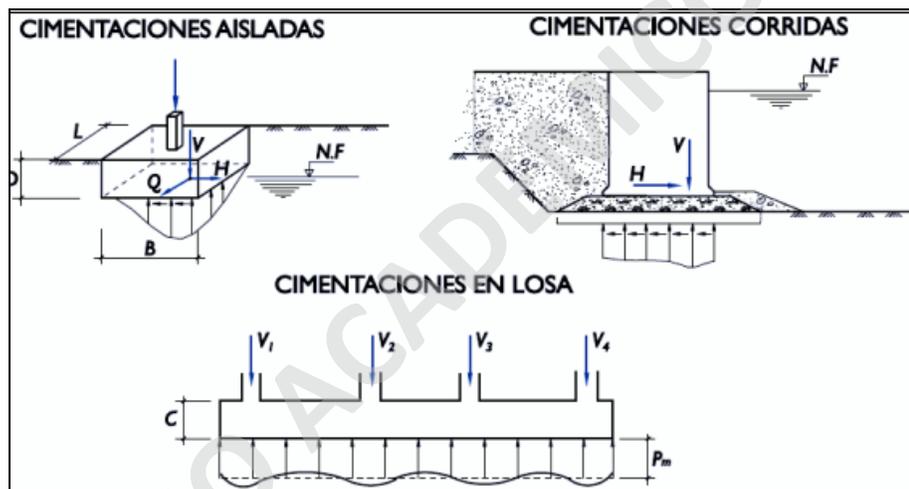
- ✓ **Compactación Dinámica:** consiste en la conformación de varias fases, donde cada una se golpea en el mismo punto varias veces seguidas. Al cambiar de fase se cambian los puntos de golpeo para lograr una uniforme compactación.

#### 1.9.4. Fundaciones

##### Fundaciones Superficiales:

Las fundaciones superficiales distribuyen sus cargas desde la base hasta el suelo por presión, sin rozamientos laterales.

Figura 19: Algunas formas típicas de Fundación.



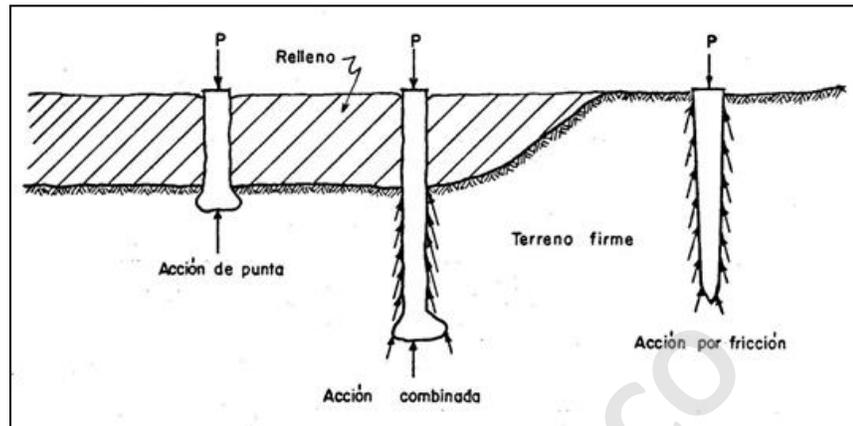
Fuente: ROM 0.5-05 Geotecnia para las Obras Marítimas y Portuarias: Capítulo III. España, 2005.

La más utilizada es la cimentación corrida. Se utiliza en la fundación de muros o estructuras de contención de gravedad, tales como muelles de bloques y cajones.

##### Fundaciones Profundas:

Son fundaciones que principalmente se usan en suelos poco resistentes o que requieren relleno. El sistema más habitual de fundación profunda son los pilotajes, anclados a un terreno firme. Transfieren las cargas a una profundidad considerada como carga puntual sobre un estrato resistente, soportando sus esfuerzos por el rozamiento de la estructura con el terreno.

Figura 20: Esquema de Distribución de Fuerzas.



Fuente: <http://www.construccionenacero.com/blog/ndeg-34-fundaciones-ii-consideraciones-estructurales-parte-3-pilotes>.

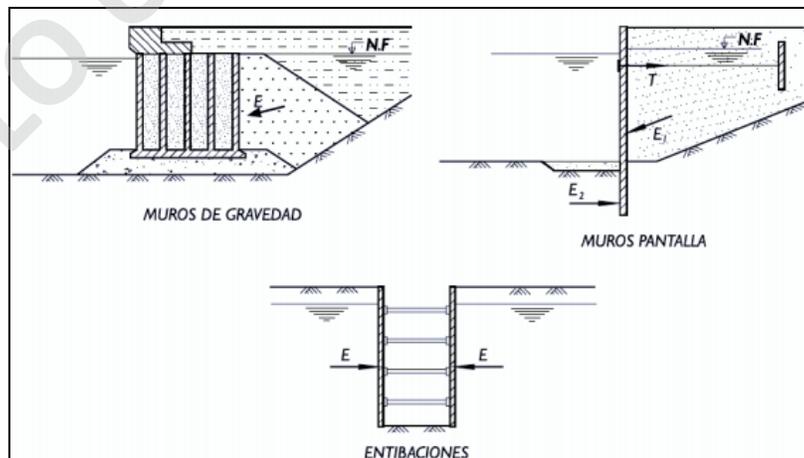
Existen 2 tipos según su procedimiento de ejecución:

- ✓ Pilotes hincados o de desplazamiento: se introduce sin necesidad de hacer excavación.
- ✓ Pilotes excavados o perforados hormigonados in situ: son construidos en excavaciones previas en el terreno.

### 1.9.5. Estructuras de Contención

Son utilizadas en terrenos poco estables, esquemáticamente se muestran a continuación y detalladamente más adelante mencionado como Muelle Opaco - Obras de Abrigo.

Figura 21: Tipologías Básicas de Estructuras de Contención.

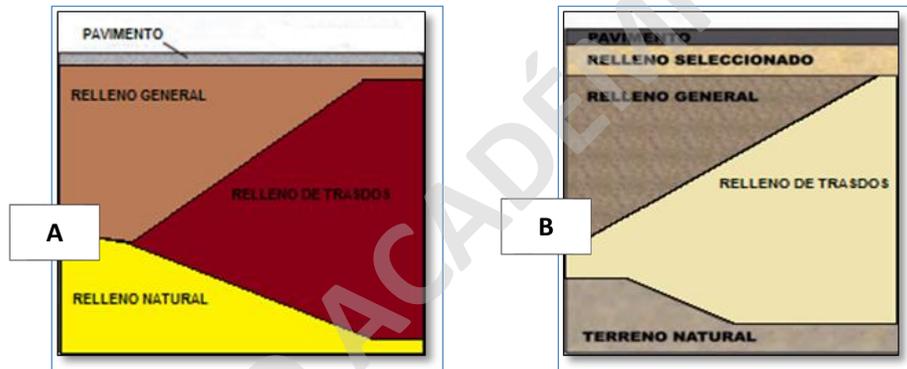


Fuente: ROM 0.5-05 Geotecnia para las Obras Marítimas y Portuarias: Capítulo III. España, 2005.

### 1.9.6. Pavimentos Portuarios

Estructura de una o varias capas sobre una explanada con capacidad de recibir cargas puntuales o distribuidas en la instalación portuaria. Habitualmente está compuesta por un Relleno Natural soportante compactado, sobre él va un Relleno de Trasdós que será el que estará en contacto con los paramentos de las estructuras, posteriormente se coloca el Relleno General (Figura: Sección Esquemática Tipo A) humidificado y compactado por capa, para finalmente acoplar la carpeta de rodado o pavimento. En algunas ocasiones luego del Relleno General se incorpora una capa de Relleno Seleccionado (Figura: Sección Esquemática Tipo B) para evitar futuros asentamientos en suelos naturales de baja capacidad portante. En conjunto participan como pavimentos industriales.

Figura 22: Sección Esquemática Tipo A y Tipo B.



Fuente: Elaboración Propia en base a: Guía de Buenas Prácticas para la Ejecución de Obras Marítimas: Capítulo 6: Dragados, Rellenos, Escolleras y Prefabricados. Gobierno de España, 2008.

Existen tres tipos de pavimentos portuarios y su diferencia está en el pavimento. Tenemos los pavimentos rígidos de hormigón, flexibles de asfalto y articulados compuestos por adocretos. Cada aplicación dependerá del uso que se requiere, la capacidad de carga y de las características de la zona. En la actualidad se recomiendan los pavimentos articulados sobre todo por su buen comportamiento frente a episodios sísmicos, tan característicos en nuestro país.

Imagen 20: Terminal TPS, Puerto de Valparaíso - Chile.



Fuente: [www.tps.cl](http://www.tps.cl).

### **Pavimento Portuario según su uso:**

#### **Para Caminos y Vías de Acceso:**

Para superficies exclusivas de tránsito de vehículos como vías de acceso. Hacen uso de pavimentos flexibles de concreto asfáltico.

#### **Para uso Industrial:**

Para toda superficie dentro del puerto destinada al tráfico de mercancías, almacenamiento de todo tipo, operación y vías de conexión.

Imagen 21: Accesos al Puerto de Valparaíso - Chile.



Fuente: <https://www.google.cl/maps>. Modificado.

### 1.9.7. Obras de Abrigo

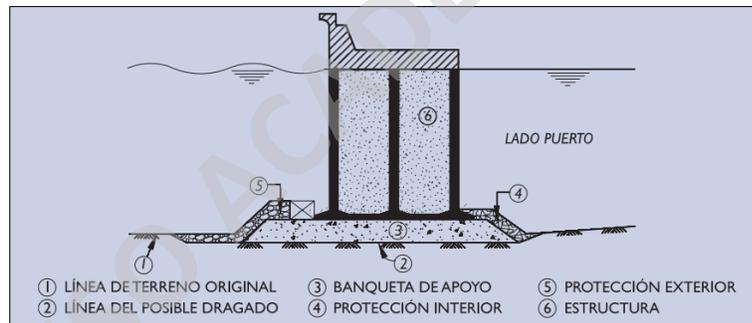
Son estructuras portuarias también denominadas rompeolas o malecones. Su fin es proteger la costa o un puerto por acción de los esfuerzos del oleaje con bloques de hormigón que en su conjunto se denomina escollera y se depositan desde el fondo del mar. También se pueden armar con material natural.

#### Rompeolas de Gravedad:

##### Dique vertical:

Estructura constituida por cajones, bloques o pantallas que forman una pared vertical puestas sobre una banqueta de escollera (enrocado) de espesor determinado. Ambas estructuras deben cumplir con un coeficiente de rozamiento que garantice la estabilidad de la estructura en su conjunto. El Dique opone su propio peso frente a esfuerzos verticales y horizontales por impacto de las olas.

Figura 23: Esquema Dique Vertical.



Fuente: ROM 0,5-05 Geotecnia para las Obras Marítimas y Portuarias: Capítulo IV. España, 2005.

Imagen 22: Ejemplo Puerto de Lastres - España.

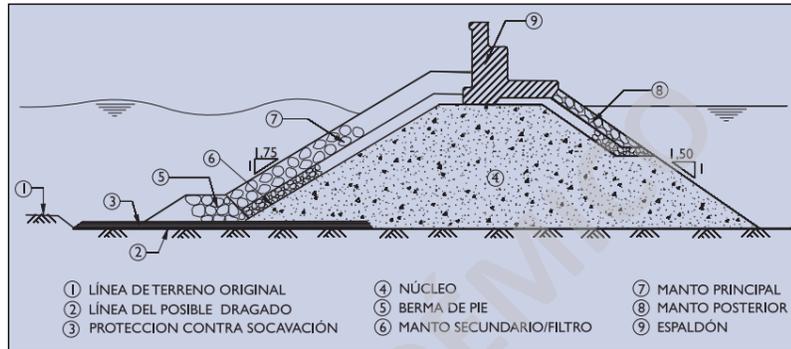


Fuente: <http://guias.masmar.net/Faros/Asturias/D-1589-Faro-del-dique-de-abrigo-del-Puerto-de-Lastres>.

### Dique en Talud:

Estructura constituida por un núcleo de escollera de baja porosidad, por uno o varios mantos de escollera en tamaño creciente al núcleo, actuando como filtro y por ultimo una coraza de manto principal formada por elementos prefabricados o rocas.

Figura 24: Esquema Dique en Talud.



Fuente: ROM 0.5-05 Geotecnia para las Obras Marítimas y Portuarias: Capítulo IV.  
España, 2005.

Imagen 23: Ejemplo Puerto de la Coruña - España.

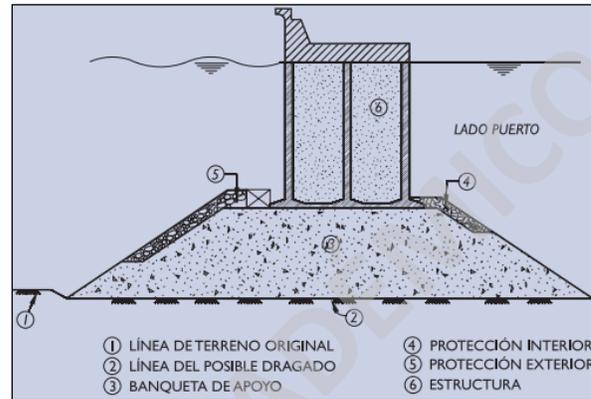


Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=mI4FS-KYcaY>.

### Dique Mixto:

La estructura consiste en un muro vertical compuesto de cajones sobre el fondo del mar (cuando la profundidad es débil) o sobre una banqueta de escollera coronado hasta el nivel de bajamar. En caso de marea alta las olas reflectan sobre el muro vertical, mientras que en marea baja las olas colisionan con el talud (escollera).

Figura 25: Esquema Dique Mixto.

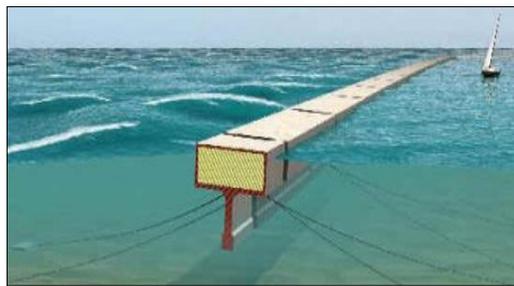


Fuente: ROM 0.5-05 Geotecnia para las Obras Marítimas y Portuarias: Capítulo IV. España, 2005.

### Rompeolas Flotante:

Estructuras que se amarran al fondo marino que actúan como filtración sucesiva del oleaje. Están formadas por cajones de hormigón que en su interior llevan fibra de vidrio o neumáticos. Frecuentemente suelen ser utilizados en puertos deportivos.

Figura 26: Esquema Rompeolas Flotante.



Fuente: Van den Noort Engineering.

### **Rompeolas exento:**

Son escolleras en talud conformadas con rellenos de rocas, concreto celular flotante, cuña de madera, arena o grava. Generalmente están orientadas paralelamente a la costa y funcionan como protección contra sedimentos en la franja litoral.

Imagen 24: Rompeolas exento Happisburgh. Norfolk - UK.

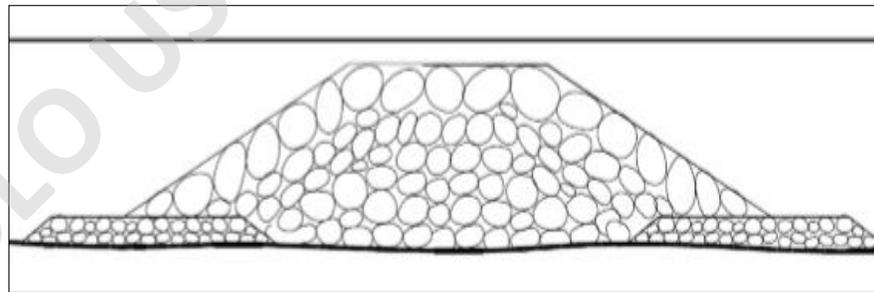


Fuente: Van den Noort Engineering.

### **Rompeolas sumergido:**

En su mayoría están conformados por rocas de similares medidas que disminuyen la reacción del oleaje de tal modo que en aguas abajo disminuya considerablemente la energía del oleaje.

Figura 27: Esquema Rompeolas Sumergido.



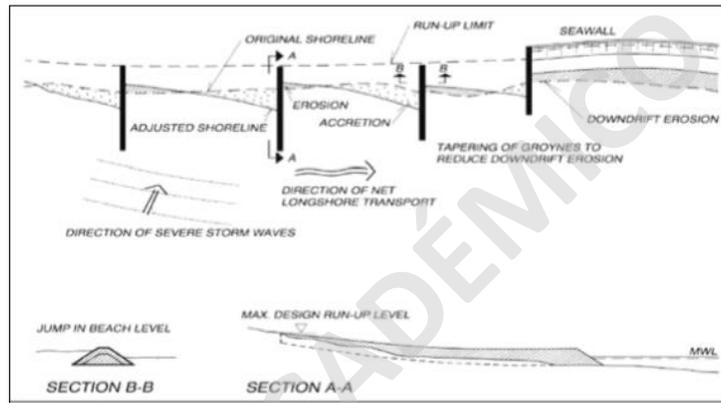
Fuente: Coastal Engineering Manual.

### Espigones:

Son obras perpendiculares a la costa que sirven para la construcción de una playa artificial, para el retardo de la erosión provocada por el mar y previene la deriva longitudinal (movimiento en dirección al eje horizontal de su dirección) a algún punto de sedimento.

Para su protección se depositan bloques de hormigón desde el fondo del mar de la acción del oleaje denominadas escolleras.

Figura 28: Esquema Espigones.



Fuente: MOP - Dirección de Obras Portuarias. Guía de Diseño, Construcción, Operación y Conservación de Obras Marítimas y Costeras. Chile, 2013.

Imagen 25: Ejemplo. Canal El Morro Talcahuano.



Fuente: MOP - Dirección de Obras Portuarias. Guía de Diseño, Construcción, Operación y Conservación de Obras Marítimas y Costeras. Chile, 2013.

### **Muros Costeros:**

Son estructuras paralelas a la costa que separa el área marítima del terrestre. Su principal función es funcionar como muro de contención del suelo, evitando deslizamientos de tierra hacia el mar. También función como obra de atraque y transferencia de carga para embarcaciones.

Imagen 26: Muro Costero en Talud.



Fuente: MOP - Dirección de Obras Portuarias. Guía de Diseño, Construcción, Operación y Conservación de Obras Marítimas y Costeras. Chile, 2013.

Imagen 27: Muro Costero Galveston.



Fuente: MOP - Dirección de Obras Portuarias. Guía de Diseño, Construcción, Operación y Conservación de Obras Marítimas y Costeras. Chile, 2013.

### **1.9.8. Obras de Atraque**

Conocidas también como terminales de atraque o muelles. Son construcciones ubicadas a la orilla de mar o en riberas de ríos navegables. Su función es servir como enlace entre el transporte marítimo y terrestre, facilitando el embarque y desembarque de cargas o pasajeros. Además de ser útil para el atraque de embarcaciones, en conjunto con obras anexas.

#### **Muelles:**

##### **Clasificación de acuerdo a su Orientación:**

##### **Muelle de Penetración:**

Está orientada perpendicularmente a la costa y también es conocida como muelle tipo espigón.

Imagen 28: Ejemplo Muelle de Penetración.



Fuente: MOP - Dirección de Obras Portuarias. Guía de Diseño, Construcción, Operación y Conservación de Obras Marítimas y Costeras. Chile, 2013.

##### **Muelle Marginal:**

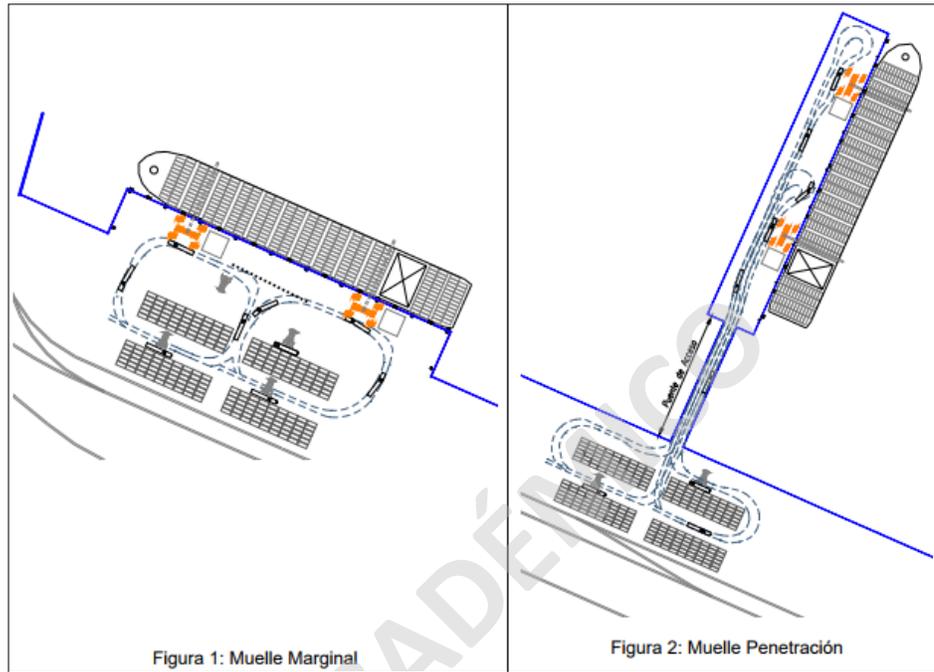
Su orientación es paralela a la costa y también es denominada como malecón.

Imagen 29: Ejemplo Muelle Marginal.



Fuente: MOP - Dirección de Obras Portuarias. Guía de Diseño, Construcción, Operación y Conservación de Obras Marítimas y Costeras. Chile, 2013.

Figura 29: Representación Esquemática de Muelle Marginal y Muelle Penetrante.



Fuente: SERRANO C.Jaime, ITRIAGO Javier y GHIORZI C. Ricardo. Productividades de Muelle Marginal v/s Muelle de Penetración: Generación de Elementos de juicio mediante la aplicación de modelo de simulación de eventos discretos. Chile: Concepción, 2008.

### Clasificación de acuerdo a su Impacto en la Dinámica Costera:

#### Muelle Transparente:

Plataforma sobre pilotes o pilas que permiten el flujo de agua bajo la estructura. También es denominado muelle abierto.

Imagen 30: Ejemplo Muelle Transparente.



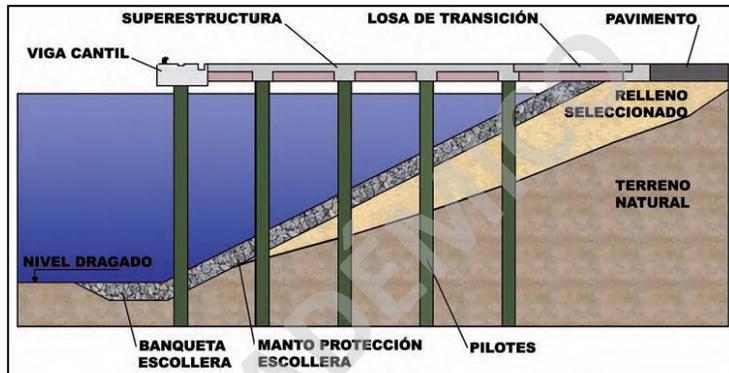
Fuente: MOP - Dirección de Obras Portuarias. Guía de Diseño, Construcción, Operación y Conservación de Obras Marítimas y Costeras. Chile, 2013.

**Clasificación según como la estructura distribuye sus cargas:**

**Muelle de Pilotes:**

Estructura con anclas a los pilotes verticales, que se comportan oportunamente frente a cargas horizontales. Los esfuerzos verticales que la estructura debe resistir se la llevan los pilotes, transmitiendo los esfuerzos al terreno por presión y/o roce.

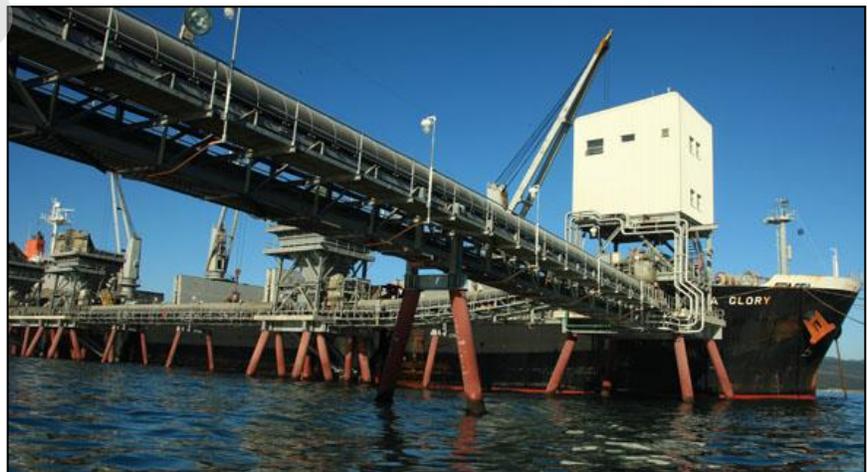
Figura 30: Sección Esquemática de Muelle con Pilotes.



Fuente: Guía de Buenas Prácticas para la Ejecución de Obras Marítimas: Capítulo 8: Muelles. Gobierno de España, 2008.

Por efecto de los sismos y el empuje de los barcos los muelles pueden incluir un número determinado de pilotes inclinados, ya que reciben de mejor manera los esfuerzos verticales. Un ejemplo de ello podemos observar en uno de los muelles del Puerto Coronel como se muestra en la siguiente imagen.

Imagen 31: Muelle con Pilotes Inclinados en Puerto Coronel.

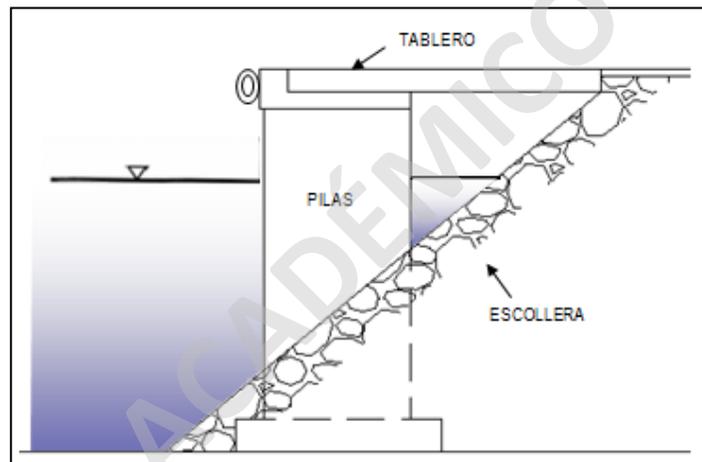


Fuente: <http://www.camport.cl/sitio/puerto-coronel-implementa-co-working-para-agentes-navieros/>.

### **Muelle de Pilas:**

Estructura apoyada sobre pilas formadas por estructuras de gravedad, las que se encargan de transmitir los esfuerzos verticales y horizontales a la fundación, el cual deberá ser colocado en suelos de alta compacidad y pueden ser naturales o mejorados con rellenos de sustitución. En este caso los apoyos entre el tablero y las pilas absorben los asentamientos, por lo que deben ser elementos isostáticos.

Figura 31: Sección Esquemática de Muelle de Pilas.



Fuente: MOP - Dirección de Obras Portuarias. Guía de Diseño, Construcción, Operación y Conservación de Obras Marítimas y Costeras. Chile, 2013.

### **Otras tipologías:**

Estructuras metálicas rigidizadas en el plano horizontal apoyadas en pilotes hincados. Su uso mas comun es en plataformas marinas de investigación o extracción de petróleo.

### Muelle opaco:

También denominados cerrados por ser una estructura constituido por un paramento continuo vertical a la línea de atraque además de su cimentación. En Chile también es conocida como Espigón.

Imagen 32: Ejemplo Muelle Opaco.



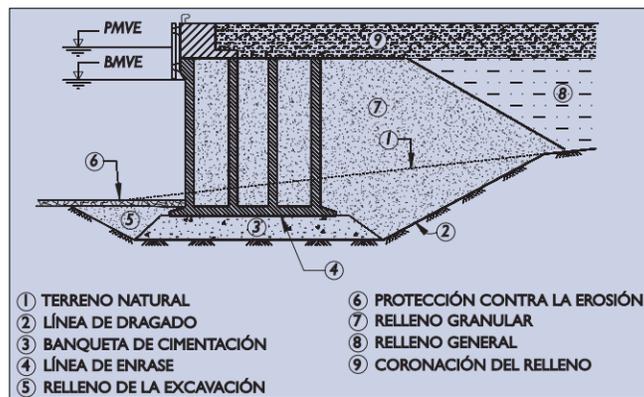
Fuente: MOP - Dirección de Obras Portuarias. Guía de Diseño, Construcción, Operación y Conservación de Obras Marítimas y Costeras. Chile, 2013.

### Clasificación según como la estructura distribuye sus cargas:

#### Muelle de Gravedad:

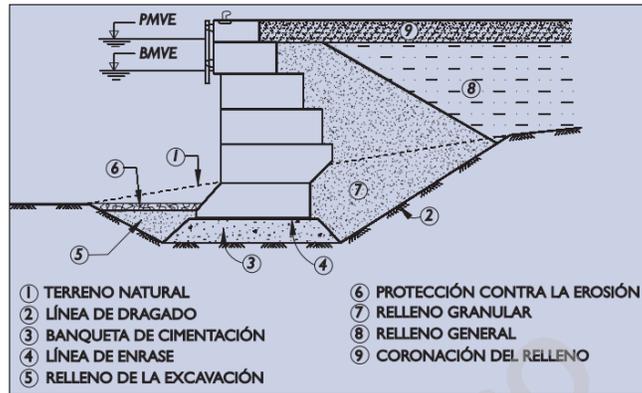
Generalmente son usadas en terrenos de buena calidad (roca, arena densa o arcilla dura) o en suelos con asentamientos aceptables o suelos sustituidos por material apto. Estructura instalada con elementos prefabricados puestos sobre una cama bajo agua, que resiste por gravedad (su propio peso).

Figura 32: Esquema Muelle de Gravedad con Cajones.



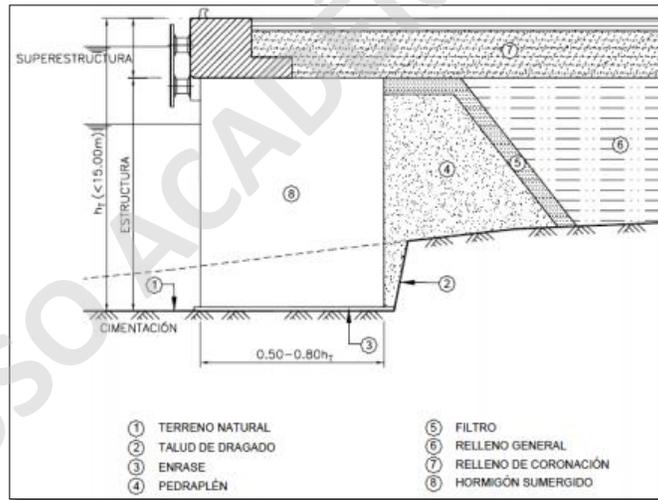
Fuente: ROM 2.1 Tipos y Funciones de Obras de Atraque y Amarre. Capítulo 2. España, 2012.

Figura 33: Esquema Muelle de Gravedad de Bloques.



Fuente: ROM 2.1 Tipos y Funciones de Obras de Atraque y Amarre. Capítulo 2. España, 2012.

Figura 34: Muelle de Gravedad con Hormigón Sumergido.

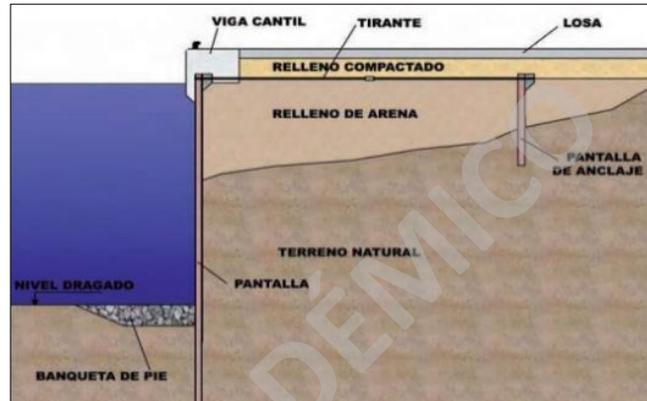


Fuente: ROM 2.1 Tipos y Funciones de Obras de Atraque y Amarre. Capítulo 2. España, 2012.

### Muelle Pantalla:

Estructura que resiste y transmite sus esfuerzos al terreno por empotramiento. Esta compuesta por una pantalla que actua como contendor del terreno, un anclaje al terreno fijo, rellenos compactados y superestructura.

Figura 35: Sección Esquemática Muelle Pantalla.



Fuente: Guía de Buenas Prácticas para la Ejecución de Obras Marítimas: Capítulo 8: Muelles. Gobierno de España, 2008.

### Terminales de Boyas:

#### Terminal de Monoboya:

Estructuras individuales ancladas al lecho marino que permite el amarre de embarcaciones en zonas de escasa protección marina. Algunas contienen equipamiento para carga y descarga de combustibles mediante mangueras submarinas.

Imagen 33: Monoboya Repsol - España.



Fuente: [www.blumarine.com.mx](http://www.blumarine.com.mx).

### **Terminal Multiboyas:**

Estructuras que brindan el amarre de una nave a varias boyas con la finalidad de evitar los movimientos de las embarcaciones, utilizadas por lo general para el transporte de gráneles líquidos.

Imagen 34: Terminal Multiboya de Puma Energy en Acajutla - El Salvador.



Fuente: <http://www.buzca.com/es/node/81>.

### **Duque de Alba:**

Son estructuras aisladas que dan apoyo y amarre a los buques. La construcción de los duques de alba suele hacerse con base de pilotes con una losa en cabeza de hormigón. Están hechas para resistir el tirón de espías y el impacto de las naves.

Imagen 35: Duques de Alba en Terminal Abastible San Vicente - Chile.

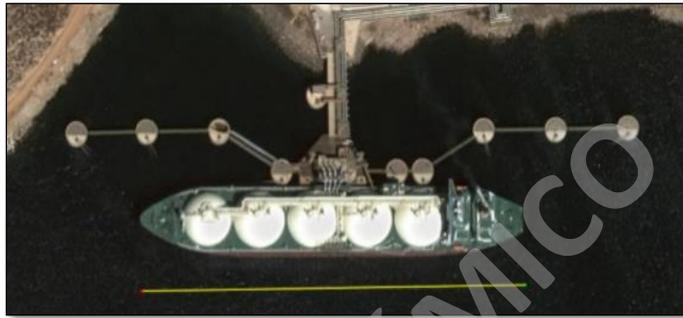


Fuente: MOP - Dirección de Obras Portuarias. Guía de Diseño, Construcción, Operación y Conservación de Obras Marítimas y Costeras. Chile, 2013.

### Poste de Amarre:

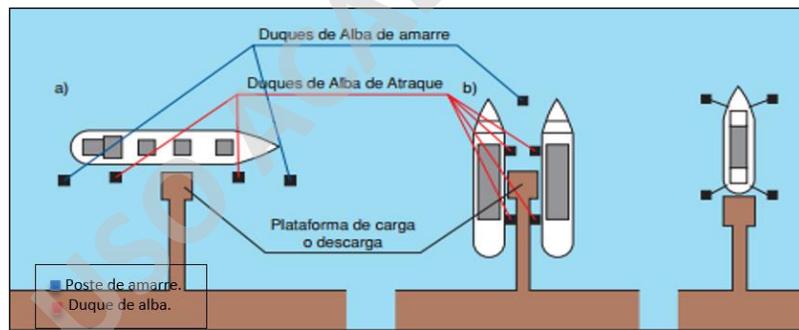
Son estructuras similares a los duques de alba, pero su función principal es proveer una estructura para el amarre de buques. Están ubicados a los extremos del muelle, lejos de la costa.

Imagen 36: Poste de Amarre en Planta.



Fuente: <https://www.google.com/earth>.

Figura 36: Esquema que representa Duques de Alba y Postes de Amarre.



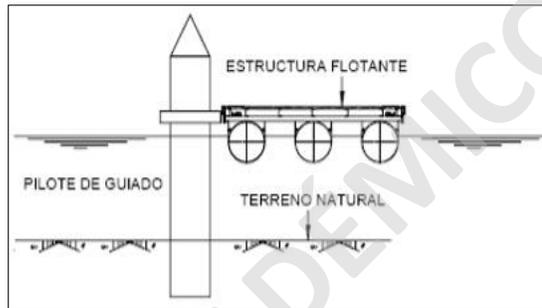
Fuente: <https://www.yumpu.com/es/document/view/14894393/dique-de-abrigo-calados-muelles-pantalanes-duques-de-alba-/3>.

### Terminales Flotantes:

También conocidos como pontones flotantes, son estructuras sobre el nivel del agua (abrigada) ancladas al fondo marino o a estructuras que les da cierta libertad a los movimientos verticales. Son móviles y sirven para pesca, actividades deportivas y para auxiliar cargas y descargas en el puerto en caso de sobrecargas de baja magnitud.

Sus cargas horizontales son transmitidas a los elementos de amarre y las verticales soportadas por la misma flotación de la estructura.

Figura 37: Sección Tipo de Pontón Flotante.



Fuente: ROM 2.1 Tipos y Funciones de Obras de Atraque y Amarre. Capítulo 2. España, 2012.

Imagen 37: Pontón de Hormigón Sitecna, Puerto Montt - Chile.



Fuente: <http://www.sitecna.cl/pontones-hormigon/>.

### **Rampas:**

Son obras para embarcaciones que realizan sus descargas por medio de rodadura directa, es decir, vehículos motorizados, para terminales Ro-Ro, para desembarco de ferries y personas. Su pendiente puede ser en sentido longitudinal y en algunos casos transversal.

### **Clasificación de acuerdo a su impacto en la dinámica costera:**

#### **Rampas Opacas:**

Estructuras conformadas por una superestructura conformada por un paramento continuo vertical y una cimentación. Su composición no permite el flujo natural de las aguas, lo que modifica las corrientes.

Imagen 38: Rampa Opaca.



Fuente: [www.flickr.com](http://www.flickr.com).

#### **Rampas Transparentes:**

Estructura compuesta por una superestructura sostenida por pilotes o pilas, lo que facilita el paso natural de las corrientes de agua.

Imagen 39: Rampa Transparente.



Fuente: MOP - Dirección de Obras Portuarias. Guía de Diseño, Construcción, Operación y Conservación de Obras Marítimas y Costeras. Chile, 2013.

### 1.9.9. Estructuras Off Shore

Estructura en mar adentro fijada al lecho marino que debe resistir acciones del oleaje y condiciones meteorológicas. Su funcionalidad es para la producción y explotación de combustible (petróleo o gas).

Imagen 40: Estructura Off-Shore.



Fuente: <https://masqueingenieria.com/blog/tipos-estructuras-offshore/>.

### 1.9.10. Ductos y Tuberías

Conjunto de elementos, tales como tuberías, canales, túneles y otros dispositivos sumergidos en agua, que permiten el transporte desde el punto de captación hasta un punto de salida.

Figura 38: Tipos de Tuberías / Ductos.



#### TUBERÍAS DE ADUCCIÓN

Elemento que utiliza la gravedad para el transporte de agua, con aplicaciones civiles o industriales. Requieren una estructura marítima soportante y en algunos casos el uso de bombas para su funcionamiento.

#### TUBERÍA DE DESCARGA O EMISARIOS

Son tuberías subacuáticas acopladas y ancladas al lecho marino, de gran diámetro y longitud. Funcionan a presión, utilizadas para la disposición final de aguas residuales (salmueras, aguas domésticas o industriales).



#### TUBERÍA DE TRANSPORTE

Transportan material fluido principalmente mediante tuberías subacuáticas por bombeo o por gravedad. Es similar a los ductos emisarios. Habitualmente sirve para abastecer ciudades e islas con agua.

