

Inteligencia Artificial en las Simulaciones Marítimas

Un gran avance en la Ingeniería Portuaria

Guillermo Gómez Garay
Capitán – Gerente de Proyectos
FORCE Technology – Dinamarca
ggg@force.dk



FORCE Technology en breve



FORCE Technology - empresa líder en I+D, en los campos de la ingeniería Oceánica, Hidráulica y Aerodinámica.

Número de empleados: 1,200

Empresa privada sin fines de lucro

Academia de ciencias de Dinamarca

Presupuesto para desarrollo: > € 27 mill

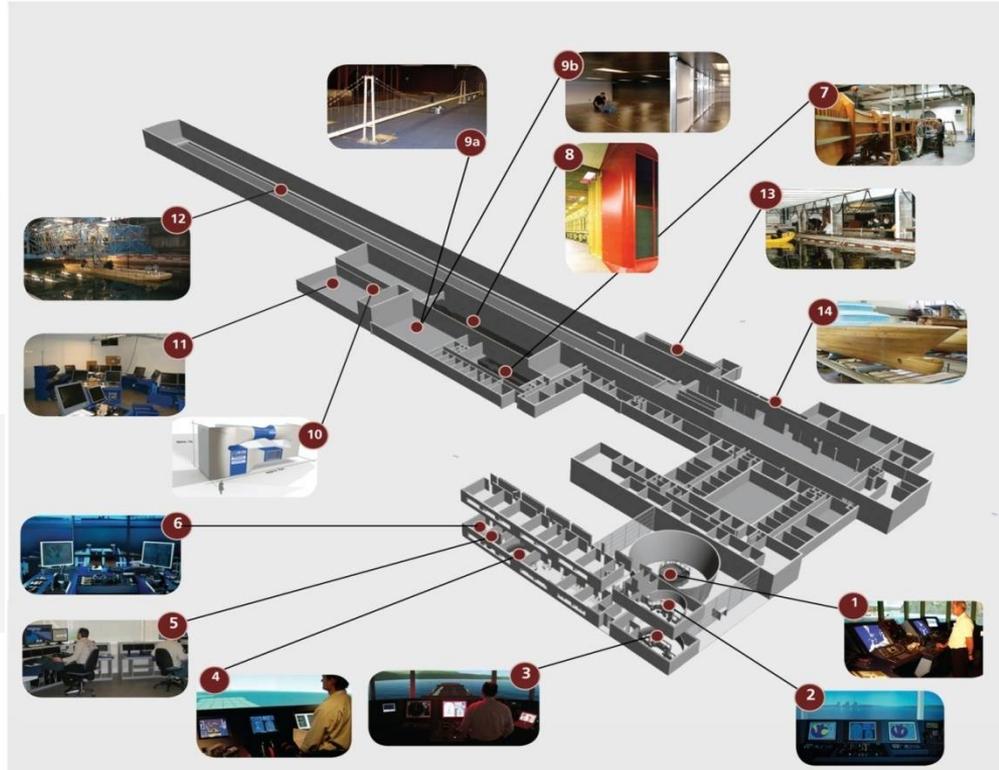


Oficinas y centros de Simulación



Nuestras Instalaciones

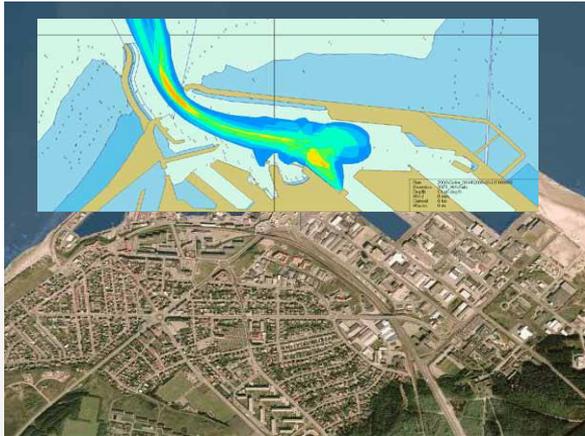
1. Full-mission simulator, 360°
2. Full-mission simulator, 210°
3. Full-mission simulator, 210°
4. Part task simulator, 130°
5. Tug cubicles, 2 pcs.
6. Full-mission tug simulator, 360°
7. Closed circuit wind tunnel (WT1)
8. Boundary-layer wind tunnel (WT2)
- 9a. Wide boundary-layer wind tunnel (WT3)
- 9b. Wide boundary-layer wind tunnel (WT4)
10. Climatic wind tunnel (WT5)
11. Simulator assembly hall
12. Deep water towing tank
13. Shallow water towing tank
14. Workshop



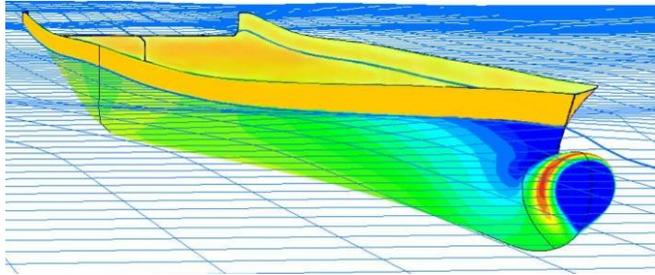
¿Por qué realizar simulaciones?

Para identificar y minimizar riesgos, nuevas capacidades portuarias, AtoN, ampliaciones, probar nuevos diseños, límites operativos, etc., a través de una evaluación cualitativa,

pero... las referencias son las **PIANC y ROM** (??)



