



UNIVERSIDAD DE VALPARAÍSO  
INGENIERÍA CIVIL OCEÁNICA  
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR Y DE RECURSOS NATURALES

**DETERMINACIÓN DE LA OPERABILIDAD DE UN BUQUE  
AMARRADO PARA EL FUTURO TERMINAL DE DESCARGA DE  
CARBÓN EN MEJILLONES, II REGIÓN.**

PROYECTO DE TÍTULO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL OCEÁNICO

CARLOS DANIEL CÓRDOVA VÁSQUEZ

PROFESOR GUÍA:  
MAURICIO REYES GALLARDO

COMISIÓN EVALUADORA:  
PATRICIO WINCKLER GREZ  
ERNESTO GÓMEZ ARAYA

VIÑA DEL MAR – CHILE  
MAYO 2010

---

## DECLARACIÓN

Este trabajo o alguna de sus partes no ha sido presentado anteriormente en la Universidad de Valparaíso, institución universitaria chilena o extranjera u organismo 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 son de propiedad de la empresa PROCON S.A. Ingeniería utilizada en el contexto de esta memoria, 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 correspondientes.

---

## AGRADECIMIENTOS

En estos párrafos quiero agradecer personalmente a tres personas fundamentales que han sido un pilar fundamental en el desarrollo de mi Proyecto de Título: a Don José Garrido Cuadra, Don Mauricio Reyes Gallardo y Don Matías Quezada Labra, por tener la paciencia y gentileza en aclarar dudas y problemas presentados en el desarrollo de este proyecto. Además a los profesores de la carrera de Ingeniería Civil Oceánica, en especial a Don Patricio Winckler Grez por su entrega en todo momento en el mundo de la ingeniería marítima en Chile, y los amigos de PROCON S.A. Ingeniería que siempre estuvieron ayudándome con sus comentarios y arreglos correspondientes con respecto a la memoria.

También van mis agradecimientos a mis padres y mi hermano Sebastián Córdova Vásquez con su apoyo incondicional en todo momento.

Finalmente nada más que agradecer a todas las personas que siempre me estuvieron apoyando en esté largo proceso que es el Proyecto de Título.

Carlos Córdova Vásquez.

**Este Proyecto de Título va dedicado a mi abuelo Newman Vásquez Martí, a pesar de no estar presente en estos momentos sé que desde el cielo está compartiendo este esfuerzo.**

*Hay hombres que luchan un día y son buenos.*

*Hay otros que luchan un año y son mejores.*

*Hay quienes luchan muchos años y son muy buenos.*

*Pero hay los que luchan toda la vida: esos son los imprescindibles.*

*Bertolt Brecht.....*

---

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	INTRODUCCIÓN.....	13
2	ALCANCES .....	14
3	OBJETIVOS .....	15
3.1	Objetivo General .....	15
3.2	Objetivos Específicos .....	15
4	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	16
4.1	Mecánica del Oleaje.....	16
4.1.1	Oleaje Regular.....	16
4.2	Teoría Lineal del Oleaje .....	17
4.2.1	Enfoque de Análisis .....	17
4.2.2	Conservación de Masa “Ecuación de Continuidad” .....	18
4.2.3	Ecuaciones de Movimiento.....	19
4.2.4	Ecuaciones de Movimiento para Fluidos Irrotacionales.....	21
4.2.5	Formulación de Teoría Lineal del Oleaje .....	22
4.2.6	Condiciones de Borde.....	23
4.3	Análisis de Oleaje.....	26
4.3.1	Descripción Estadística del Oleaje.....	26
4.3.2	Descripción Espectral del Oleaje .....	27
4.4	Sintéticas de Oleaje .....	29
4.4.1	Espectro Pierson – Moskowitz.....	29
4.4.2	Espectro Jonswap.....	30
4.4.3	Espectro Swell .....	31
4.5	Teoría de Cuerpos Flotantes.....	31
4.5.1	Fuerzas de Olas Regulares .....	32
4.5.2	Fuerza de Olas Irregulares .....	33
4.5.3	Fuerza Media de Deriva por Oleaje .....	33
4.5.4	Dominio de Frecuencia .....	34
4.5.5	Fuerzas y Momentos .....	36
4.5.6	Cargas Hidrodinámicas.....	37

---

4.6	Determinación de las Fuerzas Sobre la Nave .....	39
4.6.1	Fuerzas del Viento .....	39
4.6.2	Fuerzas de las Corrientes .....	40
5	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	41
5.1	Ubicación del Terminal Marítimo .....	41
5.2	Condiciones Climáticas .....	43
5.3	Condiciones Oceanográficas .....	43
5.3.1	Estudio de Vientos .....	43
5.3.2	Estudio de Olas .....	48
5.3.3	Estudio de Corrientes .....	51
5.3.4	Estudio de Mareas .....	64
6	DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA TERMSIM II .....	65
6.1	Generalidades .....	65
6.2	Descripción de la Base de Datos .....	68
7	LIMITACIONES DEL BUQUE .....	70
8	CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA A MODELAR .....	71
8.1	Muelle Granelero .....	71
8.2	Naves de Diseño .....	72
8.3	Condición de Carga .....	73
8.3.1	Desplazamiento a Plena Carga .....	73
8.4	Deckhouse (Superestructura) .....	75
8.5	Determinación Área Expuesta .....	76
8.6	Coeficientes Hidrodinámicos .....	77
8.7	Sistema de Amarre .....	78
8.7.1	Fairleads .....	78
8.7.2	Bitas .....	79
8.7.3	Líneas de Amarre .....	80
8.8	Sistema de Atraque .....	82
8.8.1	Características Fuerzas de Atraque .....	82

---

---

8.8.2	Determinación de la Energía Efectiva de Atraque .....	83
8.8.3	Determinación de la Energía Cinética de Atraque ( $E$ ).....	84
8.8.4	Determinación de la Energía Efectiva de Atraque ( $E_f$ ) .....	84
8.8.5	Selección de la Defensa .....	85
8.8.6	Energía de Absorción de la Defensa ( $E_a$ ) y Reacción ( $R$ ) .....	86
9	EJECUCIÓN Y RESULTADOS DEL MODELO TERMSIM II .....	88
9.1	Casos de Estudio .....	88
9.2	Ensayos Efectuados.....	90
9.3	Criterios para Estimación de la Operabilidad .....	90
9.3.1	Criterios de Downtime.....	90
9.3.2	Criterios Limitantes del Buque .....	91
9.3.3	Tensión Admisible en las Espías de Amarre .....	91
9.3.4	Carga Admisible en las Defensas .....	91
9.4	Porcentaje de Operabilidad Obtenido .....	91
10	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	94

---

## ANEXOS

ANEXO A      PLANOS TERMINAL MARÍTIMO DE MEJILLONES

ANEXO B      TABLAS CON RESULTADOS DE LA MODELACIÓN NUMÉRICA TERMSIM II

---

## LISTA DE TABLAS

Tabla 5-1: Condiciones Climáticas de Mejillones [Fuente: Referencia 14].	43
Tabla 5-2: Incidencia del Viento Magnitud vs Dirección “Invierno” [Fuente: Referencia 9].	46
Tabla 5-3: Valores Medio y Máximo del Viento por Dirección “Invierno” [Fuente: Referencia 9].	46
Tabla 5-4: Incidencia del Viento Magnitud vs Dirección “Verano” [Fuente: Referencia 9].	47
Tabla 5-5: Valores Medio y Máximo del Viento por Dirección “Verano” [Fuente: Referencia 9].	48
Tabla 5-6: Ubicación del Nodo de Extracción de Datos de Olas [Fuente: Referencia 8].	49
Tabla 5-7: Incidencia de Alturas de Olas ( $H_s$ ) por Período ( $T_p$ ) [Fuente: Referencia 8].	50
Tabla 5-8: Incidencia de Alturas de Olas ( $H_s$ ) por Dirección (D) [Fuente: Referencia 8].	50
Tabla 5-9: Coordenadas Geográficas de las Mediciones de Corrientes [Fuente: Referencia 10].	51
Tabla 5-10: Campaña de Invierno Julio – Agosto [Fuente: Referencia 10].	58
Tabla 5-11: Campaña de Verano Enero - Febrero 2008 [Fuente: Referencia 10].	60
Tabla 5-12: Incidencia de las Corrientes en el Fondo Marino “Invierno” [Referencia 10].	62
Tabla 5-13: Incidencia de las Corrientes en el Fondo Marino “Verano” [Fuente: Referencia 10].	64
Tabla 5-14: Características de la Marea en Mejillones [Fuente: Referencia 11].	65
Tabla 7-1: Movimiento Admisible Nave Granelera [Fuente: Referencia 6].	70
Tabla 8-1: Características Nave Granelera LOA 280 [Fuente: Referencia 12].	72
Tabla 8-2: Características Nave Granelera LOA 180 [Fuente: Referencia 12].	72
Tabla 8-3: Coeficientes de Bloque Navas Graneleras [Fuente: Referencia 3].	74
Tabla 8-4: Volumen Máximo y Mínimo Nave Granelera [Fuente: Referencia 3].	75
Tabla 8-5: Superestructura Nave Granelera [Fuente: Referencia 1].	76
Tabla 8-6: Área Expuesta de la Nave al Viento LOA 280 m [Fuente: Referencia 3].	77
Tabla 8-7: Área Expuesta de la Nave al Viento LOA 180 m [Fuente: Referencia 3].	77
Tabla 8-8: Coordenadas de las Bitas [Fuente: Referencia 15].	79
Tabla 8-9: Características Técnicas de Amarras [Fuente: Referencia 1].	81
Tabla 8-10: Energía y Reacción de la Cell Fender [Fuente: Referencia 1].	87
Tabla 9-1: Casos de Estudio Buque Granelero LOA 280 – LOA 180 [Fuente: Referencia 12].	89
Tabla 9-2: Movimientos Admisibles Nave Granelera [Fuente: Referencia 6].	91
Tabla 9-3: Porcentaje de Operabilidad – Buque Granelero C Máx. LOA 280 m [Fuente: Referencia 15].	92
Tabla 9-4: Porcentaje de Operabilidad – Buque Granelero C Mín. LOA 280 m [Fuente: Referencia 15].	92
Tabla 9-5: Porcentaje de Operabilidad – Buque Granelero C Máx. LOA 180 m [Fuente: Referencia 15].	93
Tabla 9-6: Porcentaje de Operabilidad – Buque Granelero C Mín. LOA 180 m [Fuente: Referencia 15].	93

---

## LISTA DE FIGURAS

Figura 4-1: Volumen de Control [Fuente: Referencia 2].	18
Figura 5-1: Foto Satelital de la Zona del Proyecto [Fuente: Referencia 13].	42
Figura 5-2: Ubicación del Terminal Marítimo de Mejillones [Fuente: Referencia 13].	42
Figura 5-3: Estación Meteorológica Vantage Pro 2 [Fuente: Referencia 9].	44
Figura 5-4: Frecuencia Dirección y Magnitud del Viento " Invierno" [Fuente: Referencia 9].	45
Figura 5-5: Frecuencia Dirección y Magnitud del Viento "Verano" [Fuente: Referencia 9].	47
Figura 5-6: Ubicación del Nodo de Extracción de Datos de Olas [Fuente: Referencia 8].	49
Figura 5-7: ADCP Marca RD Instruments, Modelo WorkHorse Sentinel [Fuente: Referencia 10].	51
Figura 5-8: Principales Puntos de Medición de las Corrientes Euleriana [Fuente: Referencia 10].	53
Figura 5-9: Derivadores del Tipo Veleta Cruzada [Fuente: Referencia 10].	54
Figura 5-10: Lances Efectuados en Llenante [Fuente: Referencia 10].	55
Figura 5-11: Lances Efectuados en Vaciante [Fuente: Referencia 10].	56
Figura 5-12: Incidencia de las Corrientes "Invierno" [Fuente: Referencia 10].	59
Figura 5-13: Incidencia de las Corrientes "Verano" [Fuente: Referencia 10].	61
Figura 5-14: Características de las Corrientes en el Fondo Marino " Invierno" [Referencia 10].	62
Figura 5-15: Características de las Corrientes en el Fondo Marino "Verano" [Fuente: Referencia 10].	63
Figura 6-1: Esquema Funcionamiento TERMSIM II [Fuente: Referencia 1].	69
Figura 7-1: Movimientos de la Nave de Diseño [Fuente: Referencia 3].	71
Figura 8-1: Ubicación de las Esloras en un Buque [Fuente: Referencia 1].	74
Figura 8-2: Ubicación de los Puntos de Amarre "Fairleads" [Fuente: Referencia 12].	79
Figura 8-3: Ubicación de las Bitas [Fuente: Referencia 12].	80
Figura 8-4: Polipropileno 8 – Strand [Fuente: Referencia 1].	81
Figura 8-5: Sistema de Defensa Cell Fenders, Bridgestone [Fuente: Referencia 1].	87
Figura 9-1: Esquema Buque Granelero v/s Condiciones Oceanográficas [Fuente: Referencia 1].	89