#### CABLES SUBMARINOS

Son conducciones de cobre o fibras ópticas destinadas principalmente a los servicios de telecomunicación y energía eléctrica en pequeñas distancias. Están instaladas al lecho marino.



Fuente: Elaboración propia en base a: MOP - Dirección de Obras Portuarias. Guía de Diseño, Construcción, Operación y Conservación de Obras Marítimas y Costeras. Chile, 2013.

### 1.9.11. Obras Complementarias

Figura 39: Elementos y Obras Complementarias para Puertos.



**BOYA SEÑALIZADORA**  
Sirve para dar orientación a las embarcaciones.

**TORRES DE ENFILACIÓN**  
Permite a las embarcaciones alinearse de acuerdo a los requisitos de seguridad del puerto.



**PASARELAS**  
Conexión entre dos estructuras para uso peatonal de bajo peso.

**CHAZAS**  
Plataforma auxiliar para facilitar la movilización de carga y/o personas.



**BITAS**  
Permite el amarre de embarcaciones a estructuras resistentes.

**DEFENSAS**  
Protege la estructura y la embarcación de los impactos del atraque.



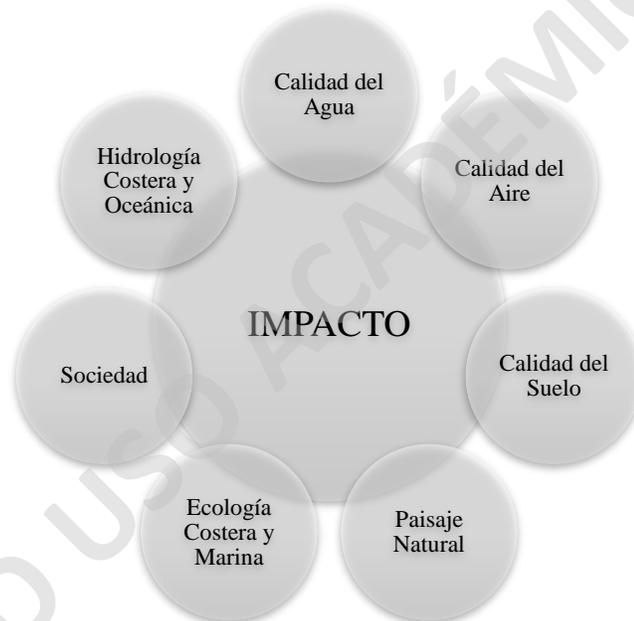
**ESCALERAS DE GATO**  
Estructuras utilizadas para obras de mantenimiento.

Fuente: Elaboración propia en base a: MOP - Dirección de Obras Portuarias. Guía de Diseño, Construcción, Operación y Conservación de Obras Marítimas y Costeras. Chile, 2013.

## CAPÍTULO 2: IMPACTOS ASOCIADOS

Los puertos son infraestructuras que conllevan variados impactos asociados: medioambientales, sociales y económicos al sector donde este emplazada la obra portuaria. Dentro de ellas están los impactos medioambientales a la flora y fauna del lugar, primero por la construcción del puerto, luego por su operación y las futuras ampliaciones de terminales por aumento de demanda, además de la intervención del paisaje natural de la zona. El transporte tanto marítimo como terrestre, la mantención de equipos, estructuras y buques son temas claves a la hora de hablar de puertos, por ser fuentes contaminantes de gran envergadura. El impacto social, la relación puerto-ciudad y el impacto económico también estarán contemplados en este capítulo, provocando cambios significativos en su hinterland (zona de influencia de un puerto o de una gran ciudad).

Figura 40: Impactos asociados por Construcción y Operación Portuaria<sup>20</sup>.



Fuente: Elaboración Propia.

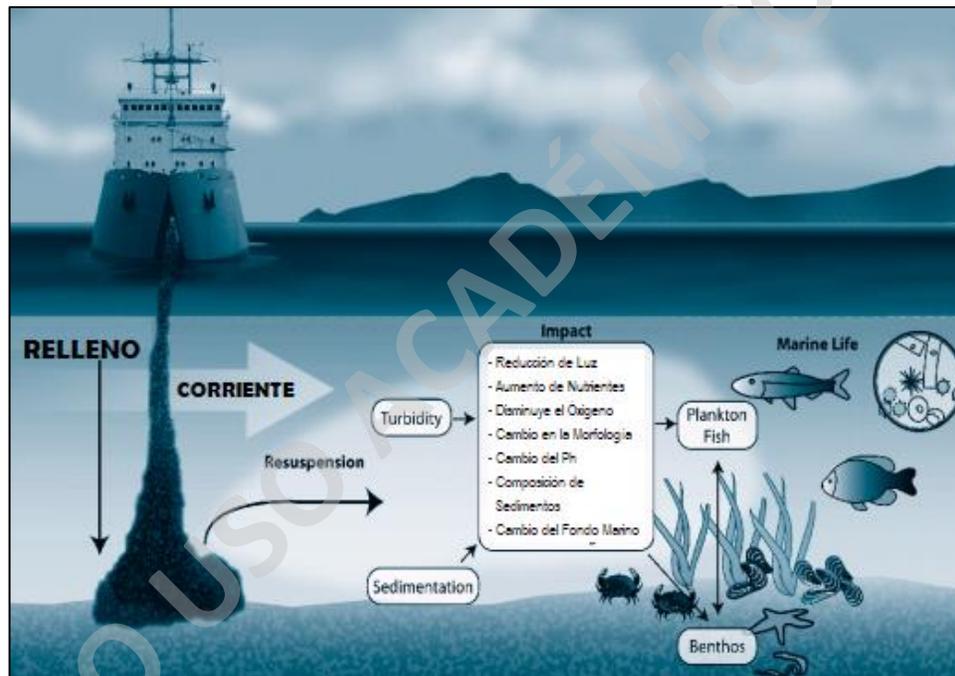
<sup>20</sup>Elaboración Propia en base a: COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE. Guía para el Control y Prevención de la Contaminación Industrial: Actividad Portuaria - Capítulo 3. Chile: Santiago, 2000.

## 2.1. IMPACTOS MEDIOAMBIENTALES

### 2.1.1. Por la Construcción del Puerto

La construcción de un puerto libera grandes cantidades de emisiones contaminantes por el transporte de material de relleno y excavación, los gases que emanan las maquinarias para el traslado de mercancías generan una concentración de Gases de Efecto Invernadero en la atmósfera que producen a largo plazo efectos nocivos para la salud de las personas.

Figura 41: Efectos producto de Rellenos.

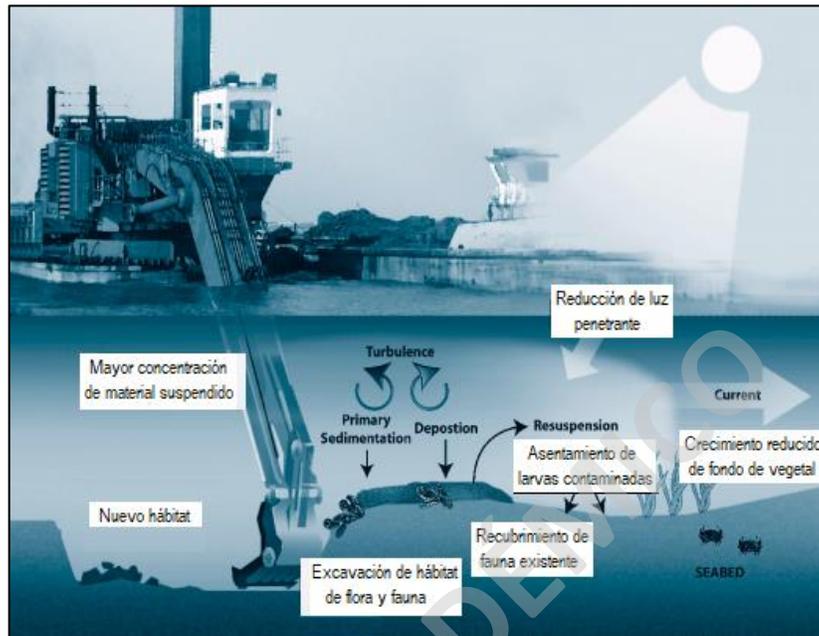


Fuente: DREDGING MANAGEMENT PRACTICES FOR THE ENVIRONMENT. A Structured Selection Approach, 2009. Modificado.

En el dragado, la excavación, el transporte y la eliminación de material de fondo blando pueden provocar diversos impactos adversos en el medio marino, especialmente cuando se llevan a cabo cerca de hábitats sensibles.<sup>21</sup>

<sup>21</sup> PIANC. Dredging and Port Construction around Coral Reefs. The World Association for Waterborne Transport Infrastructure, 2010. Report No. 108, 75pp.

Figura 42: Efectos producto del Dragado.



Fuente: DREDGING MANAGEMENT PRACTICES FOR THE ENVIRONMENT. A Structured Selection Approach, 2009. Modificado.

La maquinaria utilizada en la operación de dragado de construcción, se caracteriza por ser instrumentos motorizados o hidráulicos industriales que funcionan a partir de combustibles, liberan indiscriminadamente sustancias tóxicas y sedimentos contaminados, alterando y contaminando el ecosistema marino; al igual que la construcción de fundaciones que penetran el lecho marino hasta encontrar suelo de fundación apto u otras soluciones.

La construcción de estructuras de contención u obras de abrigo inducen un estancamiento de las aguas, que provocan su descomposición por que el exceso de nutrientes desencadena un florecimiento de organismos fitoplanctónicos. Estos se alimentan de ellos y luego mueren. Los organismos al morir dejan de producir el oxígeno que necesitan las especies marinas para vivir, es decir ocasionan la muerte masiva de fauna marina también conocida como marea roja. En efecto, es la causa de malos olores por la concentración de ácido sulfúrico.

La ubicación del puerto influye también en la hidrodinámica de mares o zonas fluviales, corrientes y mareas, alteran el oleaje y producen un cambio en el fondo marino natural.

Según un estudio de Shenghui y otros, existen cambios en el entorno hidrodinámico provocados por la construcción de un puerto, que quedan demostrados en la construcción del Puerto Oeste de Yantai – China. Los resultados arrojaron que la construcción del puerto tuvo gran impacto en el área circundante, afectando significativamente las corrientes de las mareas altas y bajas, la velocidad

de flujo y el suelo marino, aumentando la profundidad de erosión de 2 a 16 cm, liberando partículas que generan turbiedad en las aguas<sup>22</sup>.

Por lo tanto, esta investigación valida el impacto negativo que genera la construcción de un puerto.

### **2.1.2. Por Transporte**

La contaminación puede ser por fuente terrestre o marítima, por el transporte de cargas al interior y exterior del puerto para la distribución de las mercancías y por la navegación de buques.

El transporte terrestre es una fuente contaminante que altera la calidad del aire y el tráfico promedio, por la emisión de partículas contaminantes por combustión, como el Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), y por la congestión vehicular debido al gran volumen de cargas que se deben transportar. El consumo de energías procedentes de fuentes no renovables para su operación como uso de combustibles fósiles, hacen que los puertos estén lejos de acercarse al concepto de sustentabilidad. La contaminación acústica particularmente ocasionada por faenas de carga y descarga de mercancías, pueden producir daños físicos en el área de influencia.

Los buques también son focos contaminantes no solo por la evacuación de combustibles que liberan, sino también por la disposición de suministros de combustibles para los procesos de operación de los puertos.

### **2.1.3. Por Actividades**

Otra fuente que influyente en el impacto medioambiental son las actividades por manipulación de carga y almacenamiento de mercancías. La manipulación de cargas a granel como carbón, pellets, minerales y petróleo, por ejemplo, liberan partículas y emisiones tóxicas que pueden ser perjudiciales para la salud. Por eso es importante poner especial cuidado con los derrames de cargas tóxicas y con el levantamiento de polvo en la instalación.

Hablando de cifras en Chile la información respecto a este tema es escasa. No existe un registro que certifique obligatoriamente que las entidades portuarias publiquen sus impactos ambientales en este tipo en particular. Sin embargo, el Puerto de Arica y otros más ya se han sumado a la publicación de sus Reportes de Sustentabilidad, donde calculan su Huella de Carbono y las Certifican, considerando las emisiones provenientes de operaciones portuarias, transporte de mercancías en camiones y buques<sup>23</sup>.

Sin embargo, el Ministerio del Medio Ambiente gracias a la publicación de la “Guía de Buenas Prácticas en el Almacenamiento, Transporte y Manipulación de Gráneles Sólidos en Instalaciones Industriales”, ha podido respaldar que este tipo de actividades conllevan a diversos Impactos en la Calidad Ambiental que afectan

---

<sup>22</sup> SHENGHUI, J., RIJUN, H., XIULI, F., LONGHAI, Z., WEI, Z., & AIJIANG, L. Influence of the Construction of the Yantai West Port on the Dynamic Sedimentary Environment. *Marine Georesources & Geotechnology*, 2017.

<sup>23</sup> ITF/OECD. *International Transport Forum: Port Policy Review of Chile*, 2016.

el Aire, el Agua y el Ecosistema Acuático. La presencia de partículas respirables afecta la salud y la calidad de vida de la sociedad de su hinterland, así como también el vertido de gráneles en las dársenas y fluidos hidráulicos de maquinarias, que intervienen en la eutrofización de las aguas.

#### **2.1.4. Por Mantenimiento**

El dragado no solo es una obra de construcción como se mencionó anteriormente, también es una obra de mantención periódica con la finalidad de obtener las profundidades necesarias para la navegación de buques.

El mantenimiento de las estructuras del puerto y de buques involucran grandes cantidades de emisiones de gases tóxicos como el monóxido de carbono, fluoruros, cromo, entre otros, liberados por la acción de soldaduras para sus tratamientos, provocando alteración en la calidad del aire y desarrollando a largo plazo enfermedades a trabajadores, expuestos también a fuentes de contaminación acústica. Las pinturas utilizadas para el mantenimiento de buques también intervienen en la contaminación medioambiental. Emanan compuestos orgánicos volátiles (Cov) más conocidos como disolventes, que al estar expuestos al sol contribuyen al efecto invernadero.

La alimentación de buques para la continuidad de sus operaciones de estiba<sup>24</sup> y desestiba<sup>25</sup>, involucra grandes cantidades de derrames de combustibles al mar, produciendo impacto en la calidad de la ecología marina-costera y en la calidad del agua en las dársenas.

Finalmente podemos mencionar que la acumulación de residuos y una mala logística aplicada para su manejo, también es otro foco de impacto. “Las cantidades de residuos provenientes del barrido de los sitios de atraque y almacenes, se relacionan con la cantidad de granel almacenada y movilizada en forma abierta dentro de los puertos. Las cantidades de residuos de tipo domésticos son aproximadamente proporcionales al número de personas que trabaja dentro del recinto portuario, que por lo general contemplan grandes cifras.

Los residuos generados en los sitios de atraque se generan principalmente en las operaciones de estiba y desestiba de carga general de gráneles y en mínimas cantidades por el movimiento de contenedores”.<sup>26</sup>

---

<sup>24</sup> Estiba: Distribución y colocación adecuada de la carga en una embarcación (según Oxford Dictionaries).

<sup>25</sup> Desestiba: Sacar el cargamento de la bodega de una embarcación para descargarlo (según Academic Dictionaries).

<sup>26</sup> COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE. Guía para el Control y Prevención de la Contaminación Industrial: Actividad Portuaria - Capítulo 3,7. Chile: Santiago, 2000.

Tabla 4: Origen y Tipos de Residuos Generados en Puertos.

LUGAR DE GENERACIÓN DE RESIDUOS	TIPO DE RESIDUOS GENERADOS
Sitios, patios de desconsolidado y almacenes	Residuos de madera de estiba, restos de carga, etc.
Naves (no se autoriza el desembarque de basuras de naves provenientes del extranjero)	Pallets, maderas de estiba, cargas de rezago, papeles, plásticos, madera, textiles y restos de comida en vehículos importados o en tránsito.
Oficinas	Papeles, cartones, embalajes plásticos, botellas, latas, otros.
Talleres	Palos de madera, embalajes, cartones, aceites utilizados, paños o trapos con aceites, restos de pintura, virutas de fierro, y otros.
Comedores	Papeles, cartones, embalajes plásticos, botellas, latas, restos de comida, otros.

Fuente: Emporchi, 1996.

Según la Empresa Portuaria Chilena (Emporchi), el 29% de los residuos de los puertos estatales, vienen de sitios de atraque y almacenaje, el 15% de oficinas administrativas, y el porcentaje restante se distribuye entre basuras de naves, comedores, talleres, entre otros.

## 2.2. IMPACTOS SOCIALES

En relación a la sociedad, los puertos provocan aspectos positivos por la gran generación de empleos en las ciudades-puerto. El turismo beneficia la multiculturalidad del sector, facilitando la retroalimentación entre lugareños y extranjeros. El intercambio comercial que proporcionan las instalaciones portuarias por lo general influyen de manera positiva en la economía regional, sin embargo, la relación Puerto-Ciudad como un tema conjunto, ha sido un aspecto difícil de implementar e institucionalizar.

Es importante considerar a la sociedad que constantemente vive resistiendo los diversos impactos que vulneran su salud y vida cotidiana, buscando la conservación del entorno, mejorar la calidad de vida de las personas y que la población se sienta representada por la actividad portuaria de su ciudad, permitiendo un desarrollo sostenible.

## 2.3. IMPACTOS ECONÓMICOS

Como se menciona en la introducción, más del 90% del comercio exterior es movilizado por nuestros puertos chilenos a lo largo del país, porcentaje que va en crecimiento. El mismo comercio exterior representa el 65% del PIB nacional, teniendo repercusiones positivas en la economía del país. Por lo tanto, podemos confirmar que el intercambio comercial, el turismo, las oportunidades de empleos entre otras actividades aportan a tal beneficio. “En 1965 el mundo estaba poblado por 3.300 millones de personas y el tráfico marítimo era de 1.700 millones de toneladas, en tanto en el 2004 había 6.500 millones de habitantes y el tráfico correspondía a 6.400 millones de toneladas. Si al 2050 se proyecta una población de 9 mil millones de personas, se calcula que el tráfico marítimo llegará a 15 mil millones de toneladas”.<sup>27</sup>

Todo este análisis conlleva a la necesidad de ampliación y generación de nuevos puertos y terminales. Sin embargo, la clave estará en construir considerando el impacto medioambiental, social y económico. Así aportar positivamente a la calidad de vida de nuestros habitantes, incorporando la Sostenibilidad en todo aspecto. El propósito es invertir considerando que los costos asociados por riesgos ambientales e impactos sociales, sean menores a los costos por la misma actividad de los puertos. De lo contrario dejaría de ser factible.

---

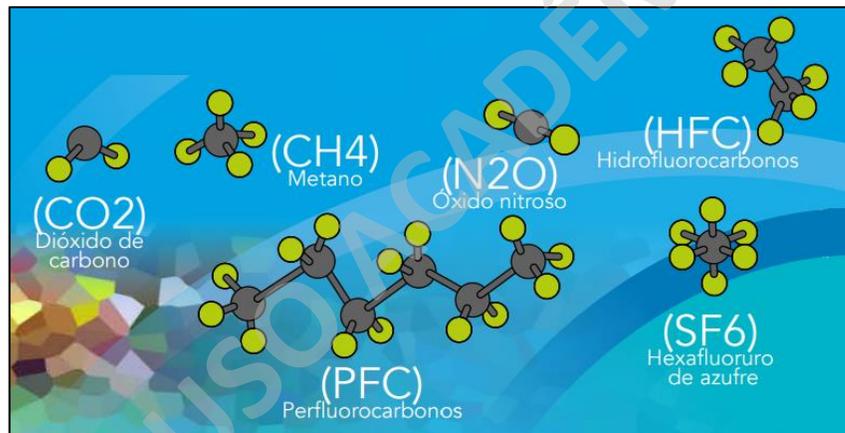
<sup>27</sup> MOP. Infraestructura Portuaria y Costera: Chile 2020, 2009.

### CAPÍTULO 3: SUSTENIBILIDAD O SUSTENTABILIDAD

Desde el siglo XVIII con la transformación social, económica y tecnológica que trajo la Revolución Industrial, hemos ido acumulando décadas que solo han aportado al almacenamiento de emisiones contaminantes a la atmosfera; emisiones que hoy podemos evidenciar con las ultimas catástrofes naturales que hemos vivido, los aumentos de temperatura en los últimos años, cambios en los ciclos hidrológicos, entre otras.

Las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) de diversas industrias por acción de la quema de combustibles fósiles, han contribuido al calentamiento global. Si a esto le sumamos la indiscriminada tala de árboles y el aumento en la adquisición de vehículos particulares; la concentración de material particulado (MP) en la atmosfera por transporte y procesos industriales, ha hecho que ésta se haga más densa a lo largo del tiempo, evitando la liberación de gases como el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), entre otros, al espacio exterior.

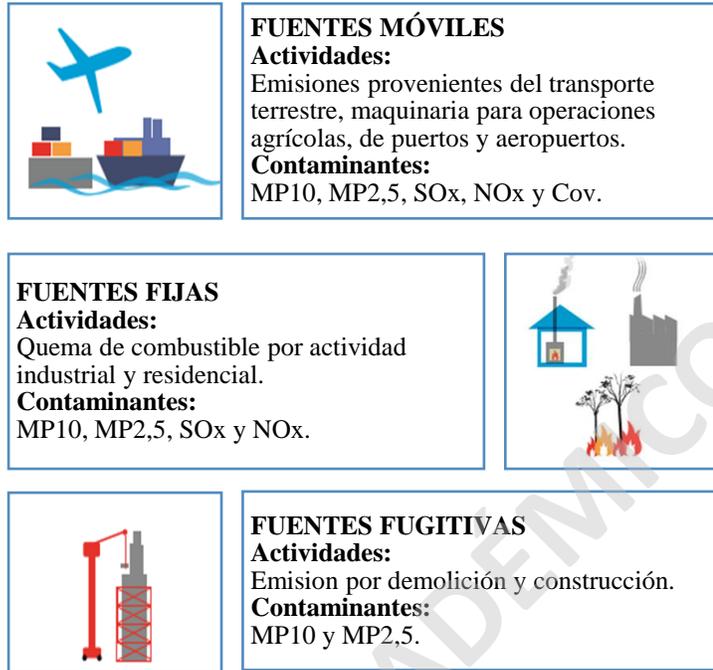
Figura 43: Gases de Efecto Invernadero.



Fuente: Reporte de Gases de Efecto Invernadero 2015 - Terminal Puerto Arica.

Con el paso del tiempo hemos podido clasificar las emisiones contaminantes por sus diferentes fuentes de emisión, estas son: móviles, fijas y fugitivas, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 44: Tipos de Fuentes Contaminantes.



Fuente: Elaboración propia en base a: Ministerio del Medio Ambiente. Informe del Estado del Medio Ambiente. Chile, 2011.

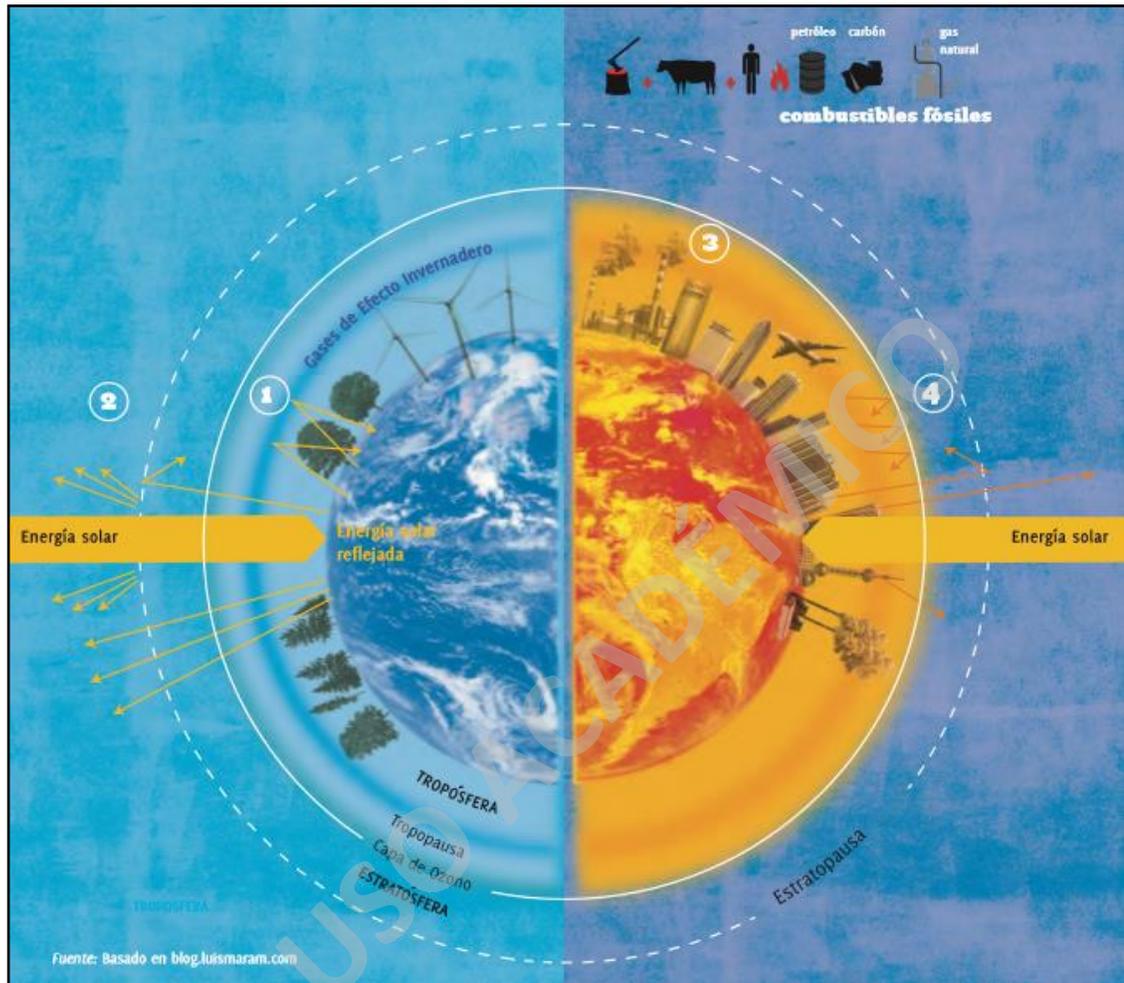
Tabla 5: Nomenclatura de Partículas Contaminantes.

MP10	MP2,5	SO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	Cov
<ul style="list-style-type: none"> <li>•Partículas como polvo, polen, moho, etc. &lt;10 micrómetros.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Partículas combustibles, componentes orgánicos, metales, etc. &lt; 2,5 micrómetros.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Óxidos de azufre, provocado generalmente por combustión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Óxidos de nitrógeno, provocado generalmente por combustión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Compuestos orgánicos volátiles, liberados por uso de combustibles, disolventes y pinturas.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia en base a: Ministerio del Medio Ambiente. Informe del Estado del Medio Ambiente. Chile, 2011.

Además de la acumulación de GEI en la atmósfera, tenemos el debilitamiento de la capa de ozono por causa de los Clorofluorocarbonos (CFC). Las moléculas de CFC reaccionan con la luz, liberando un reactivo que rompe las moléculas de la capa de Ozono y permite el paso directo de rayos UV. Como consecuencia hemos tenido cambios de temperatura, cambios en el nivel del mar por el derretimiento de los hielos, huracanes, sequías y tantos desastres naturales que se han ocasionado en los últimos años.

Figura 45: Representación Esquemática del Calentamiento Global.



Fuente: Ministerio del Medio Ambiente. Informe del Estado del Medio Ambiente. Chile, 2011.

Debido a todos estos problemas se generó la necesidad de llevar una contabilidad de las emisiones que se liberan. El banco mundial se encarga de contabilizar las emisiones año a año, de distintos sectores económicos, de cada país.

Con esta información podemos tomar acciones concretas en relación al cambio climático del que hemos sido testigos, de manera de reducir y revertir los daños paulatinamente.

### 3.1. ¿QUÉ ES LA SUSTENTABILIDAD?

Como se menciona en la introducción, la Sustentabilidad es la ciencia que satisface las necesidades actuales de la sociedad, de tal manera de no afectar las del futuro<sup>28</sup>. Su denominación toma fuerza en el año 1987, con la publicación del documento “Nuestro Futuro Común” de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo.

El tema considera 3 factores para el desarrollo de sus principios: el ámbito social, económico y medio ambiental; de manera de que cada empresa o miembro gubernamental desarrolle proyectos que beneficien la economía del país con parámetros para preservar los recursos naturales que han sido víctima del desarrollo industrial que afectó a nuestro planeta. La finalidad es no deteriorar nuestro entorno, compensar los daños provocados y relacionarlo de manera armónica con la sociedad.

Figura 46: 3 Ámbitos de la Sostenibilidad.



Fuente: Elaboración propia en base a: Informe Brundtland, 1997.

El factor ambiental busca conservar el entorno natural y todo lo que lo involucre; de ésta manera revertir el daño que ha deteriorado nuestro planeta a lo largo de los años de evolución tecnológica e industrialización. El factor social se preocupa de la sociedad civil y de preservar la buena calidad de vida de la gente. El factor económico busca su incremento económico y mantenido. La integración de los 3 factores para su funcionalidad es vital.

En la siguiente tabla podemos describir cada una de ellas con mayor detalle.

---

<sup>28</sup> Dra. BRUNDTLAND Harlem 1987.

Tabla 6: Descripción de cada ámbito de la Sostenibilidad.

SUSTENTABILIDAD	DESCRIPCIÓN
<b>Ambiental</b>	Considera los impactos al paisaje, suelo, aire, agua, al medio biótico y al ecosistema en su conjunto. También vela por el manejo racional de residuos y por la generación de GEI.
<b>Económica</b>	Busca asegurar una estabilidad a largo plazo y garantizar el crecimiento económico. Se encargan de medir el desempeño económico, de la permanencia en el mercado y de los impactos económicos indirectos.
<b>Social</b>	Su finalidad es buscar el desarrollo de comunidades en un ambiente saludable, y que todos los procesos asociados aporten a las personas bajo normas básicas de convivencia y normas legales que los protejan.

Fuente: Elaboración propia en base a: Pro Chile, Ministerio de Relaciones Exteriores.

Todo hace referencia a una eficiente administración de bienes y recursos, uso racional de ellos en relación al estado del medioambiente, que beneficien a la población, aporten a su calidad de vida y permitan su funcionamiento sostenible.

En el 1987 la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente (CMMA) incorpora el concepto **DESARROLLO SOSTENIBLE**, que involucra la capacidad de mantenerse por sí mismo a lo largo del tiempo, gracias a la ayuda de los 3 factores.

“Es el proceso de cambio, por medio del cual, el uso de los recursos naturales, la dirección de las inversiones, la orientación de los progresos tecnológicos y la modificación de las instituciones concuerdan con las necesidades de las generaciones presentes y futuras”.<sup>29</sup>

### 3.2. PUERTOS SUSTENTABLES

Para aplicar la sustentabilidad al sector Portuario, necesitamos interiorizarnos con el Comercio Sustentable, que permite el intercambio de bienes y servicios de acuerdo a los principios del Desarrollo Sustentable o Sostenible:

Principios del Desarrollo Sostenible<sup>30</sup>:

- ✓ Preservación del comercio con creación de valor económico.
- ✓ Conservación de recursos naturales.
- ✓ Reducción de la pobreza e inequidad social.

<sup>29</sup> CMMA. Nuestro Futuro Común, 1987.

<sup>30</sup> Pro Chile - Ministerio de Relaciones Exteriores. Sustentabilidad.

Para los principios de la sustentabilidad, reducir la pobreza y la desigualdad resulta clave para un crecimiento económico, por lo tanto, es algo que hay que combatir para poder aumentar la tasa de crecimiento. Gracias a la difusión e incorporación de atributos de sustentabilidad, dentro de los procesos productivos, los consumidores están demandando productos ambientalmente y socialmente responsables.

En las Obras Portuarias las fuentes de contaminación pueden ser por emisiones de Alcance I, II y III, (según la clasificación de emisiones portuarias).

Por Alcance I son emisiones directas producidas por actividades propias o bajo el control del puerto<sup>31</sup>, y sus principales fuentes se muestran en la siguiente figura.

Figura 47: Fuentes contaminantes por Alcance I.



Fuente: Huella de Carbono 2014 - Puerto Mejillones.

Por Alcance II son las emisiones indirectas por electricidad producidas por un tercero para el consumo de energía<sup>32</sup>, y sus principales fuentes se muestran en la siguiente figura.

Figura 48: Fuentes contaminantes por Alcance II.



Fuente: Huella de Carbono 2014 - Puerto Mejillones.

<sup>31</sup> Huella de Carbono 2013 – Terminal Pacifico Sur Valparaíso.

<sup>32</sup> Huella de Carbono 2013 – Terminal Pacifico Sur Valparaíso.

Por Alcance III son emisiones indirectas producidas por actividades que forman parte de la cadena de valor de la empresa, pero que están fuera de los límites organizacionales<sup>33</sup>, y sus principales fuentes se muestran en la siguiente figura.

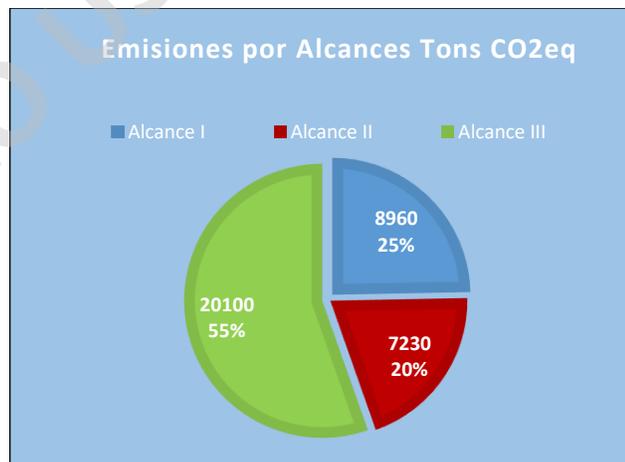
Figura 49: Fuentes contaminantes por Alcance III.



Fuente: Huella de Carbono 2014 - Puerto Mejillones.

En el siguiente gráfico se representan las emisiones del puerto más grande de Europa en términos de tráfico anual de mercancías: El Puerto de Rotterdam - Holanda. Posee una superficie de 12.426 hectáreas y sus principales fuentes contaminantes son por Alcance III, por traslado de personal, actividades de subcontratistas, por movimiento de embarcaciones, camiones fuera de las instalaciones, construcción de muelles, entre otras actividades relacionadas.

Gráfico 4: Emisiones por Alcances Puerto Rotterdam - Países Bajos, 2008.

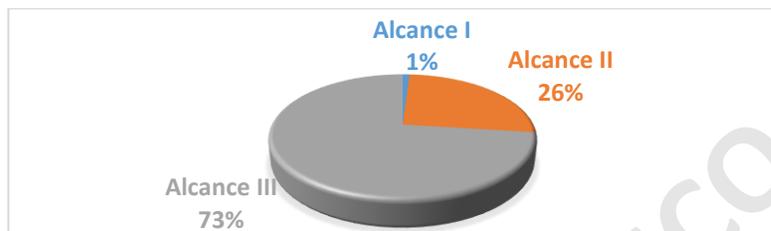


Fuente: Elaboración propia en base a: Greenport.

<sup>33</sup> Huella de Carbono 2013 – Terminal Pacifico Sur Valparaíso.

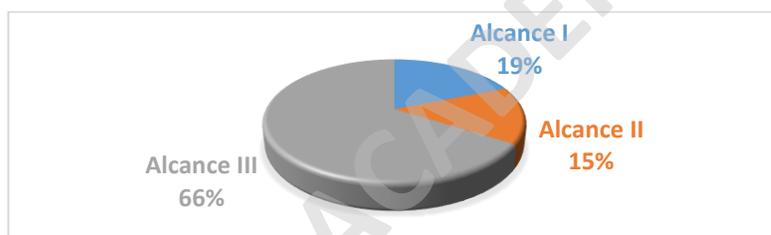
En los siguientes gráficos de puertos chilenos podremos apreciar que también la mayor cantidad de gases contaminantes liberados forman parte del grupo Alcance III, ratificando que la gran cantidad de GEI que se liberan al medioambiente forman parte de este grupo, y se hace indispensable considerar programas enfocados a dicho alcance con tal de contribuir aún más al cuidado medioambiental.

Gráfico 5: Emisiones por Alcances Puerto Mejillones - Chile, 2012.



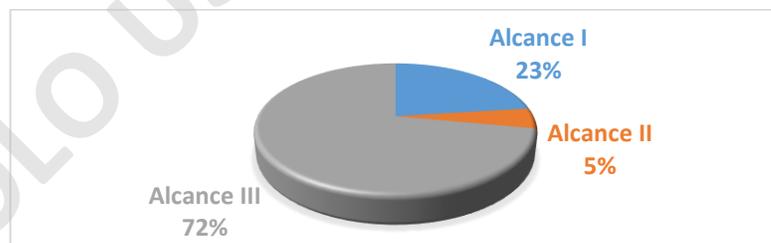
Fuente: Elaboración Propia en base a: Reporte Huella de Carbono 2013 - Puerto Mejillones.

Gráfico 6: Emisiones por Alcances Terminal Pacifico Sur Valparaíso - Chile, 2013.



Fuente: Elaboración Propia en base a: Reporte Huella de Carbono 2013 - Terminal Pácifico Sur Valparaíso.

Gráfico 7: Emisiones por Alcances Terminal Puerto Arica - Chile, 2016.



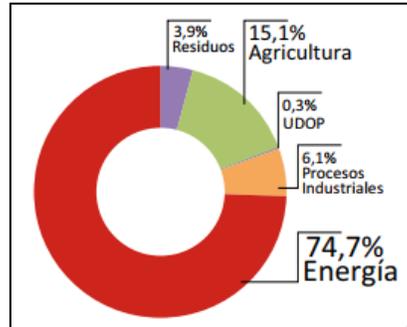
Fuente: Elaboración Propia en base a: Reporte de Gases de Efecto Invernadero 2016 - Terminal Puerto Arica.

Las emisiones que liberan son para tomar cartas en el asunto en relación a la incorporación del Desarrollo Sostenible de obras de este tipo, sobretodo en obras tan importantes que benefician el desarrollo económico de un país.

El consumo de energía proveniente de fuentes no renovables como el petróleo, para los procesos portuarios, también es una de las principales fuentes contaminantes para la alimentación de equipos, maquinarias y buques. La energía proveniente de fuentes

hidráulicas a pesar de ser una fuente renovable, repercute en gran cantidad a la no preservación del medio ambiente.

Gráfico 8: Tendencia de las emisiones de GEI por Sector, 2010.



Fuente: MMA. Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Chile 2010.

### 3.3. INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL Y DE DESARROLLO SOSTENIBLE

Existen 4 indicadores que funcionan como herramientas para la evaluación del progreso de los países en relación al desarrollo sostenible y a la sostenibilidad ambiental a nivel mundial<sup>34</sup>.

#### 3.3.1. Índice del Planeta Vivo (Living Planet Index (LPI))

Es un indicador que mide los cambios que sufren los ecosistemas naturales del planeta y su biodiversidad. Su enfoque está en:

- ✓ El Área boscosa natural del mundo.
- ✓ La Población de especies de agua dulce del mundo.
- ✓ La Población de especies marinas del mundo.

#### 3.3.2. Índice de Sostenibilidad Ambiental (ISA)

Se enfoca en 5 puntos centrales:

- ✓ El estado de los sistemas medioambientales de cada país.
- ✓ El éxito obtenido en la tarea de reducir los principales problemas en los sistemas ambientales.
- ✓ Los progresos en la protección de sus ciudadanos por eventuales daños medio ambientales.
- ✓ La capacidad social e institucional que cada nación tenga para tomar acciones relativas al medio ambiente.
- ✓ Nivel de administración que posea cada país.

