



Memoria de titulación para optar al Título de
Ingeniero Civil Oceánico

**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

Octubre 2012



“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”

COMISIÓN REVISORA

CALIFICACIONES

Nota

Firma

PROFESOR GUÍA:

SRA. VERÓNICA MAILLARD T.

PROFESOR INTEGRANTE 1:

SR. MAURICIO REYES G.

PROFESOR INTEGRANTE 2:

SR. MATÍAS QUEZADA L.

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL OCEÁNICO

VIÑA DEL MAR, CHILE
2012



DECLARACIÓN

Este trabajo o alguna de sus partes no ha sido presentado anteriormente en la Universidad de Valparaíso, institución universitaria chilena o extranjera u organismos de carácter estatal, para evaluación, comercialización u otros propósitos. Salvo las referencias citadas en el texto, confirmo que el contenido intelectual de este Proyecto de Título es resultado de mis esfuerzos personales.

La Universidad de Valparaíso reconoce expresamente la propiedad intelectual del autor sobre esta Memoria de Titulación. Sin embargo, en caso de ser sometida a evaluación para propósitos de obtención de Título Profesional de Ingeniero Civil Oceánico, el autor renuncia a sus derechos legales sobre la misma y los cede a la Universidad de Valparaíso, la que estará facultada para utilizarla con fines exclusivamente académicos.

La base de datos de los estudios oceanográficos utilizados en el contexto de esta memoria es propiedad de la empresa PROCON S.A. Ingeniería, la cual ha sido cedida a la Universidad de Valparaíso para fines académicos exclusivos de este proyecto de título. El uso comercial de esta información por parte de terceros será de su responsabilidad y devengará eventualmente en el cobro de los derechos correspondiente.

Verónica Maillard Traba.

Profesor Guía

Paz Caamaño Barrera.

Alumno Memorista



AGRADECIMIENTOS

Tras finalizar este largo camino de titulación me gustaría agradecer en primer lugar a Verónica Maillard Traba, quien no sólo fue mi profesora guía, sino que también una colega de la cual he aprendido a trabajar en el mundo de la Ingeniería durante los últimos 3 años. A PROCON S.A. Ingeniería por facilitarme la información y herramientas necesarias para realizar este estudio, por permitirme aprender de un gran grupo de ingenieros y lograr sentirme una parte más de ese equipo de trabajo.

A mis Padres y Hermanos por creer en mí, inclusive más que yo misma, alentándome a seguir cada uno de mis sueños y por entregarme una visión de la vida tan única y real, a mi “Tata” , tía Silvia y tío Hernán, por acogerme en sus hogares durante mis años universitarios como si fuese una hija más. A mis amigos de la vida y de mi época universitaria, los cuales estuvieron a mi lado cada vez que los necesite para platicar y pedalear para hacer fluir las ideas, en especial a mi amigo Mario quien dedicó parte de su tiempo para leer, contribuir y preocuparse constantemente para que este proceso finalizara de manera exitosa.

Por último me gustaría agradecer y recordarte a ti, quien me vio nacer, crecer y acompañó durante tantas jornadas de estudios y recreación a lo largo de mi vida, a pesar de que tu cuerpo ya no nos acompaña, tu alma se mantiene intacta en cada uno de tus nietos, se que estarías orgullosa por cada uno de mis logros.

Paz Caamaño Barrera.



CONTENIDOS

1	INTRODUCCIÓN	1
2	EXPOSICIÓN DEL PROBLEMA.....	2
3	OBJETIVOS.....	5
3.1	Objetivo General.....	5
3.2	Objetivos Específicos	5
4	MARCO TEÓRICO	6
4.1	Movimientos del Buque	6
4.2	Teoría de Cuerpos Flotantes.....	8
4.2.1	Fuerzas de Olas Regulares	8
4.2.2	Fuerzas en Olas Irregulares	9
4.2.3	Fuerza Media de Deriva por Oleaje	9
4.2.4	Dominio de Frecuencia.....	10
4.2.5	Fuerzas y Momentos	11
4.2.6	Cargas Hidrodinámicas	11
4.3	Bound Waves.....	12
5	DESCRIPCIÓN DE HERRAMIENTAS UTILIZADAS	15
5.1	Termsim II.....	15
5.1.1	Módulos de Simulación	15
5.2	Base de Datos	19
5.2.1	Coeficientes Hidrodinámicos	19
5.2.2	Elementos de Amarre.....	19
5.2.3	Defensas.....	22
6	CONDICIONES NATURALES DEL SECTOR.....	24
6.1	Olas	24
6.2	Vientos	29
6.3	Corrientes	30
6.4	Mareas	32
6.5	Batimetría	32
7	CARACTERÍSTICAS DEL MODELO.....	34



7.1	Naves a Modelar	35
7.1.1	Condición de Carga de las Naves	36
7.1.2	Desplazamiento	36
7.1.3	Calado	37
7.1.4	Volumen	37
7.1.5	Determinación de Áreas Expuestas	38
7.1.6	Coefficientes Hidrodinámicos	38
7.2	Sistema de Amarre a Modelar.....	38
7.2.1	Fairleads	38
7.2.2	Bitas.....	39
7.2.3	Líneas de Amarre.....	39
7.3	Sistema de Atraque	42
7.4	Condiciones Naturales a Modelar.....	43
7.4.1	Oleaje	43
7.4.2	Vientos	44
7.4.3	Corrientes	45
7.4.4	Mareas	45
8	CONDICIONES LÍMITES.....	46
8.1	Limitaciones a los Movimientos de Buques	46
8.2	Carga Máxima en Bitas	47
8.3	Tensión Admisible en Espías de Amarre	47
8.4	Carga Admisible en las Defensas.....	48
9	VERIFICACIÓN INSTALACIÓN SITUACIÓN BASE	49
9.1	Definición Situación Base	49
9.2	Ensayos Efectuados	50
9.3	Análisis de los Resultados	51
9.4	Porcentaje de Operabilidad	55
9.5	Conclusiones Preliminares	57
10	IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS AL SISTEMA DE AMARRE	58
10.1	Modificaciones Propuestas.....	58



10.2	Casos de Estudio	59
10.3	Restricciones.....	60
10.4	Porcentaje de Operabilidad	60
10.5	Porcentaje de Falla en Sistema de Atraque y Amarre	61
10.6	Conclusiones Preliminares	63
11	VERIFICACIÓN DEL TERMINAL PARA BOUN WAVES.....	64
11.1	Generalidades.....	64
11.2	Casos de Estudio	64
11.3	Restricciones.....	65
11.4	Porcentajes de Operabilidad	66
11.5	Conclusiones Preliminares	67
12	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	68
13	REFERENCIAS	70
14	ANEXOS.....	72
14.1	ANEXO I: TABLAS CON RESULTADOS.....	73
14.2	ANEXO II: ESQUEMAS	128



LISTA DE TABLAS

Tabla 2-1: Cuadro Resumen de Condiciones de Operación Sitio Sur TMQ.	4
Tabla 6-1: Distribución de Olas Altura / Periodo Anual – Bahía de Quintero N2.....	24
Tabla 6-2: Distribución de Olas Altura / Dirección Anual – Bahía de Quintero N2.....	25
Tabla 6-3: Tabla de Incidencia de Altura Significativa / Periodo Significativo para Bound Waves	28
Tabla 6-4: Tabla de Incidencia de Altura Significativa / Dirección para Bound Waves	28
Tabla 6-5: Vientos Intensidad / Dirección.....	29
Tabla 6-6: Proyección de Viento Máximo.....	29
Tabla 6-7: Incidencia de Corrientes – Estación Quintero 16 de Julio al 18 de Agosto de 2005.	31
Tabla 6-8: Extrapolación de Valores Extremos – Corrientes – Proyección Gumbel	31
Tabla 6-9: Planos Característicos de la Marea.	32
Tabla 7-1: Características de las Naves a Modelar.....	35
Tabla 7-2: Desplazamiento a Media Carga.	37
Tabla 7-3: Calado en Media Carga	37
Tabla 7-4: Volumen Desplazado	38
Tabla 7-5: Coordenadas en Bitas.....	39
Tabla 7-6: Características Espías de Amare	39
Tabla 7-7: Características de las Defensas en Duques de Alba	42
Tabla 7-8: Deformación y Reacción Defensa Sumitomo	42
Tabla 7-9: Combinación Altura/Periodo de Ola en Modelo	44
Tabla 8-1: Movimientos Admisibles según Normas.....	46
Tabla 8-2: Movimientos Admisibles del Buque para el Estudio.....	47
Tabla 9-1: Casos de Estudio Análisis Situación Base.....	49
Tabla 9-2: Número de Casos Analizados para Cada Nave.	50
Tabla 9-3: Movimientos del Centro de Gravedad de la Nave 225 m Eslora (CASO A).....	51
Tabla 9-4: Tensiones en las Espías de Amarre Nave 225 m de Eslora (CASO A).....	53
Tabla 9-5: Reacciones en las Defensas Nave 225 m Eslora (CASO A).....	54
Tabla 9-6: Porcentajes de Operabilidad – Nave de 225 m de Eslora.....	55
Tabla 9-7: Porcentaje de Operabilidad – Nave 235 m de Eslora	55
Tabla 9-8: Porcentaje de Operabilidad – Nave 245 m de Eslora	55
Tabla 9-9: Porcentaje de Falla de Movimientos del C.G. de la Nave	56
Tabla 9-10: Porcentaje de Falla en Espías de Amarra	56
Tabla 9-11: Porcentaje de Falla en Defensas	56
Tabla 9-12: Porcentajes de Falla en Bitas	56
Tabla 10-1: Características Espías de Amarre.	58
Tabla 10-2: Casos De Estudio Análisis Optimización	59
Tabla 10-3: Porcentaje de Operabilidad Nave 235 m de Eslora Espías de 12” de Mena ...	61



Tabla 10-4: Porcentaje de Operabilidad Nave 235 m de Eslora Espías de 12” de Mena + 3 Espías en cada Spring	61
Tabla 10-5: Porcentaje de Falla de Movimientos del C.G. de la Nave 235 m de Eslora Espías de 12” de Mena	61
Tabla 10-6: Porcentaje de Falla en Espías de Amarra de la Nave 235 m de Eslora Espías de 12” de Mena.....	61
Tabla 10-7: Porcentaje de Falla en Defensas de la Nave 235 m de Eslora Espías de 12” de Mena	62
Tabla 10-8: Porcentajes de Falla en Bitas de la Nave 235 m de Eslora Espías de 12” de Mena	62
Tabla 10-9: Porcentaje de Falla de Movimientos del C.G. de la Nave 235 m de Eslora Espías de 12” de Mena + 3 Espías en Cada Spring	62
Tabla 10-10: Porcentaje de Falla en Espías de Amarra de la Nave 235 m de Eslora Espías de 12” de Mena + 3 Espías en Cada Spring.....	62
Tabla 10-11: Porcentaje de Falla en Defensas de la Nave 235 m de Eslora Espías de 12” de Mena + 3 Espías en cada Spring	62
Tabla 10-12: Porcentajes de Falla en Bitas de la Nave 235 m de Eslora Espías de 12” de Mena + 3 Espías en Cada Spring.....	63
Tabla 11-1: Combinación Altura/Periodo de Ola para Bound Waves.....	64
Tabla 11-2: Casos de Estudio para Bound Waves	65
Tabla 11-3: Porcentaje de Operabilidad Nave 235 m de Eslora para Bound Waves	66
Tabla 11-4: Porcentaje de Falla de Movimientos del C.G. de la Nave	66
Tabla 11-5: Porcentaje de Falla en Espías de Amarra	66
Tabla 11-6: Porcentaje de Falla en Defensas	67
Tabla 11-7: Porcentaje de Falla en Bitas	67
Tabla 14-1: Movimientos del C.G. Nave 225 m Eslora – Caso A (Situación Base)	74
Tabla 14-2: Tensiones en las Espías de Amarre Nave 225 m de Eslora – Caso A (Situación Base)	75
Tabla 14-3: Reacciones en las Defensas Nave 225 m de Eslora – Caso A (Situación Base)	76
Tabla 14-4: Movimientos del C.G. Nave 225 m Eslora – Caso B (Situación Base)	77
Tabla 14-5: Tensiones en las Espías de Amarre Nave 225 m de Eslora – Caso B (Situación Base)	78
Tabla 14-6: Reacciones en las Defensas Nave 225 m de Eslora – Caso B (Situación Base)	79
Tabla 14-7: Movimientos del C.G. Nave 235 m Eslora – Caso A (Situación Base)	80
Tabla 14-8: Tensiones en las Espías de Amarre Nave 235 m de Eslora – Caso A (Situación Base)	81
Tabla 14-9: Reacciones en las Defensas Nave 235 m de Eslora – Caso A (Situación Base)	82
Tabla 14-10: Movimientos del C.G. Nave 235 m Eslora – Caso B (Situación Base)	83



Tabla 14-11: Tensiones en las Espías de Amarre Nave 235 m de Eslora – Caso B (Situación Base)	84
Tabla 14-12: Reacciones en las Defensas Nave 235 m de Eslora – Caso B (Situación Base)	85
Tabla 14-13: Movimientos del C.G. Nave 245 m Eslora – Caso A (Situación Base)	86
Tabla 14-14: Tensiones en las Espías de Amarre Nave 245 m de Eslora – Caso A (Situación Base)	87
Tabla 14-15: Reacciones en las Defensas Nave 245 m de Eslora – Caso A (Situación Base)	88
Tabla 14-16: Movimientos del C.G. Nave 245 m Eslora – Caso B (Situación Base)	89
Tabla 14-17: Tensiones en las Espías de Amarre Nave 245 m de Eslora – Caso B (Situación Base)	90
Tabla 14-18: Reacciones en las Defensas Nave 245 m de Eslora – Caso B (Situación Base)	91
Tabla 14-19: Movimientos del C.G. Nave 235 m Eslora – Caso A (Situación Optimizada – Espías 12”)	92
Tabla 14-20: Tensiones en las Espías de Amarre Nave 235 m de Eslora – Caso A (Situación Optimizada – Espías 12”)	93
Tabla 14-21: Reacciones en las Defensas Nave 235 m de Eslora – Caso A (Situación Optimizada – Espías 12”)	94
Tabla 14-22: Movimientos del C.G. Nave 235 m Eslora – Caso B (Situación Optimizada – Espías 12”)	95
Tabla 14-23: Tensiones en las Espías de Amarre Nave 235 m de Eslora – Caso B (Situación Optimizada – Espías 12”)	96
Tabla 14-24: Reacciones en las Defensas Nave 235 m de Eslora – Caso B (Situación Optimizada – Espías 12”)	97
Tabla 14-25: Movimientos del C.G. Nave 235 m Eslora – Caso C (Situación Optimizada – Espías 12”)	98
Tabla 14-26: Tensiones en las Espías de Amarre Nave 235 m de Eslora – Caso C (Situación Optimizada – Espías 12”)	99
Tabla 14-27: Reacciones en las Defensas Nave 235 m de Eslora – Caso C (Situación Optimizada – Espías 12”)	100
Tabla 14-28: Movimientos del C.G. Nave 235 m Eslora – Caso D (Situación Optimizada – Espías 12”)	101
Tabla 14-29: Tensiones en las Espías de Amarre Nave 235 m de Eslora – Caso D (Situación Optimizada – Espías 12”)	102
Tabla 14-30: Reacciones en las Defensas Nave 235 m de Eslora – Caso D (Situación Optimizada – Espías 12”)	103
Tabla 14-31: Movimientos del C.G. Nave 235 m Eslora – Caso A (Situación Optimizada - Espías 12” + 3 Espías en cada Spring)	104



Tabla 14-32: Tensiones en las Espías de Amarre Nave 235 m de Eslora – Caso A (Situación Optimizada – Espías 12” + 3 Espías en cada Spring).....	105
Tabla 14-33: Reacciones en las Defensas Nave 235 m de Eslora – Caso A (Situación Optimizada – Espías 12” + 3 Espías en cada Spring).....	106
Tabla 14-34: Movimientos del C.G. Nave 235 m Eslora – Caso B (Situación Optimizada - Espías 12” + 3 Espías en cada Spring).....	107
Tabla 14-35: Tensiones en las Espías de Amarre Nave 235 m de Eslora – Caso B (Situación Optimizada – Espías 12” + 3 Espías en cada Spring).....	108
Tabla 14-36: Reacciones en las Defensas Nave 235 m de Eslora – Caso B (Situación Optimizada – Espías 12” + 3 Espías en cada Spring).....	109
Tabla 14-37: Movimientos del C.G. Nave 235 m Eslora – Caso C (Situación optimizada - Espías 12” + 3 Espías en cada Spring).....	110
Tabla 14-38: Tensiones en las Espías de Amarre Nave 235 m de Eslora – Caso C (Situación Optimizada – Espías 12” + 3 Espías en cada Spring).....	111
Tabla 14-39: Reacciones en las Defensas Nave 235 m de Eslora – Caso C (Situación Optimizada – Espías 12” + 3 Espías en cada Spring).....	112
Tabla 14-40: Movimientos del C.G. Nave 235 m Eslora – Caso D (Situación optimizada - Espías 12” + 3 Espías en cada Spring).....	113
Tabla 14-41: Tensiones en las Espías de Amarre Nave 235 m de Eslora – Caso D (Situación Optimizada – Espías 12” + 3 Espías en cada Spring).....	114
Tabla 14-42: Reacciones en las Defensas Nave 235 m de Eslora – Caso D (Situación Optimizada – Espías 12” + 3 Espías en cada Spring).....	115
Tabla 14-43: Movimientos del C.G. Nave 235 m Eslora – Caso A Bound Waves (Espías 12” + 3 Espías en cada Spring).....	116
Tabla 14-44: Tensiones en las Espías de Amarre Nave 235 m de Eslora – Caso A Bound Waves (Situación Optimizada – Espías 12” + 3 Espías en cada Spring).....	117
Tabla 14-45: Reacciones en las Defensas Nave 235 m de Eslora – Caso A Bound Waves (Situación Optimizada – Espías 12” + 3 Espías en cada Spring).....	118
Tabla 14-46: Movimientos del C.G. Nave 235 m Eslora – Caso B Bound Waves (Espías 12” + 3 Espías en cada Spring).....	119
Tabla 14-47: Tensiones en las Espías de Amarre Nave 235 m de Eslora – Caso B Bound Waves (Situación Optimizada – Espías 12” + 3 Espías en cada Spring).....	120
Tabla 14-48: Reacciones en las Defensas Nave 235 m de Eslora – Caso B Bound Waves (Situación Optimizada – Espías 12” + 3 Espías en cada Spring).....	121
Tabla 14-49: Movimientos del C.G. Nave 235 m Eslora – Caso C Bound Waves (Espías 12” + 3 Espías en cada Spring).....	122
Tabla 14-50: Tensiones en las Espías de Amarre Nave 235 m de Eslora – Caso C Bound Waves (Situación Optimizada – Espías 12” + 3 Espías en cada Spring).....	123
Tabla 14-51: Reacciones en las Defensas Nave 235 m de Eslora – Caso C Bound Waves (Situación Optimizada – Espías 12” + 3 Espías en cada Spring).....	124



Tabla 14-52: Movimientos del C.G. Nave 235 m Eslora – Caso D Bound Waves (Espías 12” + 3 Espías en cada Spring)	125
Tabla 14-53: Tensiones en las Espías de Amarre Nave 235 m de Eslora – Caso D Bound Waves (Situación Optimizada – Espías 12” + 3 Espías en cada Spring)	126
Tabla 14-54: Reacciones en las Defensas Nave 235 m de Eslora – Caso D Bound Waves (Situación Optimizada – Espías 12” + 3 Espías en cada Spring).....	127



LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1: Vista Aérea del Sitio Sur del TMQ	2
Figura 2-2: Disposición General Sitio Sur TMQ (Naves de 40.000 DWT y 53.000 DWT).....	3
Figura 4-1: Movimientos Horizontales y Verticales de un Buque.	6
Figura 4-2: Relación entre la Eficiencia de Carga/Descarga y los Movimientos del Buque.	7
Figura 4-3: Generación de un <i>Bound Long Wave</i> Debido a un Gradiente de un Esfuerzo de Radiación en un Grupo de Ola.	13
Figura 4-4: Modelo de olas progresivas (a y c) y estacionarias (b y d).	14
Figura 5-1: Tensiones en Espías	18
Figura 5-2: Estructura Base de Datos para Cadenas	20
Figura 5-3: Estructura Base de Datos Cables de Acero	21
Figura 5-4: Estructura Base de Datos Cuerdas Sintéticas	22
Figura 5-5: Estructura de la Base de Datos para Defensas.....	23
Figura 6-1: Rosa de Altura de Olas N2 Anual.	25
Figura 6-2: Ubicación N2 Bahía de Quintero.....	26
Figura 6-3: Ubicación Medidor de Olas Direccional Interocean.	26
Figura 6-4: Representación de la Frecuencia en la Dirección de la Corriente.....	30
Figura 6-5: Representación de la Frecuencia de la Magnitud de la Corriente.	30
Figura 6-6: Profundidad Límite para Operación de los Buques.....	33
Figura 7-1: Configuración del Sitio Sur.....	34
Figura 7-2: Nave Atracada en el Sitio Sur.....	35
Figura 7-3: Ejemplo Buque Carga de GLP (buque tanque).	36
Figura 7-4: Espía de Poliéster de 8-strands	40
Figura 7-5: Número de Espías Paralelas por Línea de Amarre.....	41
Figura 7-6: Curva Reacción/ Deformación en Modelo para Defensa Sumitomo	43
Figura 7-7: Espectro Jonswap en el Modelo.....	44
Figura 9-1: Diagrama de Dirección Análisis Situación Base.	50
Figura 9-2: Movimiento de Traslación (Vaivén) del C.G.....	51
Figura 9-3: Movimiento de Traslación (Deriva) del C.G.....	52
Figura 9-4: Movimiento de Traslación (Alzada) del C.G.....	52
Figura 9-5: Movimiento de Rotación (Balance) del C.G.	52
Figura 9-6: Movimiento de Rotación (Cabeceo) del C.G.....	53
Figura 9-7: Movimiento de Rotación (Guiñada) del C.G.....	53
Figura 9-8: Tensión de espía de Amarre (Largo de Popa).....	54
Figura 9-9: Reacción en Defensa (Duque de Alba).....	54
Figura 10-1: Número de Espías Paralelas por líneas de Amarre	59
Figura 10-2: Diagrama de Dirección Análisis Optimización	60
Figura 10-3: Optimización de la Operabilidad para Nave 235 m de Eslora.....	63
Figura 11-1: Diagrama de Dirección Análisis para Bound Waves.....	65



RESUMEN

El presente documento consiste en el proyecto de título llamado “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”. El cual evalúo el comportamiento de las defensas, bitas y sistema de amarre del sitio sur mencionado, modelando a través del software Termsim II la configuración actual de este terminal considerando tres naves para el estudio (225 m, 235 m y 245 m de eslora respectivamente).

Los resultados preliminares indican que la nave con 235 m de eslora presenta porcentajes de operabilidad mayores en comparación a las otras naves, por lo cual se procedió a modelar ésta nave por segunda vez pero mejorando el sistema de amarre, mostrando que el comportamiento de la nave mejora.

Finalmente se analizó el efecto de las olas de longitud larga asociada a grandes periodos (superiores a 30 seg.) sobre la nave de 235 m de eslora, considerando el sistema de amarre mejorado, lo cual mostró efectos negativos a la estructura, es decir bitas y defensas se ven superadas en sus respectivas capacidades máximas.

Se recomienda el cambio de bitas por unas de mayor capacidad máxima, lo cual permitirá obtener mejores porcentajes de operabilidad, pero por sobre todo una mejora en la respuesta de la estructura ante fenómenos poco recurrentes pero de gran daño.



1 INTRODUCCIÓN

El terminal marítimo en estudio se ubica en la bahía de Quintero, en adelante 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.

Debido al incremento en el consumo de gas licuado de petróleo (GLP) durante las estaciones de otoño – invierno en el país, se evalúa la posibilidad de recibir naves de mayores dimensiones con el fin de aumentar la transferencia de este producto. Debido a esto se ha encargado a PROCON S.A. Ingeniería la elaboración de estudios de modelación matemática para evaluar el comportamiento dinámico de buques amarrados en el sitio sur del TMQ.

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.

Se propone como materia de estudio para este Proyecto de Título evaluar las instalaciones (defensas, bitas y sistema de amarras) del sitio sur del TMQ para la recepción de naves tipo tanque de mayores dimensiones a las permitidas en la actualidad, considerando las condiciones oceanográficas, las características del sistema de atraque y amarre, características de las naves, considerando para esto las restricciones impuestas a los movimientos de las nave, las tensiones en espías de amarre, cargas en bitas y reacciones en las defensas, para una operación de transferencia de carga segura y eficiente.

Para realizar este estudio se modelará el sistema con el software TERMSIM II, elaborado por el Maritime Research Institute Netherlands (MARIN), versión 2008, el cual resuelve ecuaciones para el cálculo de las fuerzas que se ejercen sobre el buque y las amarras, determinando finalmente aquellas que afectan al movimiento de la nave y estableciendo de esta forma el comportamiento de las instalaciones y del sistema de amarre para las naves en estudio.



2 EXPOSICIÓN DEL PROBLEMA

El TMQ (Figura 2-1) cuenta con un muelle mecanizado e instalaciones para carga y descarga de combustibles limpios y químicos (como Ácido Sulfúrico y Soda Cáustica), en particular el sitio sur trabaja con gases licuados del petróleo (GLP); además posee en tierra 30 estanques de almacenamiento y 8 de operación, con una capacidad total sobre los 70.000 m³, conectados hasta algunos de los manifolds¹ que los unen a las cañerías que vienen del muelle.

El terminal fue diseñado originalmente para la atención de buques tanques de hasta 40.000 DWT, capacidad que ha ido en aumento a través de los años, en la actualidad cuenta con la autorización para operar buques de hasta 53.000 DWT en el sitio sur.

El calado máximo con que puede ingresar un buque es de 12,4 m, ya que de esta forma es posible realizar operaciones respetando las exigencias del resguardo de agua requeridas. El terminal está conformado por un puente de acceso de 652 m de largo y un cabezo de 40 m de largo y 20 m de ancho, 4 duques de alba (2 a popa en cada sitio) y 2 postes de amarre dobles (uno a proa y otro a popa). Por último, el sitio sur cuenta con una boya a popa babor (Figura 2-2).



Fuente: www.oxiquim.cl

Figura 2-1: Vista Aérea del Sitio Sur del TMQ

¹ Manifold: bloque que posee integrado un sistema hidráulico, con sus correspondientes válvulas, ya sea adosadas o insertadas, y que responde a una o varias funciones específicas. El bloque es en si mismo el cuerpo de una o varias válvulas, y al mismo tiempo es la tubería de conexión entre ellas, optimizando las pérdidas de cargas y el espacio requerido.

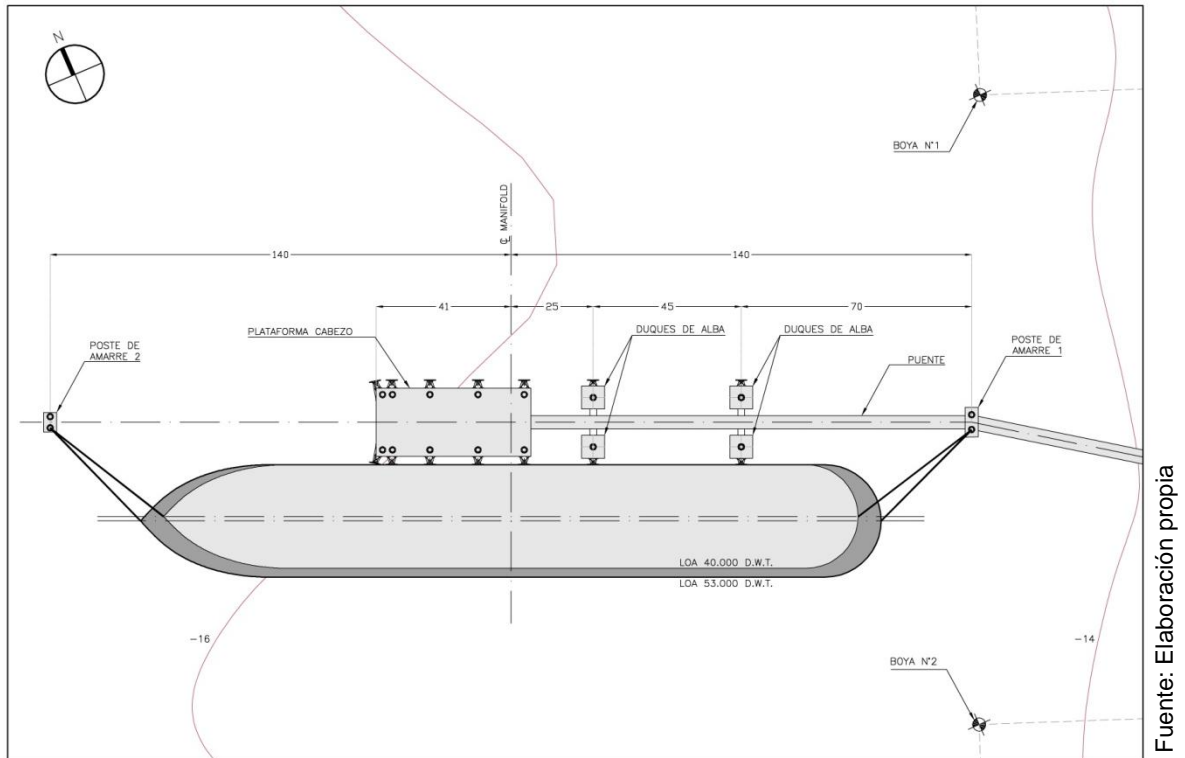


Figura 2-2: Disposición General Sitio Sur TMQ (Naves de 40.000 DWT y 53.000 DWT).

Debido al aumento en la demanda de GLP durante los meses más fríos en el país, el terminal se ve en la necesidad de recepcionar naves con mayores dimensiones buscando de esta forma mejorar su producción y por ende solventar la necesidad que se presenta actualmente. La incorporación de naves de mayores dimensiones al sitio sur puede contrarrestar la eficiencia y porcentajes de operabilidad que el terminal tiene en la actualidad, debido a que mayores dimensiones de la nave implican mayores movimientos de éstas durante el período de operación, lo cual puede provocar desconexiones del brazo de carga o del mismo manifold y en casos más extremos puede provocar deterioros importantes en defensas, bitas o inclusive cortes de espías. Cualquiera de estos problemas repercute de forma inmediata en la operabilidad del sitio y se reflejaría en una baja en el arribo de naves al terminal.

Por todo esto, el presente estudio examina las instalaciones actuales para naves de esloras mayores a las permitidas y permite así anticipar cualquier posible daño en las instalaciones, ya sea recomendando cambios en sus elementos (defensas, bitas o espías), limitando los movimientos de la nave o limitando el ingreso de naves a esloras no superiores a la máxima actualmente permitida.

La Tabla 2-1 muestra un cuadro resumen comparativo de las condiciones de operación permitidas en el sitio en sus inicios (40.000 DWT) y para la situación actual (53.000 DWT) según la Autoridad Marítima, señalando de esta forma como las necesidades en la importación de este producto ha ido modificando el diseño original.



Tabla 2-1: Cuadro Resumen de Condiciones de Operación Sitio Sur TMQ.

Nombre y/o numeración del sitio	SITIO SUR (original)	SITIO SUR (actual)
Eslora Máxima Autorizada	211 metros	225 metros
DWT máximo / Desplazamiento Máximo	40.000 TM	53.000 TM
Calado Máximo	12,2 metros	12,4 metros
Amarras	<p>Proa: 4 espías Amura: 2 springs Popa: 4 espías largas y 1 espía a la boya Aleta: 2 springs aleta</p>	<p>Proa: 4 espías largas, 2 springs y un través Popa: 4 espías largas, 2 springs y 1 espía a la boya Banda de atraque estribor a muelle. Prohibido el uso de alambres de amarra</p>
Remolcadores y Lanchas de Amarre	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Uso obligatorio para las faenas de atraque y desatraque. ➤ Para las naves de hasta 150 m de eslora y con condición de tiempo normal, un remolcador bajo 2.000 HP, cuando las condiciones de tiempo y mar dificulten la operación esta Autoridad Marítima con la asesoría del práctico de Guardia, determinará el tipo de remolcador a usar. ➤ Para las naves sobre 150 m de eslora, dos remolcadores de 2.000 HP como mínimo. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Nave de eslora máxima inferior a 150 m equipada con hélice lateral de proa (bowthruster) usará un remolcador de 45 toneladas bollardpull, naves sin hélice lateral, usaran dos remolcadores de 35 toneladas bollardpull. ➤ Nave de eslora máxima igual o superior a 150 m usará 2 remolcadores de 45 toneladas bollardpull. ➤ Una lancha de amarre con espacio en toldilla para maniobrar espías.
Límites Operacionales	<p>Viento: No mayor a 18 nudos Altura de ola: No mayor a 1,4 m Corriente: hasta 0,3 nudos Luz: Sin restricción Neblina: esta condición restringe la ejecución de las maniobras.</p>	<p>Viento: No mayor a 25 nudos Amplitud de ola: No mayor a 1,4 m Corriente: hasta 0,3 nudos Luz: Sin restricción Neblina: maniobras restringidas a grado de visibilidad</p>
Observaciones y/o disposiciones de seguridad con la nave atracada	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Con la nave atracada todo el tráfico de personas, con excepción del práctico y Autoridad Marítima, será por el acceso principal al muelle. ➤ Ante aviso meteorológico de situación pre frontal, las naves amarradas a los terminales deberán salir de estos con Prácticos de la capitanía de Puerto de Quintero y fondear a la gira en el sector habilitado de acuerdo a su eslora o zarpar, objeto capear mal tiempo hasta nueva condición meteorológica favorable. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Naves eslora desde 211 metros deben maniobrar con dos prácticos, solo de día y con buenas condiciones generales. ➤ Con la nave atracada, todo el tráfico de personas, con excepción del personal del sitio, será por lancha. ➤ Naves que recalén o zarpen sin carga deberán maniobrar con nave lastrada al 100% de su capacidad.



3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Evaluar la configuración de las instalaciones del sitio sur del Terminal Marítimo en Quintero (TMQ) en base a la simulación dinámica de buques amarrados a través de software TERMSIM II.

3.2 Objetivos Específicos

- 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.



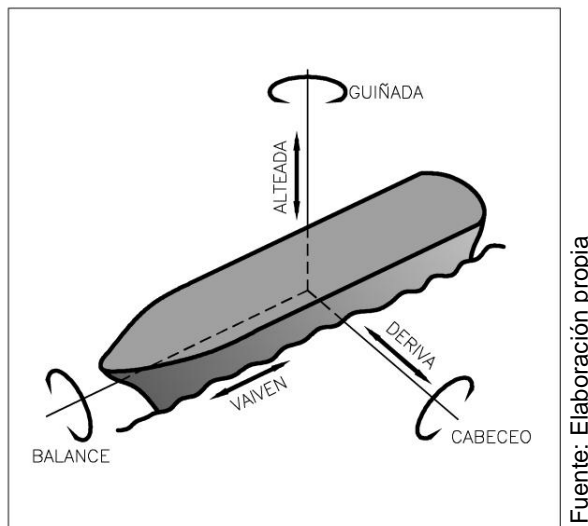
4 MARCO TEÓRICO

4.1 Movimientos del Buque

En la actualidad el transporte marítimo busca minimizar el tiempo de estadía de la nave en el sitio maximizando la operabilidad del terminal de modo que las naves estén el menor tiempo posible atracado, es por esto que los movimientos del buque pasan a ser un parámetro importante, ya que si éstos son excesivos, puede generar problemas en los brazos de carga, mayor sollicitación en elementos de atraque y amarre lo que puede generar detención de la operación, dañar al buque o a la instalación portuaria.

Los movimientos de los buques una vez atracados pueden ser causados por diversos factores externos, como son los vientos, corrientes, olas, mareas o buques en tránsito.

Los movimientos asociados a un buque atracado puede clasificarse como movimientos horizontales (vaivén, deriva y guiñada) o movimientos verticales (alteaada, balance y cabeceo) (ver Figura 4-1). Los movimientos verticales de un buque son siempre independientes del sistema de amarras existente, en cambio los movimientos horizontales son dependientes de la condición de carga del buque, del sitio, geometría, configuración del sistema de atraque, amarre, rigidez de las espías, defensas y del frente de atraque.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4-1: Movimientos Horizontales y Verticales de un Buque.

Movimientos Verticales

Alteaada: implica una aceleración hacia arriba y abajo a lo largo del eje vertical del buque. Solo en condición de absoluta calma los movimientos hacia arriba y abajo están en equilibrio y el buque flota en reposo.



Balance y Cabeceo: estos movimientos generan fuerzas de aceleración hacia arriba y abajo directamente tangenciales a la dirección de rotación, a medida que aumenta la distancia del eje estos movimientos aumentan sus valores y son inversamente proporcionales al periodo al cuadrado del balance o cabeceo.

Movimientos Horizontales

Guiñada: corresponde a movimientos rotación envolventes al eje vertical. Esto ocurre por la imposibilidad de la conducción de la nave en un curso absolutamente recto. Dependiendo de las condiciones del oleaje y de la deflexión del timón, la nave realiza un vaivén alrededor del curso proyectado. La guiñada no es una causa de daño para la nave.

Vaivén y Deriva: los movimientos del mar aceleran y desaceleran la nave hacia adelante y atrás y de lado a lado. Dependiendo de la posición del buque, estos movimientos pueden ocurrir en todos los ejes posibles y no solamente en uno. Si el cuerpo delantero de la nave está a un lado de la cresta de una ola y el cuerpo trasero está en el otro lado, el casco puede estar sujeto a fuerzas de torsión considerables.

Cuando los movimientos de los buques son muy largos, los límites de seguridad para la operación y el límite último de seguridad para atraque son excedidos. La Figura 4-2 muestra la relación entre la carga/descarga con el movimiento producido en el buque.

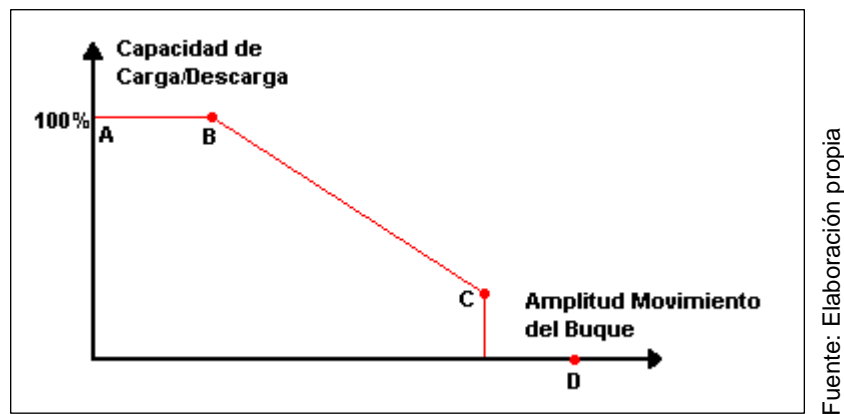


Figura 4-2: Relación entre la Eficiencia de Carga/Descarga y los Movimientos del Buque².