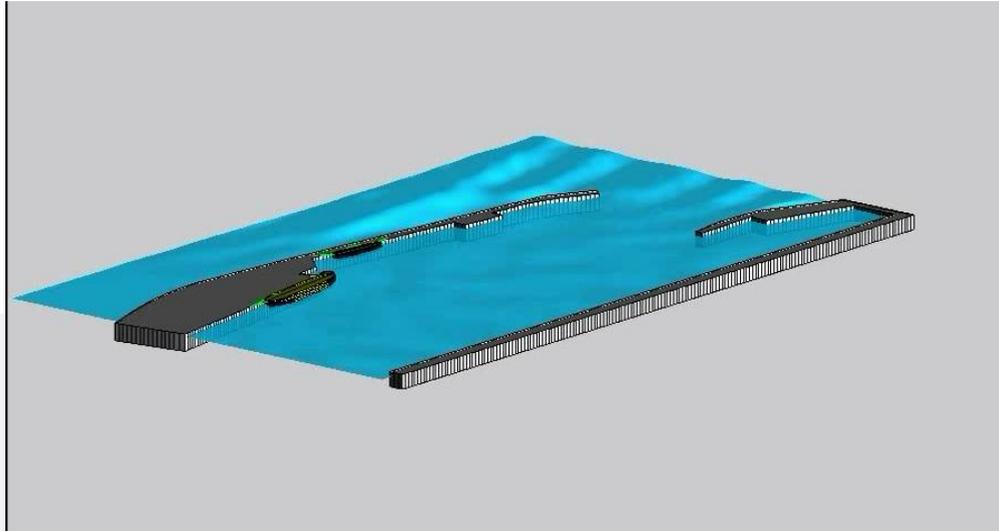
Simulaciones últimos 4 años



GPU – CUDA - FLOPS
Inteligencia Artificial
Deep Learning
46 trillones/seg
5 días = 1 hora

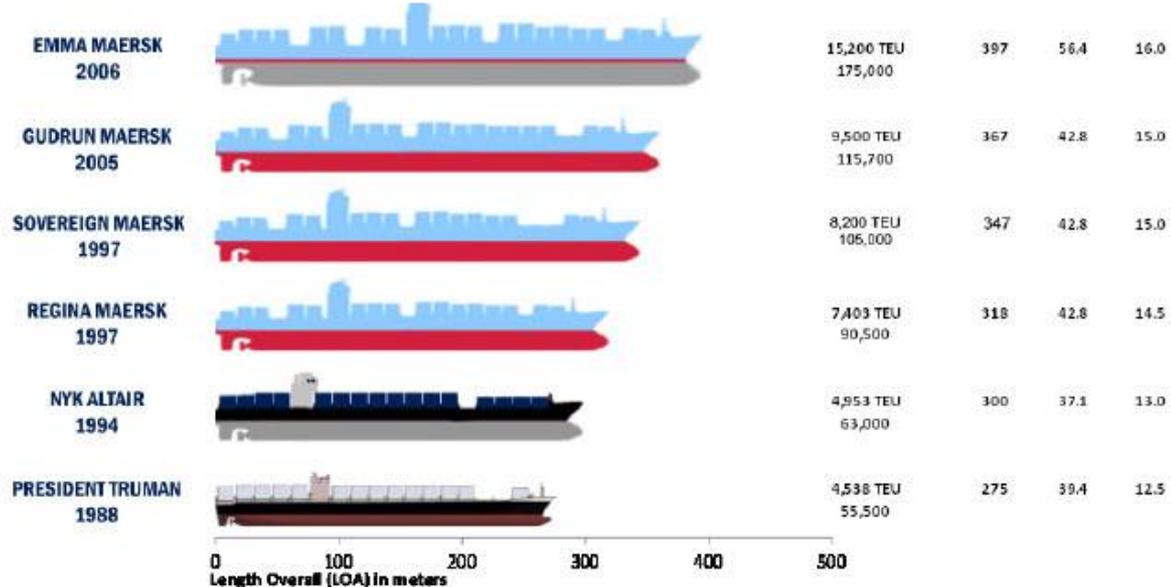


Observar – Aprender – Reaccionar – “Tesla”



Terminales con más de 20 años - seguridad

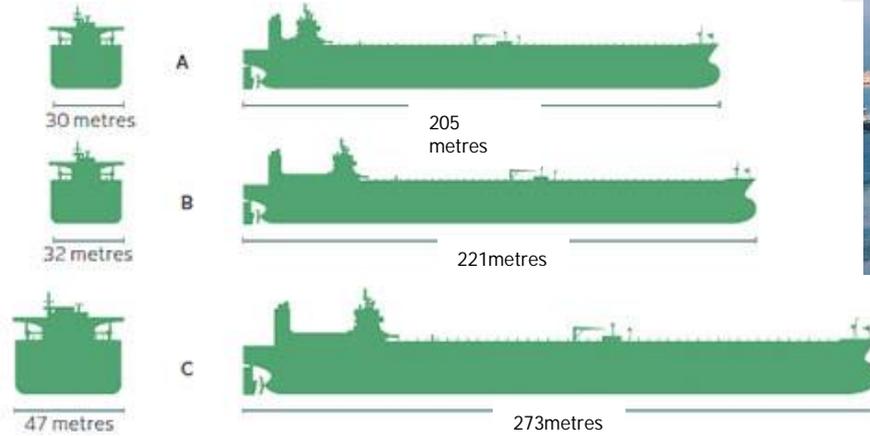
Evolution of the world's largest containerships 1990 - 2014