<sup>34</sup> Desarrollado en base a: QUIROGA R. Indicadores de Sostenibilidad Ambiental y de Desarrollo Sostenible: Estado del Arte y Perspectivas. CEPAL. Chile: Santiago, 2001.

### 3.3.3. Índice de Bienestar Económico Sostenible (IBES)

Sirve para establecer un valor que refleje el nivel de bienestar que la población de un país experimenta a lo largo del tiempo. Sus variables están centralizadas en:

- ✓ Variables económicas.
- ✓ Variables distributivas.
- ✓ Variables sociales
- ✓ Variables ambientales.

### 3.3.4. Indicador de Impacto Ambiental

El indicador clave que evalúa el impacto sobre el medio ambiente, ocasionado por acciones o cualquier forma de vida sobre su bio-capacidad, es denominado **HUELLA ECOLOGICA**. Paralelo a este indicador, tenemos también la **HUELLA HIDRICA** y la **HUELLA DE CARBONO**. Ésta última, mide la producción de GEI que generan distintos tipos de actividades y se calcula en **TonCO<sub>2</sub>eq**. Es la más utilizada en el ámbito portuario nacional e internacional, ya que apunta directamente al foco del problema que es reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> liberadas a la atmosfera, en base a un **REPORTE DE GASES EFECTO INVERNADERO** que proporciona el recuento de las emisiones contaminantes que se generan por la producción de energía, quema de combustibles, generación de metano por ineficiente manejo de los residuos, entre otros.

Luego de contar con el inventario, se deberán implementar medidas de mitigación y compensación que reduzcan el impacto medioambiental.

## 3.4. DESARROLLO PORTUARIO SOSTENIBLE (DPS)

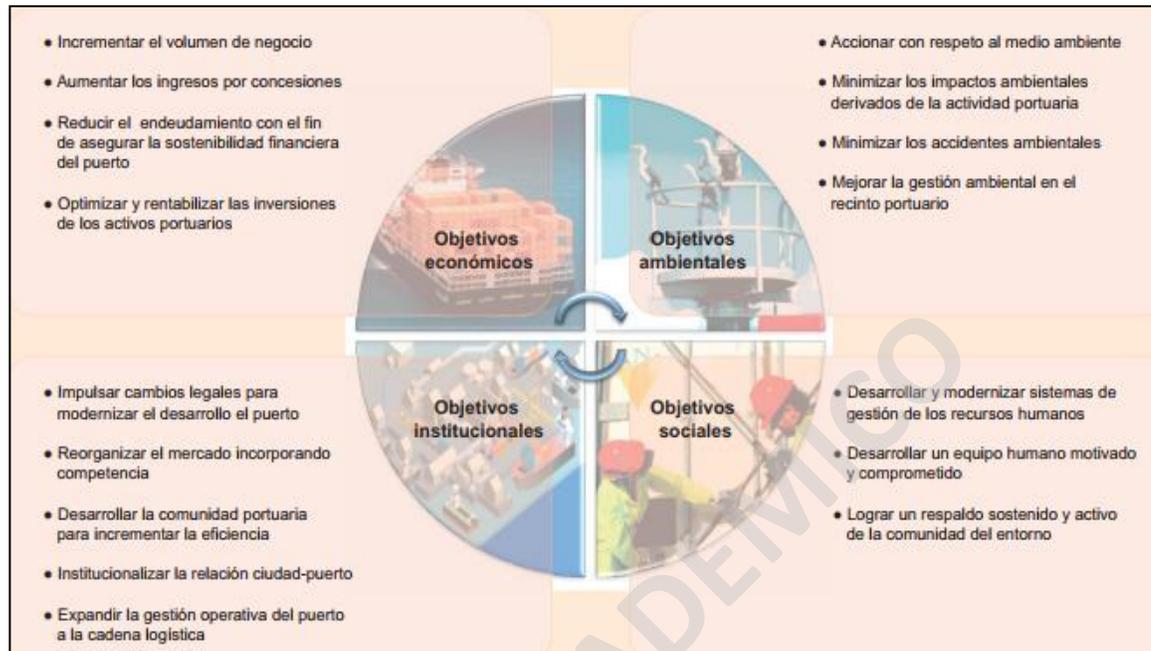
Se torna esencial un desarrollo portuario sostenible debido al gran volumen de mercancías que se mueven en el mundo por transporte marítimo, más del 82% del comercio mundial se moviliza por este medio.

La demanda por el crecimiento del comercio ha hecho incrementar la cantidad y tamaño de medios de transporte, aumentando también la necesidad de profundidades mayores para buques de gran envergadura, y mayores superficies que faciliten el trabajo en terminales y espacios litorales.

La incorporación del DPS permite cumplir con las nuevas demandas del mercado con la ayuda de nuevas estrategias y tecnologías que procuren armonizar la relación puerto-ciudad. Para esto cada puerto debe determinar su hinterland social y crear políticas en beneficio de la educación, bienestar y salud de la comunidad, de manera de contrarrestar los impactos negativos que puedan provocar las actividades portuarias.

Además de tomar en cuenta los 3 factores principales de sustentabilidad, también debemos incorporar el ámbito institucional portuario, lo que permitirá desarrollar estrategias, programas y políticas, que impulsen la responsabilidad social de la mano de la responsabilidad empresarial, en pos de la coordinación de sus actividades y su eficiente gestión, para asegurar la sostenibilidad del puerto.

Figura 50: Objetivos Estratégicos para las 4 Dimensiones de la Sostenibilidad.



Fuente: CEPAL. Boletín FALL Edición n°299, 2011.

El factor institucional deberá asegurar que el funcionamiento, la asignación de roles y los cambios de organización en la actividad portuaria sean oportunos, eficientes y efectivos, que permitan la adaptación eficaz de la organización a los cambios del mercado y el medio que la sustenta, manteniendo suficiente capacidad financiera, administrativa y organizativa a mediano y largo plazo<sup>35</sup>.

**¿Cómo se puede lograr?** Implementando Políticas de Sostenibilidad, además de las convencionales, hechas por autoridades o empresas asociadas, que garanticen también un ambiente de trabajo que proteja la salud de sus trabajadores, el desarrollo económico y social del entorno, la gestión de riesgos ambientales y la participación de grupos de interés en el desarrollo y accionar del puerto.

<sup>35</sup> ING. DOERR Octavio. 2011.

Tabla 7: Políticas Portuarias.

POLÍTICAS PORTUARIAS	
Institucional	La existencia de un diagnóstico sectorial actualizado y una propuesta de objetivos estratégicos. En algunos casos, la creación de un organismo sectorial para resolver los temas pendientes puede ser necesaria.
Logística	La implementación de tecnologías en los puertos y en su entorno logístico, contribuye a mejorar la eficiencia de los distintos eslabones de la cadena.
La cuestión laboral	Nuevos enfoques en las relaciones laborales son necesarios. La mayor competitividad y sostenibilidad exige actuar de manera proactiva en el campo de las relaciones laborales.
Comunidades y redes portuarias	La existencia de plataformas tecnológicas, gestión y monitoreo de carga y sus medios de transporte, permitiría mayor eficiencia en la cadena de distribución y en la comunidad portuaria.
Expansión de capacidad	Para responder a los nuevos crecimientos, se debe proveer aumentos sostenidos de capacidad en el largo plazo, agregando nueva o reemplazando la infraestructura obsoleta.
Mayores grados de competencia	La introducción de mayor dinamismo en el mercado mediante la promoción de la competencia en los puertos, permite que actuales operadores actúen considerando que siempre existe la amenaza competitiva.
Desarrollo sostenible	Un desarrollo armónico de los puertos con su entorno natural, medio ambiente y urbano y el uso eficiente de la infraestructura existente y de los recursos costeros escasos.
Regulación económica	Reorganizar el mercado con fines de agregar más competencia, proteger a los usuarios o asegurar que las ganancias de eficiencias sean traspasadas efectivamente a los usuarios.

Fuente: DOERR O. Políticas Portuarias. CEPAL, 2011.

En definitiva, no se debe dejar escapar ningún elemento para su eficiente y sustentable funcionamiento.

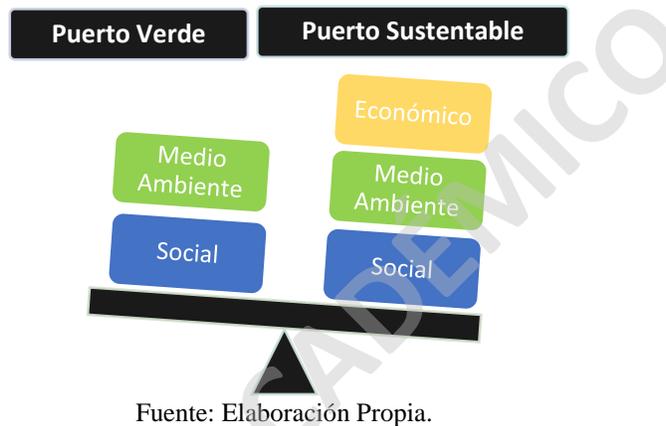
La implementación de políticas, para que el manejo de cargas sea más limpio, provocó la reducción de un 45% de los agentes contaminantes en aire en los puertos de Long Beach y Los Ángeles. El primer puerto redujo en el transcurso de 4 años un 52% en contaminación de combustibles, cantidad considerablemente alta<sup>36</sup>.

<sup>36</sup> ÁLVAREZ C. Análisis de la Realidad Latinoamericana de Obras Portuarias hacia su Desarrollo Sustentable, PUCCh, 2015.

### 3.5. PUERTOS VERDES

No podemos confundir el termino Sustentable con la clasificación de Puertos Verdes. Éste última busca invertir para que sus actividades y procesos sean armónicos con el ámbito ecológico, vale decir, que se busque disminuir la huella de carbono y mejorar la eficiencia y competitividad de los puertos en pos de la preservación ambiental y a favor del entorno social principalmente.

Figura 51: Diferencias entre Puerto Verde y Puerto Sustentable.



Principales consideraciones que se deben tener en cuenta al hablar de Puertos Verdes<sup>37</sup>:

- ✓ Proteger el entorno humano y medioambiental, de los impactos desfavorables que se producen por operaciones portuarias.
- ✓ Sustentabilidad como eje de crecimiento.
- ✓ Mejoras en las tecnologías en pos de disminuir los efectos negativos producto de operaciones portuarias.
- ✓ Puerto como pionero en la concientización del cuidado medioambiental.
- ✓ Educar a la comunidad para mejorar las condiciones medioambientales.

El boom de la Logística Verde fue en 2012, cuando el Banco Mundial advertía que los puertos que querían liderar en posicionamiento deberían incorporarse a éste concepto. De esta manera los consumidores, gracias a la difusión del tema a nivel mundial, optarían por confiar en empresas cuya cadena logística contamine menos el entorno. Hoy, al 2017, es un concepto sustituido por el “Desarrollo Sustentable”. Prácticamente todas las empresas portuarias estatales de Chile, han ido desarrollando sus propios Reportes y Políticas de Sostenibilidad.

<sup>37</sup> ÁLVAREZ C. Análisis de la Realidad Latinoamericana de Obras Portuarias hacia su Desarrollo Sustentable, PUCCh, 2015.

## CAPÍTULO 4: SOSTENIBILIDAD EN LOS PUERTOS

### 4.1. AVANCES INTERNACIONALES

Existen diversas organizaciones en relación a la sostenibilidad portuaria y en este capítulo partiremos por la base de las normas ISO creadas por la Organización Internacional de Normalización, que aplica estándares internacionales para todo tipo de productos, procesos y servicios. Son de carácter voluntario y proporcionan certificación a aquellos que cumplan con los requerimientos normados, los mismos que facilitan el aumento de productividad haciéndolos más competitivos en el mercado, minimizando errores y gastos asociados, promoviendo la mejora continua de todo tipo procesos.

Las normas ISO asociadas a este trabajo de investigación son las siguientes:

ISO 9001 – 2015: Certifica los Sistemas de Gestión de Calidad.

ISO 14001 – 2015: Certifica los Sistemas de Gestión Ambiental.

ISO 50001 – 2011: Certifica los Sistemas de Gestión de Energética.

ISO 14044 – 2016: Certifica el Análisis del Ciclo de Vida (ACV).

Figura 52: Normas ISO aplicables a la Sostenibilidad Portuaria.



Fuente: Elaboración Propia.

“El ACV evalúa cargas ambientales asociadas a un producto, proceso o actividad, identificando y cuantificando tanto el uso de materia y energía como las emisiones al entorno, para determinar el impacto de ese uso de recursos y esas emisiones y para evaluar y llevar a la práctica estrategias de mejora ambiental”.<sup>38</sup>

---

<sup>38</sup> Instituto Superior del Medio Ambiente.

Cabe destacar que no existe aún una obligatoriedad a nivel internacional que exija colaboración y participación de todos los países a sumarse a alternativas que permitan un desarrollo económico que vaya de la mano con el concepto de sostenibilidad. Sin embargo, se han sumado diversos organismos de carácter internacional, para incorporar este concepto debido a los cambios negativos en nuestro planeta que florecen con el pasar de los años. La finalidad de estos organismos es que cada nación participe de manera voluntaria, asesorando a cada uno de los partícipes, con el fin de implementar normas en beneficio de un desarrollo sostenible. Como se mencionará en este capítulo, los grandes pioneros en este tema son los participantes de la Unión Europea, pese a ello, queda una larga tarea a nivel internacional.

A continuación, se presentarán las iniciativas y organizaciones internacionales que podrán introducir o certificar a los Puertos dentro de la categoría Sustentable.

#### **4.1.1. Cumbre COP21 - Cambio Climático**

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático o 21ª Conferencia de las Partes (COP21), en París el 11 de diciembre del 2015 cierra el acuerdo global con la presencia de 195 países que fueron partícipes de la reunión, donde todos concluyen que el cambio climático al que nos enfrentamos está latente y que nosotros somos responsables de ello, por lo tanto, se hace necesario un pacto universal con la finalidad de reducir los gases de efecto invernadero en nuestra atmósfera.

La conferencia también denominada como el Acuerdo de París será aplicada para el año 2020 y viene a reemplazar el antiguo Protocolo de Kyoto que entró en vigor el año 2009. Su objetivo era la reducción de los 6 principales gases de efecto invernadero (GEI): dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), gas metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruros de azufre (SF<sub>6</sub>), en un porcentaje del 5% de las emisiones globales en un periodo entre el 2008 – 2012. A pesar de su buen desempeño, alcanzando a cubrir el 11% de las emisiones, el protocolo se hace insuficiente en relación a los efectos adversos que trae el cambio climático.

La COP21, no solo busca la reducción de los GEI si no también la promoción de alternativas más limpias para el uso de electricidad y que cada país realice un programa que aporte al objetivo principal de la cumbre.

Figura 53: Principales Objetivos de la Cumbre COP21.



El aumento de la temperatura media debe variar entre los 1,5°C y 2°C a finales de siglo.

Cada país deberá realizar su programa en busca de la reducción de sus propios gases de efecto invernadero.



Los países estarán obligados a disminuir sus emisiones, sin embargo, sus métodos y cifras de reducción serán elegidas por ellos mismos.

Los países desarrollados estarán obligados a realizar un aporte anual de 100.000 millones USD, los cuales beneficiarán a países en vía de desarrollo con bajas emisiones contaminantes.



Cada 5 años se revisarán los programas y objetivos de cada país para su actualización, evaluación y adaptación continua.

Fuente: Elaboración propia en base a: MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE. Resultados de la COP21. París, 2015.

Según el Banco Mundial y sus estadísticas del 2014, China y EEUU son las potencias que más contaminan por emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. Pese a esto, son uno de los 8 países que no van a presentar un programa para participar del COP21.

Figura 54: Emisiones de CO<sub>2</sub> (kt<sup>39</sup>).



Fuente: LABORATORIO NACIONAL DE OAK RIDGE - División de Ciencias Ambientales; Centro de Análisis de Información sobre Dióxido de Carbono del. Estados Unidos: Tennessee, 2017.

#### 4.1.2. OMI Zonas ECA / SECAS

La Organización Marítima Internacional (OMI) desarrolla el Convenio para la Prevención de la Contaminación por los Buques en 1973 y modificada en 1978. También es denominado Convenio de MARPOL 73/78 y su finalidad es disminuir la contaminación marítima.

El Convenio incluye 6 anexos:

- I. Prevención de la Contaminación por Petróleo (1983).
- II. Control de la Contaminación por Sustancias Nocivas Líquidas a Granel (1983).
- III. Prevención de la Contaminación por transporte de Sustancias Nocivas (1992).
- IV. Contaminación por aguas residuales de los Buques (2003).
- V. Contaminación por basura de los Buques (1988).
- VI. Prevención de la contaminación atmosférica por Buques (2005).

<sup>39</sup> Kilotoneladas.

En la actualidad el Anexo VI del Convenio de MARPOL es el más mencionado por su directa relación con la contaminación de mares y atmósfera provocada por el transporte marítimo, que inciden en el cambio climático en el que nos encontramos. El anexo busca minimizar las emisiones contaminantes, promoviendo el uso de combustibles limpios con menos porcentaje de SOx, NOx y Cov, el uso de filtros para gases de escape y la implementación de plataformas que permitan un control de las mismas emisiones.

Se pone gran enfoque en estas emisiones, ya que por la OMS está comprobado que su exposición continua produce efectos nocivos para la salud de las personas como enfermedades cardiacas y respiratorias. El tema no involucra solo a la humanidad, sino también a toda la vida que se genera en nuestro planeta.<sup>40</sup>

Por esto, para la efectiva, eficiente y estricta implementación del convenio, se definen las Áreas de Control de Emisiones (ECA). ECA se subdivide en Áreas de Control de Emisiones de Óxidos de Azufre (SECAS) y Áreas de Control de Emisiones de Óxidos de Nitrógeno (NECAS).

Figura 55: Áreas de Control de Emisiones en Europa y Norteamérica (ECA).



Fuente: <http://www.revistakawesqar.cl/zonas-eca-chile-esta-preparado-para-convertirse-en-zona-libre-de-sulfuros/>.

<sup>40</sup> WORLD PORTS CLIMATE INITIATIVE - On-Shore Power Supply.

Figura 56: Zonas SECAS.



Fuente: Worldatlas.com.

Figura 57: Zonas NECAS.



Fuente: nuestromar.org.

Los cambios graduales a nivel mundial que busca el anexo VI del Convenio de MARPOL en las zonas SECAS, planteados en el año 2008 son los siguientes:

Tabla 8: Porcentajes de Azufre permitido en Zonas ECA/SECAS.

ZONA	% Azufre / Combustible			
	2012	2010	2014	2015
ECA/SECA	1,5%	1%	1%	0,1%
ZONA	% Azufre / Combustible			
	< 2012	2012	2019	2020
LIBRE <sup>41</sup>	4,5%	3,5%	3,5%	0,5%

Fuente: Elaboración propia en base a: OMI: Óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>) Regla 14.

Las zonas libres, que no están dentro del convenio, también deben cumplir voluntariamente con determinadas exigencias, por el compromiso de cooperar con el medio ambiente y contrarrestar el cambio climático.

#### 4.1.3. OMI 2018 GHG Strategy

La OMI en la reunión del Comité de Protección del Medio Marino - MEPC 71<sup>a</sup> realizada en Julio del 2017, revisó y actualizó las estrategias para el año 2018 en relación a las emisiones de gases de efecto invernadero.

#### Gestión de Agua-Lastre (BWM):

Entró en vigencia en septiembre del 2017 e incorpora 61 países que forman el 69% del tonelaje del transporte mercante mundial. Su objetivo es detener la transferencia de especies potencialmente invasoras en el agua de lastre de los buques.

#### Límite Mundial de Azufre:

Entrará en vigencia en enero del 2020 y su objetivo está prescrito en el Anexo VI del MARPOL, donde determina que el limite será de un 0,50% de azufre en los combustibles utilizados para el transporte marítimo en zonas que están fuera de las ECA.

#### Reducción de GEI por Buques:

En apoyo a la reducción de GEI se propone tomar acciones de seguimiento en el desarrollo de estrategias y revisión periódica.

<sup>41</sup> Resto del mundo que no está dentro de las ECA.

### **Medidas de Eficiencia Energética para Buques:**

Entran en vigencia con el Anexo VI del MARPOL, donde se hace necesario llevar una gestión del consumo de combustible de las naves e informar sobre su progreso.

### **Protección del Ártico por HFO (Heavy Fuel Oil):**

Se pretende añadir medidas para reducir impactos negativos por HFO derivados por el uso y transporte de naves que utilizan este tipo de combustible. Será incorporado al MEPC 72<sup>a</sup> en abril del 2018, donde se implementarán medidas concretas para su desarrollo.

### **Protección del Parque Natural de los Arrecifes de Tubbataha:**

El MEPC designa el Parque Natural de Arrecifes Tubbataha en Filipinas como Área Marítima Particularmente Sensible (PSSA), y plantea la incorporación de medidas de protección para la reducción de encalladuras de naves que provoquen daño al ecosistema marino y para la pesca artesanal sostenible.

### **Código Químico OSV:**

El MEPC aprobó este proyecto de código para la regulación y manejo de sustancias nocivas peligrosas en buques OSV (Offshore Support Vessels).

### **Cursos sobre Contaminación por Hidrocarburos (CHx):**

Los cursos OPRC (Oil Pollution Preparedness, Response and Cooperation) fueron aprobados por la MEPC con el objetivo de capacitar y actualizar en temas relacionados al derrame de petróleo.

### **Principales Proyectos de Cooperación:**

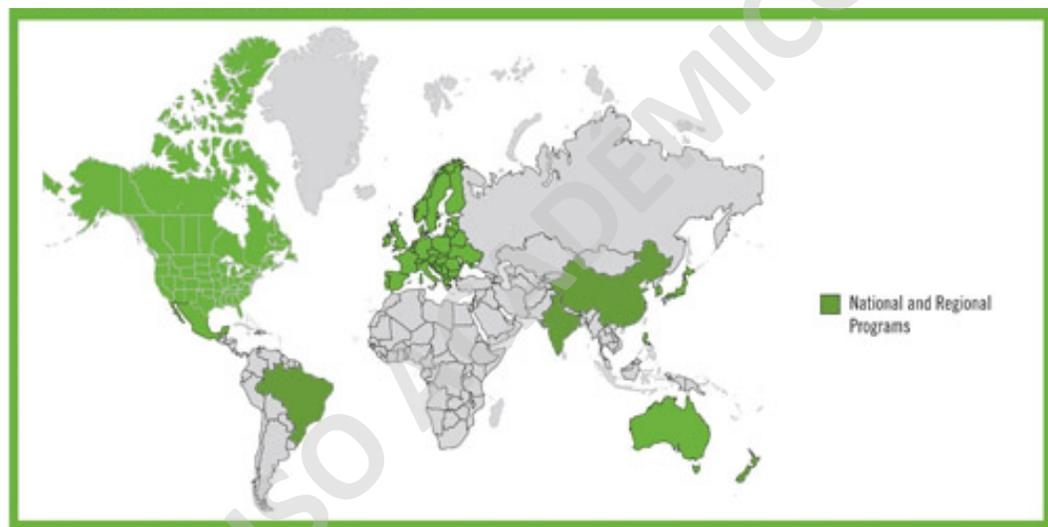
- ✓ Documento a Gran Escala: busca reemplazar el Proyecto de Alianzas GloBallast, relacionado a la bioseguridad marina, que hasta el 2016 era el encargado de implementar el Convenio de la OMI sobre la gestión de agua lastre.
- ✓ Global Industry Alliance (GIA): establece que toda industria suscrita incorpore a sus procesos estrategias que disminuyan las emisiones de carbono.
- ✓ Global MTCC Network: busca bajas emisiones de carbono mediante la recolección de datos de consumo de combustibles de buques y el desarrollo de tecnologías bajas en carbono.

#### 4.1.4. GHG Protocol (Green House Gas Protocol)

Es la primera herramienta publicada para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero, gracias a la intervención de diversos gobiernos y organizaciones ambientalistas de todo el mundo. Esto permite llevar un cálculo y gestión de futuras emisiones de las empresas que quieran incorporarse para mitigar el cambio climático.

El sistema dividía las emisiones por Alcances 1, 2 y 3, para llevar un control de emisiones por operaciones directas del puerto, por transporte exterior para la distribución de las mercancías, el consumo energético al interior del puerto, etc.

Figura 58: Países que aplicaron el programa GHG Protocol.



Fuente: <https://www.ecointeligencia.com/2013/05/ghg-protocol/>.

Sus principales objetivos son<sup>42</sup>:

- ✓ Asesorar a empresas en la confección de Reportes de GEI.
- ✓ Simplificar y reducir costos asociados por emanación de GEI, a las empresas asociadas.
- ✓ Asesorar a las empresas en la elaboración de planes de acción para la gestión y reducción de GEI.
- ✓ Transparentar las contabilidades de GEI de empresas asociadas.

<sup>42</sup> Green House Gas Protocol (<http://www.ghgprotocol.org/corporate-standard>).

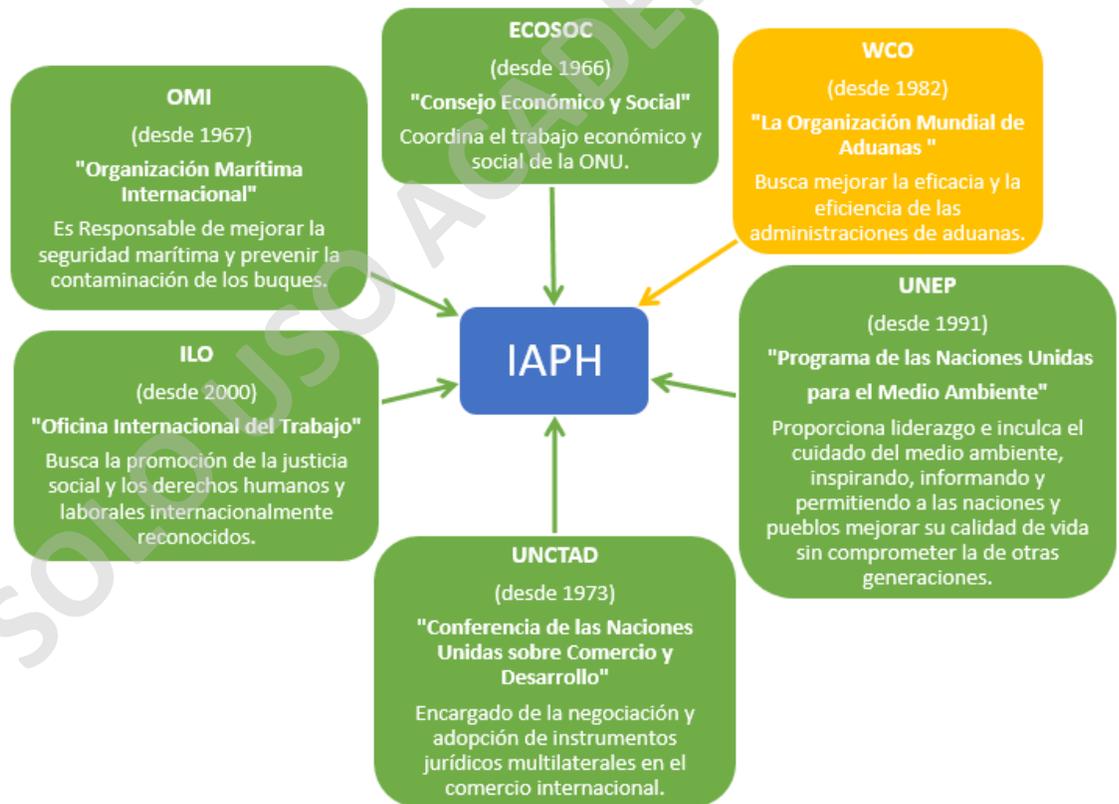
#### 4.1.5. IAPH World Ports - WPCI

La IAPH (International Association of Ports and Harbors) fue formada en el 1955 como un organismo no gubernamental sin fines de lucro, que busca representar la industria marítima mundial con la ayuda de 5 agencias pertenecientes a las Naciones Unidas y de un Organismo Internacional encargado de Aduanas:

- ✓ ECOSOC (Economic and Social Council).
- ✓ OMI (International Maritime Organization).
- ✓ UNCTAD (United Nations Conference on Trade and Development).
- ✓ UNEP (United Nations Environment Programme).
- ✓ WCO (World Customs Organization).
- ✓ ILO (International Labour Office).

En el siguiente esquema podemos apreciar la participación de los 6 organismos de carácter consultivo que proporcionan a la IAPH, información necesaria para el cumplimiento de la misión y de los objetivos de la misma organización.

Figura 59: Organismos Colaborativos a IAPH.



Fuente: Elaboración propia en base a: [iaphworldports.org](http://iaphworldports.org).

Para el 2007 la IAPH en su conferencia de mayo del mismo año en Houston se compromete a reducir la contaminación atmosférica que ha provocado los últimos tiempos el cambio climático. En respuesta a ello, en abril del 2008 en la reunión con sede en Dunquerque – Francia, solicitan al Comité Marítimo Portuario la creación de un mecanismo que ayude a los puertos, siendo una fuente genérica de emisiones contaminantes, a combatir el cambio climático.

Con la World Ports Climate Conference C40 en Rotterdam, se adopta la Declaración Climática Mundial de Puertos C40, en julio del 2008, como el documento que se encargará de combatir el cambio climático y a mejorar la calidad del aire en nuestro planeta producto de las actividades portuarias.

Figura 60: Principales tareas de la Conference C40.



Fuente: Elaboración propia en base a: The World Ports Climate Declaration and Endorsement Ceremony.

Luego la World Ports Climate Initiative (WPCI) se lanza formalmente en la Conferencia de Rotterdam en noviembre del 2008, reconociendo que los puertos tienen parte de la responsabilidad del cambio climático por la contribución de gases efecto invernadero. Pero la misma comisión de la WPCI, destaca a la vez, que esto es una oportunidad para poder influir en su gestión y cadenas de suministro en miras de una sostenibilidad cada vez más interiorizada.

Los objetivos de la WPCI son:

- ✓ Crear conciencia en el puerto y la comunidad marítima de la necesidad de iniciar estudios, estrategias y acciones para reducir las emisiones de GEI y mejorar la calidad del aire.
- ✓ Proporcionar una plataforma para el sector del puerto marítimo para el intercambio de información.
- ✓ Facilitar información sobre los efectos del cambio climático en el entorno del puerto marítimo y medidas para su mitigación.

Para cumplir con sus objetivos, la WPCI crea una página web en la cual publican información relevante al tema que orientara a los puertos a monitorear y reducir sus emisiones GEI.

Sus temas son:

- ✓ Carbon Footprinting o Huella de Carbono.
- ✓ Environmental Ship Index o Índice Ambiental de Buques.
- ✓ Onshore Power Supply o Suministros de Energía en Tierra.

#### **Huella de Carbono:**

Determina y rastrea las emisiones, proporcionando información y propuestas para que los puertos reduzcan sus GEI.

La WPCI publica un documento que sirve como referencia para los puertos en busca de mejorar su Huella de Carbono: “Carbon Footprinting Working Group - Guidance Document”.

Para cooperar con una de las iniciativas de la WPCI, el Puerto de los Ángeles, crea una calculadora de CO<sub>2</sub> para emisiones de Alcance 1, 2 y 3.

#### **Índice Ambiental de Buques:**

Este proyecto identifica los buques con mejores resultados en la reducción de sus emisiones que los exigidos por las normas actuales de la OMI. Se encargan de medir sus intensidades de sonido, sus emisiones de NO<sub>x</sub> y SO<sub>x</sub>, identificando su desempeño. Esto no solo sirve para reducir sus emisiones sino también para obtener recompensas por resultados positivos que aporten a la sustentabilidad.

Figura 61: Repercusiones de la aplicación del Índice Ambiental de Buques.



Fuente: <http://esi.wpci.nl/public/home>.

### Suministros de Energía en Tierra:

Es creado en el 2010 por la WPCI y su función es facilitar de información acerca de las emisiones contaminantes que afectan nuestra atmosfera y el ruido que impacta en nuestra ciudad proveniente de las naves marítimas. Dicha información beneficia a autoridades portuarias, operadores de terminales y empresas navieras que se preocupen por el desarrollo de puertos sustentables y la aplicación de tecnologías nuevas en beneficio de su logística.

La estrategia principal de OPS (Onshore Power Supply) es la reducción del impacto ambiental gracias al reemplazo de combustible convencional como fuente de energía en buques atracados, por el uso de energía eléctrica limpia para llevar a cabo sus operaciones rutinarias.

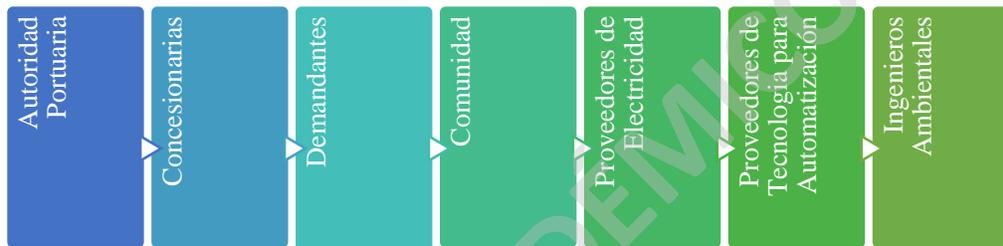
Se busca también que el sistema se adecue a todo tipo de muelles y buques, considerando que las frecuencias eléctricas no son las mismas en América del Norte, Asia, Sudamérica, Europa, etc.

Para la implementación de un sistema OPS debemos considerar la inversión y los costos asociados a los muelles, de cada puerto en particular. Será conveniente adaptar un OPS en puertos con acceso a alto voltaje, de lo contrario, se deberá ajustar según la demanda de suministro eléctrico. Por otro lado, también se necesitará de transformadores, convertidores de frecuencia, conductos de cableado y un panel de control que posibilite el manejo del sistema para su buen funcionamiento y operatividad. Mientras más cambios y ajustes requieran un puerto, más será incrementado el valor de la inversión, de ello dependerá la factibilidad del sistema.

Este sistema cuenta con un calculador de rentabilidad, donde se balancean los costos por operación y por inversión para la implementación de suministros de energía en tierra, con los beneficios que estos proporcionan, hablado de unidades

contaminantes que se ahorrarían. Dentro de esta rentabilidad se consideran los costos por suministro de combustible versus los asociados al consumo eléctrico, que proveniente de una fuente sostenible, de uso exclusivo para el puerto o para entes industriales cercanas y de fácil acceso, puede ser mucho más rentable económicamente hablando. Todo esto permite estudiar cada caso a profundidad para determinar si la aplicación de OPS es rentable y en qué cantidad. Es necesario que las partes interesadas participen y se involucren, de tal manera de no solo beneficiar a la comunidad, sino también de construir un buen negocio en beneficio de todos los participantes.

Figura 62: Partes Interesadas del Sistema de Suministros de Energía en Tierra.



Fuente: Elaboración propia en base a: WPCI - On-Shore Power Supply.

Claramente para los países en busca de la sostenibilidad se hace inasequible aplicar este tipo de suministro en todos sus puertos debido a los grandes costos que involucran, por lo que se presta mayor enfoque en puertos con:

- ✓ **Terminales Cercanos a Zonas Residenciales:** ya que tienen mayor impacto en la sociedad, por lo que mitigarlos resulta más beneficioso que en terminales alejados de la población.
- ✓ **Terminales Gran Escala:** debido a su gran capacidad para satisfacer las mayores demandas que solicita el comercio a nivel nacional. Vale decir, puertos que recibirán grandes cantidades de naves.
- ✓ **Terminales con Alto Consumo Energético:** si consideramos que un terminal requiere gran consumo de energía y que éste por lo general proviene de combustibles convencionales, se hace necesario optar por un sistema de suministros de energía en los puertos, de carácter sostenible y que a su vez sea rentable, como el mencionado.

Otras técnicas planteadas en busca de la reducción de las emisiones de buques son:

- ✓ **Tratamiento de Gases de Escape:** inyecta amoníaco o urea en los gases de escape, funcionando como catalizadores. En respuesta el NOx se convierte en Nitrógeno y Agua.
- ✓ **Incorporación de Filtros:** consiste en un filtro revestido de cerámica que atrapa las partículas y las elimina de forma mecánica una vez que este se satura. Estos filtros deben ser implementados solo con naves que utilizan combustibles de bajo contenido de azufre.

- ✓ **Técnicas de Modernización de Motores:** busca implementar mejoras en cuanto a la combustión de los motores convencionales de buques. Por ejemplo, la inyección de agua en motores o la recirculación de gases de escape.
- ✓ **Uso de Combustibles más limpios para Buques:** contempla el uso de combustibles convencionales con bajo contenido de azufre como el GNL.
- ✓ **Energía en Muelles:** si bien la implementación de generadores no es la mejor solución, pero responde de mejor manera a las alternativas convencionales para suministro de energía en atracaderos. La ventaja está en utilizar combustibles más limpios para estos generadores como el Gas Natural Comprimido o GNL.

### Proyectos en Proceso:

- ✓ Intermodal Transport o Transporte Intermodal.
- ✓ Lease Agreement Template o Planilla de Contrato de Arrendamiento.
- ✓ Cargo-handling Equipment o Equipo de manejo de cargas.
- ✓ LNG-Fueled Vessels o Embarcaciones con GNL.

Figura 63: Descripción de los Proyectos en Proceso.



Fuente: Elaboración propia en base a: WPCI - On-Shore Power Supply.

### Nuevas Incorporaciones:

La IAPH lanzará su nuevo programa: World Ports Sustainability Program (WPS) en la Conferencia de marzo de 2018 - Amberes, Bélgica. El programa busca contribuir a los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas, que involucra el medio ambiente, la sociedad y la economía.

Figura 64: Objetivos del Desarrollo Sostenible.



Fuente: <https://www.cepal.org/es/temas/agenda-2030-desarrollo-sostenible/objetivos-desarrollo-sostenible-ods>.

El presidente de la IAPH, Santiago Milà, dijo: "Al incorporar el concepto de puerto inteligente y la digitalización, se espera que el WPSP ayude a los puertos a aumentar la eficiencia y la sostenibilidad de sus operaciones portuarias cotidianas", afirmando la beneficiosa incorporación del desarrollo sostenible y la aplicación de las propuestas de la WPCI en los puertos.

#### 4.1.6. Política Europea de Transportes

A Europa le tomó décadas implementar un cambio en sus políticas que logran la unificación de los países, por diversas limitaciones, una de ellas y la más importante era la competencia entre los participantes.

Los Tratados de Roma, firmados en el 1957 fueron el primer paso para la unificación de la Unión Europea, donde participaron Alemania, Bélgica, Francia, Italia, Luxemburgo y los Países Bajos.

Luego del tratado se unifican 2 entidades más, que dan paso a la formación de la UE.

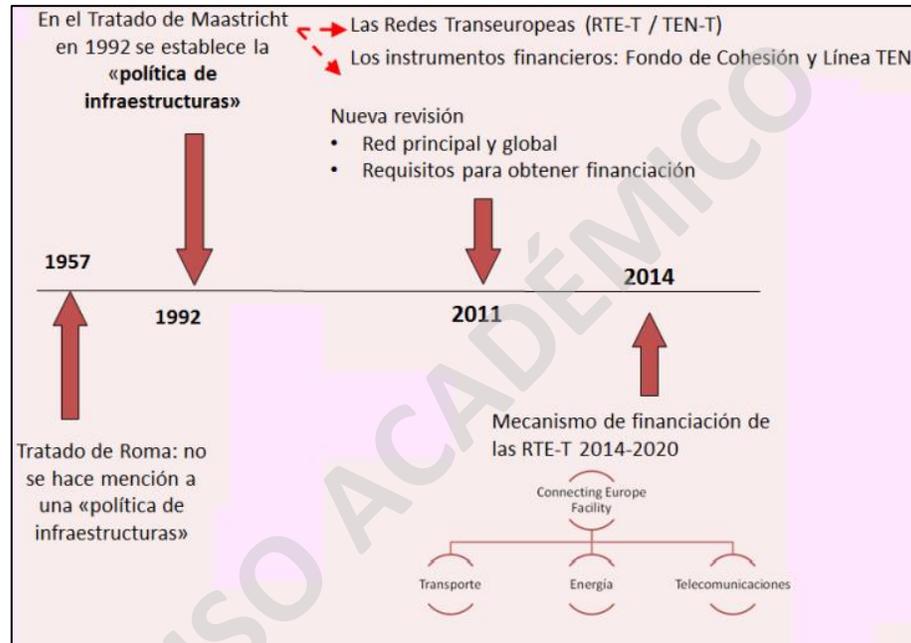
En el 1951 se crea la Comunidad Europea del Carbón y del Acero (CECA), encargada de regular toda industria relacionada al uso de carbón y acero en la UE.

