

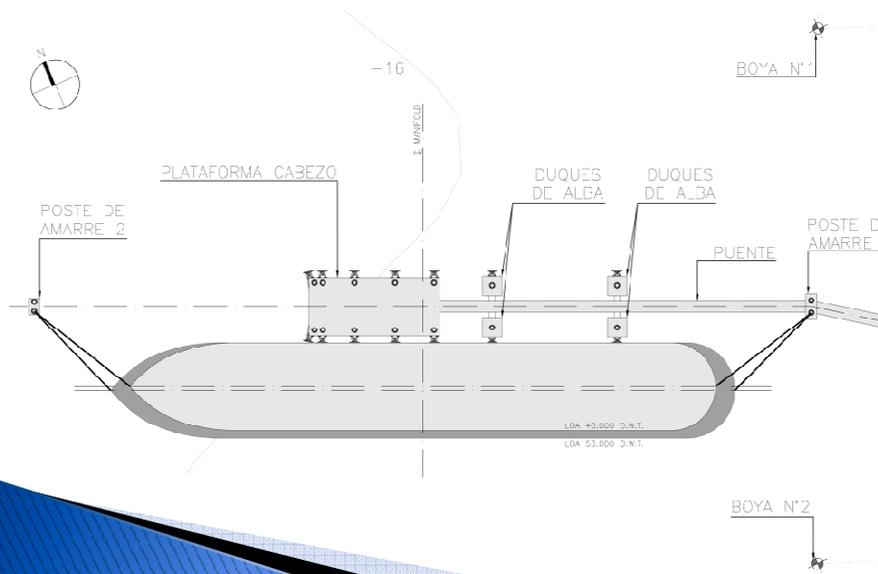


**Verificación de la Configuración de las Instalaciones del Sitio Sur
de un Terminal Marítimo en Quintero en Base a la Simulación
Dinámica de Buques Amarrados Mediante Software Termsim II**

Paz Gabriela Caamaño Barrera

Introducción

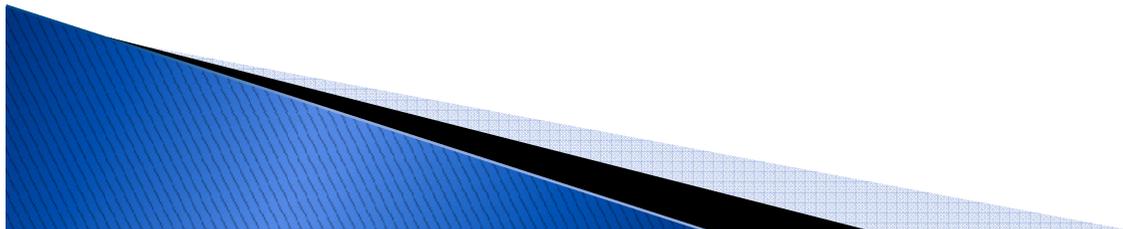
El terminal marítimo en estudio se ubica en la bahía de Quintero (TMQ), el cual cuenta con dos sitios de atraque para la transferencia de productos químicos y servicios relacionados. En particular el sitio sur, motivo de este estudio recibe buques tipo tanque con una eslora máxima permitida de 225 m y con un peso muerto (DWT) máximo de 53.000 toneladas.