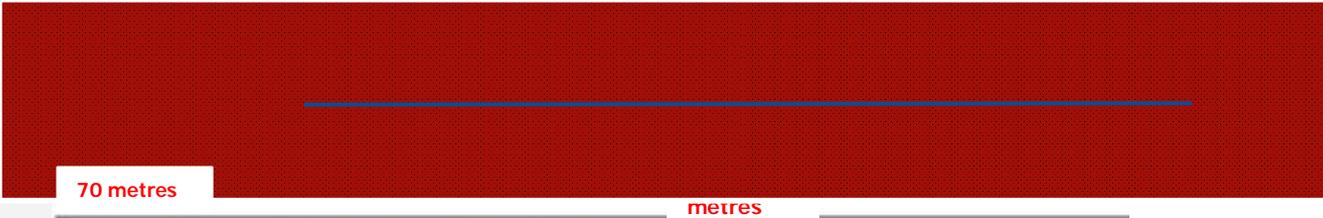
1988 x 5

Source: Alphaliner

Terminales con más de 20 años - seguridad



Seawise Giant



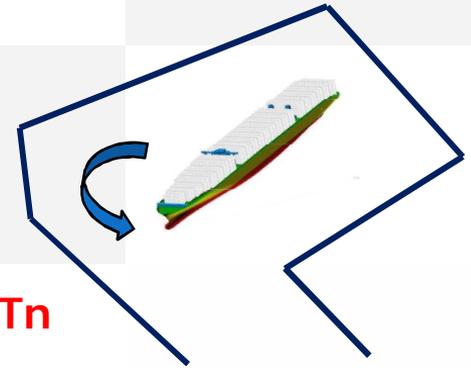
A Coastal Tanker B Aframax C Suezmax D Very Large Crude Carriers

Desarrollo matemático muy complejo

UKC 40 cm

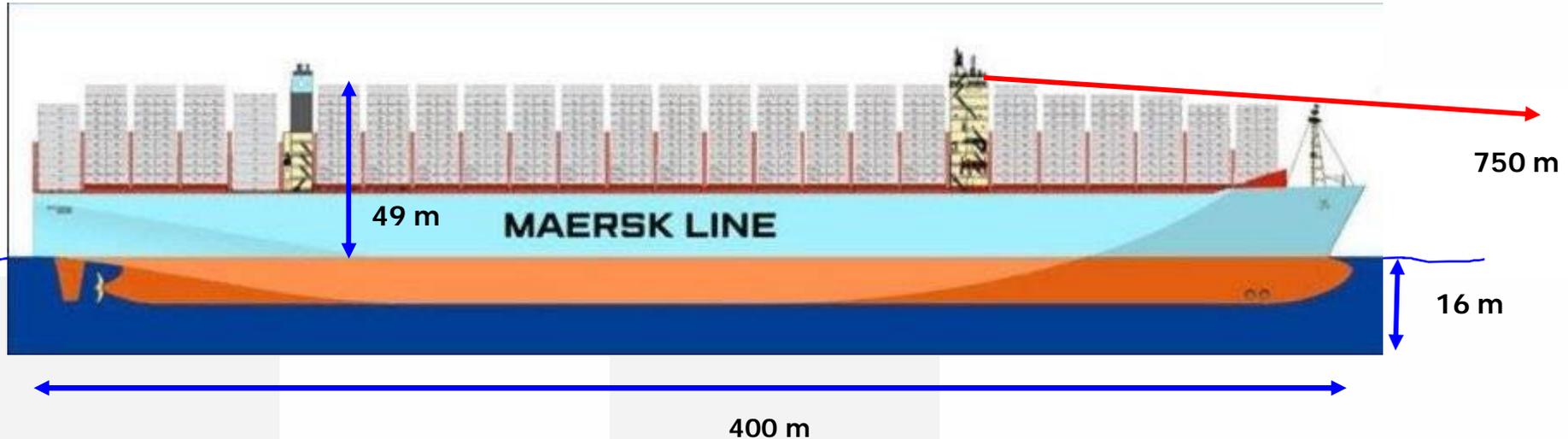
Sup. Lat. Obra viva 6.400 m²

Superf Lateral W. 17.200 m²

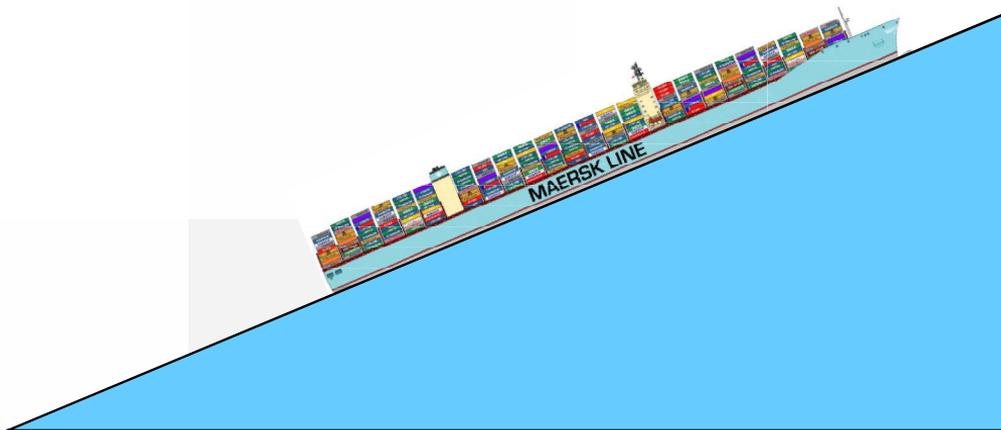
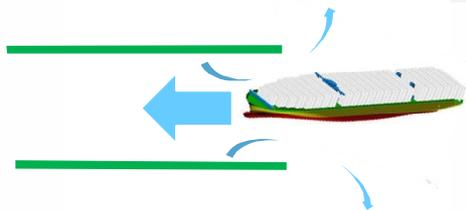