---

## REFERENCIAS

- Referencia 1:** OCIMF (1992). Mooring Equipment Guidelines. The Oil Companies International Marine Forum. London, British Library Cataloguing in Publication Data. 12p.
- Referencia 2:** Shore Protection Manual (SPM). Mechanics of Wave Motion. 1ª ed. Washington, USA, Department of the Army, 1984. 1 – 147p.
- Referencia 3:** Recomendación de Obras Marítimas Españolas (ROM 02 – 90). Acciones en el Proyecto de Obras Marítimas y Portuarias, 1ª ed. Madrid, España, Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, 1990. 183 – 220p.
- Referencia 4:** Naval Facilities Engineering Command (NAVFAC DM – 26). Fleet Moorings. 2ª ed. Washington, USA, Basic Criteria and Planning Guidelines, 1985.325p.
- Referencia 5:** Documentos de Referencia (UNICAN). Dinámica Vol I. 1ª ed. Cantabria, España, Análisis de Oleaje, 2000.580p.
- Referencia 6:** Asociación Internacional Permanente de Congresos de Navegación (PIANC). Criteria for Movements of Moored Ships in Harbours, 1ª ed. Washington, USA, A Practical Guide, 1995. 1 – 35p.
- Referencia 7:** Lloyds Register of Shipping. Rules and Regulations for the Classification of Ships, 3ª ed. London, United Kingdom, 1989.45p.
- Referencia 8:** Baird & Associates S.A. Estudio de Oleaje en Central Termoeléctrica de Mejillones. Santiago, Chile. 2009.61p.

- 
- Referencia 9:** GEOMAR S.A. Estudio de Vientos en Mejillones para PROCON S.A. Ingeniería. Santiago, Chile. 2009. 130p.
- Referencia 10:** GEOMAR S.A. Estudio de Corrientes y Calidad del Fondo Marino en la Bahía de Mejillones para PROCON S.A. Ingeniería. Santiago, Chile. 2009. 145p.
- Referencia 11:** Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA). Método Oficial para el Cálculo de los Valores No Armónicos de la Marea, 2ª ed. Valparaíso, Chile. 1999. 26p.
- Referencia 12:** PROCON S.A. Ingeniería. Criterio de Diseño Terminal Marítimo de Mejillones, 55p, 2009.
- Referencia 13:** Software Google Earth, versión 2009. Imágenes Satelitales de la Central Termoeléctrica de Mejillones [en línea] Washington, Usa <<http://earth.google.es/index>> [consulta: 15 Julio 2009].
- Referencia 14:** Dirección Meteorológica de Chile. Condiciones Climáticas de Mejillones [en línea] Santiago, Chile <<http://www.meteochile.cl/pronostico.html>> [consulta: 25 Julio 2009].
- Referencia 15:** Software Surface Modeling System (SMS), versión 8.1. Modelo Numérico Espectral STWAVE. Us Army Corps of Engineers (USACE). 2008.

---

## 1 INTRODUCCIÓN

En el marco de los estudios preliminares para el diseño de un muelle granelero en el puerto de Mejillones, que ejecuta y avala la empresa PROCON S.A. Ingeniería, se propone este tema para Proyecto de Título, cuyo objetivo central es determinar la operabilidad de un tipo de buque de diseño, simulando la condición futura del terminal de descarga de carbón en Mejillones. En lo medular, para logro del objetivo principal señalado, se ejecutará el estudio del comportamiento dinámico de buques amarrados, mediante un modelo numérico de respuesta de buque desarrollado por TERMSIM II del Maritime Research Institute Netherlands (MARIN), versión 2008, basado en la resolución de las ecuaciones de fuerza de oleaje, corrientes y viento (Referencia 1), sobre la estructura del buque.

Los parámetros y variables de ingreso y calibración del modelo, se obtendrán a partir de estudios existentes acerca de las condiciones oceanográficas, que fueron encargados especialmente por PROCON S.A. Ingeniería, a una empresa especializada en el rubro. Como parte del perfil académico de este Proyecto de Título, se incorpora un análisis de antecedentes donde está información es revisada y comentada en cuanto su fundamento y justificaciones teóricas.

Finalmente, se propondrán y estudiarán en detalle el sistema de atraque y amarre, características de cada nave y las restricciones al movimiento del buque. Con ello, y a partir de la aplicación del modelo calibrado, se obtendrán las tensiones en espías de amarre y reacciones en las defensas, así como rangos de desplazamiento, cuyos resultados serán comparados con las exigencias de la normativa vigente, verificando que el layout en estudio garantice una operación de transferencia de carga segura y eficiente.

---

## 2 ALCANCES

La investigación contempla analizar las limitaciones impuestas a los movimientos del buque para una adecuada operación del cargador de barcos y las normas de uso frecuentes en este ámbito. Al respecto, el estudio está específicamente desarrollado para el layout propuesto por PROCON S.A. Ingeniería, y no se considera la modificación o ajuste de ese layout, ni la determinación de mecanismos de falla del puerto, a excepción de lo que respecta al sistema de amarre y defensas. En ese marco, se describirá su configuración, así como las características del buque de diseño, disposición y propiedades de los elementos que conforman el sistema, sensibilizando el estudio respecto a la ubicación de puntos de amarre y defensa, a fin de comprobar la calidad del diseño propuesto.

Los parámetros oceanográficos que son materia prima en este estudio son recogidos de las campañas de medición encargadas por PROCON S.A. Ingeniería a empresas especializadas del rubro. En este Proyecto de Título se analiza el marco teórico para la definición de dichos parámetros, pero no se considera modificar o alterar los criterios con que se logró tales resultados. En resumen, los antecedentes señalados son datos de entrada fijos para el estudio.

Para estimar la operabilidad del futuro terminal marítimo de Mejillones se definirán los Criterios de Downtime, estos son los criterios operacionales como de seguridad que se establecieron para revisar los resultados de la simulación, de manera de garantizar una operación segura y eficiente de los brazos de carga del cabezo y resguardar la integridad de las estructuras.

De acuerdo a los resultados obtenidos en las simulaciones de respuesta del buque granelero y los criterios para los límites de operabilidad, se determina la operabilidad del terminal para la atención de naves graneleras.

---

## 3 OBJETIVOS

### 3.1 Objetivo General

El estudio tiene por objetivo general determinar los porcentajes anuales de operabilidad para buques tipo granel amarrados al futuro terminal de descarga de carbón en Mejillones, II Región, empleando el programa de simulación TERMSIM II versión 2008.

### 3.2 Objetivos Específicos

- Explicar y analizar los fundamentos teóricos del software TERMSIM II versión 2008.
- Analizar y justificar teóricamente los antecedentes oceanográficos para definir los parámetros de calibración e ingreso de datos al modelo.
- Verificar que las tensiones en las espías, las cargas sobre bitas y las reacciones de las defensas no sobrepasen los valores recomendados de diseño, para las condiciones de operación de las naves del terminal.
- Determinar debilidades y/o fortalezas del layout propuesto, y emitir mediante la sensibilización de parámetros del amarre, para un buque granel, recomendaciones para el ajuste de puntos de amarre y defensa.

---

## 4 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 4.1 Mecánica del Oleaje

El oleaje oceánico de periodo corto, es decir, olas que son generadas por la acción del viento y con periodos comprendidos entre los 5 y 30 segundos. Puede ser caracterizado por variadas teorías de diversa complejidad, entre las cuales se encuentra la Teoría Lineal del Oleaje, la teoría más sencilla desarrollada para explicar la mecánica del oleaje.

El conocimiento del oleaje y las fuerzas que genera es esencial para el diseño de obras costeras y de terminales portuarios. La simple observación de la superficie del mar, muestra que el oleaje es un fenómeno irregular y tridimensional, altamente complejo, lo que hace necesario realizar una serie de simplificaciones para acercarse a una representación que permita modelar la compleja mecánica del oleaje.

#### 4.1.1 Oleaje Regular

El oleaje regular es una primera aproximación que permite conocer la mecánica de oleaje con una simple representación matemática, suponiendo un fenómeno bidimensional de pequeña amplitud, sinusoidal, progresivo y con influencia del fondo, el cual está definido por una altura de ola y un periodo asociado a la onda. Mediante esta simple representación es posible determinar movimiento, desplazamientos, cinemática y la dinámica del oleaje, proporcionando estimaciones de gran utilidad para el diseño de ingeniería.

La teoría desarrollada para el oleaje regular no permite representar el comportamiento aleatorio que tiene el oleaje, por lo que fue necesario contar con una descripción alternativa de las olas del mar. Es así como surgieron otros métodos que permiten, mediante el uso de teorías estadísticas y probabilísticas, caracterizar el oleaje irregular del mar. Una forma de abordar el problema por estos

métodos es transformar la superficie del mar, usando la teoría de Fourier, en superpociones lineales de ondas sinusoidales para luego definir las características del oleaje en términos de un espectro de energía asociado.

## 4.2 Teoría Lineal del Oleaje

Para poder determinar analíticamente el movimiento de la superficie de un cuerpo de agua, es necesario formular matemáticamente las leyes que rigen su comportamiento. Esta teoría fue descrita por Airy (1980-1892), y sus aplicaciones son de amplia utilidad en el desarrollo y solución de problemas de ingeniería, dado que su planteamiento es sencillo y sus aproximaciones son adecuadas para la mayoría de estos.

### 4.2.1 Enfoque de Análisis

Para describir el movimiento de las partículas de fluido fue necesario determinar que tipo de sistema de referencia se utilizará para este fin. Es así como el análisis se llevo a cabo bajo el enfoque Euleriano, el cual describe el cambio ocurrido en el flujo desde un punto fijo ( $x, y, z$ ) en el espacio, no considerando la historia de movimiento del análisis. Además fue necesario definir los parámetros que forman parte de las ecuaciones desarrolladas en adelante, siendo estos los siguientes.

- $h$  : Profundidad del agua, medida desde el fondo hasta el nivel de aguas quietas.
- $z$  : Elevación de un punto determinado de la superficie libre respecto de un sistema de coordenadas cuyo origen está en el nivel de aguas quietas.
- $p$  : Presión hidrostática.
- $u$  : Velocidad horizontal orbital.
- $w$  : Velocidad vertical orbital.
- $L$  : Longitud de la ola.
- $\eta$  : Elevación de la superficie libre respecto del nivel de aguas quietas.

- $H$  : Altura de la ola.  
 $a$  : Amplitud de la ola.  
 $c$  : Celeridad de la ola.  
 $\phi$  : Velocidad potencial.  
 $\rho$  : Densidad del agua.  
 $g$  : Aceleración de gravedad.