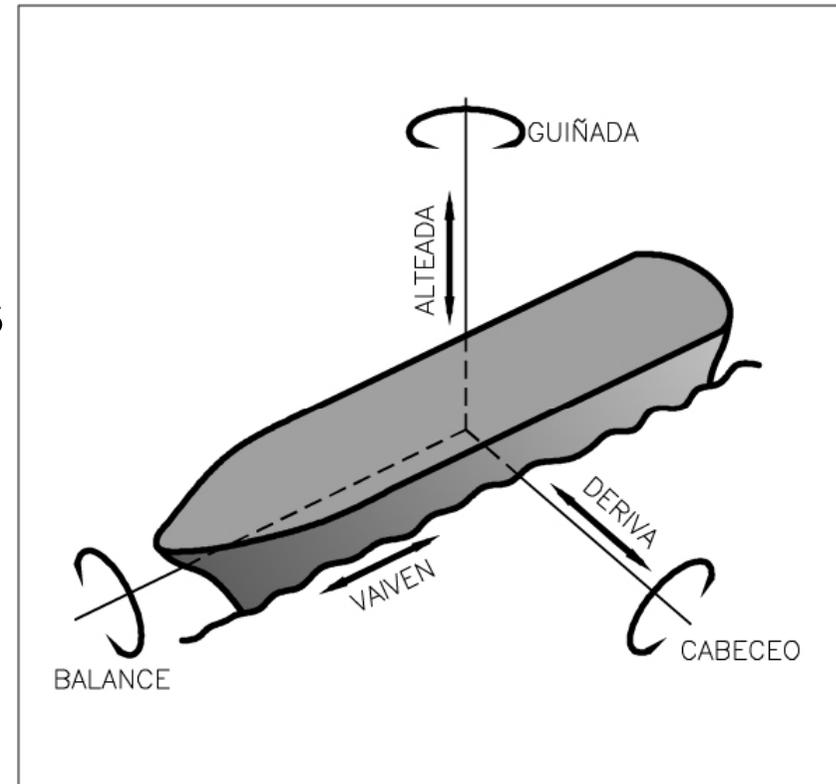
En la actualidad, el sitio sur del TMQ, presenta cambios en los tipos de defensas y puntos de amarre en relación al diseño original, los que han sido verificados en función de la capacidad de absorción de energía en el atraque y capacidad de las estructuras asociadas, sin hacer una evaluación del comportamiento de la nave. Por tanto, es necesario estudiar la reacción de la configuración actual del sitio sur para atraque y operación de la nave máxima permitida y posteriormente comparar con naves de mayor eslora.

Objetivos

- ▶ Diseñar modelos representativos de la configuración del sitio sur del TMQ para cada nave a través del software TERMSIM II, de manera de evaluar el comportamiento de éstas para las condiciones oceanográficas establecidas previamente.
- ▶ Determinar las tensiones en las espías, las cargas sobre bitas, las reacciones de las defensas y los movimientos del buque para cada caso.
- ▶ Evaluar modificaciones al sistema de amarre con el fin de mejorar los resultados obtenidos para la nave con mejor comportamiento, entre la nave máxima permitida y las naves de mayor eslora propuestas, para la configuración actual del sitio sur del TMQ.
- ▶ Proponer las recomendaciones y modificaciones a la actual configuración del sitio sur del TMQ.
- ▶ Analizar el efecto de las olas de longitud larga asociada a grandes periodos (superiores a 30 seg.) en la nave con mejor comportamiento durante la situación actual.



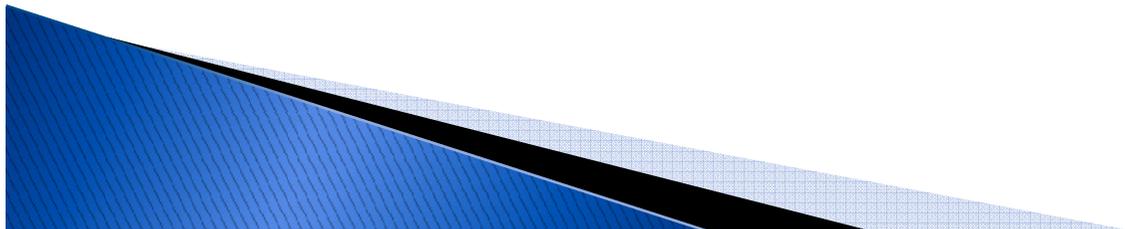
- ▶ **Movimientos del Buque**
- ▶ Teoría de Cuerpos Flotantes
- ▶ Bound Waves



- ▶ Movimientos del Buque
- ▶ Teoría de Cuerpos Flotantes

- ▶ Bound Waves

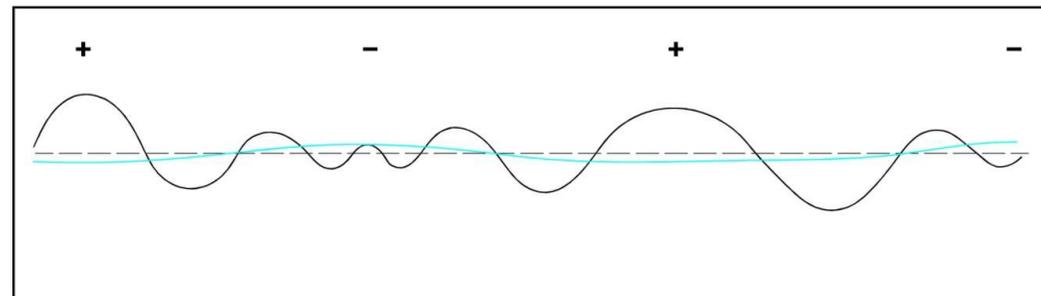
$$\bar{F} = -\frac{1}{2}\rho g\{R(\omega)\xi_a\}^2$$