Cuál es la fuerza en toneladas que ejerce un viento de 20 kn? **85,2 Tn**

Cuál es la fuerza en toneladas que ejerce un corriente de 1,5 kn (UKC 4 m)? **428 Tn**



Desarrollo matemático muy complejo

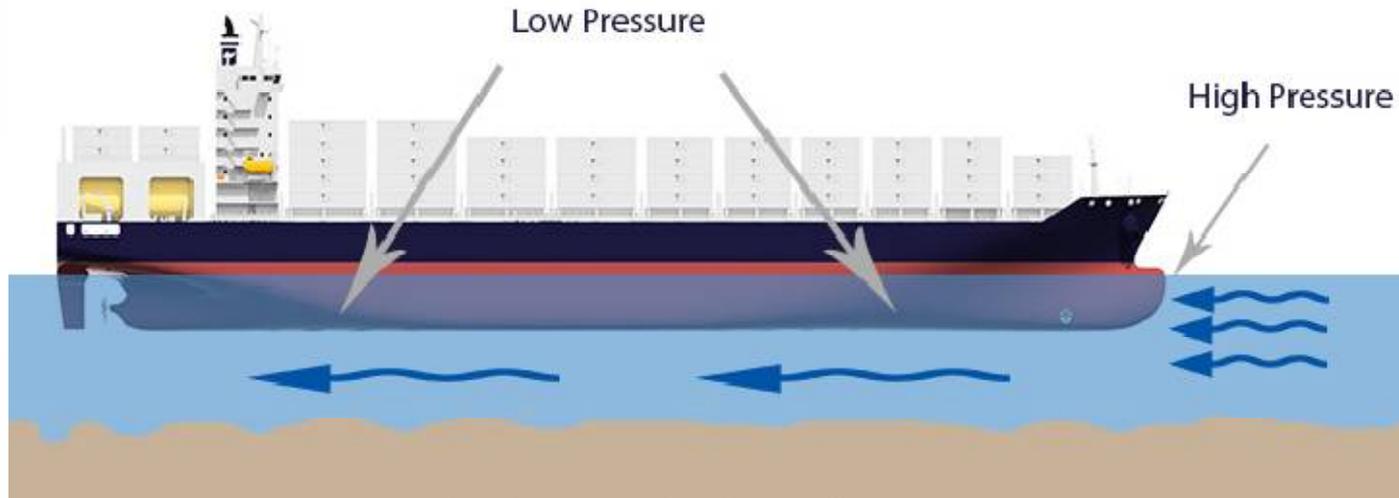


UKC 50 cm

\$\$\$\$\$

Masa de agua desplazada al pasar por el rompeolas

Efecto Squat



Squat **Dr Bryan Barrass**

$$1/50 C_b * v^2 : 1/50 * 0.8 * 10^2 = \mathbf{1.6 \text{ meters}}$$

DEN-Mark1

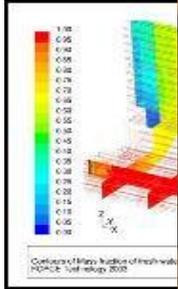
Modelos Matemáticos

El corazón del simulador
6DOF + 30 puntos de medición

- Efecto de banco
- Efecto aguas poco profundas



Desarrollo físico y numérico de los Modelos Matemáticos **Den-Mark1**



Principales tendencias del mercado Portuario



Incremento significativo en la dimension de los buques de la flota mundial



La mayoría de las terminales portuarias en el mundo deberán modificar sus instalaciones a tal efecto



Los proyectos de Expansión Portuaria deberán cumplir con estrictas reglas de protección ambiental

Puerto de Brisbane




PORT of BRISBANE
Here for the future



Puerto de Brisbane

Longitud 46'

Desde Océano hasta río Brisbane

Optimización del Canal Ppal.

Contenedores de 4.500 a **8.500** TEU

Comercio annual 50 k mill. US



Puerto de Brisbane



Violento mar de fondo (swell)



Fuertes corrientes de marea



Viento 20 knt

Evaluación de optimización de capacidad del canal

Opciones

- 1.- Usar métodos clásicos y conservadores sobre “Profundización de Canales”: **PIANC – ROM** (Harbour Approach Channels Design Guidelines 2014)

Presupuesto aprobado: U\$D 165,5 mill.

- 2.- Metodología menos conservadora pero más precisa:
Simulador de optimización de canal no lineal (**NCOS**)

Optimización de Capacidad de Canal – Características

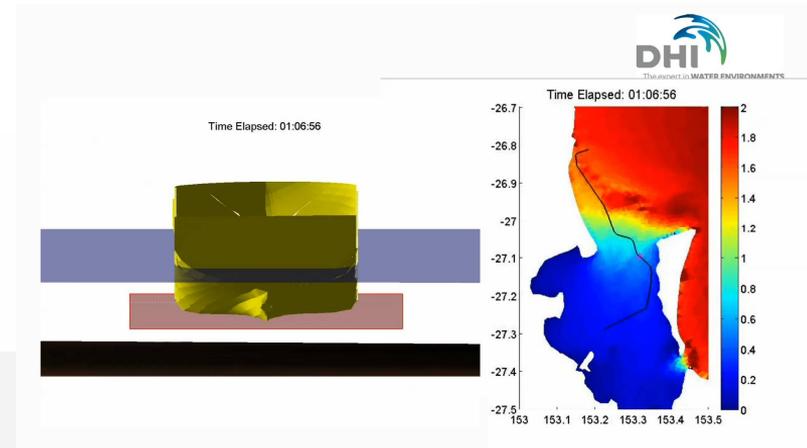
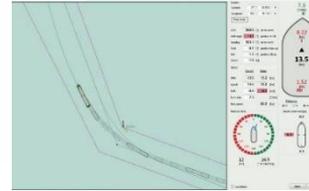
Baja confiabilidad antes del NCOS:

Métodos para determinar el UKC se basan en desarrollos antiguos (2D) o en ecuaciones empíricas.