Cuando los movimientos de la nave están entre los puntos A y B, la eficiencia de la operación de carga/descarga es de un 100%. Entre los puntos B y C el rango de manipulación de la carga se reduce debido al aumento de los movimientos del buque. Cuando los movimientos superan al nivel C la operación de carga/descarga es detenida; los límites de seguridad de trabajo son alcanzados. Entre los puntos C y D la nave todavía puede estar atracada. Una vez que los movimientos de la nave exceden el nivel D los límites de seguridad de las amarras del sitio son excedidos.

Debe tenerse en cuenta que los movimientos del buque son un parámetro que afecta la operación de carga/descarga. Otros parámetros a considerar son el equipamiento de carga,

² Según Ref. 9 aplica para diversos tipos de categorías de naves, como por ejemplo cruceros, pesqueros, container, bulk carrier, cargo, ro-ro y gaseros, entre otros, a pesar de que cada uno de éstos tiene características propias al momento de establecer los límites en los movimientos.



los operadores de las grúas y las condiciones tales como viento, lluvia, duración del día y la noche (condiciones de luz natural).

4.2 Teoría de Cuerpos Flotantes

Para explicar los movimientos de los sólidos flotando en un cuerpo de agua afecto a movimiento ondulatorio es necesario describir en forma cualitativa las distintas fuerzas involucradas que originan estos movimientos. Éstas dependerán en qué estado de mar se produzcan (oleaje regular o irregular) y se diferencian entre las olas de 1º y 2º orden, dependiendo de la frecuencia que las defina, para lo cual se utilizó la Ref. 4 y la Ref. 6.

4.2.1 Fuerzas de Olas Regulares

Para determinar las fuerzas resultantes sobre estructuras rígidas debido a la acción de una serie de olas regulares, es necesario desarrollar ciertas hipótesis que permitan determinar en forma matemática las expresiones necesarias para evaluarlas. De este modo, se establece como hipótesis, que las olas incidentes a la estructura son completamente reflejadas.

Con lo anterior, y utilizando la expresión general para fuerzas sobre cuerpos rígidos, dada por:

$$\bar{F} = - \int_{-\infty}^{\xi} (\bar{p} \cdot \bar{n}) dS$$

Donde:

- ξ_a = Amplitud de la ola.
- \bar{p} = Presión hidrostática.
- \bar{n} = Vector normal a la superficie dS .
- S = Superficie de un cuerpo rígido.

La presión sobre la estructura está dada por:

$$p = -\rho g z - \rho \frac{\partial \Phi}{\partial t} - \frac{1}{2} \rho \left\{ \left(\frac{\partial \Phi}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial \Phi}{\partial z} \right)^2 \right\}$$

Donde:

- ρ = Densidad del agua
- g = Aceleración de gravedad
- z = Elevación de un punto determinado de la superficie libre respecto de un sistema de coordenadas cuyo origen está en el nivel de aguas quietas.
- Φ = Velocidad potencial.

Obteniéndose que la fuerza por unidad de longitud debido al oleaje regular se puede expresar, después de un manejo algebraico, simplemente como:

$$\bar{F} = -\frac{1}{2} \rho g \xi_a^2$$



La cual es numéricamente igual a la expresión de la energía de olas incidentes por unidad de área.

4.2.2 Fuerzas en Olas Irregulares

Para determinar las fuerzas debido a la incidencia de olas irregulares sobre un cuerpo, se utilizará la expresión del espectro de energía, de modo de representar de mejor forma la variación en la altura y periodo de cada una de las olas del grupo.

Como se sabe, la expresión para el espectro de energía está dado por:

$$S_{\xi}(w)dw = \frac{1}{2} \xi_a^2(w)$$

Donde:

$$m_{0z} = \int_0^{\infty} S_z(w)dw$$

Simplificando las expresiones antes expuestas y sabiendo que $H_{1/3} = 4\sigma$, se obtiene finalmente que la energía debido a la incidencia de olas irregulares viene dado por:

$$\bar{F} = -\frac{1}{16} \rho g H_{1/3}$$

4.2.3 Fuerza Media de Deriva por Oleaje

El análisis anterior consideró como hipótesis el hecho que las olas se reflejaban de modo completo en el cuerpo que incidían, lo cual no es completamente cierto pues generalmente éstas reflejan sólo una parte de ellas, mientras que el resto es transmitido directamente al cuerpo flotante. Junto con esto el mismo cuerpo genera oleaje debido a su propio movimiento.

Las olas reflejadas poseen exactamente la misma frecuencia que las olas incidentes, por lo que se puede asumir que su espectro está dado por:

$$\xi_{ar} = R(\omega)\xi_u$$

Donde $R(\omega)$ representa el coeficiente de reflexión, el cual es función de la frecuencia de las olas. Dada la ecuación anterior, para las olas regulares se puede obtener directamente una expresión para la fuerza por unidad de largo, la cual está dada por:

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



4.2.4 Dominio de Frecuencia

Las relaciones hidrodinámicas de fuerza y momento pueden ser descritas mediante la utilización de fórmulas clásicas. Éstas se basan en la física clásica y explican el fenómeno a partir de ecuaciones básicas de movimiento.

Integrando la presión obtenida mediante la linealización de la ecuación de Bernoulli sobre la superficie libre del cuerpo, es posible obtener los esfuerzos a los cuales está sometido éste. Utilizando la expresión de la ecuación anterior y considerando esfuerzos lineales de restitución, $C \cdot x$, mediante la segunda ley de Newton se tiene que:

$$(M + A)\ddot{x} + \int_0^{\infty} B(\tau)\dot{x}(t - \tau)d\tau + C \cdot x(t) = X(t)$$

Donde:

$\ddot{x}(t)$ = Aceleración de traslación (ó rotación) en el tiempo (m/s^2)

$\dot{x}(t)$ = Velocidad de traslación (ó rotación) en el tiempo (m/s)

$x(t)$ = Desplazamiento (ó rotación) en el tiempo (m)

M = Masa del sólido ó momento de inercia (kg)

A = Coeficiente de masa adherida (kg)

$B(\tau)$ = Funciones de retardo (Ns/m)

C = Coeficiente de Spring dado por la geometría del barco (N/m)

$X(t)$ = Esfuerzo externo en el tiempo (N)

Esta ecuación es conocida como la “ecuación de Cummins” en honor a su trabajo. Para la determinación de los coeficientes A y B es necesario determinar las velocidades potenciales ψ y χ , ya que estos coeficientes, por definición, dependen de estas velocidades directamente. Dada la complejidad de este cálculo, fue necesario determinar un método más simple para la obtención de estos coeficientes, el cual fue desarrollado mediante el uso de datos de masa hidrodinámica y damping, obtenidos mediante software de dominios de frecuencias existentes, los cuales usaban la teoría potencial como principio teórico.

Como hipótesis, se asume que los objetos flotantes poseían una oscilación armónica con una amplitud unitaria.

$$x(t) = 1.0 \cos(\omega t)$$

En la cual, al ser sustituida en la ecuación de Cummins antes desarrollada y comparándola con la descripción clásica de dominio de frecuencia para este tipo de movimientos, se obtiene que:

$$a(\omega) = A - \frac{1}{\omega} \int_0^{\infty} B(\tau) \cos(\omega t) dt$$

$$b(\omega) = \int_0^{\infty} B(\tau) \cos(\omega t) d\tau$$

$$c = C$$



Mediante la utilización de una Transformada de Fourier inversa es posible obtener la función $B(\tau)$, la cual es llamada función de retardo.

$$B(\tau) = \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} b(\omega) \cos(\omega\tau) d\omega$$

$$A = a(\omega)$$

4.2.5 Fuerzas y Momentos

Tanto las fuerzas F como los momentos M provienen de la integración de la presión, p , sobre la superficie sumergida del cuerpo, S .

$$\bar{F} = - \iint_S (p \cdot \bar{n}) dS$$

$$\bar{M} = - \iint_S \mathbf{p} \cdot (\bar{r} \times \bar{n}) dS$$

Donde \bar{n} representa el vector normal a la superficie dS y \bar{r} es el vector posición de la superficie dS . La presión p , mediante la ecuación linealizada de Bernoulli, es determinada a partir de la velocidad potencial como:

$$p = -\rho \frac{\partial \Phi}{\partial t} - \rho g z = -\rho \left(\frac{\partial \Phi_r}{\partial t} + \frac{\partial \Phi_w}{\partial t} + \frac{\partial \Phi_d}{\partial t} + g z \right)$$

4.2.6 Cargas Hidrodinámicas

Las cargas hidrodinámicas son las fuerzas y momentos causados por el fluido sobre un objeto oscilando en un cuerpo de agua. La radiación potencial Φ_r , asociada a la oscilación del cuerpo de agua, puede ser expresada en términos de los 6 grados de libertad que describen el comportamiento del cuerpo flotante.

$$\Phi_r(x, y, z, t) = \sum_{j=1}^6 \phi_j(x, y, z) v_j(t)$$

De esta expresión se puede deducir que el término originado por radiación, tanto en las expresiones de fuerza como de momento hidrodinámico están dados por:

$$\bar{F}_r = \rho \iint_S \left(\frac{\partial}{\partial t} \sum_{j=1}^6 \phi_j v_j \right) \bar{n} dS$$



$$\overline{M}_r = \rho \iint_S \left(\frac{\partial}{\partial t} \sum_{j=1}^6 \phi_j v_j \right) (\bar{r} x \bar{n}) dS$$

Cuyos componentes de fuerza y momento están definidos por:

$$\overline{F}_r = (X_{r1}, X_{r2}, X_{r3})$$

$$\overline{M}_r = (X_{r4}, X_{r5}, X_{r6})$$

Ya que ninguno de los términos potenciales depende del tiempo, se puede expresar cada uno de éstos en forma analítica. De este modo se tiene que:

$$\overline{X}_{rk} = -\frac{dv_j}{dt} \rho \iint_S \phi_j \frac{\partial \phi_k}{\partial n} dS$$

Si se aplica el segundo teorema de Green, en la ecuación anterior, la condición de superficie libre considerando una función potencial $\Phi = \phi e^{-i\omega t}$ y la relación de dispersión $\omega^2/g = k \tanh(kh)$, reduce las ecuaciones integrales a tan solo:

$$\iint_S \phi_j \frac{\partial \phi_k}{\partial n} dS = \iint_S \phi_k \frac{\partial \phi_j}{\partial n} dS$$

La ecuación permite aplicar simetría en las matrices de coeficientes respecto de sus diagonales, teniendo así que $M_{jk} = M_{kj}$ y $N_{jk} = N_{kj}$, donde los M_{jk} representan los coeficientes hidrodinámicos de masa y N_{jk} representa los coeficientes hidrodinámicos de damping.

4.3 Bound Waves

Olas de gran longitud generadas a través de vientos oceánicos o swell son llamadas *Olas Infragravitatorias*. Dentro de estas olas infragravitatorias es posible encontrar aquella denominada *bound waves*, la cual está asociada a los grupos de olas y que sus periodos típicos van entre los 30 segundos a 300-600 segundos y longitudes del orden de 10 metros a 100 kilómetros. El límite está basado en los periodos más altos que puedan contener grandes cantidades de energías incidentes desde aguas profundas.

El mecanismo de generación para las *bound waves* es el generado debidamente por un gradiente de esfuerzos de radiación en un grupo de olas. Cuando un campo de alta frecuencia de ola consiste en dos o más diferentes frecuencias, el grupo de ola nace. Demostrando que pequeñas ondulaciones de segundo orden acompañan a grupos de olas de primer orden debido a la diferencia en los esfuerzos de radiación en los grupos de olas.

La ecuación que se señala a continuación calcula los esfuerzos de radiación transversales a la costa:

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



Donde:

- S_{xx} = Es el componente transversal del esfuerzo de radiación (N/m^2)
(para olas que se aproximan a la costa con sus crestas paralelas a la playa)
- E = Energía de la ola (J)
- ρ = Densidad del agua (kg/m^3)
- g = Aceleración de gravedad (m/s^2)
- H = Altura de ola (m)

Largas olas tienen largos transportes de masa en comparación a las pequeñas olas, y la diferencia entre los momentos de flujo y los esfuerzos de radiación debido a que los fluidos deben ser expulsados desde grupos de olas altas hacia grupos de olas de bajas. Esto conduce a una disminución del nivel del agua por debajo de las olas altas y un aumento del nivel del agua por debajo de las olas pequeñas, como se muestra en la Figura 4-3, donde la línea negra representa la ola propagada, la línea azul a un *bound wave* y la línea punteada el nivel del agua. Los signos de más y menos hacen referencia a la magnitud aproximada del esfuerzo de radiación, donde el signo “+” indica que el esfuerzo de radiación es alto y el signo “-“ indica que el esfuerzo de radiación es bajo.

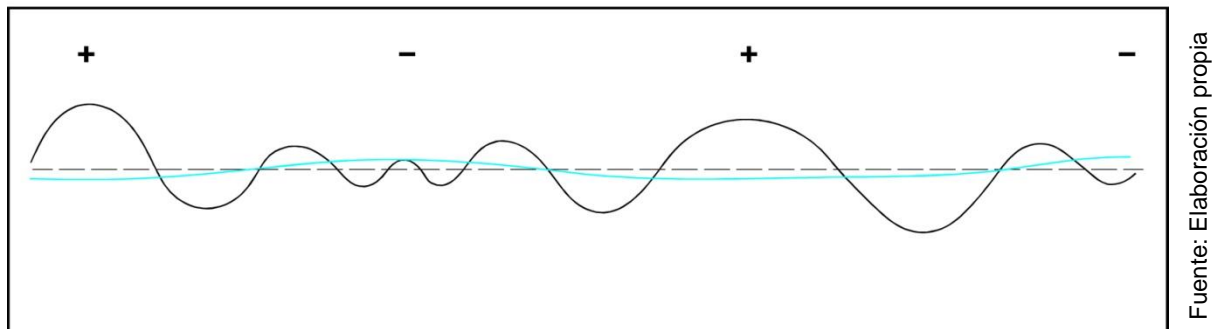
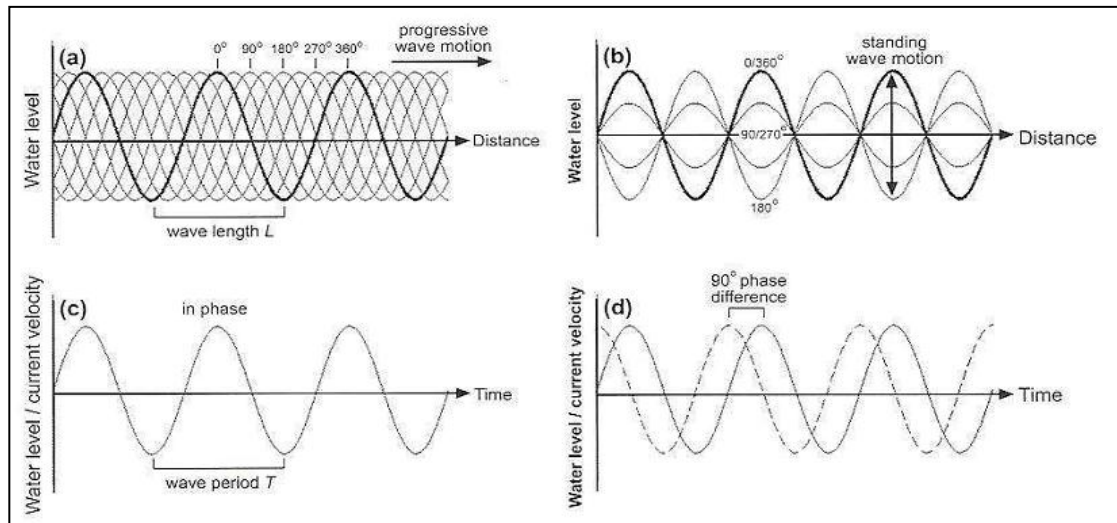


Figura 4-3: Generación de un *Bound Long Wave* Debido a un Gradiente de un Esfuerzo de Radiación en un Grupo de Ola.

Las olas infragravitatorias se producen tanto en olas progresivas como en olas estacionarias (Figura 4-4). La presencia de un modelo de ola infragravitatoria estacionaria o progresiva depende de la fase de acoplamiento entre la ola dirigida hacia la costa y la ola dirigida hacia aguas afuera, y la magnitud de la disipación de la ola y su reflexión.

Un modelo de ola infragravitatoria transversal a la costa puede ser identificado comparando sus máximas y mínimas en el espectro de densidad. A una cierta distancia de la línea de playa en las máximas del espectro se ha de producir un anti-nodo de la ola estacionaria con una cierta frecuencia, mientras las mínimas representan los nodos. Un modelo de ola progresiva muestra con menor claridad y distinción periódica entre un espectro máximo y mínimo.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4-4: Modelo de olas progresivas (a y c) y estacionarias (b y d).



5 DESCRIPCIÓN DE HERRAMIENTAS UTILIZADAS

5.1 Termsim II

TERMSIM es un programa de simulación del tiempo de dominio que analiza el comportamiento dinámico de un buque amarrado expuesto al efecto del viento, olas y corrientes. Además de predecir las cargas de amarre y movimientos del buque cuando el sistema está expuesto a condiciones ambientales de operación.

5.1.1 Módulos de Simulación

El programa de simulación está escrito en Fortran³ y ocupa datos de entrada desde la base de datos (capítulo 5.2 Base de Datos). Su primera tarea consiste en preparar las ecuaciones que describen el movimiento del buque, siendo esta simulación simplemente la integración de las ecuaciones de movimiento.

Para un terminal de amarre continuo (Jetty), las ecuaciones de movimiento de baja frecuencia en un buque petrolero, están dadas por:

$$m\ddot{x}_1 + \sum_{k=1}^6 a_{1k} \ddot{x}_k + \sum_{k=1}^6 \int_{-\infty}^t R_{1k}(t-\tau)\dot{x}_k(\tau)d\tau + b_{11}\dot{x}_1 = F_1^{wind} + F_1^{hydr} + F_1^{wave} + F_1^{moor}$$

$$m\ddot{x}_2 + \sum_{k=1}^6 a_{2k} \ddot{x}_k + \sum_{k=1}^6 \int_{-\infty}^t R_{2k}(t-\tau)\dot{x}_k(\tau)d\tau + b_{22}\dot{x}_2 = F_2^{wind} + F_2^{hydr} + F_2^{wave} + F_2^{moor}$$

$$m\ddot{x}_3 + \sum_{k=1}^6 a_{3k} \ddot{x}_k + \sum_{k=1}^6 \int_{-\infty}^t R_{3k}(t-\tau)\dot{x}_k(\tau)d\tau + c_{33}x_3 + c_{35}x_5 = F_3^{wave} + F_3^{moor}$$

$$I_{44}\ddot{x}_4 + \sum_{k=1}^6 a_{4k} \ddot{x}_k + \sum_{k=1}^6 \int_{-\infty}^t R_{4k}(t-\tau)\dot{x}_k(\tau)d\tau + c_{44}x_4 = F_4^{wave} + F_4^{moor}$$

$$I_{55}\ddot{x}_5 + \sum_{k=1}^6 a_{5k} \ddot{x}_k + \sum_{k=1}^6 \int_{-\infty}^t R_{5k}(t-\tau)\dot{x}_k(\tau)d\tau + c_{53}x_3 + c_{55}x_5 = F_5^{wave} + F_5^{moor}$$

$$I_{66}\ddot{x}_6 + \sum_{k=1}^6 a_{6k} \ddot{x}_k + \sum_{k=1}^6 \int_{-\infty}^t R_{6k}(t-\tau)\dot{x}_k(\tau)d\tau + b_{66}x_6 = F_6^{wave} + F_6^{moor}$$

³FORTTRAN: del inglés Formula Translating System, consiste en un lenguaje de programación de alto nivel de propósito general, procedimental e imperativo, que está especialmente adaptado al cálculo numérico y a la computación científica.



Donde:

- m, I = masa del buque y momento de inercia
- a_{ij} = coeficiente de masa agregada
- b_{ij} = coeficiente de amortiguamiento (viscoso)
- R_{ij} = funciones de retraso
- c_{ij} = fuerza de restauración hidrodinámica
- F_i^{wind} = fuerza del viento en la dirección i ($i = 1, 2, 6$)
- F_i^{hydr} = fuerza de reacción hidrodinámica en la dirección i ($i = 1, 2, 6$)
- F_i^{wave} = fuerza de deriva de la ola en la dirección i ($i = 1, 6$)
- F_i^{moor} = fuerza de amarre debido a las defensas y las espías en la dirección i ($i = 1, 6$)

La determinación de las fuerzas en las ecuaciones de movimientos se calcula como se explica a continuación.

5.1.1.1 Fuerza del Viento

La fuerza del viento sobre el buque es calculado de acuerdo al OCIMF⁴, método para la predicción de cargas de viento y corriente sobre VLCC's⁵. Los coeficientes de referencia son derivados de los datos experimentales y de la influencia de la dirección del viento expresados en series de Fourier. La fuerza y momento de viento sobre el casco están dadas por:

$$X_{wind} = 0.5\rho_a V_{wr}^2 C_{wx}(\alpha_{wr}) A_T$$

$$Y_{wind} = 0.5\rho_a V_{wr}^2 C_{wy}(\alpha_{wr}) A_L$$

$$N_{wind} = 0.5\rho_a V_{wr}^2 C_{wr}(\alpha_{wr}) A_L L_{pp}$$

Donde:

- ρ_a = densidad del aire
- V_{wr} = velocidad relativa instantánea del viento con respecto a la velocidad del buque
- C_{wr} = coeficientes de la fuerza del viento
- α_{wr} = ángulo relativo del viento con respecto a la cabeza del buque
- A_T = área transversal del buque expuesta al viento, incluyendo superestructura
- A_L = área lateral del buque expuesta al viento, incluyendo superestructura
- L_{pp} = eslora entre perpendiculares del buque

⁴OCIMF: del inglés Oil Companies International Marine Forum, asociación voluntaria de compañías petroleras que tiene como interés el envío y recepción de petróleo crudo y productos del petróleo.

⁵VLCC's: del inglés Very Large Crude Carriers.



5.1.1.2 Fuerza de Corrientes

La fuerza de las corrientes sobre el buque es calculada de acuerdo al OCIMF al igual que el viento. Los coeficientes de resistencia de las corrientes son derivados de datos experimentales y de la influencia de la dirección de la corriente expresados en series de Fourier. La fuerza de las corrientes y sus momentos sobre el casco son expresados por:

$$X_{current} = 0.5\rho_w V_{cr}^2 C_{cx}(\alpha_{cr}) TL_{pp}$$

$$Y_{current} = 0.5\rho_w V_{cr}^2 C_{cy}(\alpha_{cr}) TL_{pp}$$

$$N_{current} = 0.5\rho_w V_{cr}^2 C_{cz}(\alpha_{cr}) TL_{pp}^2$$

Donde:

ρ_w = densidad del agua

V_{cr} = velocidad relativa instantánea de las corrientes con respecto a la velocidad del buque

C_{cr} = coeficientes de la fuerza de las corrientes

α_{cr} = ángulo relativo de la corriente con respecto a la cabeza del buque

T = calado del buque

B = manga del buque

L_{pp} = eslora entre perpendiculares del buque

5.1.1.3 Cálculo de la Ola

Las olas son computadas utilizando la función de densidad de los espectros de olas en conjunto con una fase aleatoria. La elevación de una ola irregular puede ser descrita por las series de Fourier:

$$\zeta(t) = \sum \zeta_i \cos(\omega_i t + \varepsilon_i) \quad (i = 1, \dots, N)$$

Donde:

ζ_i = amplitud de la ola

ω_i = frecuencia de ola

ε_i = ángulo de fase aleatorio (distribuido de manera uniforme entre 0 y 2π rad)

i = índice de frecuencia de la ola

N = calado del buque

B = manga del buque

L_{pp} = eslora entre perpendiculares del buque

Los componentes de la amplitud de las olas se encuentran en:

$$\zeta_i = (2S_\zeta(\omega_i)\Delta\omega_i)^{0.5} \quad (i = 1, \dots, N)$$



Dónde:

$S_{\zeta}(\omega_i)$ = densidad espectral de la ola
 $\Delta\omega_i$ = intervalo de frecuencia

5.1.1.4 Fuerza de Ola en Primer Orden

Las olas en primer orden son calculadas usando la técnica de la sumatoria directa de las frecuencias. En base a la descripción de las olas hechas con anterioridad y la función de transferencia de frecuencia para la fuerza de las olas de primer orden, el registro de tiempo de las cargas de las olas de primer orden sobre el buque está dado por:

$$f^{(1)}(t) = \sum \zeta_i |F^{(1)}(\omega_i)| \cos\{\omega_i t + \phi^{(1)}(\omega_1) + \varepsilon_i\} \quad (i = 1, \dots, N)$$

Donde:

$|F^{(1)}(\omega_i)|$ = amplitud de la función de transferencia de primer orden
 $\phi^{(1)}(\omega_i)$ = ángulo de fase de la función de transferencia de primer orden

La fuerza de las olas de primer orden es calculada en el centro del buque, al igual que la fuerza de las olas.

5.1.1.5 Fuerzas Restauradoras en los Sistemas de Amarres

Las fuerzas restauradoras debido al sistema de amarras, son tratadas como un conjunto de aportes independientes de cada espía. Para cuerdas sintéticas se asumen que son livianas para la simulación, la elongación es determinada según el esfuerzo (vertical y horizontal) en la dirección de la línea. La Figura 5-1 muestra esta situación.

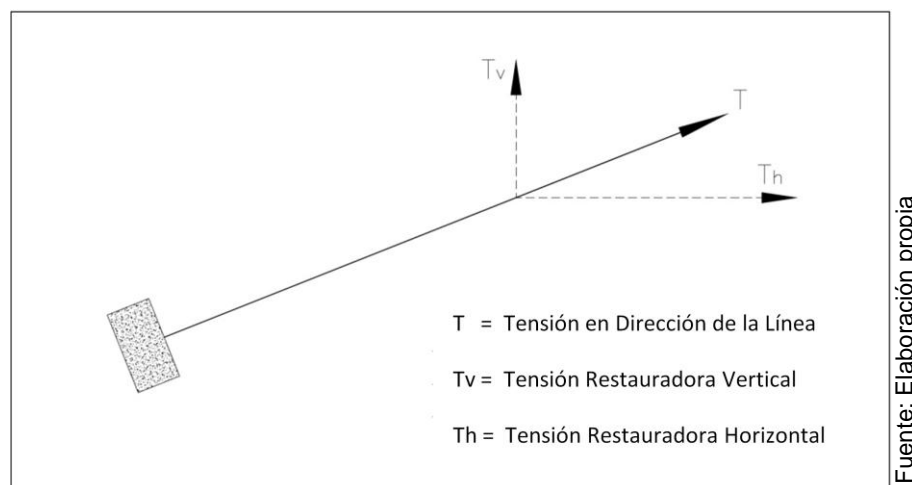


Figura 5-1: Tensiones en Espías



El programa computa para cada espía (la cual puede contener varias líneas paralelas) las fuerzas restauradoras horizontales y verticales como función de la elongación. Esta relación es almacenada durante la simulación. Durante el dominio del tiempo de análisis las curvas de restauración de las espías son mostradas en orden, a fin de obtener el aporte de cada espía a la fuerza restauradora total sobre el buque.

La carga de restauración para espías sintéticas es determinada a través de la curva de carga de elongación. Ésta puede ser obtenida de la base de datos de los elementos de atraque o por el dato de entrada definido por el usuario. El dato de entrada para este procedimiento es:

L_0 = longitud inicial de la cuerda sin estirar

El resultado depende de las propiedades del material, tipo de construcción y talla de la cuerda.

$t(x_i)$ = extensión de la cuerda para la excursión x_i

Los rangos de excursión van desde 0 con pasos de 1 metro hasta el punto de donde ocurre la rotura de la cuerda. Una excursión equivalente a cero es definida como la situación en la cual la cuerda está descargada. Para excursiones negativas, la tensión en la cuerda es cero.

En caso de que se corran varias cuerdas paralelas, el paquete es tratado como un conjunto no lineal de resortes paralelos. La tensión que actúa sobre este es dividida de forma equitativa sobre las cuerdas que la componen. Un conjunto de cuerdas podrá tener una curva de carga restauradora más rígida en comparación a una sola cuerda.

5.2 Base de Datos

5.2.1 Coeficientes Hidrodinámicos

Los coeficientes hidrodinámicos de la nave que son requeridos por el programa para la simulación están basados en un set de archivos TERMSIM con coeficientes pre-calculados.

La selección es automática y depende de la relación entre la eslora y la manga del buque, la condición de carga seleccionada y la relación entre profundidad del agua y calado del buque.

Todos los datos hidrodinámicos de la base de datos son escalados de acuerdo a la ley de Froude. El factor de escala está basado en el desplazamiento del buque.

5.2.2 Elementos de Amarre

La base de datos para los elementos de amarre contiene información para tres tipos de elementos:

- Cadenas
- Cables de Acero
- Cuerdas Sintéticas

Para cada uno de los elementos de amarre la información entregada por la base de datos es usada para el cálculo de las características del terminal.



El contenido de la base para cadenas está elaborado en base a los catálogos de Ramnäs y Vicinay. La Figura 5-2 muestra la estructura de la base de datos para cadenas.

El contenido de la base de datos para cables de acero está elaborado en base al catálogo de Den Haan Wire Ropes. La Figura 5-3 muestra la estructura de la base de datos para los cables de acero.

La base de datos para las cuerdas sintéticas contiene información sobre la resistencia a la rotura y la carga de elongación característica para cada cuerda. Las siguientes propiedades son determinadas para las características finales de las cuerdas:

- Circunferencia de la cuerda
- Tipo de material
- Forma de la fibra
- Construcción de la cuerda
- Ciclos de carga soportados

Los materiales que son incluidos en la base de datos corresponden a nylon, polipropileno, poliéster y dyneema. La estructura de la base de datos para cuerdas sintéticas se muestra en la Figura 5-4.

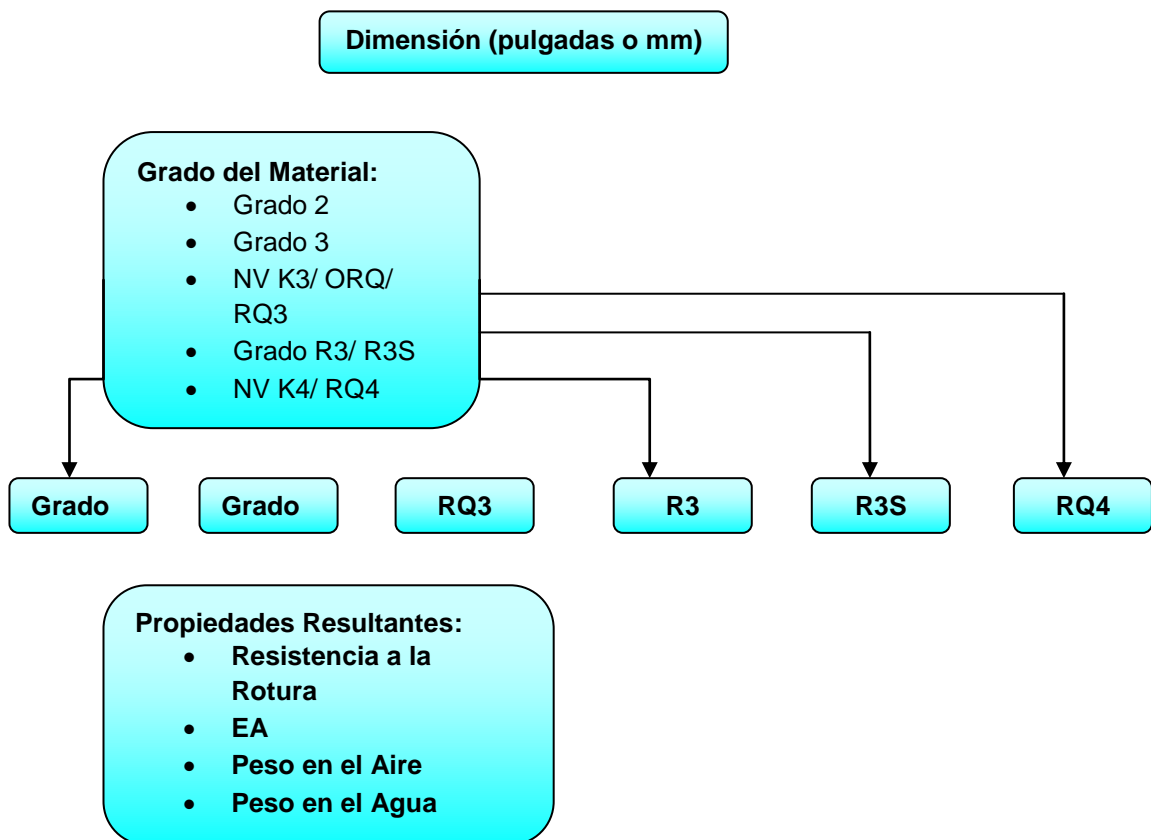


Figura 5-2: Estructura Base de Datos para Cadenas

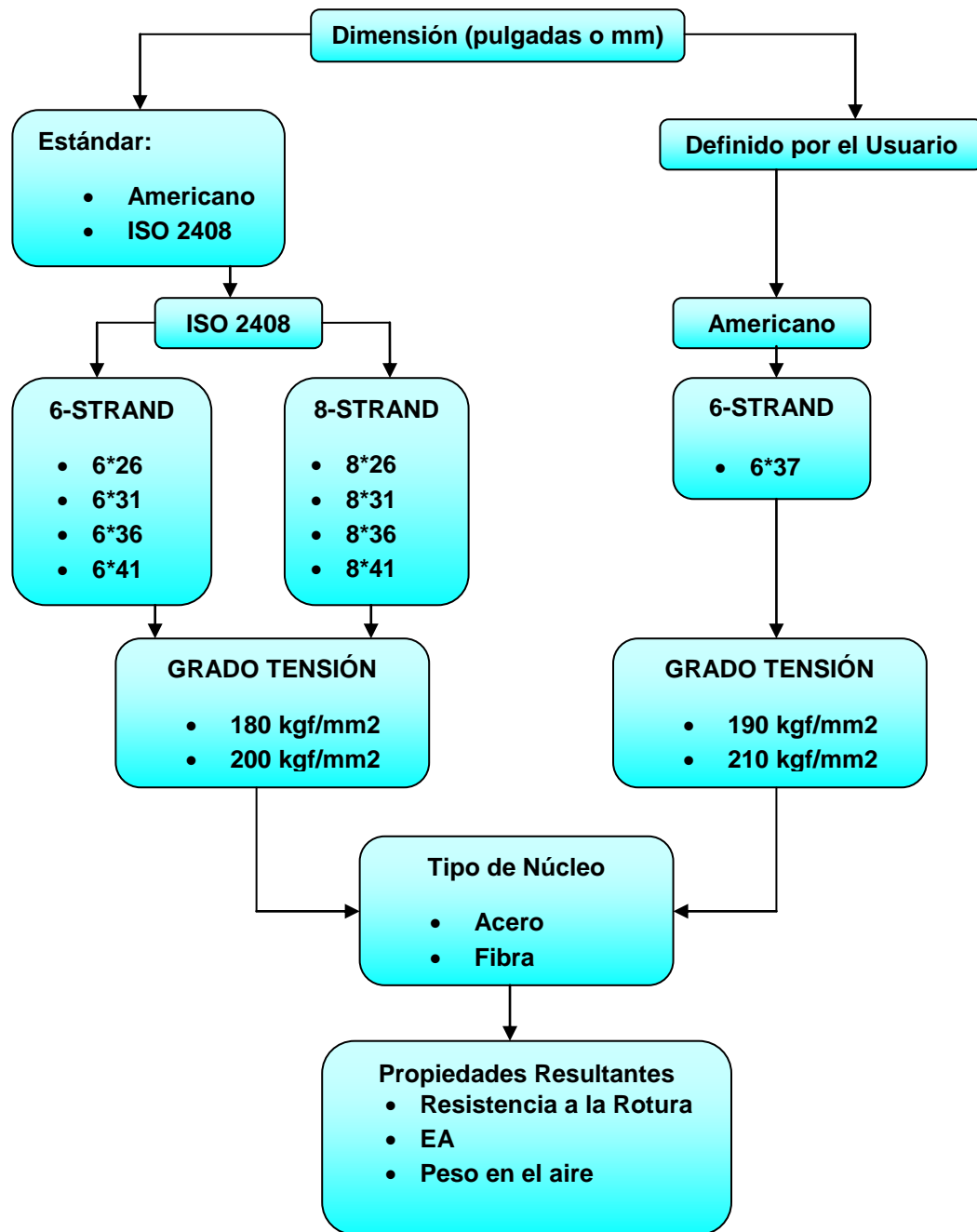


Figura 5-3: Estructura Base de Datos Cables de Acero

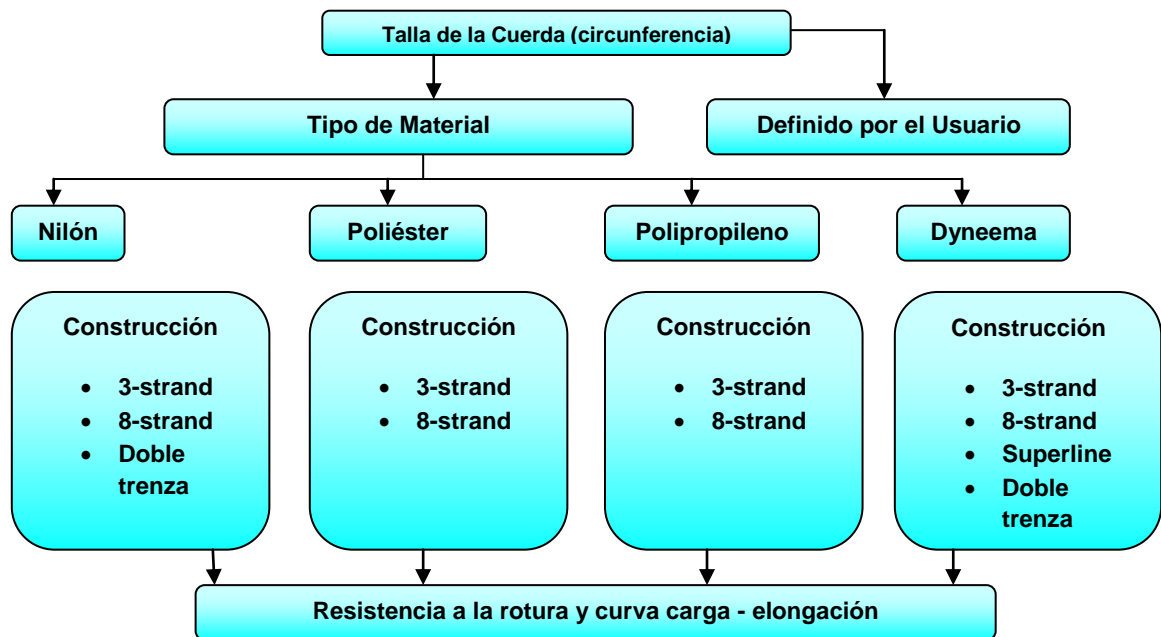


Figura 5-4: Estructura Base de Datos Cuerdas Sintéticas

5.2.3 Defensas

La base de datos de defensas contiene un conjunto de diferentes tipos según los siguientes fabricantes:

- Bridgestone Tire Co. Ltd.
- Kléber Industrie
- SumitomoRubber Industries Ltd.
- Yokohama Rubber Co. Ltd.

