



# UNA PERSPECTIVA DE LOS PROYECTOS PORTUARIOS EN CHILE



Javier Vásquez Álvarez  
Ing. Civil, MSc. (Eng)

# MOTIVACIÓN SIOP

Primer seminario en 2000 en Valparaíso con el objetivo de juntar a profesionales del ámbito portuario (... *sin ecuaciones*)

La especialidad de Ingeniería de Costas moderna, con procedimientos analíticos se inició a comienzos del siglo XX.

Coincidió con un periodo de desarrollos portuarios impresionante en Chile.

Y como me dijo un amigo y colega mexicano, hace ya varios años;

***“las cosas ya no son simples amigo”***

La ingeniería portuaria es muy interdisciplinaria:

- ❖ Ingeniería de costas
- ❖ Estructuras marinas
- ❖ Construcción de obras marinas
- ❖ Navegación y maniobras
- ❖ Manejo de cargas
- ❖ Ambiente costero
- ❖ Desarrollos costeros
- ❖ Sostenibilidad
- ❖ Sistemas informáticos
- ❖ Sistemas logísticos
- ❖ Ingeniería de transportes
- ❖ Ingeniería económica
- ❖ Comercio internacional
- .....

Desarrollar y operar puertos, ***afortunadamente***, sigue siendo complejo y los desafíos son grandes

- ❖ La perspectiva de los proyectos portuarios en Chile es un tema muy amplio, pero es un marco para intentar un recorrido de la historia, plantear algunas reflexiones, desafíos y motivar.
- ❖ Voy a visitar un par de proyectos y comentar como las problemáticas que enfrentaron siguen muy vigentes.
- ❖ La visión será desde mi experiencia como Ingeniero Marítimo (puertos y costas).

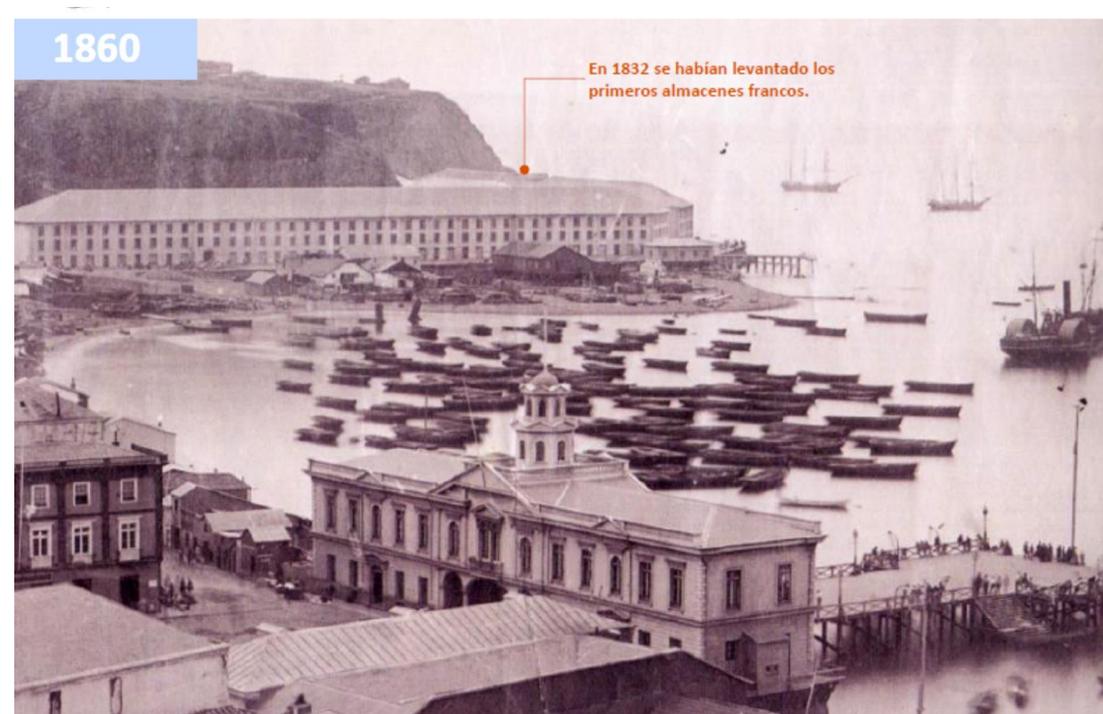
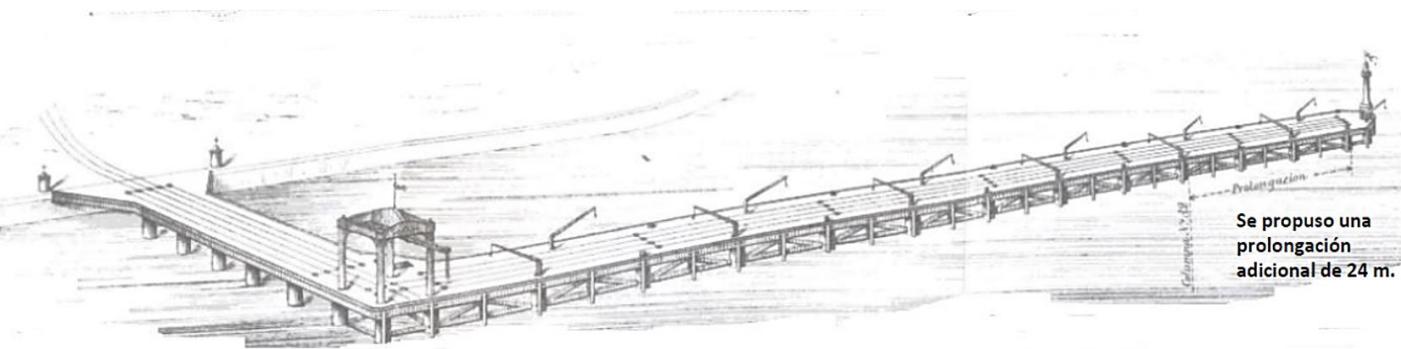
# EL PUERTO DE VALPARAÍSO

Bernardo O'Higgins pensaba que era muy difícil construir un "muelle de piedra" y proponía una dársena excavada.