Las maniobras se evalúan con Simuladores tipo Full Mission, pero con una población muy pequeña

Los efectos combinados de oleajes y la hidrodinamia del canal, se simplifican notoriamente

El potencial de optimización y el nivel adoptado de conservadurismo y riesgos, no siempre se definen claramente para el Operador del Canal



Evaluación de optimización de capacidad del canal

- Simulador de optimización de canal no lineal (**NCOS**)
 - ✓ desarrollado por FT y DHI
 - ✓ combina modelaje detallado hidrodinámico y oleaje
 - ✓ usa simulación de modelos matemáticos de navios con muy alta definición (evaluación de Prácticos)
 - ✓ modelos matemáticos validados con mediciones del UKC
- On-line

Evaluación de optimización de capacidad del canal

Simulación NCOS individualizó áreas críticas en el canal de acceso

Name	Ship Type	Description	LOA	B	T _f	T _a	GM [m]
3691 Nabucco	Container	8,488 TEU	334.0	42.8	13.0	13.0	1.69

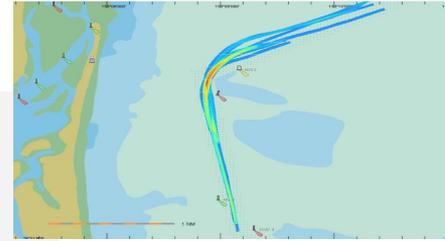


6 puntos de medición para el UKC

Evaluación de optimización de capacidad del canal

Simulación NCOS

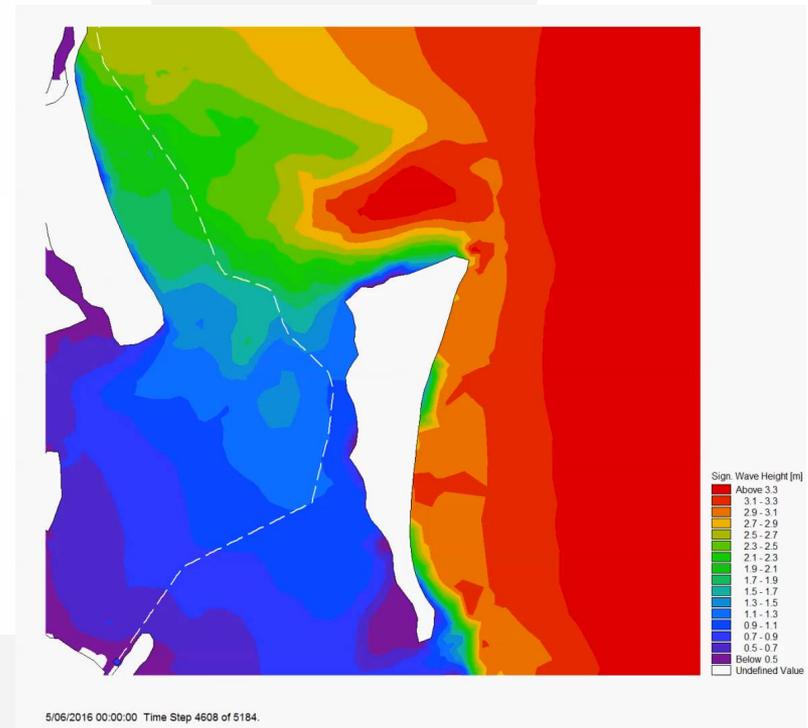
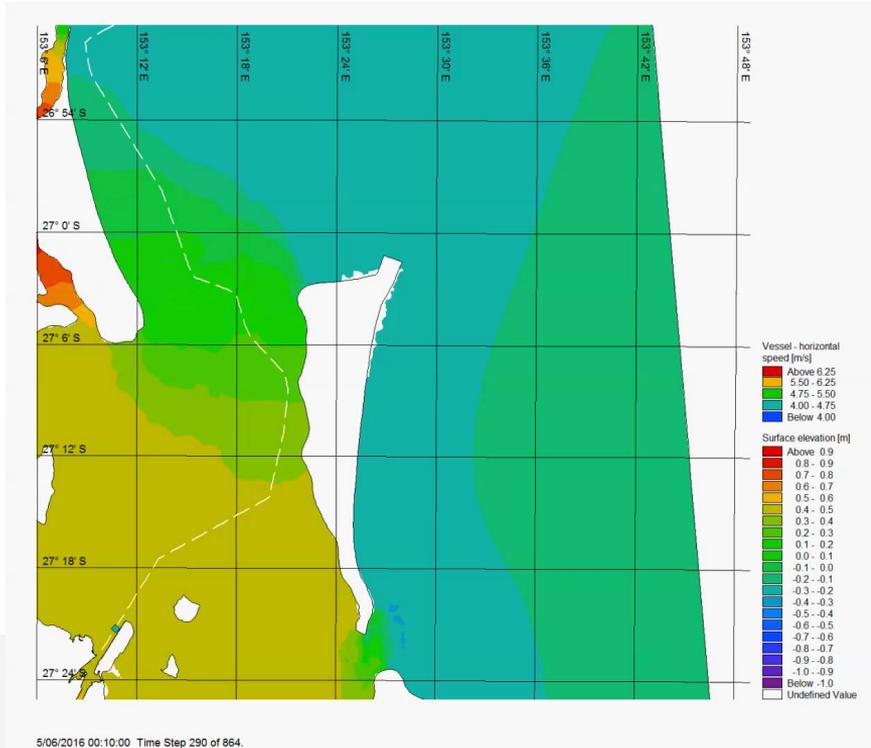
- Estudio abarcó análisis de **+2,2 mill.** de simulaciones
- Desarrollándose **630.720** escenarios
- Batimetría de muy alta resolución (malla 30 m).
- Variaciones de valores de mareas, corrientes y oleaje de acuerdo con datos históricos