Luego producto del tratado se genera la Comunidad Económica Europea (CEE), la que se encargara de la integración económica, un mercado común y la unión aduanera entre los países que la formarían.

Como segundo producto del tratado se forma la Comunidad Europea de la Energía Atómica, encargada de formular bases que solo permitan el uso de tal tipo de energía de manera pacífica, como medida de protección de la UE.

Todos esos pasos dan pie para el Tratado de la Unión Europea (TUE) o Tratado de Maastricht, firmada en 1992. Así se logra una normativa de carácter conjunto que deberán aplicar los países miembros.

Figura 65: Inicios de la Política de Transportes Europea.

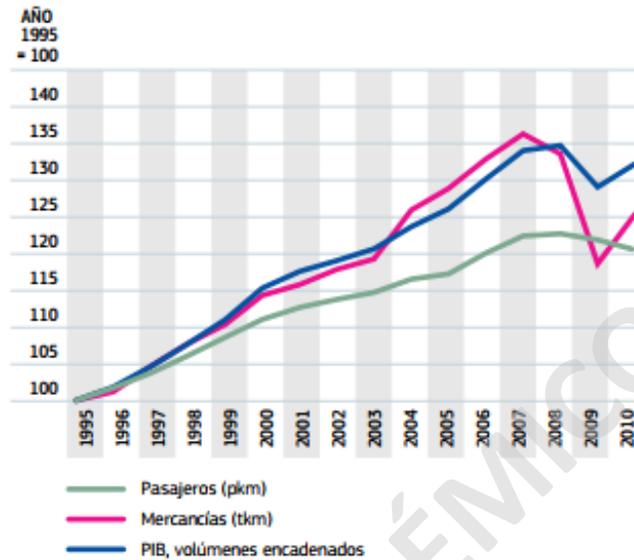


Fuente: VASSALLO José, BUENO Paola, y DE LAS HERAS Javier. Política de Transporte de la Unión Europea: Situación Actual y Desafíos Futuros. Madrid, 2015. Modificado.

Enfocándonos en nuestro tema de investigación se presenta lo siguiente:

Se ve un potencial en el sistema de transporte europeo en relación a la favorable economía y desarrollo que han presentado en los últimos tiempos. En vista también del futuro incremento de demanda para el transporte tanto ferroviario, aéreo, carretero y marítimo-fluvial, en cuanto a cabotaje de mercancías, y transporte de pasajeros por turismo, y a la contaminación que afecta la salud y el medioambiente, la UE busca una Política de Transportes que responda a las demandas futuras, incorporando la protección al medio ambiente y mejora de la logística con inclusión entre los diferentes sistemas de transporte, para su eficiente intermodalidad.

Gráfico 9: Crecimiento del Transporte en la UE.



Fuente: Política Europea de Transporte.

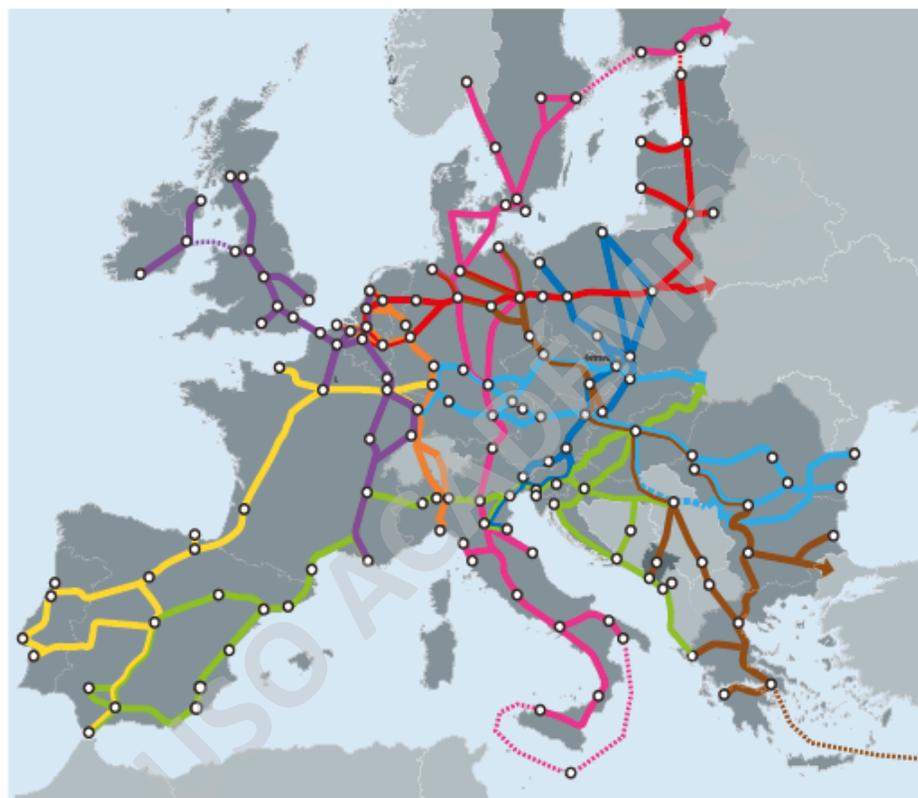
Las políticas avalan la incorporación de diversas organizaciones relacionadas a la sustentabilidad como las mencionadas anteriormente en este capítulo para su trabajo conjunto con el parlamento, con el objetivo de fortalecer sus políticas de transporte y de ser pioneros en implementar nuevas soluciones en beneficio de la UE.

Con la colaboración del Consejo de Transporte, Telecomunicaciones y Energía, proponen también la creación de redes transeuropeas que eliminen centros focalizados de congestión y contaminación por el uso excesivo de un solo tipo de transporte, como por ejemplo el automóvil. El 74% del total de viajes en Europa son por vía carretera, y si consideramos que el mismo utiliza el 96% de la energía generada por combustible convencional, claramente se hace necesario implementar una red única, que cuente con un sistema energético proveniente de fuentes renovables, en beneficio: económico, social y medioambiental.

A continuación, se presenta el esquema de la Red Transeuropea de Transporte (RTE-T), que promete conexiones y mejoras en la infraestructura europea que fortalecerá el transporte transfronterizo.

“Las redes RTE-T consisten en nueve corredores europeos que deberían unir, en 2030, 94 puertos europeos con conexiones de ferrocarril y carretera, 38 aeropuertos clave con conexiones de tren a las ciudades más importantes, 15.000 kilómetros de trenes de alta velocidad y 35 proyectos transfronterizos<sup>43</sup>”<sup>44</sup>.

Figura 66: Redes Transeuropeas de Transporte (TEN-T).



Fuente: CaixaBank Research, a partir de datos de la Comisión Europea.

<sup>43</sup> Transporte Transfronterizo: transporte que opera por encima de las fronteras (según: dirae.es).

<sup>44</sup> DOMÈNECH Josep. Área de Planificación Estratégica y Estudios, Departamento de Macroeconomía en CaixaBank.

#### 4.1.7. Política Europea Medioambiental

El Tratado de Ámsterdam en 1997 y el Consejo de Cardiff en 1998 dan pie a la Integración de la Política Medioambiental, adoptada en pro de salvaguardar nuestro planeta por todos los cambios climáticos que hemos ido provocado.<sup>45</sup>

La política medioambiental con el paso del tiempo, la interiorización con la contaminación al medioambiente, el cambio climático y el termino de desarrollo sostenible, busca que todos los miembros de la unión velen por:

- ✓ Conservar, proteger y mejorar de la calidad del medio ambiente.
- ✓ Proteger la salud de las personas.
- ✓ Utilizar de manera prudente y racional los recursos naturales.
- ✓ Fomentar medidas a escala internacional destinadas a hacer frente a los problemas regionales o mundiales del medio ambiente.

Esta Política se basan en 4 principios:

Figura 67: 4 Principios de la Política Medioambiental Europea.



Fuente: Elaboración propia en base a: Fichas Técnicas sobre la UE. Parlamento Europeo.

La Directiva sobre Responsabilidad Medioambiental de la UE (DRM) apoya el “Polluter Pays Principle”, y las legislaciones ambientales estadounidenses también han implementado dicho principio como fundamental.

<sup>45</sup> MINISTERIO MEDIO AMBIENTE: Agencia Europea de Medioambiente. Integración de la Política Ambiental en Europa. España, 2006.

#### 4.1.8. Certificación EcoPorts PERS - ESPO

La ESPO (Organización Europea de Puertos Marítimos) fue creada en Bruselas el 1993 gracias a un equipo de trabajo portuario de la Comisión Europea. Esta organización es la encargada de representar y proporcionar técnicas que sirvan de ayuda a cada autoridad portuaria participe, frente a las políticas, instituciones y legislaciones relacionadas al tema.

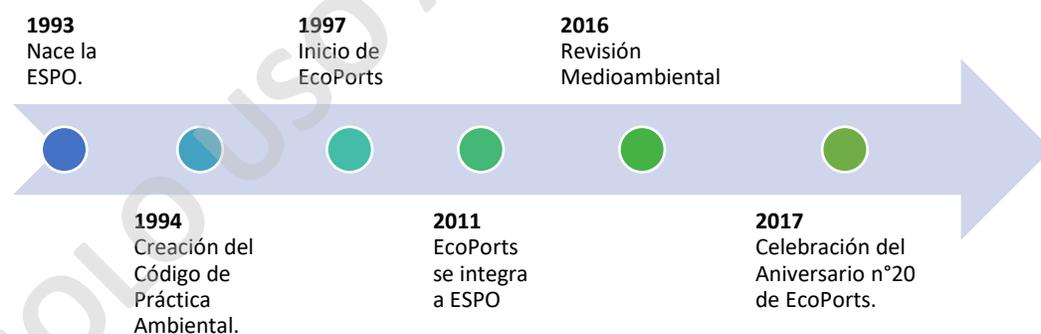
La organización colaboró también con la creación de un Código de Prácticas Ambientales en 1994, que consiste en la instauración de recomendaciones y mejores prácticas en el ámbito portuario, contribuyendo al desarrollo sostenible para una mayor aceptación de la comunidad y su mejor integración con el entorno que rodea a los puertos de la Unión Europea.

Recomendaciones del Código de Prácticas Ambientales ESPO<sup>46</sup>:

- ✓ Creación de políticas ambientales comunes.
- ✓ Protocolos de Actuación
- ✓ Intercambio de información y buenas prácticas entre las entidades portuarias.

En 1997 se da inicio a la principal iniciativa medioambiental portuaria EcoPorts, integrándose a la ESPO en el 2011.

Figura 68: Evolución de EcoPorts.



Fuente: Elaboración propia en base a: WOOLDRIDGE, Christopher. The Story of EcoPorts, 2017.

<sup>46</sup> GUERRA, Andrés. Director de Sostenibilidad ESPO: 1º Conferencia Hemisférica sobre Protección Ambiental Portuaria.

En el 2016 la ESPO y EcoPorts realizan una Revisión de las 10 prioridades medioambientales de los puertos europeos, que se mantienen hasta el día de hoy, estableciendo iniciativas para una orientación portuaria en base a la conservación medioambiental.

Figura 69: Las 10 principales prioridades medioambientales de los puertos de la UE.



Fuente: ECOPORTS.

EcoPorts está encargada de proporcionar herramientas opcionales que respaldan el buen funcionamiento y el compromiso medioambiental de los puertos que quieran participar a nivel mundial.

Sus herramientas son:

- ✓ Método de Autodiagnóstico (SDM)
- ✓ Sistema de Revisión Medioambiental Portuaria (PERS)

#### **Método de Autodiagnóstico (SMD):**

Con este método gratuito cada participante deberá llenar una lista de verificación anónima para identificar los riesgos ambientales que poseen.

Una vez el participante obtiene los resultados, puede compararlos con el estándar portuario europeo.

Finalmente se obtienen recomendaciones y consejos personalizados, además de un análisis FODA (Informe de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) del desempeño ambiental del puerto, que beneficiarán su futuro desempeño y reputación.

### Sistema de Revisión Medioambiental Portuaria (PERS):

Es el único sistema de certificación estándar de gestión ambiental en particular del sector portuario. Es válida por 2 años y se basa en las normas ISO 14001 de Gestión Ambiental, recomendaciones de las políticas ESPO y especificidades portuarias.<sup>47</sup>

Beneficios de PERS según EcoPorts:

- ✓ Fácil de usar.
- ✓ Alcance de objetivos de desarrollo sostenible.
- ✓ Aumenta la reputación.
- ✓ Verifica cumplimiento con ISO 14001 – 2015.
- ✓ Confirma cumplimiento de recomendaciones ESPO.
- ✓ Revisión de la implementación portuaria por Lloyd's Register<sup>48</sup>.

Esta certificación involucra cada vez mas superficie en la Union Europea y suma cada año mas puertos en todo el mundo. Es un camino arduo, pese a ello, los países se han dado cuenta que el desarrollo sostenible en los puertos es un tema que va tomando gran relevancia y que trae grandes beneficios al medioambiente, a la sociedad y a la economía, fomentando el ahorro energético, el buen manejo de residuos, el uso de fuentes de energia mas limpias, un transporte de mercancías mas eficientes y menos contaminantes, entre otros.

Figura 70: Mapa representativo de Puertos Europeos Certificados por PERS.



Fuente: <https://www.ecoport.com/network>.

<sup>47</sup> ECOPORTS. Herramientas: Sistema de Revisión Medioambiental Portuaria.

<sup>48</sup> Lloyd's Register: Organización encargada de calificar empresas según sus reglas establecidas de seguridad y rendimiento (según Lloyd's Register).

#### 4.1.9. Transporte Ecológico Portuario

Un alto nivel de consumo energético se lo lleva el transporte terrestre, que a su vez es una fuente de contaminación constante por las emisiones de CO<sub>2</sub> que generan, formando parte del 75% de los GEI. Además, el 90%, hace uso de energías provenientes de fuentes no renovables, vale decir, combustibles convencionales como el petróleo y sus derivados.

El uso del transporte terrestre en Europa para el traslado de mercancías que van y vienen de los puertos, se ha visto debilitado por el incremento del sistema ferroviario gracias a una Red Transeuropea de transportes que disminuye la necesidad de utilizar el sistema carretero como antes, estrategia que va en apoyo al cambio climático.

Aun así, se han visualizado avances en cuanto a las fuentes energéticas de camiones y maquinaria utilizada en puertos para el manejo de mercancías.

Imagen 41: Grúa Eléctrica en MSC Terminal Valencia con Sistema Cable Reel.



Fuente: Fundación Valenciaport.

En el Terminal de Contenedores Asyaport en Turquía, hace uso de decenas de cabezas tractoras propulsados por Gas Natural (GNL). Esta propuesta fue estudiada y se comprobó su viabilidad técnica, financiera y ambiental. El prototipo fue probado antes en la terminal Noatum Container Terminal (NCT) en Valencia, durante los últimos meses del 2013, ofreciendo resultados muy positivos en términos de consumo energético y reducción de emisiones contaminantes<sup>49</sup>, ya que el GNL en su combustión, emite un 25% menos CO<sub>2</sub> que el petróleo.

---

<sup>49</sup> FUNDACIÓN VALENCIAPORT - COMISIÓN INTERAMERICANA DE PUERTOS: “Eficiencia energética en puertos: Tendencias y mejores prácticas”, 2016.

Imagen 42: Cabeza Tractora y Camión de Suministro de GNL en NCT - Valencia.



Fuente: Fundación Valenciaport.

También, Green Cranes y Sea Terminals, desarrollaron dos modelos de máquinas para el transporte de contenedores en terminales, con doble sistema de combustible: Diésel y GNL. Estas máquinas también proporcionan una reducción considerable del consumo energético y de las emisiones contaminantes.

Imagen 43: Reachstacker con Sistema de Doble Combustible: GNL - Diésel en Terminal Darsena Toscana - Livorno.



Fuente: Fundación Valenciaport.

Podemos destacar también el transporte carretero híbrido y eléctrico que Europa ha logrado desarrollar en busca de la Sostenibilidad, presentan mejor eficiencia operativa y energética, adicionalmente aporta a la reducción de la contaminación acústica y de las emisiones de GEI. A pesar de ello, su masificación ha sido lenta a causa de las grandes inversiones que implica la creación de nuevas tecnologías y su adaptación al mercado actual.

En cuanto a la electrificación de maquinarias portuarias, existen 2 sistemas para grúas RTG:

**Cable Reel:** Proporcionan energía a la grúa mediante cables en su estructura y con un transformador, se suministra de electricidad la grúa desde la red eléctrica de la terminal. Cuando la grúa se desplaza, el cable se desenrolla o se enrolla en función del movimiento que realice respecto del punto de conexión.

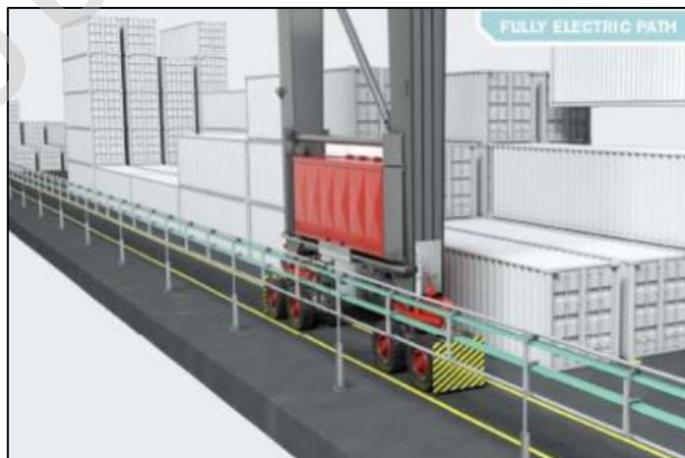
Imagen 44: Sistema Eléctrico Cable Reel para Grúas RTG.



Fuente: Konecranes.

**Conduct Bar:** la electricidad es suministrada por una barra anclada al suelo, que está conectada a la red de eléctrica. La grúa RTG se equipa asimismo con un brazo de conexión que es el encargado de suministrar la energía eléctrica a la grúa.

Imagen 45: Sistema Electrico Conduct Bar para RTG.



Fuente: Konecranes.

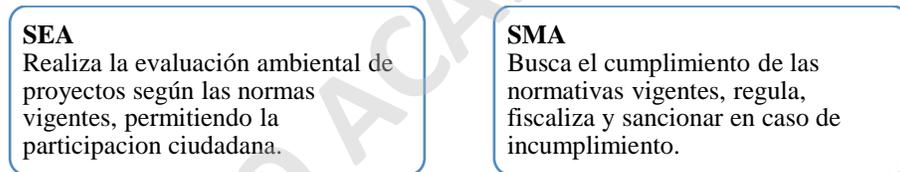
El uso de Conduct Bar es mas versátil que el Cable Reel, pero a la vez, el primero requiere mayor ivnersion que el segundo, debido a la complejidad de su instalacion. Sin embargo, la utilizacion de cada sistema dependerá de lo que cueste manipular un contenedor con combustible diesel versus lo que cueste uno con ambos sistemas eléctricos y del número de movimientos por metro recorrido. Determinando esta rentabilidad se puede utilizar el mas adecuado.

## 4.2. AVANCES NACIONALES

El gobierno a través de su reciente Ministerio de Medio Ambiente, fundado en 2010<sup>50</sup>, ha trabajado exhaustivamente por involucrar cada área que aporta al desarrollo económico nacional: la construcción, el turismo, las ciudades, las industrias, entre otras, con la conservación de los recursos naturales en beneficio de la sociedad y de generaciones futuras.

El MMA crea dos organismos públicos: el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) y la Superintendencia de Medio Ambiente (SMA), para que en su conjunto aporten al cumplimiento de las normas que se apliquen.

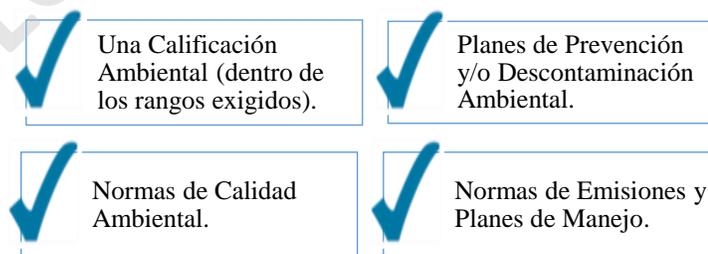
Figura 71: Funciones de los Organismos del MMA.



Fuente: Elaboración propia en base a: Servicio de Evaluación Ambiental y Superintendencia del Medio Ambiente.

La SMA está encargada de que cada proyecto luego de una evaluación, se desarrolle con:

Figura 72: Fiscalización de la SMA.



Fuente: Superintendencia del Medio Ambiente.

<sup>50</sup> SMA. Inicio: ¿Quiénes Somos? - ¿Quién es la SMA?.

El ministerio también ha facilitado una gama de base de datos relacionadas al medio ambiente, donde son publicados mapas, estadísticas e indicadores que permiten conocer y monitorear nuestra situación ambiental para poder mejorar nuestro desempeño. Para ello se crean sistemas de contabilización:

- ✓ **Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire:** Realizan monitoreo diario de la Capa de Ozono, de los Gases de Efecto Invernadero y Meteorología.
- ✓ **Sistema Nacional de Información Ambiental:** Proporciona indicadores en relación al agua, la calidad del aire, la biodiversidad, el cambio climático, el ruido, los suelos, etc.
- ✓ **Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes:** Contiene información sobre las emisiones y transferencias al medio ambiente de sustancias químicas potencialmente dañinas.

Estos son los avances gubernamentales globales relacionados a la conservación medioambiental en Chile. En el sector portuario en particular, se ha ido tomando el ejemplo de propuestas europeas en relación al desarrollo sostenible, y se presentarán los ejemplos a continuación.

#### **4.2.1. Programa Transforma Logística: Eje de Sostenibilidad Ambiental en Logística**

El gobierno de Chile en conjunto con el trabajo de actores académicos, públicos y privados ha creado el Programa Transforma Logística que cuenta con el apoyo monetario de empresas públicas (con un 69%) y privadas (con un 31%).

Consiste en una plataforma que aplique innovadores procesos y tecnologías a la logística nacional, ya que gracias a un transporte eficaz y eficiente de mercancías (por exportaciones e importaciones) se promueve el desarrollo económico.

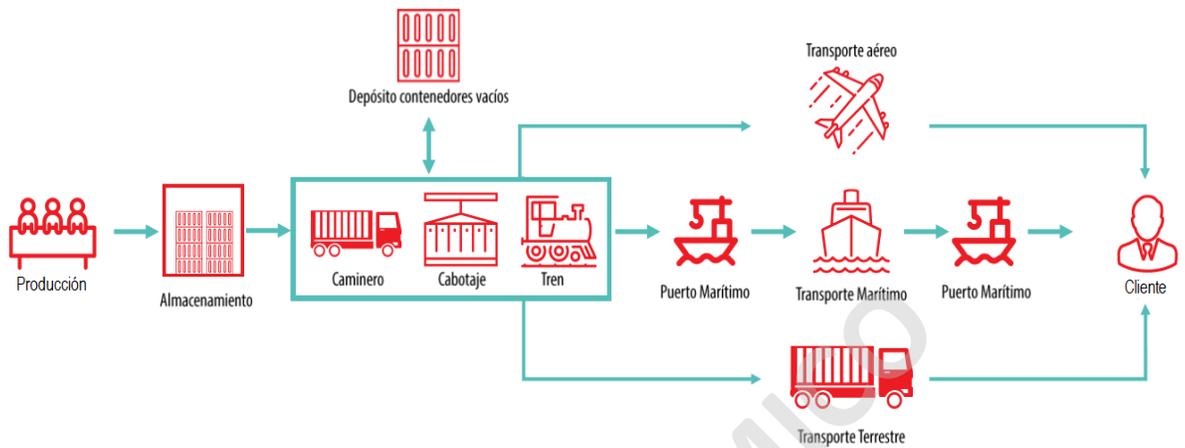
Entenderemos por logística como el proceso de planificación, implementación, control de transporte y almacenamiento de mercancías desde el punto de origen hasta el punto de consumo<sup>51</sup>.

Sus objetivos principales son disminuir los costos logísticos, mejorar la puntualidad y velocidad de transporte, además de poseer un sistema coordinado con trazabilidad y visibilidad de todo tipo de mercancía desde su producción hasta su consumo, promoviendo la gestión inteligente de la infraestructura de puertos, aeropuertos, carreteras, vías ferroviarias, entre otras participes, en beneficio de la competitividad y productividad, incentivando un competente transporte intermodal.

---

<sup>51</sup> LOGISTICS WORLD. Directorio Mundial de Transporte y Logística.

Figura 73: Bosquejo de Transporte de Mercancías.



Fuente: Programa Estratégico Nacional: Logística para Exportaciones Gobierno de Chile. Modificado.

El Programa cuenta con 5 Desafíos Estratégicos, que son la base para la transformación logística en Chile:

Figura 74: 5 Desafíos Estratégicos del PTL.

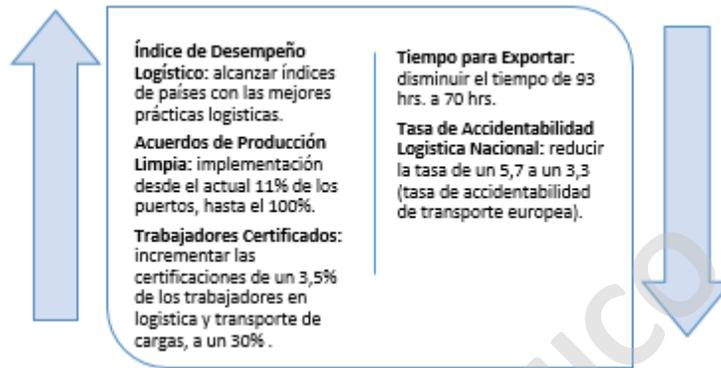


Fuente: Programa Estratégico Nacional: Logística para Exportaciones Gobierno de Chile. Modificado.

Busca la planificación y confiabilidad de las cadenas logísticas, haciendo uso inteligente de las infraestructuras que existen y proporcionando las que faltan. A su vez debe ser respetuoso en el ámbito social y medioambiental. La cadena logística debe actuar como generadora de valor a favor del aumento de las utilidades por exportaciones y poseer una industria de servicios logísticos de alto desempeño a nivel mundial.

## Metas para el 2030:

Figura 75: Metas Programa Transforma Logística para el 2030.



Fuente: Elaboración propia en base a: Programa Estratégico Nacional: Logística para Exportaciones Gobierno de Chile.

## Principales Iniciativas:

- ✓ **Instituto Tecnológico Logístico Nacional:** creación de un instituto que desarrolle, reúna y proporcione información, estándares y nuevas tecnologías que aumente la competitividad y la productividad sustentable de cadenas logísticas.
- ✓ **Información para la Competitividad:** creación de un Observatorio Logístico que forme parte del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, con el objetivo de proporcionar información de carácter público para la actualización de políticas públicas relacionadas.
- ✓ **Capital Humano:** implementación de un Sistema Integrado Formativo-Laboral que forme, capacite y certifique el personal que trabajara en el sector.
- ✓ **Seguridad y Salud Ocupacional:** establecimiento de un programa de salud y seguridad en pos de la disminución de la tasa de accidentabilidad del sector.
- ✓ **Sostenibilidad Ambiental:** creación de un programa de carácter predecible frente a riesgos medioambientales, implementando las medidas necesarias sin afectar la productividad.
- ✓ **Tráfico Inteligente en Transporte Terrestre:** se busca contar con la información en tiempo real del estado de diferentes rutas de transporte terrestre, involucrando el uso inteligente de la infraestructura, la reducción de tiempos de transporte y la seguridad vial.

- ✓ **Logística Sin Papeles:** implementación tecnológica de un sistema de comunicación portuaria (PCS) integrado con Sicex-Chile<sup>52</sup>, que aporte a la reducción de tiempos de transporte por importaciones, exportaciones, por errores de datos o documentos, buscando mejorar la eficiencia logística de todos los puertos.

#### **4.2.2. Acuerdo de Producción Limpia (APL)**

Es un convenio que imparte el Consejo Nacional de Producción Limpia donde participan de manera voluntaria miembros del sector privado productivo en conjunto con organismos públicos. Estos últimos son los encargados de un asesoramiento en función del aumento de la productividad en beneficio del desarrollo de economías de escala que proporcionen ventajas en términos de costos y eficiencia, con propuestas que vayan de la mano con la sustentabilidad, la higiene y seguridad laboral. Proponen medidas para contribuir a la disminución de las emisiones contaminantes, aumentar la eficiencia energética de cada sector productivo, incentivar el óptimo manejo de residuos y una logística inteligente.

Gracias a la incorporación de inversiones privadas cerca de los años 90' en diversos sectores a nivel nacional, la economía se ha visto favorecida. Se produce un incremento en la producción y mayor competitividad. La inversión privada en el sector portuario, por ejemplo, ha potenciado una economía desarrollada beneficiando el comercio y las actividades de transporte, respondiendo mejor frente a las demandas que se presentan, ya que cuentan con inversión para mayor infraestructura. En el sector Transporte cada año se cuenta con mayor infraestructura vial, complementando el transporte de mercancías del sector portuario. Todo esto beneficia el incremento del PIB ya que se produce un aumento en la producción, obteniendo mejores resultados a nivel Latinoamericano con el pasar del tiempo, disminuye la tasa de desempleo, aumenta los ingresos familiares y por ende un crecimiento económico que incrementa el bienestar social.

Sin embargo, la inversión en infraestructura no es el único foco de atención para lograr un desarrollo económico similar al de países desarrollados. El calentamiento global ha tomado fuerte importancia a nivel mundial, y cada año más países se suman a las iniciativas para mitigar el impacto medioambiental que provocamos producto de las actividades industriales que tanto benefician a la economía.

Con el aporte de la inversión privada se ha permitido optimizar el uso de recursos estatales en propuestas que contribuyan al desarrollo sostenible y la producción limpia como plantea este acuerdo. Fortalecen los conceptos de eficiencia energética e hídrica, es decir hacer uso eficiente de los recursos limitados, buscando la reducción del consumo de agua y energía o buscando propuestas

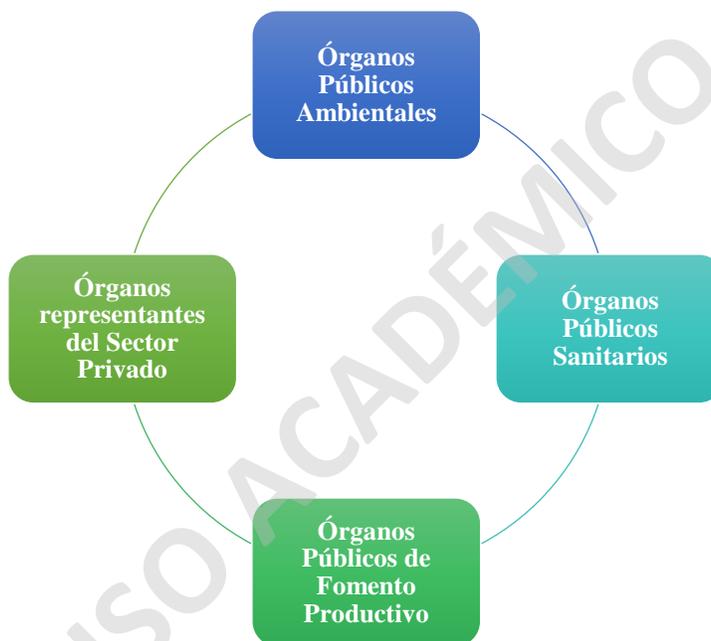
---

<sup>52</sup> Sistema Integrado de Comercio Exterior: Proyecto que pretende proveer los mecanismos necesarios que permitan implantar en Chile un portal único de acceso para tramitar electrónicamente las operaciones de comercio exterior (según: [www.sicexchile.cl](http://www.sicexchile.cl)).

amigables con el medioambiente. Incentivan el eficiente manejo de residuos fomentando el reciclaje, la seguridad laboral y la preocupación por la disminución de los GEI.

Como se menciona anteriormente, debe existir una participación pública/privada con la finalidad de contribuir a la Producción Limpia de Empresas del sector Agrícola, de Transporte, Industrial, de Construcción y Empresarial en General.

Figura 76: Miembros del Consejo de Producción Limpia:



Fuente: Elaboración propia en base a: [http://www.cpl.cl/Acuerdos\(APL\)/](http://www.cpl.cl/Acuerdos(APL)/).

Figura 77: Participantes Públicos y Privados del APL.



Fuente: Elaboración propia en base a: [http://www.cpl.cl/Acuerdos\(APL\)/](http://www.cpl.cl/Acuerdos(APL)/).

Para que una empresa del sector privado obtenga el derecho al uso del sello de APL en sus procesos o productos, deberá realizar los siguientes pasos de manera rigurosa según lo indicado en el Artículo Décimo de la Ley 20.416<sup>53</sup>.

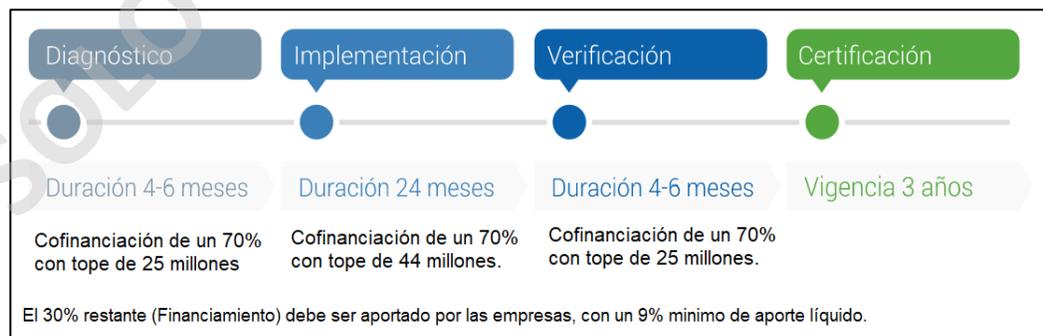
Figura 78: Pasos a seguir para Certificación de APL.



Fuente: Elaboración propia en base a Ley 20.416 - Artículo Décimo, 2010.

El Financiamiento, Cofinanciamiento y Plazo para la implementación de un APL dependerá de cada Etapa.

Figura 79: Cofinanciamiento por Etapas para un APL.



Fuente: <http://puertoarica.cl/index.php/es/apl>.

<sup>53</sup> Ley 20.416 - Artículo Décimo: Acuerdos de Producción Limpia, 2010.

El CPL desde el 2012 realiza un recuento de emisiones GEI desde la aplicación del Acuerdo en busca de la reducción de emisiones contaminantes en un plazo determinado.

En el año 2012 la ONU reconoce al APL como la primera iniciativa en Chile a favor de la Mitigación del Cambio Climático.

### **Casos aplicados a Actividades Portuarias:**

#### **❖ Biobío:**

La Región del Biobío se suma a la iniciativa en el 2011 incorporando a diversas empresas portuarias de la zona dentro de un Acuerdo de Producción Limpia:

- ✓ Empresa Muelles de Penco.
- ✓ Empresa Puerto Lirquén.
- ✓ Empresa Portuaria Talcahuano.
- ✓ San Vicente Terminal Internacional.
- ✓ Puerto de Coronel.
- ✓ Portuaria Cabo Froward.
- ✓ Terminal Oxiquim.

Hasta Julio del 2017 el APL de la Región del Biobío llevaba un 78% de avance en cuando a la implementación de sus metas.

Imagen 46: Puerto Lirquén.



Fuente: <https://www.diarioconcepcion.cl/economia-y-negocios/2017/07/20/acuerdo-de-produccion-limpia-en-puertos-del-bio-bio-lleva-un-78-de-avance.html>.

❖ **Arica:**

El sector portuario y empresas relacionadas de la Región Arica y Parinacota se suman a la iniciativa APL en el año 2014, dentro de ellas:

- ✓ Empresa Portuaria Arica.
- ✓ SOMARCO: Agencia Naviera.
- ✓ Empresa de Transporte Lorenzo Pérez.
- ✓ Terminal Puerto Arica.
- ✓ Astilleros Arica: Empresa encargada de la reparación, mantención y construcción de naves.
- ✓ Narita: Terminal Boliviano en el Puerto de Arica.
- ✓ Logística Integral: Empresa de Servicios Logísticos.

En el 2017 se certifica como la primera empresa portuaria que podrá usar el sello APL con una aprobación del 95%.

Imagen 47: Empresa Portuaria Arica.



Fuente: <http://www.maritimoportuario.cl/mp/apl-puerto-arica-aprueba-nueva-auditoria/>.

## Casos aplicados a Logística Portuaria:

### ❖ Iquique:

En el año 2015 todo el sector Industrial y Logístico del Borde Costero de la Región de Tarapacá busca comenzar su participación en los APL con la participación de:

- ✓ Puerto Patache: Collahuasi.
- ✓ Terminal Marítimo Patache: de Compañía Minera Cordillera.
- ✓ Empresa Portuaria Iquique.
- ✓ Terminal Térmica Tarapacá: ENDESA.
- ✓ Iquique Terminal Internacional.
- ✓ Pesquera CORPESCA.
- ✓ Pesquera Camanchaca.

El grupo se propone como meta la certificación de APL en logística portuaria a fines del 2017.

Imagen 48: Empresa Portuaria Iquique.



Fuente: <http://www.maritimoportuario.cl/mp/licitacion-que-ampliara-puerto-de-iquique-se-hara-el-segundo-semestre/>.

### ❖ Antofagasta:

En el caso del Puerto de Antofagasta, este busca la certificación de un APL orientado a la logística minera-portuaria, característica de esta región el año 2016.

Hasta agosto del 2017 logran un 79% de avance con la participación de:

- ✓ Asociación de Industriales de Antofagasta.
- ✓ Sierra Gorda S.C.M: Minera productora de concentrado de cobre y molibdeno.
- ✓ FCAB: Ferrocarril de Antofagasta a Bolivia.
- ✓ Empresa Portuaria de Antofagasta.
- ✓ Antofagasta Terminal Internacional.
- ✓ Complejo Metalúrgico Alto-Norte.
- ✓ CODELCO.

Imagen 49: Empresa Portuaria Antofagasta.



Fuente: <http://www.maritimoportuario.cl/mp/ati-cumplio-14-anos-de-concesion-en-el-puerto-de-antofagasta/>.

### ❖ San Antonio:

El Puerto de San Antonio también busca sumarse a la iniciativa en el año 2016, comprometiéndose al acercamiento del cumplimiento del 100% de aprobación exigido por el APL tanto en sus actividades portuarias como en la red logística encargada de la distribución de la mayor cantidad de mercancías que son transportadas a lo largo del país.

Claramente un compromiso como este retribuye en gran cantidad a la mitigación contra la contaminación medioambiental y a la reducción de las emisiones, debido a la gran contaminación que deriva un puerto de tales envergaduras, considerándolo como la ubicación más estratégica para un futuro Puerto de Gran Escala.

Imagen 50: Empresa Portuaria San Antonio.



Fuente: <http://www.infraestructurapublica.cl/expansion-de-puerto-san-antonio-alcanza-85-de-avance-y-estaria-listo-en-agosto-de-2017/>.