#### 4.2.2 Conservación de Masa “Ecuación de Continuidad”

La ecuación de conservación de masa es derivada del hecho que la tasa de cambio de masa de un fluido, el cual ocupa un volumen fijo en el espacio, es igual al flujo de masa de fluido que ocurre a través de los bordes o límites del volumen mencionado.

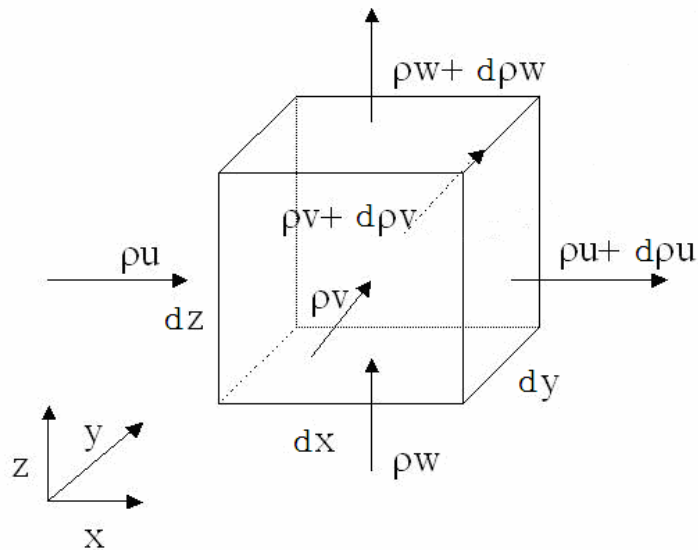


Figura 4-1: Volumen de Control [Fuente: Referencia 2].

Igualando las expresiones de flujo neto de masa y la expresión de salida neta de masa debido a la advección, se obtiene:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla(\rho \cdot \vec{u}) = 0$$

**Ecuación 4-1**

Esta ecuación general de conservación de masa puede ser simplificada si el fluido es incompresible, lo que significa que

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

**Ecuación 4-2**

La ecuación finalmente queda:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = 0$$

**Ecuación 4-3**

### 4.2.3 Ecuaciones de Movimiento

Las ecuaciones de movimiento de una partícula de fluido pueden ser descritas según la segunda Ley de Newton;

$$\frac{d(m\vec{v})}{dt} = \sum F$$

**Ecuación 4-4**

Para el desarrollo de las ecuaciones de movimiento de una partícula de fluido, Euler realizó ciertos supuestos sobre el comportamiento de las partículas y de las fuerzas que actuaban sobre estas.

## 4.2.3.1 Hipótesis de Continuidad

El fluido se considera distribuido continuamente en el espacio. De este modo, las funciones matemáticas que describen el comportamiento de los fluidos son consideradas funciones continuas.

## 4.2.3.2 Fluido no Viscoso

Para el análisis se consideró un comportamiento asociado a fluidos ideales; esto es que las fuerzas friccionales entre la columna y el fondo y entre la superficie libre la columna son considerados despreciables, así como también los esfuerzos friccionales internos.

## 4.2.3.3 Fluido Incompresible

Esto implica que la densidad del fluido ( $\rho$ ) es considerada como constante. Esta suposición no es del todo cierta, pero para la mayoría de los fluidos esta aproximación es cercanamente válida.

Dado todos estos supuestos, se pueden obtener las ecuaciones de movimiento por unidad de masa para los diferentes ejes del sistema de referencia. Según el enfoque Euliano se tiene que:

$$\frac{D\vec{u}}{dt} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial x} \quad \text{Ecuación 4-5}$$

$$\frac{D\vec{v}}{dt} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial y} \quad \text{Ecuación 4-6}$$

$$\frac{D\vec{w}}{dt} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial x} - g = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial z} (p + \rho g z)$$

**Ecuación 4-7**

Donde  $x$  e  $y$  se desarrollan en el plano horizontal y el eje  $z$  corresponde a la vertical.

#### 4.2.4 Ecuaciones de Movimiento para Fluidos Irrotacionales

La teoría de flujo irrotacional resulta de un número de simplificaciones en las ecuaciones de Navier-Stokes, las cuales son de gran utilidad para obtener soluciones analíticas del problema. La ecuación de continuidad resultante para un flujo incompresible e irrotacional, es llamada ecuación de Laplace y es expresada como:

$$\nabla^2 \phi = 0$$

**Ecuación 4-8**

Para poder determinar una expresión que permita buscar una solución para la velocidad potencial, se comenzará utilizando la ecuación de conservación de momento expresada por Euler;

$$\frac{\partial \vec{u}}{\partial t} + \vec{u} \cdot \nabla \vec{u} = -\nabla \left( \frac{p}{\rho} + g z \right)$$

**Ecuación 4-9**

Utilizando las relaciones existentes entre las derivadas parciales expresadas en la (Ecuación 4-6), la hipótesis de irrotacionalidad y escribiendo el término advectivo de la ecuación como lo indica la Ecuación 4-10.

$$\vec{u} \cdot \nabla \vec{u} = u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z}$$

**Ecuación 4-10**

$$\vec{u} \cdot \nabla \vec{u} = \nabla \left( \frac{1}{2} \vec{u} \cdot \vec{u} \right)$$

Ecuación 4-11

Una simplificación en esta expresión puede ser la utilización del gradiente escalar de velocidad potencial en la ecuación anterior, el cual para el término advectivo se expresa como;

$$\nabla \left( \frac{\partial \phi}{\partial t} + \frac{1}{2} (\nabla \phi)^2 + \frac{p}{\rho} + gz \right) = 0$$

Ecuación 4-12

Nótese que, esta ecuación es independiente de los ejes x-y-z. Procediendo con la integración en todos los ejes, se tiene que para cada uno de estos se tiene una constante distinta, pero por otro lado, el lado derecho de la ecuación es el mismo para todos los ejes. De este modo, la constante es única para el espacio y sólo depende del tiempo.

Con este análisis realizado obtenemos que la ecuación de Bernoulli para fluido incompresible, no viscoso, irrotacional e impermanente está dada por:

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} + \frac{1}{2} (\nabla \phi)^2 + \frac{p}{\rho} + gz = C(t)$$

Ecuación 4-13

#### 4.2.5 Formulación de Teoría Lineal del Oleaje

Para analizar el movimiento ondulatorio de una superficie libre, como es el caso de las olas, es necesario imponer las condiciones de borde que dominan y controlan el problema.

Para expresar matemáticamente el problema, se definirá la superficie libre mediante la relación  $z = \eta(x, t)$ , mientras que el fondo será definido como  $z = -h(x)$ . De este modo, el agua ocupa la región entre el fondo y la superficie libre o matemáticamente expresado,  $-h(x) \leq z \leq \eta(x, t)$ .

Para encontrar soluciones analíticas al problema se supuso, al igual que Euler, condiciones para el fluido de: continuidad, no viscosidad, incompresibilidad e irrotacionalidad. Junto con esto se considerará como campo de fuerzas sólo el campo gravitatorio. Otras consideraciones con respecto a las condiciones de borde son que no se considerará la tensión superficial como fuerza restauradora, la superficie del mar se considera como superficie libre ya que la acción del viento sobre esta se considerará despreciable el fondo es completamente impermeable y fijo.

#### 4.2.6 Condiciones de Borde

Como se mencionó anteriormente, las condiciones de borde se encuentran situadas sólo en el fondo y en la superficie, por lo que para encontrar una solución a las ecuaciones no lineales se debe diferenciar entre condiciones de borde cinemática, las cuales están asociadas al movimiento del fluido y las condiciones de borde dinámicas, las cuales están asociadas a las fuerzas que actúan sobre este.

La primera condición de borde a mencionar es la que respecta al fondo, como base sólida y fija. Vemos que no existe flujo entre la columna y el fondo, lo que se traduce en que la velocidad normal a esta superficie es cero. Se puede expresar matemáticamente como;

$$\frac{\partial \phi}{\partial z} = 0 \quad \text{Para } z = -h \quad \text{Ecuación 4-14}$$

La siguiente condición de borde a determinar es la relativa a la superficie. Como sabemos, la superficie esta compuesta por partículas de fluido, lo cual nos hace ver que no existe flujo a través de esta. Para describir esto en forma matemática, se dirá que la velocidad de las partículas es sólo tangencial a la superficie. Entonces dado lo anterior, tendremos una condición cinemática de la superficie, de acuerdo a la Ecuación 4-14.

$$\frac{\partial \phi}{\partial z} - \frac{\partial \eta}{\partial t} = 0 \quad \text{Para } z = 0 \quad \text{Ecuación 4-15}$$

Por último es importante agregar una condición dinámica al problema. Dado que suponemos que la superficie es libre, la presión relativa en este punto es igual a cero. Con esto sin perder generalidad se ha supuesto que la constante de integración es nula, por lo que la ecuación de Bernoulli queda reducida a:

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} + \frac{1}{2}(\nabla \phi)^2 + gz = 0 \quad \text{Ecuación 4-16}$$

A partir de estos supuestos, solucionando las ecuaciones del flujo potencial bidimensional (ecuación de Laplace) y despreciando los términos de segundo orden, se llega a la solución del problema.

Para esto es necesario realizar algunos cambios de variables y suponer que la celeridad de la onda es constante ( $C = \text{cte}$ ). Luego se define  $k = 2\pi/L$  como el número de ola y  $\omega = 2\pi/T$  como la frecuencia angular.

De las condiciones de borde se obtiene que la velocidad de fase está dada por:

$$C = \sqrt{\frac{g \cdot L}{2\pi} \cdot \tanh\left(\frac{2\pi \cdot h}{L}\right)} \quad \text{Ecuación 4-17}$$

Para pequeña amplitud  $z = \eta \approx 0$ , por lo que

$$\eta = a \cdot \cos \theta = \frac{H}{2} \cos(\omega t - kx) \quad \text{Ecuación 4-18}$$

Se resuelve entonces, la ecuación del flujo potencial:

$$\phi = -\frac{H \cdot c}{2} \cdot \frac{\cosh k(z+h)}{\sinh(kh)} \sin(\omega t - kx)$$

**Ecuación 4-19**

Conocidos  $\phi$ , se conoce la mecánica del oleaje y para describirlo sólo se requieren parámetros como  $h$ ,  $H$  y  $T$ . La longitud del oleaje queda definida como:

$$L = \frac{g \cdot T^2}{2\pi} \cdot \tanh\left(\frac{2\pi \cdot h}{L}\right)$$

**Ecuación 4-20**

Esta última ecuación tiene la dificultad que requiere una solución iterativa para converger al resultado, sin embargo con las herramientas computacionales actuales no presenta mayor complicación.

Aplicando los conceptos de la teoría lineal del oleaje se llega también a determinar expresiones para la velocidad orbital y aceleración de las partículas de agua bajo una ola.

$$u = \frac{H}{2} \cdot \frac{g \cdot T}{L} \cdot \frac{\cosh\left[2\pi \cdot \frac{(z+h)}{L}\right]}{\cosh\left[\frac{2\pi \cdot h}{L}\right]} \cdot \cos \theta$$

**Ecuación 4-21**

$$w = \frac{H}{2} \cdot \frac{g \cdot T}{L} \cdot \frac{\sinh\left[2\pi \cdot \frac{(z+h)}{L}\right]}{\cosh\left[\frac{2\pi \cdot h}{L}\right]} \cdot \sin \theta$$

**Ecuación 4-22**

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{g \cdot \pi \cdot H}{L} \cdot \frac{\cosh\left[2\pi \cdot \frac{(z+h)}{L}\right]}{\cosh\left[\frac{2\pi \cdot h}{L}\right]} \cdot \text{sen}\theta$$

**Ecuación 4-23**

$$\frac{\partial w}{\partial t} = \frac{g \cdot \pi \cdot H}{L} \cdot \frac{\text{senh}\left[2\pi \cdot \frac{(z+h)}{L}\right]}{\cosh\left[\frac{2\pi \cdot h}{L}\right]} \cdot \text{cos}\theta$$

**Ecuación 4-24**

Una descripción teórica más completa del oleaje puede ser obtenida a partir de las teorías no-lineales, donde los términos de segundo orden no se desprecian. Estas teorías se denominan de orden superior, sin embargo escapan a los alcances de este estudio.