RESULTADO:

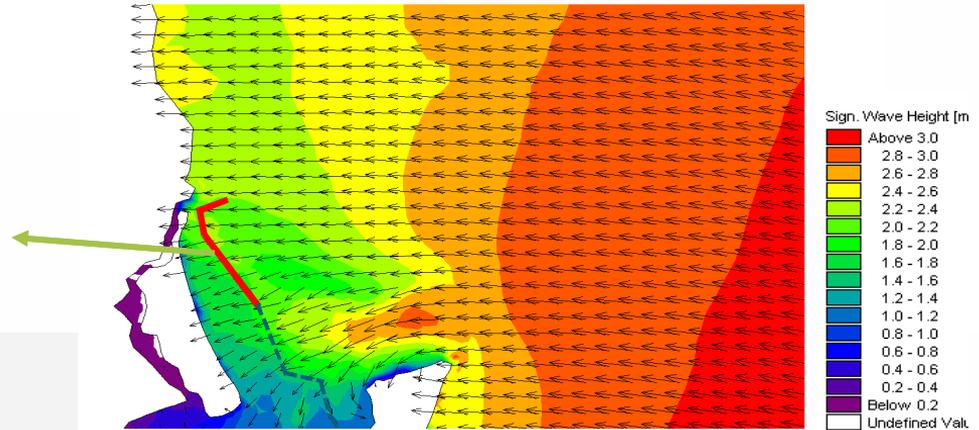
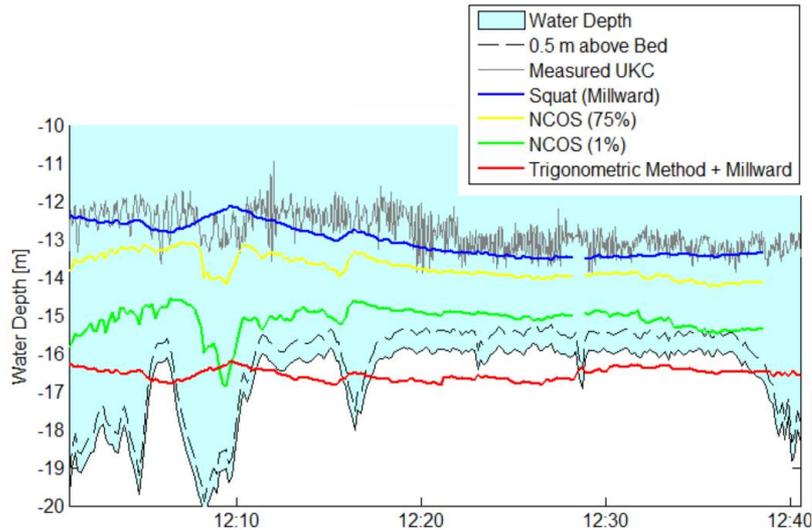
Para el buque de 8500 TEU de 13.0m, el canal actual puede utilizarse sin dragado adicional, utilizando el programa de predicciones del UKC del NCOS.

Evaluación Integrada de la capacidad del canal



Monitoreo del UKC a gran escala

Ejemplo:
Arrigo de un Portacontenedores
Safmarine Makutu, 06 June 2016.



Altura de ola significativa 10:30 am 6 de Junio 2016 según las predicciones del MIKE 21 SW

Validación parámetros en escala real – In-situ

Name	Ship Type	Description	LOA	B	T _f	T _a	GM [m]
Safmarine Makutu	Container	8,488 TEU	277.0	32.25	11.3	11.3	0.85

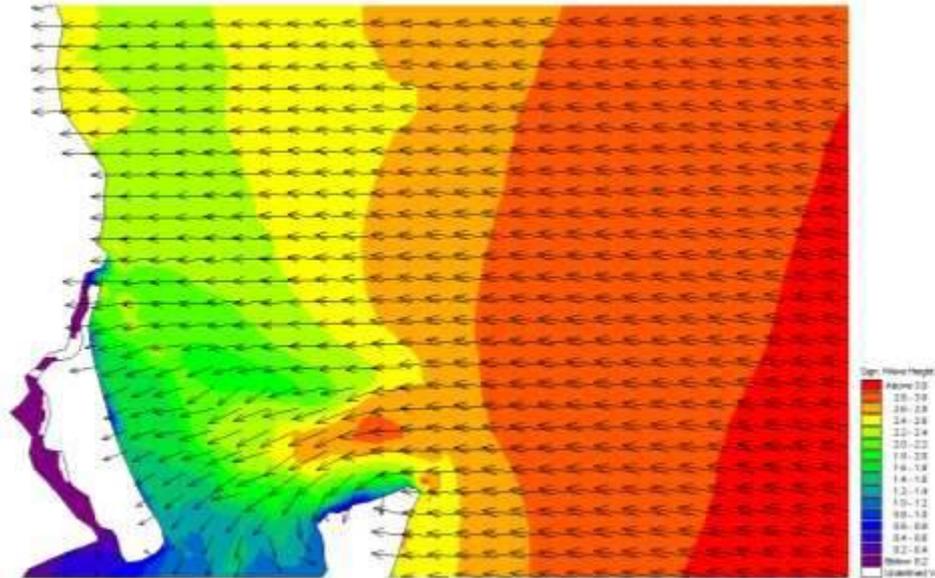
Arribó 6 de Junio, 2016

H_s = 3,0 m

T_p = 12,8 ESE

Sensores movimiento:

RTK ajustados con DGPS



Predicción H_s ola para 6 de Junio por el Mike 21

Validación parámetros en escala real – In-situ

VALIDACIÓN DEL MÉTODO

- Tercer semana del mes de agosto, entró a puerto el contenedor de 8.500 TEU a máxima carga, utilizando las ventanas de cálculo desarrolladas por el programa de DHI-FT, con total éxito.
- El puerto de Brisbane celebra en estos momentos un ahorro de aproximadamente

165,5 mill U\$S !!