De 1841 a 1861 los barcos se atendían desde la playa, con serios problemas en invierno.

En 1861 el Ing. Ramón Salazar presentó un proyecto de molo de abrigo con un sistema de concesión a 90 años

La construcción del Muelle Fiscal se demoró 10 años (1873-1883).

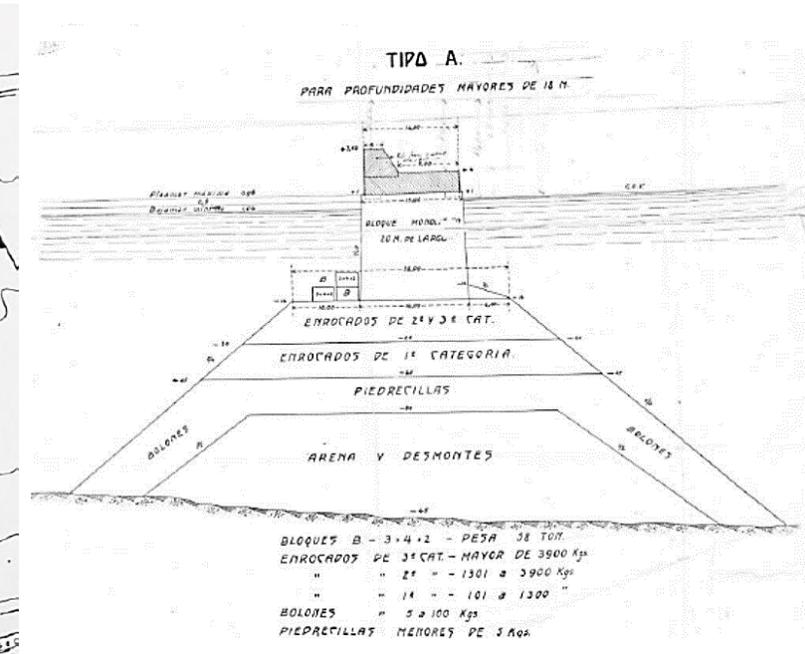
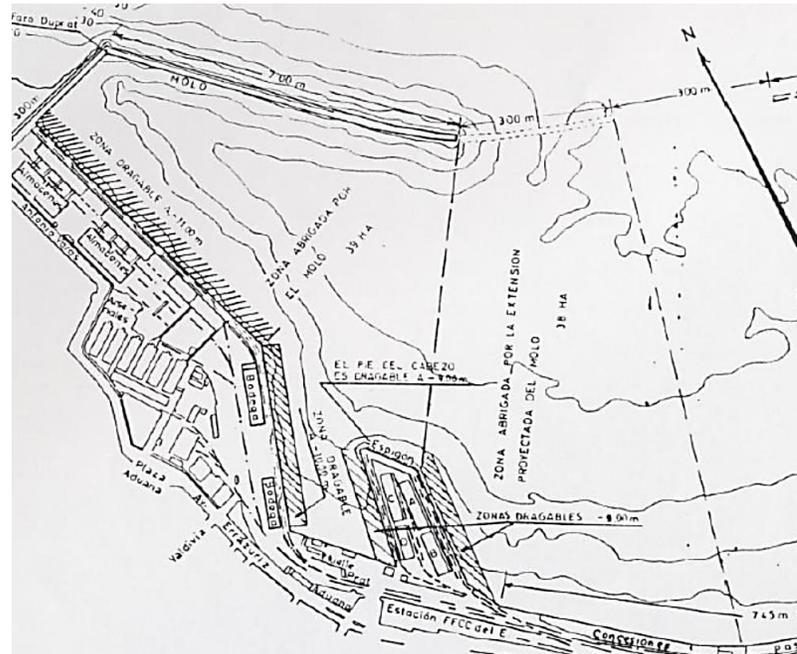
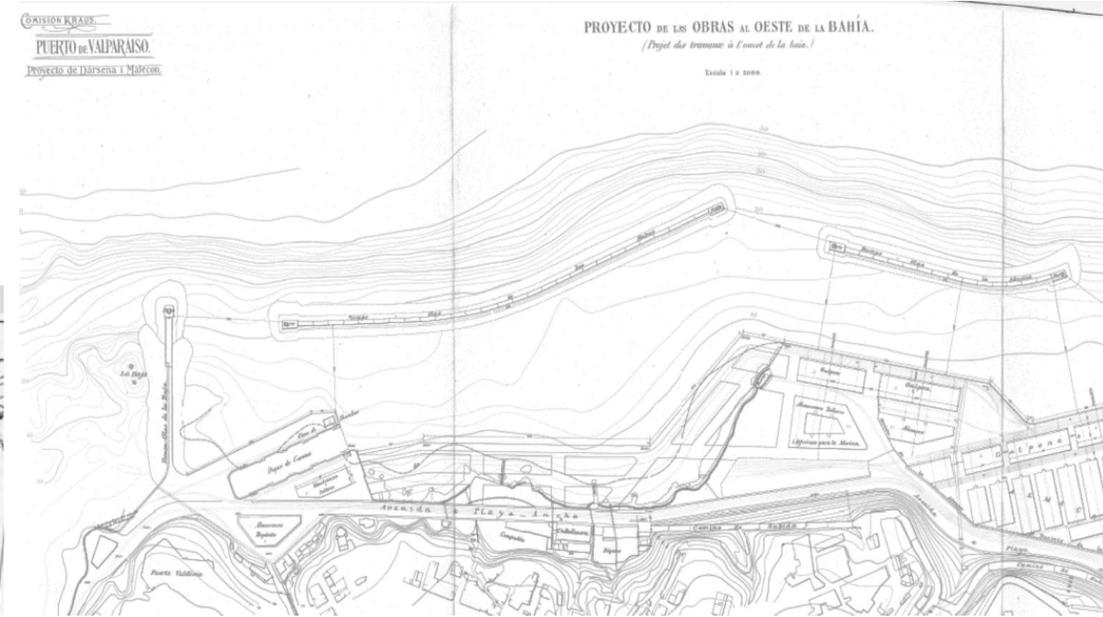
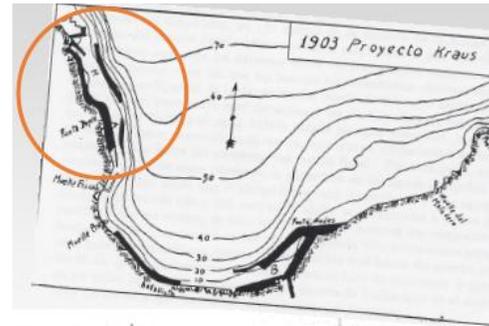


Lo sucedió en 1876 Lawrence Chapron, quien terminó su construcción, debido a que Juan Hughes falleció en 1874.