- ▶ Movimientos del Buque
- ▶ Teoría de Cuerpos Flotantes

- ▶ **Bound Waves**

$$S_{xx} = \frac{2}{3} E = \frac{3}{16} \rho g H^2$$



Termsim II



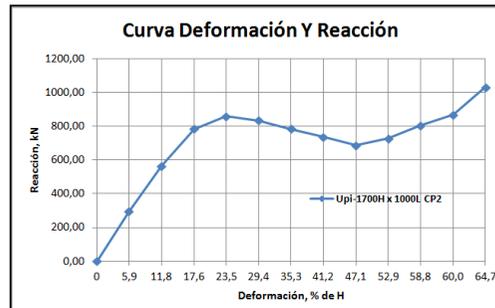
Naves a Modelar

Descripción	Unidad	LOA 225	LOA 235	LOA 245
Peso Muerto (DWT)	Ton	53.000	55.700	56.200
Desplazamiento	Ton	70.000	75.000	80.000
Eslora (LOA)	m	225	235	245
Eslora entre perpendiculares	m	213,75	223,25	232,72
Manga	m	36,6	36,6	36,6
Puntal	m	22	22,5	22,9
Calado Máximo Nominal ⁷	m	12,4	12,8	13,1



Características defensas duques de alba y cabezo

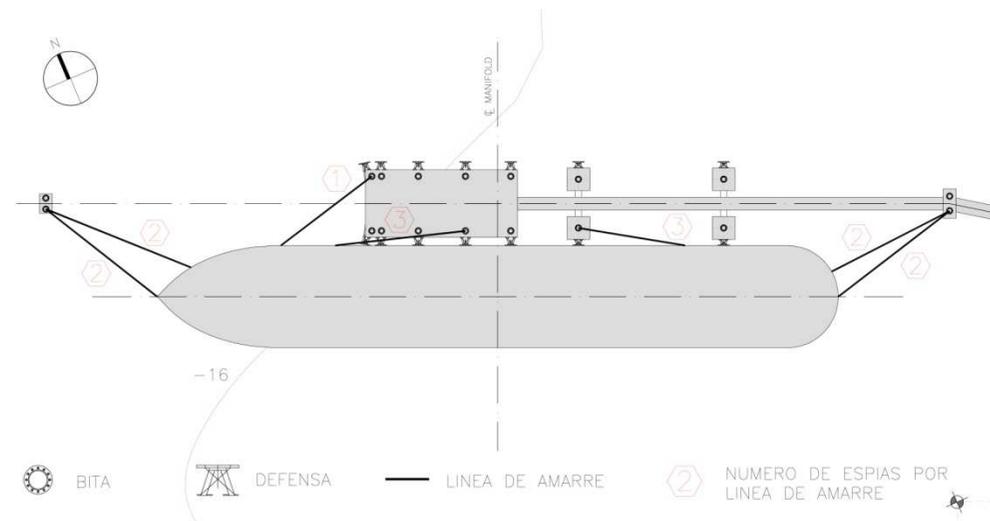
Altura	1.700 mm
Largo	1.000 mm
Calidad de la goma	CP2
Energía absorbida base	70,2 ton · m
Reacción base	88,4 ton
Deformación	60%
Curva Reacción/Deformación	No-lineal



Características espías de amarre

Material	Poliéster
Construcción	8-strands
Mena	10"
Carga de Rotura	867,2 (kN)
Pretensión (10%)	86.72 (kN)

El cabezo, los duques y postes de amarre cuentan con bitas adecuadas para resistir tirones de 100 ton.