#### 4.3 Análisis de Oleaje

##### 4.3.1 Descripción Estadística del Oleaje

Si bien la teoría lineal del oleaje permite encontrar resultados muy útiles para la ingeniería, no permite caracterizar adecuadamente el oleaje real, el cual tiene un comportamiento aleatorio. Para apreciar este fenómeno basta con observar la superficie del mar, donde se puede apreciar que hay olas de diferentes amplitudes, distintos períodos y desplazándose en distintas direcciones.

Se hace necesario caracterizar el oleaje para poder cuantificar sus propiedades de onda. Se define el concepto de estado de mar, el cual corresponde a una caracterización del oleaje a corto plazo (~3 horas). Se considera que en este lapso de tiempo los estadígrafos del oleaje no cambiarían mayormente, lo que se ha demostrado para tormentas típicas.

A partir de estos registros se establece un comportamiento probabilístico del oleaje. Para un estado de mar, la oscilación vertical de la superficie,  $(\eta)$ , sigue una distribución normal de media cero, por lo que el oleaje queda descrito por su varianza.

Ahora se hace necesario determinar parámetros que permitan definir la estadística de los estados de mar. Dos de los más importantes parámetros necesarios para una adecuada cuantificación básica del oleaje son la altura significativa y período peak,  $H_s$  y  $T_p$ , respectivamente.

De acuerdo a los estudios realizados, las alturas de ola siguen una distribución Rayleigh, la cual no presenta simetría a diferencia de la distribución Normal (Wilks, 1995). La probabilidad de esta distribución de oleaje está caracterizada por la varianza  $\sigma_\eta$ , tal que:

$$P(H) = \frac{H}{4\sigma_\eta^2} \cdot e^{-\left(\frac{H^2}{8\sigma_\eta^2}\right)}$$

**Ecuación 4-25**

De esta manera se puede estimar  $H_s$  mediante la varianza,  $H_{1/3} = 4 \cdot \sigma_\mu$ , donde  $H_{1/3}$  representa la altura media del tercio mayor de todas las olas observadas en la serie de tiempo y es igual a la altura significativa.

### 4.3.2 Descripción Espectral del Oleaje

Otra forma de describir un estado de mar es la descripción espectral, la cual podemos diferenciar en dos áreas; la descripción espectral teórica y la empírica. La primera de estas se basa en descomponer la superficie del mar mediante la transformada de Fourier. Esto considera la variación de la superficie libre en un punto determinado, permitiendo una descripción de la distribución de la varianza respecto a la frecuencia de la señal en el punto. Esta distribución se anota como  $E_{(f)}$  y se supone continua en el espacio de la frecuencia a pesar de que en la práctica

las señales son discretas. Este  $E_{(f)}$  también es llamado *espectro de energía* ya que utilizando la teoría lineal del oleaje la energía del oleaje puede ser estimada mediante la multiplicación de  $E_{(f)}$  por  $\rho g$ .

Las ventajas de una representación espectral del oleaje son que entrega directamente la frecuencia asociada a un peak de energía, lo que es muy práctico para aplicaciones de ingeniería, es decir, guarda la dirección H – T.

El espectro de oleaje puede ser obtenido a partir de una serie de tiempo continua de la superficie  $\eta(t)$  y el análisis de Fourier. A partir de este, el perfil del oleaje puede ser representado por una serie infinita de funciones armónicas de amplitud  $A_n$ , frecuencia  $\omega_n$  y fase relativa  $\varepsilon_n$ .

$$\eta(t) = \sum_{n=0}^{\infty} A_n \cos(\omega_n t - \varepsilon_n) \quad \text{Ecuación 4-26}$$

Luego el espectro de energía del oleaje dado por:

$$E(f) = \frac{1}{T_r} \left[ \sum_{n=0}^N \eta(n\Delta t) \cdot e^{2\pi j f(n\Delta t)} \Delta t \right]^2 \quad \text{Ecuación 4-27}$$

Un parámetro muy útil del análisis espectral es el parámetro espectral escalar  $m_0$  que corresponde al momento de orden cero del espectro y se define como:

$$m_0 = \int_0^{\infty} E(f)df$$

**Ecuación 4-28**

Este valor se corresponde al área bajo el espectro y permite estimar  $\sigma_n$  de esta manera se puede relacionar el área del espectro con la altura significativa  $H_s$ , por lo tanto  $H_s = 4.004 \cdot \sqrt{m_0}$ , pero se define como  $H_{m0} = 4 \cdot \sqrt{m_0} \approx H_s$ , en aguas profundas.

A partir de la frecuencia asociada al peak de energía  $f_p$  es posible obtener el período peak  $T_p$  donde  $T_p = 1/f_p$ .

## 4.4 Sintéticas de Oleaje

### 4.4.1 Espectro Pierson – Moskowitz

La forma espectral probablemente más popular es la propuesta conjuntamente por Pierson - Moskowitz (1964), los cuales, utilizando datos de campo y los avances teóricos de Phillips (1958) y Kitaigorodskii (1962), propusieron, para oleaje totalmente desarrollado, la siguiente forma espectral:

$$S(\omega) = 0.0081g^2\omega^{-5}e^{-1.26\left(\frac{\omega}{\omega_p}\right)}$$

**Ecuación 4-29**

Donde:

$g$  : Aceleración de gravedad ( $m/s^2$ ).

$\omega$  : Frecuencia de la onda (Rad/s).

$$\omega_p : 0.89g/U \quad 0.89g/U$$

$U$  : Velocidad del viento a una altura de 19.5 m.

#### 4.4.2 Espectro Jonswap

El espectro Joint North Sea Wave Project extiende al espectro P – M para incluir oleajes limitados por el fetch. Este espectro está basado en una extensa campaña de medidas llevada a cabo en el Mar del Norte entre 1968 y 1969. En dicha campaña, se midió las características espectrales del oleaje a distancias crecientes en la zona de generación, la forma de este espectro es la siguiente:

$$S(\omega) = \alpha g^2 \omega^{-5} e^{-1.25 \left( \frac{\omega}{\omega_p} \right)^4} y^\delta$$

**Ecuación 4-30**

Donde:

$$\alpha : 0.0624 / [0.23 + 0.033y - 0.185(1.9 + y)^{-1}]$$

$g$  : Aceleración de gravedad (m/s<sup>2</sup>).

$\omega$  : Frecuencia de la onda (Rad/s).

$$\omega_p : 0.89g/U$$

$y$  : Factor de acentuamiento añadido al espectro P – M ( $y = 3.3$ ).

$$\delta : e^{-\frac{(\omega - \omega_p)^2}{2\sigma_0^2 \omega_0^2}}$$

$$\sigma_0 : \begin{cases} \sigma_0^2 & \text{para } \omega \leq \omega_p \\ \sigma_0^2 & \text{para } \omega > \omega_p \end{cases}$$

El factor  $\gamma$  es un factor de acentuamiento de la onda añadido para representar las formas espectrales, más estrechas y apuntadas, que son típicas en un oleaje parcialmente desarrollado.

### 4.4.3 Espectro Swell

Las funciones de densidad espectral descritas hasta ahora describen el espectro de oleajes en desarrollo o totalmente desarrollados. Cuando la velocidad del viento disminuye, el oleaje comienza a atenuarse y los paquetes de olas con la misma frecuencia comienzan a comportarse como trenes de ondas libres. Para este tipo de oleaje situado en la zona de generación, Davidan (1969) propuso la siguiente forma espectral:

$$S(\omega) = 6m_0\omega_p^{-2} \left( \frac{\omega}{\omega_p} \right)^{-6} \exp \left[ -1.2 \left( \frac{\omega}{\omega_p} \right)^{-5} \right] \quad \text{Ecuación 4-31}$$

Donde:

$$m_0 : \int_0^{\infty} S_{\xi}(\omega) d\omega$$

$\omega$  : Frecuencia de la onda (Rad/s).

$\omega_p$  :  $0.89g/U$

La forma espectral se ajusta bien con los datos experimentales de Swell siempre que  $(H/gT^2 \leq 0.00125)$ .

### 4.5 Teoría de Cuerpos Flotantes

Para explicar los movimientos de 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. Estas dependerán en que estado de mar se produzcan y se diferencian en olas de 1° y 2° orden, dependiendo de la frecuencia que las defina.

## 4.5.1 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, como hipótesis se supone 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:

$$\bar{F} = - \int_{-\infty}^{\xi} (\bar{p} \cdot \bar{n}) dS \quad \text{Ecuación 4-32}$$

Donde  $\xi_a$  representa la amplitud de la ola. La presión sobre la estructura está dada por:

$$p = -\rho g z - \rho \frac{\partial \Phi}{\partial t} - \frac{1}{2} \rho \left[ \left( \frac{\partial \Phi}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial \Phi}{\partial z} \right)^2 \right] \quad \text{Ecuación 4-33}$$

De donde se obtiene que la fuerza por unidad de longitud debido al oleaje regular podemos expresarlo, después de un manejo algebraico, simplemente como:

$$\bar{F} = -\frac{1}{2} \rho g \xi_a^2 \quad \text{Ecuación 4-34}$$

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

## 4.5.2 Fuerza de 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 esta dado por:

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

**Ecuación 4-35**

Donde:

$$m_0 : \int_0^{\infty} S_z(w)dw$$

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

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

**Ecuación 4-36**

## 4.5.3 Fuerza Media de Deriva por Oleaje

El análisis anterior consideró como hipótesis el hecho de que las olas se reflejaban completamente en el cuerpo que incidían, lo cual no es completamente cierto pues generalmente estas reflejan

sólo una parte de ellas, mientras que el resto es transmitido directamente al cuerpo flotante. Y con esto el 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:

$$\xi_{ar} = R(\omega)\xi_a \quad \text{Ecuación 4-37}$$

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 podemos obtener directamente una expresión para la fuerza por unidad de largo, la cual está dada por:

$$\bar{F} = -\frac{1}{2} \rho g [R(\omega)\xi_a]^2 \quad \text{Ecuación 4-38}$$

#### 4.5.4 Dominio de Frecuencia

Las relaciones hidrodinámicas de fuerza y momento pueden ser descritas mediante la utilización de formulas clásicas (Cummins, 1962). Estas 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 del cuerpo, es posible obtener los esfuerzos a los cuales esta sometido este. Utilizando la expresión de la Ecuación 4-38 y considerando esfuerzos lineales de restitución,  $C \cdot x$ , mediante la segunda ley de Newton tenemos que:

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

**Ecuación 4-39**

Donde:

$\ddot{x}(t)$  : Aceleración de traslación (ó rotación) en el tiempo (m/s<sup>2</sup>).

$\dot{x}(t)$  : 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 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  $\psi$  y  $\lambda$  que por definición, dependen de estas velocidades directamente. Dada la complejidad de este cálculo, fue necesario determinar un método mas 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 frecuencia existentes, los cuales usaban la teoría potencial como principio teórico (Ogilvie, 1962).