# EL MOLO DE ABRIGO

- ❖ El Molo de Abrigo fue un gran desafío. Se desarrollaron varias alternativas de proyecto, tanto de ingenieros nacionales como extranjeros.
- ❖ El 22 de julio 1911 se abrieron las propuestas para las obras de Valparaíso y San Antonio. El 29 de julio se adjudicó el contrato para San Antonio. No hubo ofertas para Valparaíso.
- ❖ El 11 mayo 1912 se adjudicó la obra para el molo de Valparaíso con un plazo de ejecución de 7 años. Tomó mas del doble (1ª Guerra Mundial y ampliación de contrato (700 m de molo).

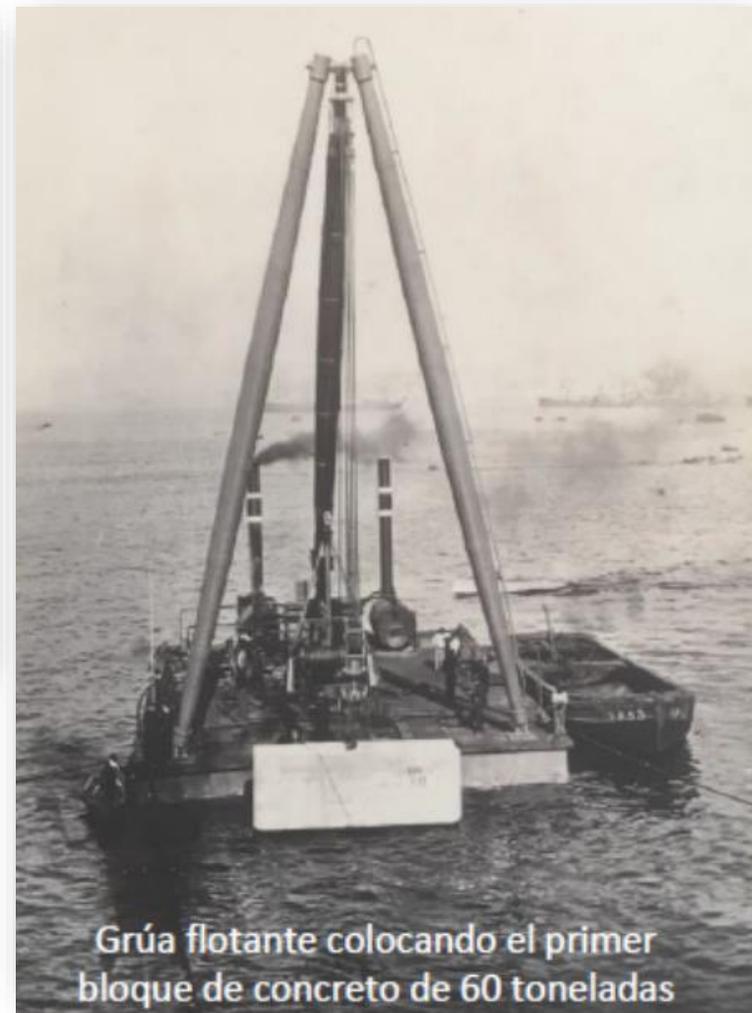




Muelle de las Salinas



Cargando un Ganguil con enrocados en el Muelle de las Salinas



Grúa flotante colocando el primer bloque de concreto de 60 toneladas



Colocación del primer cajón monolítico en molo de abrigo

MONOGRAFIA DE LAS OBRAS  
PORTUARIAS DE VALPARAÍSO

*Pedro Sapunar Perić  
Ingeniero Civil*

**"Historia de la Ingeniería Portuaria  
1870-1930"**

Encuentro "Historia de la Ingeniería en Valparaíso"  
Colegio de Ingenieros de Chile

Alejandro Ubeda Opgaard  
Ingeniero de Desarrollo  
Empresa Portuaria Valparaíso  
30 de agosto 2017

PuertoValparaíso

# PUERTO DE CONSTITUCIÓN Y MUELLE MAGUELLINES



## Puerto Constitución

- 1927 Ingeniería Chilena.
- El desafío de lidiar con los sedimentos costeros.
- Pese a grandes esfuerzos y costos... nunca se termino.

*En el caso de Puerto de Constitución, las polémicas y discusiones de los ingenieros y autoridades de la época son muy interesantes... suenan cercanas.*

## Muelle Maguelines

- 1970 Ingeniería de Estados Unidos.
- El desafío del *swell* del Pacífico Sur.
- Se construyó, pero nunca pudo operar.

*Sobre la historia y problemática del Muelle de Maguelines, no se encuentra mucha información.*

***Dos proyectos que siempre deberemos tener presente***



# MUELLE MAGUELLINES

- Este proyecto ya incorpora la ingeniería de los años 70.
- Para exportación de celulosa con barcos Loa 160 m.
- Estructura con buena elevación, pilotes de acero. Buen estándar.
- Primer muelle en esta costa totalmente expuesta con un swell persistente de periodo largo. Tormentas y marejadas en verano e invierno.