- Una significativa reducción de tiempos para implementar la llegada de este tipo de buques contenedores, y **disminución de riesgos y efectos no deseados, debido a las tareas de dragado** para la profundización del canal

El éxito continua...

El Puerto de Brisbane recibió al buque Susan Maersk, de 347-m de eslora, y de 10,000 TEU el 21 de Octubre ppdo., y sin profundizar el canal !!



El Director Ejecutivo del Puerto de Brisbane Roy Cummings comentó: “La entrada del Susan Maersk fue posible gracias al estudio llevado a cabo durante dos años con el programa NCOS, el cual permite conocer con extrema exactitud el UKC del buque, cualesquiera sean las condiciones climáticas”

Resumen



Marco de evaluación integrado de alta precisión para la optimización de la Capacidad de Canal



Reduce significativamente los costos innecesarios de dragado como también indeseados impactos ambientales



Brinda un claro, preciso y entendible perfil de riesgos, tanto para el navío como la terminal



Marco común tanto para el apoyo a la planificación estratégica, como para un efectivo pronóstico operacional

Dimensionamiento de Dársena de Maniobras Puerto de Brisbane

3 planos de diseño para identificar el valor óptimo – ~~PIANC – ROM~~ (2 x Loa)

- 732 m + ...
- 586 m
- 531 m

Barco de referencia

Ship No	Ship Type	Ship Descrip	Load cond	LOA m	Lpp m	Bmld m	Tf m	Ta m	Displ Cmb	Prop	Rudder	Bow thr	Stern Thr	Picture
3726	Container	12.000 TEU	1/2L	366.0	349.3	51.0	13.0	13.0	152.0	1F	1	2	0	

Con dos remolcadores de apoyo de 63 tn y 73 tn de bollard pull

Dimensionamiento de Dársena de Maniobras Puerto de Brisbane

Conclusiones:

Dársena de Maniobras de 586 m y 531 m

Valores exceden con creces los espacios considerados como suficientes y seguros.

Dimensionamiento de Dársena de Maniobras Puerto de Brisbane

Conclusiones:

Dársena de Maniobras de 440 m (733)
Dimensión sugerida por FT, basada en las simulaciones.

Todas las maniobras críticas con buenos márgenes de seguridad

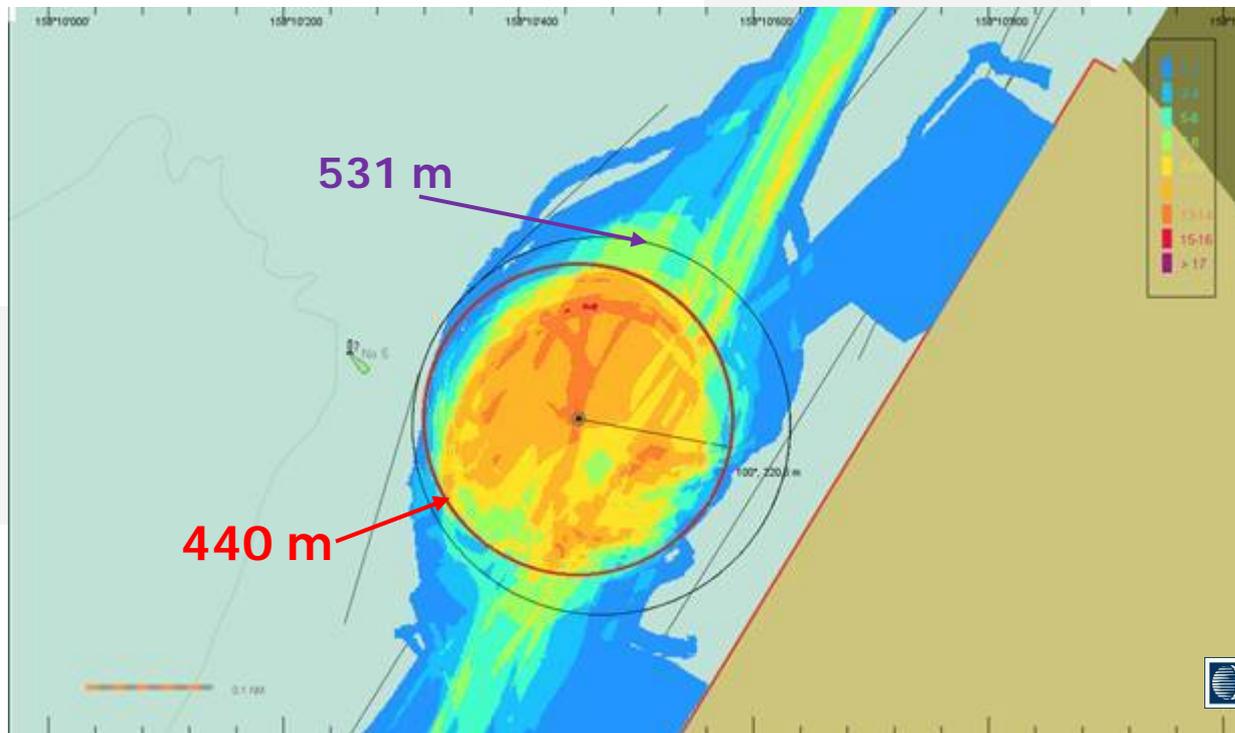
Usando dos remolcadores.