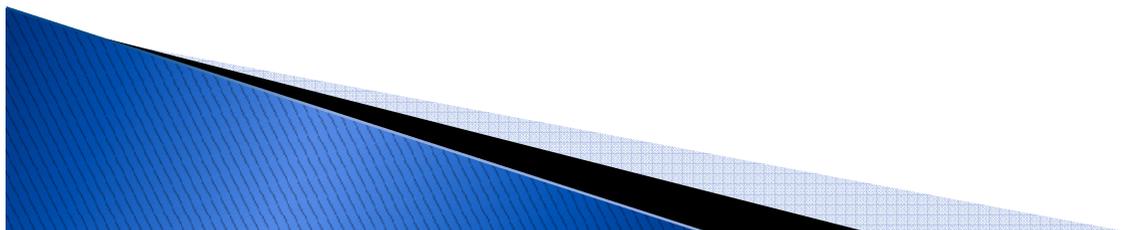


- ▶ Olas: se considera en una primera etapa una dirección de incidencia con RV. $292,5^\circ$ (ocurrencia de un 90,36% del tiempo total)

Altura de Ola Significativa (m)	Periodo (seg)
0,5	4 a 20
1,0	4 a 22
1,4	4 a 22

Combinación Altura/Periodo de Ola en modelo

- ▶ Vientos: transversal a la nave de intensidad de 25 nudos.
- ▶ Corrientes: transversal a la nave con intensidad de 0,3 nudos.



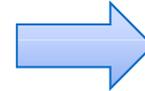
Movimientos Recomendados en la Literatura Técnica

Buques Tanque		Vaivén (m)	Deriva (m)	Alteada (m)	Guiñada (°)	Cabeceo (°)	Balance (°)
PIANC	Oil Tankers	3,0 ⁸	3,0				
	Gas Tankers	2,0	2,0		2,0	2,0	2,0
ROM	Petroleros	± 4,0	4,0	± 1,0	± 1,0	-	± 3,0
	LNG/GLP	± 0,1	0,1	9		-	

(8) 5.0 m para sectores expuestos. (9) Valor insignificante.

Limitaciones del Brazo de Carga (según Gasmar):

- Surge: ± 3,0 m, para conexión simple y múltiple
- Sway: 3,0 m, considerando una separación horizontal de 3,0 m entre la conexión y el casco.



Los brazos pueden alcanzar hasta la cota +17,7 NRS y bajar hasta la cota +5,0 NRS. Por lo cual naves con puntal superior a 22 m tendrán problemas para realizar conexión en condiciones extremas de carga y marea.

Movimientos Admisibles del Buque para el Estudio

Vaivén (m)	Deriva (m)	Alteada (m)	Guiñada (°)	Cabeceo (°)	Balance (°)
5,0	3,0	2,0	4,0	4,0	6,0

Los valores están referidos al movimiento peak to peak, excepto para sway referido al movimiento zero-peak.

La reacción máxima admisible para las **defensas** es igual a 53,3 ton para un nivel de deformación del 57,5%.

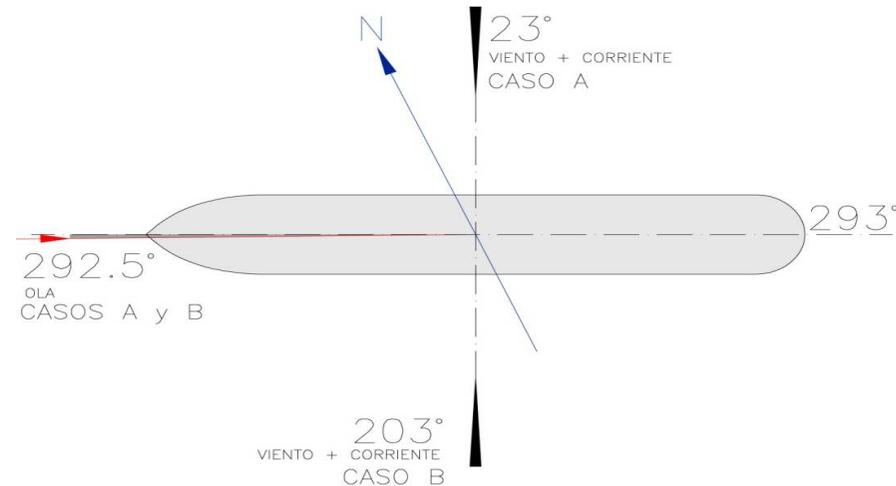
La carga máxima admisible para las **bitas** será de 100 ton, tanto para postes de amarre, cabezo y duques de alba.