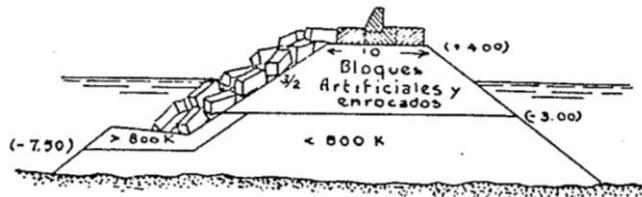
## Qué se puede especular:

- ❖ Poca experiencia en muelles expuestos a oleaje *swell* como el del Pacífico Sur.
- ❖ ¿midieron el oleaje?
- ❖ Faltó un estudio en modelo físico.
- ❖ Hoy parece obvio que este proyecto tenía un riesgo muy grande.
- ❖ Nunca más se habló de un proyecto de puerto en Maguelines... ¿hoy en día lo podríamos lograr?



# PUERTO CONSTITUCIÓN

Apenas comienza la construcción de los molos, se observa una rápida y continua sedimentación.



# PUERTO CONSTITUCIÓN

## ❖ Sedimentación

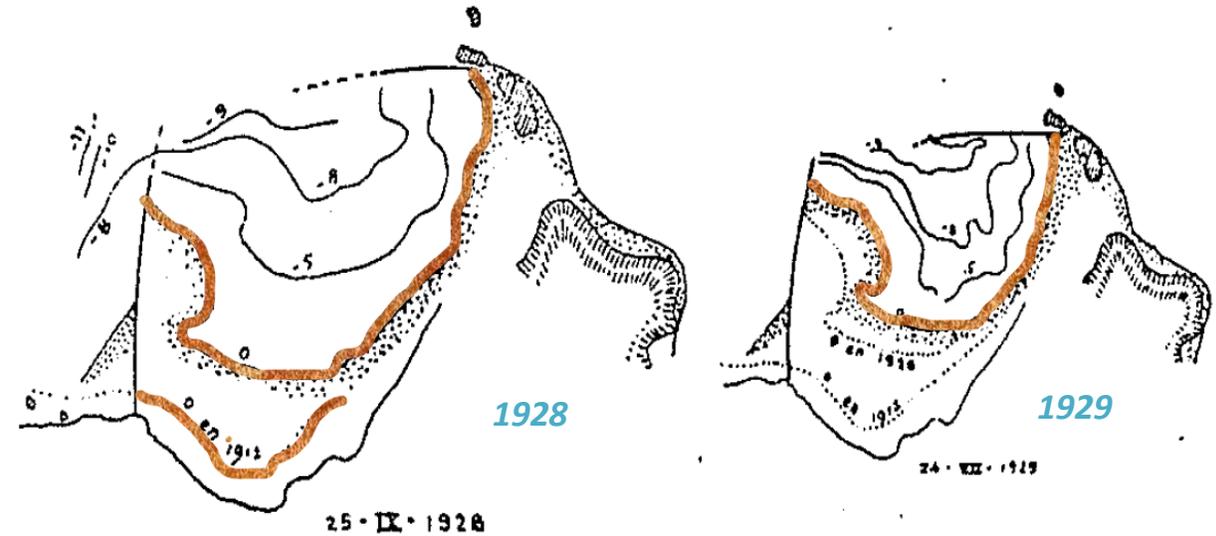
- Entre septiembre 1928 y julio 1929, 838k m<sup>3</sup>
- Promedio mensual de 5k a 160k m<sup>3</sup>

## ❖ Avance molos

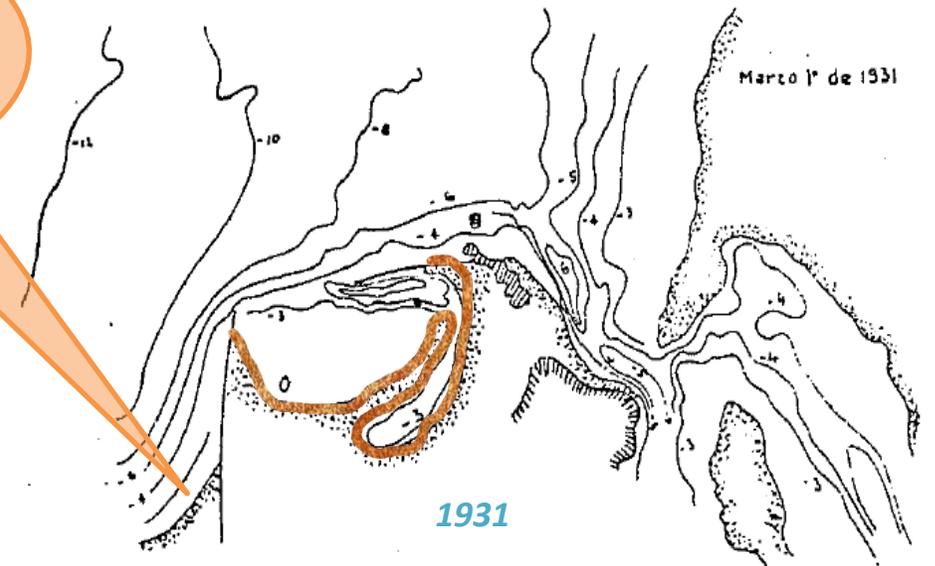
- Entre 13 y 17 m/mes en cada molo.
- Problema de cantera. Categoría de rocas y producción era distinta a la experiencia de San Antonio.

## ❖ Solución para el embanque

- El Ing. Lira proponía alargar los molos aprox. 500 m para pasar la “línea neutra” llegando a 10 m de profundidad.
- Lucha entre el constructor y la arena.



*¿de donde venía  
la arena?*



# PUERTO CONSTITUCIÓN

*Todavía quedan restos del gran esfuerzo...*



## PUERTO CONSTITUCIÓN

### Los “enemigos” eran los ríos Maule e Itata

- Cuencas andinas con fuertes aportes de sedimentos.
- También aportes de cuencas costeras de la cordillera de Nahuelbuta.
- Y el oleaje swell del Pacífico Sur, con su reinante del 3<sup>er</sup> cuadrante y dominante del 4<sup>to</sup> cuadrante. No daba tregua con el transporte litoral de arenas.