La Figura 5-5 muestra la estructura de la base de datos y detalla el tipo de defensas que contiene.

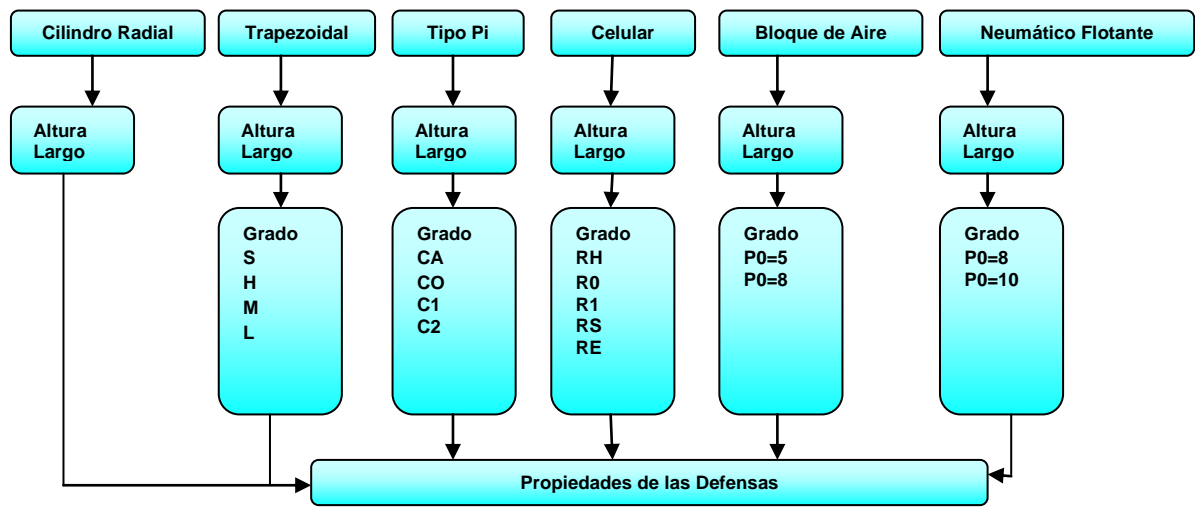


Figura 5-5: Estructura de la Base de Datos para Defensas.



6 CONDICIONES NATURALES DEL SECTOR

A continuación se describen las condiciones oceanográficas y batimétricas del sitio en estudio consideradas para la modelación, las cuales junto a la configuración del sistema de amarre que se examinarán en el siguiente capítulo determinan el grado de operabilidad del terminal. Estas condiciones fueron obtenidas de estudios realizados en el sector de interés.

Si bien el comportamiento dinámico del buque, amarrado/atracado está condicionado principalmente por el oleaje presente en el sitio, en el estudio se considera además el efecto del viento y la corriente.

6.1 Olas

Las olas que se observan en el sector pueden dividirse en dos grupos, el primero corresponde a olas largas, que llegan desde el mar abierto y que no tienen relación con vientos locales. Este grupo de olas es el que tiene mayor influencia en las maniobras de atraque y desatraque y durante la operación de las naves. El segundo grupo de olas corresponde a olas cortas, superficiales, que se forman dentro de la bahía por efecto de los vientos, especialmente del S y SW. Este oleaje es de baja energía y no afecta la operación ni las maniobras.

Es el primer grupo de olas el que interesa caracterizar, para lo cual se recurre a estudios de clima de oleaje en la bahía de Quintero (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), el cual es un hindcast de olas operacionales en aguas profundas y transferencia de olas en aguas someras, siendo complementado con un análisis comparativo de estudio de clima de olas con mediciones en terreno (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

El estudio de olas muestra resultados para tres nodos ubicados en diferentes sectores de la Bahía de Quintero, para el presente estudio, se utilizará los datos correspondientes al Nodo 2 (N2), ya que es el más cercano al sitio Sur del TMQ (Figura 6-2).

Las olas de altura hasta 1,5 m se presentan un 95% del tiempo. Olas superiores a 3,0 m se presentan solo el 0,06% del año (5 horas/año).

El periodo de las olas más frecuentes alcanza 12 a 14 segundos con un 41% y 14 a 16 segundos con un 24%.

La dirección más frecuente de las olas en el sitio considerando el espectro completo es WNW (Rv⁶292,5°) con un 90% del tiempo seguido de la dirección W (Rv270°) con un 9% del tiempo.

Tabla 6-1: Distribución de Olas Altura / Periodo Anual – Bahía de Quintero N2

Altura (m)	Periodos (s)											Total (%)	Excedencia (%)	Máximo Periodo (s)
	4,00 - 6,00	6,00 - 8,00	8,00 - 10,00	10,00 - 12,00	12,00 - 14,00	14,00 - 16,00	16,00 - 18,00	18,00 - 20,00	20,00 - 22,00	22,00 - 24,00	24,00 - +			
0,00 - 0,50	0,00	0,00	0,10	1,20	2,02	0,59	0,19	0,02				4,14	99,99	19,70
0,50 - 1,00	0,01	0,01	1,67	9,43	30,13	16,08	6,43	1,46	0,29			66,10	95,85	21,97
1,00 - 1,50	0,16	0,46	1,23	3,49	7,27	7,04	3,81	0,85	0,16			25,03	29,75	21,90
1,50 - 2,00	0,32	0,86	1,62	0,97	0,85	0,41	0,16	0,03				3,63	4,73	19,78
2,00 - 2,50	0,01	0,58	0,35	0,20	0,23	0,05						0,88	1,10	15,80
2,50 - 3,00		0,06	0,06	0,04	0,03	0,03						0,16	0,22	14,83
3,00 - 3,50			0,01	0,01	0,02	0,03						0,06	0,06	14,86
3,50 - 4,00													0,00	
4,00 - +													0,00	

⁶Rv: Rumbo verdadero



Totales (%)	0,50	1,98	4,02	15,33	40,54	24,22	10,58	2,37	0,45			100	
Excedencia (%)	99,99	99,50	97,52	93,49	78,16	37,62	13,40	2,82	0,45	0,00	0,00		

Tabla 6-2: Distribución de Olas Altura / Dirección Anual – Bahía de Quintero N2

Dirección	Altura (m)										Total (%)	Excedencia (%)	Altura Máxima (m)
	0,00 - 0,50	0,50 - 1,00	1,00 - 1,50	1,50 - 2,00	2,00 - 2,50	2,50 - 3,00	3,00 - 3,50	3,50 - 4,00	4,00 - +				
0,00												99,99	
22,50												99,99	
45,00												99,99	
67,50												99,99	
90,00												99,99	
112,50												99,99	
135,00												99,99	
157,50												99,99	
180,00												99,99	
202,50												99,99	
225,00												99,99	
247,50												99,99	
270,00	2,21	6,56	0,21								8,99	99,99	1,42
292,50	1,93	59,4	24,53	3,47	0,83	0,15	0,06				90,36	91,01	3,42
315,00	0,00	0,14	0,29	0,16	0,05	0,00					0,64	0,64	2,63
337,50												0,00	
Totales (%)	4,14	66,1	25,03	3,63	0,88	0,16	0,06				99,99		
Excedencia (%)	99,99	95,85	29,75	4,73	1,1	0,22	0,06	0,00	0,00				

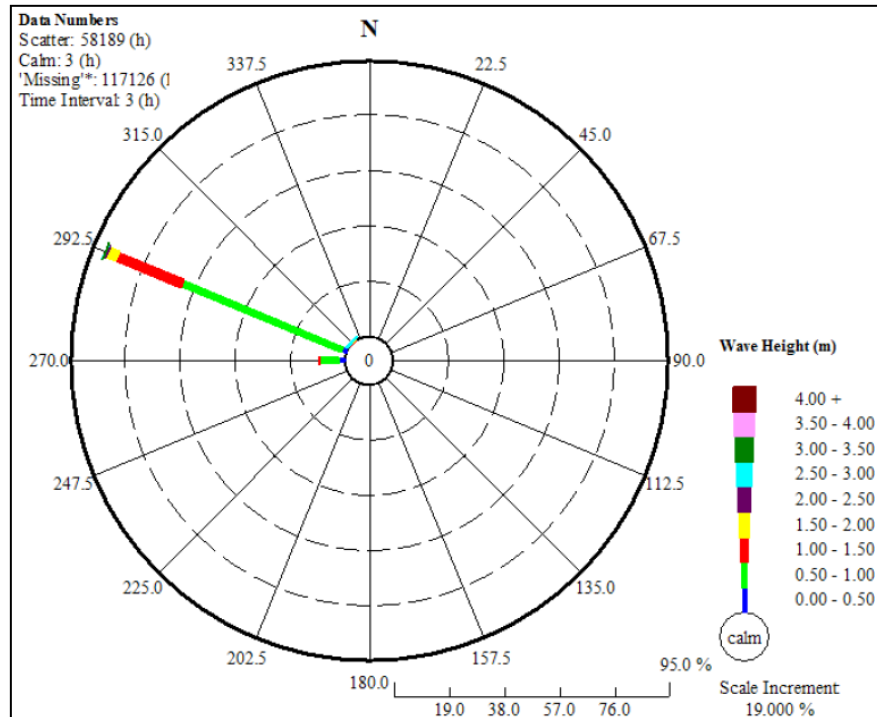
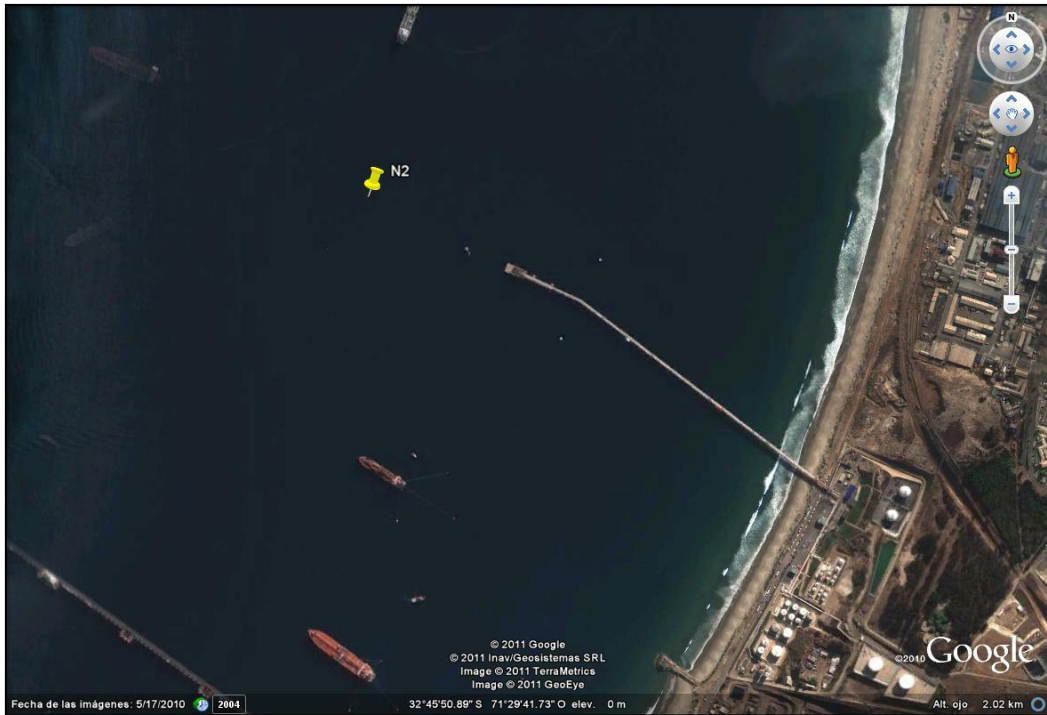


Figura 6-1: Rosa de Altura de Olas N2 Anual.



Fuente: Google Earth

Figura 6-2: Ubicación N2 Bahía de Quintero.

Las mediciones de alturas, periodos y dirección correspondientes a Bound Waves (olas de periodo largo) fueron realizadas al norte del muelle en estudio como se muestra en la Figura 6-3.



Fuente: Google Earth

Figura 6-3: Ubicación Medidor de Olas Direccional Interocean.



La Tabla 6-3 presenta la distribución de olas considerando la altura significativa versus el periodo significativo. Estos resultados indican que las alturas significativas más frecuentes se agruparon en el rango de 0,05 a 0,09 metros (58,71%). Así también, son importantes las alturas de olas significativas en el rango de 0,03 a 0,05 metros (14,39%). La mayor frecuencia de periodos significativos se agrupa en el rango de 50 a 60 segundos (49,25%). Así también son importantes los periodos entre 60 y 70 segundos (26,52%).

La Tabla 6-4 presenta la distribución de olas considerando la altura significativa de éstas versus la dirección. Para el desarrollo de esta tabla se ha considerado la dirección de las olas referidas al norte verdadero.

La dirección de olas más frecuente se agrupó en la dirección NNW con una frecuencia de 23,11%. Así también, son importantes las olas con dirección N con una frecuencia de 18,56% y las direcciones NW con una frecuencia de 12,88%.



Tabla 6-3: Tabla de Incidencia de Altura Significativa / Periodo Significativo para Bound Waves

Altura de Ola Significativa	Periodo Significativo									Total General
	40 - 45	45 - 50	50 - 55	60 - 65	65 - 70	70 - 75	75 - 80	80 - 85	85 - 90	
0,03 - 0,05	0,38	3,03	3,41	4,55	0,38	2,27	0,38	0,00	0,00	14,39
0,05 - 0,07	0,76	5,68	16,29	6,06	3,79	0,76	0,38	0,00	0,00	33,71
0,07 - 0,09	0,00	4,17	4,17	6,44	5,30	3,03	1,89	0,00	0,00	25,00
0,09 - 0,11	0,38	0,00	1,14	2,27	4,55	1,14	1,14	1,14	0,00	12,12
0,11 - 0,13	0,00	0,38	1,14	2,65	1,52	2,27	0,38	0,76	0,00	9,47
0,13 - 0,15	0,00	0,00	0,38	0,76	0,38	1,14	1,52	0,76	0,38	5,30
Total General	1,52	13,26	26,52	22,73	15,91	10,61	5,68	2,65	0,38	100,00

Tabla 6-4: Tabla de Incidencia de Altura Significativa / Dirección para Bound Waves

Altura de Ola Significativa	Dirección Referida al Norte Verdadero															Total General	
	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE		SSE
0,03 - 0,05	0,00	0,76	0,00	0,00	1,52	1,52	1,89	3,03	3,79	0,76	0,38	0,00	0,38	0,00	0,00	0,38	14,39
0,05 - 0,07	0,00	0,38	1,89	1,52	1,89	2,27	3,79	9,09	7,58	1,89	1,89	0,00	1,52	0,00	0,00	0,00	33,71
0,07 - 0,09	0,38	1,14	0,76	0,00	3,41	3,79	2,27	6,06	2,65	1,14	0,76	0,76	0,38	0,38	0,38	0,76	25,00
0,09 - 0,11	0,00	0,00	1,14	1,14	0,76	1,89	1,89	2,27	1,89	0,38	0,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,12
0,11 - 0,13	0,00	0,38	0,00	1,14	0,76	0,76	1,52	2,27	1,89	0,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,38	0,00	9,47
0,13 - 0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,76	0,38	1,52	0,38	0,76	1,14	0,00	0,38	0,00	0,00	0,00	0,00	5,30
Total General	0,38	2,65	3,79	3,79	9,09	10,61	12,88	23,11	18,56	5,68	3,79	1,14	2,27	0,38	0,76	1,14	100,00



6.2 Vientos

En la Bahía de Quintero, la dirección prevaleciente del viento es del SW, 26% del tiempo aproximadamente, registrándose también vientos del S y N con ocurrencia del 14% y 10% del tiempo respectivamente.

Las calmas son importantes durante los meses de invierno (mayo-junio) alcanzando un 22,7% del tiempo.

La intensidad promedio máxima del viento es de 14 nudos, con dirección SW.

Los vientos de mayor velocidad (mayor a 36 nudos) se presentan alrededor de 0,2% en el año y provienen generalmente del norte, sur y suroeste y ocurren en otoño e invierno, sin embargo los vientos máximos registrados (50 nudos) provienen del SW.

La Tabla 6-5 muestra el resumen de las condiciones de viento en la Bahía de Quintero, mientras que la Tabla 6-6 muestra los vientos máximos proyectados para el sitio.

Tabla 6-5: Vientos Intensidad / Dirección.

Dirección	Velocidad (nudos)										Total (%)
	0-4	4-8	8-12	12-16	16-20	20-24	24-28	28-32	32-36	>36	
N	2,33	3,43	3,03	0,75	0,55	0,07	0,17	0,05	0,02	0,01	10,41
NE	1,53	1,37	0,39	0,08	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	3,39
E	0,66	0,24	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,98
SE	2,45	0,99	0,32	0,07	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	3,84
S	4,08	3,72	3,44	1,41	1,01	0,17	0,27	0,10	0,02	0,01	14,23
SW	4,32	6,89	6,59	2,94	3,18	0,71	0,84	0,52	0,21	0,15	26,37
W	2,75	4,17	1,67	0,12	0,02	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	8,76
NW	2,57	3,63	2,15	0,39	0,38	0,01	0,09	0,07	0,01	0,00	9,32
C	22,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	22,7
Total (%)	43,40	24,25	17,67	5,75	5,18	0,99	1,39	0,75	0,27	0,16	100

Tabla 6-6: Proyección de Viento Máximo

Periodos de Retorno (años)	Magnitud Máxima (nudos)
5	40,2
10	56,6
20	57,7
50	58,4
100	58,6



6.3 Corrientes

La intensidad de las corrientes en la Bahía de Quintero es baja, menor a 12 cm/seg (0,23 nudos) y con dirección más frecuente hacia el Sur.

Las corrientes presentan un predominio de las direcciones asociadas al 1^{er} y 3^{er} cuadrante. Las mayores ocurrencias se registran en las direcciones S, NE, SW y N (19,5%, 15,2%, 13,3% y 13,2% respectivamente). El resto de las direcciones se agrupa entre 5,7% y 9,6%. El diagrama de vector progresivo evidencia una tendencia general de las corrientes a adoptar un flujo direccional neto hacia el SE (148,8°).

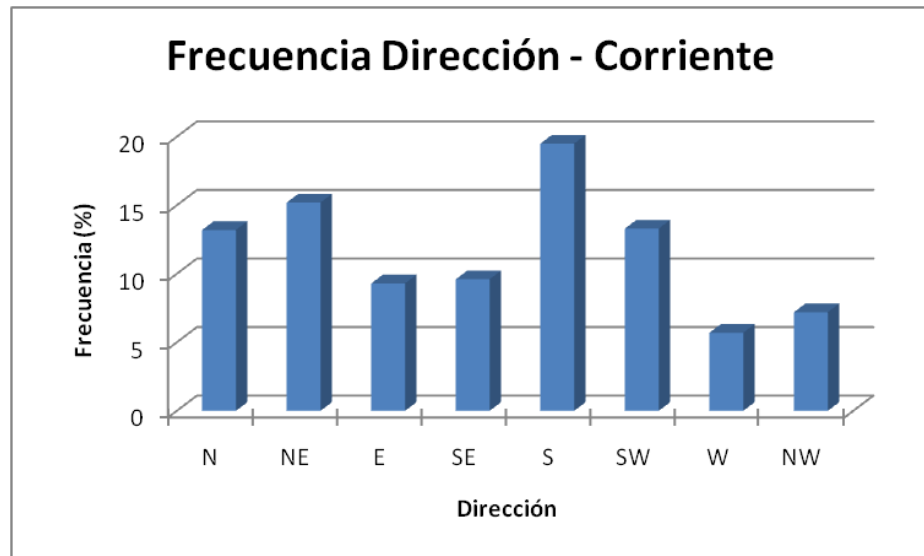


Figura 6-4: Representación de la Frecuencia en la Dirección de la Corriente.

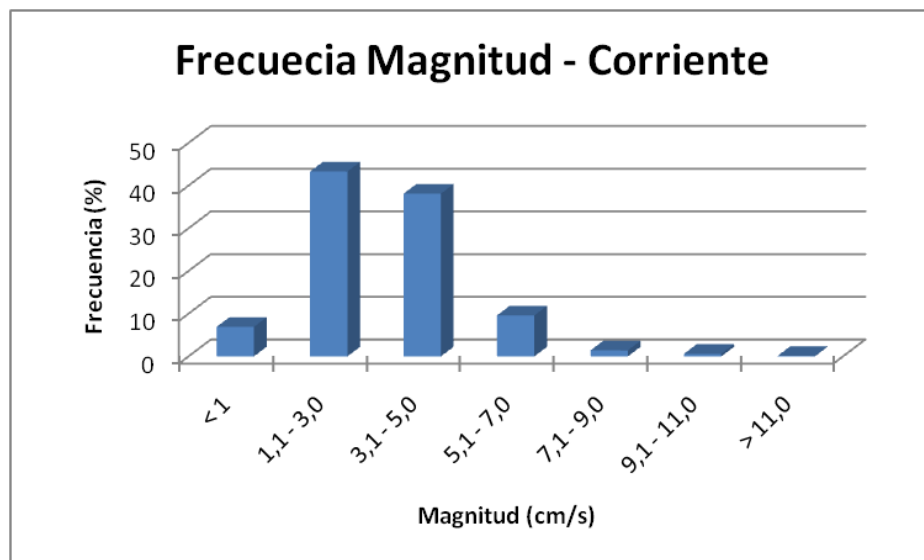


Figura 6-5: Representación de la Frecuencia de la Magnitud de la Corriente.



Las magnitudes medias se agrupan en torno a los 3,5 cm/seg (desviación estándar de 1,5 cm/seg). En particular, las direcciones S y SW muestran las mayores magnitudes promedio, con valores de 3,7 cm/seg. Las máximas velocidades de 12,0 cm/seg, 11,6 cm/seg y 11,4 cm/seg, están asociadas a las direcciones W, SW y S, respectivamente.

Tabla 6-7: Incidencia de Corrientes – Estación Quintero 16 de Julio al 18 de Agosto de 2005.

Velocidad (cm/seg)	Direcciones								Total (%)
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	
< 1,0	0,8	0,9	1,0	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	6,9
1,1 - 3,0	6,9	7,1	4,2	4,8	8,0	5,6	2,9	3,8	43,3
3,1 - 5,0	5,4	6,9	3,8	3,7	8,1	5,3	2,1	2,8	38,1
5,1 - 7,0	0,9	1,1	1,2	1,0	2,6	1,8	0,5	0,5	9,6
7,1 - 9,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,5	0,4	0,1	0,1	1,4
9,1 - 11,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,2	0,1	0,0	0,6
> 11,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
Tot. Efectivo (%)	13,2	15,2	9,3	9,6	19,5	13,3	5,7	7,3	93,1
Máximo (cm/seg)	11,0	9,4	7,8	8,4	11,4	11,6	12,0	9,8	12
Media (cm/seg)	3,2	3,3	3,5	3,3	3,7	3,7	3,3	3,2	3,5

La mayor ocurrencia de magnitud se presenta en el rango de 1,1 a 3,0 cm/seg, con un porcentaje de 43,3%. En tanto que el rango 3,1 cm/seg a 5,0 cm/seg agrupa un 38,1% de las mediciones. Las corrientes registradas durante el periodo de mediciones se mostraron de baja intensidad, encontrándose un 0,1% de la información sobre 11,0 cm/seg, y un 6,9% de los valores con magnitud bajo el límite de detección del instrumento.

De acuerdo a la proyección de probabilidad de Gumbel, se espera que las corrientes máximas no superen los 16,3 cm/seg, para todas las direcciones analizadas (periodo de retorno de 100 años).

Tabla 6-8: Extrapolación de Valores Extremos – Corrientes – Proyección Gumbel

Dirección	Periodos de Retorno (años)							
	1	5	10	20	30	40	50	100
N	5,5	8,6	9,6	10,4	10,9	11,3	11,6	12,4
NE	6,1	8,5	9,2	9,8	10,2	10,5	10,7	11,3
E	6,7	7,5	7,8	8,0	8,1	8,2	8,3	8,5
SE	6,5	8,0	8,4	8,8	9,1	9,3	9,4	9,8
SE	9,6	11,1	11,6	12,0	12,3	12,4	12,6	13,0
SW	10,0	11,1	11,4	11,7	11,9	12,0	12,1	12,4
W	5,3	10,3	11,8	13,2	14,0	14,5	15,0	16,3
NW	5,3	8,5	9,4	10,3	10,8	11,2	11,5	12,3



6.4 Mareas

La marea en la Bahía de Quintero es de tipo semidiurna mixta, es decir, en un día se presenta la ocurrencia de dos pleamares y dos bajamares.

Las características de las mareas normales (astronómicas) en la Bahía de Quintero son las señaladas en la Tabla 6-9.

Tabla 6-9: Planos Característicos de la Marea.

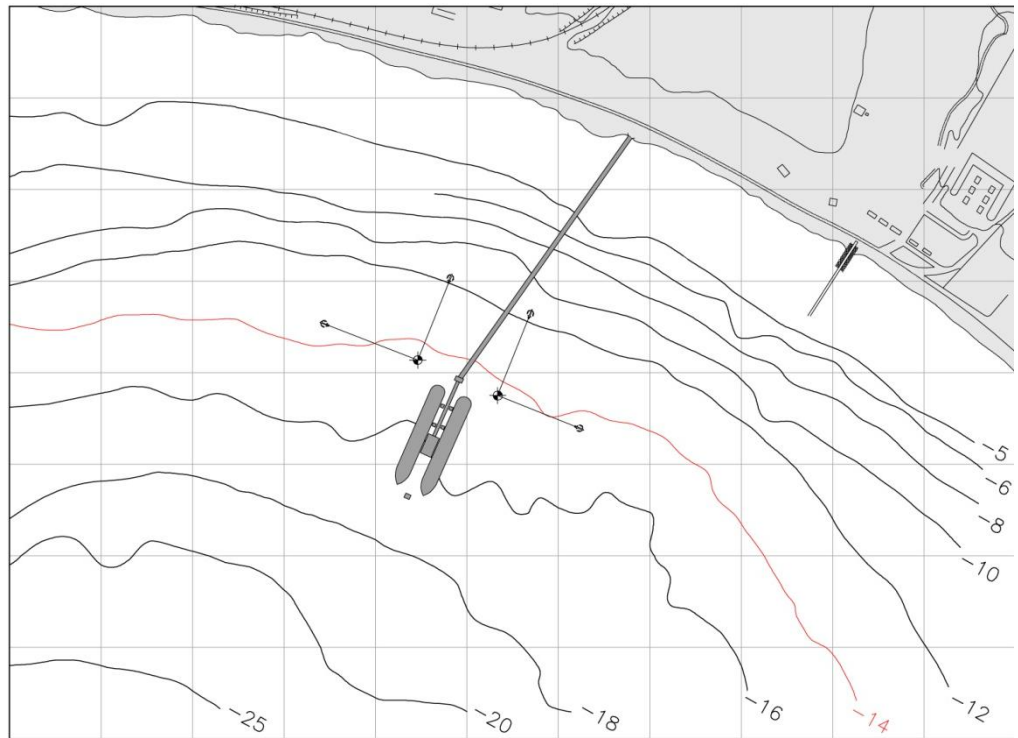
Planos Mareales	Altura Respecto al NRS (m)
Nivel medio del mar	0,959
Nivel medio de la marea	0,951
Altura media de la bajamar	0,491
Altura media de la bajamar inferior	0,431
Bajamar mínima	0,170
Altura media de la pleamar	1,410
Altura media de la pleamar superior	1,618
Pleamar máxima	1,980
Amplitud máxima de la marea.	1,790

Los valores indicados en la tabla anterior no incluyen las mareas de “tormenta”, las que se estiman en 0,4 m adicionales, de acuerdo a la experiencia del consultor (PROCON S.A.) en la zona de estudio.

6.5 Batimetría

Las profundidades de agua en la bahía, varían entre 20 y 40 metros, disminuyendo hacia la costa con una pendiente promedio de un 2,0%, alcanzando en la zona donde se emplaza el sitio sur de TMQ profundidades entre los 14 y 21 metros aproximadamente, lo cual se aprecia en la Figura 6-6.

La profundidad mínima que se registra en el terminal (hacia popa) corresponde a 14,5 m NRS, la cual es considerada como la profundidad de estudio.



Fuente: Elaboración propia

Figura 6-6: Profundidad Límite para Operación de los Buques.



7 CARACTERÍSTICAS DEL MODELO

El sitio sur del TMQ consiste básicamente en un sistema de transferencia de líquidos provisto de brazos y flexibles, con capacidad para atender actualmente naves tipo tanque de hasta 225 m de eslora y 53.000 DWT.

El sistema de atraque y amarre del sitio Sur lo conforma el cabezo, dos duques de alba a popa, dos postes de amarre (uno a proa y otro a popa) y una boya de amarre de emergencia. El cabezo cuenta con cinco defensas tipo Sumitomo UPi – 1700H x 1000L y bitas de 100 ton de capacidad dispuestas en la posición de cada defensa. La cota de coronamiento de esta estructura es la +7,0 m NRS.

Cada duque de alba cuenta con una defensa del mismo tipo que las del cabezo y una bita de 100 ton de capacidad ubicada al centro de la losa. La cota de coronamiento de ambos duques es la +5,0 m NRS.

Los postes de amarre al igual que los duques cuentan con bitas adecuadas para resistir tirones de hasta 100 ton. El coronamiento del poste de proa se encuentra a la cota +5,0 m NRS, mientras que el poste de popa se ubica a la +6,44 m NRS.

El frente de atraque se encuentra orientado a 293°, el sector de atraque posee en popa una sonda mínima de 14,5 m con respecto al nivel de reducción de sondas (NRS).

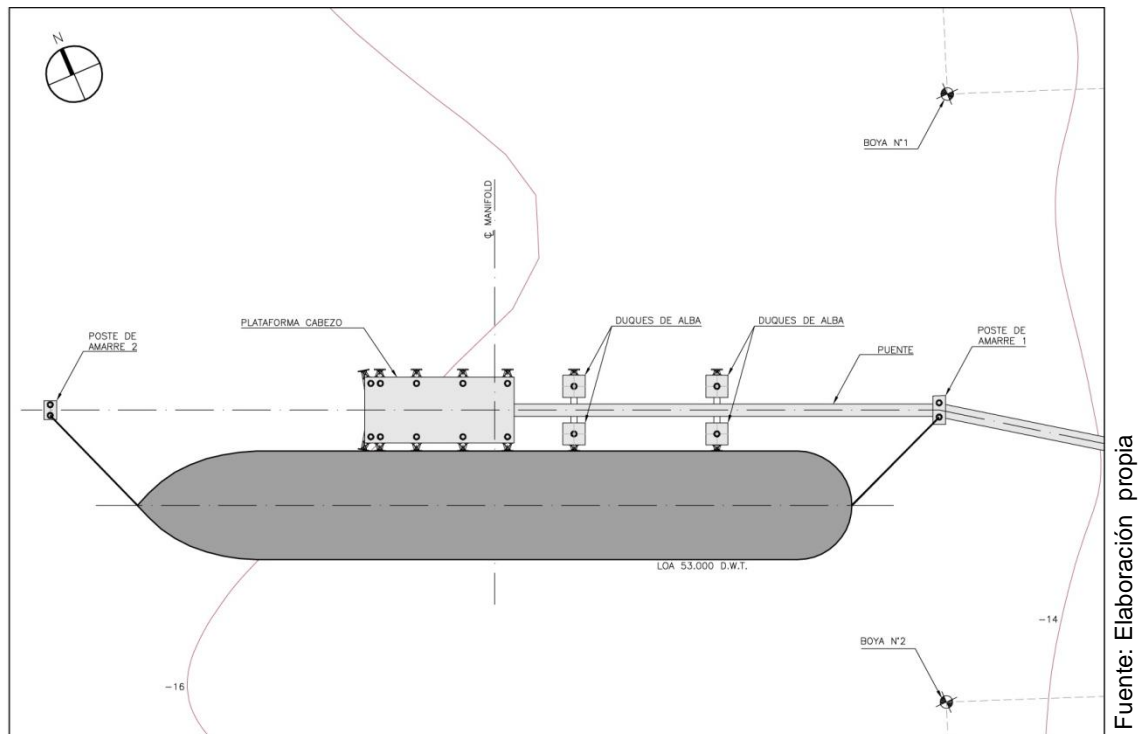


Figura 7-1: Configuración del Sitio Sur.



Fuente: www.oxiquim.cl

Figura 7-2: Nave Atracada en el Sitio Sur.

7.1 Naves a Modelar

La instalación está diseñada para atender la carga y descarga de buques tanque y transportadores de gas licuado de petróleo (GLP).

El estudio considera la modelación de tres naves tipo tanque: una nave de 225 m de eslora que corresponde a la nave de mayor dimensión autorizada en el terminal, una nave máxima de 245 m y una nave intermedia de 235 m de eslora.

Las características de los buques que considerará el análisis se indican en la Tabla 7-1, y la Figura 7-3 muestra un ejemplo de este tipo de naves.

Tabla 7-1: Características de las 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

⁷ Calado máximo permitido en el sitio es 12,4 m, toda nave que supere este valor debe ingresar con calado restringido al sitio sur del TMQ.



Fuente: Galería de documentación propia

Figura 7-3: Ejemplo Buque Carga de GLP (buque tanque).

7.1.1 Condición de Carga de las Naves

Para el análisis de operabilidad se determinó que los modelos presentaran una condición de carga media en las tres naves en estudio, ya que permite centrar el análisis en la respuesta del sistema de amarre.

7.1.2 Desplazamiento

El desplazamiento en condición de carga media se determina a partir del desplazamiento en condición de carga máxima presentado en la Tabla 7-1.

El desplazamiento en condición de media carga se obtendrá en forma aproximada de la siguiente forma:

$$\text{Peso del buque} = \Delta_{max} - DWT$$

$$\Delta_{media\ carga} = \text{Peso del buque} + \frac{DWT}{2}$$

Donde:

$$\Delta_{max} = \text{Desplazamiento en carga máxima.}$$

$$\Delta_{media\ carga} = \text{Desplazamiento en media carga.}$$

La Tabla 7-2 muestra un resumen de los valores asociados al desplazamiento para cada nave en estudio.



Tabla 7-2: Desplazamiento a Media Carga.

Nave	Peso del Buque (ton)	Δ (ton)
LOA 225	17.000	43.500
LOA 235	19.300	47.150
LOA 245	23.800	51.900

7.1.3 Calado

Dado el calado en condición de carga máxima presentado en Tabla 7-1 se determina el calado de las naves en condición de media carga, para lo cual se utiliza el concepto de *coeficiente de bloque*.

Según la Ref. 7 el calado de un buque en cualquier condición de carga puede ser estimado suponiendo que el coeficiente de bloque permanece constante.

$$C_b = \frac{\Delta}{L_{pp} \cdot M \cdot C \cdot \gamma_w}$$

Donde:

C_b = Coeficiente de bloque

Δ = Desplazamiento (ton)

L_{pp} = Eslora entre perpendiculares (m)

M = Manga (m)

C = Calado (m)

γ_w = Peso específico del agua de mar (1,03 ton/m³)

Remplazando en la ecuación anterior se obtiene C_b considerando desplazamiento y calado máximo para cualquiera de las naves:

$$C_b = 0,7$$

Con este coeficiente y las características de las naves se calcula el calado en condición de media carga, mostrándose sus resultados en la Tabla 7-3.

Tabla 7-3: Calado en Media Carga

Nave	C media carga (m)
LOA 225	7,75
LOA 235	8,04
LOA 245	8,49

7.1.4 Volumen

El volumen de agua desplazada por el buque se calcula como:

$$V = \frac{\Delta}{\gamma_w}$$



En la Tabla 7-4 se indican los volúmenes desplazados para las naves en condición de carga media.

Tabla 7-4: Volumen Desplazado

Nave	Condición de Carga	V (m ³)
LOA 225	Media	42.233
LOA 235	Media	45.777
LOA 245	Media	50.388

7.1.5 Determinación de Áreas Expuestas

Las áreas del buque expuestas al viento se pueden dividir en:

- Casco
- Superestructura (deckhouse)

Dado que Termsim II cuenta con una base de datos para el cálculo de áreas para naves tipo tanque, se utilizarán en el modelo estos valores para las áreas expuestas al viento tanto para la proyección transversal como longitudinal.

7.1.6 Coeficientes Hidrodinámicos

Dado que la selección de estos coeficientes, depende solo de los datos de eslora, manga, condición de carga, relación entre profundidad del agua y calado del buque ingresados al software, se establece que la profundidad de agua mínima en el terminal es de 14,5 m NRS, y por tanto, para el cálculo de operabilidad se considera una situación con marea media que en este caso corresponde a una profundidad de agua de 15,4 m.

7.2 Sistema de Amarre a Modelar

El sitio Sur del TMQ corresponde a un “Jetty Terminal” de acuerdo a las opciones de sistema de amarre admitidas por el programa Termsim.

7.2.1 Fairleads

Las coordenadas de los puntos donde se considera que las espías se amarran en el barco (Fairleads) están referidas al propio barco.

El origen del sistema coordenado se define como la intersección de la línea media con el eje longitudinal y el nivel de flotación. Se define X^+ en dirección longitudinal a proa, Y^+ en dirección transversal tal que Z^+ resulta hacia arriba.

Una vez definido el sistema de amarre de cada buque, las coordenadas planas de los puntos de amarre se obtienen directamente de los esquemas (4 a 6) presentados en el ANEXO II: ESQUEMAS, dependiendo de la nave y de los Puntos de amarre considerados.



Como el origen de coordenadas coincide con la línea de flotación, la coordenada Z de los puntos de amarre se calcula en forma aproximada como el franco bordo en la condición de carga considerada, es decir la distancia desde el nivel de flotación hasta la cubierta principal.

7.2.2 Bitas

El sistema de amarre cuenta con bitas dispuestas en el cabezo, postes de amarre y duques de alba.

Las coordenadas en planta se obtienen directamente de la ubicación dada en el Esquema N° 1 del ANEXO II: ESQUEMAS. El sistema de coordenadas está referido a la estructura.

La coordenada Z de cada bita se ha aproximado a la cota de coronamiento de la estructura en que se ubica, teniendo presente el nivel de marea que se está considerando (nivel medio de la marea).

Tabla 7-5: Coordenadas en Bitas

Coordenadas Z de Bitas en Modelo	
Duques de Alba	+4,049
Poste de Amarre Popa	+5,489
Poste de Amarre Proa	+4,049
Cabezo	+6,049

7.2.3 Líneas de Amarre

Se ha considerado un sistema de amarre formado por cuatro largos, dos a proa y dos a popa, dos springs y un través a proa (de acuerdo a la información entregada en la Tabla 2-1). Cada largo está formado por dos espías paralelas, cada spring por dos espías paralelas y el través por una sola espía, las cuales se deben trabajar en conjunto.