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

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

**Ecuación 4-40**

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, obtenemos que

$$a(\omega) = A - \frac{1}{\omega} \int_0^{\infty} B(\tau) \sin(\omega\tau) d\tau$$

**Ecuación 4-41**

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

**Ecuación 4-42**

$$c = C$$

**Ecuación 4-43**

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

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

**Ecuación 4-44**

$$A = a(\omega)$$

**Ecuación 4-45**

#### 4.5.5 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,  $S$ .

$$\vec{F} = -\iint_S (p \cdot \vec{n}) dS \quad \text{Ecuación 4-46}$$

$$\vec{M} = -\iint_S p(\vec{r} \cdot \vec{n}) dS \quad \text{Ecuación 4-47}$$

Donde  $\vec{n}$  representa el vector normal a la superficie  $dS$  y  $\vec{r}$  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:

$$p = -\rho \frac{\partial \Phi}{\partial t} - \rho g z = -\rho \left( \frac{\partial \Phi_r}{\partial t} + \frac{\partial \Phi_w}{\partial t} + \frac{\partial \Phi_d}{\partial t} + g z \right) \quad \text{Ecuación 4-48}$$

#### 4.5.6 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,  $(\Phi_r)$ , 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.

$$\Phi_r(x, y, z, t) = \sum_{j=1}^6 \phi_j(x, y, z) v_j(t) \quad \text{Ecuación 4-49}$$

De esta expresión podemos deducir que el término debido a la radiación, tanto en las expresiones de fuerza como de momento hidrodinámico están dados por:

$$\vec{F}_r = \rho \iint_S \left( \frac{\partial}{\partial t} \sum_{j=1}^6 \phi_j v_j \right) \vec{n} dS \quad \text{Ecuación 4-50}$$

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

**Ecuación 4-51**

Cuyos componentes de fuerza y momento están definidos por:

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

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

Ya que ninguno de los términos potenciales depende del tiempo, podemos expresar cada uno de estos en forma analítica. De este modo que

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

**Ecuación 4-52**

A la Ecuación 4-52, si aplicamos el segundo teorema de Green, la condición de superficie libre considerando una función potencial  $\Phi = \phi e^{-i\omega t}$  y la relación de dispersión  $\omega^2 / g = k \tanh(kh)$ , podemos reducir las ecuaciones integrales a:

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

**Ecuación 4-53**

La Ecuación 4-53, que 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.

## 4.6 Determinación de las Fuerzas Sobre la Nave

A continuación se describe la formulación utilizada por el TERMSIM II en la determinación de las fuerzas actuantes sobre la nave.

### 4.6.1 Fuerzas del Viento

Las fuerzas del viento en la nave se calculan de acuerdo al documento "Predicción de Cargas de Viento y Corriente en VLCC's<sup>1</sup> desarrollado por la OCIMF (Oil Company Internacional Marine Forums). Los coeficientes de resistencia del viento están expresados en series de Fourier. Las fuerzas de viento y momento en el casco están dadas por:

$$X_{wind} = 0.5\rho_a V_{wr}^2 C_{wx}(\alpha_{wr}) A_T \quad \text{Ecuación 4-54}$$

$$Y_{wind} = 0.5\rho_a V_{wr}^2 C_{wy}(\alpha_{wr}) A_L \quad \text{Ecuación 4-55}$$

$$N_{wind} = 0.5\rho_a V_{wr}^2 C_{wn}(\alpha_{wr}) A_L L_{pp} \quad \text{Ecuación 4-56}$$

Donde:

$\rho_a$  : Densidad del aire.

$V_{wr}$  : Velocidad relativa de viento instantánea con respecto a la velocidad del buque.

$C_w$  : Coeficientes de la fuerza del viento.

$\alpha_{wr}$  : Ángulo relativo del viento con respecto al frente de la nave (sexagesimal).

$A_T$  : Área transversal del buque expuesta al viento.

---

<sup>1</sup> VLCC's: Transporte de crudo muy grandes (gran petrolero)

- $A_L$  : Área longitudinal del buque expuesta al viento.  
 $L_{pp}$  : Eslora del buque entre perpendiculares.  
 $X_{wind}$  : Fuerza longitudinal en sentido x, debido al viento.  
 $Y_{wind}$  : Fuerza transversal en sentido y, debido al viento.  
 $N_{wind}$  : Momento según  $Y_{wind}$ .

## 4.6.2 Fuerzas de las Corrientes

Las fuerzas de las corrientes en la nave se calculan de acuerdo al método OCIMF para la predicción de cargas de viento y corriente en VLCC's. Los coeficientes de resistencia de las corrientes derivan de datos experimentales y la influencia de la dirección de las corrientes está expresada en series de Fourier. Las fuerzas de corriente y momento en el casco están dadas por:

$$X_{current} = 0.5\rho_w V_{cr}^2 C_{cx}(\alpha_{cr}) TL_{pp} \quad \text{Ecuación 4-57}$$

$$Y_{current} = 0.5\rho_w V_{cr}^2 C_{cy}(\alpha_{cr}) TL_{pp} \quad \text{Ecuación 4-58}$$

$$N_{current} = 0.5\rho_w V_{cr}^2 C_{cn}(\alpha_{cr}) TL_{pp}^2 \quad \text{Ecuación 4-59}$$

Donde:

- $\rho_w$  : Densidad del agua.  
 $V_{cr}$  : Velocidad relativa de la corriente instantánea con respecto a la velocidad del buque.  
 $C_c$  : Coeficientes de la fuerza de la corriente.  
 $\alpha_{cr}$  : Ángulo relativo de la corriente con respecto al frente de la nave (sexagesimal).

---

$T$  : Calado del buque.

$L_{pp}$  : Eslora del buque entre perpendiculares.

$X_{current}$  : Fuerza longitudinal en sentido x, debido a la corriente.

$Y_{current}$  : Fuerza transversal en sentido y, debido a la corriente.

$N_{current}$  : Momento según  $Y_{current}$  .

## 5 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

### 5.1 Ubicación del Terminal Marítimo

El terminal marítimo de Mejillones se encuentra a 61 Km de Antofagasta, II Región, Mejillones, localidad que tiene 5.576 habitantes (Referencia 12), y es una pequeña ciudad puerto, cuyas principales actividades se relacionan con las industrias pesquera, eléctrica y de gas. De acuerdo a los diferentes estudios en la zona, para obras ya construidas, el suelo del área de proyecto se presenta uniforme en su origen y conformación, y variable en cuanto a sus características físicas y de resistencia. Dada la cercanía de dichos estudios con las áreas asociadas al proyecto, sus características geotécnicas pueden considerarse válidas para el alcance de este estudio. Esto como antecedente general pues, en rigor, la geotecnia del lugar no cae en los alcances del estudio ni incide en sus resultados. Las coordenadas geográficas aproximadas del lugar son las siguientes, Latitud: 23° 08' S – Longitud 70° 41' W.



Figura 5-1: Foto Satelital de la Zona del Proyecto [Fuente: Referencia 13].

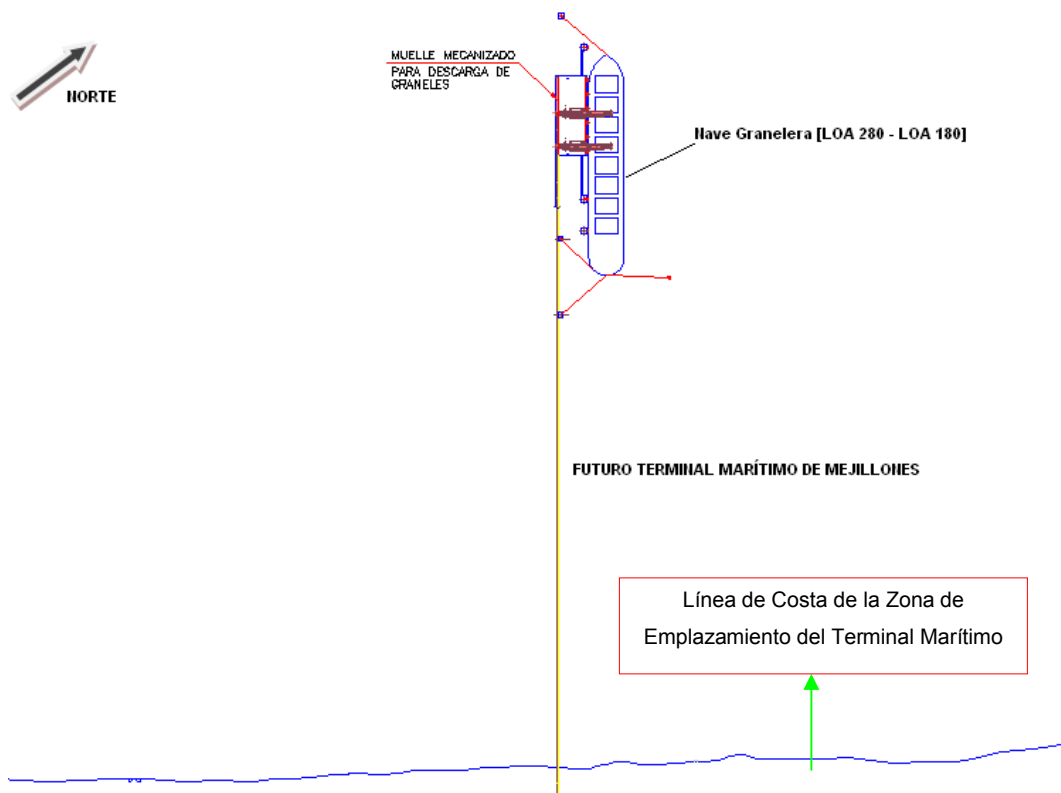


Figura 5-2: Ubicación del Terminal Marítimo de Mejillones [Fuente: Referencia 13].

## 5.2 Condiciones Climáticas

Las condiciones climáticas en el área del proyecto son las siguientes:

Temperatura		Humedad Relativa	Precipitaciones	Nieve
Oscilación diaria	Temperatura media	Promedio	Máximo Anual	Máximo Anual
7.3 °C [Enero]	20.5 °C [Enero]	72 % [Enero]	2.6 mm	No se han registrado heladas ni nieve en el sector.
5.0 °C [Julio]	14.9 °C [Julio]	75 % [Julio]		
6.5 °C [Anual]	18.0 °C [Anual]	73 % [Anual]		

**Tabla 5-1: Condiciones Climáticas de Mejillones [Fuente: Referencia 14].**

## 5.3 Condiciones Oceanográficas

### 5.3.1 Estudio de Vientos

Los antecedentes de vientos expuestos a continuación se obtuvieron del estudio oceanográfico realizados para PROCON S.A. Ingeniería (Referencia 9).

Para conocer el régimen local de vientos en Mejillones durante el periodo de mediciones, se obtuvieron registros de magnitud y dirección del viento con una estación meteorológica instalada en el área de estudio (Coordenadas E: 357.876; N: 7.448.633, Datum WGS – 84).

El instrumento corresponde a una estación meteorológica Vantage Pro 2, de registro en memoria magnética, programado para obtener una observación promedio cada 10 minutos. Las mediciones fueron realizadas en el periodo comprendido entre Abril de 2007 a Mayo de 2008.



**Figura 5-3: Estación Meteorológica Vantage Pro 2 [Fuente: Referencia 9].**

Los vientos fueron procesados a través de un análisis de frecuencia de magnitud y dirección (rosa de 8 direcciones) en términos de estadística básica. En el análisis de frecuencia, los vientos con magnitudes medias inferiores a 1 m/s fueron considerados calmas, debido a que estos son muy débiles y poco importantes dentro del proceso de transferencia de energía desde la atmósfera al océano.