La carga máxima admisible en las **espías** es igual al 55% de la carga de rotura, es decir, 49 ton para la espía de 10" de mena.

Verificación Instalación

Situación Base

Caso	Dirección de Incidencia (Rv ⁰)		
	Oleaje	Viento	Corriente
A	292,5	23°	23°
B	292,5	203°	203°



% Operabilidad Nave 225 m de Eslora



Caso	Ocurrencia (%)			Operabilidad (%)		Falla Recurrente
	Olas	Viento	Corriente	Modelo	Ponderada	
A	90,36	24,71	100	74,25	16,58	Vaivén , bita, espía
B		72,71		87,39	57,41	Vaivén, bita, espía
Promedio Anual					73,99	

% Operabilidad Nave 235 m de Eslora



Caso	Ocurrencia (%)			Operabilidad (%)		Falla Recurrente
	Olas	Viento	Corriente	Modelo	Ponderada	
A	90,36	24,71	100	74,25	16,58	Vaivén, bita, espía
B		72,71		91,30	59,98	Vaivén, bita, espía
Promedio Anual					76,56	

% Operabilidad Nave 245 m de Eslora

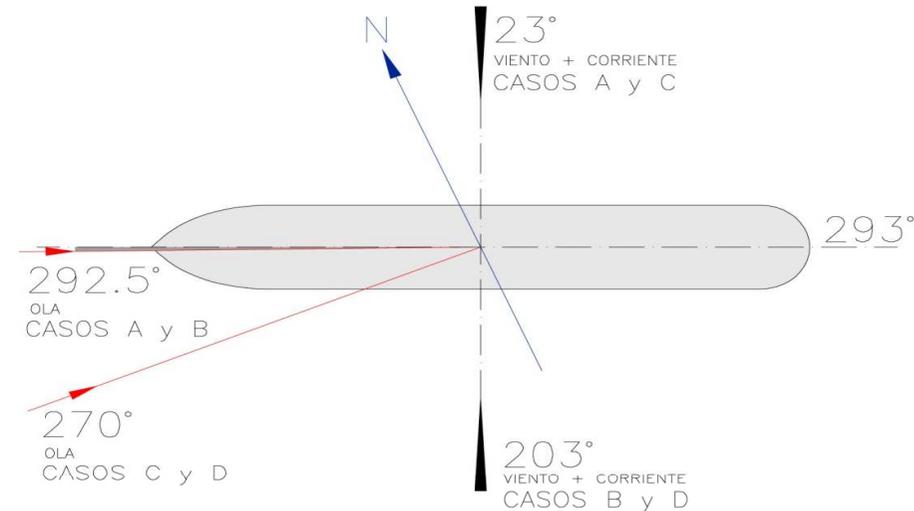


Caso	Ocurrencia (%)			Operabilidad (%)		Falla Recurrente
	Olas	Viento	Corriente	Modelo	Ponderada	
A	90,36	24,71	100	62,99	14,06	Vaivén, bita, espía, defensa
B		72,71		81,97	53,85	Vaivén, bita, espía, defensa
Promedio Anual					67,91	

Resultado Mejoras al Sistema de Amarre

Casos de Estudio Análisis Optimización

Caso	Dirección de Incidencia (Rv°)		
	Oleaje	Viento	Corriente
A	292,5	23°	23°
B	292,5	203°	203°
C	270	23°	23°
D	270	203°	203°



Características Espías de Amarre

Material	Poliéster
Construcción	8-strands
Mena	12"
Carga de Rotura	1226,25 (kN)
Pretensión (10%)	122,63 (kN)