En todos los casos que deciden unirse al acuerdo, ya sea por actividades portuarias/mineras o para conseguir una eficiente y sostenible logística de transporte, se busca cumplir las siguientes metas<sup>54</sup>:

- 1) Establecer un plan de implementación para el cumplimiento del acuerdo.
- 2) Elaborar programa de vigilancia de calidad del medio marino y planes de emergencia anti-derrames.
- 3) Implementar buenas prácticas de dragado.
- 4) Establecer un sistema de gestión integral de residuos sólidos, promoviendo medidas de valorización.

---

<sup>54</sup> Acuerdo de Producción Limpia - Sector: Puerto Arica, Región Arica y Parinacota. Octubre 2014.

- 5) Establecer un sistema de prevención y control de emisiones atmosféricas, desde y hacia el terminal portuario.
- 6) Reducir el consumo de energía y evaluar la incorporación de un sistema de energía renovable no convencional.
- 7) Reducir los consumos de agua.
- 8) Medir la huella de carbono.
- 9) Establecer e implementar un sistema de prevención de riesgos y enfermedades profesionales, además de buscar la reducción de la tasa de siniestralidad y accidentabilidad.
- 10) Desarrollar actividades de responsabilidad social.
- 11) Establecer e implementar indicadores de sustentabilidad.

#### **4.2.3. Certificación PERS – EcoPorts Puerto Ventanas**

El Puerto Ventanas, ubicado en la V Región del país fue uno de los primeros puertos en ser pioneros en Sostenibilidad a nivel Nacional.

Es el principal puerto privado de la región, ya que posee capacidad para transporte y almacenaje de Concentrado de Cobre, Clinker y Cemento, Ácido Sulfúrico, Carbón de Petróleo, Combustibles, Asfalto y diversos tipos de gráneles sólidos y líquidos que hacen del puerto una de las instalaciones más completas e importantes por el alcance de sus mercancías.

En el 2011 comienza su búsqueda hacia una misión con objetivos que se preocupen por la sustentabilidad medioambiental y social, comprometiéndose con un Acuerdo de Producción Limpia, donde fue clave la participación de todos sus miembros. Gracias a este acuerdo lograron iniciar la medición de su Huella de Carbono a través de la iniciativa de la WPCI en el año 2015, y gracias a ello se pudieron tomar medidas para la reducción de gases contaminantes en sus procesos. En octubre del 2016, gracias a un arduo trabajo por parte del puerto y a la evaluación por Lloyds Register en Holanda, adquieren la Certificación PERS, obteniendo el reconocimiento como el primer Puerto Chileno con el Sello Verde por la ESPO y la AAPA (Asociación Americana de Autoridades Portuarias).

Su principal compromiso al obtener la certificación PERS es con la Sostenibilidad, enfocándose en modernizar la infraestructura que responda a los requerimientos medioambientales, tener clientes satisfechos con un sistema eficiente gracias al aumento de la productividad en sus procesos, al trabajo colaborativo y estratégico de todas sus partes, lo que los potencia a la competitividad y al crecimiento.

Figura 80: Focos Estratégicos Puerto Ventanas.



Fuente: Memoria Anual, Reporte Integrado 2016 - Puerto Ventanas.

La adjudicación de esta certificación tuvo relación con la creación de una Política Interna de Operaciones Sostenibles que permitieron el desarrollo de proyectos como:

❖ **Bodega La Greda:**

La construcción de una bodega para gráneles sólidos con altos estándares de modernización en sus sistemas operativos, facilitaron la recepción, almacenaje y transporte de mercancías, respondiendo de manera positiva frente a las preocupaciones medioambientales, ya que cuentan con un sistema de control de emisiones con captadores de polvo y filtros de alta eficiencia, permitiendo un óptimo control de material particulado.

Cuenta con un diseño que optimiza los espacios, responde frente a la eficiencia energética de sus luminarias y con su nombre busca el reconocimiento a una de las localidades más importantes y vecinas al puerto: “La Greda”.

Imagen 51: Bodega La Greda.



Fuente: Memoria Anual, Reporte Integrado 2016 - Puerto Ventanas.

La instalación cuenta con 3.200 metros cuadrados y con una capacidad de almacenamiento de 46.000 toneladas y fue inaugurada a fines del 2016.

❖ **Nuevo Sistema de embarque para concentrado de cobre:**

Se generó la modernización del sistema de transporte para el concentrado de cobre, con la construcción de 1.100 metros de correas transportadoras tubulares y herméticas, permitiendo el control del material particulado y mejorando los tiempos de transporte.

Imagen 52: Correas Transportadoras para Concentrado de Cobre.

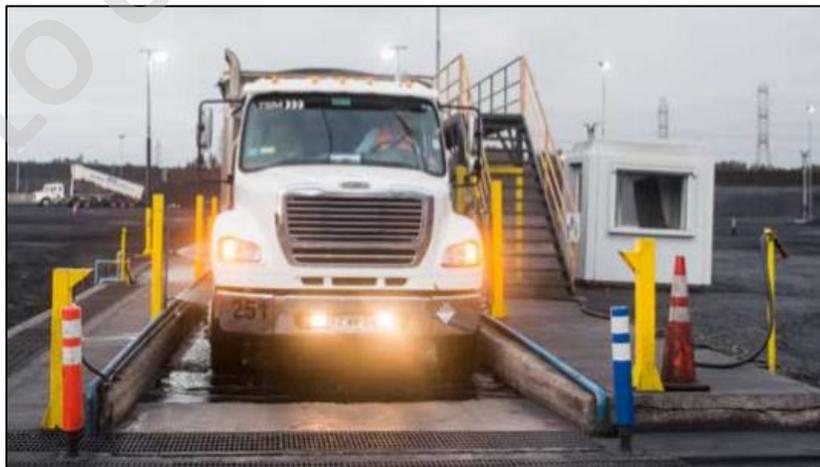


Fuente: Memoria Anual, Reporte Integrado 2016 - Puerto Ventanas.

❖ **Otras aplicaciones:**

Cuentan con un sistema de lavado de neumáticos de camiones, con un ciclo que no tarda más de 20 segundos, con tal de llevar un transporte limpio hacia sus diversos puntos de destino (en relación al material particulado que se libera a lo largo de sus trayectos). Ésta agua no es desperdiciada, ya que al igual que las aguas lluvias (del Terminal Costa), son recolectadas a plantas de tratamiento que permiten deshacerse de residuos sólidos y peligrosos.

Imagen 53: Instalaciones de Lavado de Neumáticos.



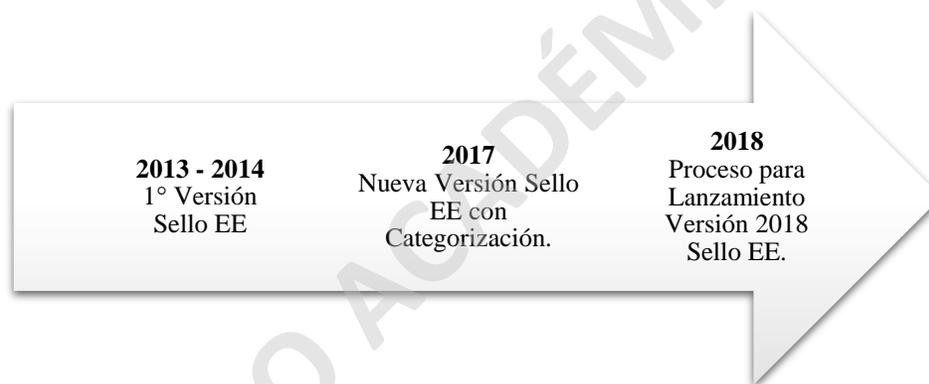
Fuente: Memoria 2017 PVSA.

#### 4.2.4. Sello de Eficiencia Energética

En el año 2013 se lanzó la primera versión del Sello de Eficiencia Energética por parte del Ministerio de Energía en colaboración con la Agencia Chilena de Eficiencia Energética, donde empresas que participan en el rubro productivo del país pueden postular con la finalidad de obtener este reconocimiento, de gestionar su consumo energético (aumentando su rendimiento con un consumo energético menor), de aumentar su competitividad en el mercado y a la vez colaborar con el medioambiente.

En el año 2013 el Terminal Puerto Arica logra la obtención del sello y en el 2014 el Puerto Ventanas se suma a la entrega del reconocimiento, que solo contaba con una cierta cantidad de cupos.

Figura 81: Evolución Sello EE.



Fuente: Elaboración propia en base a: Bases que establecen los requisitos y procedimientos para la realización del llamado de selección, asignación y entrega del Sello de Eficiencia Energética Año 2017. Ministerio de Energía y Agencia Chilena de Eficiencia Energética.

En el 2017 el Ministerio decide lanzar una nueva versión del Sello, donde su cupo pasa a ser ilimitado, es decir, cualquier empresa puede participar a la postulación. Además de ello incluyen 3 categorías, las que se describen a continuación.

Figura 82: Categorización y Requisitos para la Obtención del Sello EE.



Fuente: Elaboración propia en base a: Bases que establecen los requisitos y procedimientos para la realización del llamado de selección, asignación y entrega del Sello de Eficiencia Energética Año 2017. Ministerio de Energía y Agencia Chilena de Eficiencia Energética.

Gracias a este aporte del Ministerio, con las certificaciones del 2017 y las 51 iniciativas que involucraron los requisitos para el Sello de EE, se logró un ahorro de \$17 Millones de Dólares Anuales y una Reducción de las Emisiones de CO<sub>2</sub> de 80 mil toneladas.<sup>55</sup>

A continuación, se describirá el caso del Puerto Ventanas y todo lo que involucró la nueva obtención del Sello EE versión 2017.

<sup>55</sup> Presentación: Sello de Eficiencia Energética 2018 - Ministerio de Energía y Agencia Chilena de Eficiencia Energética.

## **Puerto Ventanas:**

En el 2013 Puerto Ventanas logra obtener la Certificación ISO 50.001 de Sistemas de Gestión Energética gracias a la implementación de una Política y un Plan de Gestión de Eficiencia Energética. Gracias a ello consiguieron una reducción en el gasto energético por operaciones y procedimientos portuarios, mejora en la seguridad del abastecimiento energético, disminución del impacto medioambiental y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero<sup>56</sup>, ya que al manejar eficientemente este recurso indispensable para los procesos portuarios, disminuye el consumo energético abastecido por fuentes convencionales como el combustible, gas o carbón, que se requieren en maquinarias, sistemas de transporte y equipos para la movilización de mercancías.

Los Objetivos 2017 que se plantea el puerto para apoyar su Plan de Eficiencia Energética fueron los siguientes<sup>57</sup>:

- ✓ Detectar continuamente oportunidades de ahorro.
- ✓ Cuantificar los desempeños energéticos con medidores instalados en el sistema de descarga del muelle.
- ✓ Generar actividades que permitan mejorar el desempeño energético respecto a la línea base 2013.
- ✓ Privilegiar tecnologías eficientes energéticamente en proyectos de implementación, modificación o renovación de equipos.
- ✓ Identificar los controles de operaciones aplicables para el ahorro de consumos eléctricos.

Para apoyar estos objetivos el puerto utiliza indicadores de consumo eléctrico y el principal es: **Kwh/Ton movilizada**, de esta manera un comité a cargo realiza seguimientos en busca de llevar un control en función de distribuir de mejor manera la energía.

En la última contabilización al 2017 y gracias a la incorporación de proyectos y sistemas de control implementados, se logró una reducción del 5% de energía utilizada por tonelada transferida.

Cabe destacar que el puerto debió conformar un Departamento de Sustentabilidad con una amplia gama de profesionales, que se hagan cargo de todos los requerimientos, exigencias y seguimientos para cumplir con uno de los objetivos del puerto, ser destacado como un puerto Sustentable, obteniendo todos los reconocimientos que han recibido hasta la actualidad.

---

<sup>56</sup> Memoria 2017 Puerto Ventanas S.A. (pág. 120).

<sup>57</sup> Memoria 2017 Puerto Ventanas S.A. (pág. 122).

En el 2014 obtienen el primer reconocimiento por parte del Ministerio de Energía con el Sello de Eficiencia Energética y en el 2017 con la implementación de 2 proyectos en apoyo a la eficiencia energética, son beneficiados con el otorgamiento del Sello de Eficiencia Energética en su categoría GOLD, además de estar al día con la Norma ISO 50.001 bajo auditorias y verificaciones correspondientes.

Proyectos en Apoyo a la Eficiencia Energética para el Sello EE GOLD:

- ❖ Cambio de Iluminación de Haluro Metálico a LED en terminales portuarios.
- ❖ Instalación de Sistemas de Control Automatizado para el uso de Captadores de Polvo en Bodegas de Almacenamiento de Gráneles Sólidos, concentrado de cobre, principalmente.

#### 4.2.5. Asociados Estatales a WPCI

Los Puertos Chilenos que deciden asociarse a la World Ports Climate Initiative fueron los de: Arica, Mejillones y Valparaíso. Además de los puertos estatales que se suman a la iniciativa, el Puerto Ventanas es el primer Puerto Privado que se incorpora a la propuesta, como se menciona anteriormente.

Figura 83: Asociaciones de Puertos Chilenos a la WPCI.



Fuente: Elaboración Propia.

#### ❖ Puerto Arica:

Al año 2007, EPA adquiere la certificación por la ISO 14.001 de gestión ambiental, buscando implementar mejoras y nuevos procesos en temas relacionados.

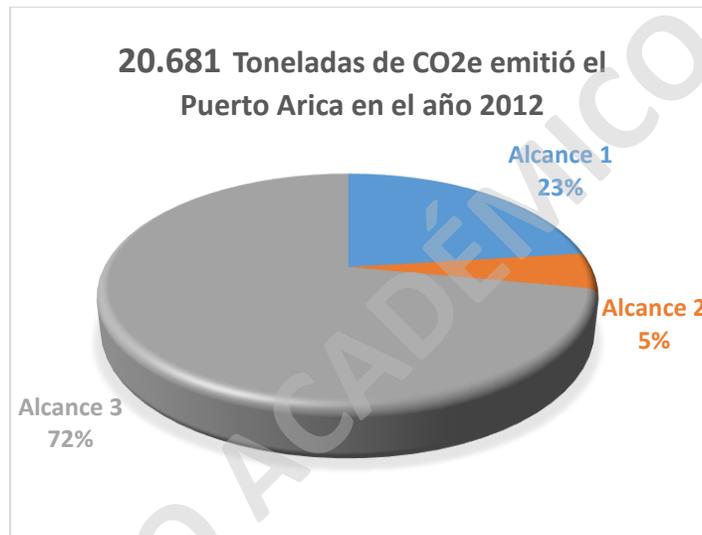
En el año 2011, logró ser el primer puerto estatal en certificar su huella de carbono con la finalidad de llevar un control de los GEI. Han logrado realizar sus reportes de contabilización cada año desde el 2011 bajo los estándares de la WPCI y de Green House Gas Protocol (GHG Protocol), obteniendo como primer logro una disminución del 5% de sus GEI cuando la meta era obtener un 3% de las 21.827 tCO<sub>2</sub>e al año 2012<sup>58</sup>. La disminución de dichos gases se centralizó en los Alcances 1 y 2, por ser los que tienen relación directa con operaciones al interior del puerto. Las de alcance 3 quedan exentas por momento, al ser emisiones emanadas en el

<sup>58</sup> Reporte de Gases de Efecto Invernadero 2012 - Terminal Puerto Arica.

exterior de las instalaciones portuarias. Vale mencionar que hasta la actualizada la EPA se encuentra contabilizando y reportando sus emisiones año a año.

Todo esto fue gracias a la estratégica asociación entre la empresa portuaria y sus concesionarios (terminales), en busca de categorizar al Puerto de Arica como el primer puerto Verde de Chile, confirmando la directa relación entre la incorporación de iniciativas medioambientales con el aumento de la competitividad en el mercado internacional.<sup>59</sup>

Gráfico 10: Emisiones de Gases Efecto Invernadero 2012.



Fuente: Elaboración Propia en base a: Reporte de Gases de Efecto Invernadero 2012 - Terminal Puerto Arica.

Han tomado iniciativas en relación al uso de energías limpias y la gestión de residuos:

- ✓ Manejo de residuos bajo el concepto 3R (reducir, reutilizar y reciclar).
- ✓ Sistema de iluminación con un ahorro energético del 60%, con energía no convencional para la instalación.

Algunas inversiones en infraestructura que el Puerto de Arica decidió tomar en cuenta son:

<sup>59</sup> Puerto Arica - Puerto / Novedades: Ministra de Medio Ambiente destaca a Puerto Arica por medición de Huella de Carbono. Julio 2012.

Imagen 54: Recinto hermético para pre embarque de minerales.



Fuente: <http://puertoarica.cl/index.php/es/puerto-verde>.

Imagen 55: Recinto hermético para acopio prolongado de materiales.



Fuente: <http://puertoarica.cl/index.php/es/puerto-verde>.

Imagen 56: Sellado de áreas de la explanada Norte del Puerto de Arica.



Fuente: <http://puertoarica.cl/index.php/es/puerto-verde>.

### ❖ Puerto Mejillones:

El Puerto de Mejillones comienza sus pasos por el camino de la Sustentabilidad con la obtención de la certificación ISO 14.001 que califica sus sistemas de gestión ambiental dentro de los estándares exigidos internacionalmente.

Posteriormente, en el 2012 deciden realizar la medición de su Huella de Carbono, con tal de tomar medidas que mitiguen el calentamiento global por gases de efecto invernadero. En el mismo año reciben la certificación de su Huella de Carbono gracias a los estándares propuestos por la WPCI, con los que deciden realizar una asociación para obtener su reconocimiento.

El Puerto de Mejillones se ha caracterizado por sus instalaciones para embarque, desembarque y almacenaje de gránulos sólidos y líquidos, principalmente en el transporte de Ácido Sulfúrico y Minerales, mercancías características y potenciales de la región de Antofagasta.

De manera anual realizan y publican sus reportes de Huella de Carbono, y desde el 2012 al 2013 lograron una disminución de un 19% enfocando su disminución de emisiones por Alcance 3 (las más contaminantes).

Tabla 9: Emisiones totales de CO2 2012 vs 2013.

ALCANCE	UNIDAD	2012	2013	VARIACIÓN
I	t CO2e	163	192	18%
II	t CO2e	3.471	3.468	0%
III	t CO2e	9.750	7.213	-26%
<b>Emisiones totales</b>	<b>t CO2e</b>	<b>13.384</b>	<b>10.873</b>	<b>-19%</b>

Fuente: Reporte Huella de Carbono 2013 - Puerto Mejillones.

Sabemos que el tipo de mercancías que transportan requieren un cuidado especial, debido a esto se presentarán algunas medidas en relación a infraestructura que poseen al interior del puerto.

Imagen 57: Bombas con tuberías para despacho y descarga de Ácido Sulfúrico.



Fuente: Reporte Huella de Carbono 2013 - Puerto Mejillones.

Imagen 58: Correas transportadoras para gráneles sólidos.



Fuente: Reporte Huella de Carbono 2013 - Puerto Mejillones.

Imagen 59: 11 Estanques sellados para almacenaje de Ácido Sulfúrico.



Fuente: Reporte Huella de Carbono 2013 - Puerto Mejillones.

#### ❖ **Puerto Valparaíso:**

Este puerto, es clave a nivel nacional debido al tipo de mercancías que movilizan. Principalmente es caracterizado por su gran capacidad para el transporte de contenedores, además de ser la principal puerta de exportación de frutas y vinos chilenos, tan característicos de nuestro país. Así mismo, no debemos dejar de lado sus importaciones, que han permitido un crecimiento del parque automotriz, industrial, tecnológico y de variados alimentos.

Sus inicios en temas de Sustentabilidad comienzan con la obtención de la certificación ISO 14.001. De esta manera lograr ser catalogado como uno de los principales puertos del país que no solo importa y exporta importantes mercancías, sino que también se preocupa por la conservación del medio ambiente.

En el 2013 el Puerto de Valparaíso decide realizar la Medición de su Huella de Carbono con la contabilización de sus emisiones en el 2012, contemplando las emisiones del Edificio Corporativo, Terminal 1, Terminal 2 y de las instalaciones de apoyo logístico de ZEAL, según los protocolos establecidos por GHG Protocol y la WPCI. En el 2014 obtienen la verificación y certificación de su Huella y con ello comienzan un estratégico programa con el fin de desarrollar planes que vayan de la mano con la reducción de gases de efecto invernadero.

El Puerto de Valparaíso no publica Reportes de Huella de Carbono donde se incorporen todas las empresas concesionarias, sin embargo, el Terminal Pacifico Sur (Terminal 1), ha sido el único en publicar su reporte y sus resultados, de tal manera de transparentar las disminuciones de GEI, desde el 2012.

Tabla 10: Resultado Total 2013 vs 2012.

Unidad	CO2e (TON)		
Año	2012	2013	12vs13
Alcance I	8,282	8,590	4%
Alcance II	6,846	6,713	-2%
Alcance III	33,975	29,140	-14%
<b>TOTAL</b>	<b>49,104</b>	<b>44,442</b>	<b>-9%</b>

Fuente: Huella de Carbono 2013 - Terminal Pacífico Sur Valparaíso.

En la figura anterior podemos apreciar que su principal disminución de GEI fueron en las de Alcance III, obteniendo un 9% de reducción general entre el 2012 y el 2013.

#### 4.2.6. Reportes de Sostenibilidad

En esta sección del Capítulo 5, detallaremos los Reportes de Sostenibilidad que han publicado los Puertos de Valparaíso, Antofagasta y San Antonio, caracterizados por su gran complejidad a nivel nacional, involucrando las diversas gamas de mercancías que se presentan en el comercio internacional.

En estos reportes se busca interiorizar a la comunidad sobre la historia de cada empresa, sobre su orientación en relación al tipo de mercancías que transportan, la caracterización de su sistema logístico, buscan transparentar las cifras de transferencia de cargas año a año, además de hacer pública su misión como empresa, su visión y objetivos planteados.

Como su título lo dice, estos reportes interiorizan en temas de mitigación medioambiental, relación puerto-ciudad y competitividad, para la conformación de Planes Estratégicos, que aporten al cumplimiento de sus propias Políticas Sostenibles, es por eso que estudiaremos sus avances caso a caso.

## **Puerto Valparaíso:**

Su primer reporte fue en el 2013, desde esa fecha los han realizado anualmente con el objetivo de evidenciar los beneficios que contrae este tipo de enfoque.

Imagen 60: Puerto Valparaíso.



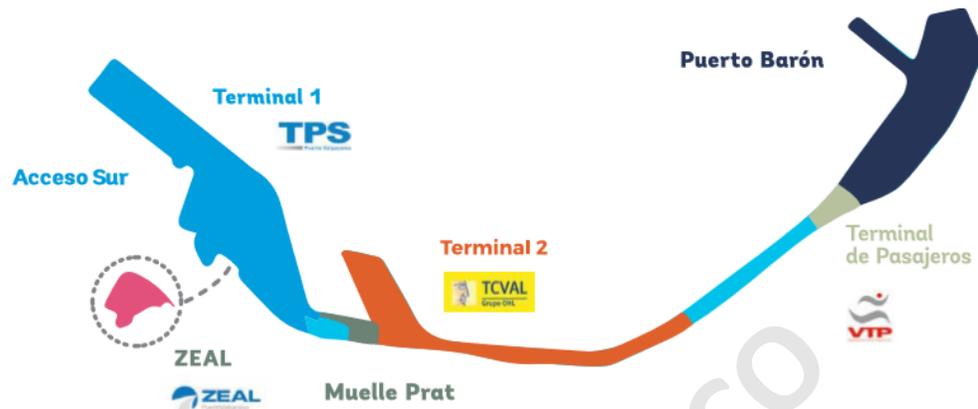
Fuente: <http://www.plataformaurbana.cl/archive/2015/07/28/opinion-valparaiso-t2-avance-o-retroceso/>.

### **❖ Modelo Logístico**

Se caracterizan por su principal participación en la transferencia de carga contenedora, que es distribuida desde la IV Región de Coquimbo hasta la VII Región del Maule.

Este puerto cuenta con 2 terminales de carga: Terminal Pacífico Sur (TPS) y el Terminal Cerros de Valparaíso (TCVAL), un Terminal de Pasajeros (VTP), la zona de control logístico ZEAL (Zona de Extensión y Apoyo Logístico) que gracias al Sistema SILOGPORT se lleva a cabo un eficiente control de las mercancías que entran y salen del puerto. Además de las instalaciones mencionadas, cuentan con la ruta “La Pólvara” o “Ruta ZEAL” que une las instalaciones ZEAL con los terminales de carga del Puerto de Valparaíso.

Figura 84: Estructura Puerto Valparaíso.



Fuente: Reporte de Sostenibilidad 2016 - Empresa Portuaria Valparaíso.

### ❖ Política de Sostenibilidad

En su Política 2015, la EPV busca ser líder en Desarrollo Portuario Sostenible con compromiso en 5 enfoques:

- **Competitividad:** Para lograr ser una empresa competitiva en su sistema portuario y comercio exterior, se compromete a llevar una cadena logística completa y eficiente con exportadores e importadores.
- **Rentabilidad:** Para ser una empresa permanente con desarrollo en el tiempo se compromete a la realización de negociaciones que faciliten buenos recursos para nuevos proyectos.
- **Ambiente Laboral:** Para el desarrollo del objetivo del puerto, el mismo se compromete a llevar un ambiente grato para sus trabajadores, preocupándose por su desarrollo personal y profesional, con el objetivo de mantener un equipo comprometido, satisfecho y orgulloso de ser parte del Puerto de Valparaíso.
- **Comunidad:** La empresa se compromete a llevar directa relación con las autoridades locales de la ciudad, de tal manera de que cada proyecto nuevo o actividad portuaria se lleve a cabo de manera armónica para la sociedad, cuidando todo patrimonio histórico local.
- **Medioambiente:** El puerto se compromete a promover el uso de energías limpias en beneficio del uso eficiente de recursos naturales, como respuesta al impacto que generan las actividades portuarias. Se compromete también a promover el cuidado del medioambiente al interior del puerto y a su comunidad.

### ❖ Plan Estratégico de Sostenibilidad

El Puerto de Valparaíso crea su Plan Estratégico de Sostenibilidad 2016 - 2020. Se enfoca en la proposición de Objetivos, Metas y Acciones para el Desarrollo Sostenible, con enfoque Institucional, Social, Medioambiental y Económico.

Resumiendo, parte de sus acciones, el Puerto de Valparaíso decide plantearse las siguientes acciones en función de sus metas:

- La implementación de un Departamento de Sostenibilidad con personal capacitado.
- Publicación de Reportes de Sostenibilidad Anuales.
- Generación y Aplicación de Indicadores de Gestión Económica.
- Generación e Implementación de un Plan de Gestión Económico Anual.
- Creación y aplicación del Plan de Sostenibilidad del Puerto.
- Mantener la Certificación OHSAS 18.000 de Seguridad y Salud Ocupacional.
- Elaborar Planes y Programas para el Bienestar Laboral.
- Mantener directa relación con Autoridades Locales.
- Creación de Mesas de Trabajo con la Comunidad.
- Elaboración y Seguimiento de Proyectos que formen parte de Acuerdos Ciudad-Puerto.
- Medición de Huella de Carbono y publicación de Reportes.
- Medición de Contaminación Acústica y Planes para su disminución.
- Medición de Huella Hídrica y Planes para su mejora.
- Medición de Niveles de O<sub>2</sub> en el agua y Planes para su mejora.
- Actualización de Informe de Flora y Fauna Marina.

### ❖ Indicadores Medioambientales - Reporte de Sostenibilidad 2016

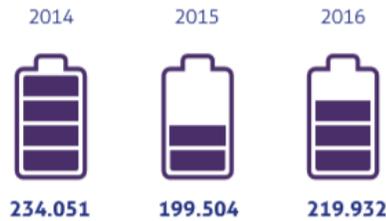
Además de lo mencionado y de la publicación de las actividades que se desarrollan para la comunidad, dentro del Reporte de Sostenibilidad, el Puerto de Valparaíso hace público los resultados de su transferencia histórica y de sus indicadores medioambientales, facilitando el estudio de su comportamiento.

Tabla 11: Transferencia Histórica.

INDICADOR	UNI	2014	2015	2016
Total Carga General	Ton	11.080.861	10.340.584	10.188.893
Carga Contenedorizada	Ton	9.302.439	8.366.520	8.466.721

Fuente: Elaboración propia en base a: Reporte de Sostenibilidad 2016 - Empresa Portuaria Valparaíso.

Figura 85: Consumo Eléctrico Oficinas Administrativas EPV (Kwh).



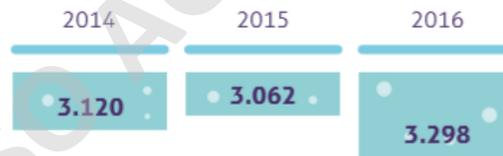
Fuente: Reporte de Sostenibilidad 2016 - Empresa Portuaria Valparaíso.

Figura 86: Emisiones de GEI de Alcance 1 y 2 (tCO2e).



Fuente: Reporte de Sostenibilidad 2016 - Empresa Portuaria Valparaíso.

Figura 87: Consumo de Agua Potable y Doméstico (m3),



Fuente: Reporte de Sostenibilidad 2016 - Empresa Portuaria Valparaíso.

Figura 88: Consumo de Combustible (m3).



Fuente: Reporte de Sostenibilidad 2016 - Empresa Portuaria Valparaíso.

El Reporte arroja que en relación al año 2015, el total de carga transferida disminuyó en un 1,5% al 2016, lo que explica la mínima disminución de consumo de combustible. A su vez, esto debería desencadenar en una disminución de emisiones de CO<sub>2</sub> por fuentes móviles, cosa que no ocurre. El incremento del consumo de agua potable, las emisiones GEI provenientes de fuentes fijas y el consumo eléctrico de las oficinas, tampoco se justifica con la tendencia del tonelaje en los últimos años.

## **Puerto Antofagasta:**

Su primer Reporte fue en el año 2012, desde entonces se han publicado anualmente.

Imagen 61: Puerto Antofagasta.



Fuente: <http://www.maritimoportuario.cl/mp/ati-cumplio-14-anos-de-concesion-en-el-puerto-de-antofagasta/>.

### ❖ **Modelo Logístico**

El Puerto de Antofagasta se caracteriza por su participación en el transporte de Mercancías Mineras a granel, del comercio boliviano por su tratado de libre tránsito y de carga contenedora.

Cuentan con las siguientes instalaciones: Antofagasta Terminal Internacional (ATI) para el transporte y almacenamiento de gráneles sólidos minerales, Terminal Multi-Operado (TMO), Antepuerto Portezuelo que gracias a líneas férreas permiten el movimiento de cargas bolivianas y la Zona de Desarrollo Logístico “La Negra”, infraestructura que responde a mayores demandas para almacenamiento de cargas, acondicionando el transporte y la distribución de mercancías con un control y gestión eficiente.

### ❖ **Política de Sostenibilidad**

Con su política busca comprometerse en 4 ámbitos:

- **Bienestar Laboral:** El puerto busca el desarrollo personal y profesional de sus trabajadores, además de la sindicalización del mayor porcentaje de trabajadores con tal de mantenerlos en condiciones satisfactorias y dignas.

- **Desarrollo Local:** La empresa portuaria se compromete a contribuir a la localidad donde se ubica, agregando valor, potenciándolo y mejorando la calidad de vida, con la directa relación entre las partes interesadas.
- **Protección del Medioambiente:** Mantienen un compromiso con el uso eficiente de los recursos y la mitigación de impactos ambientales bajo acciones determinantes.
- **Innovación:** Permanecer vigente es otro compromiso, mantener la empresa portuaria actualizada en cuanto a tecnologías, procesos y servicios de calidad que destaquen su participación en la comercialización internacional.

#### ❖ **Plan Estratégico de Sostenibilidad**

Los enfoques de sus acciones están centralizados en: El Desarrollo Económico, el Ambiente Laboral, la Preocupación por el Medioambiente, en las Relaciones Colaborativas y en temas Comunitarios. Y para ello proponen las siguientes medidas desde el 2016:

- Obtención de financiamiento para Inversiones Estratégicas en Infraestructura e Implementación para APL (2017 - 2021).
- Sindicalización en gran porcentaje del personal.
- Otorgamiento de seguros colectivos, bonos y becas para el personal.
- Adquisición de 220 de Contenedores Volteables Herméticos para gráneles sólidos.
- Monitoreo de la Biodiversidad Costera y Marina.
- Mantenimiento para la reutilización de aguas servidas para Antepuerto Portezuelo.
- Implementación de Reciclaje de Papel Blanco.
- Conversión de la mayor parte del alumbrado a luces LED.
- Pavimentación en Áreas de Acopio en Portezuelo para minimizar polución de material particulado.
- Construcción de 5.000 m<sup>2</sup> de Pantallas Tecnológicas para la Contención de Polvo.
- Instalación de Sistema de Monitoreo de la Calidad del aire en Antepuerto Portezuelo.
- Implementación de Sistemas de Aspirado Industrial.
- Plantación de Áreas Verdes.
- Mantención del Acuerdo de Producción Limpia Logístico Minero.
- Mantención de la Comunicación Directa con Proveedores.
- Mantención del Sello Pro Pyme con pagos responsables a proveedores y colaboradores.
- Materialización de diversas acciones, en el ámbito cultural, en el desarrollo del patrimonio histórico, de índole urbana y espacial, de recreación, deportivas, de empleo y de formación para la comunidad.

### ❖ Indicadores Medioambientales - Reporte de Sostenibilidad 2016

A continuación, se presentará el desempeño en términos económicos y medioambientales, obtenidos con el transcurso de los últimos años el Puerto de Antofagasta.

Tabla 12: Cifras Económicas.

CIFRAS ECONOMICAS				
INDICADOR	BASE DE CALCULO	2014	2015	2016
Ingresos de Actividades Ordinarias	MS	12.538.244	13.434.436	13.291.927
Gastos por Beneficio a los empleados	MS	877.601	1.042.618	1.155.060
Ingresos Financieros	MMS	471.508	460.138	338.571
Financiamiento según Presupuesto Anual	MMS	0	0	1.650
Inversión Ambiental	MMS	200	1.514	2.493
Inversión en Capacitación por franquicia SENCE	MS	758	897	170
Toneladas Transferidas	Miles de Toneladas	2.466	2.306	2.743

Fuente: Reporte de Sostenibilidad 2016 - Empresa Portuaria Antofagasta.

Tabla 13: Evolución de Indicadores Medioambientales.

CIFRAS AMBIENTALES				
INDICADOR	BASE DE CALCULO	2014	2015	2016
Materiales Utilizados				
Pavimento Asfalto	M <sup>2</sup>	6.500	20.000	20.000
Pintura de marcación	ML	516	1.000	1.000
Tierra de Hoja	M <sup>3</sup>	180	350	350
Árboles		100	1.500	1.200
Consumo Total de Combustible (petróleo)	litros	26.715	32.316	24.097
Consumo Total de Energía Eléctrica	Kilowats/hora	494.550	438.191	530.950
Consumo Total de Gas Licuado	Kg/año	1.700	1.800	1.850
Consumo Total de Agua	M <sup>3</sup>	40.617	48.627	49.800
Volumen total de captación de agua	M <sup>3</sup>	28.617	36.627	37.801
Consumo total agua reutilizada (industrial)	M <sup>3</sup>	12.000	12.000	12.000
Residuos Domésticos Generados	ton	0	0	0
Residuos Peligrosos Generados				
Tubos fluorescentes y ampolletas	unidades	0	40	70
Catrich de impresoras	tambor 200 lbs.	0	1	2
Incidentes con Impacto Ambiental	Nº derrames	0	0	0
Proveedores Ambientalmente Evaluados	Nº de proveedores	0	0	40
Reclamos Ambientales Formales	Nº de reclamos	0	0	0

Fuente: Reporte de Sostenibilidad 2016 - Empresa Portuaria Antofagasta.

Del Reporte, podemos destacar que el Tonelaje de Carga Transferida ha ido aumentando desde 2.466 miles de toneladas en el 2014, a 2.743 miles de toneladas en el 2016, por lo que se puede explicar el aumento en el consumo energético que se presentó en la Tabla 13 de Indicadores Medioambientales. Asimismo, pasa con el consumo de Gas Licuado y de Agua, pero el incremento se justifica con el aumento del tonelaje, que por supuesto, involucro más horas de trabajo en cuanto a personal y recursos para su desempeño, más uso de maquinarias y mayor área de trabajo (ampliación de pavimento asfáltico) para suplir la demanda. En lo positivo se encuentra una reducción del consumo de petróleo, lo que genera menos contaminación por gases GEI.

### **Puerto San Antonio:**

En el año 2015, se publicó el primer Reporte de Sostenibilidad de este puerto y cada año se realiza un Reporte de Sostenibilidad donde se habla de temas relevantes al ámbito, lo que permitirá esbozar sus avances en cuanto a seguridad laboral, relación puerto-ciudad, medioambiente y económico.

Imagen 62: Puerto San Antonio.



Fuente: <http://www.maritimoportuario.cl/mp/puerto-san-antonio-realiza-analisis-de-la-cadena-logistica-con-steer-davies-gleave-chile-y-la-fundacion-valenciaport/>.

### **❖ Modelo Logístico**

Es el principal puerto de Chile y lideran la lista de puertos en cuanto a tonelaje de cargas transferidas, lo que hace necesaria la implementación de políticas portuarias por la gran participación del transporte terrestre y de personal operativo.

Sus instalaciones cuentan con los siguientes terminales: San Antonio Terminal Internacional (STI) el terminal más moderno y eficiente de Sudamérica especializado en el transporte de contenedores, el Terminal Puerto Central (PCE), Terminal Puerto Panul especial para la movilización de gráneles sólidos y el Terminal del Sitio 9 administrado por EPSA<sup>60</sup> para gráneles líquidos.

Imagen 63: Estructura Puerto San Antonio.



Fuente: [http://www.sanantonioport.cc.cl/html/sist\\_portuario/puerto.php](http://www.sanantonioport.cc.cl/html/sist_portuario/puerto.php).

#### ❖ Política Sostenible

Su política busca el compromiso en 6 enfoques:

- **Desarrollo local:** Se compromete a aportar en beneficio de la calidad de vida de la comunidad, mediante relaciones directas.
- **Aspectos Normativos:** Buscan mantenerse vigentes en cuanto a certificaciones y normativas que caractericen al puerto de manera positiva.
- **Producción Limpia:** Poner en acción prácticas de eficiencia energética, tratamientos en beneficio del medioambiente, optimo manejo de residuos industriales e incorporación de tecnologías que disminuyan los GEI.
- **Bienestar Laboral:** Compromiso con sus trabajadores brindando un ambiente laboral grato y seguro.
- **Innovación:** Estar vigente en cuanto a iniciativas nuevas que potencien la modernización, desarrollo y competitividad.

<sup>60</sup> Empresa Portuaria San Antonio - Chile.

- **Gobierno Corporativo:** La empresa se compromete a la implementación de planes y acciones de trabajo eficientes y adecuados que agreguen valor a la empresa de manera transparente.

#### ❖ **Plan Estratégico Sostenible**

En esta sección el Puerto de San Antonio ha puesto principal enfoque en la Seguridad Laboral, el Desarrollo del Puerto con enfoque al Negocio Logístico, la Relación Puerto-Ciudad y el ingreso del Proyecto Gran Escala.