La modelación considera una única configuración de amarre para cada nave en estudio teniendo en cuenta las características del sistema de amarre y considerando las recomendaciones y criterios de amarre para estos tipos de naves y terminal, así como los planos de arreglo general para naves tipo proporcionados por los operadores.

De la base de datos del programa se seleccionó una espía de 9,7 cm (10" de mena) con las características señaladas en la Tabla 7-6, un ejemplo de esta se muestra en la Figura 7-4.

Tabla 7-6: Características Espías de Amare

Material	Poliéster
Construcción	8-strands
Mena	10"
Carga de Rotura	867,2 (kN)
Pretensión (10%)	86,72 (kN)



Fuente: Galería documentación propia

Figura 7-4: Espía de Poliéster de 8-strands

La distribución de las espías se muestra en la Figura 7-5.

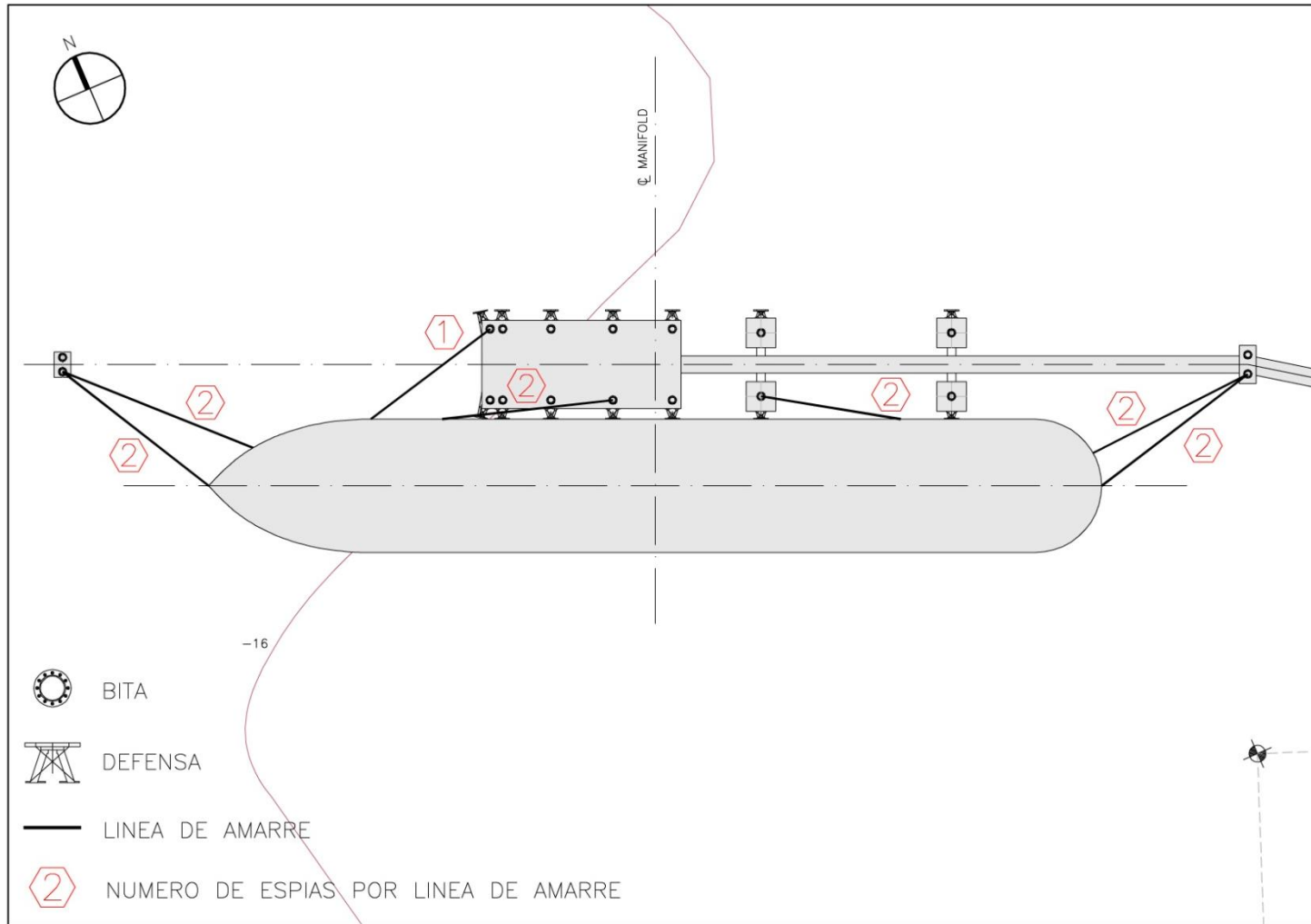


Figura 7-5: Número de Espías Paralelas por Línea de Amarre



7.3 Sistema de Atraque

El sistema de atraque está compuesto por el cabezo y dos duques de alba. Las defensas en estas estructuras se ubican de acuerdo al Esquema N° 2 del ANEXO II: ESQUEMAS.

Las coordenadas en planta se obtienen directamente del esquema. El sistema coordinado es el mismo que el usado para las bitas. Las defensas se deben numerar en sentido de avance del eje X.

La posición de la defensa en el modelo se define como el punto central exterior de la defensa (Middle/Outside of Fender).

Las características de las defensas instaladas en los duques y cabezo se resumen en la Tabla 7-7.

Tabla 7-7: Características de las Defensas en Duques de Alba

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

Termsim II no cuenta con esta defensa en su base de datos, no obstante, el programa tiene la opción de introducir la curva característica de la defensa, es decir, reacción/deformación, por tanto, se consideró esta opción, debido a que las defensas existentes en la base de datos no se asemejan suficientemente a la existente.

Tabla 7-8: Deformación y Reacción Defensa Sumitomo

Deformación (%)	X (m)	Reacción (kN)	Reacción (ton)
0	0	0,00	0,00
5,9	0,1	294,00	30,00
11,8	0,2	563,50	57,50
17,6	0,3	784,00	80,00
23,5	0,4	857,50	87,50
29,4	0,5	833,00	85,00
35,3	0,6	784,00	80,00
41,2	0,7	735,00	75,00
47,1	0,8	686,00	70,00
52,9	0,90	727,25	74,21
58,8	1,00	803,00	81,94
60,0	1,02	867,00	88,47
64,7	1,10	1029,00	105,00



Para poder ingresar los datos al programa es necesario crear una tabla con incrementos de "X" iguales a 0,1 m. Por lo tanto la curva característica tensión/deformación de la defensa, utilizando interpolación, corresponde a la Figura 7-6.

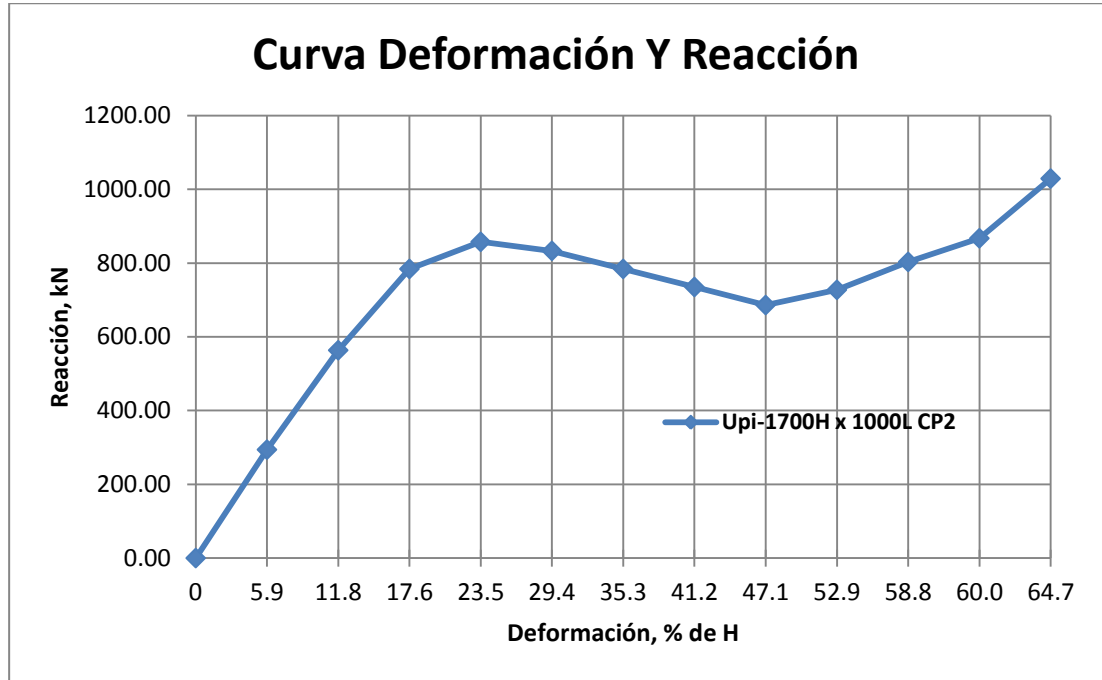


Figura 7-6: Curva Reacción/ Deformación en Modelo para Defensa Sumitomo

7.4 Condiciones Naturales a Modelar

7.4.1 Oleaje

El oleaje en el sector a considerar en la modelación numérica, está dado por la Tabla 6-1 y la Tabla 6-2, las cuales son resultado del estudio clima de olas (datos de olas de 20 años validados con 1 mes de medición en terreno) para el nodo N2. En todos los casos la altura de olas corresponde a la altura significativa espectral.

La Tabla 6-1 entrega la distribución anual, incluyendo todas las direcciones de incidencia, de altura significativa de olas y periodo peak asociado para el nodo N2. El total de los registros incluye olas de hasta 3,5 m de altura en el sitio. En tanto la Tabla 6-2 entrega la distribución anual de dirección y altura.

Por lo tanto, para la ejecución del modelo se seleccionan distintas combinaciones de altura y periodo de olas de la Tabla 6-1, con el objetivo de encontrar el mayor porcentaje de operabilidad posible, teniendo como límite una ola de hasta 1,4 m de altura, de acuerdo a la información publicada por la Autoridad Marítima.



De modo conservador, se considera que el porcentaje de ocurrencia de una combinación en particular mostrada en la Tabla 6-2 será al mayor valor de altura y periodo del rango correspondiente.

La Tabla 7-9 muestra las combinaciones de altura y periodo de ola en el sitio, que se consideran en la modelación para el análisis operacional.

Tabla 7-9: Combinación Altura/Periodo de Ola en Modelo

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

Respecto a la dirección de incidencia del oleaje, la modelación considera el análisis para la dirección 292,5°, que según la distribución mostrada en Tabla 6-2 representan el 90,36% del tiempo total.

El oleaje incidente se ha modelado como una función espectral utilizando la formulación Jonswap (Joint North Sea Wave Project).

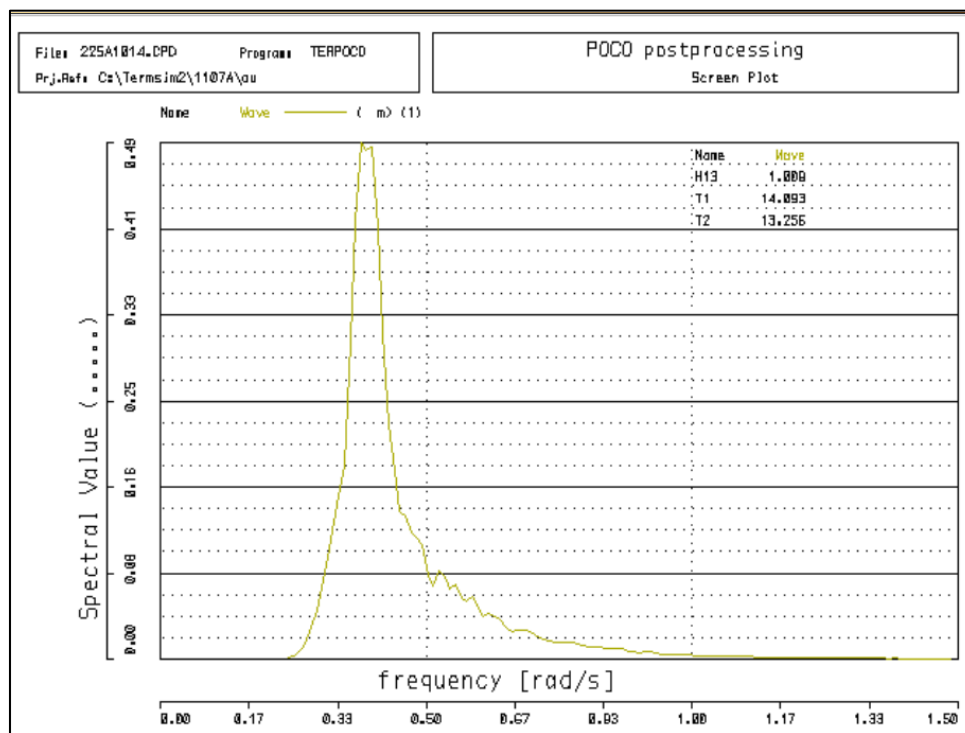


Figura 7-7: Espectro Jonswap en el Modelo

7.4.2 Vientos



Los efectos que el viento produce sobre las áreas expuestas del buque amarrado operando, corresponden solamente a un viento transversal a la nave (S-SW para babor, y N-NE para estribor), esto debido a que el área expuesta longitudinalmente es mucho menor y con una velocidad de 25 nudos. La Tabla 6-5 muestra los porcentajes de ocurrencia para estos, siendo de un 40,6 % para el S-SW y de un 13,8% para el N-NE.

7.4.3 Corrientes

Para el análisis operacional se considera una corriente de intensidad 0,3 nudos (0,15 m/seg), que constituye un valor conservador considerando las condiciones en el sitio, actuando en la misma dirección que el viento. La participación de la corriente en este estudio no presenta cambios en los resultados obtenidos (debido a su baja intensidad), es por esto que se considera que su acción estará presente el 100% del tiempo, independiente de la dirección en que esta se considere.

7.4.4 Mareas

En la simulación y para la condición de operación se considera una condición de marea media, es decir, +0,951 m NRS. Este valor se mantendrá fijo a lo largo del estudio, y no se ve modificado por cambios en la dirección de acción del viento, oleaje o corriente.



8 CONDICIONES LÍMITES

Los siguientes son los criterios operacionales que se establecen para revisar los resultados de simulación, a modo de garantizar una operación segura y eficiente de los sistemas de transferencia y resguardar la integridad de las estructuras.

8.1 Limitaciones a los Movimientos de Buques

De acuerdo a la literatura técnica disponible existen dos normas internacionales en las cuales se pueden encontrar recomendaciones respecto a los rangos de movimientos admisibles para el manejo de buques tanques. Estas normas corresponden a la Ref. 7 y Ref. 9.

Las recomendaciones de estas normas para buques tanque se resumen en la Tabla 8-1.

Tabla 8-1: Movimientos Admisibles según Normas

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		-	

Los movimientos indicados se miden de extremo a extremo (peak to peak) en el caso del PIANC (excepto para la deriva en donde se mide desde cero a un extremo, zero-peak) y en ambas direcciones respecto a la situación de reposo del buque en el caso de la ROM.

Los fundamentos técnicos de las limitaciones de movimientos recomendados no están incluidos en las normas y documentos consultados. Sin embargo, de acuerdo a la literatura técnica analizada y a los antecedentes proporcionados por operadores de diversos terminales, se puede concluir que las restricciones se basarán en las características de terminales de referencia específicos según su protección frente a las condiciones oceanográficas.

De acuerdo a estos antecedentes se puede concluir que la ROM está basada en terminales protegidos por un molo de abrigo o por resguardos naturales, con sistemas limitados de transferencia, donde la acción del oleaje es prácticamente despreciable.

En el caso del PIANC las recomendaciones están basadas en terminales sin protección (onshore – exposed) mencionando específicamente que su recomendación tiende a limitar el movimiento del buque.

De acuerdo a lo señalado se puede concluir que las recomendaciones de las normas ROM y PIANC, no corresponden a limitaciones rígidas, sino mas bien se deben tomar como antecedentes referenciales para definir límites dentro de rangos razonables, conciliando los factores técnicos y económicos que condicionan la factibilidad del proyecto, con el fin de garantizar la seguridad de las instalaciones.

⁸ 5,0 para sectores expuestos

⁹ Valor insignificante



Por otra parte se debe considerar las limitaciones a la operación que imponen los equipos de descarga existente (brazos y flexibles) en el muelle. Al respecto de acuerdo a los antecedentes proporcionados por los operadores, los brazos de carga pueden operar en los rangos siguientes:

- Vaivén: $\pm 2,5$ m tanto para conexión simple o múltiple.
- Deriva: 3,0 m, considerando una separación horizontal de 3,0 m entre la conexión y el casco.
- Alteada: Respecto a la capacidad de variación en altura, de acuerdo al esquema de envolvente de brazos de carga proporcionados, se tiene que los brazos pueden alcanzar hasta la cota +17,7 NRS y bajar hasta la cota +5,0 NRS. Lo anterior implica que eventualmente, naves con puntal 22 m o más pueden presentar problemas para realizar la conexión si la descarga se produce en condición de carga mínima con un calado en torno a los 4 a 4,5 m ya que en esta condición se presentará un francobordo mayor o igual a 17,5 m, lo que dificulta la conexión con el barco en marea mínima y la haría imposible en marea alta.

Finalmente y considerando los valores referenciales de las normas, las características de los brazos de carga y la experiencia operacional en el sitio sur y la de otros frentes de atraque similares en Chile, se establecen para este estudio las siguientes limitaciones prácticas.

Tabla 8-2: 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 señalados en la Tabla 8-2 están referidos al movimiento peak to peak, excepto para deriva, el cual está referido al movimiento zero-peak.

8.2 Carga Máxima en Bitas

La carga máxima admisible en bitas será igual a la capacidad de diseño de las mismas, es decir, 100 ton tanto en cabezo de amarre como en duques de alba. Lo anterior considerando una carga de rotura de 150 ton, es decir con un factor de seguridad igual a 1,5.

8.3 Tensión Admisible en Espías de Amarre

La tensión máxima admisible en las espías se establece en 55% de la carga de ruptura de las espías seleccionadas, es decir 49 ton para la espía de 10" de mena.

Considerando la distribución de espías utilizadas y la capacidad de las bitas, para el amarre de las naves se establece la carga máxima en cada espía amarrada a poste de proa y popa en 49 ton, (2 espías por poste), así como también, 49 ton para la espía de amarre través en cabezo y 49 ton para cada espía amarrada a duques de alba y cabezo (dos espías spring en cada caso).



8.4 Carga Admisible en las Defensas

Se considera una carga máxima admisible correspondiente a la reacción de la defensa Upi Type 1700H x 1000L CP2 Sumitomo, para un nivel de deformación del 60%, es decir, 88,4 ton.



9 VERIFICACIÓN INSTALACIÓN SITUACIÓN BASE

9.1 Definición Situación Base

De acuerdo al clima de olas utilizado en este estudio, la distribución anual de altura y dirección de olas en el sector de interés (considerando el espectro completo) muestra que el mayor porcentaje de olas se presenta en la dirección 292,5° y 270° con un 90,36% y 8,99% respectivamente. El resto del tiempo, solo presenta dirección 315° correspondiendo al 0,65%.

Se estudiará el comportamiento del buque amarrado considerando la dirección promedio de mayor frecuencia de incidencia, la que representa el 90,36% del tiempo como se indicó anteriormente, con las alturas de olas y periodos indicados en Tabla 7-9.

Para el viento, el análisis considera las 2 direcciones más desfavorables para el comportamiento del buque, es decir, en sentido perpendicular a éste, incidiendo tanto por la banda de babor (hacia el sitio, 23°) como por estribor (contra el sitio, 203°), de acuerdo a la orientación del buque (293°).

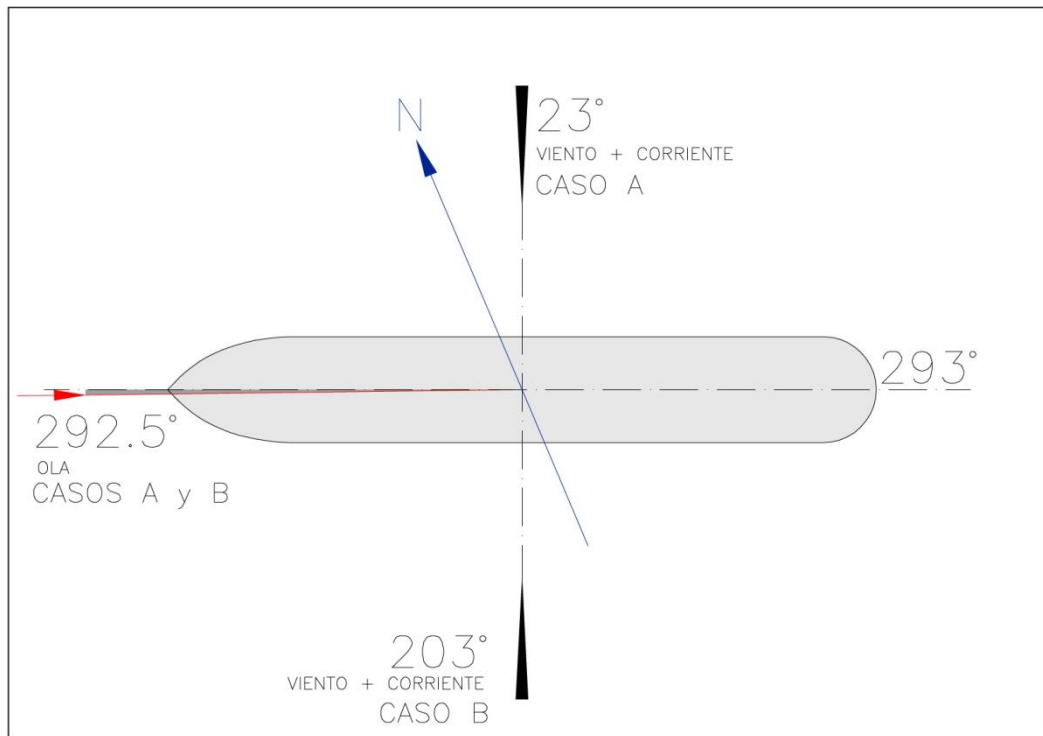
Los vientos que inciden perpendicularmente por la banda de babor corresponden a vientos de dirección aproximada al S y SW que según la estadística en la Tabla 6-5 representan en conjunto el 40,6% del tiempo. Por otro lado los vientos que inciden en el buque en forma perpendicular por la banda de estribor pueden asociarse en forma aproximada con vientos de las direcciones N y NE, los que según la misma tabla agrupan en conjunto el 13,8% del tiempo. La velocidad del viento se consideró igual a 25 nudos, de acuerdo a la Tabla 6-5, aquellos vientos menores o iguales a 24 nudos representan un 97,43% del tiempo en la Bahía de Quintero (24,74% por estribor y 72,71% por babor).

En tanto de forma conservadora, la corriente se considera actuando en igual dirección que el viento, con una velocidad de 0,3 nudos. Dado que el valor utilizado es mayor al máximo medido, por lo cual se tiene que en un 100% del tiempo las corrientes en el sector de interés serán menores a 0,3 nudos, independiente de su dirección de incidencia.

La modelación centrará su estudio en dos casos denominados A y B, los cuales representan una combinación de las condiciones oceanográficas descritas anteriormente, en las cuales se combinan el oleaje (1 dirección), con el viento y la corriente (2 direcciones distintas), la Tabla 9-1 muestra las direcciones mencionadas en relación a la nave.

Tabla 9-1: Casos de Estudio Análisis Situación Base.

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



Fuente: Elaboración propia

Figura 9-1: Diagrama de Dirección Análisis Situación Base.

Dado que la orientación del frente de atraque Rv 293° y la dirección del oleaje incidente 292,5°, presentan una diferencia de 0,5° considerada despreciable, para efectos de la modelación se considerará que tienen la misma dirección y se modelará a 180°.

En el caso del viento, los ángulos de incidencia en el modelo para las direcciones 23° (N - NE) y 203° (S - SW) son 90° y 270° respectivamente.

9.2 Ensayos Efectuados

Los ensayos realizados consideran un total de 65 casos de acuerdo a la Tabla 9-2. El tiempo de simulación de cada ensayo fue de 3 horas con un tiempo de "starting up" de 30 minutos no incluidos en el tiempo de simulación.

Tabla 9-2: Número de Casos Analizados para Cada Nave.

Descripción		Nº de Casos
Loa 225 m	Condición A Condición B	22
Loa 235 m	Condición A Condición B	20
Loa 245 m	Condición A Condición B	23



Una vez efectuado el procedimiento, y utilizando las opciones de post-proceso del programa, se generaron los archivos de salida con los resultados de cada ensayo, los cuales se presentan en el ANEXO I: TABLAS CON RESULTADOS.

La revisión de estos listados permite chequear que los movimientos admisibles del buque no sean superados, que las cargas en bitas, tensiones en las espías y reacciones en las defensas no sobrepasen su capacidad admisible, con lo cual es posible estimar la operabilidad del sitio.

9.3 Análisis de los Resultados

El programa genera un archivo de texto el cual contiene entre otros datos la información ingresada y que ha sido utilizada por la simulación (cargas de viento, olas y corriente), y las estadísticas (promedio, máximo, mínimo y desviación estándar) para los movimientos del buque amarrado, así como cargas en espías y defensas.

El programa también permite visualizar como una serie de tiempo, los 6 grados de libertad del buque, la tensión en las espías y la reacción en las defensas. Ejemplo de estas series de tiempo se muestran en las siguientes figura elaboradas para altura de ola de 1 m, periodo de 16 segundos, 25 nudos de viento, 0,3 nudos de corriente y una nave de 225 m de eslora (CASO A), las cuales se relacionan con los resultados presentados en el ANEXO I: TABLAS CON RESULTADOS y que se resumen en la Tabla 9-3, Tabla 9-4 y Tabla 9-5.

Tabla 9-3: Movimientos del Centro de Gravedad de la Nave 225 m Eslora (CASO A)

Hs (m)	Tp (seg)	Movimientos del C.G. de la Nave					
		Vaivén (m)	Deriva (m)	Alteada (m)	Balance (°)	Cabeceo (°)	Guiñada (°)
1,0	16	1,98	0,44	0,54	0,32	1,18	0,55

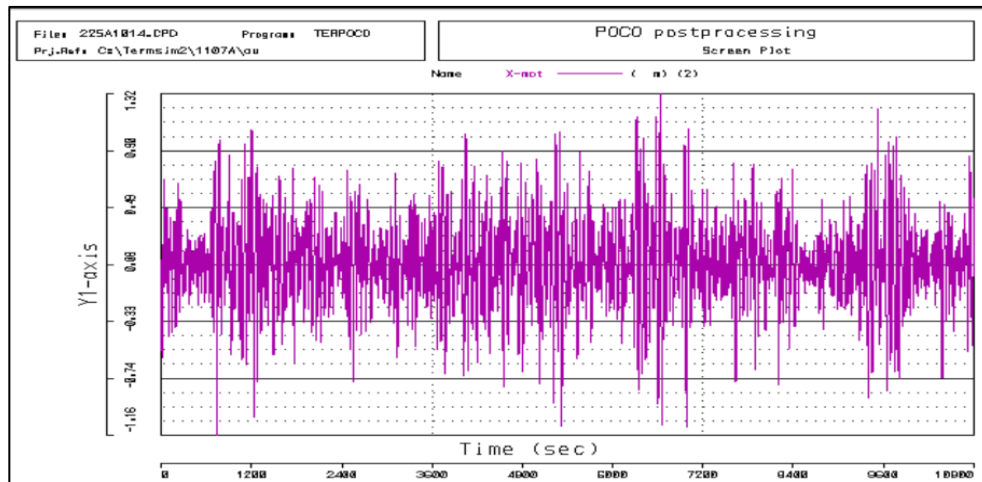


Figura 9-2: Movimiento de Traslación (Vaivén) del C.G.

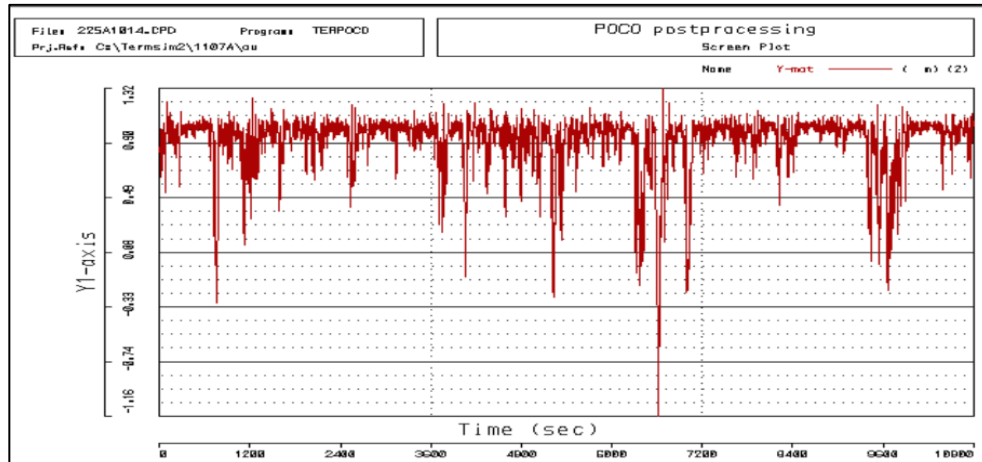


Figura 9-3: Movimiento de Traslación (Deriva) del C.G.

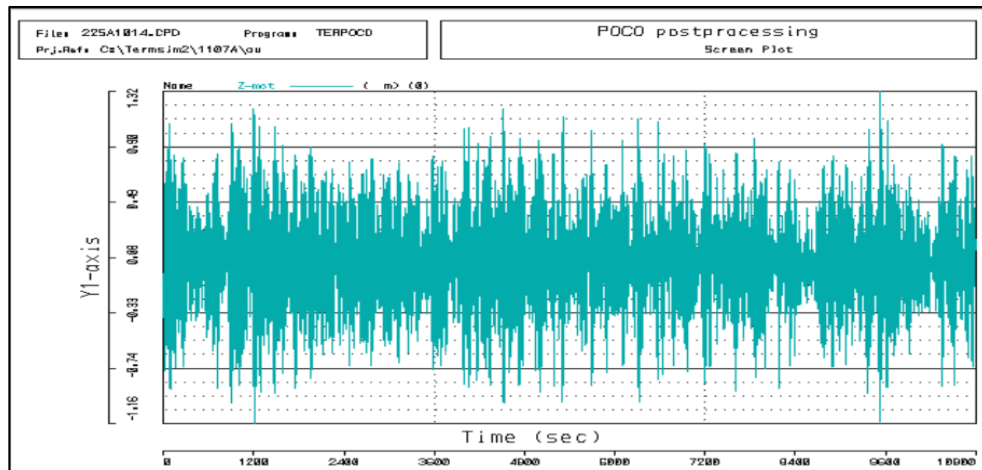


Figura 9-4: Movimiento de Traslación (Alzada) del C.G.

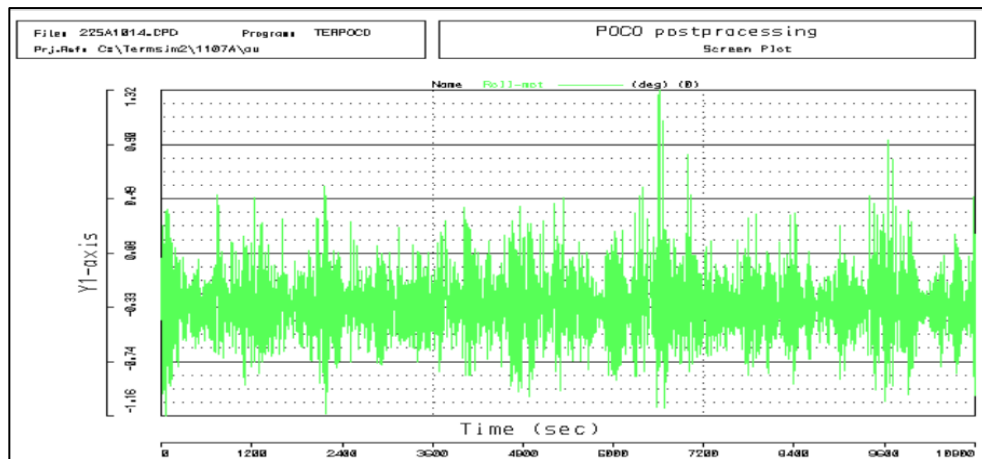


Figura 9-5: Movimiento de Rotación (Balance) del C.G.

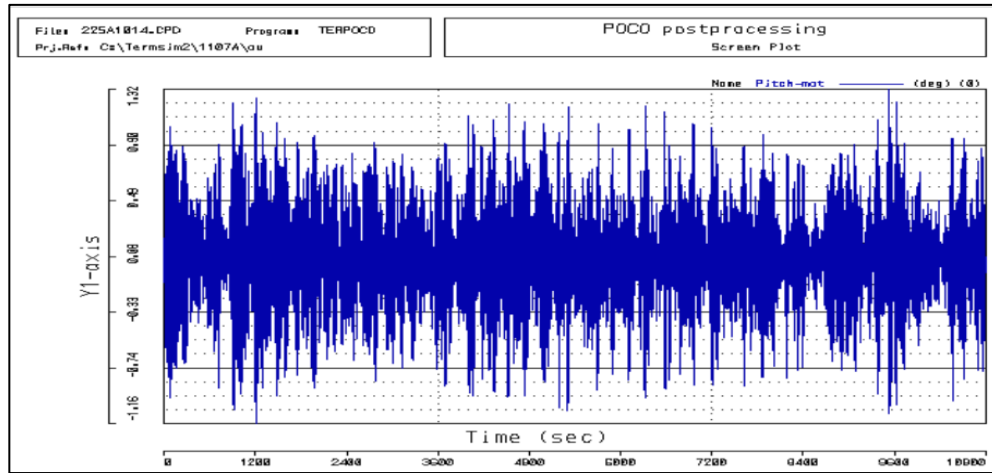


Figura 9-6: Movimiento de Rotación (Cabeceo) del C.G.

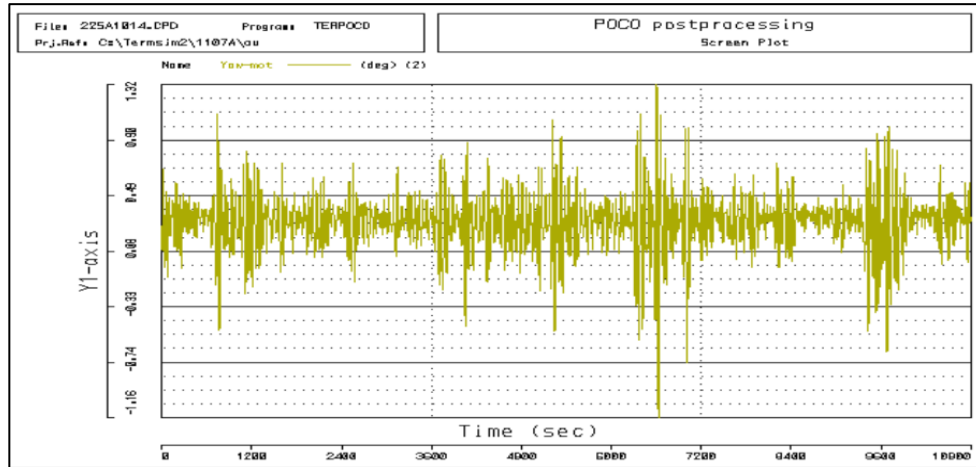


Figura 9-7: Movimiento de Rotación (Guiñada) del C.G.

Tabla 9-4: Tensiones en las Espías de Amarre Nave 225 m de Eslora (CASO A)

Hs (m)	Tp (seg)	Tensión Máxima Espías de Amarre (Ton)						
		Largo Popa 1	Largo Popa 2	Spring Bita 1	Spring Bita 2	Travez	Largo Proa 1	Largo Proa 2
1,0	16	36,22	45,06	64,27	52,71	24,40	48,93	39,74

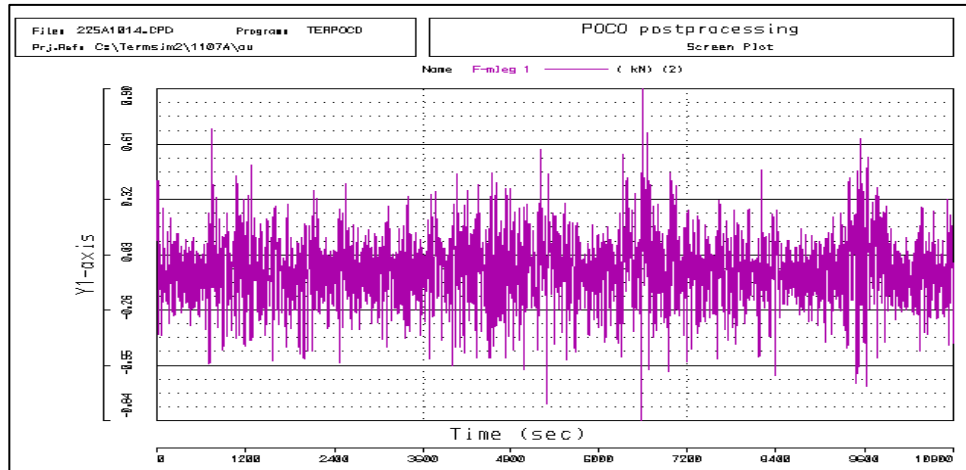


Figura 9-8: Tensión de espía de Amarre (Largo de Popa)

Tabla 9-5: Reacciones en las Defensas Nave 225 m Eslora (CASO A)

Hs (m)	Tp (seg)	Reacción Máxima en Defensas (Ton)					
		Def. 1	Def. 2	Def. 3	Def. 4	Def. 5	Def. 6
1,0	16	52,46	31,85	15,71	14,88	29,92	87,32

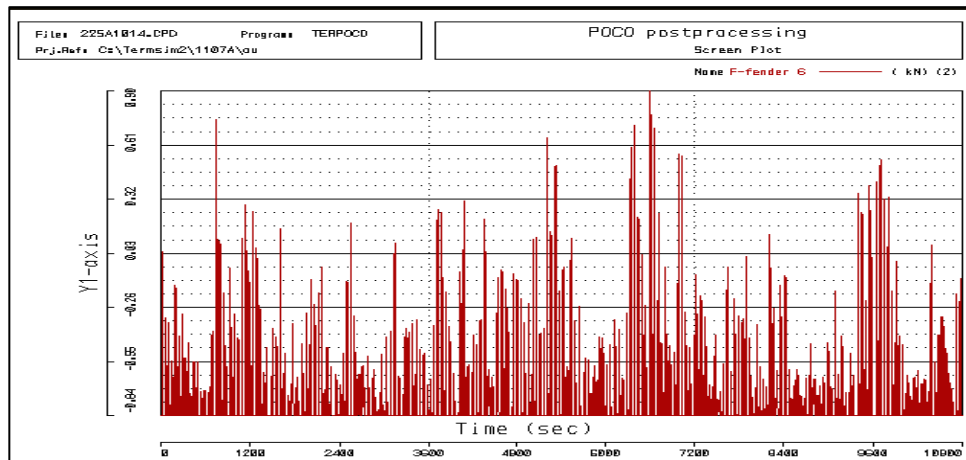


Figura 9-9: Reacción en Defensa (Duque de Alba).