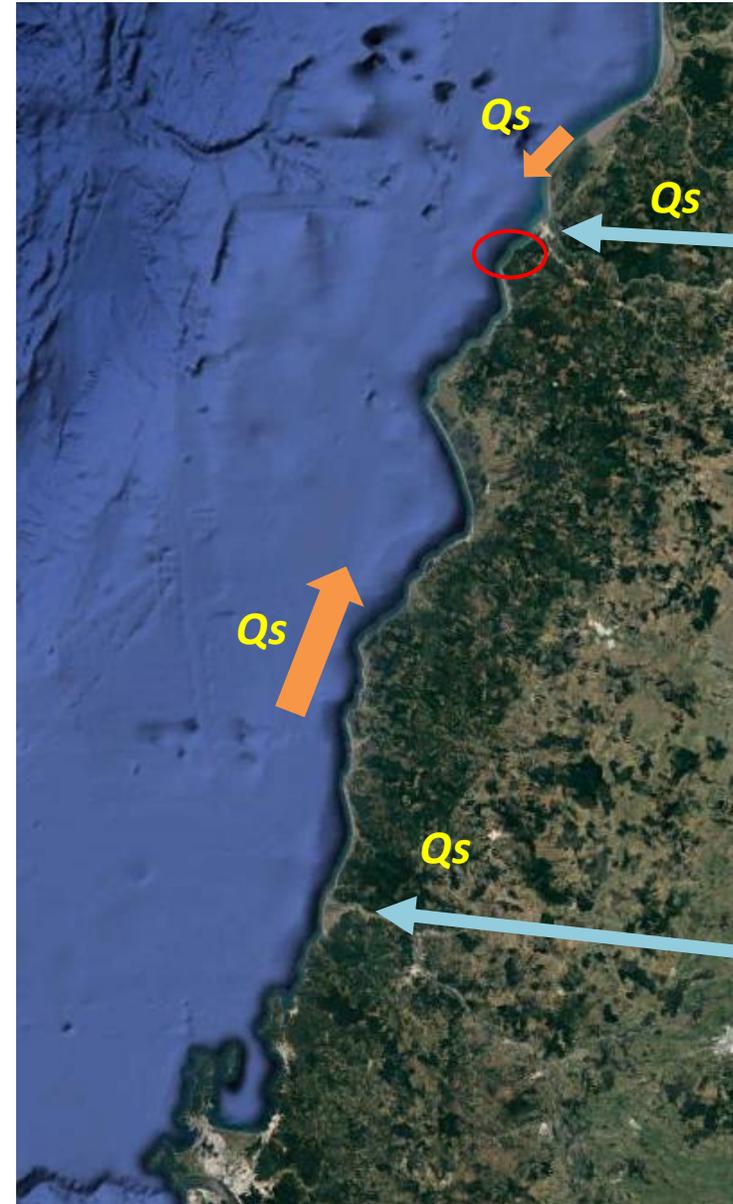
Al oleaje y sedimentos no hay que perderles el respeto.

El litoral de Chile es bravo. Muy expuesto al oleaje, ríos andinos, sismos, tsunamis.

En el mundo los grandes puertos por lo general están en estuarios o bahías muy abrigadas (los barcos no se mueven).



*Hoy tenemos herramientas mucho mas sofisticadas y la frontera del conocimiento ha avanzado bastante, pero... ¡sigue siendo un desafío!*



*El legado de estos ingenieros ha sido enorme*



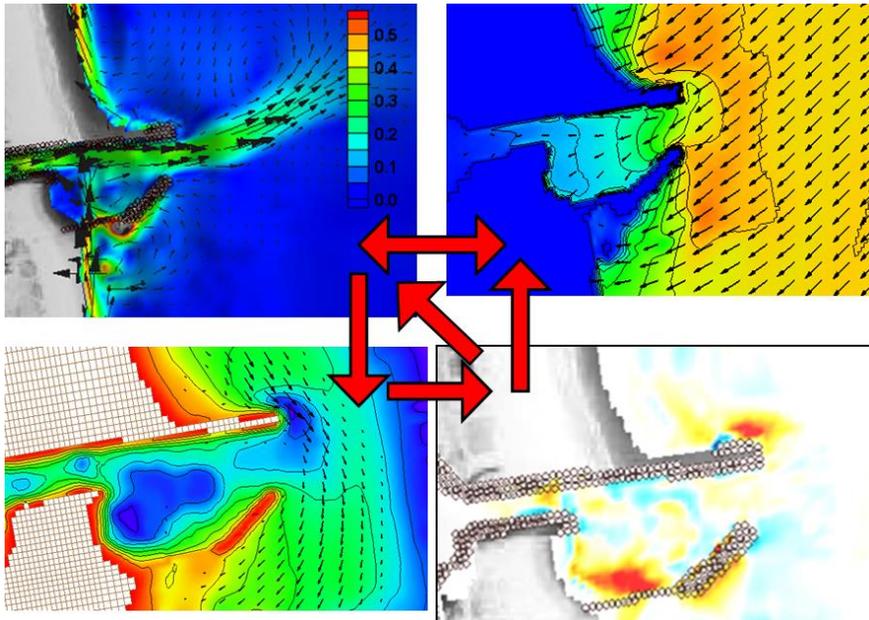
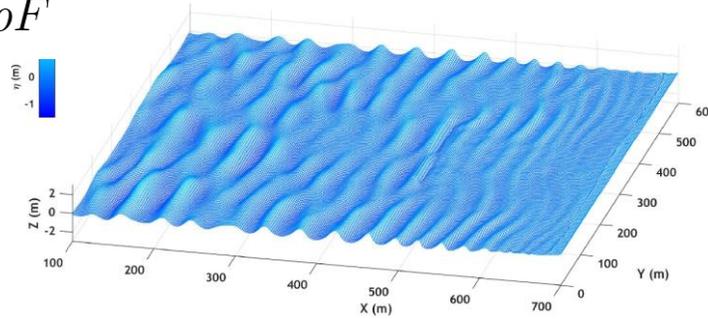
*y mas recientemente*



# HERRAMIENTAS ACTUALES

$$\nabla \cdot \bar{u} = 0$$

$$\rho \frac{D\bar{u}}{Dt} = -\nabla p + \mu \nabla^2 \bar{u} + \rho \bar{F}$$



- Oleaje (escalas globales y locales)
- Ondas largas
- Corrientes marinas
- Transporte de sedimento
- Evolución morfológica de la costa
- Interacción estructuras-hidrodinámica
- Navegación y maniobras
- Dinámica de barcos atracados ...