#### 5.3.1.1 Resultados Campaña de Invierno

En términos de frecuencia de incidencia, los vientos observados en las mediciones de la campaña de invierno, presentaron un predominio de las direcciones asociadas al 2° y 4° cuadrante. De esta manera, las direcciones de mayor ocurrencia fueron S, NW, W y SE (19,6%, 17,6%, 14,4% y 10,2% respectivamente). El resto de las direcciones se agrupó entre 1,1% y 7,7% (

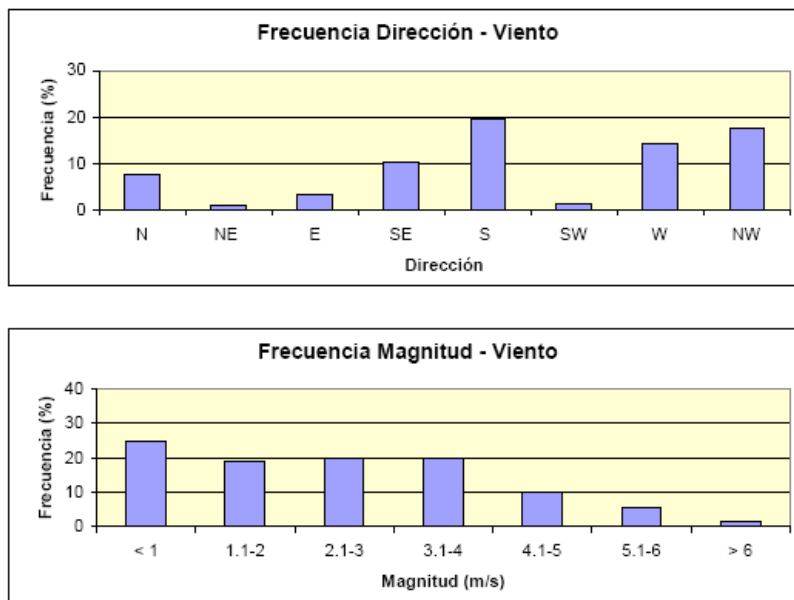


Figura 5-4: Frecuencia Dirección y Magnitud del Viento “ Invierno” [Fuente: Referencia 9].

Las mayores ocurrencias de magnitud ocurrieron en los rangos de 2,1 a 3,0 m/s y de 3,1 a 4,0 m/s, con un porcentaje de 19,8%, seguida del rango 1,1 a 2,0 m/s (19,1% de las mediciones). El rango de 4,1 a 5,0 m/s agrupó un 9,8% de las mediciones. El máximo de magnitud se registró en la dirección W (8,5 m/s), ver Tabla 5-5.

Los vientos registrados durante este período de mediciones se mostraron de mediana a baja intensidad, encontrándose un 1,5% de la información sobre 6,0 m/s. Por último, un 24,6% de las mediciones se ubicó en la categoría calma (ver Tabla 5-4).

MAGNITUD (m/s)	DIRECCIÓN								TOTAL (%)
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	
<=1,0	2,2	1,0	2,1	5,6	5,9	2,3	2,2	3,3	24,6
1,1-2,0	2,3	0,6	1,7	5,0	3,9	1,0	1,7	2,9	19,1
2,1-3,0	2,6	0,4	1,2	3,0	4,3	0,3	3,1	4,9	19,8
3,1-4,0	2,3	0,1	0,5	1,5	5,9	0,1	4,1	5,3	19,8
4,1-5,0	0,3	0,0	0,0	0,6	2,8	0,0	3,0	3,1	9,8
5,1-6,0	0,2	0,0	0,0	0,1	1,9	0,0	2,0	1,2	5,5
>6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,5	0,3	1,5
<b>% EFECTIVA</b>	<b>7,7</b>	<b>1,1</b>	<b>3,4</b>	<b>10,2</b>	<b>19,6</b>	<b>1,4</b>	<b>14,4</b>	<b>17,6</b>	<b>75,4</b>

**Tabla 5-2: Incidencia del Viento Magnitud vs Dirección "Invierno" [Fuente: Referencia 9].**

DIRECCIÓN	MAGNITUD (m/s)	
	Medio	Máximo
N	2,7	5,8
NE	2,1	3,6
E	2,1	4,5
SE	2,3	5,8
S	3,4	7,1
SW	1,8	4
W	3,7	8,5
NW	3,3	7,1
<b>TODAS</b>	<b>3,1</b>	<b>8,5</b>

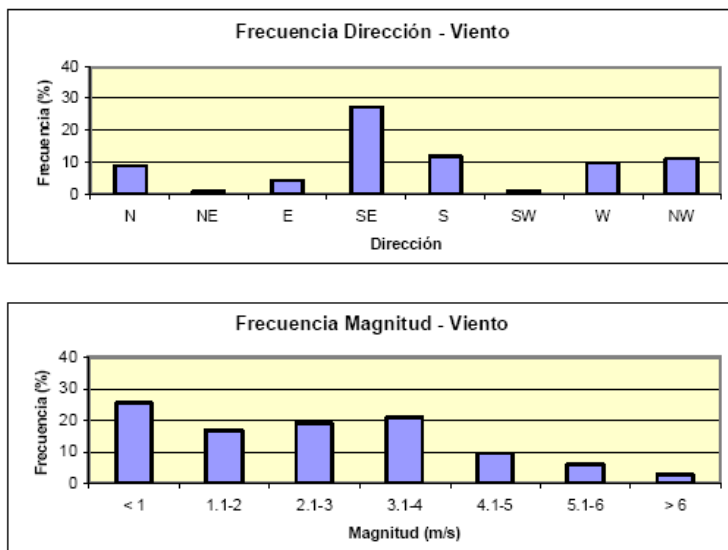
**Tabla 5-3: Valores Medio y Máximo del Viento por Dirección "Invierno" [Fuente: Referencia 9].**

### 5.3.1.2 Resultados Campaña Verano

En términos de frecuencia de incidencia, los vientos observados en las mediciones de la campaña de verano, presentaron un predominio de las direcciones asociadas al 2º y 4º cuadrante. De esta manera, las direcciones de mayor ocurrencia fueron SE, S, NW y W (27,4%, 12,0%, 10,9% y 9,7% respectivamente). El resto de las direcciones se agrupó entre 0,6% y 8,8% (ver Figura 5-5).

Las mayores ocurrencias de magnitud ocurrieron en los rangos de 3,1 a 4,0 m/s, con un porcentaje de 20,9%, seguida del rango 2,1 a 3,0 m/s (19,0% de las mediciones). El rango de 1,1 a 2,0 m/s

agrupó un 16,8% de las mediciones. El máximo de magnitud se registró en las direcciones SE y S (7,1 m/s), ver Tabla 5-5.



**Figura 5-5: Frecuencia Dirección y Magnitud del Viento “Verano” [Fuente: Referencia 9].**

Los vientos registrados durante este período de mediciones se mostraron de mediana intensidad, encontrándose un 2,5% de la información sobre 6,0 m/s. Por último, un 25,4% de las mediciones se ubicó en la categoría calma (ver Tabla 5-4).

MAGNITUD (m/s)	DIRECCIÓN								TOTAL %
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	
<=1	2,4	1,3	2,5	7,5	6,9	1,1	1,4	2,3	25,4
1,1-2,0	2,5	0,5	1,5	5	3,1	0,5	0,9	2,6	16,8
2,1-3,0	3,5	0,1	1,3	6,3	2,6	0,3	1,6	3,3	19
3,1-4,0	1,9	0,0	1,0	7,3	3,2	0,2	3,8	3,5	20,9
4,1-5,0	0,5	0,0	0,2	3,7	1,5	0,1	2,4	1,1	9,5
5,1-6,0	0,3	0,0	0,0	3,3	1,0	0,0	0,9	0,3	5,9
>6	0,0	0,0	0,0	1,8	0,5	0,0	0,1	0,1	2,5
<b>% EFECTIVA</b>	<b>8,8</b>	<b>0,6</b>	<b>4,1</b>	<b>27,4</b>	<b>12</b>	<b>1,1</b>	<b>9,7</b>	<b>10,9</b>	<b>74,6</b>

**Tabla 5-4: Incidencia del Viento Magnitud vs Dirección “Verano” [Fuente: Referencia 9].**

DIRECCIÓN	MAGNITUD (m/s)	
	Medio	Máximo
N	2,7	6,3
NE	1,7	3,1
E	2,5	6,7
SE	3,5	7,1
S	3,2	7,1
SW	2,3	4,5
W	3,7	6,7
NW	2,9	6,7
<b>TODAS</b>	<b>3,2</b>	<b>7,1</b>

**Tabla 5-5: Valores Medio y Máximo del Viento por Dirección “Verano” [Fuente: Referencia 9].**

### 5.3.2 Estudio de Olas

Los antecedentes de olas expuestos a continuación se obtuvieron del estudio oceanográfico realizado para PROCON S.A. Ingeniería (Referencia 8). Esto obedece el interés en desarrollar un terminal marítimo granelero, para lo cual es necesario definir el clima de oleaje operacional para el desarrollo de los proyectos específicos.

Se efectuó un análisis de refracción y shoaling del oleaje para transferir las condiciones de las olas obtenidas del hindcast en aguas profundas hacia un punto ubicado en Mejillones. Este proceso de transformación simula los cambios en la altura y dirección de ola de acuerdo con la respuesta del oleaje a la batimetría en aguas someras.

Para simular la transformación del oleaje se utilizó el modelo espectral STWAVE (Referencia 15). Este modelo tiene la capacidad de simular espectros de olas irregulares, multidireccionales y los procesos de refracción, shoaling, rompiente, interacción olas-corrientes y difracción.

Las coordenadas de los nodos que se utilizaron para la extracción de datos de olas en la zona del proyecto se presentan a continuación.

Nodo	Latitud/Longitud		UTM [m]		Profundidad (m)
	Latitud	Longitud	Este	Norte	
N1 <sup>2</sup>	23°04'38.7"	70°24'39.6"	355469	7447214	24.78

**Tabla 5-6: Ubicación del Nodo de Extracción de Datos de Olas [Fuente: Referencia 8].**



**Figura 5-6: Ubicación del Nodo de Extracción de Datos de Olas [Fuente: Referencia 8].**

Los resultados del clima operacional se presentan a continuación y se refieren a los datos considerando la energía conjunta proveniente de los dos cuadrantes (NW – SW).

---

<sup>2</sup> N1: Ubicación del terminal marítimo de Mejillones.

		Período de Ola [s]										22.0	Total	T <sub>p</sub> [s]
		0.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0			
H <sub>s</sub> [m]		2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0			
0.0 - 0.1				0.03	0.04	0.16	1.14	0.85	0.21	0.05	0.02		2.50	19.77
0.1 - 0.2			0.01	0.08	0.51	2.44	12	13.4	3.74	1.57	0.41	0.13	34.26	23.92
0.2 - 0.3			0.01	0.05	0.16	0.73	4.44	14.9	6.13	3.15	0.61	0.15	30.29	23.92
0.3 - 0.4			0.02	0.03	0.01	0.14	0.41	6.10	5.94	3.13	0.54	0.17	16.49	23.92
0.4 - 0.5			0.01	0.03		0.03	0.04	1.26	4.27	2.57	0.63	0.14	8.98	23.92
0.5 - 0.6			0.00	0.03				0.20	1.73	1.83	0.38	0.08	4.25	23.92
0.6 - 0.7				0.01				0.02	0.61	1.14	0.33	0.04	2.15	21.96
0.7 - 0.8				0.00				0.01	0.14	0.31	0.08	0.02	0.56	21.89
0.9 - 1.0									0.06	0.20	0.05	0.01	0.32	21.68
1.0 - 1.1									0.01	0.05	0.01		0.07	19.93
1.1 - 1.2										0.06	0.01		0.07	19.7
1.2 - 1.3										0.04	0.00		0.04	19.53
1.3 - 1.4										0.00	0.00		0.01	19.42
1.4 - 1.5														
1.5														

**Tabla 5-7: Incidencia de Alturas de Olas (H<sub>s</sub>) por Período (T<sub>p</sub>) [Fuente: Referencia 8].**

		Altura de Ola [m]														1.5	Total	H <sub>s</sub> [m]	
		0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.3	1.4				
D [°]		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5				
0.00																			
40.00																			
270.00																			
300.00		0.22	1.62	0.27	0.01												2.12	0.34	
310.00		1.59	17.10	7.23	1.02	0.10	0.01										27.05	0.56	
320.00		0.69	15.47	22.67	15.31	8.78	4.19	2.13	0.55	0.32	0.07	0.07	0.04	0.01			70.30	1.22	
330.00		0.00	0.07	0.10	0.11	0.07	0.04	0.02	0.01									0.42	0.74
340.00			0.02	0.03	0.04	0.02	0.03	0.01	0.00									0.15	0.72
350.00																			

**Tabla 5-8: Incidencia de Alturas de Olas (H<sub>s</sub>) por Dirección (D) [Fuente: Referencia 8].**

## 5.3.3 Estudio de Corrientes

A continuación se presentan los antecedentes más importantes del estudio de corrientes realizado por GEOMAR en el sitio del proyecto realizado para PROCON S.A. Ingeniería (Referencia 10).