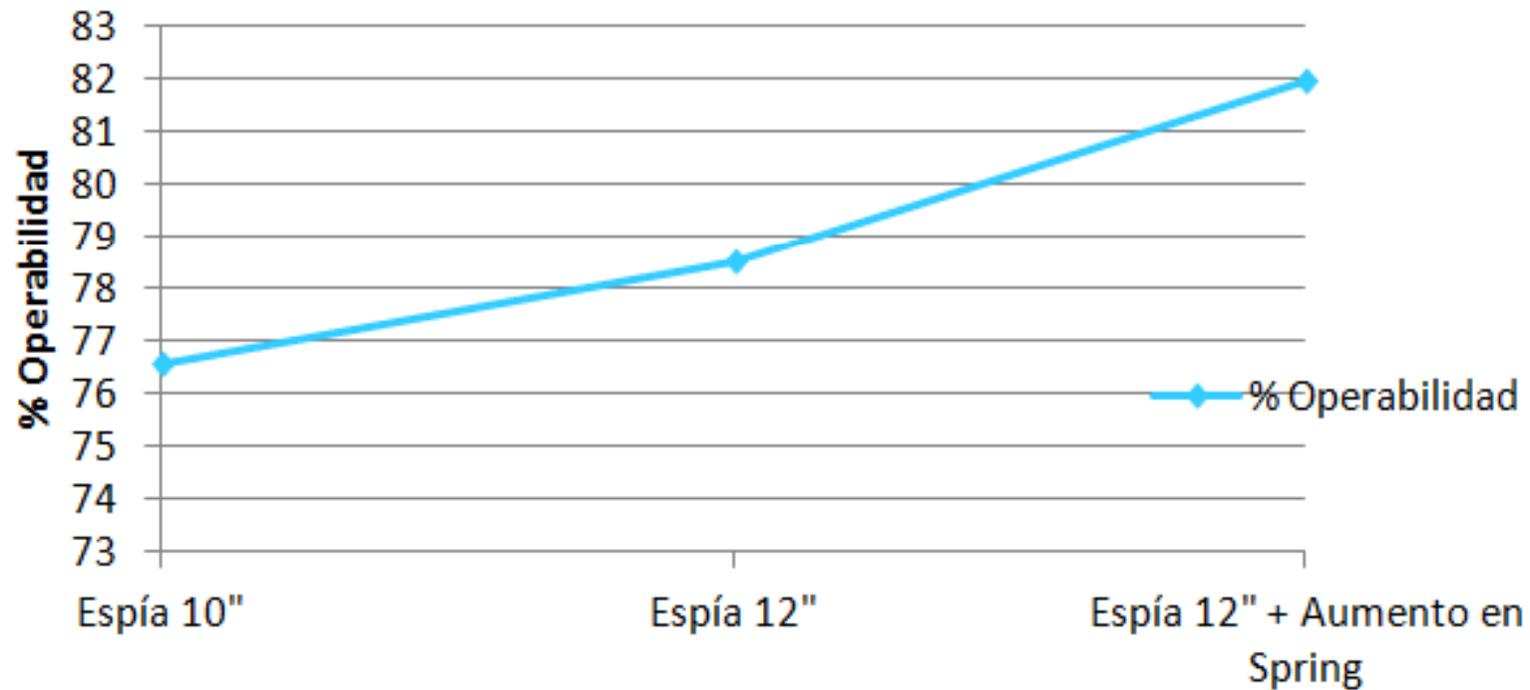
% Operabilidad Nave 235m LOA – Espías 12" de Mena

Caso	Ocurrencia (%)			Operabilidad (%)		Condición Limite
	Olas	Viento	Corriente	Modelo	Ponderada	
A	90,36	24,71	100	87,39	19,51	Bitas, espías, vaivén, defensa, guiñada.
B		72,71		87,39	57,42	Bitas, espías, vaivén, defensa.
C	8,99	24,71		33,81	0,75	Bitas, defensa, espías, vaivén, guiñada, balance, deriva, alteada
D	72,71	12,77		0,83	Bitas, defensa, espías, vaivén, guiñada, balance, deriva, alteada	
Promedio Anual					78,51	

% Operabilidad Nave 235m LOA – Espías 12" de Mena + 3 Espías por Spring

Caso	Ocurrencia (%)			Operabilidad (%)		Condición Limite
	Olas	Viento	Corriente	Modelo	Ponderada	
A	90,36	24,71	100	91,33	20,39	Bitas, espías, vaivén, defensa, guiñada.
B		72,71		91,33	60,00	Bitas, espías, vaivén, defensa.
C	8,99	24,71		33,22	0,74	Bitas, defensa, espías, vaivén, balance, deriva, alteada
D	72,71	12,48		0,82	Bitas, defensa, espías, vaivén, guiñada, balance, alteada, deriva	
Promedio Anual					81,95	