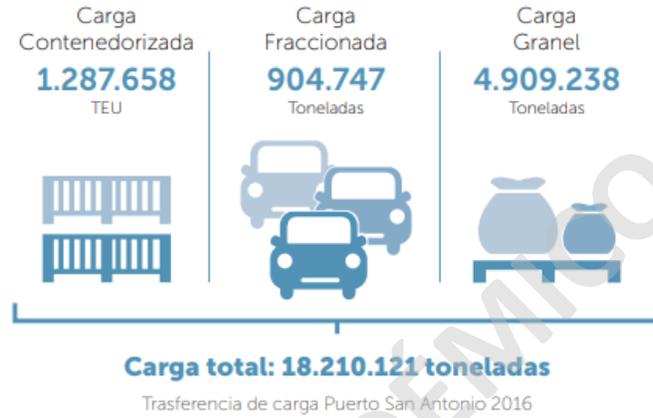
Algunas de las acciones que se tomaron para el cumplimiento de su Plan Estratégico en el 2016 fueron:

- Directas relaciones entre el puerto y sus sindicatos.
- Disminución de la Tasa de Accidentabilidad por debajo del promedio industrial, gracias a la incorporación de programas de seguridad laboral.
- Donación de aportes monetarios para el desarrollo de la Cultura Local.
- Donación de aportes monetarios para el Deporte.
- Donación de aportes monetarios para la Educación.
- Participación en Conferencias Universitarias.
- Realizar aportes a la limpieza y seguridad del Paseo Ballemar.
- Implementación de programas veterinarios para animales abandonados.
- Termino al proceso de Dragado en Poza Común del Puerto.
- Proyecto de Expansión del Terminal Puerto Central.
- Proyecto de Extensión de San Antonio Terminal Internacional.
- Mejoramiento infraestructura ferroviaria Patio Barrancas.
- Trabajo Directo entre el Puerto y el Municipio para el beneficio Arquitectónico del Borde Costero.
- Firmar el Acuerdo de Producción Limpia de la Comunidad Logística del Puerto.
- Mantención de Sello Pro Pyme.
- Avances y Seguimiento en cuando a la Ingeniería Básica, Accesibilidad Vial, Ferroviaria y Aspectos Ambientales del futuro Puerto Gran Escala.

En relación a los indicadores medioambientales de la Empresa Portuaria San Antonio no se puede profundizar, ya que su enfoque principal está en el Desarrollo Portuario, en la Eficiencia de sus Operaciones, en su Capacidad y en sus Negociaciones, además de su interés en la etapa de diseño del Puerto Gran Escala y todos sus requerimientos.

La tarea principal es mantener su primer lugar como líder portuario, transfiriendo la mayor cantidad de cargas que se movilizan en el país.

Figura 89: Transferencia de Cargas EPSA 2016.



Fuente: Reporte Gestión Año 2016 - Puerto San Antonio.

SOLO USO ACADÉMICO

## **CAPÍTULO 5: SOSTENIBILIDAD EN EL DISEÑO Y EN LA CONSTRUCCIÓN**

Si bien, ya investigamos todo lo relacionado a operaciones portuarias sustentables y todo lo que se ha avanzado a nivel internacional del mundo desarrollado, el último punto faltante está focalizado en la planificación y la construcción de un puerto, de tal manera de hacer obras portuarias con carácter responsable frente a los problemas medioambientales, sociales y a la vez, que este tipo de proyectos sean viables económicamente, vale decir que se obtengan beneficios monetarios a corto, mediano o largo plazo, tomando como ejemplo construcciones evolucionadas en temas de sustentabilidad.

### **5.1. DISEÑO PORTUARIO**

En la etapa de diseño debemos considerar el tipo de materiales, elementos y tecnologías con las cuales se trabajará, buscando siempre el menor consumo energético, las menores emisiones contaminantes y un reducido consumo de agua. Además, debemos tener en cuenta, que este tipo de obras (portuarias) siempre están en constante modificación y crecimiento según las necesidades del mercado, por lo que debemos planificar obras predispuestas a ampliaciones.

La industria de la construcción es de los sectores más grandes, tanto de la economía chilena, como de la internacional. Sin embargo, es uno de los que ha tenido menor participación en los esfuerzos de conservación y desarrollo sustentable. Esta tendencia es especialmente perturbadora si consideramos que la industria de la construcción consume enormes reservas de recursos primarios y energía, además de generar grandes cantidades de contaminación y material de desecho<sup>61</sup>, aún más si hablamos de la planificación y construcción de puertos.

Según la Profesora Patricia Martínez de la Escuela de Construcción de la Universidad de Valparaíso, candidata al Doctorado en Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Católica, existen tres pilares fundamentales para el Desarrollo Sustentable de la Industria de la Construcción y se representan en la siguiente figura.

---

<sup>61</sup> MARTINEZ, P. Rol de la Industria de la Construcción en el Desarrollo Sustentable. Revista Ambiente y Desarrollo de CIPMA, 2003.

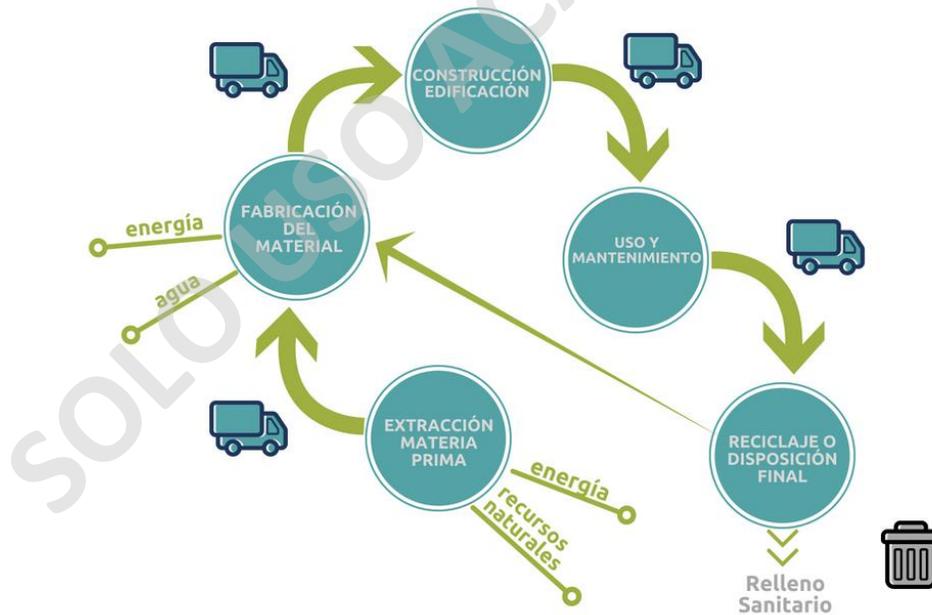
Figura 90: Enfoques para un Desarrollo Sustentable en la Construcción.



Fuente: Elaboración propia en base a: MARTINEZ, P. Rol de la Industria de la Construcción en el Desarrollo Sustentable. Revista Ambiente y Desarrollo de CIPMA, 2003.

Al aumentar la durabilidad de las construcciones, aumentamos la vida útil de las estructuras, lo que interviene positivamente en el Ciclo de Vida de los Puertos. Si a ello le sumamos el uso de residuos o elementos reciclados, no solo obtenemos ahorros energéticos, sino también una disminución de emisiones contaminantes, de desechos por demolición y de agotamiento de recursos naturales.

Figura 91: Ciclo de Vida de una Construcción.



Fuente: Elaboración Propia.

### **5.1.1. Emplazamiento**

Por lo general los puertos nuevos deberían estar en zonas industriales, en el caso de industrias exportadoras disminuye el traslado de las mercancías, en el caso de las industrias participes de la construcción, dependiendo la disponibilidad, facilita el uso de materiales locales, en el caso de industrias energéticas beneficia la adaptabilidad al suministro de energía en tierra para buques internacionales, el uso de trenes para el transporte de mercancías, además de proporcionar la energía necesaria en puertos de gran escala o con gran consumo energético. Además de liberar las ciudades de la contaminación por material particulado, de la contaminación acústica, atmosférica, hídrica y de la congestión vehicular.

Si bien, el ideal sería lo mencionado anteriormente, hay que adaptarse a la realidad, y es que los principales puertos de Chile, y donde a futuro se construirá el Puerto Gran Escala, están emplazados en zonas altamente residenciales. Por este motivo, debemos minimizar y contrarrestar todo riesgo o aspecto negativo que traiga la construcción de puertos y sus operaciones.

Para evaluar el impacto por la construcción o ampliación de un puerto, el Servicio de Evaluación Ambiental del Gobierno de Chile, en la etapa de planificación revisa el Estudio de Impacto Ambiental. Este permite determinar los efectos negativos y positivos, medioambientales y sociales. En el caso de haber impacto negativo, el proyecto debe hacerse cargo e implementar en su programa medidas de mitigación, reparación y/o compensación en todo ámbito. Al llegar a una resolución se logra la obtención de la calificación del proyecto, junto con la acreditación del cumplimiento de las normativas ambientales y las autorizaciones para poder ejecutar la obra.

### **5.1.2. Materiales**

Las materias primas de los materiales a utilizar deben ser lo más asequible localmente, solo así, podremos obtener un material con menor Huella de Carbono, gracias a la disminución de emisiones GEI por transporte del material al lugar de construcción, entendiendo que el transporte es una de las principales fuentes contaminantes.

Se debe privilegiar la conservación de los recursos naturales, utilizando materiales de reciclado y desechos industriales de la zona donde se emplazará el proyecto, de esta manera se aprovechan al doble los recursos energéticos e hídricos invertidos en materiales reciclados, al ser usados nuevamente. Al hacer uso de desechos industriales liberamos a empresas industriales y rellenos sanitarios de la acumulación de desechos que dañan los suelos naturales, el aire y la biodiversidad.

### **Hormigones Sustentables:**

El hormigón es el material de construcción más usado a nivel mundial con 25 billones de toneladas al año. El mismo escenario se vive en Chile, donde el 80% de las construcciones son hechas con este elemento<sup>62</sup>. Casualmente, es uno de los más utilizados en obras portuarias (junto con material pétreo para la confección de muelles), debido a su buen comportamiento frente a la acción del mar, a los esfuerzos que deben ser sometidos los atracaderos y diques artificiales conformados por elementos prefabricados de hormigón.

Si profundizamos en el tema, el cemento (material utilizado para la preparación del hormigón) es responsable del 5% al 7% del total de las emisiones de CO<sub>2</sub> en el mundo, según la 05 Beauchef Magazine de la Universidad de Chile, hecho que respaldaría cualquier expectativa negativa en cuanto a la sustentabilidad del hormigón. Sin embargo, se realizó un estudio apoyado por el Massachusetts Institute of Technology de Estados Unidos, que analiza el Ciclo de Vida de viviendas de hormigón y de madera en dos ciudades de diferentes características climáticas (Chicago y Phoenix), durante 60 años. La investigación dio como resultado que, a largo plazo, las emisiones totales de las casas de hormigón son: Un 5% en Chicago y un 8% en Phoenix, menores que el sistema en base a madera.<sup>63</sup>

Según el subdirector del IDIEM, Eduardo Sanhueza, “es importante observar la sustentabilidad de los materiales de construcción con un enfoque de ciclo de vida, es decir, no solo analizar su etapa de producción, sino su ciclo completo, de principio a fin. Con esta óptica te das cuenta de que algunos productos como el hormigón -a largo plazo- sí son sustentables, incluso más que otros materiales que podrían considerarse ecológicos en una primera instancia, pero que al analizarlos en su vida útil pueden contaminar más”.

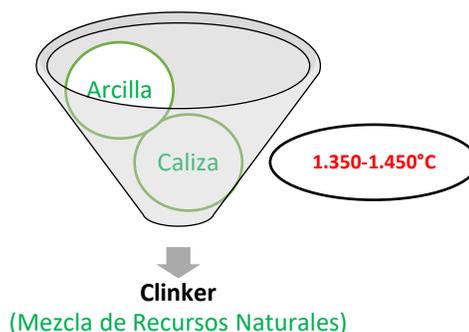
Cabe destacar que el cemento utilizado a nivel mundial, es el que está compuesto por Clinker, yeso y adiciones.

---

<sup>62</sup> DÁVALOS, A. Una nueva mirada a los materiales de Construcción. Chile y el Carbono - La Mitigación para un Desarrollo Sostenible. REVISTA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE, 2013.

<sup>63</sup> DÁVALOS, A. Una nueva mirada a los materiales de Construcción. Chile y el Carbono - La Mitigación para un Desarrollo Sostenible. REVISTA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE, 2013.

Figura 92: Fabricación del Clinker.



Fuente: Elaboración Propia.

Se calcina la caliza con la arcilla, ambos recursos no renovables a altas temperaturas, para luego ser ingresado a una molienda junto con el yeso y las adiciones correspondientes según el tipo de cemento que se requiera.

Chile en ese sentido, ha sido uno de los países que más ha avanzado al hablar de Hormigones Sustentables, ya que incorporó el uso de Cementos Puzolánicos de origen natural y artificial. Las adiciones naturales provienen de rocas volcánicas, material renovable debido a la actividad volcánica que caracteriza al país. La Puzolana artificial se fabrica con cenizas volantes, residuos sólidos como producto del uso de carbón en termoeléctricas. Este hecho no solo permite una disminución del uso de Clinker, si no también proporciona beneficios en la durabilidad del material, construyendo infraestructuras con larga vida útil.

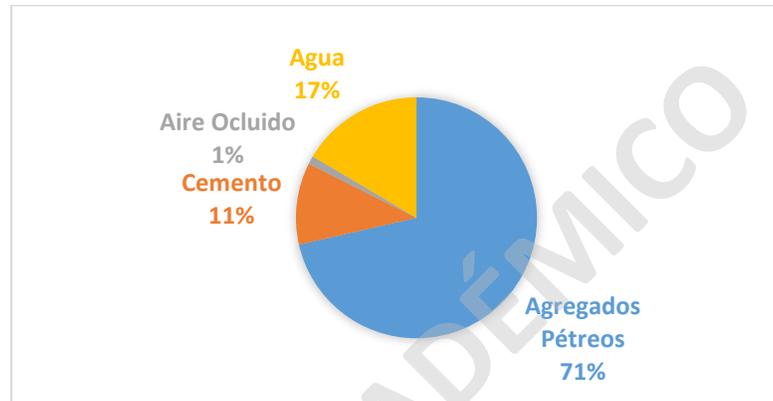
Las termoeléctricas son las que poseen mayor capacidad en potencia, más que las hidroeléctricas, las plantas eólicas, las fotovoltaicas y las geotérmicas. El 37% de las empresas termoeléctricas en Chile funcionan en base a carbón. Afortunadamente, se hace factible el uso de este residuo en la industria de la construcción, tomando responsabilidad de los desechos nocivos que se liberan al medioambiente y además como producto de su uso, se sobrepasan los requerimientos normativos, pudiendo rescatar que este tipo de cemento es beneficioso desde el punto de vista económico, social y medioambiental, ya que se reemplaza el uso de recursos naturales no renovables por otros de carácter “renovable” o por “desechos industriales” disponibles, que no deben ser procesados de la misma forma para su uso en la composición del cemento. Asimismo, libera la atmosfera y la biodiversidad de material particulado, aumenta la durabilidad de las estructuras, reduce el proceso de fabricación, el consumo energético y las emisiones por su producción.

Se ha alcanzado un avance sin duda, con lo mencionado anteriormente. No obstante, aún falta interiorizar todas las industrias en materias sustentables a lo largo del país, promoviendo la producción consiente de materiales, con la participación constante de las autoridades gubernamentales, incentivando este tipo

de prácticas que al fin y al cabo aportarán al desempeño nacional en el Acuerdo de París del 2015.

El tiempo trae consigo nuevas complicaciones y a ello agregamos la explotación de áridos producto de la fabricación del hormigón, generando la erosión y la pérdida de suelos naturales. El 71% del volumen del hormigón proviene de agregados pétreos, principalmente el ripio, la arena y la grava.

Gráfico 11: Composición Volumétrica del Hormigón.



Fuente: Elaboración propia en base a: MARTINEZ, P. Rol de la Industria de la Construcción en el Desarrollo Sustentable. Revista Ambiente y Desarrollo de CIPMA, 2003.

Esta situación ha dado pie a diversas investigaciones al respecto, sobre el uso de áridos reciclados como arena y grava, provenientes de hormigones que pueden ser reutilizados en la conformación de nuevos concretos, luego de un proceso de trituración y tamizado.

En el año 2015, investigadores de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California en México, ensayan la reutilización de escombros de concreto hidráulico como nuevo material en procedimientos constructivos. De esta investigación concluyen que al utilizar un 20% del total de áridos gruesos y un 5% de áridos finos reciclados a partir de hormigones de alta calidad<sup>64</sup>, se obtienen resistencias a la compresión comparables con hormigones con agregados naturales, para su utilización como hormigones estructurales.

La investigación además de respaldar el uso de áridos reciclados para nuevos hormigones, deja la puerta abierta, para seguir buscando mejorar las propiedades de materiales con residuos de diversas industrias locales y para estudiar en laboratorio otras aplicaciones para la conformación de hormigones estructurales.

Fuera de los áridos reciclados para hormigones, también se han elaborado artículos que promueven su uso en bloques de hormigón que pueden ser un tipo de

<sup>64</sup> GUTIÉRREZ MORENO, José Manuel; MUNGARAY MOCTEZUMA, Alejandro; HALLACK ALEGRÍA, Michelle. Reuse of Hydraulic Concrete Waste as a New Material in Construction Procedures: a Sustainable Alternative in Northwest Mexico. *Revista de la Construcción*, 2015, vol. 14, no 2.

alternativa para la construcción de edificios corporativos de puertos chilenos o para su uso en adoquines para pavimentos portuarios, luego de un estudio en laboratorio que garantice su utilización conforme a las normas aplicables.

Los bloques de hormigón diseñados mediante el método de dosificación de mezclas de hormigón propuesto por Faury-Joisel<sup>65</sup> y confeccionados con áridos reciclados pueden ser utilizados como elementos constructivos estructurales en la medida en que cumplen los estándares exigidos por la normativa chilena.<sup>66</sup>

Utilizar reciclado en la fabricación de hormigón y bloques de hormigón colabora con problemas medioambientales provocados por la extracción de áridos naturales y la generación de residuos, producto de la actividad de la construcción.<sup>67</sup>

Según el Observatory of Economic Complexity<sup>68</sup>, Chile es el principal exportador de cobre en el mundo, alcanzando en el 2016, un 19% del valor total de sus exportaciones, entre cobre refinado y mineral de cobre.

Según Jacques Wiertz, Coordinador Técnico de Gecamin<sup>69</sup>, en su publicación: “Chile, gran productor de residuos mineros” en la Revista HSEC<sup>70</sup> en noviembre del 2012, respalda que aproximadamente cada tonelada equivalente de cobre producida, genera el orden de 300 a 400 toneladas de residuos mineros, como la escoria de cobre que habitualmente es depositada en vertederos donde intervienen el entorno por décadas.

Con ambas referencias se vuelve necesario buscar un tipo de solución para el destino de estos residuos que tantos contratiempos han generado en los últimos años. Con las últimas inundaciones y aluviones en el norte del país, se vive una situación crítica, producto del constante miedo a rebalses de tranques de relaves mineros que amenazan a la vegetación y a la diversidad biológica de la zona, según el Sernageomin. Estos relaves contienen un alto concentrado de minerales tóxicos

---

<sup>65</sup> MÉTODO FAURY-JOISEL: Determina las proporciones de los áridos en base al mejor ajuste a una curva granulométrica de referencia, la cual considera la influencia del cemento como un árido más, según la resistencia que se requiera.

<sup>66</sup> INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN, NCh1037.Of1977, Ensayo de compresión de probetas cúbicas y cilíndricas, Santiago, Chile.

<sup>67</sup> VALDÉS VIDAL, Gonzalo; REYES-ORTIZ, Óscar Javier; GONZÁLEZ PEÑUELA, Giovanni. Aplicación de los residuos de hormigón en materiales de construcción. *Ingeniería y Desarrollo*, 2011, vol. 29, no 1.

<sup>68</sup> EL OBSERVATORIO DE COMPLEJIDAD ECONÓMICA (OEC) es la herramienta de visualización de datos líder en el mundo para el comercio internacional.

Según: <https://atlas.media.mit.edu/en/>.

<sup>69</sup> GECAMIN: Empresa chilena creada en 1998 encargada de la organización de conferencias y seminarios internacionales de elevada calidad técnica, orientados a generar polos de transferencia y actualización de conocimientos en múltiples sectores industriales.

Según: <https://gecamin.com/espanol/quienes-somos/nuestra-empresa>.

<sup>70</sup> HSEC Magazine: Revista chilena que muestra las últimas soluciones, tecnologías y tendencias en las áreas de Prevención de Riesgos, Salud Ocupacional, Administración de Recursos Humanos, Seguridad Industrial, Sustentabilidad y Relación de las Empresas con la Comunidad y su entorno medioambiental.

Según: <http://www.emb.cl/hsec/perfil.mvc>.

para la salud como arsénico, mercurio, cobre y plomo, mezclas de rocas molidas y agua que amenazan a las localidades entre las Regiones de Antofagasta y Coquimbo.

A nivel internacional se realizó una investigación acerca del uso de residuos como la escoria de cobre utilizada para la manufactura de materiales sustentables, publicada en el Diario Oficial: *Journal of Material Cycles and Waste Management*<sup>71</sup>. En ella se destaca la participación del residuo en hormigones, por el incremento en la resistencia a la compresión. Además, este concreto es lo suficientemente seguro como para ser utilizado en aplicaciones ambientales, en plataformas de carreteras y como material de relleno. Por lo tanto, debido al uso beneficioso del material inmovilizado, este tipo de uso industrial de desechos y subproductos parece ofrecer una forma prometedora de mejorar el medio ambiente sostenible en los países en desarrollo<sup>72</sup>.

En otras investigaciones se estudia la factibilidad del reemplazo de escoria de cobre por arena en hormigones de alta resistencia. Donde se recomienda usar un 40% en peso de escoria de cobre como reemplazo de arena para obtener hormigones con buenas propiedades<sup>73</sup>.

Los resultados en cuanto a densidad del hormigón, aumentan a medida que aumenta el uso de escoria<sup>74</sup>, por lo tanto, es importante elaborar en Chile hormigones con escoria de cobre, que tengan la fluidez necesaria según los requerimientos para su uso en obras portuarias.

La utilización de hormigones con residuos mineros limitara su uso a la Zona Norte del país, para aprovechar la gran cantidad de plantas mineras. Considerando que en la Zona Sur contamos con bastante material volcánico para crear hormigones puzolánicos para puertos meridionales.

Se sabe de los problemas que atrae el acero en hormigones armados de elementos estructurales portuarios, debido a su alta exposición a la corrosión por el ambiente salino. En países del mundo desarrollado se han utilizado nuevas tecnologías aplicadas al hormigón armado, donde reemplaza las barras de acero por barras de Polímero Reforzadas.

Varios son los países que han utilizado de manera importante este material; países como Canadá, Estados Unidos, Alemania, Emiratos Árabes, Japón y Australia, han dado cuenta de que estas varillas de refuerzo responden a la necesidad de una

---

<sup>71</sup> *Journal of Material Cycles and Waste Management*: Diario Oficial de la Sociedad Japonesa de Ciclos de Materiales y Gestión de Desechos (JSMCWM) y la Sociedad de Gestión de Residuos de Corea (KSWM).

<sup>72</sup> MURARI, Krishna; SIDDIQUE, Rafat; JAIN, K. K. Use of waste copper slag, a sustainable material. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 2015, vol. 17, no 1, p. 13-26.

<sup>73</sup> AL-JABRI, Khalifa S., et al. Copper slag as sand replacement for high performance concrete. *Cement and Concrete Composites*, 2009, vol. 31, no 7, p. 483-488.

<sup>74</sup> NAZER, A., et al. Una revisión de los usos de las escorias de cobre. *Iberomet XI. X Conamet/sam (del 2 al 5 de noviembre del 2010, viña del mar, Chile)*, 2010.

solución sustentable a largo plazo frente a la corrosión<sup>75</sup>, que además es capaz de resistir mayores niveles de tensión a comparación del acero convencional.

Según estudios realizados en Canadá, el uso de este material conlleva ahorros en los costos totales por mantenimiento y demoliciones, entre un 45% y un 60% aproximadamente. En lo que respecta al ciclo de vida de la estructura, es posible obtener ahorros de entre el 15% y el 25%. Con respecto a los ahorros que se obtienen en el proceso de construcción, es común que varíe entre un 15% y 30%, si se aplican los tratamientos anticorrosivos correspondientes.<sup>76</sup>

La Universidad de Toronto - Canadá en el 2017, realizó un estudio para determinar la factibilidad del uso de barras de Polímero de Refuerzo con Fibras de Vidrio (GFRP) para Hormigones Armados. Los resultados de las pruebas arrojan que las barras para refuerzo longitudinal pueden resistir la compresión con tensiones superiores a 700 MPa., las barras aplicadas para refuerzo lateral puede confinar un núcleo de hormigón más efectivo que el que utiliza acero y en su conjunto poseen buen comportamiento sísmico<sup>77</sup>.

Este tipo de soluciones son sustentables a largo plazo ya que se trata de materiales que aumentan la vida útil de las estructuras, principalmente en obras portuarias por la acción del mar, lo que aporta a la disminución de desechos por demolición, costos por mantención y reparación.

Con la finalidad de perfeccionar su utilización y de disminuir costos por obtención de materias primas para su fabricación, sería interesante estudiar el uso de material reciclado para la obtención de fibra de vidrio, de esta manera liberamos botaderos de la acumulación de vidrios que tardan miles de años en degradarse.

En China, se investigó el uso de partículas de plástico reciclado en el Hormigón ligero autocompactante, donde se resume que el 15% de reemplazo en el peso de la arena, además de aumentar la resistencia a la compresión, a la tracción y a la flexión, permite el uso de barras de refuerzo para hormigones armados<sup>78</sup>.

Cabe destacar que el uso de plástico reciclado es una alternativa más completa en temas sostenibles, ya que por lo general este material se acumula por millones de toneladas, que terminan en los océanos.

---

<sup>75</sup> VLDAUD, Ingrid; VLDAUD, Eduardo de J. Revista Construcción y Tecnología en Concreto: Polímeros Fibroreforzados. *Una alternativa sustentable frente al ataque de la corrosión en el concreto armado*, 2014, vol. 4, no 9, p. 32-35.

<sup>76</sup> VLDAUD, Ingrid; VLDAUD, Eduardo de J. Revista Construcción y Tecnología en Concreto: Polímeros Fibroreforzados. *Una alternativa sustentable frente al ataque de la corrosión en el concreto armado*, 2014, vol. 4, no 9, p. 32-35.

<sup>77</sup> SHEIKH, Shamim A.; KHARAL, Zahra. Replacement of steel with GFRP for sustainable reinforced concrete. *Construction and Building Materials*, 2017.

<sup>78</sup> YANG, Shutong, et al. Properties of self-compacting lightweight concrete containing recycled plastic particles. *Construction and Building Materials*, 2015, vol. 84, p. 444-453.

Según la Directora de Océanos de la ONU, Lisa Svensson, “el acopiamiento de plástico genera una crisis planetaria, ya que estamos arruinando el ecosistema marino”.

El plástico se utiliza en todo el comercio, en consecuencia, botellas, bolsas, ropa, empaques de todo tipo de productos, que demoran cientos de años en degradarse, terminan en los mares generando daños en el sistema digestivo de aves marinas, ballenas, tortugas, delfines, focas, y un sinnúmero de especies que corren peligro.

Si mencionamos que una gran cantidad de especies marinas se alimentan de fragmentos de plástico<sup>79</sup> y que en un tercio del total de peces capturados se encontró plástico en el Reino Unido, según una investigación de la Universidad de Plymouth, claramente la humanidad está potenciando su propio daño.

La Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria advirtió sobre un mayor riesgo para la salud y la seguridad alimentaria "dado el potencial de contaminación por micro plásticos en tejidos comestibles de peces comerciales"<sup>80</sup>.

Se estima que hasta el 2015 se generaron 6.300 millones de toneladas de residuos plásticos aproximadamente, y de estos, un 79% es acumulado en vertederos o entornos naturales.<sup>81</sup>

En resumen, además de aminorar problemas medioambientales y sociales, el uso de plástico reciclado en materiales de construcción es una buena alternativa para encasillar este tipo de residuos por largo tiempo, si a esto le agregamos la importancia de hacer estructuras con larga vida útil, desembarazamos el planeta de dicha amenaza.

La acumulación de residuos son una fuente de materia prima que disminuye los costos para la elaboración de materiales o elementos constructivos que como vimos anteriormente, adquieren alentadores resultados en cuanto a las exigencias de la ingeniería, y que con mayores estudios pueden mejorar aún más sus propiedades, dependiendo de su uso.

---

<sup>79</sup> The Cutton Bud Project. BBC. <http://www.bbc.com/mundo/noticias-42304901>.

<sup>80</sup> BBC Mundo - 5 Gráficos para entender por qué el plástico es una amenaza para nuestro planeta, 2017.

<sup>81</sup> BBC - Science Magazine. <http://www.bbc.com/mundo/noticias-42304901>.

### **Eco-Ciclo del Acero:**

Las piezas de acero son las más utilizadas en la construcción de almacenes herméticos portuarios chilenos. Con un tratamiento adecuado contra la corrosión, por la exposición a ambientes marinos, logran un eficiente comportamiento.

Imagen 64: Puerto Arica - Explanada Norte.



Fuente: <http://www.puertoarica.cl/index.php/es>.

Imagen 65: Vista Aérea Puerto Ventanas - Bodegas para Almacenaje en Acero.



Fuente: <https://puertoventanas.cl/>.

Imagen 66: Puerto Mejillones - Terminal de Ácido Sulfúrico.



Fuente: <https://www.puertomejillones.cl/>.

El acero, además de ser un material 100% reciclable, permite construcciones con grandes alturas para el ingreso de maquinarias, que distribuyen las mercancías tipo granel (por lo general), además de controlar el material particulado gracias a la incorporación de captadores de polvo en su interior.

Como se mencionó anteriormente, debemos tener conciencia de que el comercio internacional crece con el pasar del tiempo, lo que trae mayores exigencias en cuanto a cantidad de instalaciones disponibles para abastecer el mercado de exportaciones e importaciones. El uso de piezas metálicas facilita la versatilidad a ampliaciones o traslaciones de almacenes dentro de la instalación portuaria, acentuando su rapidez y facilidad de construcción, atenuando tiempos improductivos de obra, producto de su construcción o modificación.

A pesar de ser un material reciclable, su producción emana grandes cantidades de gases de efecto invernadero y requiere un gran consumo energético, por lo mismo, se han realizado proyectos en relación a la producción del acero, evaluando su ciclo de vida y encontrando nuevas iniciativas para hacer que este material disminuya su huella ecológica, gracias a la reutilización de acero y a las propuestas que se plantean dentro de la industria manufacturera con procesos eficientes que consuman menos energía y agua.

Fabricantes de acero suecos, tomaron la iniciativa nacional pionera hacia una visión más holística sobre la producción y el uso del acero. La iniciativa fue financiada por la Fundación Sueca para la Investigación Ambiental Estratégica y cofinanciada por las industrias siderúrgicas suecas.<sup>82</sup>

---

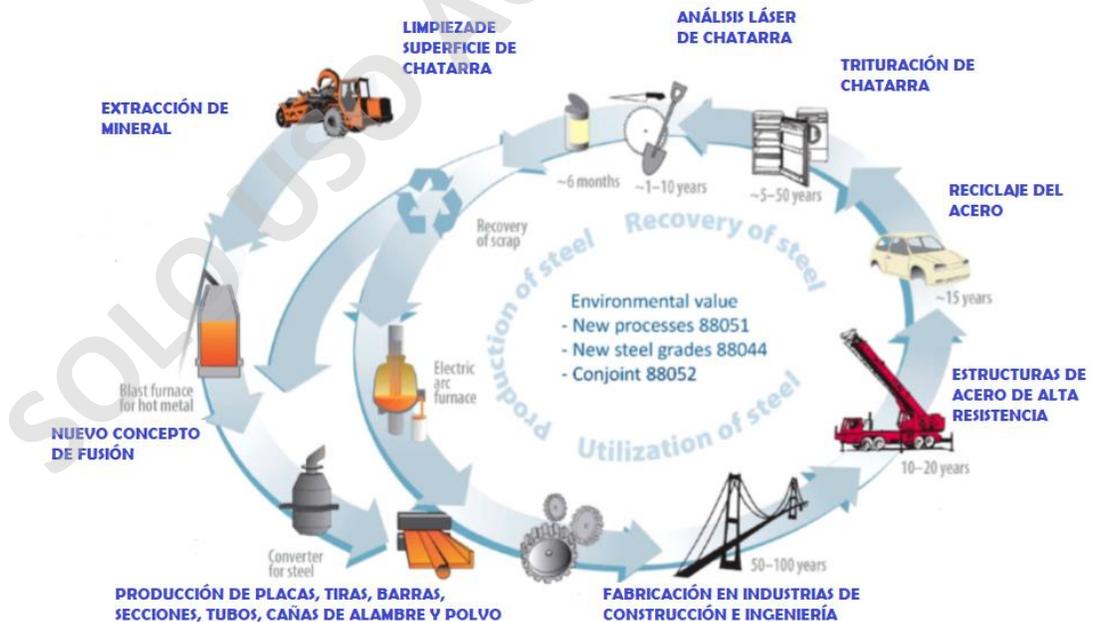
<sup>82</sup> ANDERSSON, G., et al. Sustainable steel production—Swedish initiative to ‘close the loop’. *Mineral Processing and Extractive Metallurgy*, 2017, vol. 126, no 1-2, p. 81-88.

Eco-ciclo del acero, es el nombre del proyecto sueco que pretende crear un proceso cíclico desde la manipulación de la materia prima para su producción, hasta su uso y reutilización luego de volver a las acerías. La confección de un acero de alta resistencia significa un ahorro significativo de recursos naturales como la materia prima, la energía y el agua, por el aumento en su vida útil. Aun así, se analizó si se pueden mantener las propiedades mecánicas del acero, reduciendo el proceso de altas temperaturas o eliminando pasos del proceso, con el propósito de disminuir el uso de energía de para su elaboración.

Se realizaron pruebas piloto de laboratorio y de escala completa, lo que dio como resultado procesos de laminado más eficientes energéticamente sin comprometer la calidad del producto final. Por lo tanto, se podrían dar recomendaciones a los productores de tiras, planchas pesadas y productos largos sobre los parámetros de procesamiento más prometedores para obtener propiedades mecánicas óptimas de los aceros estudiados.<sup>83</sup>

El Eco-ciclo involucra desde la extracción de recursos naturales, el proceso de producción del acero, luego el proceso de utilización como se muestra en la siguiente figura, que busca una vida útil de hasta 100 años dependiendo su uso, posteriormente se re-colecciona el acero para que sea introducido nuevamente en el ciclo para un nuevo proceso de producción.

Figura 93: Ilustración representativa del Eco-ciclo del Acero.



Fuente: ANDERSSON, G., et al. Sustainable steel production—Swedish initiative to ‘close the loop’. *Mineral Processing and Extractive Metallurgy*, 2017. Modificado.

<sup>83</sup> ANDERSSON, G., et al. Sustainable steel production—Swedish initiative to ‘close the loop’. *Mineral Processing and Extractive Metallurgy*, 2017, vol. 126, no 1-2, p. 81-88.

### **Madera Laminada:**

Chile es caracterizado por su gran producción maderera, material que puede ser aprovechado y utilizado en la construcción de almacenes para mercancías, por sus favorables características en relación a las luces que pueden salvar y por su versatilidad.

Imagen 67: Madera Laminada en Bodegas - Valladolid, España.



Fuente: <https://www.maderasmenur.com/nueva-cubierta-madera-laminada-las-bodegas-protos-valladolid/>.

Además de ser un material reciclable y ecológico, durante su periodo de crecimiento, ayuda al medio ambiente gracias a la captación de CO<sub>2</sub> que necesitan para la fotosíntesis, uno de los principales gases de efecto invernadero que potencian el calentamiento global.

Es un material natural pero renovable, que, gracias a rigurosos protocolos de cuidado durante su crecimiento, su periodo de construcción y de uso en ambientes salinos, se pueden obtener beneficiosos resultados en cuanto a su comportamiento medioambiental y económico, haciendo viable su producción, sustentable su construcción y potenciando la vida útil de estructuras en base a este tipo de material.

Es importante que la madera sea un candidato considerado para este tipo de obras, ya que potencian el uso de materiales con fácil acceso local, aportando a la sostenibilidad económica y medioambiental.

### 5.1.3. Pavimentos Portuarios

Los elementos prefabricados como los adoquines o adocretos para pavimentos portuarios son una buena solución si pensamos en la modificación o ampliación de sus instalaciones. Al ser prefabricados, permiten una construcción más limpia y adaptable en terreno, fáciles de reemplazar en caso de daños al pavimento, son económicos, de alta resistencia, incluso más que el pavimento asfáltico, pero menos contaminante, son reutilizables, de manejo manual, vale decir, no se necesitan grandes maquinarias para su conformación y tiene una rápida instalación.

Además, la confección de adocretos puede incorporar áridos reciclables, que luego de estudios en laboratorio obtengan altas resistencias.

Imagen 68: Adocretos en Puertos.



Fuente: <http://www.bottai.cl/productos-prefabricados-de-hormigon/adoquines/>.

Olga Penagos Piñeros, Ingeniera Civil de Iquique con Magister en Gestión y Derecho Ambiental, en el 2014 propuso el diseño de adoquines sustentables, que incorporaban residuos mineros y conchas de mar provenientes de Caleta Pisagua.

Los estudios respecto a la factibilidad de estos residuos, han sido apoyados por CORFO y son realizados en el Departamento de Biología Marina de la Facultad de Recursos Renovables de la Universidad Arturo Prat, donde se han obtenido resultados exitosos en cuanto al comportamiento mecánico: en pruebas de resistencia a la compresión, porcentaje de absorción y en la incidencia sobre el

medio ambiente estudiado en especies vivas, con resultados que se encuentran dentro de las normas, dependiendo del uso para el que se requiera.<sup>84</sup>

Estos adoquines serán utilizados, según el proyecto, en la construcción de un mirador turístico en el sector de la Cuesta del Toro en Alto Hospicio.

Proyectos como este son un ejemplo a nivel país ya que potencia el estudio de materiales sustentables en beneficio de nuestra sociedad. La iniciativa da un hincapié para que empresas portuarias del Norte se asocien con las industrias mineras, para que el uso de sus residuos como materia prima en la fabricación de materiales sea frecuente. El ahorro económico y medioambiental (por el uso de recursos naturales) que traen estas materias primas, puede ser aprovechado en obras de compensación como miradores, parques o bordes costeros, financiados por empresas portuarias, que apoyen la relación puerto-ciudad, acercando al pueblo con el puerto con familiaridad.

Volviendo a la escoria de cobre, esta también puede ser utilizada para la preparación de asfaltos en pavimentos portuarios flexibles o en caminos para el transporte carretero de mercancías. En Chile la Corporación Nacional del Cobre (CODELCO) hizo entrega de más de 2 millones de toneladas de escoria proveniente de la Planta Ventanas, para la construcción de caminos en Puchuncaví y Quintero en el 2015. El proyecto de reutilización de residuos significó un ahorro de más de 500 millones de pesos para el estado.

La escoria es utilizada en países como EE.UU. y Japón como árido alternativo para estabilizar caminos, debido a su rendimiento, tanto a nivel de resultados y costos, siendo muy superior comparado con otros materiales que se usan para la compactación de suelos. Además, puede usarse como agregado para concretos asfálticos, tratamientos y sellados superficiales de playas, caminos o calles<sup>85</sup>.

#### **5.1.4. Dragado**

El dragado es una de las operaciones más contaminantes en la construcción de un puerto, como se mencionó en el capítulo 3 de esta investigación, por lo mismo, se debe planificar con anterioridad todos los métodos para hacer de este procedimiento lo más sustentable posible.

Se realizó una publicación que evalúa la influencia del dragado de sedimentos del Puerto de Génova en Italia en la concentración de Hidrocarburos Aromáticos Polícíclicos (HAP) por columna de agua.

Los HAP son compuestos orgánicos que son vertidos al mar producto de la quema de combustibles fósiles en el transporte, que por lo general provienen de embarcaciones o de áreas cercanas a instalaciones de almacenamiento de petróleo.

