



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	Coefficientes 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 6-9: Incidencia de Corrientes – Estación Quintero 16 de Julio al 18 de Agosto de 2005. ....	31
Tabla 6-10: Extrapolación de Valores Extremos – Corrientes – Proyección Gumbel.....	31
Tabla 6-11: 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 evaluó 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.