### 5.3.3.1 Corriente Euleriana

Las mediciones se realizaron mediante el anclaje (fondeo) de un ADCP marca RD Instruments, modelo WorkHorse Sentinel de 300 kHz en un punto con las siguientes coordenada:

Sector	Coordenada Norte [m]	Coordenada Este [m]	Inicio Mediciones	Final Mediciones
Mejillones	7.450.031	359.337	20/07/2007	19/08/2007

Tabla 5-9: Coordenadas Geográficas de las Mediciones de Corrientes [Fuente: Referencia 10].



Figura 5-7: ADCP Marca RD Instruments, Modelo WorkHorse Sentinel [Fuente: Referencia 10].

---

El ADCP fue instalado en el veril de 21 metros con respecto al nivel de reducción de sondas (NRS). Este instrumento fue programado para medir y recolectar la información de dirección y magnitud de las corrientes a intervalos de 10 minutos, posibilitándose la emisión de series de tiempo horarias.

La información de corrientes fue sometida a un análisis estadístico de frecuencias por rangos de dirección y magnitud para una rosa de ocho (8) direcciones.

Posteriormente, a las series horarias se les realizó un análisis de tipo espectral, se correlacionó con los datos de viento y marea (correlación cruzada) y se realizó una extrapolación de corrientes extremas en base a proyecciones de probabilidad del tipo Gumbel.

La Figura 5-8, muestra la ubicación del instrumento en la zona de estudio.

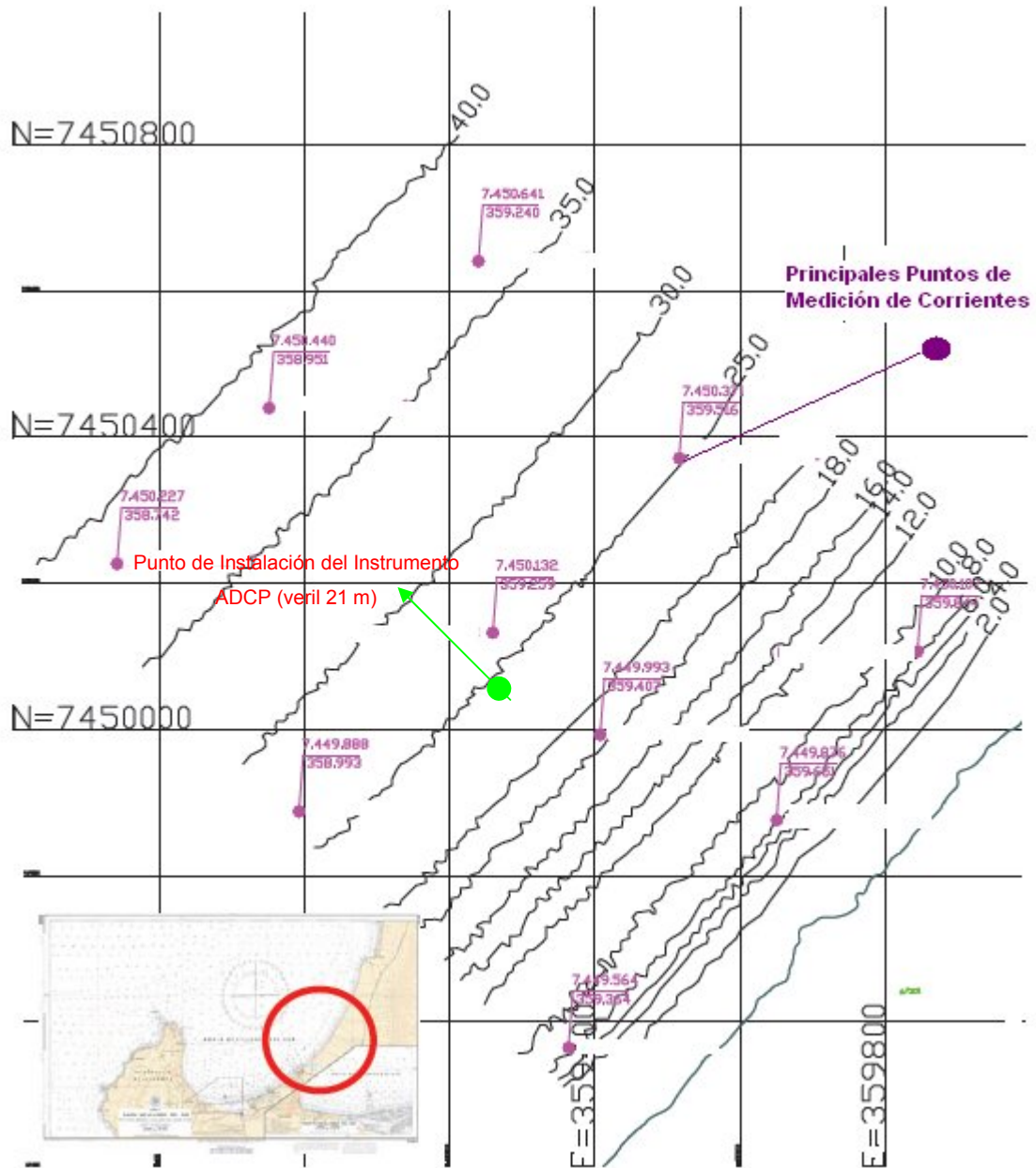


Figura 5-8: Principales Puntos de Medición de las Corrientes Euleriana [Fuente: Referencia 10].

## 5.3.3.2 Corriente Lagrangeana

El estudio de correntometría con derivadores se realizó en el área de estudio, con puntos de lance en periodos de cuadratura y sicigia lunar, y condición mareal de llenante y vaciante.

Las fechas y puntos de lanzamiento fueron los siguientes (21 de Julio y 27 de Agosto del 2007).

Punto – 1	: E 359.746.000	N 7.450.129.000	
Punto – 2	: E 359.236.000	N 7.449.862.000	Datum WGS - 84
Punto – 3	: E 359.118.000	N 7.450.459.000	

En cada punto se desplegaron derivadores del tipo veleta cruzada, a nivel superficial, cinco (5) y diez (10) metros de profundidad con respecto al NRS. El recorrido de los derivadores fue seguido desde una embarcación y posicionando mediante sistema de DGPS<sup>3</sup> diferencial. De esta manera, las trayectorias de los derivadores fueron vinculadas a la red geodésica nacional en coordenadas UTM y Datum WGS – 84.



**Figura 5-9: Derivadores del Tipo Veleta Cruzada [Fuente: Referencia 10].**

<sup>3</sup> DGPS Diferencial : Datum Global Position System.

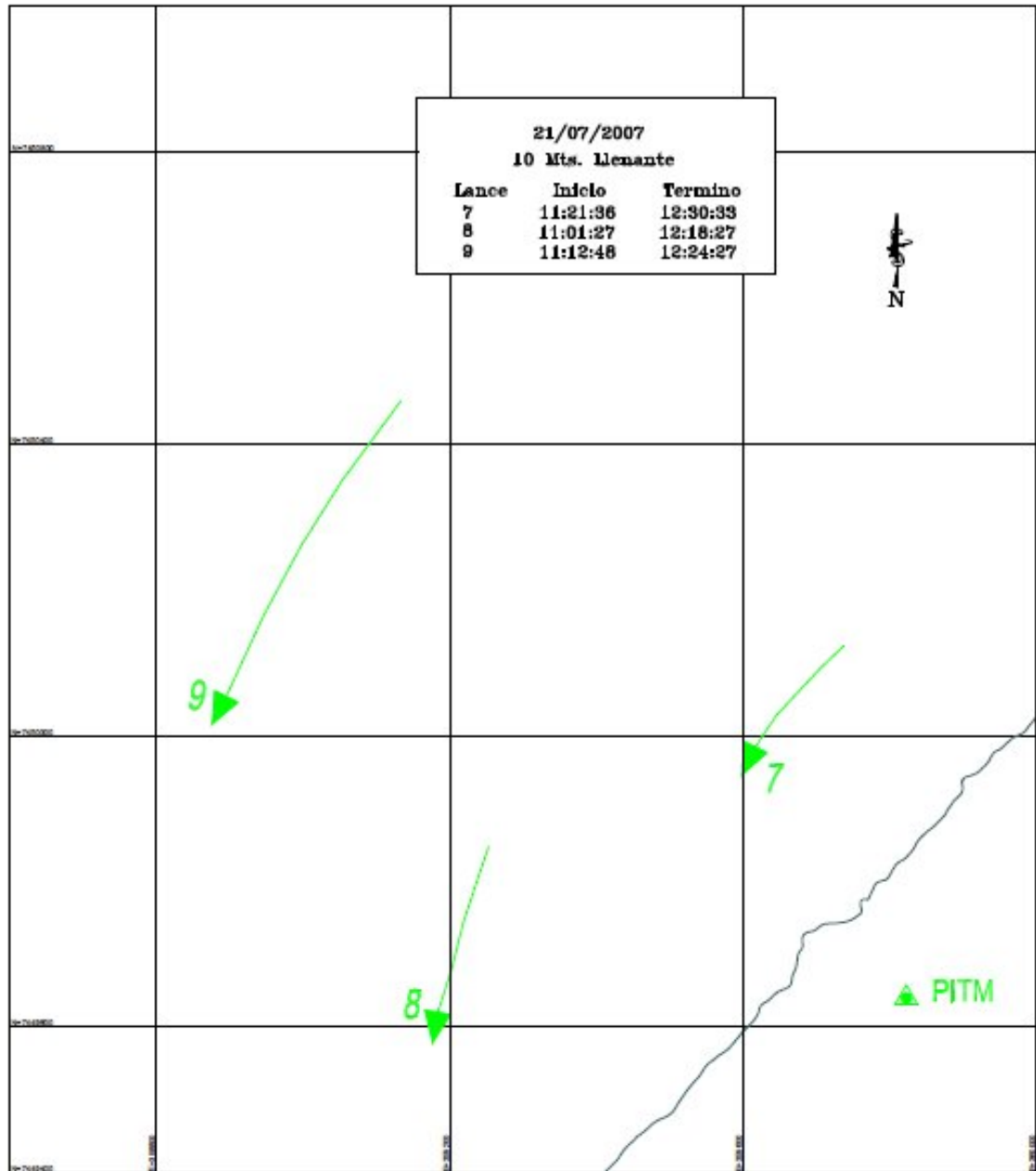


Figura 5-10: Lances Efectuados en Llenante [Fuente: Referencia 10].