---

<sup>84</sup> GOBIERNO REGIONAL DE TARAPACÁ - Proyecto Corfo construye adoquines con residuos mineros y conchas marinas, 2016. Pág. Web: <https://www.goretarapaca.gov.cl/?p=5775>.

<sup>85</sup> DIRECCIÓN DE COMUNICACIONES - Codelco División Ventanas.

Son contaminantes altamente peligrosos, de carácter cancerígeno, mutágeno y teratógeno<sup>86</sup>.

Los resultados del Puerto de Génova, confirmaron que el dragado es el principal factor del aumento de las concentraciones de HAP por columna de agua, pero también mostraron un escenario complejo en el que diferentes factores ambientales y de dragado forzaron las concentraciones a diferentes niveles y momentos. Por lo tanto, el clima, las condiciones del dragado, las condiciones meteorológicas e hidrodinámicas, deben ser monitoreadas, para planificar una operación sustentable que evalúe los riesgos con antelación.<sup>87</sup>

Antes que todo se debe realizar un Estudio de Impacto Ambiental específico para dragados, para determinar los potenciales impactos, luego evaluarlos y tomar acciones correctivas que permitan la ejecución.

Una evaluación de riesgos correcta, es importante, tanto en términos de ecología y economía (costos). Si el riesgo real es severo, pero la evaluación de riesgos encuentra que estos son menores, entonces pueden ocurrir impactos significativos en el medio ambiente. Por el contrario, si el riesgo real es menor, pero el riesgo percibido es grave, esto puede conducir a retrasos importantes en el proyecto, costos crecientes e incluso efectos significativos en la economía de la empresa ejecutora. Esto enfatiza que una evaluación de impactos debe tener participación de expertos, tales como autoridades reguladoras, abogados, políticos, especialistas de interés público y por su puesto expertos técnicos, desde la planificación, hasta la ejecución, para el éxito del proyecto. Una adecuada evaluación de riesgos debe incluir todos los aspectos del proyecto y no enfocarse en un solo aspecto.<sup>88</sup>

Para su ejecución es imprescindible utilizar maquinarias de última tecnología que permita un trabajo eficiente y adecuado al tipo de fondo marino y a las operaciones que se planifiquen. Se debe contemplar la distancia de la zona de extracción hasta la zona de vertido, buscando en la medida de lo posible, que el material sea reutilizado en el mismo puerto o en las cercanías, para proteger botaderos terrestres de alteraciones en su ecosistema, por acopio de material de dragado contaminado.

Se debe planificar también los horarios y los periodos estacionales en los que se realice la extracción de sedimentos. En verano, el calor puede intensificar aún más los olores que emanan del sedimento y si pensamos en los kilómetros que recorrerá el material al ser transportado hasta su depósito, aumentamos el área afectada, provocando descontento en la población que por lo general se encuentra en temporada vacacional. La contaminación acústica es otro obstáculo, por esta razón

---

<sup>86</sup> Teratógenos: Agentes que pueden inducir o aumentar la incidencia de las malformaciones congénitas cuando se administran o actúan en un animal preñado durante su organogénesis.

<sup>87</sup> CUTRONEO, L., et al. Evaluation of the boundary condition influence on PAH concentrations in the water column during the sediment dredging of a port. Marine pollution bulletin, 2015, vol. 101, no 2, p. 583-593.

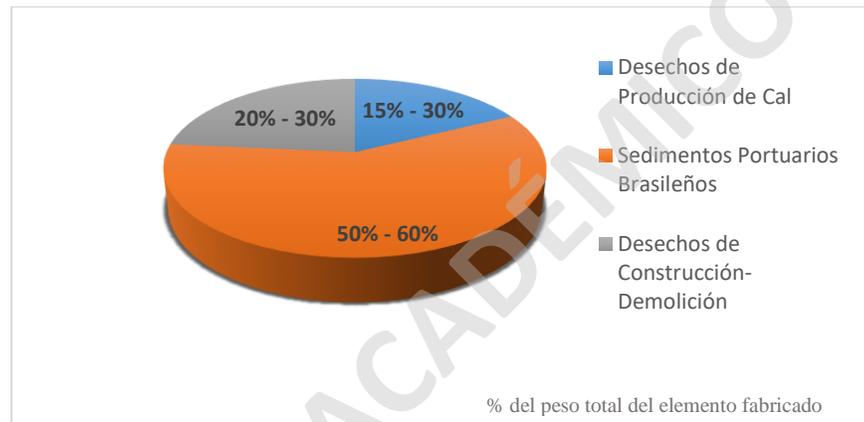
<sup>88</sup> PIANC. Dredging Management Practices for the Environment: A Structured Selection Approach, 2009, no 114, p. 8.

se deben planificar turnos con horarios establecidos para complementar las operaciones de dragado con la sustentabilidad social.

El tema de los depósitos de sedimentos puede aliviarse con su integración como materia prima para la confección de materiales de construcción o para su uso como material de relleno en muelles que su diseño lo requiera.

En una investigación se utilizaron sedimentos portuarios brasileños, desechos de construcción-demolición y desechos de producción de cal, para la confección de ladrillos en la siguiente proporción.

Gráfico 12: Proporción de Agregados Reciclados para la Confección de Ladrillos.



Fuente: Elaboración propia en base a: MYMRIN, Vsevolod, et al. Utilization of sediments dredged from marine ports as a principal component of composite material. *Journal of cleaner production*, 2017.

Como resultado obtienen resistencias óptimas según las normas brasileñas y destacan además que las técnicas para su fabricación fueron simples y económicas, porque los materiales utilizados no necesitan un pretratamiento como secado o procesos de transformación.

El principal beneficio del uso de la tecnología desarrollada aquí, en escala industrial, es la prevención de la degradación ambiental, a través del reciclaje de grandes cantidades de tres tipos de residuos como principales materias primas. El uso del lodo de dragado, podría reducir la degradación de mares y suelo terrestre, al detener la práctica actual de vertidos.<sup>89</sup>

<sup>89</sup> MYMRIN, Vsevolod, et al. Utilization of sediments dredged from marine ports as a principal component of composite material. *Journal of cleaner production*, 2017, vol. 142, p. 4041-4049.

### 5.1.5. Muelles

La elección del tipo de muelle dependerá de las cargas que deberá resistir la estructura y del tipo de distribución de cargas que pueda soportar el suelo.

En el caso de suelos con poca resistencia se recomienda el uso de *muelles sobre pilas o pilotes*, donde el procedimiento de hincado de elementos prefabricados de hormigón, de acero o madera, es sumamente agresivo para la biodiversidad, genera gran contaminación acústica por el uso del martinete y erosión del fondo marino. Para el mejoramiento del fondo marino, está el procedimiento de *vibro sustitución*, donde debemos localizar grava lo más cercana posible. De igual forma es un método agresivo, en ambos casos se debe considerar perpetuar toda biodiversidad existente, garantizando que no sufran daños y minimizando los riesgos por contaminación acústica a las ciudades, tomando control de los horarios de trabajo.

En el caso de no poder minimizar los impactos por los métodos mencionados anteriormente o de no tener acceso cercano al material de sustitución, es recomendable el uso de un hormigón sustentable que cumpla con los requerimientos técnicos para la construcción de *pilotes in situ*, al ser uno de los materiales que mejor vida útil tendrá en un ambiente salino.

En muelles de pequeñas áreas, que tengan disponibilidad local de cantera para la extracción de material de relleno o que cuenten con material de dragado, se recomienda el uso de *muelles pantalla*, para la contención del relleno compactado que será colocado.

En muelles con grandes áreas, con lejana disponibilidad a canteras o cuando no se cuenta con material reciclable para el relleno del muelle, es recomendable el uso de *cajones celulares* de un hormigón armado sustentable. El sistema de cajones se ha vuelto tradicional en la construcción de puertos y reduce la superficie marina ocupada por su favorable resistencia, lo que disminuye el impacto ambiental del fondo marino. Permite el uso de material de dragado en el interior de sus cavidades para dar estabilidad a la estructura, lo que nos permite deshacernos de un desecho portuario. El uso de tecnologías de punta para la construcción de estos cajones permite una disminución en plazos de fabricación, permite la funcionalidad continua del puerto en caso de ampliaciones, una construcción más limpia y versátil al ser elementos prefabricados.

Imagen 69: Construcción de Cajones Celular de Hormigón Armado.



Fuente: <http://www.lavanguardia.com/economia/20160728/403334945304/acciona-kugira-como-ampliar-muelle-cajones-flotantes.html>.

El hormigonado de la estructura es en el mar, con el uso de grandes estructuras tecnológicas que trabajan sin descanso, desde la base hasta conseguir la altura que requiera el proyecto. Luego de terminar el cajón, se lastrará hasta fondearlo en su posición.

Figura 94: Procedimiento Cajones Celulares.



Fuente: <http://www.lavanguardia.com/economia/20160728/403334945304/acciona-kugira-como-ampliar-muelle-cajones-flotantes.html>.

### 5.1.6. Rompeolas

El uso de elementos prefabricados permite su reutilización y una construcción más limpia, en el caso de la construcción de rompeolas.

En el caso de *rompeolas en talud*, el tipo de material, ya sea artificial o natural deberá depender de la disponibilidad local del mismo. Si la cantera para la obtención de escolleras naturales se encuentra cerca de la zona, sería una buena elección, ya que disminuye las emisiones GEI y el consumo de combustible por los kilómetros que deberá recorrer el material hasta su destino. Si el EIA determina que la distancia de la cantera conlleva grandes riesgos medioambientales o sociales, la elección se inclinará hacia una escollera artificial que por lo general resiste mejor los esfuerzos del oleaje por el acoplamiento firme entre elementos y que ojalá use material reciclado en su fabricación al igual que en la elaboración de cajones o elementos para *rompeolas verticales*.

### 5.1.7. Instalaciones Adicionales

#### **Iluminación Eficiente:**

Es importante la adaptación en puertos a la iluminación LED, que hoy por hoy es más eficiente desde el punto de vista de consumo y de contaminación, además de beneficiar la seguridad del entorno al interior de terminales para sus operadores.

Grandes terminales portuarias como la terminal Jebel Ali (Dubái) han sustituido su infraestructura de iluminación por luminarias LED, obteniendo un ahorro del 66% respecto a la situación anterior, lo que permite rentabilizar a medio plazo la inversión inicial.<sup>90</sup>

Imagen 70: Iluminación LED en Terminal Jebel Ali - Dubai.



Fuente: Ship Technology.

---

<sup>90</sup> FUNDACIÓN VALENCIAPORT - COMISIÓN INTERAMERICANA DE PUERTOS: “Eficiencia energética en puertos: Tendencias y mejores prácticas”, 2016.

Aunque el tema de iluminación es uno de los más avanzados en Chile, poniendo como ejemplo el Puerto Ventanas, hay que destacar que un sistema que regule el consumo energético por iluminación, al interior del puerto, ayudará a conseguir mejores resultados.

### **Transporte Ferroviario:**

En el diseño portuario se debe considerar la instalación de líneas ferroviarias a lo largo del país que faciliten el transporte de mercancías de norte a sur. Este tipo de transporte es más eficiente, disminuye costos asociados a la congestión, el ruido, la contaminación por GEI y la accidentabilidad, al ser un sistema más seguro y sostenible. Con los años, la tecnología ha permitido incorporar al mercado los trenes híbridos, que funcionan en base a diésel o electricidad, donde se busca que la fuente energética provenga de fuentes renovables como la hidroeléctrica, la solar u eólica.

Holanda a comienzos del 2017 anunció que el 100% de sus trenes funcionan en base a energía eólica proveniente de parques eólicos renovables de Holanda, Bélgica y Finlandia.<sup>91</sup>

En Byron Bay - Australia se incorporó una línea ferroviaria para turismo de tres kilómetros gracias a tecnología china. La energía que permite su desplazamiento proviene de vagones y estaciones con paneles fotovoltaicos con una potencia de 6,5 y 30 kilowatts respectivamente. Gracias a la integración de un sistema de frenos regenerativos, el 25% de la energía que se usa para frenar, vuelve a la batería del tren, con esto y con la batería cargada al 100%, el tren es capaz de realizar entre 12 y 15 viajes.<sup>92</sup>

Si bien, el tramo no habla de grandes magnitudes, podemos destacar que el avance hacia el uso de energías renovables en el transporte ferroviario es ineludible.

---

<sup>91</sup> REVISTA EÓLICA Y DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO - Los Trenes de Holanda funcionan con energía eólica, 2017.

<sup>92</sup> PARKINSON, G. RENEW ECONOMY - World-first “solar train” about to be launched in Byron Bay, 2017.

Imagen 71: Tren con Paneles Solares - Australia.



Fuente: <https://ecoinventos.com/primer-tren-fotovoltaico-del-mundo-australia/>.

Imagen 72: Estación con Paneles Fotovoltaicos - Australia.



Fuente: <https://reneweconomy.com.au/world-first-solar-train-about-to-be-launched-in-byron-bay-93544/>.

Se habló en el capítulo 5 sobre los avances internacionales que han surgido en cuanto a puertos sustentables. En el mismo se destaca la incorporación de una Red Transeuropea de Transportes, que da impulso a la potencialidad del sistema ferroviario como conector entre puertos europeos.

En busca de apoyar al Libro Blanco del Transporte de la Comisión Europea, que espera para el 2030 transferir el 30% del transporte terrestre de mercancías, y el 50% para el 2050, en España, el Ministerio de Fomento (CORFO en Chile) a fines del 2017, pone en pie el Plan de Impulso del Transporte de Mercancías por

Ferrocarril 2017 - 2023 y el Plan de Gestión 2017 - 2019, para mejorar la eficiencia energética de este tipo de transporte.<sup>93</sup>

En países desarrollados, la incorporación de estrategias como las mencionadas han permitido evidenciar su avance en temas sustentables. El uso del transporte ferroviario es sustentable en lo económico, ya que genera un ahorro de 28,37 euros por cada 1.000 ton/km transportadas, al hablar de costos sociales y medioambientales, hecho que lo hace sostenible y que motiva a países de la UE a evolucionar.

Chile es un país de longitud extensa, con 4.329 Km<sup>94</sup> donde el uso de ferrocarriles no es muy concurrido en el transporte de mercancías. En el 2017, se transfirieron cerca de 47 millones de toneladas en los puertos chilenos<sup>95</sup>, los cuales, son distribuidos en gran cantidad, desde o hacia el puerto, por carretera. Si multiplicamos las emisiones que se liberan por los kilómetros recorridos y a su vez por toneladas transportadas, los valores de GEI son altísimos, sin embargo, la integración de redes ferroviarias a lo largo del país disminuye estas emisiones al aumentar las toneladas transferidas por kilómetro recorrido, disminuye la congestión vehicular en autopistas, la polución, permite importantes ahorros económicos y además gracias al avance de la tecnología, potencia el uso de energías limpias.

Sin duda, la iniciativa está en la integración de una red de transportes complementaria que busque la eficiencia económica y energética, la preservación de recursos naturales, el uso estratégico de la forma de nuestro territorio y la disminución de la contaminación, para un transporte de mercancías sostenible.

### **5.1.8. Fuentes para consumo**

Los puertos consumen recursos hídricos y energéticos provenientes de la red convencional que utilizamos en el sector residencial. Hoy en día los puertos son una carga con grandes cifras de consumo, pero, ¿qué pasa si orientamos la construcción y conformación de puertos que de manera autónoma produzcan sus propios recursos? La respuesta es: los puertos pasarían de tener una imagen negativa a una positiva, frente a la sociedad, ya que no solo sería un aporte económico, sino también prestaría soluciones a los problemas del siglo.

En esta sección se presentarán las siguientes propuestas:

---

<sup>93</sup> RENFE. Un impulso necesario para el transporte de mercancías en tren. Fomento pone en marcha un plan integral para aumentar en España la cuota modal del ferrocarril en este sector, 2017.

Según: <http://www.abc.es/>.

<sup>94</sup> UNIVERSIDAD DE CHILE - Presentación Territorial Acerca de Chile.

Según: <http://www.uchile.cl>.

<sup>95</sup> Estadísticas Portuarias - SEP.

### **Planta Energética:**

La evolución de la producción de energía ha quedado atrás con respecto al uso de hidroeléctricas debido al agotamiento de aguas dulces que trajo el cambio climático para embalses, reservorios o playas de distribución.

En España se estudió tres centrales hidroeléctricas, que arrojan una caída entre el 10 y el 49% en la producción de energía combinando diferentes proyecciones climatológicas, técnicas y económicas. Esta disminución en la producción, de acuerdo con nuestras hipótesis, afectaría significativamente los márgenes de operación de las instalaciones y, en ciertos escenarios, podría alcanzar un nivel económicamente insostenible para fines de siglo. También se realizó un análisis de inversión que muestra que el cambio climático puede poner en peligro inversiones futuras en instalaciones similares.<sup>96</sup>

La situación chilena no se aleja de la que acontece en España, los problemas por recursos hídricos son contemporáneos. Por lo tanto, es indispensable crear nuevas soluciones para mantener las necesidades energéticas que exige nuestra economía en crecimiento.

La asociación de puertos estatales y privados con concesionarias para la construcción y administración de plantas de este tipo de norte a sur, es una propuesta interesante, al fomentar el uso de fuentes renovables que pueden estar siendo desaprovechadas. De esta manera, ver a los puertos como una industria solidaria, que se preocupa de resolver las negativas en beneficio de la comunidad y del crecimiento sustentable del país.

En los puertos del norte sería viable la construcción de plantas solares, en apoyo a las 10 plantas que ya están construidas en las Regiones de Antofagasta, Atacama y Coquimbo, para que, en su conjunto, el resultante de la producción de energía menos el consumo energético portuario, vaya directo a la red que distribuye electricidad a la comunidad,

El uso de paneles en edificios corporativos también es una solución complementaria, ya que gracias a una avanzada tecnología y domótica podemos gestionar de manera eficiente el uso de energía dentro del recinto, utilizando energía de su propia producción.

---

<sup>96</sup> SOLAUN, Kepa; CERDÁ, Emilio. The Impact of Climate Change on the Generation of Hydroelectric Power—A Case Study in Southern Spain. *Energies*, 2017, vol. 10, no 9, p. 1343.

Imagen 73: Placas Fotovoltaicas en Estación Santa Cruz de la Palma.



Fuente: Puertos de Tenerife.

En las zonas donde el primer caso no sea factible, la elección de plantas eólicas en zonas marinas y costeras beneficia la producción, gracias a la energía cinética que proporcionan las corrientes de aire.

Existen 6 plantas eólicas donde el 94% de ellas están en la Región de Coquimbo, sin embargo, en Europa, en países como Dinamarca, Reino Unido y Alemania, es donde encontraremos el mayor número de parques eólicos en el mundo, ejemplo que debemos seguir.

A pesar de que los costos monetarios para la construcción de estos parques manejan altas cifras, la ventaja de este tipo de energía radica en las mayores velocidades medias que alcanza el viento en las áreas marinas y la reducida oposición social a la localización de estas instalaciones<sup>97</sup>, haciendo disminuir costos por riesgos o por compensación a la elección de fuentes que si aportan al cambio climático y aumentando los beneficios económicos a largo plazo, además de ser más económica que la energía undimotriz, donde se requiere mayor tecnología e inversión para aprovechar la presión proveniente de las olas.

Imagen 74: Turbinas Eólicas en Puerto de Rotterdam.



Fuente: [www.portofrotterdam.com](http://www.portofrotterdam.com).

---

<sup>97</sup> FUNDACIÓN VALENCIAPORT - COMISIÓN INTERAMERICANA DE PUERTOS: “Eficiencia energética en puertos: Tendencias y mejores prácticas”, 2016.

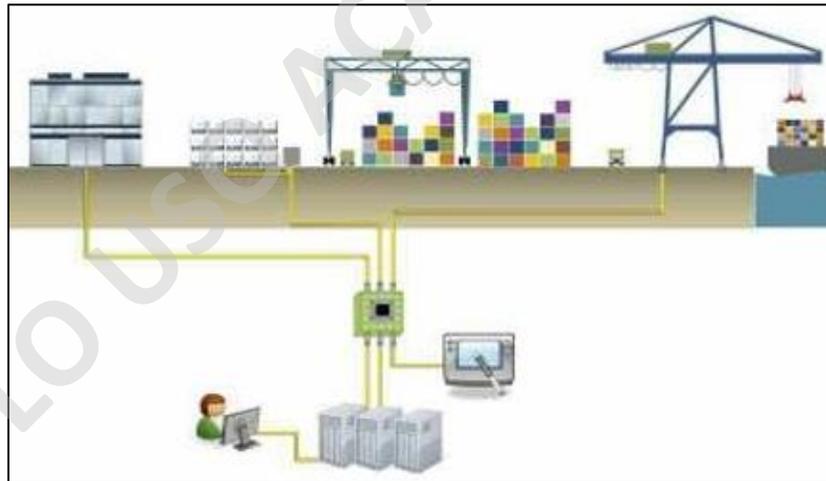
Imagen 75: Parque Eólico Marino en Dinamarca.



Fuente: CGP Grey.

Además, la factibilidad de energías renovables en el puerto, nos obliga a insertar un Sistema de Gestión de Monitorización de la Energía de carácter eficiente, para disminuir pérdidas por mal uso de la energía, y así, aprovechar en potenciar el consumo eléctrico en maquinarias que no emitan CO<sub>2</sub> y tecnologías como el On-Shore Power Supply, que ha puesto en práctica el mundo desarrollado.

Figura 95: Sistema de Gestión de Monitorización de la Energía en una Terminal de Contenedores.



Fuente: Fundación Valenciaport.

Imagen 76: Cabeza Tractora Eléctrica.



Fuente: Fundación Valenciaport.

Figura 96: Esquema de Funcionamiento de la Tecnología OPS.



Fuente: ABB.

### **Planta Desaladora:**

Chile está viviendo un problema de escasez de agua fulminante, no solo en las comunas del norte, como era entendido, ahora se suman las comunas de la zona centro-sur del país, como producto del cambio climático, de las hidroeléctricas, la expansión de la industria agrícola, y la expansión urbana hacia zonas periféricas rurales con poca concientización de los recursos hídricos, han ido agotando los recursos subterráneos y superficiales, ejemplo de ello, el icónico acontecimiento de la Laguna de Aculeo.

Según la radio de la Universidad de Chile, al 2 de febrero del presente año, son 61 las comunas que están carentes de agua potable, por lo que, según el Diputado Daniel Núñez, miembro de la Comisión de recursos hídricos y desertificación: “se hace imprescindible la reforma del Código de Aguas, junto con la incorporación de estrategias complementarias eficientes, mayor exigencia y regularización del consumo de agua de diversas industrias.”

Pese a que la reforma del Código de Aguas se ve enlentecida, en la actualidad se encuentra en proceso la construcción de la primera planta desaladora de Chile para uso de consumo humano, ubicada en Atacama, Región de Copiapó, caracterizada como el primer proyecto estratégico frente a los problemas de escasez de agua potable.

Según la Intendente de Atacama, Alexandra Núñez Sorich, el proyecto estatal abastecerá al 70% de la población de Atacama y es la iniciativa pionera frente a la escasez hídrica que se está viviendo, que se espera estar lista en el 2020.

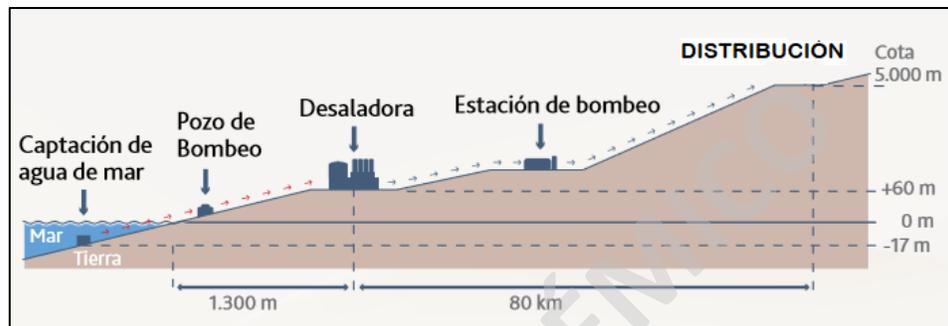
Por otro lado, en marzo de este año, se aprobó la Declaración de Impacto Ambiental del Proyecto “Planta Desaladora VP” en Antofagasta, impulsada por Codelco. La propuesta busca un caudal de 600 litros por segundo, con la que se abastecerá el 60% del consumo residencial de la ciudad.

Considerando que las plantas desaladoras están siempre a orillas de mar para la adquisición de agua y en complemento de la propuesta de concesión entre puertos y plantas energéticas, se plantea la asociación de puertos con concesionarias que gestionen el funcionamiento de plantas desaladoras entre las regiones de Arica y la VI Región, donde principalmente se está acrecentando la insuficiencia de agua potable. El objetivo es que entre todos los actores se apoyen en conjunto, las plantas energéticas apoyan el consumo portuario y residencial, y a la vez el consumo energético que requieren las plantas desaladoras, que provenientes de fuentes renovables, benefician por su puesto a las comunidades aledañas.

La propuesta permite a los puertos participar como un actor positivo dentro de la industria, ya que no solo abastecerá su consumo hídrico, si no también proporcionará el resto de la producción para la distribución de agua potable en las comunas aledañas y por qué no, para el uso de diversas industrias.

El 50% del agua de mar es filtrada en una piscina para eliminar los sólidos a través de una membrana, luego el agua resultante se mezcla con aire a presión y se vuelve a la piscina para eliminar las sales. Como primer producto sale la mitad del agua captada, con la totalidad de las sales y se devuelven al mar. Como segundo producto sale el agua desalada para iniciar su proceso de potabilización y posterior distribución.

Figura 97: Sección Transversal de la Instalación.



Fuente: ACCIONA INFORMA. Nuevas Oportunidades Estratégicas para ACCIONA, 2011, no 50, p. 41. Modificado.

Figura 98: Esquematación de la Devolución de Salmuera al Mar.



Fuente: ACCIONA INFORMA. Nuevas Oportunidades Estratégicas para ACCIONA, 2011, no 50, p. 41. Modificado.

## 5.2. CONSTRUCCIÓN PORTUARIA

Esta sección enfoca los principales pasos de la construcción portuaria en Chile, con el objetivo de orientar su ejecución hacia la Sustentabilidad, preocupándonos principalmente del *medioambiente*, por lo mismo antes de la ejecución de la obra, deberá estudiarse la flora y la fauna, marina y terrestre que se verá afectada, y buscar alternativas que aseguren su preservación, de los efectos negativos que pueden traer a la *sociedad*, y por supuesto, de su *viabilidad económica* a corto o largo plazo.

La Construcción, trae consigo dos tipos de riesgos: Los *Específicos*, que por actividades en la ejecución afectan la obra misma, y los *Genéricos*, que por la misma obra o casos fortuitos afectan el medio que los rodean.

Algunos ejemplos de riesgos específicos son el almacenamiento inadecuado de materiales peligrosos o de herramientas dentro de la obra, mal uso de la maquinaria, errores en el diseño, en las medidas preventivas que se emplearan, o errores en la construcción que ponen en riesgo la obra y su entorno. En cuanto a los riesgos genéricos, podemos mencionar la concentración de GEI en la atmósfera producto de la quema de combustibles fósiles de embarcaciones o la contaminación acústica por el uso de maquinarias sin protocolos de mitigación.

Para reducir y/o compensar todo tipo de riesgo se debe implementar un plan de mitigación para cada tipo de obra que se ejecutará. La inserción de cada plan de mitigación es lo que se busca implementar en los componentes más utilizados de la construcción portuaria.

### 5.2.1. Grandes Rellenos

Este es uno de los sistemas más utilizados para aumentar la capacidad portante de suelos que en su superficie servirán de muelles y/o para aumentar la explanada.

Como se mencionó en el capítulo 2, este procedimiento puede ser ejecutado desde tierra hacia el mar, viceversa o con ambos sistemas, y se busca que el procedimiento impacte lo menos posible, ya que involucra grandes cantidades de material pétreo, que pueden liberar grandes cantidades de material particulado o emisiones contaminantes por el transporte del material desde las canteras hasta la obra.

Una vez extraído el material excedente y elegido el tipo de material de relleno a utilizar, los volúmenes, la disponibilidad de canteras próximas, las rutas de transporte y los menores costos asociados, se procede a realizar el traslado del material de relleno desde la cantera hasta el lugar de ejecución.

#### **Material no apto:**

Antes de realizar el transporte del material de relleno, se debe extraer todo aquel que no sirva de soporte para el material que se colocará sobre él.

En esta etapa es importante controlar la extracción, salida del material y la zona donde será depositado. La zona de depósito deberá estar autorizada en el caso de

territorios privados, especiales o los determinados por la ley, en zonas donde el material excedente, ayude a la re-sustitución de sus condiciones originales, de manera de minimizar impactos ambientales negativos, en la medida de lo posible.

El material una vez colocado en el depósito, deberá ser compactado, para evitar asentamientos del terreno, con las pendientes adecuadas que eviten la acumulación de agua en puntos bajos. De esta manera, nos aseguramos de garantizar la seguridad en todo terreno que involucre nuestro proyecto.

### **Transporte:**

Se deberá prestar riguroso control en cada proceso. Con respecto al uso de maquinaria como dUMPERS, palas cargadoras y camiones, se debe inspeccionar que sus revisiones y mantenciones estén al día, garantizando que las emisiones de gases contaminantes y que el sistema de escape, funcione según las normas ambientales actuales, que por cierto deben adecuarse según las necesidades medioambientales y ser más exigentes con el paso del tiempo para la circulación de este tipo de maquinarias.

En las plantas de extracción de material se debe tener riguroso cuidado sobre el material particulado que se libera al cargar el material en los dUMPERS o camiones, por lo que la humectación controlada debe ser un hecho, al igual que en la zona de ejecución, donde el material es acumulado en acopios hasta su utilización. Este procedimiento no solo ayuda en las canteras y en las obras, sino también, durante el tiempo de transporte que recorre el material, que, por lo general, circula en zonas urbanas, complementado con el uso de carpas que limiten la liberación de material por acción del viento y la humectación de las vías de circulación no pavimentadas.

Imagen 77: Camión Encarpado.



Fuente: <http://www.v-tec.cl/>.

El control también se hace presente en el uso de las vías carreteras con la señalización correspondiente, por lo tanto, la empresa ejecutora del proyecto deberá prestar disponibilidad permanente ante cualquier imprevisto (congestión

vehicular o posibles accidentes) que sean generados por el transporte del material, garantizando el menor impacto en la cotidianidad de la población que se vea involucrada.

El lavado de neumáticos con alta presión es otra acción mitigante en esta etapa del procedimiento, que deben realizar al salir de la zona de extracción y al salir de la obra donde se descarga el material. Por lo tanto, es ideal que se adecuen ambas zonas con el sistema adecuado de lavado antes de realizar el procedimiento de transporte de rellenos. En el caso de sitios para el acopio de material exento, una condición para su autorización debe ser la instalación de un sistema de lavado de neumáticos que apoye al cuidado medioambiental.

Imagen 78: Sistema de Lavado de Neumáticos.



Fuente: <http://www.bailac.cl/iluminacion-industrial/>.

Es importante destacar que el uso de camiones híbridos o eléctricos se ha desarrollado en países del mundo desarrollado, y que, si se masifica, es por sus características positivas en lo medioambiental, económico y social. Para su implementación en el transporte, se deberán implementar caminos que sean de vía exclusiva, que además de poder servir para el transporte de mercancías del puerto o de rellenos para la construcción de muelles, disminuyen la congestión vehicular que podrían generar camiones que circulen por las mismas vías que utiliza la población en su diario vivir. Si se toma en cuenta la generación de energía propuesta en el diseño de este capítulo, podemos obtener energía limpia para los camiones, alternativa económica y por supuesto amable con el medioambiente ya que no emite GEI.

#### **Acopio del material en obra:**

En la obra, la zona de acopio debe ser situada de manera estratégica, por ende, en un lugar donde permita su trabajo seguro de la acción del viento, y en zonas libres de agua. En complemento se puede hacer uso de pantallas atrapa-polvo portátiles en arriendo, para limitar la propagación de material particulado en zona terrestre y marítima, junto con un plan de humectación uniforme.

Imagen 79: Pantalla Atrapa-Polvo.



Fuente: <http://www.diariovasco.com/v/20120727/al-dia-local/instalan-unas-pantallas-para-20120727.html>.

### **Colocación:**

En el caso de rellenos generales provenientes de canteras, se deberá realizar un plan de control de riesgos específicos de la obra, para evitar, por ejemplo, el deslizamiento de rellenos o el riesgo de caída de maquinaria, herramientas u otros que afecten la seguridad de los trabajadores y por supuesto el ambiente marítimo original.

Una vez colocado el material de forma uniforme por capas sobre el suelo preparado, se debe compactar el relleno de manera adecuada para evitar desplazamientos de terreno y futuros asentamientos, luego de despejar el área de toda maquinaria, herramienta o vehículo cerca, que pueda generar un riesgo al realizar la operación.

Se debe llevar un control topográfico y de densidades que garanticen la estabilidad del suelo, para seguir el procedimiento hasta alcanzar la altura del proyecto.

Se debe tener en consideración un plan para el manejo de aguas. El agua que sea acumulada en la zona de trabajo proveniente del mar o de napas freáticas, deberá ser extraída y en la medida de lo posible reutilizada en la misma obra (por ejemplo, para planes de humectación) o devuelta al mar sin potenciales contaminantes como suelo terrestre o productos químicos que alteren la originalidad del agua de mar y su biodiversidad.

El procedimiento desarrolla grandes episodios de contaminación acústica y ambiental. Para mitigar este impacto, se debe aislar lo mejor posible la zona de trabajo de la zona urbana, con elementos de cierre perimetral eficientes, que protejan la ciudad y las personas que circulen por fuera de la obra. Los horarios de trabajo deben ser respetados según lo planificado, evitando todo horario o época estacional que afecte el diario vivir de la población aledaña.

Por supuesto también debemos considerar la seguridad laboral. Por esta razón el uso de elementos de protección personal como mascarillas, casco, zapatos de

seguridad y antiparras, además de charlas informativas, es trascendental para la salud ocupacional de los profesionales que participan en este tipo de obras.

Con respecto al uso de todo tipo de maquinaria como por ejemplo palas cargadoras o bulldozers, se debe tener el mismo cuidado que con la maquinaria que se utiliza en el transporte de material de relleno, mitigando toda contaminación por material particulado o por GEI. Además, es primordial mantener las distancias de seguridad que se requieren en el uso de maquinaria pesada para evitar accidentes, y para ello debemos contar con un personal calificado, profesional y actualizado en cuanto a los planes de seguridad laboral y ambiental.

### **5.2.2. Mejoramiento de Terreno**

Por lo general en Chile los sistemas que más se utilizan para el mejoramiento de terreno soportante son: Vibro flotación / Vibro sustitución, Compactación Dinámica y Pre Carga.

Los dos primeros métodos son los más agresivos producto de las vibraciones a las cuales se somete el suelo, generando gran impacto en su entorno. Por este motivo serán los procedimientos que más meticulosamente se deben analizar y preparar exhaustivos protocolos.

#### **Pre Carga:**

Al ser uno de los métodos de compactación menos invasivo, además de controlar los asientos del terreno, la estabilidad de los rellenos con ensayos de densidad y de contar con un sistema de drenaje que permita reutilizar en la medida de lo posible el agua o eliminarla para esta etapa del proyecto, se debe prestar cuidado con la maquinaria que se utilizará, para trasladar el material de carga, con los requerimientos que se plantearon en el transporte de material de relleno.

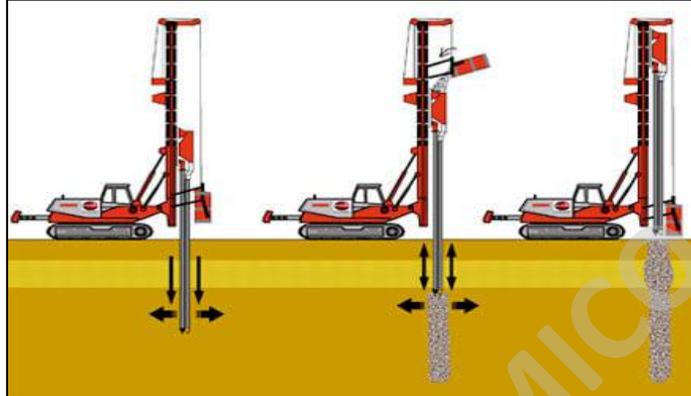
Gracias a este procedimiento podemos hacer uso eficiente de los espacios, por ejemplo, podemos usarlo para el acopio de elementos de escollera o prefabricados que pueden cumplir 2 funciones: elemento de pre carga en el sistema de compactación y su función original en rompeolas, sin la necesidad de sistemas de compactación invasivos para el medio, pero que tienen una dificultad con respecto a los tiempos de construcción. Cabe destacar que todo dependerá del diseño del proyecto según las características del suelo y de los rellenos disponibles.

#### **Vibro flotación - Vibro sustitución:**

Este paso involucra la vibración energética profunda en suelos granulares, provocando la inestabilidad de su estructura, induciendo una licuefacción parcial y provocando asientos en superficie en el caso de la vibroflotación. En el caso de la vibrosustitución es un método mixto que además de aportar vibraciones que

permiten el asentamiento del suelo, con la retirada del vibrador, queda un hueco que es rellenado con un material granular de aportación.<sup>98</sup>

Figura 99: Método de Compactación por Vibración Profunda.



Fuente: <http://www.derco.com.mx/en/blog-derco-2/item/mejora-geotecnica-del-suelo-4>.

Antes de realizar la ejecución, se debe implementar un plan de mitigación para minimizar y/o compensar los efectos negativos que trae este procedimiento, por supuesto tomando en cuenta la importancia de preservar toda especie existente en la zona de intervención.

Los horarios de trabajo deberán ser efectuados en jornadas que no afecten a la población costera y para eso, la empresa ejecutora deberá tomar en cuenta la participación ciudadana en caso de posibles impactos o repercusiones, que no hayan sido antes contemplados, fomentando la relación puerto-ciudad desde la construcción de la obra.

El vibrador es levantado por una grúa, que deberá contar con un anclaje seguro y correcto en suelo firme, en el caso de vías secas, con la ayuda profesional del personal capacitado, que implementará todas las medidas preventivas para evitar posibles riesgos específicos, sin descuidar la seguridad laboral.

Con respecto a las grúas, hoy en día existen motores hidráulicos y eléctricos para este tipo de maquinarias, que pueden obtener su energía a partir de fuentes renovables para su funcionamiento, evitando el uso de maquinaria con motores en base a combustibles convencionales, por lo tanto, no debemos quedar atrás frente a las nuevas tecnologías y exigencias medioambientales que se presentan.

En el caso de vías húmedas, o sea, para compactar suelos marinos, se deberá hacer uso de la misma maquinaria que se utiliza en vías secas, pero sobre embarcaciones que cuenten con las exigencias de la Organización Marítima Internacional, en cuanto a las emisiones GEI y a las intensidades de sonido y que ojalá cuenten con

---

<sup>98</sup> GOBIERNO DE ESPAÑA. Guía de buenas prácticas para la ejecución de obras marítimas: Capítulo 6: Dragados, Rellenos, Escolleras y Prefabricados. España, 2008.

el Sistema Onshore Power Supply o con GNL según la disponibilidad. Además, las embarcaciones deberán estar a la vanguardia de tratamientos de gases de escape y filtros que disminuyan toda emisión contaminante al mar y a la atmosfera.

En cuanto al acopio del material granular para la vibro sustitución, debe tener el mismo cuidado que se tuvo en el acopio de materiales para rellenos. Evitando la propagación de material particulado y las emisiones de CO2 producto del transporte.

En el caso de la vibro flotación, luego del procedimiento, se debe realizar una compactación superficial sobre el terreno trabajado, para dar el acabado final, y los resguardos en cuanto a la maquinaria a utilizar, serán los mismos que se verán a continuación en la sección de compactación dinámica.