**Modelos matemáticos**

**Pronósticos de oleaje, viento**

**Mediciones de altimetría satelital**

**Levantamientos con multihaz**

**Medición con ADCP**

**Paletas de oleaje multidireccional en laboratorios**

**Machine learning**

**Inteligencia artificial**

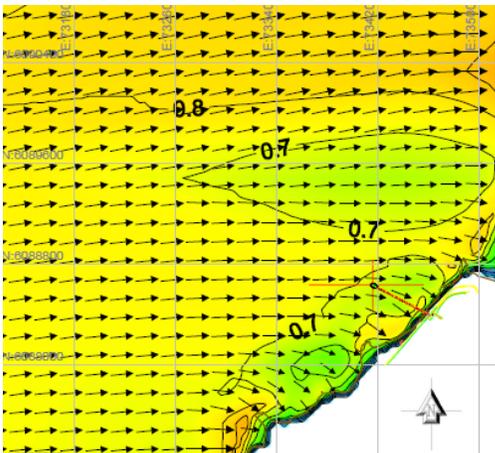
tiempo para  
pensar y  
reflexionar

A cambio de toda esta tecnología Lira tenía algo que hoy en día es escaso:

*Que hubiese hecho el Ing. Lira con todas estas herramientas...*

GoogleEarth es notable pero,  
*¿reemplaza una buena visita a terreno?*

*Toda costa tiene una historia que contar...*



# DESAFÍOS ACTUALES

36  
35  
34  
33  
32  
31  
30  
29  
28  
27  
26  
25  
24  
23  
22  
21  
20  
19  
18  
17  
16  
15  
14  
13  
12

*¿Los ingenieros marítimos enfrentamos un nuevo paradigma?*

En historia reciente...

- Ingenieros civiles
  - Ingenieros comerciales
    - Especialistas ambientales
    - Especialistas en aceptación social

➤ *El aporte en proyectos con ingenierías sólidas (sobre todo las conceptuales) es fundamental para la sostenibilidad. Lo contrario es también válido.*

➤ *Debemos seguir aportando, innovando y avanzando.*

➤ *Ya no podemos “quedarnos solo en lo técnico”*

*Los proyectos ya no son solo diseño y construcción. El ciclo de vida incluye:*

- Requerimientos funcionales
- Niveles de servicio
- Estándares de seguridad
- Durabilidad
- Mantenibilidad
- Sostenibilidad
- Cierre o rehúso

Debemos aportar en el **entendimiento y evaluación objetiva** de algunos temas:

*“El proyecto no considera el cambio climático”*

*“El proyecto no puede incluir dragado”*

*“Es urgente mitigar el impacto de los cierres de puerto”*

*“El impacto ambiental del proyecto es inaceptable”*

# EL CAMBIO CLIMÁTICO



El tema se debe abordar con objetividad

Algunos entes involucrados:

- Medios de comunicación
- Organizaciones no gubernamentales
- Comunidad académica nacional
- Organismos científicos internacionales
- Organismos de planificación y regulación
- **Ingenieros consultores, de proyectos y operación\***

- ❖ Cada cual debe aportar en su rol
- ❖ Colaboración transversal y profesional es fundamental



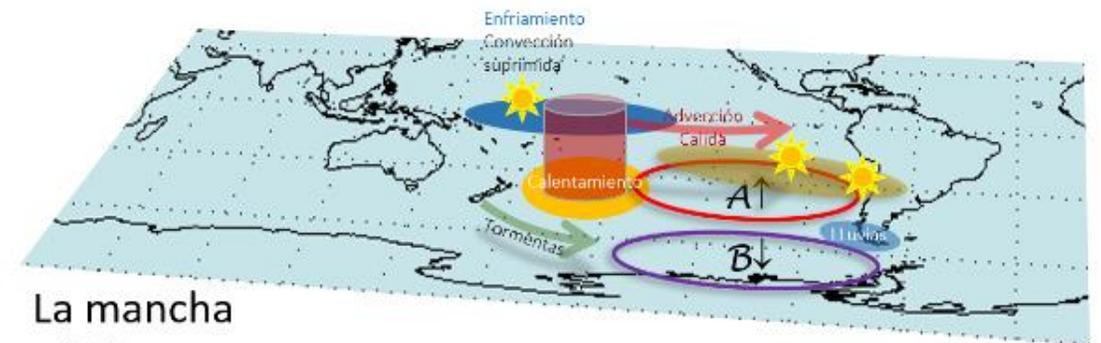
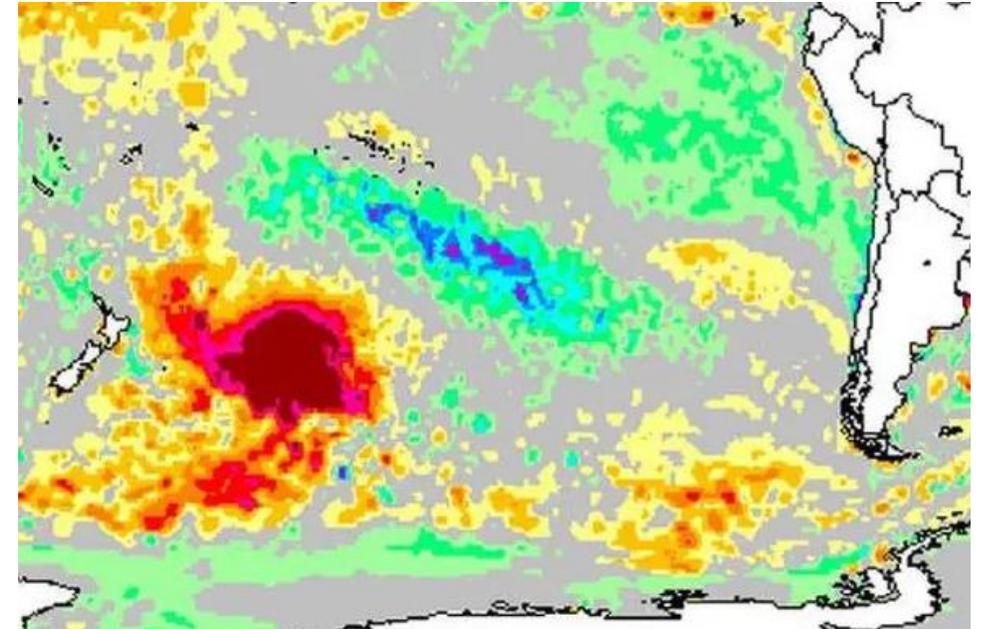
Los **ingenieros\*** debemos ser proactivos y no quedar fuera de estrategias o regulaciones que puedan ser implementadas