Prácticos de la zona condicionan la validación: en función de

Maniobras en Brisbane junto con personal de FT

Dimensionamiento de Dársena de Maniobras Puerto de Brisbane

Las dimensiones fueron validadas por los Prácticos y personal de FT en Brisbane entre el 28 y 30 de Agosto ppdo.



Dimensionamiento de Dársena de Maniobras Puerto de Brisbane

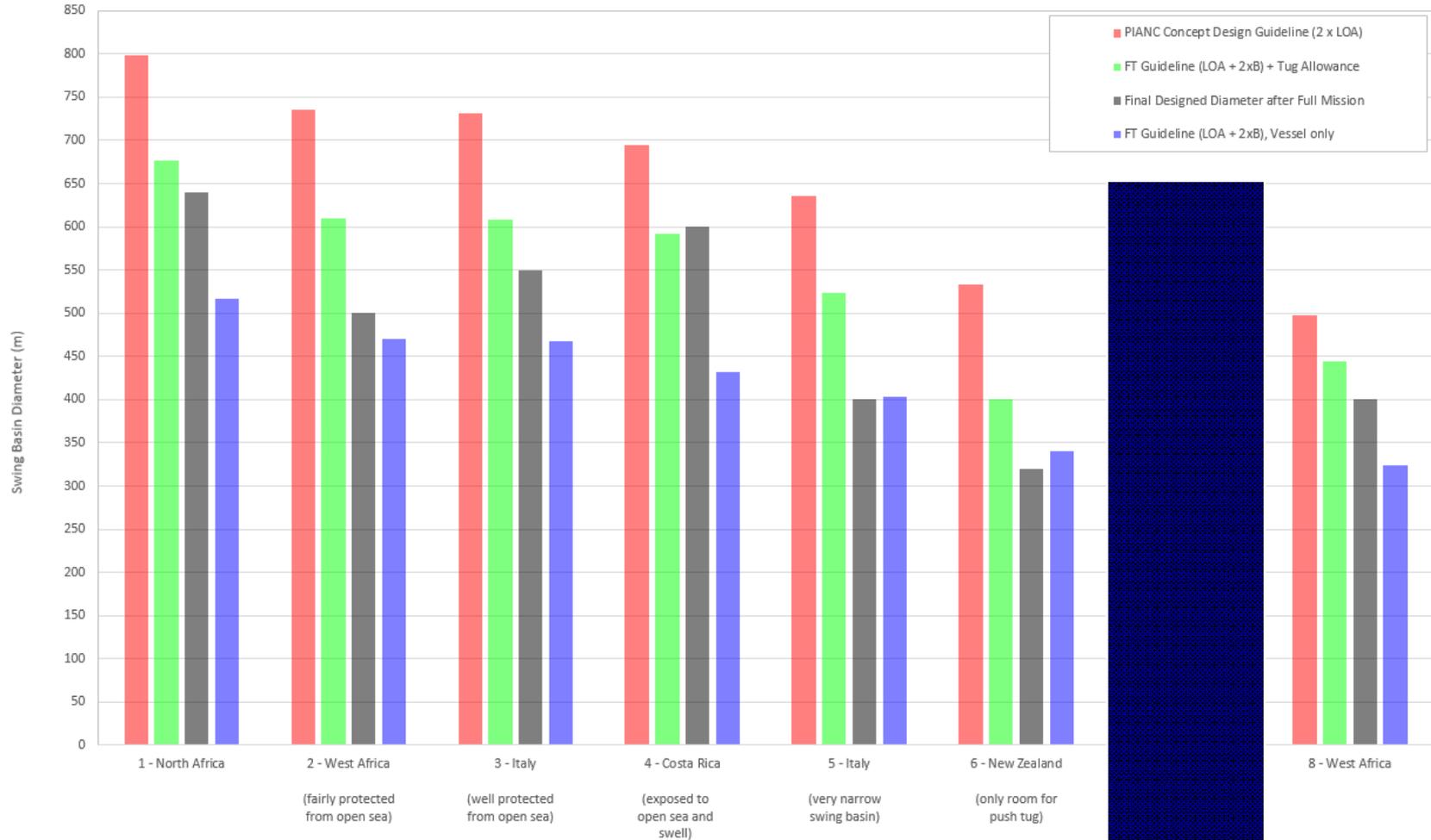
- El puerto de Brisbane celebra un ahorro de

> 5 mill U\$S !!

Uso de los resultados de simulación en lugar de las PIANC

- Costo del estudio de simulación: **40.000 U\$S**

Swing Basin Designs Optimized via Full Mission vs. Design Guidelines



Conclusiones Generales

- Las PIANC y las ROM son solamente guías de referencia muy conservadoras!!
- El desarrollo y exactitud de los Simuladores de Puente permiten un ajuste “SEGURO”, más acotado a la vida real, y con significativos beneficios económicos para todo el sistema portuario:
 - Operadores marítimos
 - Operatividad del puerto
 - Down time del puerto
 - Inversiones de logística
 - Eficiencia de las operaciones
 - Calidad y eficiencia del servicio
 - Seguridad en las maniobras

Pero con la condición “sine-qua-non” de que el simulador sea una **herramienta de ingeniería** con capacidad probada, y no solamente un mero **instrumento de entrenamiento con modelos genéricos**

...46 TRIILLONES de operaciones matemáticas por segundo???



Muchas gracias !