9.4 Porcentaje de Operabilidad

De acuerdo a los resultados obtenidos en las simulaciones de respuesta de buques y los criterios para los límites de operabilidad definidos anteriormente, se ha determinado la operabilidad actual del terminal para la atención de naves tipo tanque.

Cabe recordar que los resultados del modelo se basan en las condiciones oceanográficas establecidas en el estudio de Clima de Olas y las características de las estructuras que conforman el sistema de atraque y amarre del terminal existente.

La estimación de la operabilidad fue calculada como el porcentaje de tiempo en que las condiciones límites no son superadas. Esta estimación fue hecha considerando los casos A y B, los cuales representan la condición de viento y corriente más desfavorable y la incidencia del oleaje operacional.

El porcentaje de operabilidad parcial se obtiene de la suma de porcentajes para los pares de periodo y altura de ola que cumplen con las restricciones de movimientos de la nave, tensión admisible en espías, reacciones admisibles en defensas y cargas máximas en bitas que fueron analizados (según Tabla 6-1).

Los porcentajes de operabilidad preliminares para las naves en condición de carga media se muestran en la Tabla 9-6, 9-7 y 9-8.

Tabla 9-6: Porcentajes de Operabilidad – Nave de 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	
Promedio Anual					73,99	

Tabla 9-7: Porcentaje de 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	
Promedio Anual					76,56	

Tabla 9-8: Porcentaje de 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	
Promedio Anual					67,91	



Las falla recurrentes que definen la operabilidad para las naves en estudio, tanto en Caso A y Caso B, se han determinado a partir del porcentaje de falla con que cada elemento o movimiento en interés aporta. Las Tablas 9-9, 9-10, 9-11 y 9-12 muestran el detalle de éstos. Es importante recordar que estos porcentajes disminuyen al momento de relacionarlos con el promedio anual estimado para cada nave (73,99% para la nave de 225 m, 76,56% para la nave de 235 m de eslora y 67,91% para la nave de 245 m de eslora).

Tabla 9-9: Porcentaje de Falla de Movimientos del C.G. de la Nave

Nave	Caso	Vaivén	Deriva	Alteada	Balance	Cabeceo	Guiñada
225 m	A	27,59%	0%	0%	0%	0%	0%
	B	17,24%	0%	0%	0%	0%	0%
235 m	A	31,03%	0%	0%	0%	0%	0%
	B	17,24%	0%	0%	0%	0%	0%
245 m	A	34,48%	0%	0%	0%	0%	0%
	B	20,69%	0%	0%	0%	0%	0%

Tabla 9-10: Porcentaje de Falla en Espías de Amarra

Nave	Caso	Largo Popa 1	Largo Popa 2	Spring Bitá 1	Spring Bitá 2	Travez	Largo Proa 1	Largo Proa 2
225 m	A	3,45%	10,34%	20,69%	10,34%	0%	6,9%	3,45%
	B	3,45%	3,45%	13,79%	0%	0%	6,9%	3,45%
235 m	A	3,45%	10,34%	20,69%	0%	0%	13,79%	3,45%
	B	0%	6,9%	6,9%	0%	0%	10,34%	3,45%
245 m	A	0%	10,34%	24,14%	17,24%	17,21%	20,69%	6,9%
	B	0%	10,34%	13,79%	6,9%	6,9%	13,79%	0%

Tabla 9-11: Porcentaje de Falla en Defensas

Nave	Caso	Def. 1	Def. 2	Def. 3	Def. 4	Def. 5	Def. 6
225 m	A	0%	0%	0%	0%	0%	3,45%
	B	0%	0%	0%	0%	0%	3,45%
235 m	A	0%	0%	0%	0%	0%	3,45%
	B	0%	0%	0%	0%	0%	3,45%
245 m	A	3,45%	0%	0%	0%	0%	10,34%
	B	0%	0%	0%	0%	0%	10,34%

Tabla 9-12: Porcentajes de Falla en Bitas

Nave	Caso	Bitá 1	Bitá 2	Bitá 3	Bitá 4	Bitá 5
225 m	A	20,69%	20,69%	10,34%	0%	20,69%
	B	20,69%	13,79%	0%	0%	17,24%
235 m	A	27,59%	20,69%	0%	0%	24,14%
	B	20,69%	6,9%	0%	0%	20,69%
245 m	A	27,59%	24,14%	17,24%	0%	24,14%
	B	20,69%	13,79%	6,9%	0%	20,69%



9.5 Conclusiones Preliminares

De los resultados entregados en las tablas anteriores se desprende que en todos los casos el factor que limita de forma más recurrente la operabilidad de las naves es el movimiento vaivén. Otras condiciones que limitan la operación son la capacidad de las bitas, la tensión admisible en las espías y la reacción en las defensas.

Además, se observa en los resultados que la operabilidad promedio anual de la nave de 245 m de eslora es aproximadamente un 10% menor a los casos de menor eslora, lo que es consistente dado que a mayor la eslora de la nave, ésta pierde capacidad de amarre en los largos de proa y por popa, que son los encargados de restringir el movimiento vaivén.

No obstante lo anterior, la operabilidad promedio anual para las naves de 225 y 235 metros, presenta una leve diferencia, siendo mayor en la nave de 235 m. Esto se explica por el hecho que a esloras mayores el buque tiende a mejorar su comportamiento frente al oleaje aceptando periodos más altos, lo que contrarresta el efecto negativo de amarras largas con ángulos más abiertos, es debido a esto que se establece que la nave de 235 m de eslora tiene el mejor comportamiento, la cual se analizará con mayor detalle en el siguiente capítulo.



10 IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS AL SISTEMA DE AMARRE

10.1 Modificaciones Propuestas

Los resultados obtenidos para el análisis de la situación base (análisis preliminar) muestran que el porcentaje de operabilidad de las tres naves está condicionado en forma importante por el movimiento vaivén.

De acuerdo a lo anterior y con el objetivo de mejorar la operabilidad del terminal para la nave seleccionada en la etapa anterior (235 m de eslora), se estudiarán las siguientes modificaciones al sistema de amarre:

1.- Aumento en la mena de las espías

La modelación de esta etapa se analizará considerando en todas las espías del sistema de amarre una mena de 12" la que al igual que la de 10" es habitual en buques que son atendidos en el terminal.

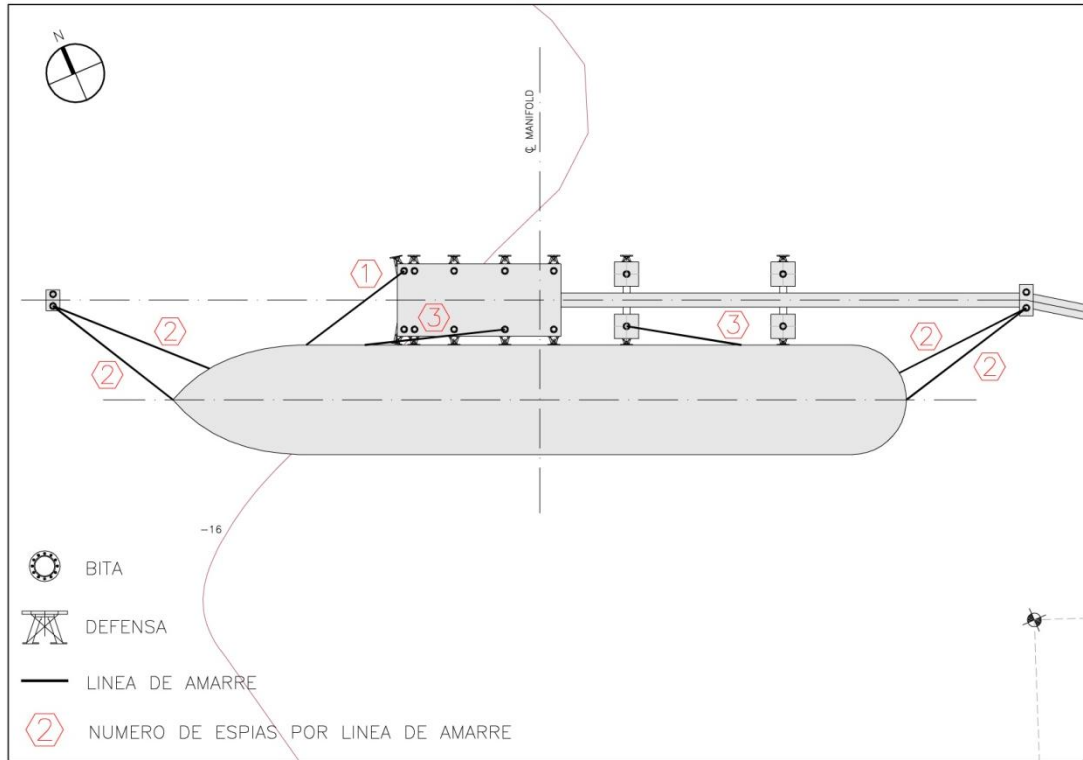
Las características de la **espía de 12" de mena** utilizadas en la modelación son las señaladas en la Tabla 10-1.

Tabla 10-1: Características Espías de Amarre.

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

2.- Aumento en el número de espías de líneas spring

Se analizará considerando **3 espías en cada una de las 2 líneas spring** (a proa y popa). La nueva distribución de espías se muestra en la Figura 10-1.



Fuente: Elaboración propia

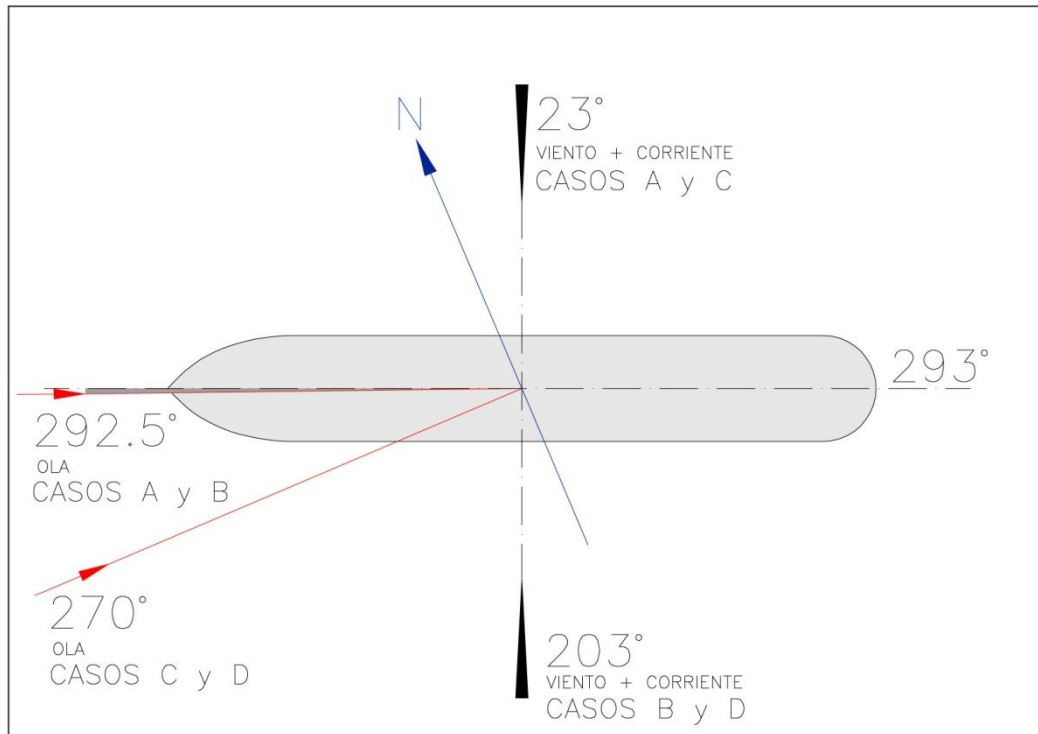
Figura 10-1: Número de Espías Paralelas por líneas de Amarre

10.2 Casos de Estudio

Además de los casos A y B definidos en el análisis de situación base, para el estudio del sistema optimizado se analizarán dos casos adicionales en los que se incorporan el oleaje en dirección 270° que según la estadística representa el 8,99% del tiempo total. Si bien su impacto en la operabilidad es menor, dado su ángulo de incidencia respecto al buque amarrado, con lo que se caracteriza el 100% del tiempo de operación. La Figura 10-2 muestra las direcciones mencionadas.

Tabla 10-2: 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°



Fuente: Elaboración propia

Figura 10-2: Diagrama de Dirección Análisis Optimización

En análisis de optimización considera la ejecución de un total de 144 ensayos adicionales.

10.3 Restricciones

Se considerarán los mismos criterios operacionales definidos en el Capítulo 8, dado que la mena de las espías aumenta a 12", se tiene una tensión máxima admisible en cada espía de 69 ton manteniendo el criterio del 55% de la carga de ruptura.

Si se mantiene la distribución de espías de la situación base y la capacidad de las bitas (100 ton) se considera una carga máxima en cada espía amarrada a los poste de proa y popa de 50 ton (2 espías por poste), 69 ton para la espía de amarre través en el cabezo y 50 ton para cada espía amarrada a duque de alba y cabezo (2 espías spring en cada caso).

Al considerar el aumento a 3 en el número de espías en líneas spring, obtenemos que la carga máxima en cada una de las espías amarrada a duque de alba y cabezo disminuye a 33,3 ton. En esta situación el número de espías en las restantes líneas no varía.

10.4 Porcentaje de Operabilidad

La operabilidad promedio anual estimada para la nave 235 m de eslora considerando espías de 12" de mena corresponde a 78,51% según se muestra en la Tabla 10-3.



Tabla 10-3: Porcentaje de Operabilidad Nave 235 m de Eslora Espías de 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		

La operabilidad promedio anual estimada para la nave de 235 m de eslora manteniendo la mena en 12", y aumentando el número de espías de las líneas spring a 3, es de 81,95% según muestra en la Tabla 10-4.

Tabla 10-4: Porcentaje de Operabilidad Nave 235 m de Eslora Espías de 12" de Mena + 3 Espías en cada 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		

10.5 Porcentaje de Falla en Sistema de Atraque y Amarre

Las condiciones límites, para la nave de 235 m de eslora con espías de 12" con 2 y 3 espías en cada spring, se señalan en la Tabla 10-5, Tabla 10-6, Tabla 10-7, Tabla 10-8, Tabla 10-9, Tabla 10-10, Tabla 10-11 y Tabla 10-12.

Tabla 10-5: Porcentaje de Falla de Movimientos del C.G. de la Nave 235 m de Eslora Espías de 12" de Mena

Nave	Caso	Vaivén	Deriva	Alteada	Balance	Cabeceo	Guiñada
235 m	A	20,69%	0%	0%	0%	0%	3,45%
	B	17,24%	0%	0%	0%	0%	0%
	C	30,1%	10,34%	3,45%	17,24%	0%	24,14%
	D	31,03%	10,34%	3,45%	17,24%	0%	24,14%

Tabla 10-6: Porcentaje de Falla en Espías de Amarra de la Nave 235 m de Eslora Espías de 12" de Mena

Nave	Caso	Largo Popa 1	Largo Popa 2	Spring Bitas 1	Spring Bitas 2	Travez	Largo Proa 1	Largo Proa 2
235 m	A	10,34%	10,34%	10,34%	0%	0%	13,79%	10,34%
	B	6,9%	10,34%	3,45%	0%	0%	10,34%	10,34%
	C	27,59%	27,09%	24,14%	17,24%	17,24%	24,14%	27,59%
	D	27,59%	27,59%	24,14%	17,24%	17,24%	24,14%	27,59%



Tabla 10-7: Porcentaje de Falla en Defensas de la Nave 235 m de Eslora Espías de 12” de Mena

Nave	Caso	Def. 1	Def. 2	Def. 3	Def. 4	Def. 5	Def. 6
235 m	A	0%	0%	0%	0%	0%	10,34%
	B	0%	0%	0%	0%	0%	13,79%
	A	31,03%	24,14%	24,14%	20,69%	24,14%	37,93%
	B	31,03%	24,14%	24,14%	20,69%	24,14%	37,93%

Tabla 10-8: Porcentajes de Falla en Bitas de la Nave 235 m de Eslora Espías de 12” de Mena

Nave	Caso	Bitas 1	Bitas 2	Bitas 3	Bitas 4	Bitas 5
235 m	A	24,14%	6,9%	0%	0%	24,14%
	B	20,69%	0%	0%	0%	24,14%
	C	55,17%	24,14%	10,34%	0%	44,83%
	D	55,17%	24,17%	10,34%	0%	44,83%

Tabla 10-9: Porcentaje de Falla de Movimientos del C.G. de la Nave 235 m de Eslora Espías de 12” de Mena + 3 Espías en Cada Spring

Nave	Caso	Vaivén	Deriva	Alteada	Balance	Cabeceo	Guiñada
235 m	A	17,54%	0%	0%	0%	0%	3,45%
	B	17,24%	0%	0%	0%	0%	0%
	C	27,59%	10,34%	3,45%	17,24%	0%	24,14%
	D	24,14%	3,45%	6,9%	13,79%	0%	17,24%

Tabla 10-10: Porcentaje de Falla en Espías de Amarra de la Nave 235 m de Eslora Espías de 12” de Mena + 3 Espías en Cada Spring

Nave	Caso	Largo Popa 1	Largo Popa 2	Spring Bitas 1	Spring Bitas 2	Travez	Largo Proa 1	Largo Proa 2
235 m	A	10,34%	10,34%	3,45%	0%	0%	10,34%	10,34%
	B	6,9%	10,34%	3,45%	3,45%	0%	3,45%	10,34%
	C	27,59%	31,03%	24,14%	10,34%	10,34%	24,14%	31,03%
	D	24,14%	24,14%	20,69%	6,9%	6,9%	24,14%	24,14%

Tabla 10-11: Porcentaje de Falla en Defensas de la Nave 235 m de Eslora Espías de 12” de Mena + 3 Espías en cada Spring

Nave	Caso	Def. 1	Def. 2	Def. 3	Def. 4	Def. 5	Def. 6
235 m	A	0%	0%	0%	0%	0%	10,34%
	B	0%	0%	0%	0%	0%	13,79%
	A	31,03%	27,59%	24,14%	24,14%	27,59%	37,93%
	B	31,03%	27,59%	27,59%	24,14%	27,59%	41,38%



Tabla 10-12: Porcentajes de Falla en Bitas de la Nave 235 m de Eslora Espías de 12” de Mena + 3 Espías en Cada Spring

Nave	Caso	Bitas 1	Bitas 2	Bitas 3	Bitas 4	Bitas 5
235 m	A	20,69%	17,24%	13,79%	0%	24,14%
	B	17,24%	20,69%	10,34%	0%	24,14%
	C	55,17%	31,03%	17,24%	0%	44,83%
	D	48,28%	27,59%	17,24%	0%	37,93%

10.6 Conclusiones Preliminares

La operabilidad promedio anual que considera optimización de las condiciones con el uso de espías de 12” de mena en todas las líneas y la utilización de 3 espías en líneas de amarre spring, muestra un aumento de 5% respecto de la operabilidad promedio anual de la situación base. La Figura 10-3 muestra las mejoras obtenidas para esta nave.

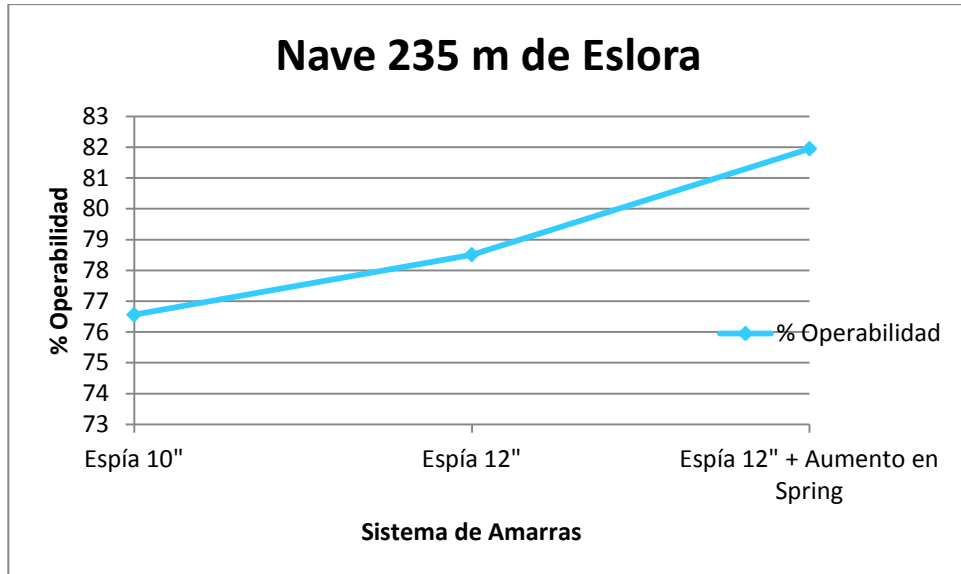


Figura 10-3: Optimización de la Operabilidad para Nave 235 m de Eslora

Esto demuestra que es posible recibir naves de mayor dimensión a la que actualmente recibe el sitio sur del TMQ, y que al realizar refuerzos al sistema actual de amarre (aumento de la mena de la espía e incorporar un refuerzo adicional a los springs) permite una mejora en la operabilidad esperada para la nave de 235 m de eslora.



11 VERIFICACIÓN DEL TERMINAL PARA BOUN WAVES

11.1 Generalidades

Se propone realizar una verificación de las instalaciones del sitio Sur del TMQ bajo la acción de olas del tipo Bound Waves, considerando una nave de 235 m de eslora atracada bajo un sistema de amarre de espías de 12" de mena y 3 espías para cada spring (buque con mejor comportamiento según el presente estudio).

Como se mencionó en el Capítulo 4, las Bound Waves corresponden a grupos de olas caracterizados por periodos típicos que van entre los 30 segundos a 300-600 segundos y longitudes del orden de 10 metros a 100 kilómetros.

Para el sitio sur del TMQ se cuenta con las mediciones realizadas en terreno (Tabla 6-3 y Tabla 6-4), en las cual se puede observar que el mayor porcentaje de olas proviene del N y NNW, las cuales alcanzan un 41,67%. Respecto a la altura de olas, los casos significativos para este tipo de análisis van de las 0,11 m a los 0,15 metros (análisis previos mostraron que alturas de olas inferiores a 0,11 m producen movimientos casi nulos en las naves), las cuales están asociadas a los periodos que se señalan en la Tabla 11-1.

Tabla 11-1: Combinación Altura/Periodo de Ola para Bound Waves

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

Este tipo de oleaje se puede asociar para el modelo a una función espectral del tipo JONSWAP (Joint North Sea Wave Project), siendo este espectro capaz de describir el desarrollo del oleaje bajo un fetch limitado, lo cual se asemeja al tipo de oleaje común presente en las costas chilenas.

Dado que el oleaje del tipo Bound Wave no se da todo el tiempo, sino que responde a un fenómeno puntual que en las costas de la bahía de Quintero se presenta ocasionalmente durante los periodos de mayo a junio (según información de terreno), el tipo de espectro a utilizar fue corroborado simulando las condiciones aquí mencionadas bajo un Espectro Gaussiano, el cual mostró que no existían fallas en la estructura del sitio y que los movimientos de los buques eran prácticamente nulos, lo cual no representa la realidad ya que por parte de PROCON S.A. Ingeniería para este mismo terminal declaran que bajo este fenómeno, se presentan cortes de espías de manera importante así como falla en algunas de sus defensas. Por tanto se sostiene que el espectro más representativo para estas olas en particular corresponde al JONSWAP.

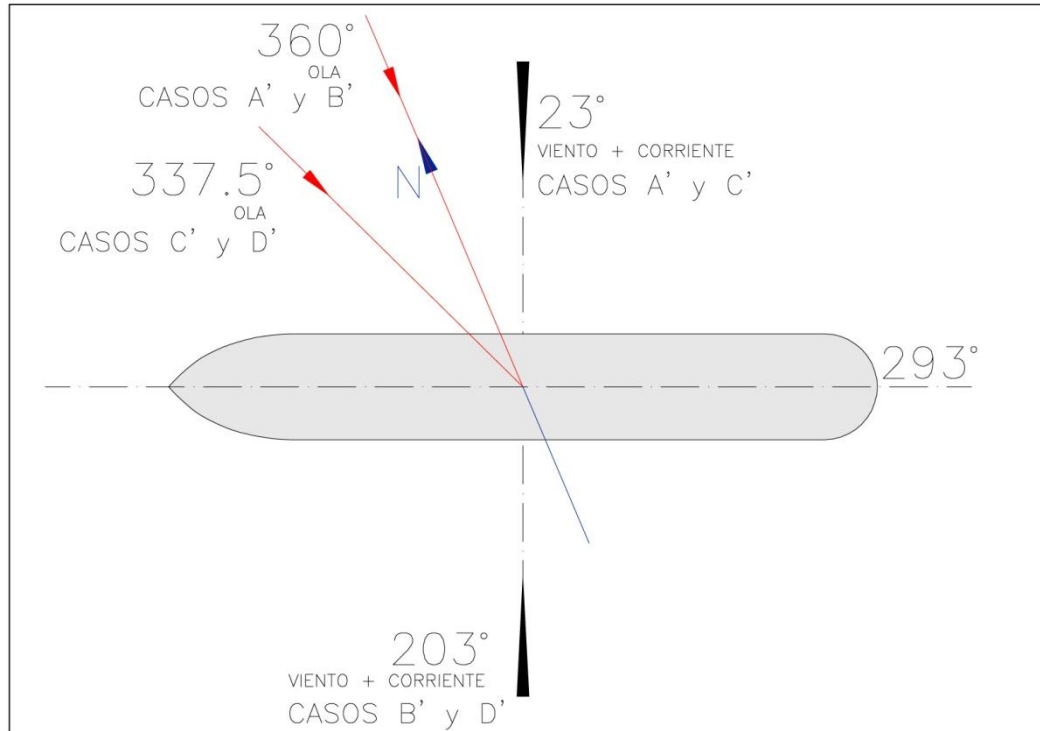
11.2 Casos de Estudio

Se estudiarán cuatro casos denominados A', B', C' y D', los cuales representan una combinación de las condiciones oceanográficas descritas en el capítulo 8 (vientos y corrientes) y las direcciones de olas anteriormente mencionadas. La Tabla 11-2 muestra el detalle de los casos definidos, y la Figura 11-1 muestra la dirección de incidencia sobre la nave.



Tabla 11-2: Casos de Estudio para Bound Waves

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°



Fuente: Elaboración propia

Figura 11-1: Diagrama de Dirección Análisis para Bound Waves

11.3 Restricciones

Para este estudio se mantendrán idénticos criterios operacionales a los establecidos en el capítulo 10, por tanto se establece una tensión máxima en cada espía de 69 ton (espías de 12" de mena), manteniendo de esta forma el criterio del 55% de la carga de ruptura.

Por considerar una nave amarrada con 3 espías en líneas de spring y que la capacidad de las bitas es de 100 ton, se establece una carga máxima 33,3 ton en cada una de las espías amarradas a duque de alba y cabezo, de 50 ton para los postes de proa y popa, y de 69 ton para la espía de amarre través en el cabezo.

La carga máxima admisible de las defensas seguirá siendo de un 88,4 ton, la cual corresponde a un 60% de deformación.



11.4 Porcentajes de Operabilidad

Para la Nave de 235 m de eslora bajo una configuración de amarras en la cual considera espías de 12" de mena y spring de 3 espías cada uno, bajo la condición de oleaje de Bound Waves la Tabla 11-3 muestra los resultados obtenidos.

Tabla 11-3: Porcentaje de 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	

Los resultados obtenidos muestran un bajo porcentaje de operabilidad, esto responde a que este tipo de olas se da de forma ocasional en el sector de estudio y que las direcciones de oleaje analizadas, a pesar de ser influyente en el movimiento de la nave¹⁰, tienen un porcentaje de ocurrencia bajo (alrededor de un 20% del tiempo).

Las condiciones límites para cada caso son determinada por medio de los resultados individuales de cada movimiento o elemento en estudio. Éstas se señalan en: Tabla 11-4, Tabla 11-5, Tabla 11-6 y Tabla 11-7.

Tabla 11-4: Porcentaje de Falla de Movimientos del C.G. de la Nave

Nave	Caso	Vaivén	Deriva	Alteada	Balance	Cabeceo	Guiñada
235 m	A'	0	10,71	0	0	0	0
	B'	0	0	0	0	0	0
	C'	0	0	0	0	0	0
	D'	0	0	0	0	0	0

Tabla 11-5: Porcentaje de Falla en Espías de Amarra

Nave	Caso	Largo Popa 1	Largo Popa 2	Spring Bita 1	Spring Bita 2	Travez	Largo Proa 1	Largo Proa 2
235 m	A'	10,71	17,86	0	0	3,57	0	17,86
	B'	0	3,57	0	0	0	0	3,57
	C'	0	3,57	0	0	3,57	0	3,57
	D'	0	0	0	0	0	0	0

¹⁰ análisis preliminares indican que cualquier otra dirección no produce movimientos de interés para este estudio



Tabla 11-6: Porcentaje de Falla en Defensas

Nave	Caso	Def. 1	Def. 2	Def. 3	Def. 4	Def. 5	Def. 6
235 m	A'	25	21,43	17,86	10,71	10,71	10,71
	B'	14,29	7,14	7,14	3,57	3,57	10,71
	C'	7,14	0	0	0	0	3,57
	D'	0	0	0	0	0	0

Tabla 11-7: Porcentaje de Falla en Bitas

Nave	Caso	Bita 1	Bita 2	Bita 3	Bita 4	Bita 5
235 m	A'	75	3,571	0	0	67,86
	B'	21,43	0	0	0	21,43
	C'	60,71	7,143	3,571	0	50
	D'	3,571	0	0	0	3,571

11.5 Conclusiones Preliminares

Tras analizar la nave con mejor comportamiento para el sitio sur del TMQ bajo un sistema de amarre adecuado y previamente verificado (espías de 12" de mena y 3 espías para cada spring), 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.



12 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se ha realizado un estudio de verificación de las instalaciones del actual sitio sur del terminal marítimo ubicado en la bahía de Quintero, en base a una simulación dinámica de buques tanques de diversas esloras (específicamente 225 m, 235 m y 245 m) por medio del software Termsim II con el fin de establecer las dimensiones límites de las naves capaces de recepcionar por este terminal sin involucrar cambios en su estructura, capacidad de bitas y defensa principalmente.

La elaboración de las simulaciones se realizó considerando las estructuras y elementos que conforman el sistema de atraque y amarre del sitio, en conjunto a las condiciones oceanográficas características del sector, los movimientos admisibles de las naves y la reacción y tensión máxima permitida en las defensas y espías, según corresponda.

Se consideró en el análisis, la nave máxima permitida en la actualidad (eslora de 225 m y un DWT de 53.000 ton), además de 2 naves de eslora superior a ésta (235 m y 245 m de eslora), con las cuales se realizó un primer análisis con el fin de establecer las principales fallas de las instalaciones bajo el efecto de las condiciones oceanográficas del sector, siendo la más relevante el oleaje, el cual proviene un 90,36% desde los 292,5º RV con alturas de olas que van desde los 0,5 m a 1,4 m y periodos que oscilan entre los 4 a 22 segundos. Al probar estas condiciones y características en el software, sus resultados revelaron que la condición limitante del terminal era el movimiento de vaivén de la nave, el cual al ser excesivo desencadena problemas con la capacidad de las bitas y defensas del terminal.

Los porcentaje de operabilidad para cada nave fue de 73,99% para la nave de 225 m de eslora, 76,56% para la nave de 235 m y de un 67,91% para la nave de 245 m de eslora. Estos resultados reflejan que la configuración del terminal tiene capacidad para recibir naves de mayor dimensión a la permitida en la actualidad, fijando como nuevo límite las naves de 235 m de eslora. Naves que superan los 235 m de eslora presentan problemas durante su permanencia en el terminal, esto es coherente considerando que a mayor eslora de la nave, los largos de las espías pierden su función como tal y estos empiezan a trabajar como través, por lo cual los movimientos de vaivén no son controlados de manera eficiente.

Se determinó que la nave de 235 m de eslora cuenta con una mejor respuesta a los movimientos, reacción en las defensas y tensión máxima permitida en las espías utilizadas (espías de poliéster con 10" de mena).

Una vez establecida la nave con mejor respuesta y determinado que el movimiento de vaivén provoca el mayor impacto en el sistema de amarras, se procede a reforzar dicho sistema con el fin de re-evaluar su respuesta a las condiciones oceanográficas.

Para esto se realizaron 2 análisis adicionales, el primero consideró el mismo sistema propuesto por la Autoridad Marítima pero usando espías de poliéster de 12" de mena con lo cual se logra aumentar en un 2% la operabilidad, llegando a un 78,51%.

El segundo análisis realizado para la nave de 235 m de eslora considera mantener las espías de poliéster de 12" de mena y aumentar en 1 espía para cada spring, pasando de 2 espías por spring se paso a 3 espías, con el objetivo de reforzar las condiciones del actual sistema de amarre y de esta forma limitar los movimientos de vaivén registrados en el análisis inicial (situación base). Con estas medidas se obtiene un aumento en la operabilidad de un 5% respecto de la situación inicial, llegando a un 81,95%.



Si bien las medidas de optimización logran un aumento en la operabilidad, generan como consecuencia fallas en la configuración del terminal, específicamente en las defensas.

Se consideró las condiciones más desfavorables para viento y corriente, en base a la información de las condiciones naturales recopiladas en este estudio, por lo cual los resultados de operabilidad pueden ser mayor o igual a los aquí entregados, a pesar de que la mayor influencia sobre los resultados depende básicamente de las condiciones de oleaje.

Durante todos los ensayos se consideró un sistema de amarre constituido por espías de largos y springs trabajando de forma simultánea, ya que un sistema de amarras no ecualizado y de menor calidad que el considerado en la modelación afectará de forma importante los resultados.

De acuerdo a todo lo mencionado, se recomienda considerar, para cada nave que atraque en el sitio sur del TMQ, la utilización de espías de poliéster con una mena de 12” y una ecualización en la cual considere 3 espías para cada spring, 2 por cada largo y 1 para el través, logrando de esta forma una reducción en los movimientos de vaivén, teniendo presente que no se recomienda la estancia de naves con esloras mayores a 235 m bajo ningún sistema de amarra estudiado.

Una vez establecida la nave máxima que puede atender el sitio sur del TMQ, se procedió a verificar el comportamiento de ésta ante el efecto de las Bound Waves, fenómeno que se presenta ocasionalmente durante los meses de mayo a junio y que la dirección del oleaje de “riesgo” para la estructura son aquellas provenientes del N y NNW, las cuales pueden ocasionar problemas para la operación normal de este terminal, ya que es un fenómeno que no se puede predecir y que si las bitas no son mejoradas (aumento en su capacidad máxima) y las defensas no se encuentran con la mantención correspondiente, la llegada de este fenómeno puede producir que las bitas se suelten y que algunas defensas pierdan su capacidad o se desplacen, lo cual genera un problema mayor, repercutiendo en el cese de la atención de naves hasta lograr su reparación.

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.



13 REFERENCIAS

- Ref. 1** BAIRD & ASSOCIATES S.A. Estudio Clima de Oleaje Bahía de Quintero para Puerto Ventanas, elaborado para PROCON S.A. Ingeniería, 2004. 67p.
- Ref. 2** C.P. QUI. ORD. N° 12.000/295 VRS. Establece Condiciones de Operación para Buques Mercantes en la Bahía de Quintero, 2008. 32p.
- Ref. 3** C.P. QUI.ORD. N° 12.000/295 VRS.Establece Condiciones de Operación para Buques Mercantes en la Bahía de Quintero, 2008. 32p.
- Ref. 4** Journée J.M.J. and Massie, W.W., Offshore Hydromechanics, First edition, Delf University of Technology, Delft, The Netherlands, 2001.
- Ref. 5** GEOMAR S.A. Estudio de Olas Bahía de Quintero para PROCON S.A. Ingeniería, 2005. 39p.
- Ref. 6** Dean, Robert G., R. Dolrymple, Water wave mechanics for engineers and scientist, Vol. 2, 1991.
- Ref. 7** MOPU. ROM 0.2-90: Acciones en el Proyecto de Obras Marítimas y Portuarias, 1º Edición, 1990. 272p.
- Ref. 8** M.S. Longuet – Higgins and R.W. Stewart, Radiation Stresses in Water Waves; a Physical Discussion, whit Applications, 1964. 34p.
- Ref. 9** PIANC. Criteria for Movements of Moored Ships in Harbours, a Practical Guide, supplement to Bulletin nº88, 1995. 34p.
- Ref. 10** PROCON S.A. Ingeniería. Informe técnico Inspección Terminal Quintero, OXIQUM S.A. 1998. 18p.
- Ref. 11** PROCON S.A. Ingeniería. Informe de Ingeniería Proyecto Terminal Marítimo Quintero, OXIQUM S.A. 1998. 120p.
- Ref. 12** PROCON S.A. Ingeniería. Informe de Ingeniería Verificación para Transferencia de LNG, Terminal Marítimo de Quintero, OXIQUM S.A. 2004. 261p.
- Ref. 13** PROCON S.A. Ingeniería. Informe Técnico Estudio Geométrico Sitio Sur para naves de 230m de eslora, Terminal Marítimo Quintero, OXIQUM S.A. 2006. 34p.
- Ref. 14** PROCON S.A. Ingeniería. Informe Técnico Estudio Geométrico Sitio Sur para naves de 230m de eslora, Terminal Marítimo Quintero, OXIQUM S.A. 2006. 34p.
- Ref. 15** SHOA. Publicación 3013 “Glosario de Marea y Corrientes”, 2ª Edición, 1992. 59p.
- Ref. 16** SHOA. Publicación 3201 “Instrucciones Oceanográficas nº 1, Especificaciones Técnicas para Mediciones y Análisis Oceanográficos”, 3ª Edición, 2005. 24p.
- Ref. 17** Sumitomo Rubber Industries, Ltda. UPi-TYPE FENDER Catalogues,
- Ref. 18** TERMSIM II, User’s Guide, Maritime Research Institute Netherlands, 2008. 153p.



- Ref. 19** Y. Uchiyama and J.C. McWilliams, Infragravity Waves in the Deep Ocean: Propagation and Seismic Hum Excitation, 2008. 25p.