¿estamos monitoreando que pasa en nuestras costas?

*¿el proyecto considera el cambio climático?*

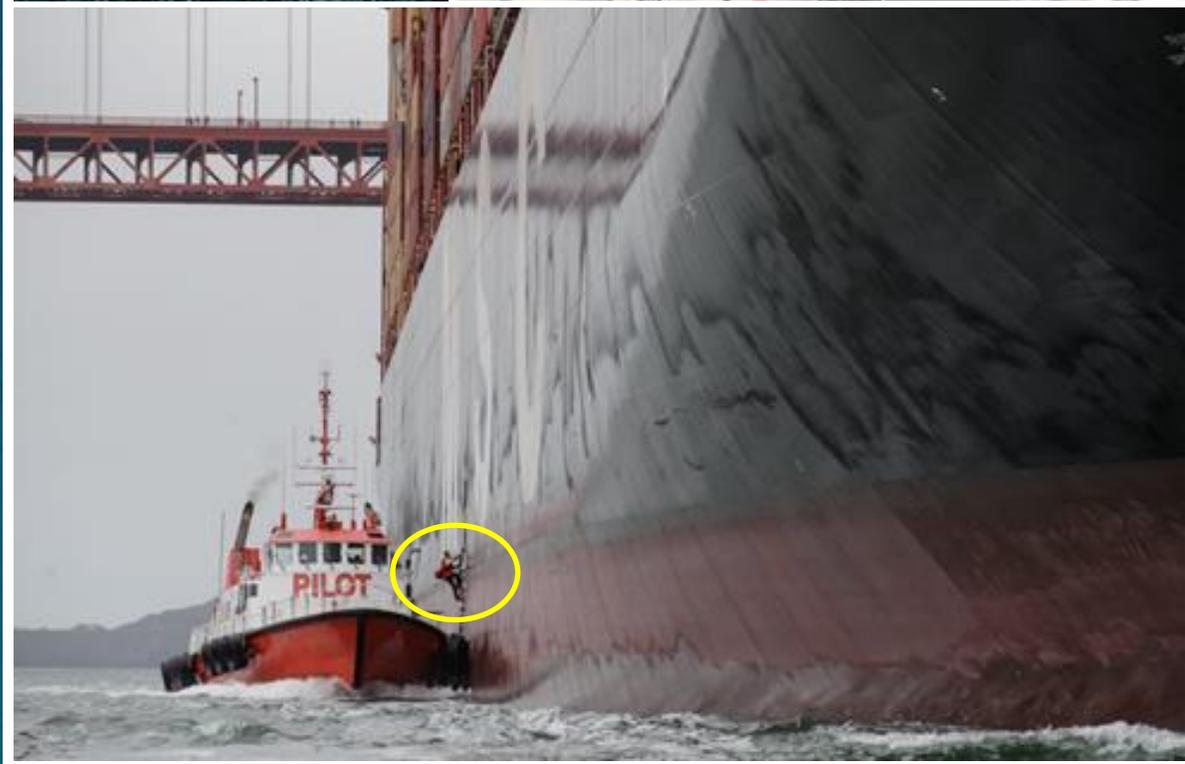
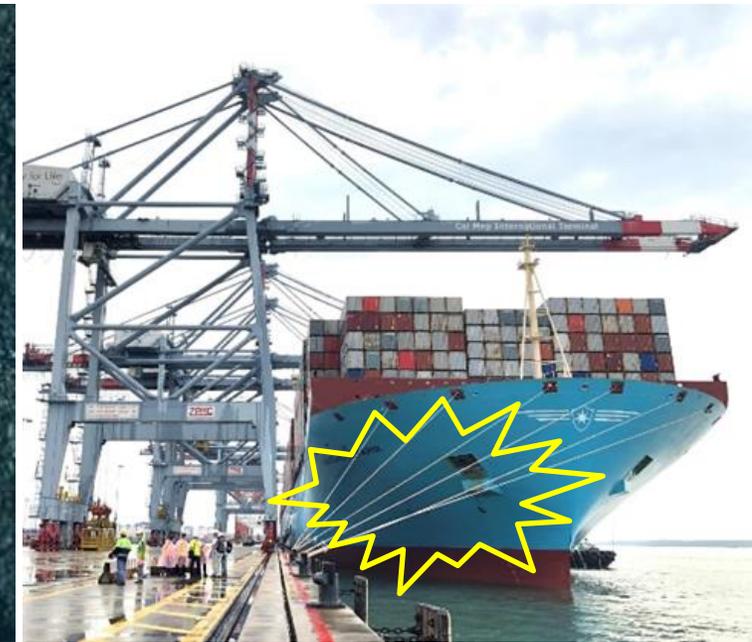
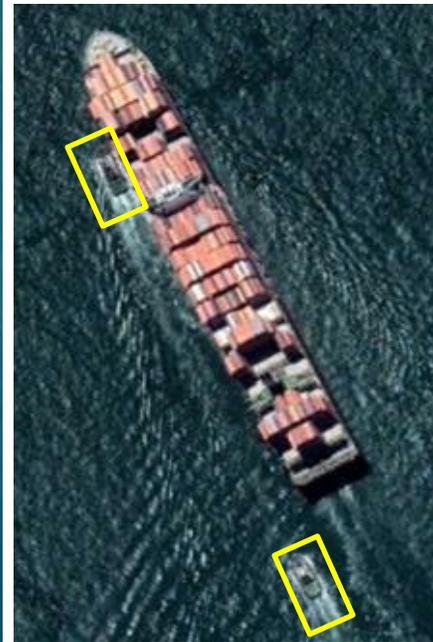
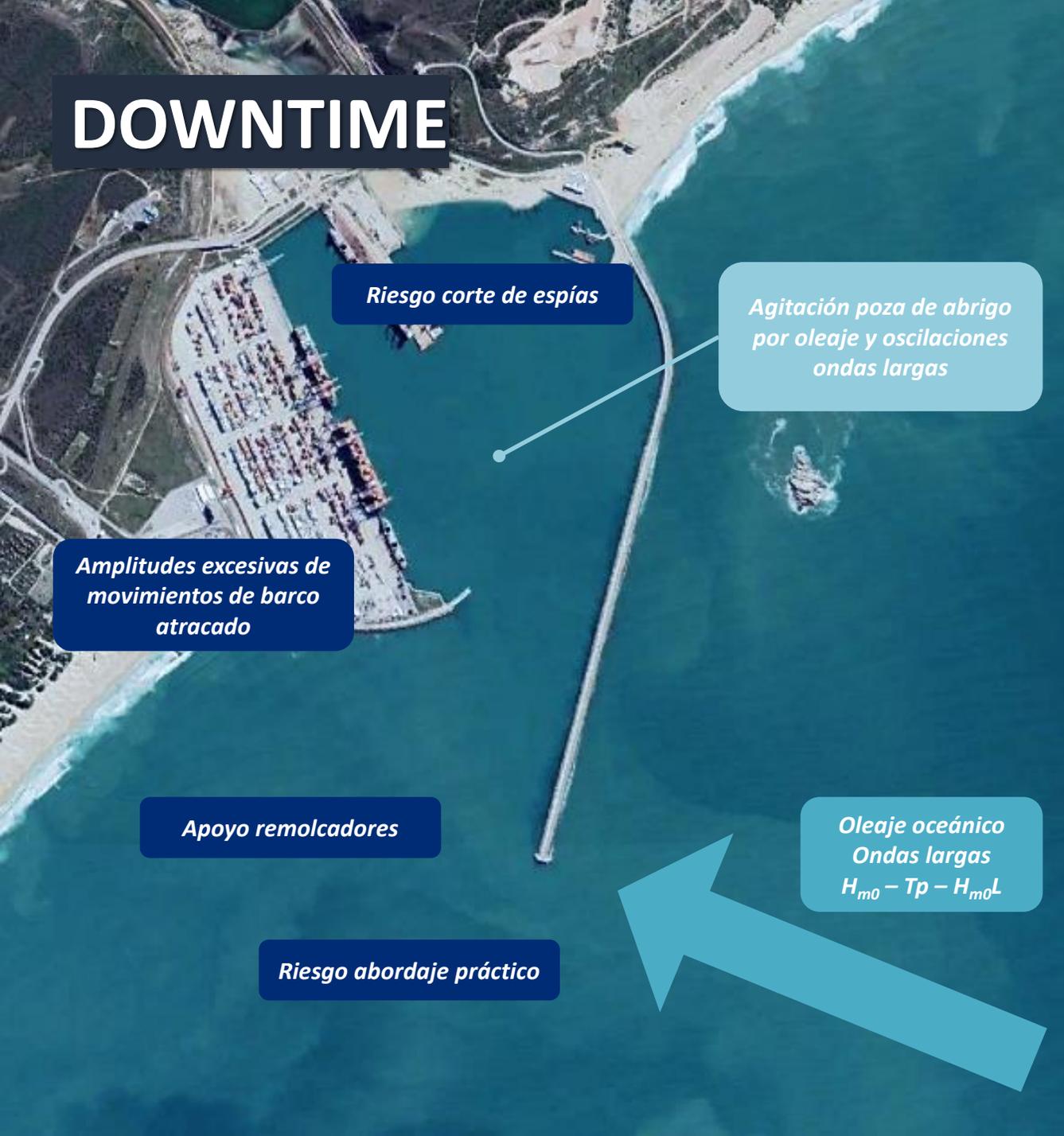
*¿toda la variabilidad del clima es cambio climático?*