Nave 235 m de Eslora



Sistema de Amarras

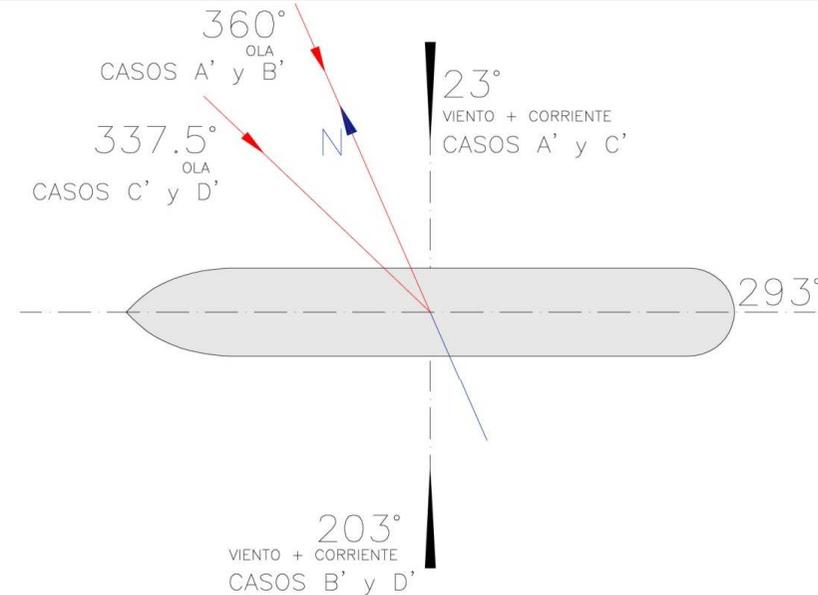
Verificación del Terminal para Bound Waves

Combinación Altura/Periodo de Ola

Altura de Ola Significativa (m)	Periodo (seg)
0,11	40 a 85
0,13	45 a 85
0,15	50 a 90

Casos de Estudio

Caso	Dirección de Incidencia (Rv°)		
	Oleaje	Viento	Corriente
A'	360°	23°	23°
B'	360°	203°	203°
C'	337.5°	23°	23°
D'	337.5°	203°	203°



% Operabilidad Nave 235 m de Eslora para Bound Waves

Caso	Ocurrencia (%)			Operabilidad (%)		Condición Limite
	Olas	Viento	Corriente	Modelo	Ponderada	
A'	18,56	24,71	100	79,06	3,63	Bitas, defensas, espías, deriva
B'		72,71		97,33	13,13	Bitas, defensas, espías
C'	23,11	24,71		89,41	5,11	Bitas, defensas, espías
D'		72,71		99,61	16,74	Bitas
Promedio Anual					38,61	

Conclusiones

- ▶ Considerando las condiciones actuales de amarre (situación base), la operabilidad anual estimada (ponderada) en media carga para un buque tanque de 225 m de eslora es de aproximadamente 73,99%, para un buque tanque de 235 de eslora es de 76,56% y para un buque tanque de 245 m de eslora es de 67,91%.
- ▶ Al aumentar a 12" la mena de las espías se obtiene una operabilidad de un 78,51% para la nave de 235 m de eslora. Si a este cambio se agrega el aumento a 3 espías en las líneas spring la operabilidad para esta nave alcanza el 81,51%.
- ▶ Se observa que la influencia de olas de baja altura pero con altos periodos (sobre 30 segundos) tiene un efecto negativo en la estructura, es decir, tanto las bitas como las defensas se ven sobrepasada en su capacidad máxima.

Recomendaciones

Con el fin de mejorar aún más los porcentajes de operabilidad para todas las naves iguales o inferiores a 235 m de eslora, se recomienda un cambio en las bitas, proponiéndose bitas con capacidad mayor a 100 ton, con lo cual sería posible contrarrestar los problemas presentados en la optimización de la situación base y de los presentados en el análisis de las Bound Waves, logrando alcanzar mayor seguridad en la instalación, valores de operabilidad mayores, y por sobre todo una mejor respuesta de la estructura antes fenómenos poco recurrentes pero de gran daño.