### **Compactación Dinámica:**

La compactación dinámica es una técnica que consiste en impactar repetidamente sobre el suelo con una maza que se deja caer. Se puede emplear en suelos granulares saturados o no, y proporciona buenos resultados en rellenos artificiales de naturaleza heterogénea, que son difícilmente mejorables con otros procedimientos.<sup>99</sup>

En la medida de lo posible debemos reutilizar el agua que podamos acumular en la zona de trabajo, al igual que en los procedimientos anteriores, con el uso de drenes o bombas, antes de su compactación.

En relación a la maquinaria que se utiliza, se busca que ojalá obtengan su energía de fuentes más económicas como el GNL u otras más ecológicas, dependiendo de su disponibilidad o acceso. De no ser posible, se tendrá control sobre las mantenciones y revisiones de las maquinas, que garanticen la liberación de las mínimas emisiones contaminantes, según las autoridades medioambientales correspondientes.

El uso de pantallas atrapa-polvo en suelos secos ayuda a la propagación de material particulado, producto de los golpes frecuentes sobre el suelo en este procedimiento.

---

<sup>99</sup> GOBIERNO DE ESPAÑA. Guía de buenas prácticas para la ejecución de obras marítimas: Capítulo 6: Dragados, Rellenos, Escolleras y Prefabricados. España, 2008.

Imagen 80: Compactación Dinámica en Suelo Seco.



Fuente: Guía de buenas prácticas para la ejecución de obras marítimas: Capítulo 6: Dragados, Rellenos, Escolleras y Prefabricados. España, 2008.

Los horarios y tiempos de trabajo, deberán seguir estrictas disciplinas, ya que además de repercutir en la población por las intensidades de sonido y por el material particulado, afectan la salud ocupacional de los trabajadores, que, a pesar de contar con los elementos de protección personal, están expuestos a frecuentes vibraciones a material particulado y prologados tiempos de fuertes sonidos.

### **5.2.3. Montajes Masivos**

El transporte para elementos prefabricados como escolleras o cajones para muelles de penetración, involucra maquinaria que emana grandes cantidades de GEI dentro de la ciudad, además de impactar las vías carreteras provocando congestión y demoras, por el cuidado que requieren, alterando el entorno social.

#### **Obras de Abrigo:**

Una vez que transportemos el material que se utilizará en las obras de abrigo, de igual forma como se hizo con el material de relleno, al igual que con el acopio, se procede a cargar el material con dúmpers o camiones hacia gánguiles que trasladarán los áridos al fondo del mar, desde los muelles habilitados para este efecto.

Con respecto a las maquinarias terrestres utilizadas para la carga del material, debemos controlar, al igual que en los pasos anteriores, los requerimientos ambientales para el uso de camiones, que nos aseguren su utilización.

En relación a los gánguiles, es importante preocuparnos por el tipo de combustible que utilizan. Por lo general, estas embarcaciones funcionan en base a combustibles sumamente contaminantes, y por eso, hay que ajustar las exigencias con respecto a estas maquinarias, con el fin de que apoyen a la reducción de GEI, de las intensidades de sonido que afectan a los trabajadores, a la sociedad y al medioambiente, además del vertido de agentes contaminantes al mar.

Imagen 81: Gánguil con Material para Obra de Abrigo.



Fuente: <http://www.gadegescon.com/galeria-vertidos-ganguil.php>.

Para esta etapa del mismo modo que en apartados anteriores, la humectación del material que se transporta es una necesidad imperiosa, para minimizar el levantamiento de material particulado.

### **Escolleras:**

En el caso de *escolleras naturales*, además del transporte, el enfoque para la mitigación está en el uso de grúas y excavadoras para su colocación.

Es indispensable contar con el personal capacitado para el uso de grúas y excavadoras, que garanticen el anclaje correcto para evitar todo riesgo que comprometa la seguridad de los trabajadores, la seguridad de la obra y del medio en el cual se trabaja. También deberá predominar el uso de grúas y maquinaria lo más ecológica posible, es decir, hacer uso de fuentes renovables en la medida de lo posible para la obtención de energía, y en el peor de los casos poner resguardo en los gases de escape que liberan las maquinarias que utilizan combustible convencional, mediante la incorporación de tecnologías como catalizadores, filtros u otros que puedan adaptarse con el paso del tiempo.

Imagen 82: Transporte y Colocación de Escollera Natural.



Fuente: <https://www.change.org/p/ayuntamiento-de-santander-fuera-escolleras-de-la-playa-de-la-magdalen>.

En el caso de *escolleras artificiales*, se hará uso de grúas con mayor tecnología según el diseño de las mismas, lo cual es positivo, ya que mientras la maquinaria es más nueva, mejor es su comportamiento ecológico. Por lo general, mientras más complejo es su diseño, más maquinaria especializada se necesitará como, por ejemplo: lector GPS y sistemas computarizados que permitan la programación de los movimientos robotizados de la grúa. Este hecho igualmente, va a requerir mano de obra eficiente, es decir, personal profesional que gracias a sus aptitudes y capacidades promoverá tanto la seguridad dentro de la obra, como la medioambiental y para eso, la capacitación de todo personal en cuanto a las exigencias medioambientales y a los beneficios que trae una preocupación por la contaminación actual, debe ser un hecho.

Imagen 83: Traslado para Colocación de Escollera Artificial.



Fuente: <http://gruaslaros.es/filter/gruas/>.

### Cajones Celulares:

Esta tecnología es una de las más actuales, por este motivo, al igual que con las grúas de última tecnología para escolleras artificiales, su comportamiento en relación a la contaminación es uno de los más positivos.

Hablamos de los Diques Flotantes, que en conjunto con las propuestas de plantas eléctricas que se mencionaron en el diseño, podemos abastecer este equipo para su funcionamiento. Los diques flotantes están diseñados para construir cajones celulares en el mar, gracias a una estructura de soporte de encofrados, un equipo de deslizamiento, otro que distribuye el hormigón, además del equipo de lastrado y una plataforma de trabajo que permite el paso de personal (calificado) y el acopio de las armaduras, gracias a una instalación eléctrica, que puede provenir de fuentes renovables.

Este sistema a largo plazo es viable económicamente, ya que, al ser costoso en un comienzo, podemos obtener ingresos antes que las demás tecnologías, por su rapidez de construcción, que brinda la pronta habilitación de las estructuras a construir, ya que los diques flotantes permiten el trabajo continuo las 24 horas del día y que a diferencia de las demás, permite trabajar con sus equipos, conectado directamente en tierra, generando menores impactos negativos, ya que no requieren el uso de embarcaciones para el traslado del hormigón hasta las instalaciones donde son fabricados los cajones con otro tipo de sistema (en el mar).

Imagen 84: Dique Flotante.



Fuente: Guía de buenas prácticas para la ejecución de obras marítimas: Capítulo 6: Dragados, Rellenos, Escolleras y Prefabricados. España, 2008.

Una preocupación para este sistema es la utilización de remolques, que por lo general al igual que los gánguiles, utilizan combustible convencional. Para mitigar esta situación, tomaremos los mismos resguardos con todo tipo de embarcación, como se hizo con los gánguiles.

#### 5.2.4. Pilotajes

Se estima que cerca del 90% de los puertos chilenos están construidos sobre pilotes principalmente de acero, para la construcción de muelles.

Según las últimas cifras del Observatory of Economic Complexity, China es el principal exportador de acero y el principal importador de Chile, y si consideramos que el mercado internacional facilita la compra de elementos prefabricados de acero, por ser más económica su importación, que su fabricación en Chile, podemos tener acceso a materiales de menor costo que los pilotes de hormigón armado. Por lo que se hace indispensable emplear adecuados métodos de mitigación en el hincado de estos elementos, al ser un procedimiento agresivo, que puede repercutir de forma negativa en el entorno socio-ambiental.

En primer lugar, se debe realizar un estudio de columna de agua y de la biodiversidad marina, para reestablecer la originalidad de la zona donde se trabajará, luego del término de la obra. Y así, garantizar la prevalencia de todo lo existente, antes del comienzo de la faena.

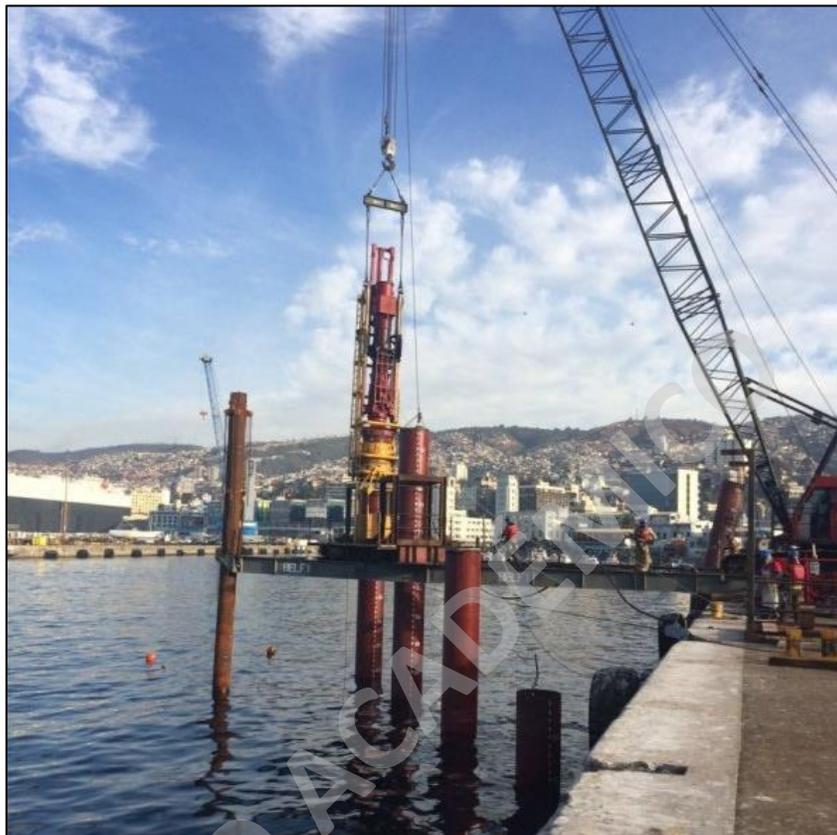
En segundo lugar, para el hincado de pilotes ya sean de hormigón armado o de acero, los elementos deberán contar con un eficiente sistema anticorrosivo, para evitar procesos de reparación o modificación cuando estén en el fondo marino, así resguardamos la zona de todo riesgo que le pueda provocar los sistemas de reparación o el contacto con elementos corrosivos.

Luego de contemplar todos los resguardos que se deben tomar durante el transporte y acopio de los elementos, nos focalizaremos en las diversas maquinarias y embarcaciones que requiere el hincado de este tipo de pilotes.

Cuando trabajamos en el hincado de pilotes sobre mar, se requiere el uso de una grúa portante, sobre un pontón flotante, que será guiado por un remolcador hasta la ubicación de cada pilote.

En el caso de trabajar sobre terreno sólido, solo se requerirá el uso de grúa para el izaje del prefabricado y al igual que en el caso anterior, para que, en conjunto con el anclaje del martillo, puedan ejecutar la hinca de los pilotes.

Imagen 85: Hincado de Pilotes de Acero - Terminal Pacífico Sur Valparaíso.



Fuente: <http://portal.tps.cl/tps-comienza-obras-de-hincado-de-pilotes-en-proyecto-de-ampliacion-del-frente-de-atraque/tps/2015-06-16/121313.html>.

En conjunto, el procedimiento es un potencial riesgo por las emisiones que generan el uso de maquinarias y embarcaciones. En solución a ello, debemos tomar las mismas acciones mitigantes en cuanto a las embarcaciones que consideramos en las Obras de Abrigo y las mismas que mencionamos para las maquinarias y grúas en el Transporte y Colocación de Escolleras.

Los problemas por emisiones sonoras y/o vibraciones provenientes de los martillos, también se hacen presentes. Para mitigar el máximo daño ocasionado, debemos hacer uso de la mejor tecnología aplicada a los martinets, así nos liberamos de los GEI que provocan la quema de combustibles fósiles para el uso de martillos de efecto simple y podemos regular los niveles de vibración y sonido que emite el aparato, para cumplir con lo indicado por la Ley General del Medio Ambiente, en conjunto con el Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo, que establece la máxima exposición ocupacional al ruido de los trabajadores, resguardando el confort y la seguridad de la población y del equipo de trabajo.

### 5.2.5. Dragados

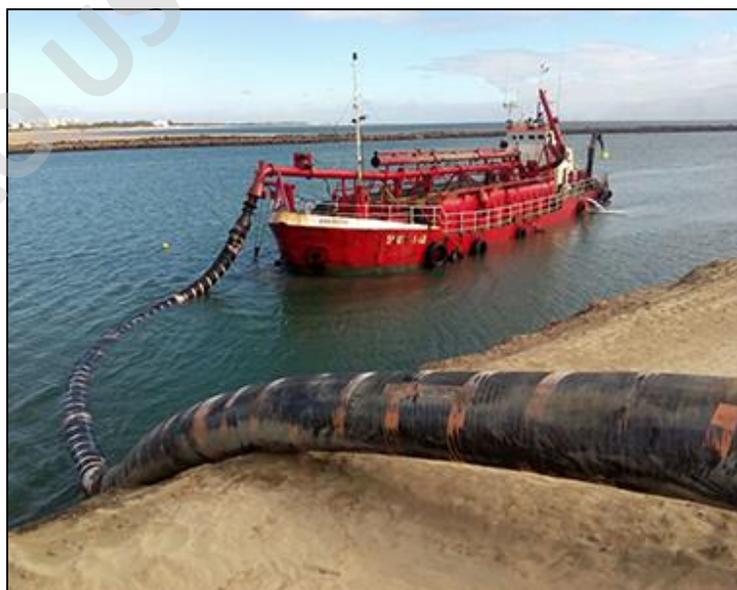
Para el dragado tanto de construcción como de mantenimiento, se deben planificar las mitigaciones adecuadas a los riesgos que contrae este procedimiento fundamental en la actividad portuaria.

Antes de realizar el dragado debemos estudiar las condiciones hidrográficas actuales y posibles futuras para poder trabajar de manera segura. Lo mejor es trabajar en mareas bajas, que influye directamente en la presencia de especies marinas y en corrientes débiles que minimicen la dispersión de material contaminante, de este modo, apoyamos preservar toda diversidad de especies marinas y sus hábitats.

Por lo general la Draga por Succión es la más utilizada, hecho positivo si lo comparamos con la Draga Mecánica que por su tipo de procedimiento y por sus maquinarias generan mayor turbiedad en las aguas.

La Draga por Succión puede utilizarse para volúmenes grandes y la Mecánica para menores volúmenes. Además, pueden complementarse con tuberías y gánguiles (respectivamente) para la extracción y acopio del sedimento, y esto dependerá de la cantidad de metros cúbicos a transportar. Mientras mayor sea la cantidad mejor es la instalación de tuberías flotantes que permitan el depósito del material en la zona de acopio, así disminuimos el uso de combustible y las emisiones provenientes de los gánguiles que trabajarían por largas horas. Mientras menores sean los metros cúbicos de sedimento, podría ser conveniente el uso de gánguiles, pero con el mismo resguardo que se tomó para su uso en las Obras de Abrigo.

Imagen 86: Dragado por Succión con Tuberías.



Fuente: [http://www.canlemar.com/obras\\_vermovil.php?obra=296](http://www.canlemar.com/obras_vermovil.php?obra=296).

Imagen 87: Dragado Mecánico con Gánguil.



Fuente: <http://www.gadegescon.com/galerias.php>.

En el caso de las Dragas para Succión Estacionarias, las exigencias para el remolcador, dependerán de la contaminación acústica que generen, el vertido de agentes químicos producto del tipo de combustible que se utilice y de una mantención que respalde el cumplimiento de las exigencias ambientales en cuanto a las emisiones de GEI. Del mismo modo, las exigencias corren para las maquinarias que se utilizan en las Dragas de Succión en Marcha.

Ojalá el material que sea extraído pueda ser reutilizado como se menciona en la primera parte de este capítulo, ya sea para su utilización como materia prima en la elaboración de materiales de construcción, como material de relleno para la construcción de muelles o como relleno para dar estabilidad a los elementos prefabricados como cajones celulares. De no ser posible ninguna de las alternativas anteriores, tomar todas las medidas que se requieran para acopiar el material en lugares autorizados, donde su depósito no afecte (o afecte en lo mínimo posible) el entorno social y medioambiental, con restricciones horarias y por supuesto estacionarias.

## CONCLUSIONES

El objetivo general de este trabajo es orientar las operaciones, el diseño y la construcción de un Puerto Chileno, hacia la Sostenibilidad, mediante Recomendaciones y Limitaciones.

### RECOMENDACIONES

#### Operaciones Portuarias:

- ✓ Adquirir la importancia como empresa portuaria, de certificar en lo máximo posible sus sistemas de gestión en cuanto a la calidad, al medio ambiente, al uso de energía, entre otros, tan importantes que al incorporar la eficiencia potenciamos su economía.
- ✓ Ya que Chile participó de la Cumbre COP21 sobre Cambio Climático, es importante que el sector portuario tanto privado como estatal y sus concesionarias, apoyen el compromiso adquirido como país, promoviendo la reducción de sus GEI, el uso de energías limpias y el desarrollo sustentable portuario.
- ✓ Como continente sería interesante tomar acciones que encaminen el transporte marítimo hacia la Sostenibilidad, tomando como ejemplo iniciativas como el Convenio de MARPOL y las GHG Strategy de la OMI, que busca disminuir la contaminación marítima, mediante el uso de combustibles con menores emisiones, el uso de filtros de escape y un sistema de control de emisiones.
- ✓ Cada puerto deberá someterse de manera voluntaria a un cálculo de su huella de carbono según las iniciativas planteadas por la WPCI o por la Green House Gas Protocol, y con esto tomar acciones correctivas o mitigantes que apoyen la reducción de GEI.
- ✓ Tanto puertos estatales como privados deberán asociarse con instituciones como la WPCI, que les ayuden a crear estrategias o tomar acciones que aporten a combatir el cambio climático, para nivelar su desempeño con países del mundo desarrollado.
- ✓ Otro tipo de certificación relacionada al tema son las que ofrece EcoPorts PERS de la ESPO, donde se someten a calificación las iniciativas que adopta el puerto en relación a la calidad del aire y de agua, al consumo de energía, al ruido, al manejo de los residuos y de desechos de embarcaciones, a las operaciones de dragado, al cambio climático y a la relación con la comunidad.
- ✓ La integración del sistema OPS (propuesta de la WPCI) es lenta por la inversión que requieren, por este motivo, primero debemos priorizar su implementación en puertos de gran escala, con alto consumo energético y en puertos emplazados en zonas residenciales, para ir paulatinamente integrando a los puertos hacia la sostenibilidad.
- ✓ Algunas otras técnicas por la WPCI también se hacen interesantes para adoptar, como técnicas para la modernización de motores y filtros de embarcaciones, además de tratamientos para los gases de escape, que, si se está incorporando en países del mundo desarrollado, a fin de cuentas, es algo que deberá prosperar en todo el mundo, partiendo por los países que están en vías de desarrollo.

- ✓ La implementación de equipos tecnológicos y maquinaria moderna que utilice fuentes limpias como la electricidad para el manejo de cargas también es otra tarea que debemos tomar en cuenta, ya que permiten una gran reducción de las emisiones que liberan el uso de equipos antiguos.
- ✓ La integración de un sistema de transporte intermodal para el eficiente manejo de las cargas, apoya la eficiencia y la sostenibilidad en las operaciones portuarias, reduciendo los GEI, disminuyendo la congestión en carreteras y los costos por transporte.
- ✓ Es importante también que cada Ministerio como el de Obras Públicas, el de Transportes, de Energía, el Ministerio del Medio Ambiente, de Economía, Fomento y Turismo, y todos los que involucran la actividad portuaria, trabajen en conjunto, no solo para mantener vigentes las exigencias medioambientales de los puertos, sino también, para el fomento de proyectos que apoyen al cambio climático, como lo hizo Europa, en la unificación de sus redes de transportes, el otorgamiento de incentivos para proyectos que aporten al desarrollo sustentable y la facilitación de inversión para proyectos que apoyen la sostenibilidad portuaria en sus tres ámbitos.
- ✓ Existen en Chile programas como el Transforma Logística, los Acuerdos de Producción Limpia y el Sello de Eficiencia Energética, que dan pie a la incorporación del Desarrollo Sostenible de los Puertos Chilenos, reconociendo públicamente a aquellos que se mantienen vigentes en cuanto a las exigencias medioambientales y sociales, beneficiando por supuesto su economía gracias a la interiorización de la eficiencia en toda actividad portuaria. Este hecho permite dejar la puerta abierta a nuevos programas que aporten a nuestro desempeño medioambiental como país.
- ✓ Algunos puertos chilenos han comenzado a publicar sus Reportes de Sostenibilidad y sus Políticas Sostenibles Portuarias, donde además de transparentar sus cifras tanto económicas como medioambientales, proponen su planificación estratégica. Sin embargo, estos son muy pocos, y muchos puertos quedan al debe, dejando a la incertidumbre su estado actual en cuanto a la contaminación que generan. Sin estos datos, se hace imposible poder tomar acciones correctivas.

#### **Diseño Portuario:**

- ✓ Diseñar el puerto y todo proyecto adjunto considerando que mientras más cercano esté a zonas residenciales y mientras más impacte a la sociedad, mayores serán las exigencias para el proyecto.
- ✓ Antes de iniciar la construcción de un proyecto, se realiza el EIA, donde transparentan todo tipo de riesgo medioambiental y social que contraiga la construcción del puerto y sus operaciones de dragado correspondientes. Con respecto a esto, es importante mantener vigentes las exigencias, haciendo revisión constante, y permitiendo también la participación ciudadana.
- ✓ Optar por el uso de materiales sustentables para la construcción de puertos y terminales, que aporten al cambio climático, como el uso de Hormigones

Sustentables, de Acero y Materias primas reciclables como se detalló en la primera parte del Capítulo 6.

- ✓ Promover el uso de pavimentos portuarios sostenibles, como el uso de material reciclado como materia prima en asfaltos, concretos para pavimentos o elementos prefabricados como adocretos u adoquines por su versatilidad frente a posibles ampliaciones en el puerto.
- ✓ Planificar toda operación de dragado que requiera un puerto, buscando que impacte lo menos posible en el entorno e incorporando planes de prevención y/o mitigación de los riesgos asociados.
- ✓ El uso de rellenos o elementos prefabricados para la construcción de muelles y rompeolas deberá depender de las condiciones del terreno, del estudio estructural que se requiera y de la disponibilidad local del material de relleno, para disminuir en la medida de lo posibles riesgos por contaminación.
- ✓ Los cajones celulares son una alternativa sostenible para la construcción de muelles con grandes áreas y con lejano acceso a canteras, facilita la construcción en el mar, desembarazando zonas residenciales de posibles riesgos y utiliza la última tecnología en apoyo al uso de electricidad en vez de combustibles convencionales.
- ✓ Es importante la incorporación de iluminación LED, en apoyo a la eficiencia energética y a la reducción de la contaminación.
- ✓ Integrar el transporte ferroviario para el movimiento de mercancías portuarias en el diseño, debido a las características geográficas de nuestro país, aportando al uso de energías limpias para su funcionamiento, beneficiando la logística portuaria y reduciendo sus emisiones de GEI.
- ✓ La integración de plantas que proporcionen energía y agua en los puertos es una recomendación estratégica por la proximidad del mar, que permite el uso del viento costero y del agua salada para satisfacer las necesidades que trae el cambio climático. En el norte se hace necesaria la integración de plantas desaladoras por la escasez de agua que estamos viviendo y la integración de plantas solares por las favorables condiciones climáticas, en el centro sur del país el uso de energía eólica es una fuente inagotable que está siendo desaprovechada y que permitiría gran cantidad de beneficios.
- ✓ La incorporación de plantas desaladoras y energéticas es una propuesta interesante para varios sectores, no solo al portuario, sino también para el sector industrial, minero y residencial. Es interesante también que las industrias que tengan un alto consumo energético o hídrico, aporten monetariamente de manera obligatoria a este tipo de proyectos, que además de beneficiarlos por el acceso a los recursos, estarían favoreciendo su imagen, que se ha visto envuelta de adversidades por los contratiempos que han generado a la sociedad y al medioambiente, como su aporte a la contaminación y al agotamiento de recursos naturales.

### **Construcción Portuaria:**

- ✓ En cuanto a grandes rellenos y material para escolleras, se debe estudiar el tipo de material disponible, los volúmenes, la disponibilidad de canteras próximas, las rutas de transporte y los costos asociados, para hacer elección de la mejor alternativa.
- ✓ En el caso de las operaciones de dragado, debemos antes garantizar impactar en lo mínimo posible toda biodiversidad existente en tierra y en mar, realizando estudios y proponiendo acciones mitigantes.
- ✓ El material de dragado es uno de los grandes problemas en la construcción de puertos, ya que interviene la originalidad de suelos terrestres por su acopio. En solución a ello, se propone reutilizar el desecho lo máximo posible, ya sea en la conformación de materiales de construcción, como relleno para la construcción de muelles o como estabilizador entre los espacios de cajones celulares.
- ✓ En el caso de ver imposibilitada la propuesta anterior, tanto para material de dragado como para material excedente proveniente de excavaciones, debemos contar con botaderos autorizados e implementar todo procedimiento que garantice reestablecer su originalidad en la medida de lo posible.
- ✓ Con respecto al transporte de material de relleno o de elementos prefabricados para la construcción de muelles y obras de abrigo, además del procedimiento de compactación de suelos, debemos tomar resguardo con el levantamiento de polvo, humectando las áreas de trabajo, las vías de transporte y/o los neumáticos de los camiones que se utilizan, complementado con el encarpe de maquinaria a utilizar.
- ✓ El acopio de materiales en la obra también deberá considerar un plan de mitigación, como el uso de pantallas atrapa-polvo para evitar el levantamiento de material particulado, la humectación de la zona y la seguridad correspondiente.
- ✓ Todo procedimiento que requiera la colocación de rellenos y la compactación de los mismos deben llevar un control topográfico y de densidades que minimicen la probabilidad de asentamientos del suelo y en consecuencia garanticen la seguridad de la obra, de sus trabajadores y del entorno involucrado.
- ✓ Se debe implementar un plan para el manejo de aguas, para evitar su contaminación, permitir su gestión eficiente y su reutilización en la medida de lo posible.
- ✓ Se debe considerar también una planificación de trabajo para minimizar potenciales riesgos por fuerte contaminación acústica o atmosférica, en cuanto a horarios y periodos estacionales adecuados, que garanticen el confort social y el cumplimiento normativo correspondiente.
- ✓ Para la colocación de escolleras o pilotes prefabricados es indispensable el uso de grúas con el correcto anclaje y el personal calificado, apoyando la seguridad laboral y del entorno.
- ✓ El uso de grúas de última tecnología apoya el consumo de combustibles limpios y la automatización de sus servicios.
- ✓ Con respecto a toda maquinaria y equipos que se utilicen en la construcción de un puerto, deben tener sus revisiones y mantenciones al día, garantizando que las emisiones de gases contaminantes y que el sistema de escape, funcione según las

normas ambientales actuales, que por cierto deben adecuarse según las necesidades medioambientales y ser más exigentes con el paso del tiempo para la circulación de este tipo de maquinarias.

- ✓ En el caso de maquinarias como retroexcavadora, tolvas, dúmpers, martillos vibratorios, entre otros que utilizan combustibles convencionales, debemos poner resguardo en los gases de escape que liberan las maquinarias, mediante la incorporación de tecnologías como catalizadores, filtros u otros que puedan adaptarse con el paso del tiempo.
- ✓ Como última recomendación en relación al uso de embarcaciones como remolcadores o gánguiles para el transporte de rellenos o de material de dragado, es importante preocuparnos por el tipo de combustible que utilizan. Por lo general, estas embarcaciones funcionan en base a combustibles sumamente contaminantes, y por eso, hay que ajustar las exigencias con respecto a estas maquinarias, con el fin de que apoyen a la reducción de: gases de efecto invernadero, vertido de agentes contaminantes al mar y de las intensidades de sonido, que afectan a los trabajadores, a la sociedad y al medioambiente.

*“Para finalizar, los puertos chilenos existentes deben adoptar de manera gradual los avances planteados en el capítulo 4 y los puertos nuevos o futuras ampliaciones, deberán considerar las propuestas expuestas en el capítulo 5, en la medida de lo posible, para garantizar que tanto su diseño, como su construcción y sus operaciones avancen hacia un desarrollo sostenible, que beneficie la economía de las empresas del rubro, la comunidad y el medioambiente. Es importante mencionar también, que la cantidad de países que consideren este tipo de propuestas en sus proyectos, es proporcional al combate frente al cambio climático y sus impactos.”*

## **LIMITACIONES**

- ✓ Las principales limitaciones de este estudio radican en la escasa información de los principales proyectos de Chile, como el Terminal Cerros de Valparaíso o el Puerto Gran Escala de San Antonio, al ser las principales puertas de entrada del comercio que se mueve por vía marítima. Esta situación dificulta la adaptación de estos nuevos proyectos para orientarlos hacia la Sostenibilidad, ya que no se contó con el Estudio de Impacto Ambiental, ni con mucha información sobre los riesgos actuales que contraen estos proyectos.
- ✓ Otra limitación es la escasa información con respecto a la contaminación que genera la construcción de un puerto en particular, ya que no se habla del tema, ni se publica a diferencia de otro tipo de proyectos.
- ✓ En último caso, la adaptación lenta de los Reportes de Sostenibilidad en los puertos chilenos, dificulta evaluar el desempeño de todos los puertos en su conjunto, ya que no todos se han sumado de la misma manera a las iniciativas propuestas por el cambio climático, y queda una larga tarea por delante.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. UNCTAD. Comunicado de prensa. Suiza: Ginebra, noviembre 2016.
2. CAMPORT. Desafíos de la Conectividad para el Comercio Exterior. Chile, abril 2015.
3. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DEL COMERCIO. Estadísticas de Comercio Internacional, 2015.
4. BANCO MUNDIAL. Exportaciones de productos de alta tecnología (US\$ a precios), 2016.
5. CENTRAL INTELLIGENCE AGENCY. Biblioteca.
6. DRA. BRUNDTLAND, Gro Harlem. Nuestro futuro común, 1987.
7. UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE. Apuntes de Economía de Transporte.
8. SEP. Memoria 2015. Sistema de Empresas, Chile.
9. CCHC. Infraestructura Crítica para el Desarrollo: Bases para un Chile integrado, 2013.
10. MTT. Ley 19.542: Título III De las definiciones. Chile, 1997.
11. CCHC. “Infraestructura Crítica para el Desarrollo: Análisis Sectorial 2012 – 2016”. Chile, 2012.
12. BENAVIDES NÚÑEZ, José Francisco. “Puertos: Antecedentes para el diseño, construcción, planificación y explotación”, Capítulo 2: El Puerto. Chile, 2013.
13. FERNANDEZ SAN LUIS, Sara e IGLESIAS PIRLA, Fernando. “Infraestructura Portuaria Gestión y Logística”. Universidad La Laguna. España, 2015.
14. BENAVIDES NÚÑEZ, José Francisco. “Puertos: Antecedentes para el Diseño, Construcción, Planificación y Explotación”, Capítulo 4: Maquinaria, Equipamiento y Características de Terminales Portuarios. Chile, 2012.
15. DIRECCIÓN DE OBRAS PORTUARIAS, MOP. “Guía para el Diseño, Construcción, Operación y Conservación de Obras Marítimas y Costeras”. Chile, 2013.
16. BENAVIDES NÚÑEZ, José Francisco. “Puertos: Antecedentes para el Diseño, Construcción, Planificación y Explotación”, Capítulo 7: Dragados. Chile, 2012.
17. GOBIERNO DE ESPAÑA. Guía de buenas prácticas para la ejecución de obras marítimas: Capítulo 6: Dragados, Rellenos, Escolleras y Prefabricados. España, 2008.
18. COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE. Guía para el Control y Prevención de la Contaminación Industrial: Actividad Portuaria - Capítulo 3. Chile: Santiago, 2000.
19. PIANC. Dredging and Port Construction around Coral Reefs. The World Association for Waterborne Transport Infrastructure, 2010. Report No. 108, 75pp.
20. SHENGHUI, J., RIJUN, H., XIULI, F., LONGHAI, Z., WEI, Z., & AIJIANG, L. Influence of the Construction of the Yantai West Port on the Dynamic Sedimentary Environment. Marine Georesources & Geotechnology, 2017.
21. ITF/OECD. International Transport Forum: Port Policy Review of Chile, 2016.
22. MOP. Infraestructura Portuaria y Costera: Chile 2020, 2009.
23. Dra. BRUNDTLAND Harlem 1987.
24. CMMA. Nuestro Futuro Común, 1987.
25. Pro Chile - Ministerio de Relaciones Exteriores. Sustentabilidad.
26. Huella de Carbono 2013 – Terminal Pacifico Sur Valparaíso.
27. QUIROGA R. Indicadores de Sostenibilidad Ambiental y de Desarrollo Sostenible: Estado del Arte y Perspectivas. CEPAL. Chile: Santiago, 2001.
28. ING. DOERR Octavio. 2011.

29. ÁLVAREZ C. Análisis de la Realidad Latinoamericana de Obras Portuarias hacia su Desarrollo Sustentable, PUCCh, 2015.
30. Instituto Superior del Medio Ambiente.
31. WORLD PORTS CLIMATE INITIATIVE - On-Shore Power Supply.
32. DOMÈNECH Josep. Área de Planificación Estratégica y Estudios, Departamento de Macroeconomía en CaixaBank.
33. MINISTERIO MEDIO AMBIENTE: Agencia Europea de Medioambiente. Integración de la Política Ambiental en Europa. España, 2006.
34. GUERRA, Andrés. Director de Sostenibilidad ESPO: 1º Conferencia Hemisférica sobre Protección Ambiental Portuaria.
35. ECOPORTS. Herramientas: Sistema de Revisión Medioambiental Portuaria.
36. LOGISTICS WORLD. Directorio Mundial de Transporte y Logística.
37. Ley 20.416 - Artículo Décimo: Acuerdos de Producción Limpia, 2010.
38. Acuerdo de Producción Limpia - Sector: Puerto Arica, Región Arica y Parinacota. Octubre 2014.
39. Presentación: Sello de Eficiencia Energética 2018 - Ministerio de Energía y Agencia Chilena de Eficiencia Energética.
40. Memoria 2017 Puerto Ventanas S.A.
41. Reporte de Gases de Efecto Invernadero 2012 - Terminal Puerto Arica.
42. Puerto Arica - Puerto / Novedades: Ministra de Medio Ambiente destaca a Puerto Arica por medición de Huella de Carbono. Julio 2012.
43. Empresa Portuaria San Antonio - Chile.
44. MARTINEZ, P. Rol de la Industria de la Construcción en el Desarrollo Sustentable. Revista Ambiente y Desarrollo de CIPMA, 2003.
45. DÁVALOS, A. Una nueva mirada a los materiales de Construcción. Chile y el Carbono - La Mitigación para un Desarrollo Sostenible. REVISTA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE, 2013.
46. GUTIÉRREZ MORENO, José Manuel; MUNGARAY MOCTEZUMA, Alejandro; HALLACK ALEGRÍA, Michelle. Reuse of Hydraulic Concrete Waste as a New Material in Construction Procedures: a Sustainable Alternative in Northwest Mexico. *Revista de la Construcción*, 2015, vol. 14, no 2.
47. INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN, NCh1037.Of1977, Ensayo de compresión de probetas cúbicas y cilíndricas, Santiago, Chile.
48. VALDÉS VIDAL, Gonzalo; REYES-ORTIZ, Óscar Javier; GONZÁLEZ PEÑUELA, Giovanni. Aplicación de los residuos de hormigón en materiales de construcción. *Ingeniería y Desarrollo*, 2011, vol. 29, no 1.
49. EL OBSERVATORIO DE COMPLEJIDAD ECONÓMICA (OEC) - <https://atlas.media.mit.edu/en/>.
50. GECAMIN - <https://gecamin.com/espanol/quienes-somos/nuestra-empresa>.
51. HSEC Magazine - <http://www.emb.cl/hsec/perfil.mvc>.
52. Green House Gas Protocol - (<http://www.ghgprotocol.org/corporate-standard>).
53. Journal of Material Cycles and Waste Management: Diario Oficial de la Sociedad Japonesa de Ciclos de Materiales y Gestión de Desechos (JSMCWM) y la Sociedad de Gestión de Residuos de Corea (KSWM).

54. MURARI, Krishna; SIDDIQUE, Rafat; JAIN, K. K. Use of waste copper slag, a sustainable material. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 2015, vol. 17, no 1, p. 13-26.
55. AL-JABRI, Khalifa S., et al. Copper slag as sand replacement for high performance concrete. *Cement and Concrete Composites*, 2009, vol. 31, no 7, p. 483-488.
56. NAZER, A., et al. Una revisión de los usos de las escorias de cobre. *Iberomet XI. X Conamet/sam (del 2 al 5 de noviembre del 2010, viña del mar, Chile)*, 2010.
57. VLDAUD, Ingrid; VLDAUD, Eduardo de J. Revista Construcción y Tecnología en Concreto: Polímeros Fibroreforzados. *Una alternativa sustentable frente al ataque de la corrosión en el concreto armado*, 2014, vol. 4, no 9, p. 32-35.
58. SHEIKH, Shamim A.; KHARAL, Zahra. Replacement of steel with GFRP for sustainable reinforced concrete. *Construction and Building Materials*, 2017.
59. YANG, Shutong, et al. Properties of self-compacting lightweight concrete containing recycled plastic particles. *Construction and Building Materials*, 2015, vol. 84, p. 444-453.
60. The Cutton Bud Project. BBC - <http://www.bbc.com/mundo/noticias-42304901>.
61. BBC Mundo - 5 Gráficos para entender por qué el plástico es una amenaza para nuestro planeta, 2017.
62. ANDERSSON, G., et al. Sustainable steel production—Swedish initiative to ‘close the loop’. *Mineral Processing and Extractive Metallurgy*, 2017, vol. 126, no 1-2, p. 81-88.
63. ANDERSSON, G., et al. Sustainable steel production—Swedish initiative to ‘close the loop’. *Mineral Processing and Extractive Metallurgy*, 2017, vol. 126, no 1-2, p. 81-88.
64. GOBIERNO REGIONAL DE TARAPACÁ - Proyecto Corfo construye adoquines con residuos mineros y conchas marinas, 2016. Pág. Web: <https://www.goretarapaca.gov.cl/?p=5775>.
65. DIRECCIÓN DE COMUNICACIONES - Codelco División Ventanas.
66. CUTRONEO, L., et al. Evaluation of the boundary condition influence on PAH concentrations in the water column during the sediment dredging of a port. *Marine pollution bulletin*, 2015, vol. 101, no 2, p. 583-593.
67. PIANC. Dredging Management Practices for the Environment: A Structured Selection Approach, 2009, no 114, p. 8.
68. MYMRIN, Vsevolod, et al. Utilization of sediments dredged from marine ports as a principal component of composite material. *Journal of cleaner production*, 2017, vol. 142, p. 4041-4049.
69. FUNDACIÓN VALENCIAPORT - COMISIÓN INTERAMERICANA DE PUERTOS: “Eficiencia energética en puertos: Tendencias y mejores prácticas”, 2016.
70. REVISTA EÓLICA Y DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO - Los Trenes de Holanda funcionan con energía eólica, 2017.
71. PARKINSON, G. RENEW ECONOMY - World-first “solar train” about to be launched in Byron Bay, 2017.
72. UNIVERSIDAD DE CHILE - Presentación Territorial Acerca de Chile - <http://www.uchile.cl>.
73. Estadísticas Portuarias - SEP.
74. SOLAUN, Kepa; CERDÁ, Emilio. The Impact of Climate Change on the Generation of Hydroelectric Power—A Case Study in Southern Spain. *Energies*, 2017, vol. 10, no 9, p. 1343.