La mancha  
cálida



# DOWNTIME



# GRANDES DESAFÍOS



**PORT TECHNOLOGY THE E-JOURNAL**  
OF PORTS AND TERMINALS  
EDITION 124 - 2022

**SUSTAINABILITY AND ECO-FRIENDLY DEVELOPMENTS**

A grid of 12 icons representing various sustainability and eco-friendly developments, including a leaf, a recycling symbol, a globe, a wind turbine, a solar panel, a water drop, a factory, and a recycling bin.

**PORT TECHNOLOGY THE E-JOURNAL**  
OF PORTS AND TERMINALS  
EDITION 120 - 2022

**SMART DIGITAL PORTS OF THE FUTURE**

A photograph of a port terminal at night, illuminated by lights, showing a large structure and a ship.

**PORT TECHNOLOGY THE E-JOURNAL**  
OF PORTS AND TERMINALS  
EDITION 116 - 2022

A photograph of a port terminal with several large cranes and a ship docked at a pier.

**PORT TECHNOLOGY THE E-JOURNAL**  
OF PORTS AND TERMINALS  
EDITION 115 - 2021

A photograph of a port terminal at night, illuminated by lights, showing a large structure and a ship.

**PORT TECHNOLOGY THE E-JOURNAL**  
OF PORTS AND TERMINALS  
EDITION 123 - 2022

A diagram showing a world map with red location pins, a satellite, a truck, a train, and a ship, representing a global supply chain.



*La historia de los proyectos portuarios chilenos debe motivarnos para continuar con lo que esos **honorables ingenieros** empezaron en forma tan notable hace mas de un siglo.*

*Se presenta un nuevo paradigma y los desafíos serán cada vez más complejos*

***... nunca fue fácil***

*Muchas gracias*