14 ANEXOS



14.1 ANEXO I: TABLAS CON RESULTADOS



Tabla 14-1: Movimientos del C.G. Nave 225 m Eslora – Caso A (Situación Base)

Hs (m)	Tp (seg)	Movimientos del C.G. de la Nave						
		Vaivén (m)	Deriva (m)	Alteada (m)	Balance (°)	Cabeceo (°)	Guiñada (°)	
0,5	20	1,12	0,13	0,32	0,31	0,59	0,37	
	1,0	22	2,96	0,72	0,70	0,96	1,07	1,26
		20	2,65	0,36	0,63	0,67	1,19	0,82
		18	2,41	0,46	0,60	0,37	1,24	0,68
1,4	16	1,98	0,44	0,54	0,32	1,18	0,55	
	22	4,08	0,94	0,99	1,34	1,50	1,79	
	20	3,96	0,92	0,88	0,90	1,66	1,08	
	18	3,84	0,81	0,83	0,58	1,72	1,26	
	16	3,59	0,93	0,74	0,49	1,66	1,42	
	14	2,94	0,72	0,59	0,35	1,42	1,37	
	12	2,76	0,74	0,43	0,37	1,27	1,38	
10	1,84	0,36	0,31	0,38	0,93	0,73		



Tabla 14-2: Tensiones en las Espías de Amarre Nave 225 m de Eslora – Caso A (Situación Base)

Oleaje Según Tabla (ángulo incidencia 292,5°) Viento 25 nudos (perpendicular a la nave hacia el sitio) Corriente 0,3 nudos (perpendicular a la nave hacia el sitio)								
Hs (m)	Tp (seg)	Tensión Máxima Espías de Amarre (Ton)						
		Largo Popa 1	Largo Popa 2	Spring Bita 1	Spring Bita 2	Travez	Largo Proa 1	Largo Proa 2
0,5	20	35,39	38,69	41,25	32,75	15,09	37,92	37,20
	22	93,08	107,67	94,64	68,00	31,33	83,35	89,68
	20	67,73	78,76	86,27	61,56	26,65	66,24	60,35
	18	41,21	54,12	79,45	62,17	27,44	59,07	47,57
1,0	16	36,22	45,06	64,27	52,71	24,40	48,93	39,74
	22	137,54	152,84	133,50	102,51	40,05	112,34	119,50
	20	80,89	101,08	134,79	103,93	48,45	100,59	86,43
	18	62,07	84,15	134,98	101,81	46,99	94,45	73,99
	16	53,31	78,56	128,49	89,40	44,26	81,75	61,64
	14	45,84	64,28	132,08	77,00	37,60	64,38	47,32
	12	46,64	54,40	127,85	80,73	40,60	62,24	47,96
10	35,08	42,73	77,41	59,50	28,91	50,17	38,37	



Tabla 14-3: Reacciones en las Defensas Nave 225 m de Eslora – Caso A (Situación Base)

Hs (m)	Tp (seg)	Reacción Máxima en Defensas (Ton)					
		Def. 1	Def. 2	Def. 3	Def. 4	Def. 5	Def. 6
0,5	20	38,94	22,89	12,09	9,05	19,29	53,83
	22	80,72	55,18	33,09	33,64	71,40	87,50
1,0	20	64,59	42,20	25,72	26,25	44,82	87,45
	18	72,69	45,24	22,55	22,72	37,44	85,74
	16	52,46	31,85	15,71	14,88	29,92	87,32
	22	87,49	68,41	42,92	47,44	87,42	130,09
1,4	20	82,04	62,81	39,40	43,60	81,52	87,50
	18	87,47	60,16	34,74	31,31	81,02	87,50
	16	87,49	78,45	39,04	28,88	59,33	87,59
	14	77,85	48,57	27,36	25,44	53,98	87,50
	12	72,97	37,60	14,73	15,59	63,20	87,41
	10	66,80	28,24	8,95	12,24	23,05	87,49



Tabla 14-4: Movimientos del C.G. Nave 225 m Eslora – Caso B (Situación Base)

Oleaje	Según Tabla	(ángulo incidencia 292,5°)
Viento	25 nudos	(perpendicular a la nave contra el sitio)
Corriente	0,3 nudos	(perpendicular a la nave contra el sitio)

Hs (m)	Tp (seg)	Movimientos del C.G. de la Nave					
		Vaivén (m)	Deriva (m)	Alteada (m)	Balance (°)	Cabeceo (°)	Guiñada (°)
0,5	20	1,10	0,08	0,32	0,42	0,59	0,24
1,0	22	2,61	0,28	0,70	0,90	1,06	0,98
	20	2,27	0,20	0,63	0,79	1,18	0,69
	18	2,05	0,11	0,60	0,61	1,22	0,43
	16	1,91	0,08	0,54	0,40	1,17	0,28
1,4	22	3,67	0,39	0,99	1,29	1,48	1,44
	20	3,58	0,31	0,88	0,95	1,65	0,88
	18	3,89	0,25	0,83	0,66	1,71	0,89
	16	3,29	0,19	0,74	0,49	1,64	0,56
	14	1,86	0,07	0,59	0,31	1,41	0,25



Tabla 14-5: Tensiones en las Espías de Amarre Nave 225 m de Eslora – Caso B (Situación Base)

Oleaje Según Tabla (ángulo incidencia 292,5°) Viento 25 nudos (perpendicular a la nave contra el sitio) Corriente 0,3 nudos (perpendicular a la nave contra el sitio)								
Hs (m)	Tp (seg)	Tensión Máxima Espías de Amarre (Ton)						
		Largo Popa 1	Largo Popa 2	Spring Bita 1	Spring Bita 2	Travez	Largo Proa 1	Largo Proa 2
0,5	20	28,67	32,23	41,41	31,18	14,32	34,23	31,84
1,0	22	77,45	95,66	84,04	65,95	29,25	78,92	82,61
	20	54,59	61,33	66,58	56,13	24,58	63,55	61,34
	18	40,48	50,59	60,63	55,94	24,51	54,18	50,68
	16	30,98	38,56	58,73	40,58	18,06	49,44	43,70
1,4	22	100,39	120,80	115,38	96,10	41,33	110,48	113,24
	20	73,85	93,23	114,18	84,18	36,08	87,30	79,52
	18	50,11	74,79	126,93	87,42	37,99	99,94	82,84
	16	41,83	61,40	103,04	70,60	31,18	79,41	65,70
	14	33,77	46,75	62,13	52,51	23,47	49,84	43,38



Tabla 14-6: Reacciones en las Defensas Nave 225 m de Eslora – Caso B (Situación Base)

Hs (m)	Tp (seg)	Reacción Máxima en Defensas (Ton)					
		Def. 1	Def. 2	Def. 3	Def. 4	Def. 5	Def. 6
0,5	20	55,65	42,44	27,32	23,79	40,26	78,44
	22	87,49	66,05	31,09	40,95	85,12	87,50
1,0	20	78,47	58,92	32,42	34,33	75,64	87,49
	18	71,80	52,27	32,38	27,71	46,45	86,89
	16	59,08	43,99	27,11	21,00	39,26	74,79
	22	87,50	81,19	39,35	54,71	87,50	121,08
1,4	20	87,49	75,04	44,47	44,38	83,50	87,50
	18	87,37	72,71	40,14	35,08	72,60	87,48
	16	80,11	58,33	33,80	37,63	73,94	87,49
	14	51,02	38,67	24,97	21,87	40,42	78,04
	22	87,50	81,19	39,35	54,71	87,50	121,08



Tabla 14-7: Movimientos del C.G. Nave 235 m Eslora – Caso A (Situación Base)

Oleaje	Según Tabla	(ángulo incidencia 292,5°)
Viento	25 nudos	(perpendicular a la nave hacia el sitio)
Corriente	0,3 nudos	(perpendicular a la nave hacia el sitio)

Hs (m)	Tp (seg)	Movimientos del C.G. de la Nave					
		Vaivén (m)	Deriva (m)	Alteada (m)	Balance (°)	Cabeceo (°)	Guiñada (°)
0,5	20	1,07	0,12	0,32	0,31	0,59	0,34
1,0	22	2,66	0,59	0,69	1,00	1,05	1,22
	20	2,63	0,52	0,62	0,59	1,18	0,70
	18	2,82	0,34	0,59	0,37	1,22	0,55
1,4	22	3,96	0,86	0,98	1,38	1,48	1,59
	20	4,21	0,71	0,87	0,89	1,64	0,96
	18	5,33	0,78	0,82	0,59	1,70	1,44
	16	4,37	0,70	0,73	0,40	1,63	1,29
	14	3,13	0,69	0,58	0,36	1,39	1,07
	12	2,99	0,66	0,42	0,36	1,20	1,08
	10	2,00	0,42	0,29	0,31	0,85	0,72



Tabla 14-8: Tensiones en las Espías de Amarre Nave 235 m de Eslora – Caso A (Situación Base)

Oleaje Según Tabla (ángulo incidencia 292,5°) Viento 25 nudos (perpendicular a la nave hacia el sitio) Corriente 0,3 nudos (perpendicular a la nave hacia el sitio)								
Hs (m)	Tp (seg)	Tensión Máxima Espías de Amarre (Ton)						
		Largo Popa 1	Largo Popa 2	Spring Bita 1	Spring Bita 2	Travez	Largo Proa 1	Largo Proa 2
0,5	20	35,41	40,18	36,12	29,38	13,84	38,67	36,39
	22	92,53	120,09	76,00	56,32	25,82	85,34	85,49
	18	62,10	78,56	74,13	59,96	26,14	68,28	58,96
1,4	18	41,99	51,00	85,66	53,70	25,46	68,34	47,88
	22	125,41	156,91	110,09	86,06	36,18	129,68	128,44
	20	75,57	102,45	125,70	91,10	40,63	116,00	85,86
	18	67,54	86,13	178,20	94,42	46,28	143,82	93,01
	16	50,36	80,00	150,26	92,06	45,66	108,40	62,55
	14	42,47	66,37	109,46	76,53	36,44	68,99	43,56
	12	42,87	61,33	106,34	71,05	36,98	65,78	41,38
10	34,64	42,01	70,98	54,32	27,71	52,71	37,57	



Tabla 14-9: Reacciones en las Defensas Nave 235 m de Eslora – Caso A (Situación Base)

Oleaje	Según Tabla	(ángulo incidencia 292,5°)
Viento	25 nudos	(perpendicular a la nave hacia el sitio)
Corriente	0,3 nudos	(perpendicular a la nave hacia el sitio)

Hs (m)	Tp (seg)	Reacción Máxima en Defensas (Ton)					
		Def. 1	Def. 2	Def. 3	Def. 4	Def. 5	Def. 6
0,5	20	39,67	24,40	12,56	8,68	20,10	55,25
1,0	22	83,27	57,73	37,96	33,15	77,56	87,50
	20	75,58	55,67	32,14	25,79	48,16	87,49
	18	69,73	42,90	24,10	19,18	31,98	81,83
1,4	22	87,50	85,80	43,88	51,25	87,50	120,37
	20	87,46	81,05	49,37	42,83	69,55	87,49
	18	87,49	87,49	50,46	30,01	57,26	87,50
	16	87,50	82,50	35,12	27,74	54,96	87,49
	14	86,09	61,09	27,91	17,74	40,16	87,49
	12	82,64	51,96	27,00	12,37	41,37	87,45
	10	73,67	38,12	18,13	10,63	24,54	87,43



Tabla 14-10: Movimientos del C.G. Nave 235 m Eslora – Caso B (Situación Base)

Oleaje	Según Tabla	(ángulo incidencia 292,5°)
Viento	25 nudos	(perpendicular a la nave contra el sitio)
Corriente	0,3 nudos	(perpendicular a la nave contra el sitio)

Hs (m)	Tp (seg)	Movimientos del C.G. de la Nave					
		Vaivén (m)	Deriva (m)	Alteada (m)	Balance (°)	Cabeceo (°)	Guiñada (°)
0,5	20	0,99	0,08	0,32	0,42	0,58	0,26
1,0	22	2,36	0,26	0,70	0,87	1,04	0,96
	20	2,18	0,21	0,62	0,71	1,16	0,65
	18	2,57	0,09	0,59	0,49	1,20	0,46
1,4	22	3,82	0,45	0,98	1,21	1,46	1,37
	20	4,14	0,37	0,87	0,81	1,63	0,84
	18	4,26	0,26	0,82	0,59	1,69	0,88
	16	3,01	0,18	0,73	0,39	1,61	0,59
	14	1,86	0,07	0,58	0,26	1,38	0,28



Tabla 14-11: Tensiones en las Espías de Amarre Nave 235 m de Eslora – Caso B (Situación Base)

		Oleaje Según Tabla (ángulo incidencia 292,5°)						
		Viento 25 nudos (perpendicular a la nave contra el sitio)						
		Corriente 0,3 nudos (perpendicular a la nave contra el sitio)						
Hs (m)	Tp (seg)	Tensión Máxima Espías de Amarre (Ton)						
		Largo Popa 1	Largo Popa 2	Spring Bita 1	Spring Bita 2	Travez	Largo Proa 1	Largo Proa 2
0,5	20	29,71	33,68	35,93	28,55	13,33	34,70	31,94
1,0	22	76,75	98,47	65,65	53,31	23,33	80,42	82,39
	20	55,86	67,61	57,25	46,05	20,64	65,22	59,54
	18	40,09	46,29	74,34	50,20	23,24	68,25	54,22
1,4	22	97,26	131,33	97,43	87,89	34,93	107,71	112,40
	20	73,88	93,07	121,52	75,66	32,49	105,85	83,81
	18	49,45	69,09	124,92	83,94	38,52	116,59	84,92
	16	37,64	62,63	84,09	69,36	31,66	76,80	58,03
	14	33,11	47,06	58,47	47,82	21,94	53,43	40,25



Tabla 14-12: Reacciones en las Defensas Nave 235 m de Eslora – Caso B (Situación Base)

Oleaje	Según Tabla	(ángulo incidencia 292,5°)
Viento	25 nudos	(perpendicular a la nave contra el sitio)
Corriente	0,3 nudos	(perpendicular a la nave contra el sitio)

Hs (m)	Tp (seg)	Reacción Máxima en Defensas (Ton)					
		Def. 1	Def. 2	Def. 3	Def. 4	Def. 5	Def. 6
0,5	20	59,37	45,46	28,93	25,54	42,13	80,37
1,0	22	87,24	69,79	31,39	44,36	87,27	87,50
	20	81,52	63,67	35,35	36,93	77,44	87,50
	18	77,91	57,99	33,51	27,67	48,12	87,47
1,4	22	87,50	82,02	45,70	62,04	87,50	126,22
	20	87,42	81,19	55,16	46,85	85,44	87,50
	18	87,48	74,89	45,76	39,80	74,77	87,49
	16	81,53	62,12	38,38	39,17	70,91	87,38
	14	55,50	40,80	25,77	22,68	41,23	78,74



Tabla 14-13: Movimientos del C.G. Nave 245 m Eslora – Caso A (Situación Base)

Oleaje Según Tabla (ángulo incidencia 292,5°) Viento 25 nudos (perpendicular a la nave hacia el sitio) Corriente 0,3 nudos (perpendicular a la nave hacia el sitio)							
Hs (m)	Tp (seg)	Movimientos del C.G. de la Nave					
		Vaivén (m)	Deriva (m)	Alteada (m)	Balance (°)	Cabeceo (°)	Guiñada (°)
0,5	20	1,26	0,11	0,24	0,39	0,47	0,28
1,0	22	3,90	0,71	0,56	1,13	0,89	0,84
	20	4,16	0,73	0,47	0,60	0,93	1,04
	18	3,31	0,51	0,43	0,47	0,95	0,92
	16	2,66	0,42	0,34	0,39	0,88	0,77
	14	1,63	0,22	0,26	0,31	0,71	0,39
1,4	22	6,21	1,18	0,79	1,53	1,24	1,51
	20	6,50	1,27	0,67	0,96	1,28	1,76
	18	5,79	1,05	0,59	0,77	1,32	1,76
	16	4,85	0,74	0,48	0,58	1,23	1,43
	14	3,37	0,61	0,36	0,46	0,99	1,08
	12	3,15	0,59	0,33	0,37	0,77	0,89
	10	2,16	0,35	0,33	0,35	0,49	0,65



Tabla 14-14: Tensiones en las Espías de Amarre Nave 245 m de Eslora – Caso A (Situación Base)

Oleaje Según Tabla (ángulo incidencia 292,5°) Viento 25 nudos (perpendicular a la nave hacia el sitio) Corriente 0,3 nudos (perpendicular a la nave hacia el sitio)								
Hs (m)	Tp (seg)	Tensión Máxima Espías de Amarre (Ton)						
		Largo Popa 1	Largo Popa 2	Spring Bita 1	Spring Bita 2	Travez	Largo Proa 1	Largo Proa 2
0,5	20	30,76	36,29	38,85	30,23	14,00	39,20	33,18
1,0	22	75,92	97,10	97,39	97,35	47,05	108,50	73,41
	20	49,57	88,05	116,30	110,73	56,21	110,97	64,93
	18	46,68	65,87	91,94	72,82	36,85	86,59	54,84
	16	37,14	51,69	75,02	53,59	27,49	66,42	40,96
	14	30,41	35,35	49,51	41,50	20,29	42,69	29,00
1,4	22	94,72	158,58	154,22	168,07	82,12	161,47	104,09
	20	83,03	157,65	195,07	165,36	83,74	184,33	98,00
	18	83,14	129,53	177,66	122,28	63,26	158,20	89,44
	16	61,27	83,61	144,51	100,61	52,91	121,08	60,65
	14	44,19	67,00	102,41	85,64	43,04	82,77	46,96
	12	39,28	58,21	101,31	71,30	36,88	72,21	36,54
	10	33,00	45,78	68,40	57,10	28,48	56,73	34,40



Tabla 14-15: Reacciones en las Defensas Nave 245 m de Eslora – Caso A (Situación Base)

Oleaje Según Tabla (ángulo incidencia 292,5°) Viento 25 nudos (perpendicular a la nave hacia el sitio) Corriente 0,3 nudos (perpendicular a la nave hacia el sitio)							
Hs (m)	Tp (seg)	Reacción Máxima en Defensas (Ton)					
		Def. 1	Def. 2	Def. 3	Def. 4	Def. 5	Def. 6
0,5	20	39,31	25,96	13,36	11,59	17,73	41,29
1,0	22	87,38	82,76	53,50	33,75	52,42	87,50
	20	87,46	87,45	56,99	19,54	55,15	87,47
	18	87,24	72,79	28,89	15,37	35,72	87,50
	16	84,53	62,29	25,09	14,86	29,62	85,41
	14	49,67	31,57	17,29	11,73	23,47	79,66
1,4	22	87,49	87,43	87,37	47,46	86,64	87,50
	20	89,13	87,44	87,41	49,37	81,06	108,30
	18	87,50	87,48	72,74	22,65	64,70	109,50
	16	87,48	87,47	39,50	23,09	60,70	91,80
	14	87,39	80,13	31,81	15,47	32,36	87,49
	12	86,66	65,12	31,36	18,28	33,33	87,45
	10	80,24	50,14	23,22	15,72	30,72	87,28



Tabla 14-16: Movimientos del C.G. Nave 245 m Eslora – Caso B (Situación Base)

Hs (m)	Tp (seg)	Movimientos del C.G. de la Nave					
		Vaivén (m)	Deriva (m)	Alteada (m)	Balance (°)	Cabeceo (°)	Guiñada (°)
0,5	20	0,89	0,09	0,24	0,36	0,46	0,21
	22	2,64	0,28	0,56	1,19	0,88	0,68
	20	2,30	0,24	0,48	0,58	0,92	0,53
	18	2,63	0,11	0,43	0,42	0,94	0,48
1,0	16	1,81	0,08	0,34	0,31	0,87	0,28
	22	4,24	0,34	0,79	1,62	1,23	0,98
	20	4,92	0,41	0,67	0,86	1,30	1,23
	18	5,28	0,36	0,60	0,54	1,32	1,17
	16	3,85	0,27	0,47	0,43	1,22	0,77
1,4	14	2,02	0,08	0,37	0,28	0,98	0,28



Tabla 14-17: Tensiones en las Espías de Amarre Nave 245 m de Eslora – Caso B (Situación Base)

		Tensión Máxima Espías de Amarre (Ton)						
Hs (m)	Tp (seg)	Largo Popa 1	Largo Popa 2	Spring Bita 1	Spring Bita 2	Travez	Largo Proa 1	Largo Proa 2
Oleaje Según Tabla (ángulo incidencia 292,5°)								
Viento 25 nudos (perpendicular a la nave contra el sitio)								
Corriente 0,3 nudos (perpendicular a la nave contra el sitio)								
0,5	20	27,36	32,94	31,83	26,62	12,54	35,02	32,11
1,0	22	60,74	89,81	61,35	59,58	25,17	72,32	68,78
	20	43,51	65,72	60,29	54,28	24,41	66,24	48,85
	18	32,65	46,64	66,74	46,31	22,46	73,04	51,04
	16	26,89	36,48	48,17	39,72	18,82	52,36	38,90
1,4	22	77,62	132,28	100,09	95,96	39,87	117,38	91,76
	20	60,51	125,24	125,95	123,73	60,41	128,71	77,65
	18	51,04	106,40	151,92	124,98	62,14	140,84	74,95
	16	39,13	70,03	107,19	82,25	38,83	98,58	56,83
	14	30,49	47,45	53,89	50,93	23,96	55,58	38,11



Tabla 14-18: Reacciones en las Defensas Nave 245 m de Eslora – Caso B (Situación Base)

Hs (m)	Tp (seg)	Reacción Máxima en Defensas (Ton)						
		Def. 1	Def. 2	Def. 3	Def. 4	Def. 5	Def. 6	
0,5	20	52,90	42,45	30,22	21,52	35,48	70,13	
	1,0	22	87,19	74,44	39,47	43,73	83,77	87,50
		20	80,19	59,60	37,02	40,51	65,44	87,49
		18	78,01	58,08	32,78	32,23	60,16	87,34
1,4	16	58,70	44,09	28,04	21,71	35,80	64,60	
	22	87,49	87,49	59,66	61,44	87,49	99,56	
	20	87,43	87,46	87,49	77,99	87,47	106,36	
	18	87,49	87,49	87,46	56,34	87,45	107,64	
	16	87,43	80,65	48,14	48,42	72,07	87,49	
	14	57,56	43,50	27,08	23,62	42,04	80,38	



Tabla 14-19: Movimientos del C.G. Nave 235 m Eslora – Caso A (Situación Optimizada – Espías 12”)

Oleaje	Según Tabla	(ángulo incidencia 292,5°)
Viento	25 nudos	(perpendicular a la nave hacia el sitio)
Corriente	0,3 nudos	(perpendicular a la nave hacia el sitio)

Hs (m)	Tp (seg)	Movimientos del C.G. de la Nave					
		Vaivén (m)	Deriva (m)	Alteada (m)	Balance (°)	Cabeceo (°)	Guiñada (°)
0,5	20	1,16	0,13	0,32	0,64	0,57	0,51
1,0	22	2,94	0,49	0,69	1,89	1,03	1,44
	20	2,56	0,43	0,62	1,22	1,15	1,11
	18	2,37	0,29	0,59	0,82	1,19	0,80
	16	1,93	0,18	0,53	0,54	1,14	0,50
1,4	22	4,14	0,74	0,98	2,85	1,45	2,01
	20	3,98	0,68	0,87	1,83	1,61	1,39
	18	3,93	0,61	0,82	1,06	1,67	1,17
	16	3,34	0,46	0,73	0,69	1,60	0,91
	14	2,03	0,28	0,58	0,44	1,37	0,56



Tabla 14-20: Tensiones en las Espías de Amarre Nave 235 m de Eslora – Caso A (Situación Optimizada – Espías 12”)

Oleaje	Según Tabla	(ángulo incidencia 292,5°)
Viento	25 nudos	(perpendicular a la nave hacia el sitio)
Corriente	0,3 nudos	(perpendicular a la nave hacia el sitio)

Hs (m)	Tp (seg)	Tensión Máxima Espías de Amarre (Ton)						
		Largo Popa 1	Largo Popa 2	Spring Bita 1	Spring Bita 2	Travez	Largo Proa 1	Largo Proa 2
0,5	20	61,47	72,38	54,62	43,67	20,05	58,09	56,27
1,0	22	151,23	187,84	113,53	81,36	40,56	138,67	153,00
	20	113,80	131,69	93,54	77,42	35,74	108,91	103,52
	18	69,49	86,27	92,34	75,90	34,84	95,85	81,24
	16	49,86	59,16	76,21	58,29	26,10	73,54	59,22
1,4	22	211,80	249,99	148,67	130,81	51,16	200,34	199,98
	20	145,24	166,04	161,46	120,17	53,42	150,73	144,02
	18	91,38	115,86	169,36	132,32	59,50	150,40	112,23
	16	62,67	104,95	135,76	122,85	57,11	113,14	77,01
	14	47,40	58,71	92,47	74,10	35,43	75,65	54,53



Tabla 14-21: Reacciones en las Defensas Nave 235 m de Eslora – Caso A (Situación Optimizada – Espías 12'')

Oleaje	Según Tabla	(ángulo incidencia 292,5°)
Viento	25 nudos	(perpendicular a la nave hacia el sitio)
Corriente	0,3 nudos	(perpendicular a la nave hacia el sitio)

Hs (m)	Tp (seg)	Reacción Máxima en Defensas (Ton)					
		Def. 1	Def. 2	Def. 3	Def. 4	Def. 5	Def. 6
0,5	20	58,01	35,07	16,32	17,80	42,03	86,22
1,0	22	87,49	80,67	31,07	52,04	87,49	117,66
	20	85,88	64,06	34,02	41,67	83,14	87,50
	18	80,60	54,44	31,72	29,16	54,75	87,49
	16	63,30	41,77	25,46	20,79	31,30	81,22
1,4	22	87,50	87,47	60,46	86,43	87,50	165,67
	20	87,50	86,86	60,31	66,97	87,49	101,32
	18	87,50	80,82	57,98	44,42	86,70	87,50
	16	87,45	69,17	32,10	33,62	80,04	87,50
	14	79,09	52,73	27,56	17,63	44,22	87,34



Tabla 14-22: Movimientos del C.G. Nave 235 m Eslora – Caso B (Situación Optimizada – Espías 12”)

Oleaje	Según Tabla	(ángulo incidencia 292,5°)
Viento	25 nudos	(perpendicular a la nave contra el sitio)
Corriente	0,3 nudos	(perpendicular a la nave contra el sitio)

Hs (m)	Tp (seg)	Movimientos del C.G. de la Nave					
		Vaivén (m)	Deriva (m)	Alteada (m)	Balance (°)	Cabeceo (°)	Guiñada (°)
0,5	20	1,06	0,10	0,32	0,57	0,57	0,37
1,0	22	2,50	0,26	0,69	1,67	1,03	1,40
	20	2,20	0,18	0,62	1,29	1,14	0,96
	18	2,13	0,13	0,59	0,94	1,18	0,60
	16	1,68	0,11	0,53	0,52	1,14	0,39
1,4	22	3,60	0,46	0,98	2,41	1,44	1,76
	20	3,41	0,30	0,87	1,62	1,60	1,27
	18	3,48	0,22	0,82	1,25	1,66	1,08
	16	2,92	0,12	0,73	0,73	1,59	0,64
	14	1,55	0,09	0,59	0,39	1,38	0,29



Tabla 14-23: Tensiones en las Espías de Amarre Nave 235 m de Eslora – Caso B (Situación Optimizada – Espías 12”)

Oleaje	Según Tabla	(ángulo incidencia 292,5°)
Viento	25 nudos	(perpendicular a la nave contra el sitio)
Corriente	0,3 nudos	(perpendicular a la nave contra el sitio)

Hs (m)	Tp (seg)	Tensión Máxima Espías de Amarre (Ton)						
		Largo Popa 1	Largo Popa 2	Spring Bita 1	Spring Bita 2	Travez	Largo Proa 1	Largo Proa 2
0,5	20	44,11	49,52	53,45	42,55	20,27	49,69	48,05
1,0	22	152,27	184,10	103,91	86,91	41,41	128,19	154,53
	20	94,07	120,73	89,39	71,12	32,16	108,97	112,07
	18	68,87	81,30	76,90	68,32	30,81	89,52	84,07
	16	46,75	54,14	68,44	50,14	22,66	68,60	59,19
1,4	22	182,93	242,90	140,35	121,52	56,41	178,42	195,07
	20	131,51	159,49	125,32	107,41	48,20	142,44	144,41
	18	91,87	123,37	131,66	105,69	47,82	142,51	119,76
	16	55,64	80,80	116,31	80,10	35,95	108,92	87,08
	14	41,63	58,01	68,77	63,80	29,30	66,95	55,55



Tabla 14-24: Reacciones en las Defensas Nave 235 m de Eslora – Caso B (Situación Optimizada – Espías 12'')

Oleaje	Según Tabla	(ángulo incidencia 292,5°)
Viento	25 nudos	(perpendicular a la nave contra el sitio)
Corriente	0,3 nudos	(perpendicular a la nave contra el sitio)

Hs (m)	Tp (seg)	Reacción Máxima en Defensas (Ton)					
		Def. 1	Def. 2	Def. 3	Def. 4	Def. 5	Def. 6
0,5	20	73,10	57,01	35,68	33,99	58,90	87,45
1,0	22	87,50	87,47	64,57	77,81	87,50	145,08
	20	87,48	77,86	42,06	51,78	87,49	91,63
	18	85,66	73,37	42,43	40,89	72,68	87,49
	16	76,37	58,64	35,67	30,03	53,63	87,44
1,4	22	87,50	87,50	85,90	87,24	87,50	174,07
	20	87,50	87,49	61,62	72,05	87,49	126,67
	18	87,48	86,87	55,88	49,00	86,24	87,50
	16	86,24	72,24	45,20	33,24	68,33	87,50
	14	64,09	49,71	32,04	27,31	48,14	84,39



Tabla 14-25: Movimientos del C.G. Nave 235 m Eslora – Caso C (Situación Optimizada – Espías 12”)

Oleaje	Según Tabla	(ángulo incidencia 270°)
Viento	25 nudos	(perpendicular a la nave hacia el sitio)
Corriente	0,3 nudos	(perpendicular a la nave hacia el sitio)

Hs (m)	Tp (seg)	Movimientos del C.G. de la Nave					
		Vaivén (m)	Deriva (m)	Alteada (m)	Balance (°)	Cabeceo (°)	Guiñada (°)
0,5	20	2,33	1,86	0,37	1,31	0,59	1,19
	18	1,80	1,10	0,36	1,15	0,60	0,99
	16	1,29	0,84	0,33	0,79	0,59	0,79
	14	0,76	0,45	0,27	0,67	0,51	0,59
1,0	22	5,42	3,71	0,75	4,25	0,98	3,08
	20	5,04	2,88	0,72	3,33	1,15	2,92
	18	3,66	2,05	0,70	2,49	1,19	2,13
	16	2,81	1,73	0,64	1,46	1,16	1,79
	14	1,45	1,14	0,53	1,17	1,02	1,36
	12	1,01	0,69	0,40	1,18	1,00	1,22
	10	0,86	0,32	0,27	1,01	0,78	0,80
1,4	22	7,18	5,28	1,05	6,05	1,37	4,03
	20	5,92	3,41	1,00	4,95	1,58	4,10
	18	4,64	2,73	0,97	4,00	1,67	3,38
	16	3,98	2,38	0,88	2,05	1,63	2,44
	14	2,69	1,75	0,73	1,63	1,41	1,76
	12	1,97	1,26	0,56	1,72	1,39	1,58
	10	1,43	0,71	0,37	1,44	1,08	1,16
	8	0,54	0,20	0,15	0,91	0,43	0,47



Tabla 14-26: Tensiones en las Espías de Amarre Nave 235 m de Eslora – Caso C (Situación Optimizada – Espías 12”)

Oleaje	Según Tabla	(ángulo incidencia 270°)
Viento	25 nudos	(perpendicular a la nave hacia el sitio)
Corriente	0,3 nudos	(perpendicular a la nave hacia el sitio)

Hs (m)	Tp (seg)	Tensión Máxima Espías de Amarre (Ton)						
		Largo Popa 1	Largo Popa 2	Spring Bita 1	Spring Bita 2	Travez	Largo Proa 1	Largo Proa 2
0,5	20	122,13	134,62	100,55	72,13	34,20	126,42	126,40
	18	100,98	108,14	77,24	54,84	31,56	89,85	95,72
	16	80,96	88,79	58,21	43,78	23,95	69,54	72,33
	14	53,02	54,62	47,88	34,11	18,24	46,93	49,57
1,0	22	294,76	363,82	285,90	174,90	81,46	308,04	319,18
	20	241,61	269,22	248,30	95,04	56,22	265,00	244,13
	18	182,26	208,56	156,88	91,70	50,84	159,46	176,62
	16	128,67	133,17	113,27	87,85	44,52	126,43	123,70
	14	109,38	108,35	77,66	49,31	29,76	85,23	100,46
	12	93,92	88,45	70,72	52,94	29,67	54,74	82,88
	10	59,04	54,03	59,98	43,34	21,50	43,14	45,34
1,4	22	412,27	489,59	382,14	253,90	99,39	402,45	447,17
	20	336,97	376,40	270,47	144,77	72,23	325,63	325,17
	18	250,34	300,20	218,69	152,66	89,91	212,59	254,77
	16	199,78	201,45	182,72	138,62	71,20	145,99	204,79
	14	147,56	154,18	120,71	87,82	54,71	102,94	145,61
	12	113,21	103,64	110,10	94,34	54,76	67,16	124,60
	10	85,50	76,34	85,71	67,35	35,86	54,64	71,18
	8	49,18	51,67	41,16	32,28	15,86	35,44	35,81



Tabla 14-27: Reacciones en las Defensas Nave 235 m de Eslora – Caso C (Situación Optimizada – Espías 12'')

Oleaje Según Tabla (ángulo incidencia 270°) Viento 25 nudos (perpendicular a la nave hacia el sitio) Corriente 0,3 nudos (perpendicular a la nave hacia el sitio)							
Hs (m)	Tp (seg)	Reacción Máxima en Defensas (Ton)					
		Def. 1	Def. 2	Def. 3	Def. 4	Def. 5	Def. 6
0,5	20	87,50	87,50	87,48	87,48	87,50	102,23
	18	87,50	87,41	83,48	80,05	87,06	87,50
	16	87,45	85,77	78,97	67,04	64,20	87,48
	14	82,60	69,55	55,99	55,29	57,10	84,53
1,0	22	182,86	174,17	178,48	190,51	225,03	339,74
	20	179,15	167,86	161,71	165,43	186,71	273,42
	18	154,14	128,84	105,22	94,95	102,51	165,81
	16	106,38	88,24	87,47	87,36	87,48	99,38
	14	87,49	87,43	87,09	82,21	87,39	87,50
	12	87,49	87,18	62,70	60,50	82,05	87,50
	10	81,91	53,23	36,77	35,39	66,53	87,13
1,4	22	258,20	254,22	258,70	275,81	325,06	472,19
	20	250,87	224,97	203,77	197,45	213,72	359,87
	18	241,40	207,81	176,72	161,48	166,39	257,13
	16	141,63	120,58	97,42	87,49	98,91	162,02
	14	107,57	87,50	87,50	87,44	87,48	103,06
	12	87,49	87,50	87,38	82,08	87,48	90,45
	10	87,47	81,14	65,08	54,95	81,49	87,50
	8	56,86	49,51	45,56	42,23	54,66	80,56



Tabla 14-28: Movimientos del C.G. Nave 235 m Eslora – Caso D (Situación Optimizada – Espías 12”)

Oleaje	Según Tabla	(ángulo incidencia 270°)
Viento	25 nudos	(perpendicular a la nave contra el sitio)
Corriente	0,3 nudos	(perpendicular a la nave contra el sitio)

Hs (m)	Tp (seg)	Movimientos del C.G. de la Nave					
		Vaivén (m)	Deriva (m)	Alteada (m)	Balance (°)	Cabeceo (°)	Guiñada (°)
0,5	20	2,33	1,86	0,37	1,31	0,59	1,19
	18	1,80	1,10	0,36	1,15	0,60	0,99
	16	1,29	0,84	0,33	0,79	0,59	0,79
	14	0,76	0,45	0,27	0,67	0,51	0,59
1,0	22	5,42	3,71	0,75	4,25	0,98	3,08
	20	5,04	2,88	0,72	3,33	1,15	2,92
	18	3,66	2,05	0,70	2,49	1,19	2,13
	16	2,81	1,73	0,64	1,46	1,16	1,79
	14	1,45	1,14	0,53	1,17	1,02	1,36
	12	1,01	0,69	0,40	1,18	1,00	1,22
	10	0,86	0,32	0,27	1,01	0,78	0,80
1,4	22	7,18	5,28	1,05	6,05	1,37	4,03
	20	5,92	3,41	1,00	4,95	1,58	4,10
	18	4,64	2,73	0,97	4,00	1,67	3,38
	16	3,98	2,38	0,88	2,05	1,63	2,44
	14	2,69	1,75	0,73	1,63	1,41	1,76
	12	1,97	1,26	0,56	1,72	1,39	1,58
	10	1,43	0,71	0,37	1,44	1,08	1,16
	8	0,54	0,20	0,15	0,91	0,43	0,47



Tabla 14-29: Tensiones en las Espías de Amarre Nave 235 m de Eslora – Caso D (Situación Optimizada – Espías 12”)

Oleaje	Según Tabla	(ángulo incidencia 270°)
Viento	25 nudos	(perpendicular a la nave contra el sitio)
Corriente	0,3 nudos	(perpendicular a la nave contra el sitio)

Hs (m)	Tp (seg)	Tensión Máxima Espías de Amarre (Ton)						
		Largo Popa 1	Largo Popa 2	Spring Bita 1	Spring Bita 2	Travez	Largo Proa 1	Largo Proa 2
0,5	20	122,13	134,62	100,55	72,13	34,20	126,42	126,40
	18	100,98	108,14	77,24	54,84	31,56	89,85	95,72
	16	80,96	88,79	58,21	43,78	23,95	69,54	72,33
	14	53,02	54,62	47,88	34,11	18,24	46,93	49,57
1,0	22	294,76	363,82	285,90	174,90	81,46	308,04	319,18
	20	241,61	269,22	248,30	95,04	56,22	265,00	244,13
	18	182,26	208,56	156,88	91,70	50,84	159,46	176,62
	16	128,67	133,17	113,27	87,85	44,52	126,43	123,70
	14	109,38	108,35	77,66	49,31	29,76	85,23	100,46
	12	93,92	88,45	70,72	52,94	29,67	54,74	82,88
	10	59,04	54,03	59,98	43,34	21,50	43,14	45,34
1,4	22	412,27	489,59	382,14	253,90	99,39	402,45	447,17
	20	336,97	376,40	270,47	144,77	72,23	325,63	325,17
	18	250,34	300,20	218,69	152,66	89,91	212,59	254,77
	16	199,78	201,45	182,72	138,62	71,20	145,99	204,79
	14	147,56	154,18	120,71	87,82	54,71	102,94	145,61
	12	113,21	103,64	110,10	94,34	54,76	67,16	124,60
	10	85,50	76,34	85,71	67,35	35,86	54,64	71,18
	8	49,18	51,67	41,16	32,28	15,86	35,44	35,81



Tabla 14-30: Reacciones en las Defensas Nave 235 m de Eslora – Caso D (Situación Optimizada – Espías 12'')

Oleaje Según Tabla (ángulo incidencia 270°) Viento 25 nudos (perpendicular a la nave contra el sitio) Corriente 0,3 nudos (perpendicular a la nave contra el sitio)							
Hs (m)	Tp (seg)	Reacción Máxima en Defensas (Ton)					
		Def. 1	Def. 2	Def. 3	Def. 4	Def. 5	Def. 6
0,5	20	87,50	87,50	87,48	87,48	87,50	102,23
	18	87,50	87,41	83,48	80,05	87,06	87,50
	16	87,45	85,77	78,97	67,04	64,20	87,48
	14	82,60	69,55	55,99	55,29	57,10	84,53
1,0	22	182,86	174,17	178,48	190,51	225,03	339,74
	20	179,15	167,86	161,71	165,43	186,71	273,42
	18	154,14	128,84	105,22	94,95	102,51	165,81
	16	106,38	88,24	87,47	87,36	87,48	99,38
	14	87,49	87,43	87,09	82,21	87,39	87,50
	12	87,49	87,18	62,70	60,50	82,05	87,50
	10	81,91	53,23	36,77	35,39	66,53	87,13
1,4	22	258,20	254,22	258,70	275,81	325,06	472,19
	20	250,87	224,97	203,77	197,45	213,72	359,87
	18	241,40	207,81	176,72	161,48	166,39	257,13
	16	141,63	120,58	97,42	87,49	98,91	162,02
	14	107,57	87,50	87,50	87,44	87,48	103,06
	12	87,49	87,50	87,38	82,08	87,48	90,45
	10	87,47	81,14	65,08	54,95	81,49	87,50
	8	56,86	49,51	45,56	42,23	54,66	80,56



Tabla 14-31: Movimientos del C.G. Nave 235 m Eslora – Caso A (Situación Optimizada - Espías 12" + 3 Espías en cada Spring)

Oleaje	Según Tabla	(ángulo incidencia 292,5°)
Viento	25 nudos	(perpendicular a la nave hacia el sitio)
Corriente	0,3 nudos	(perpendicular a la nave hacia el sitio)

Hs (m)	Tp (seg)	Movimientos del C.G. de la Nave					
		Vaivén (m)	Deriva (m)	Alteada (m)	Balance (°)	Cabeceo (°)	Guiñada (°)
0,5	20	1,26	0,15	0,32	0,63	0,57	0,48
1,0	22	3,10	0,48	0,69	1,85	1,03	1,58
	20	2,27	0,33	0,62	1,26	1,15	1,09
	18	2,15	0,25	0,59	0,86	1,19	0,71
	16	1,65	0,15	0,53	0,52	1,15	0,41
1,4	22	4,20	0,69	0,98	2,87	1,45	2,15
	20	3,33	0,52	0,87	1,76	1,61	1,39
	18	3,36	0,47	0,82	1,16	1,67	1,07
	16	2,63	0,36	0,73	0,70	1,61	0,69
	14	1,72	0,19	0,58	0,40	1,38	0,45



Tabla 14-32: Tensiones en las Espías de Amarre Nave 235 m de Eslora – Caso A (Situación Optimizada – Espías 12” + 3 Espías en cada Spring)

Oleaje		Según Tabla (ángulo incidencia 292,5°)						
Viento		25 nudos (perpendicular a la nave hacia el sitio)						
Corriente		0,3 nudos (perpendicular a la nave hacia el sitio)						
Hs (m)	Tp (seg)	Tensión Máxima Espías de Amarre (Ton)						
		Largo Popa 1	Largo Popa 2	Spring Bita 1	Spring Bita 2	Travez	Largo Proa 1	Largo Proa 2
0,5	20	60,56	71,91	89,79	67,97	20,91	58,48	55,93
1,0	22	155,16	196,93	203,27	151,13	47,55	145,08	157,69
	20	113,65	136,85	141,52	121,45	36,91	105,08	106,31
	18	80,19	106,49	137,67	105,58	30,09	86,90	80,40
	16	50,37	58,17	102,89	77,41	23,96	66,29	57,21
1,4	22	205,22	256,66	259,23	195,86	61,48	207,03	210,31
	20	143,07	173,42	202,07	168,89	50,44	137,85	145,38
	18	94,29	135,48	202,54	183,54	53,51	131,32	113,66
	16	62,87	82,59	161,46	125,88	38,61	96,76	79,51
	14	46,21	59,38	124,76	101,53	31,54	62,74	51,10



Tabla 14-33: Reacciones en las Defensas Nave 235 m de Eslora – Caso A (Situación Optimizada – Espías 12” + 3 Espías en cada Spring)

Oleaje		Según Tabla (ángulo incidencia 292,5°)					
Viento		25 nudos (perpendicular a la nave hacia el sitio)					
Corriente		0,3 nudos (perpendicular a la nave hacia el sitio)					
Hs (m)	Tp (seg)	Reacción Máxima en Defensas (Ton)					
		Def. 1	Def. 2	Def. 3	Def. 4	Def. 5	Def. 6
0,5	20	59,06	35,16	16,62	21,05	45,49	85,72
1,0	22	87,49	67,93	27,31	54,90	87,49	124,52
	20	85,55	50,19	23,82	37,54	83,57	87,50
	18	79,58	49,58	25,93	29,24	54,34	87,49
	16	57,33	36,55	21,18	17,92	33,64	81,88
1,4	22	87,50	87,47	48,82	78,94	87,50	177,32
	20	87,50	77,64	39,37	51,38	87,48	103,99
	18	87,49	74,42	41,64	35,98	76,39	87,49
	16	82,64	61,77	32,89	29,79	51,81	87,42
	14	69,17	46,95	18,91	20,95	38,43	87,48



Tabla 14-34: Movimientos del C.G. Nave 235 m Eslora – Caso B (Situación Optimizada - Espías 12” + 3 Espías en cada Spring)

Oleaje	Según Tabla	(ángulo incidencia 292,5°)
Viento	25 nudos	(perpendicular a la nave contra el sitio)
Corriente	0,3 nudos	(perpendicular a la nave contra el sitio)

Hs (m)	Tp (seg)	Movimientos del C.G. de la Nave					
		Vaivén (m)	Deriva (m)	Alteada (m)	Balance (°)	Cabeceo (°)	Guiñada (°)
0,5	20	1,12	0,10	0,32	0,51	0,58	0,35
1,0	22	2,92	0,27	0,69	1,60	1,03	1,49
	20	2,32	0,16	0,62	1,30	1,14	0,98
	18	2,02	0,12	0,59	0,87	1,18	0,57
	16	1,53	0,11	0,53	0,45	1,15	0,32
1,4	22	3,99	0,42	0,98	2,28	1,44	1,93
	20	3,04	0,27	0,87	1,64	1,61	1,23
	18	3,21	0,19	0,82	1,24	1,66	0,93
	16	2,59	0,13	0,73	0,67	1,60	0,47
	14	1,46	0,09	0,59	0,32	1,38	0,23



Tabla 14-35: Tensiones en las Espías de Amarre Nave 235 m de Eslora – Caso B (Situación Optimizada – Espías 12” + 3 Espías en cada Spring)

Oleaje	Según Tabla	(ángulo incidencia 292,5°)
Viento	25 nudos	(perpendicular a la nave contra el sitio)
Corriente	0,3 nudos	(perpendicular a la nave contra el sitio)

Hs (m)	Tp (seg)	Tensión Máxima Espías de Amarre (Ton)						
		Largo Popa 1	Largo Popa 2	Spring Bita 1	Spring Bita 2	Travez	Largo Proa 1	Largo Proa 2
0,5	20	42,16	48,66	84,08	72,68	22,85	49,66	46,47
1,0	22	153,37	186,48	185,12	153,63	47,64	132,42	156,96
	20	95,53	125,46	152,56	112,11	33,53	99,34	107,05
	18	65,33	76,94	126,47	96,94	28,76	85,89	81,96
	16	45,39	51,99	95,62	69,99	21,57	63,74	55,77
1,4	22	187,97	248,66	258,95	215,65	65,85	185,99	204,83
	20	130,70	157,41	196,33	158,81	46,72	132,96	141,30
	18	90,09	128,39	185,69	143,89	42,15	127,18	107,18
	16	57,21	77,87	161,74	107,57	32,14	97,63	82,33
	14	41,10	56,64	98,65	90,36	27,50	60,51	51,99



Tabla 14-36: Reacciones en las Defensas Nave 235 m de Eslora – Caso B (Situación Optimizada – Espías 12” + 3 Espías en cada Spring)

Oleaje		Según Tabla (ángulo incidencia 292,5°)					
Viento		25 nudos (perpendicular a la nave contra el sitio)					
Corriente		0,3 nudos (perpendicular a la nave contra el sitio)					
Hs (m)	Tp (seg)	Reacción Máxima en Defensas (Ton)					
		Def. 1	Def. 2	Def. 3	Def. 4	Def. 5	Def. 6
0,5	20	71,96	56,22	35,79	32,50	54,65	87,42
1,0	22	87,50	87,48	69,59	79,25	87,50	147,05
	20	87,50	75,46	42,13	52,92	87,47	93,47
	18	84,30	67,13	39,54	40,45	70,93	87,49
	16	70,39	55,28	35,59	28,95	50,94	86,90
1,4	22	87,50	87,49	87,48	87,47	87,50	182,77
	20	87,50	87,48	58,74	72,67	87,49	122,17
	18	87,39	85,33	51,76	48,38	84,13	87,50
	16	82,62	67,15	42,05	34,59	69,18	87,50
	14	58,25	45,83	31,53	26,28	43,25	81,76



Tabla 14-37: Movimientos del C.G. Nave 235 m Eslora – Caso C (Situación optimizada - Espías 12" + 3 Espías en cada Spring)

Oleaje		Según Tabla (ángulo incidencia 270°)					
Viento		25 nudos (perpendicular a la nave hacia el sitio)					
Corriente		0,3 nudos (perpendicular a la nave hacia el sitio)					
Hs (m)	Tp (seg)	Movimientos del C.G. de la Nave					
		Vaivén (m)	Deriva (m)	Alteada (m)	Balance (°)	Cabeceo (°)	Guiñada (°)
0,5	20	2,40	1,79	0,37	1,31	0,58	1,08
	18	2,09	1,31	0,36	1,11	0,58	0,91
	16	1,43	0,88	0,33	0,82	0,59	0,77
	14	0,74	0,46	0,27	0,66	0,51	0,63
1,0	22	5,06	3,36	0,75	4,19	0,99	3,13
	20	4,14	2,48	0,72	3,28	1,15	2,83
	18	3,49	1,91	0,69	2,39	1,20	2,01
	16	2,80	1,60	0,64	1,46	1,17	1,56
	14	1,41	1,04	0,53	1,18	1,02	1,20
	12	1,00	0,63	0,40	1,12	1,00	1,15
	10	0,64	0,28	0,27	0,96	0,78	0,79
1,4	22	6,05	3,92	1,04	5,92	1,38	3,66
	20	6,33	3,48	0,99	4,99	1,60	4,03
	18	4,71	2,97	0,97	3,48	1,68	3,19
	16	3,61	2,25	0,88	1,92	1,63	2,38
	14	2,22	1,96	0,74	1,66	1,43	1,74
	12	1,75	1,18	0,56	1,61	1,39	1,46
	10	1,06	0,66	0,37	1,36	1,08	1,13
	8	0,42	0,20	0,15	0,86	0,43	0,45



Tabla 14-38: Tensiones en las Espías de Amarre Nave 235 m de Eslora – Caso C (Situación Optimizada – Espías 12” + 3 Espías en cada Spring)

Oleaje	Según Tabla	(ángulo incidencia 270°)
Viento	25 nudos	(perpendicular a la nave hacia el sitio)
Corriente	0,3 nudos	(perpendicular a la nave hacia el sitio)

Hs (m)	Tp (seg)	Tensión Máxima Espías de Amarre (Ton)						
		Largo Popa 1	Largo Popa 2	Spring Bita 1	Spring Bita 2	Travez	Largo Proa 1	Largo Proa 2
0,5	20	125,91	141,05	148,63	112,32	33,78	130,26	130,68
	18	102,86	112,46	133,95	81,84	32,79	100,20	96,53
	16	80,15	88,12	103,28	66,61	25,20	72,56	73,79
	14	53,13	55,23	70,83	50,06	18,14	45,08	48,79
1,0	22	298,23	346,74	308,10	273,42	76,87	267,82	293,68
	20	236,46	261,13	290,56	172,21	55,01	213,02	204,90
	18	174,08	196,23	231,92	136,41	46,95	155,48	164,70
	16	125,12	136,37	175,94	105,41	42,80	130,15	143,65
	14	107,97	105,32	100,51	70,79	27,90	75,52	95,32
	12	95,11	90,60	99,49	69,04	27,66	52,91	78,15
	10	59,17	54,77	79,86	59,30	20,64	39,11	42,24
1,4	22	415,52	482,39	371,39	350,12	106,61	329,11	378,13
	20	338,04	416,84	479,53	298,98	92,43	347,31	340,09
	18	265,21	321,85	323,85	174,69	65,84	251,86	263,88
	16	181,12	196,64	243,83	148,63	59,39	152,06	173,52
	14	141,19	144,82	158,79	117,85	48,25	125,88	142,24
	12	112,03	106,26	141,27	114,96	44,63	67,25	125,91
	10	87,55	81,71	114,81	87,37	31,44	49,16	70,84
	8	48,68	50,82	59,74	47,46	16,19	34,67	35,31



Tabla 14-39: Reacciones en las Defensas Nave 235 m de Eslora – Caso C (Situación Optimizada – Espías 12” + 3 Espías en cada Spring)

Oleaje Según Tabla (ángulo incidencia 270°) Viento 25 nudos (perpendicular a la nave hacia el sitio) Corriente 0,3 nudos (perpendicular a la nave hacia el sitio)							
Hs (m)	Tp (seg)	Reacción Máxima en Defensas (Ton)					
		Def. 1	Def. 2	Def. 3	Def. 4	Def. 5	Def. 6
0,5	20	87,50	87,50	87,49	87,47	87,49	96,53
	18	87,49	87,40	87,47	84,63	87,43	87,50
	16	87,46	85,63	80,49	74,99	81,86	87,47
	14	81,44	68,55	57,87	57,51	58,91	84,63
1,0	22	156,92	159,01	166,62	179,41	206,89	289,48
	20	153,55	138,28	126,54	124,52	143,55	236,10
	18	146,40	125,12	105,82	103,90	120,08	198,76
	16	109,99	96,29	87,48	87,50	89,46	163,93
	14	87,49	87,47	87,38	80,34	87,29	87,50
	12	87,50	82,94	62,73	60,61	83,12	87,49
	10	81,75	52,90	37,00	37,45	61,40	87,48
1,4	22	213,56	186,57	191,59	204,30	232,70	369,46
	20	246,79	232,68	223,81	226,35	250,34	367,00
	18	230,96	207,79	188,49	182,33	195,63	298,62
	16	158,82	127,39	109,76	113,50	132,35	198,02
	14	104,62	87,50	87,46	87,48	87,49	98,32
	12	87,49	87,47	87,13	85,05	87,47	94,54
	10	87,46	78,40	55,77	53,74	80,43	87,50
	8	58,33	51,12	46,16	44,73	53,46	80,04



Tabla 14-40: Movimientos del C.G. Nave 235 m Eslora – Caso D (Situación optimizada - Espías 12" + 3 Espías en cada Spring)

Oleaje Según Tabla (ángulo incidencia 270°) Viento 25 nudos (perpendicular a la nave contra el sitio) Corriente 0,3 nudos (perpendicular a la nave contra el sitio)							
Hs (m)	Tp (seg)	Movimientos del C.G. de la Nave					
		Vaivén (m)	Deriva (m)	Alteada (m)	Balance (°)	Cabeceo (°)	Guiñada (°)
0,5	20	2,07	1,22	0,37	1,26	0,57	1,07
	18	1,35	0,83	0,36	1,19	0,58	0,95
	16	1,15	0,64	0,33	0,84	0,57	0,80
	14	0,57	0,43	0,27	0,57	0,49	0,57
1,0	22	5,02	2,27	0,73	3,59	0,98	2,46
	20	4,58	1,99	0,73	2,51	1,11	1,88
	18	3,30	1,51	0,70	2,38	1,19	1,76
	16	2,43	1,34	0,64	1,36	1,16	1,58
	14	1,33	0,70	0,53	1,17	1,01	1,19
	12	0,75	0,36	0,40	0,97	0,98	0,96
1,4	22	6,33	3,28	1,02	5,48	1,34	3,40
	20	5,66	2,96	1,00	4,21	1,56	2,80
	18	5,34	2,59	0,96	3,44	1,66	2,92
	16	3,58	1,94	0,89	2,07	1,63	2,41
	14	1,95	1,06	0,73	1,43	1,42	1,43
	12	1,58	0,58	0,56	1,32	1,38	1,39
	10	0,96	0,28	0,37	1,12	1,08	0,99



Tabla 14-41: Tensiones en las Espías de Amarre Nave 235 m de Eslora – Caso D (Situación Optimizada – Espías 12” + 3 Espías en cada Spring)

Oleaje Según Tabla (ángulo incidencia 270°) Viento 25 nudos (perpendicular a la nave contra el sitio) Corriente 0,3 nudos (perpendicular a la nave contra el sitio)								
Hs (m)	Tp (seg)	Tensión Máxima Espías de Amarre (Ton)						
		Largo Popa 1	Largo Popa 2	Spring Bita 1	Spring Bita 2	Travez	Largo Proa 1	Largo Proa 2
0,5	20	113,77	127,24	119,81	83,79	29,96	102,99	104,05
	18	93,32	103,43	89,48	67,73	26,11	75,68	88,47
	16	75,36	81,46	80,20	56,97	19,79	62,90	68,62
	14	50,34	52,73	68,93	46,68	16,17	44,81	53,87
1,0	22	286,98	317,82	316,52	197,34	54,72	273,06	266,81
	20	201,53	224,21	313,62	203,11	55,83	212,86	196,92
	18	163,08	181,14	199,18	127,45	42,44	144,72	143,49
	16	122,12	136,67	151,89	95,38	37,29	107,28	104,97
	14	85,71	87,93	106,83	75,86	26,81	67,23	79,59
	12	74,05	69,25	96,86	64,49	22,76	44,74	50,35
1,4	22	394,19	477,90	422,65	295,28	87,88	340,86	330,99
	20	280,93	341,55	414,13	265,27	78,01	301,59	297,18
	18	229,72	286,89	364,83	188,10	67,06	228,28	234,97
	16	167,16	183,40	223,62	142,12	55,93	141,60	170,88
	14	109,78	115,63	148,77	127,18	46,30	94,84	111,32
	12	103,67	95,87	136,68	106,67	37,75	57,05	82,84
	10	70,22	68,25	109,19	73,41	25,07	45,66	51,06



Tabla 14-42: Reacciones en las Defensas Nave 235 m de Eslora – Caso D (Situación Optimizada – Espías 12” + 3 Espías en cada Spring)

Oleaje		Según Tabla (ángulo incidencia 270°)					
Viento	25 nudos	(perpendicular a la nave contra el sitio)					
Corriente	0,3 nudos	(perpendicular a la nave contra el sitio)					
Hs (m)	Tp (seg)	Reacción Máxima en Defensas (Ton)					
		Def. 1	Def. 2	Def. 3	Def. 4	Def. 5	Def. 6
0,5	20	87,50	87,50	87,45	87,44	87,50	113,45
	18	87,50	87,46	85,52	84,24	87,44	99,67
	16	87,45	87,19	83,64	74,73	87,47	87,50
	14	87,16	82,87	66,71	60,15	78,89	87,47
1,0	22	180,08	157,09	138,94	139,96	189,11	326,94
	20	156,40	134,99	118,69	131,15	163,12	275,74
	18	149,52	136,36	124,41	119,72	135,06	239,78
	16	141,51	120,96	99,44	87,48	97,49	159,10
	14	87,50	87,49	87,49	87,49	87,50	87,50
	12	87,46	87,45	66,78	70,19	87,24	87,50
1,4	22	277,48	255,05	235,63	227,88	247,95	412,69
	20	255,31	227,87	203,90	194,62	240,67	382,59
	18	258,35	221,11	183,76	163,79	199,86	342,10
	16	208,40	180,10	149,43	127,81	134,35	226,83
	14	93,22	87,49	87,50	87,48	87,50	136,88
	12	87,50	87,49	87,48	87,46	87,50	116,17
	10	87,50	81,96	64,21	66,61	87,26	87,49



Tabla 14-43: Movimientos del C.G. Nave 235 m Eslora – Caso A Bound Waves (Espías 12” + 3 Espías en cada Spring)

Oleaje	Según Tabla	(ángulo incidencia 360°)
Viento	25 nudos	(perpendicular a la nave hacia el sitio)
Corriente	0,3 nudos	(perpendicular a la nave hacia el sitio)

Hs (m)	Tp (seg)	Movimientos del C.G. de la Nave					
		Vaivén (m)	Deriva (m)	Alteada (m)	Balance (°)	Cabeceo (°)	Guiñada (°)
0,11	85	0,19	0,38	0,07	0,41	0,02	0,11
	80	0,22	0,49	0,08	0,43	0,02	0,14
	75	0,23	0,70	0,09	0,47	0,02	0,18
	70	0,26	0,96	0,10	0,50	0,02	0,24
	65	0,28	1,06	0,10	0,51	0,03	0,31
	60	0,38	1,56	0,10	0,63	0,04	0,44
	55	0,56	2,02	0,13	0,81	0,05	0,72
	50	0,75	2,56	0,14	0,97	0,07	0,90
	45	0,47	2,06	0,13	0,75	0,05	0,51
	40	0,74	1,94	0,12	0,86	0,04	0,36
0,13	85	0,22	0,57	0,08	0,45	0,02	0,16
	80	0,24	0,77	0,09	0,48	0,02	0,20
	75	0,27	1,07	0,10	0,50	0,03	0,27
	70	0,31	1,39	0,12	0,58	0,03	0,37
	65	0,38	1,57	0,12	0,61	0,04	0,44
	60	0,57	2,12	0,12	0,83	0,06	0,74
	55	0,76	2,84	0,15	1,15	0,07	1,05
	50	0,88	3,60	0,17	1,40	0,08	1,12
	45	0,79	2,84	0,16	1,01	0,06	0,87
0,15	90	0,23	0,64	0,08	0,46	0,02	0,17
	85	0,25	0,82	0,09	0,49	0,02	0,22
	80	0,29	1,07	0,10	0,51	0,03	0,29
	75	0,32	1,45	0,12	0,60	0,04	0,39
	70	0,42	2,06	0,13	0,77	0,04	0,48
	65	0,52	2,27	0,14	0,86	0,05	0,59
	60	0,73	2,86	0,15	1,11	0,07	1,00
	55	0,86	3,79	0,18	1,50	0,08	1,18
	50	0,94	4,33	0,20	1,64	0,09	1,23



Tabla 14-44: Tensiones en las Espías de Amarre Nave 235 m de Eslora – Caso A Bound Waves (Situación Optimizada – Espías 12” + 3 Espías en cada Spring)

Oleaje	Según Tabla	(ángulo incidencia 360°)
Viento	25 nudos	(perpendicular a la nave hacia el sitio)
Corriente	0,3 nudos	(perpendicular a la nave hacia el sitio)

Hs (m)	Tp (seg)	Tensión Máxima Espías de Amarre (Ton)						
		Largo Popa 1	Largo Popa 2	Spring Bita 1	Spring Bita 2	Travez	Largo Proa 1	Largo Proa 2
0,11	85	34,14	33,74	48,52	39,32	13,18	33,33	33,26
	80	38,39	37,67	51,25	40,63	13,83	35,04	36,19
	75	45,18	45,18	52,75	42,53	14,43	37,17	41,61
	70	53,38	53,90	55,17	44,78	15,87	42,46	48,92
	65	60,32	60,06	57,32	47,56	16,53	48,11	56,33
	60	71,63	74,62	63,68	54,06	19,32	59,96	75,68
	55	99,37	104,69	69,17	54,61	21,82	76,33	105,28
	50	118,76	127,77	72,02	59,34	27,01	90,46	134,56
	45	86,25	93,08	63,22	54,82	22,41	77,41	99,91
40	69,27	74,58	74,86	63,98	23,52	77,87	90,81	
0,13	85	41,57	40,93	53,00	41,67	14,24	36,11	39,00
	80	47,54	47,71	53,58	43,26	14,70	39,05	43,99
	75	58,01	57,75	56,48	45,52	16,60	45,13	52,39
	70	72,04	73,24	58,51	49,14	17,81	54,09	67,86
	65	78,42	81,22	61,15	50,91	18,54	60,84	77,82
	60	102,79	108,13	69,25	55,85	22,16	78,85	111,52
	55	133,31	144,53	78,57	61,96	29,47	96,48	145,69
	50	148,10	158,45	78,42	68,38	32,90	108,48	169,39
	45	18,44	109,63	120,80	77,19	74,11	31,91	94,23
0,15	90	43,71	43,46	52,76	42,40	14,31	36,89	40,77
	85	49,52	49,85	54,26	43,77	15,04	40,50	45,94
	80	59,01	58,92	55,40	46,20	16,22	46,29	54,01
	75	74,25	75,81	58,28	49,23	18,20	55,47	70,12
	70	93,14	97,63	61,88	52,53	19,98	69,58	91,61
	65	101,30	106,11	64,65	55,28	20,89	77,33	103,82
	60	128,34	139,54	78,77	61,80	28,33	93,56	142,17
	55	158,81	173,56	85,54	68,14	34,53	114,78	178,89
	50	171,21	185,03	81,95	74,97	36,11	126,14	192,79



Tabla 14-45: Reacciones en las Defensas Nave 235 m de Eslora – Caso A Bound Waves (Situación Optimizada – Espías 12” + 3 Espías en cada Spring)

Oleaje		Según Tabla (ángulo incidencia 360°)					
Viento		25 nudos (perpendicular a la nave hacia el sitio)					
Corriente		0,3 nudos (perpendicular a la nave hacia el sitio)					
Hs (m)	Tp (seg)	Reacción Máxima en Defensas (Ton)					
		Def. 1	Def. 2	Def. 3	Def. 4	Def. 5	Def. 6
0,11	85	55,18	54,22	53,58	53,08	52,78	52,78
	80	65,97	63,33	60,88	60,53	60,83	62,89
	75	75,84	72,63	69,83	69,44	70,22	75,02
	70	81,91	80,80	80,05	79,55	80,21	82,65
	65	84,24	83,26	82,48	82,14	82,59	86,69
	60	87,50	87,45	87,44	87,34	87,36	87,48
	55	87,50	87,45	87,49	87,50	87,31	87,50
	50	92,55	87,47	87,45	87,47	87,49	87,49
	45	87,45	87,49	87,46	87,45	87,38	87,49
	40	87,47	87,43	87,21	87,50	87,28	87,47
0,13	85	70,25	67,47	64,84	63,99	64,77	68,70
	80	80,65	78,55	75,23	72,89	72,83	79,03
	75	84,82	83,39	82,00	81,07	81,47	84,26
	70	87,45	87,49	86,45	86,11	86,69	87,34
	65	87,50	87,50	87,45	87,46	87,48	87,47
	60	87,50	87,50	87,43	87,44	87,39	87,46
	55	111,10	100,21	90,65	87,50	87,50	87,49
	50	128,43	117,42	106,41	98,26	91,50	95,13
	45	131,65	92,82	87,49	87,50	87,49	87,50
	0,15	90	73,83	70,89	68,07	66,90	67,93
85		81,42	80,28	77,56	75,11	75,23	80,67
80		86,55	85,00	83,49	82,41	81,93	85,16
75		87,37	87,49	87,46	87,17	87,27	87,28
70		87,45	87,50	87,50	87,44	87,49	87,38
65		87,48	87,49	87,46	87,48	87,49	87,43
60		109,38	98,76	88,93	87,48	87,46	87,46
55		140,90	129,71	118,22	109,24	100,66	97,95
50		150,04	138,18	126,35	117,74	110,62	112,94



Tabla 14-46: Movimientos del C.G. Nave 235 m Eslora – Caso B Bound Waves (Espías 12” + 3 Espías en cada Spring)

Oleaje		Según Tabla (ángulo incidencia 360°)					
Viento		25 nudos (perpendicular a la nave contra el sitio)					
Corriente		0,3 nudos (perpendicular a la nave contra el sitio)					
Hs (m)	Tp (seg)	Movimientos del C.G. de la Nave					
		Vaivén (m)	Deriva (m)	Alteada (m)	Balance (°)	Cabeceo (°)	Guiñada (°)
0,11	85	0,09	0,12	0,07	0,22	0,02	0,03
	80	0,12	0,13	0,07	0,23	0,02	0,05
	75	0,15	0,15	0,09	0,26	0,02	0,08
	70	0,17	0,18	0,10	0,33	0,02	0,08
	65	0,18	0,25	0,10	0,38	0,02	0,09
	60	0,22	0,39	0,10	0,43	0,03	0,10
	55	0,26	0,58	0,12	0,46	0,03	0,15
	50	0,27	0,84	0,13	0,45	0,03	0,20
	45	0,30	0,79	0,12	0,48	0,03	0,19
	40	0,26	0,95	0,11	0,50	0,04	0,26
0,13	85	0,14	0,14	0,08	0,24	0,02	0,06
	80	0,16	0,16	0,09	0,28	0,02	0,08
	75	0,18	0,20	0,10	0,36	0,02	0,09
	70	0,23	0,34	0,11	0,43	0,03	0,10
	65	0,30	0,46	0,12	0,45	0,03	0,12
	60	0,26	0,65	0,12	0,46	0,03	0,17
	55	0,31	1,37	0,14	0,65	0,05	0,32
	50	0,50	2,09	0,15	0,84	0,05	0,67
45	0,40	1,88	0,14	0,77	0,05	0,48	
0,15	90	0,15	0,15	0,08	0,25	0,02	0,07
	85	0,16	0,16	0,09	0,29	0,02	0,08
	80	0,17	0,21	0,10	0,36	0,02	0,09
	75	0,25	0,35	0,12	0,43	0,03	0,10
	70	0,33	0,54	0,13	0,46	0,03	0,15
	65	0,28	0,72	0,13	0,45	0,03	0,22
	60	0,46	1,39	0,14	0,65	0,05	0,36
	55	0,61	2,50	0,16	0,90	0,05	0,79
	50	1,17	2,85	0,18	1,14	0,09	1,20



Tabla 14-47: Tensiones en las Espías de Amarre Nave 235 m de Eslora – Caso B Bound Waves (Situación Optimizada – Espías 12” + 3 Espías en cada Spring)

Oleaje Según Tabla (ángulo incidencia 360°) Viento 25 nudos (perpendicular a la nave contra el sitio) Corriente 0,3 nudos (perpendicular a la nave contra el sitio)								
Hs (m)	Tp (seg)	Tensión Máxima Espías de Amarre (Ton)						
		Largo Popa 1	Largo Popa 2	Spring Bita 1	Spring Bita 2	Travez	Largo Proa 1	Largo Proa 2
0,11	85	23,10	23,61	41,93	36,88	12,22	28,08	27,95
	80	23,19	23,68	43,45	37,04	12,26	29,51	29,46
	75	23,57	24,16	43,85	37,66	12,63	31,49	32,02
	70	24,44	25,10	45,26	39,46	12,96	33,72	34,87
	65	25,50	25,58	46,26	40,02	13,08	35,46	37,22
	60	29,35	28,75	47,48	41,08	13,72	37,70	40,27
	55	34,17	33,97	51,96	42,55	15,26	40,79	44,37
	50	45,43	45,08	55,12	44,72	17,24	43,80	54,15
	45	44,57	44,36	53,55	44,41	17,09	42,64	50,58
40	51,53	53,11	49,74	43,87	17,68	49,69	63,36	
0,13	85	23,17	23,70	43,90	37,00	12,34	30,36	30,53
	80	24,17	25,05	44,45	39,57	13,22	32,24	32,89
	75	24,61	25,44	45,87	39,78	12,96	34,51	35,85
	70	27,89	27,06	47,99	40,98	13,46	37,08	39,23
	65	31,33	30,88	50,80	42,24	14,36	39,07	41,93
	60	36,04	36,00	52,72	43,76	16,03	42,13	45,97
	55	68,08	69,45	54,42	45,38	19,82	58,15	80,08
	50	85,35	91,89	64,15	59,57	26,73	78,19	108,54
	45	18,43	78,65	84,22	57,70	54,32	22,94	74,83
0,15	90	23,19	23,69	44,07	36,93	12,41	31,28	31,58
	85	24,33	25,23	44,73	39,76	13,23	32,77	33,63
	80	24,65	25,46	45,66	39,79	12,97	34,55	36,01
	75	28,43	27,68	48,48	41,09	13,58	37,31	39,49
	70	33,43	33,15	54,20	44,22	15,48	40,47	43,61
	65	41,98	41,36	55,46	45,13	17,18	43,10	47,13
	60	69,11	71,45	57,07	46,93	20,54	60,77	84,95
	55	96,89	103,56	67,55	58,08	28,04	87,61	123,19
	50	135,73	149,58	98,70	99,13	44,34	111,82	177,68



Tabla 14-48: Reacciones en las Defensas Nave 235 m de Eslora – Caso B Bound Waves (Situación Optimizada – Espías 12” + 3 Espías en cada Spring)

Oleaje		Según Tabla (ángulo incidencia 360°)					
Viento		25 nudos (perpendicular a la nave contra el sitio)					
Corriente		0,3 nudos (perpendicular a la nave contra el sitio)					
Hs (m)	Tp (seg)	Reacción Máxima en Defensas (Ton)					
		Def. 1	Def. 2	Def. 3	Def. 4	Def. 5	Def. 6
0,11	85	40,01	38,61	36,91	35,21	32,79	28,20
	80	44,01	41,72	39,59	37,51	34,52	30,34
	75	55,56	51,30	46,33	42,27	38,86	37,57
	70	64,14	60,42	55,64	50,54	44,38	41,54
	65	72,45	68,86	64,77	61,28	56,98	48,62
	60	81,20	80,19	77,17	74,20	70,44	64,51
	55	87,49	87,06	85,69	84,57	83,37	81,82
	50	87,38	87,45	87,49	87,50	87,44	87,47
	45	87,46	87,44	87,43	87,47	87,47	87,47
	40	87,38	87,48	87,41	87,48	87,46	87,34
0,13	85	48,65	45,42	41,83	38,93	35,98	32,63
	80	57,78	53,41	48,04	43,43	40,03	40,66
	75	68,03	64,24	59,86	55,63	49,73	41,52
	70	80,90	79,26	75,30	71,72	67,25	60,04
	65	84,46	83,31	82,07	81,01	79,26	73,15
	60	87,49	87,49	87,44	87,21	86,08	84,92
	55	87,40	87,49	87,42	87,47	87,50	87,44
	50	91,53	87,46	87,49	87,49	87,47	92,30
	45	102,66	87,50	87,47	87,46	87,47	87,48
	0,15	90	52,62	48,70	44,23	40,62	37,40
85		59,91	55,86	50,23	44,76	40,72	40,24
80		69,02	65,19	60,82	56,92	51,40	42,90
75		81,44	80,29	76,97	73,45	69,09	61,86
70		87,46	87,49	86,09	84,79	83,29	81,15
65		87,42	87,48	87,39	87,40	87,47	87,47
60		87,49	87,46	87,47	87,32	87,50	87,31
55		111,84	102,23	91,95	87,46	87,50	92,65
50		150,36	141,38	132,80	127,14	123,64	129,68



Tabla 14-49: Movimientos del C.G. Nave 235 m Eslora – Caso C Bound Waves (Espías 12” + 3 Espías en cada Spring)

Oleaje		Según Tabla (ángulo incidencia 337,5°)					
Viento		25 nudos (perpendicular a la nave hacia el sitio)					
Corriente		0,3 nudos (perpendicular a la nave hacia el sitio)					
Hs (m)	Tp (seg)	Movimientos del C.G. de la Nave					
		Vaivén (m)	Deriva (m)	Alteada (m)	Balance (°)	Cabeceo (°)	Guiñada (°)
0,11	85	0,31	0,16	0,07	0,35	0,03	0,15
	80	0,34	0,23	0,07	0,38	0,03	0,18
	75	0,40	0,33	0,09	0,41	0,03	0,22
	70	0,45	0,45	0,10	0,44	0,04	0,26
	65	0,47	0,55	0,10	0,45	0,04	0,30
	60	0,63	0,72	0,10	0,48	0,04	0,36
	55	0,90	1,15	0,12	0,53	0,05	0,42
	50	1,03	1,51	0,13	0,64	0,06	0,52
	45	1,03	1,14	0,12	0,56	0,06	0,48
	40	1,37	1,30	0,10	0,66	0,06	0,46
0,13	85	0,36	0,27	0,08	0,39	0,03	0,20
	80	0,40	0,36	0,09	0,42	0,04	0,23
	75	0,47	0,49	0,10	0,45	0,04	0,28
	70	0,54	0,71	0,11	0,47	0,04	0,34
	65	0,60	0,78	0,11	0,47	0,05	0,38
	60	0,91	1,20	0,12	0,54	0,05	0,43
	55	1,08	1,63	0,14	0,67	0,06	0,63
	50	1,12	1,94	0,15	0,73	0,08	0,68
	45	1,29	1,58	0,14	0,68	0,07	0,55
0,15	90	0,38	0,31	0,08	0,41	0,03	0,21
	85	0,40	0,40	0,09	0,43	0,04	0,24
	80	0,48	0,51	0,10	0,45	0,04	0,29
	75	0,58	0,74	0,11	0,47	0,04	0,36
	70	0,70	0,94	0,13	0,49	0,05	0,42
	65	0,82	1,07	0,13	0,52	0,05	0,45
	60	1,05	1,67	0,14	0,71	0,06	0,64
	55	1,12	2,03	0,16	0,82	0,08	0,85
	50	1,33	2,66	0,18	1,08	0,10	1,08



Tabla 14-50: Tensiones en las Espías de Amarre Nave 235 m de Eslora – Caso C Bound Waves (Situación Optimizada – Espías 12” + 3 Espías en cada Spring)

Oleaje	Según Tabla	(ángulo incidencia 337,5°)
Viento	25 nudos	(perpendicular a la nave hacia el sitio)
Corriente	0,3 nudos	(perpendicular a la nave hacia el sitio)

Hs (m)	Tp (seg)	Tensión Máxima Espías de Amarre (Ton)						
		Largo Popa 1	Largo Popa 2	Spring Bita 1	Spring Bita 2	Travez	Largo Proa 1	Largo Proa 2
0,11	85	31,09	29,67	53,32	42,37	13,67	32,32	30,19
	80	33,23	31,96	55,38	42,39	13,72	33,62	31,51
	75	36,36	35,31	58,67	44,66	14,18	35,84	33,52
	70	40,83	38,94	62,01	47,91	15,23	39,20	38,56
	65	45,49	44,07	63,01	50,54	16,03	42,00	42,89
	60	52,39	52,36	67,36	58,23	19,03	49,31	49,77
	55	66,00	66,43	76,34	67,79	23,06	63,36	64,73
	50	73,40	79,31	82,95	73,05	26,31	74,83	79,04
	45	68,52	73,23	85,39	68,29	23,48	70,75	72,46
40	65,10	68,16	107,59	87,19	28,77	79,48	74,73	
0,13	85	34,40	33,21	56,32	42,91	13,76	34,36	32,25
	80	37,06	36,08	58,99	45,30	14,56	36,57	34,75
	75	43,46	41,73	63,27	49,24	16,03	40,68	40,65
	70	51,38	50,29	67,06	53,31	18,26	45,74	47,20
	65	57,65	56,62	67,88	59,01	19,43	50,46	52,79
	60	66,73	67,27	76,34	67,73	23,22	64,04	65,79
	55	82,38	88,66	86,89	76,95	27,77	80,56	86,41
	50	100,44	107,57	92,77	81,44	31,09	91,86	109,01
	45	18,44	86,52	91,62	101,41	80,77	29,75	87,05
0,15	90	35,38	34,27	57,64	43,63	14,01	34,98	32,85
	85	37,95	37,03	58,99	46,32	14,70	37,02	36,09
	80	44,37	42,69	63,86	49,11	16,20	41,38	41,55
	75	53,35	52,36	68,39	54,34	18,82	47,39	48,74
	70	64,76	63,13	71,81	59,62	20,66	55,13	58,14
	65	70,83	71,74	74,40	64,68	21,69	63,36	68,29
	60	81,29	87,60	85,15	77,23	28,21	79,77	86,55
	55	112,23	118,85	94,25	84,79	31,77	97,93	118,18
	50	134,78	147,34	107,34	94,37	37,81	113,04	148,77



Tabla 14-51: Reacciones en las Defensas Nave 235 m de Eslora – Caso C Bound Waves (Situación Optimizada – Espías 12” + 3 Espías en cada Spring)

Oleaje		Según Tabla (ángulo incidencia 337,5°)					
Viento		25 nudos (perpendicular a la nave hacia el sitio)					
Corriente		0,3 nudos (perpendicular a la nave hacia el sitio)					
Hs (m)	Tp (seg)	Reacción Máxima en Defensas (Ton)					
		Def. 1	Def. 2	Def. 3	Def. 4	Def. 5	Def. 6
0,11	85	38,55	36,38	35,15	34,98	35,97	39,86
	80	42,00	41,70	41,81	42,20	43,25	46,19
	75	46,02	47,57	49,47	51,39	54,18	59,69
	70	52,02	53,14	56,45	59,61	64,08	74,19
	65	60,54	60,15	60,32	63,49	69,90	81,73
	60	65,80	66,21	68,29	71,77	81,25	87,48
	55	81,46	75,21	81,12	84,59	87,38	87,49
	50	84,23	85,21	87,50	87,30	87,03	87,48
	45	66,03	69,86	80,90	85,89	87,40	87,50
	40	67,53	67,52	80,42	86,99	87,48	87,49
0,13	85	43,64	44,17	44,96	45,91	47,30	50,89
	80	49,46	49,16	51,08	53,42	56,83	62,96
	75	58,58	57,93	58,56	62,05	67,31	79,52
	70	68,59	64,25	66,39	70,68	78,12	85,62
	65	73,19	68,63	70,80	76,11	81,90	87,49
	60	82,02	80,43	81,65	84,83	87,12	87,47
	55	87,47	87,45	87,37	87,36	87,38	87,48
	50	87,49	87,09	87,45	87,45	87,46	87,49
	45	89,76	83,21	85,06	87,46	87,31	87,50
	0,15	90	44,98	46,08	47,48	48,88	50,93
85		52,18	51,65	52,78	55,66	59,48	66,97
80		61,27	60,54	60,40	62,10	67,42	79,67
75		71,88	68,70	68,28	72,21	80,19	87,13
70		83,46	75,34	78,82	81,75	85,47	87,37
65		86,33	81,75	82,03	84,31	87,48	87,43
60		87,49	87,49	87,40	87,45	87,46	87,49
55		87,50	87,46	87,45	87,42	87,38	87,50
50		91,91	87,48	87,49	87,36	87,47	103,62



Tabla 14-52: Movimientos del C.G. Nave 235 m Eslora – Caso D Bound Waves (Espías 12” + 3 Espías en cada Spring)

Oleaje		Según Tabla (ángulo incidencia 337,5°)					
Viento		25 nudos (perpendicular a la nave contra el sitio)					
Corriente		0,3 nudos (perpendicular a la nave contra el sitio)					
Hs (m)	Tp (seg)	Movimientos del C.G. de la Nave					
		Vaivén (m)	Deriva (m)	Alteada (m)	Balance (°)	Cabeceo (°)	Guiñada (°)
0,11	85	0,12	0,11	0,07	0,20	0,03	0,03
	80	0,16	0,11	0,07	0,21	0,03	0,03
	75	0,22	0,12	0,08	0,21	0,03	0,04
	70	0,22	0,12	0,08	0,21	0,03	0,04
	65	0,33	0,13	0,10	0,25	0,04	0,07
	60	0,37	0,16	0,10	0,29	0,04	0,09
	55	0,49	0,21	0,11	0,37	0,05	0,13
	50	0,55	0,30	0,12	0,42	0,05	0,15
	45	0,49	0,32	0,11	0,43	0,05	0,15
	40	0,52	0,36	0,10	0,45	0,06	0,18
0,13	85	0,18	0,12	0,08	0,21	0,03	0,04
	80	0,25	0,12	0,08	0,21	0,03	0,05
	75	0,32	0,13	0,10	0,24	0,04	0,07
	70	0,37	0,15	0,11	0,28	0,04	0,08
	65	0,45	0,18	0,11	0,32	0,05	0,11
	60	0,44	0,25	0,11	0,40	0,05	0,14
	55	0,60	0,40	0,13	0,47	0,06	0,18
	50	0,64	0,51	0,14	0,48	0,06	0,27
45	0,61	0,53	0,13	0,47	0,06	0,28	
0,15	90	0,21	0,12	0,08	0,21	0,03	0,04
	85	0,26	0,13	0,09	0,22	0,04	0,05
	80	0,31	0,14	0,10	0,24	0,04	0,07
	75	0,38	0,15	0,11	0,28	0,04	0,09
	70	0,55	0,21	0,13	0,36	0,05	0,14
	65	0,52	0,28	0,13	0,42	0,05	0,16
	60	0,56	0,42	0,13	0,47	0,06	0,17
	55	0,62	0,61	0,15	0,47	0,07	0,29
	50	0,83	0,76	0,17	0,48	0,07	0,38



Tabla 14-53: Tensiones en las Espías de Amarre Nave 235 m de Eslora – Caso D Bound Waves (Situación Optimizada – Espías 12” + 3 Espías en cada Spring)

Oleaje Según Tabla (ángulo incidencia 337,5°) Viento 25 nudos (perpendicular a la nave contra el sitio) Corriente 0,3 nudos (perpendicular a la nave contra el sitio)								
Hs (m)	Tp (seg)	Tensión Máxima Espías de Amarre (Ton)						
		Largo Popa 1	Largo Popa 2	Spring Bita 1	Spring Bita 2	Travez	Largo Proa 1	Largo Proa 2
0,11	85	23,39	23,75	43,25	37,09	12,19	27,70	27,02
	80	23,39	23,75	44,94	37,18	12,15	28,71	27,61
	75	23,56	23,88	47,44	37,60	12,39	30,18	28,53
	70	23,56	23,88	47,44	37,60	12,39	30,18	28,53
	65	23,96	24,23	52,13	37,85	12,48	33,82	32,12
	60	24,68	26,58	54,42	43,84	14,25	36,04	34,49
	55	27,45	28,37	59,22	46,47	14,89	38,64	37,39
	50	30,54	29,00	62,24	47,75	15,33	40,38	39,49
	45	30,95	28,59	59,57	46,38	14,81	40,37	39,63
40	32,34	30,33	61,27	45,71	14,94	39,55	39,36	
0,13	85	23,50	23,91	45,88	37,33	12,33	29,34	28,04
	80	23,66	24,13	48,99	37,81	12,50	31,02	29,16
	75	23,70	24,07	51,57	37,21	12,29	33,09	31,22
	70	24,11	25,69	54,31	42,59	13,85	35,60	33,84
	65	25,52	28,26	57,27	46,37	15,06	37,17	35,71
	60	28,90	28,24	57,84	46,41	15,02	39,52	38,37
	55	34,37	32,46	65,09	48,55	15,74	43,29	42,38
	50	37,64	36,07	68,09	48,85	15,87	44,18	43,98
	45	18,38	37,86	36,16	66,47	49,08	15,96	44,27
0,15	90	23,60	24,04	47,12	37,41	12,27	30,23	28,64
	85	23,68	23,92	49,25	37,50	12,36	31,30	29,45
	80	23,82	24,10	51,46	37,45	12,42	33,16	31,36
	75	24,38	26,12	54,60	43,24	14,02	35,87	34,13
	70	26,94	29,28	61,48	47,98	15,39	38,97	37,34
	65	30,21	29,09	60,12	47,46	15,40	40,60	39,40
	60	34,90	33,15	63,23	49,24	16,02	43,16	42,41
	55	40,80	39,58	67,59	50,67	16,43	46,39	46,21
	50	51,77	53,01	74,44	56,02	18,18	61,48	64,59

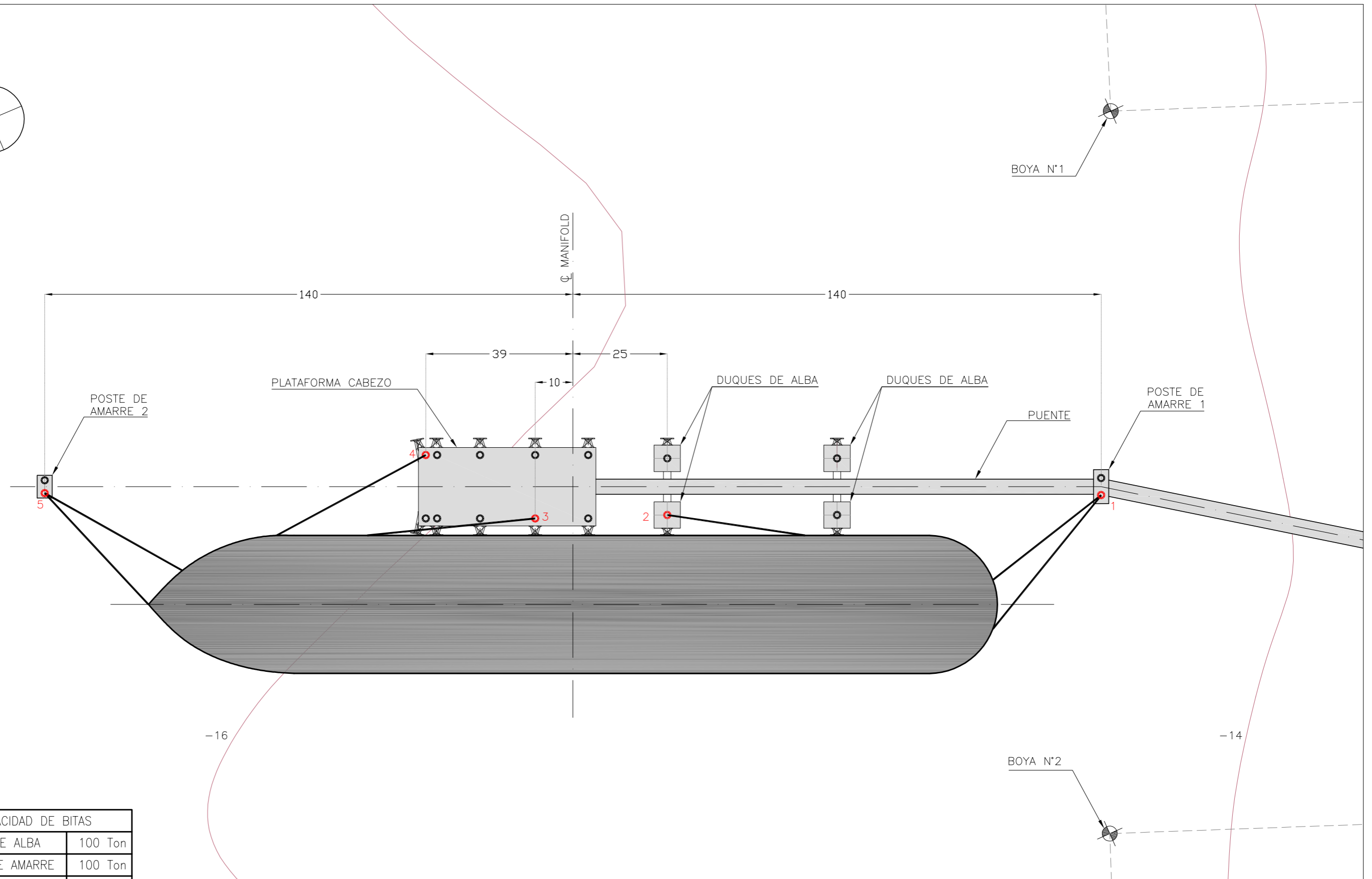
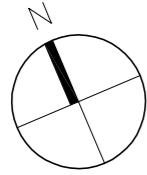


Tabla 14-54: Reacciones en las Defensas Nave 235 m de Eslora – Caso D Bound Waves (Situación Optimizada – Espías 12” + 3 Espías en cada Spring)

Oleaje		Según Tabla (ángulo incidencia 337,5°)					
Viento		25 nudos (perpendicular a la nave contra el sitio)					
Corriente		0,3 nudos (perpendicular a la nave contra el sitio)					
Hs (m)	Tp (seg)	Reacción Máxima en Defensas (Ton)					
		Def. 1	Def. 2	Def. 3	Def. 4	Def. 5	Def. 6
0,11	85	35,27	33,78	32,32	30,95	29,00	27,69
	80	38,00	36,36	34,48	32,63	30,05	29,02
	75	41,24	39,01	36,63	34,26	31,53	29,31
	70	41,24	39,01	36,63	34,26	31,53	29,31
	65	47,80	44,31	40,66	37,26	33,81	32,12
	60	55,48	51,85	47,56	43,48	38,13	37,78
	55	67,08	64,24	61,24	58,77	55,76	52,94
	50	76,01	72,51	69,87	68,49	67,08	65,26
	45	72,86	71,25	69,80	68,75	67,57	65,90
	40	76,75	73,12	72,62	72,15	71,67	70,62
0,13	85	39,22	37,23	35,19	33,16	30,35	29,19
	80	42,51	40,37	37,76	35,17	31,73	29,95
	75	47,60	44,39	40,61	37,15	33,87	31,05
	70	54,35	50,44	45,79	41,35	37,85	34,50
	65	61,52	58,34	54,15	50,21	45,34	44,42
	60	69,54	67,10	64,66	62,80	60,96	59,07
	55	80,30	80,04	79,54	79,00	78,66	78,16
	50	84,37	84,17	83,96	83,80	83,66	84,45
	45	44,23	83,36	82,56	82,63	82,99	83,52
	0,15	90	40,52	38,24	35,83	33,65	31,01
85		43,19	40,93	38,18	35,43	32,29	30,19
80		47,73	44,84	41,30	37,77	33,84	31,03
75		55,87	51,91	47,20	42,74	38,75	36,38
70		67,67	64,33	60,82	57,98	54,48	53,18
65		73,66	71,33	69,10	67,56	66,14	64,63
60		80,33	80,23	80,14	80,06	80,02	79,94
55		86,15	86,30	86,61	87,38	87,50	87,48
50		87,48	87,48	87,37	87,31	87,49	87,47



14.2 ANEXO II: ESQUEMAS

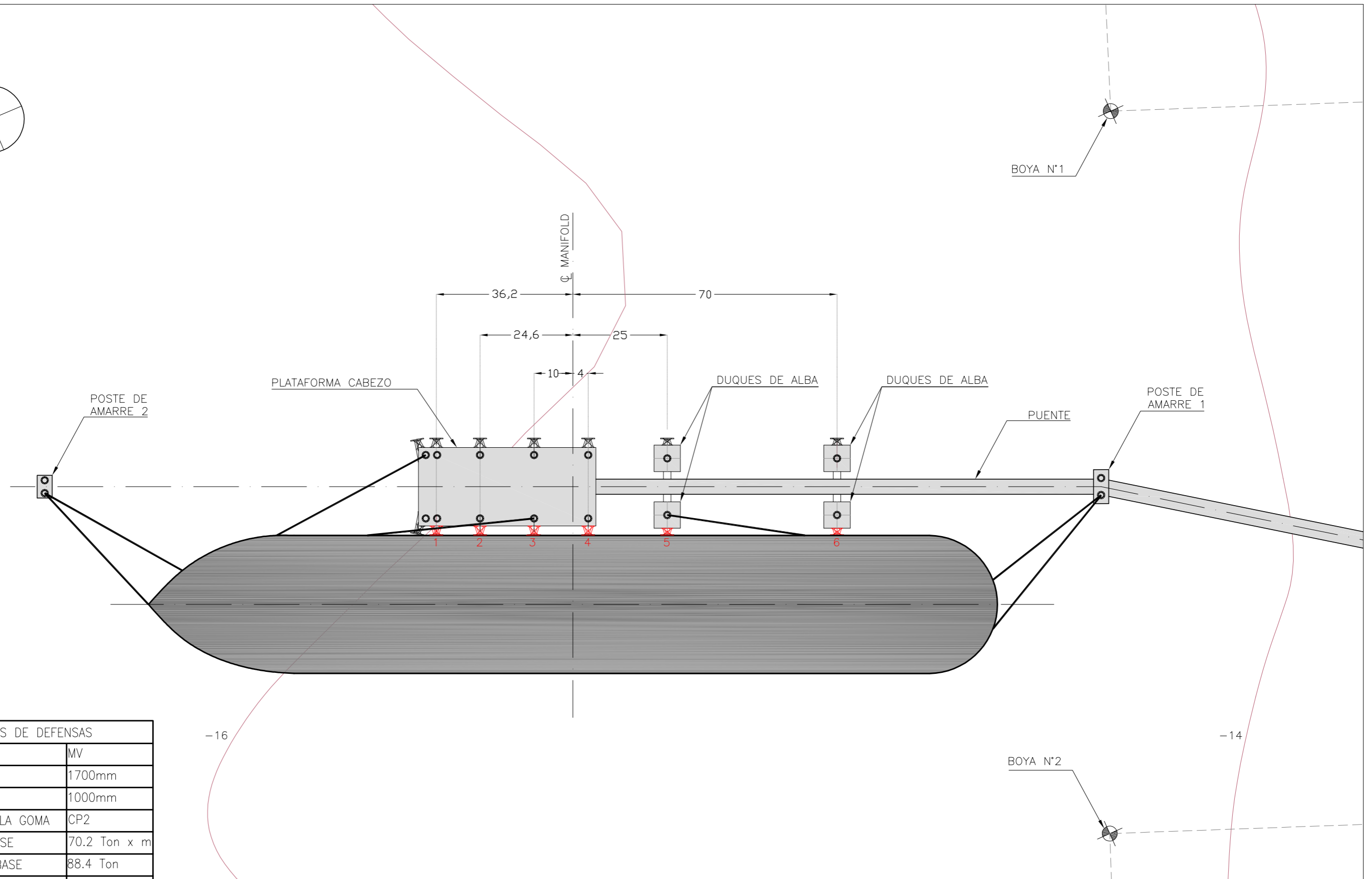
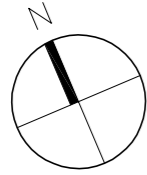


CAPACIDAD DE BITAS	
DUQUES DE ALBA	100 Ton
POSTES DE AMARRE	100 Ton
CABEZO	100 Ton

CLIENTE: TERMINAL MARITIMO EN QUINTERO
 SITIO SUR
 CARASTERISTICAS Y UBICACION DE BITAS EN MODELO



ESQUEMA N°	Dib.	Rev.	Aprobo
01	E.P.R.	P.C.	J.R.L.

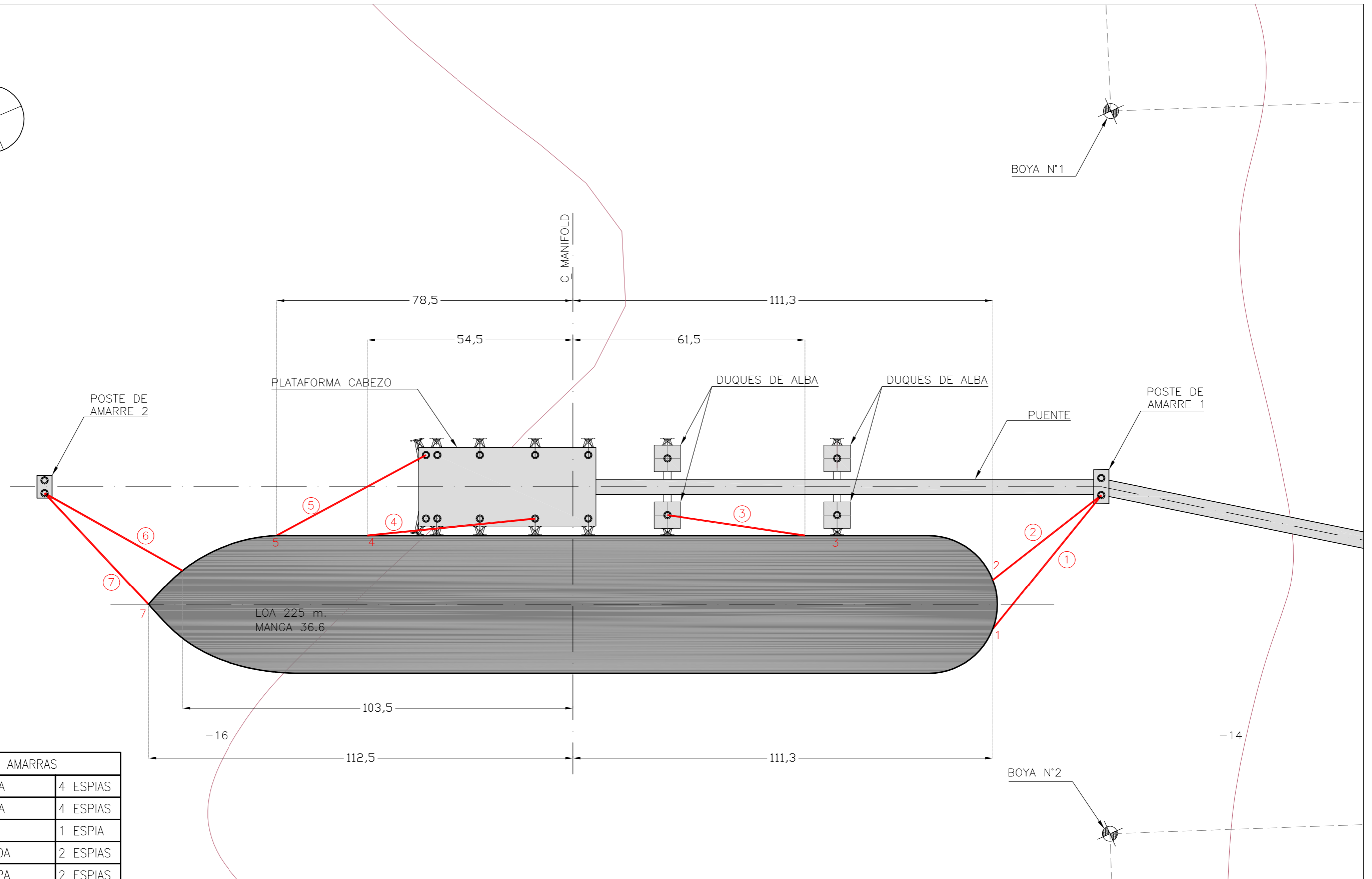
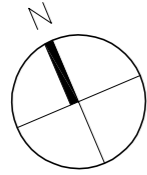


DATOS DE DEFENSAS	
TIPO	MV
ALTURA	1700mm
LARGO	1000mm
GRADO DE LA GOMA	CP2
ENERGIA BASE	70.2 Ton x m
REACCION BASE	88.4 Ton
COEFICIENTE DE ROCE	0.3

CLIENTE: TERMINAL MARITIMO EN QUINTEROS
 SITIO SUR
 CARACTERISTICAS Y UBICACION DE DEFENSAS



ESQUEMA N° 02	Dib.	Rev.	Aprobo
	E.P.R.	P.C.	J.R.L.



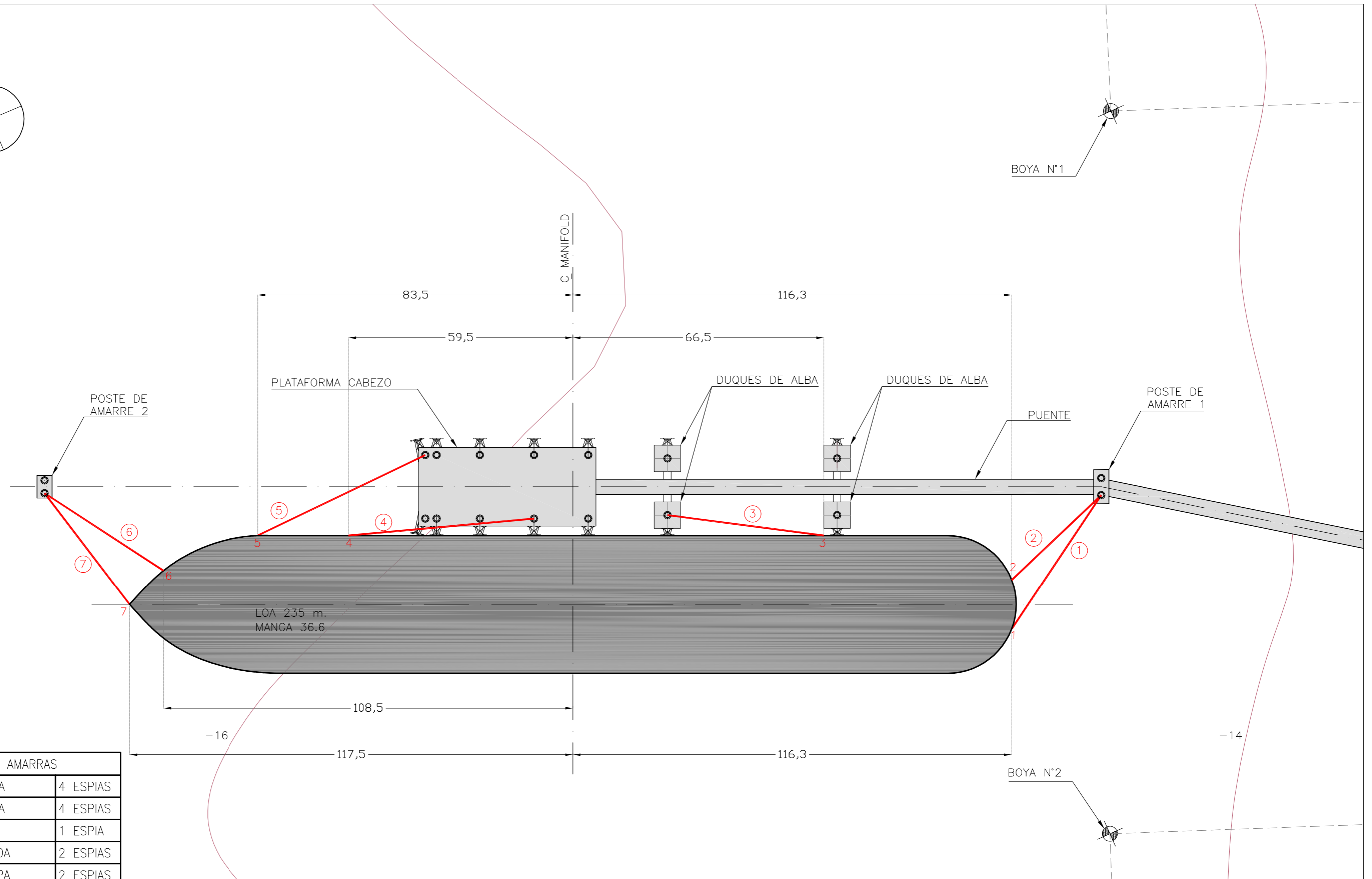
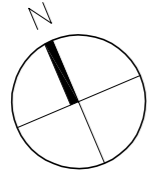
DATOS DE AMARRAS	
LARGOS DE PROA	4 ESPIAS
LARGOS DE POPA	4 ESPIAS
TRAVES	1 ESPIA
SPRINGS DE PROA	2 ESPIAS
SPRINGS DE POPA	2 ESPIAS
MATERIAL	POLIESTER
MENA	10"

- ① : AMARRAS
- 1 : FAIRLEADS

CLIENTE: TERMINAL MARITIMO EN QUINTEROS
 SITIO SUR
 NAVE 225 m. DE ESLORA
 DENOMINACION LINEAS DE AMARRE Y UBICACION DE FAIRLEADS



ESQUEMA N°	Dib.	Rev.	Aprobo
03	E.P.R.	P.C.	J.R.L.



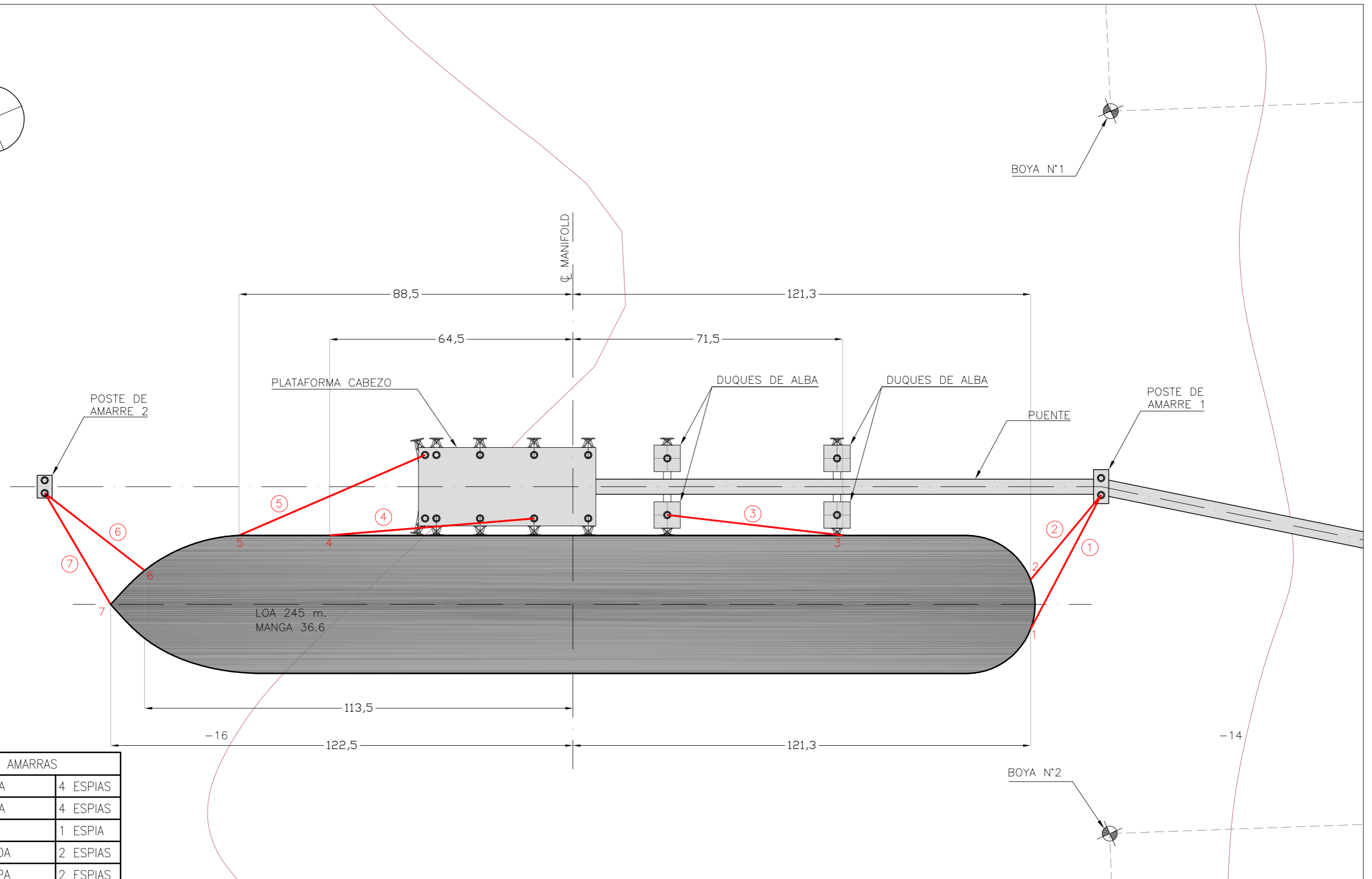
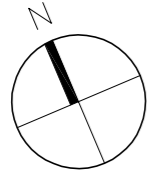
DATOS DE AMARRAS	
LARGOS DE PROA	4 ESPIAS
LARGOS DE POPA	4 ESPIAS
TRAVES	1 ESPIA
SPRINGS DE PROA	2 ESPIAS
SPRINGS DE POPA	2 ESPIAS
MATERIAL	POLIESTER
MENA	10"

- ① : AMARRAS
- 1 : FAIRLEADS

CLIENTE: TERMINAL MARITIMO EN QUINTEROS
 SITIO SUR
 NAVE 235 m. DE ESLORA
 DENOMINACION LINEAS DE AMARRE Y UBICACION DE FAIRLEADS



ESQUEMA N° 04	Dib.	Rev.	Aprobo
	E.P.R.	P.C.	J.R.L.



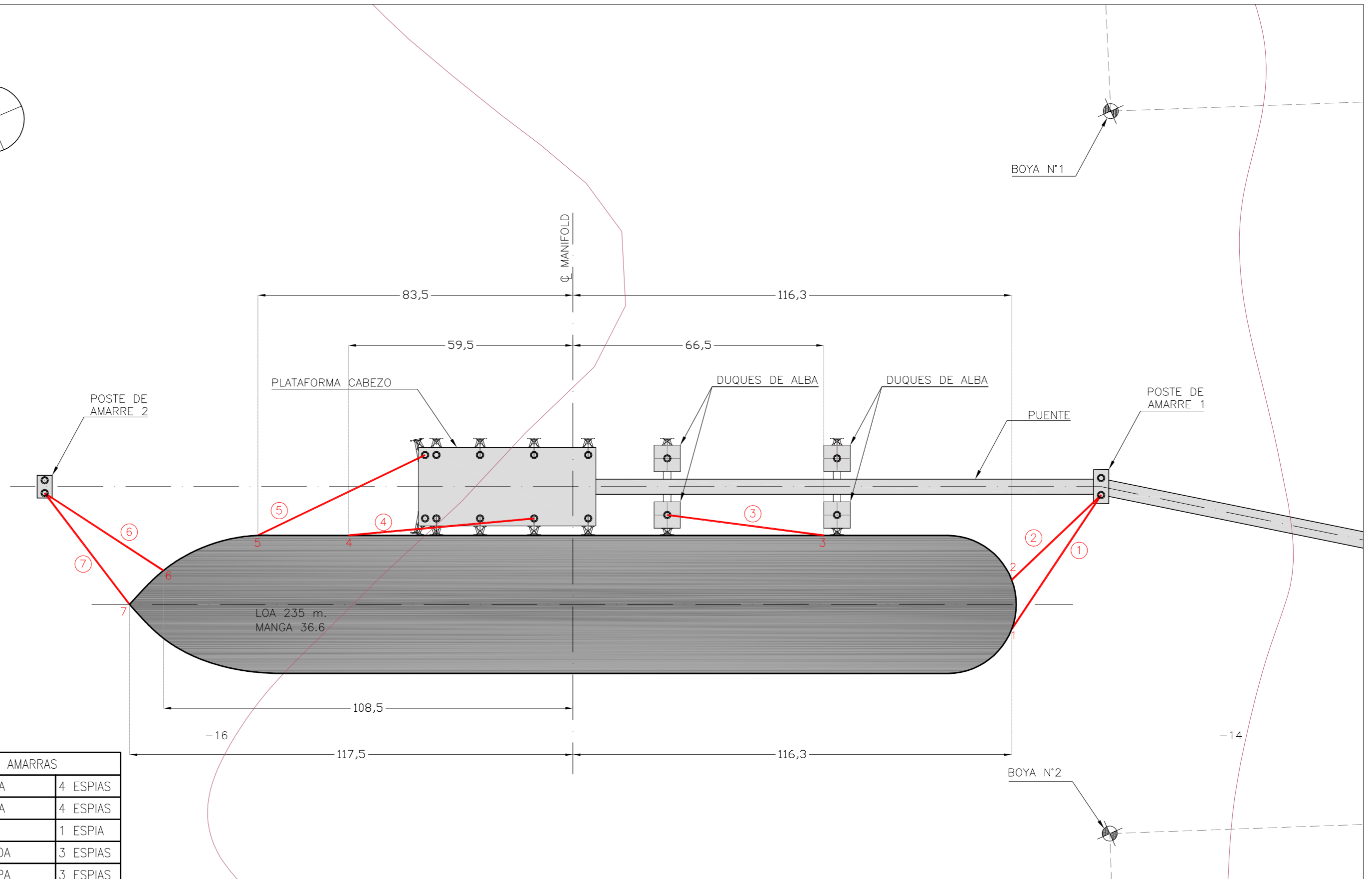
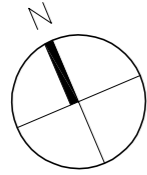
DATOS DE AMARRAS	
LARGOS DE PROA	4 ESPIAS
LARGOS DE POPA	4 ESPIAS
TRAVES	1 ESPIA
SPRINGS DE PROA	2 ESPIAS
SPRINGS DE POPA	2 ESPIAS
MATERIAL	POLIESTER
MENA	10"

- ① : AMARRAS
- 1 : FAIRLEADS

CLIENTE: TERMINAL MARITIMOEN QUINTEROS
 SITIO SUR
 NAVE 245 m. DE ESLORA
 DENOMINACION LINEAS DE AMARRE Y UBICACION DE FAIRLEADS



ESQUEMA N°	Dib.	Rev.	Aprobo
05	E.P.R.	P.C.	J.R.L.



DATOS DE AMARRAS	
LARGOS DE PROA	4 ESPIAS
LARGOS DE POPA	4 ESPIAS
TRAVES	1 ESPIA
SPRINGS DE PROA	3 ESPIAS
SPRINGS DE POPA	3 ESPIAS
MATERIAL	POLIESTER
MENA	12"

① : AMARRAS
 1 : FAIRLEADS

CLIENTE: TERMINAL MARITIMO EN QUINTEROS
 SITIO SUR
 NAVE 235 m. DE ESLORA SITUACION OPTIMIZADA
 DENOMINACION LINEAS DE AMARRE Y UBICACION DE FAIRLEADS



ESQUEMA N°	Dib.	Rev.	Aprobo
06	E.P.R.	P.C.	J.R.L.