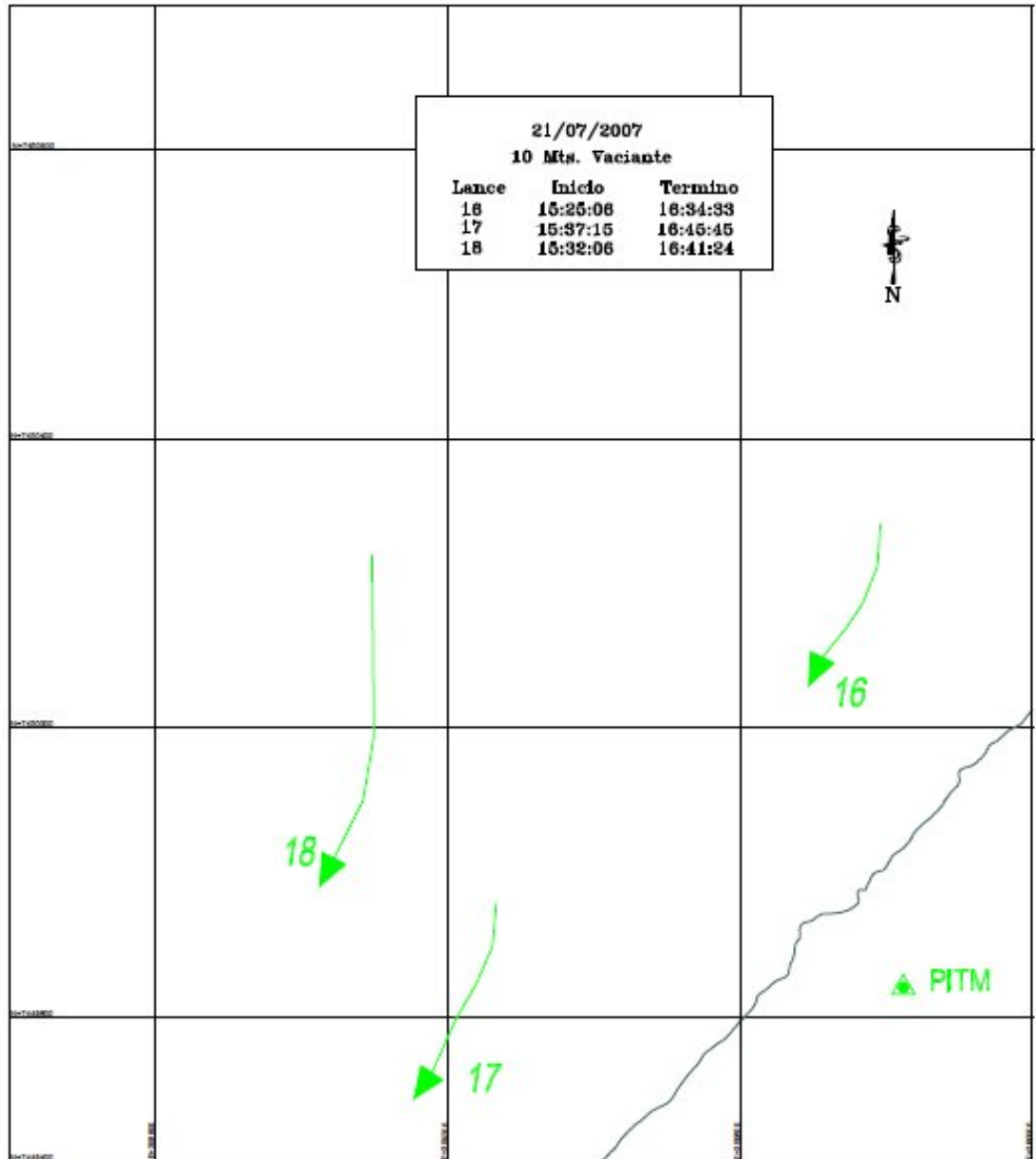


Figura 5-11: Lances Efectuados en Vaciante [Fuente: Referencia 10].

---

### 5.3.3.3 Campaña de Invierno (Capa a 10 m de Superficie)

Las corrientes observadas presentaron un predominio de las direcciones asociadas al 3º cuadrante. De esta manera, las mayores ocurrencias se registraron en las direcciones SW y S (30,2% y 15,4%, respectivamente). El resto de las direcciones se agrupó entre 4,5% (dirección NW) y 12,4% (dirección NE). En la Tabla 5-10 y la Figura 5-12 presentan los resultados.

Por lo general, las magnitudes medias registradas se agruparon en torno a los 6,2 cm/s (desviación estándar de 3,7 cm/s). Las direcciones SW y NE mostraron las mayores magnitudes promedio, con valores de 8,1 cm/s y 6,9 cm/s, respectivamente. Por su parte, las máximas velocidades detectadas fueron de 31,5 cm/s (NE), 24,3 cm/s (E), 23,8 cm/s (SW) y 21,7 cm/s (S).

Así también, la mayor ocurrencia de magnitud ocurrió en el rango de 4,1 a 7,0 cm/s, con un porcentaje de 32,5%. En tanto que el rango 1,1 cm/s a 4,0 cm/s agrupó un 32,1% de las mediciones. Las corrientes registradas durante este período de mediciones se mostraron de mediana intensidad, encontrándose un 1,8% de la información sobre 16,0 cm/s. Por último, sólo se encontró un 3,0% de los valores de magnitud bajo el límite de detección del instrumento.

Rapidez (cm/s)	Direcciones								%	%
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	TOTAL	Acumulado
0-1	0,41	0,25	0,51	0,35	0,12	0,48	0,21	0,23	2,56	2,56
1-2	0,92	0,90	0,99	1,18	1,18	0,83	0,62	0,90	7,51	10,07
2-3	1,04	1,08	1,59	1,52	1,45	1,41	1,15	11,04	10,28	20,35
3-4	1,01	1,71	1,77	1,82	2,67	2,26	1,38	0,92	13,55	33,90
4-5	0,88	1,20	1,68	1,31	1,98	3,00	1,36	0,48	11,89	45,79
5-6	0,83	1,41	1,38	1,22	2,12	2,70	1,54	0,46	11,66	57,46
6-7	0,67	1,24	0,90	0,76	1,68	2,72	1,15	0,25	9,38	66,84
7-8	0,23	0,81	0,65	0,55	1,34	3,11	0,90	0,16	7,74	74,58
8-9	0,18	0,81	0,41	0,32	0,85	2,44	0,53	0,05	5,60	80,18
9-10	0,14	0,83	0,32	0,23	0,76	2,07	0,51	0,02	4,89	85,07
10-11	0,09	0,44	0,25	0,07	0,51	2,58	0,21	0,00	4,15	89,21
11-12	0,07	0,41	0,14	0,02	0,28	1,43	0,28	0,02	2,65	91,86
12-13	0,00	0,30	0,14	0,05	0,16	1,45	0,16	0,00	2,26	94,12
13-14	0,07	0,12	0,07	0,02	0,12	1,01	0,09	0,00	1,50	95,62
14-15	0,02	0,12	0,07	0,02	0,02	0,88	0,14	0,00	1,27	96,89
15-16	0,02	0,12	0,09	0,00	0,05	0,85	0,07	0,00	1,20	98,09
16-17	0,00	0,16	0,07	0,00	0,00	0,41	0,02	0,00	0,67	98,76
17-18	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,32	99,08
18-19	0,00	0,18	0,00	0,00	0,02	0,12	0,02	0,00	0,35	99,42
19-20	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,12	99,54
20-21	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02	0,05	0,02	0,00	0,12	99,65
21-22	0,00	0,05	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,07	99,72
22-23	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,09	99,82
23-24	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,07	99,88
24-25	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	99,93
26-27	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	99,95
29-30	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	99,98
30-31	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	100,00
<b>Total (%)</b>	<b>6,59</b>	<b>12,42</b>	<b>11,09</b>	<b>9,45</b>	<b>15,35</b>	<b>30,19</b>	<b>10,37</b>	<b>4,54</b>	<b>100</b>	

**Tabla 5-10: Campaña de Invierno Julio – Agosto [Fuente: Referencia 10].**

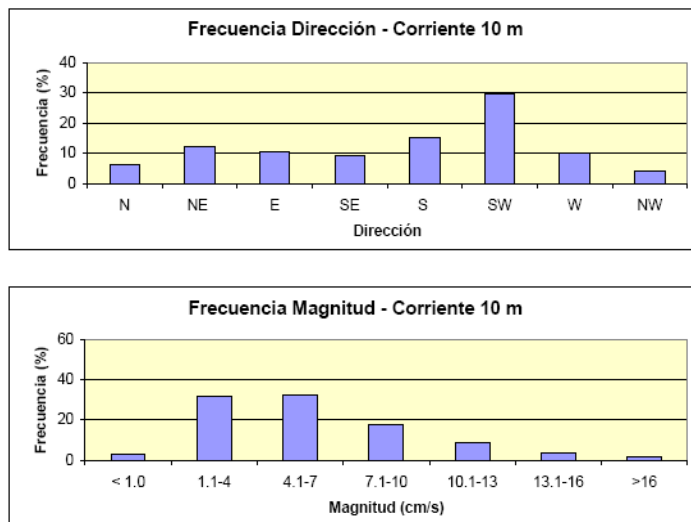


Figura 5-12: Incidencia de las Corrientes “Invierno” [Fuente: Referencia 10].

#### 5.3.3.4 Campaña de Verano (Capa a 10 m de Superficie)

Las corrientes observadas presentaron un predominio de las direcciones asociadas al 3º cuadrante. De esta manera, las mayores ocurrencias se registraron en las direcciones SW y S (52,1% y 16,0%, respectivamente). El resto de las direcciones se agrupó entre 3,6% (N) y 11,5% (W). En la Tabla 5-11 y la Figura 5-13 se presentan los resultados.

Por lo general, las magnitudes medias registradas se agruparon en torno a los 9.0 cm/s (desviación estándar de 5,2 cm/s). Las direcciones SW y S mostraron las mayores magnitudes promedio, con valores de 11,4 cm/s y 7,7 cm/s, respectivamente. Por su parte, las máximas velocidades detectadas fueron de 30,3 cm/s (SW), 23,8 cm/s (S) y 23,6 cm/s (W).

Así también, la mayor ocurrencia de magnitud ocurrió en el rango de 4,1 a 7,0 cm/s, con un porcentaje de 23,2%. En tanto que el rango 7,1 cm/s a 10.0 cm/s agrupó un 20,3% de las mediciones. Las corrientes registradas durante este período de mediciones se mostraron de

mediana intensidad, encontrándose un 10,9% de la información sobre 16,0 cm/s. Por último, sólo se encontró un 1,0% de los valores de magnitud bajo el límite de detección del instrumento.

Rapidez (cm/s)	Direcciones								%	%
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	TOTAL	Acumulado
0-1	0,04	0,02	0,21	0,12	0,14	0,14	0,12	0,14	0,91	0,91
1-2	0,44	0,46	0,48	0,52	0,66	0,42	0,75	0,50	4,25	5,15
2-3	0,66	0,41	0,58	0,71	0,98	1,10	0,98	0,60	6,02	11,18
3-4	0,69	0,64	0,75	0,83	1,51	1,64	1,29	0,87	8,22	19,40
4-5	0,73	0,58	0,50	0,69	1,54	2,22	1,22	0,60	8,09	27,49
5-6	0,23	0,44	0,37	0,66	1,62	2,16	1,33	0,44	7,26	34,74
6-7	0,37	0,46	0,33	0,54	1,74	3,13	1,18	0,25	7,99	42,73
7-8	0,12	0,25	0,21	0,37	1,60	3,36	0,89	0,10	6,89	49,62
8-9	0,08	0,25	0,14	0,17	1,18	4,17	0,91	0,14	7,03	56,65
9-10	0,06	0,15	0,14	0,12	1,14	4,44	0,14	0,17	6,62	63,27
10-11	0,02	0,04	0,06	0,17	0,83	3,94	0,73	0,04	5,83	69,10
11-12	0,02	0,02	0,04	0,06	0,73	3,69	0,60	0,04	5,19	74,29
12-13	0,02	0,04	0,02	0,12	0,39	3,53	0,27	0,04	4,42	78,71
13-14	0,02	0,00	0,00	0,04	0,46	3,07	0,15	0,00	3,74	82,46
14-15	0,04	0,00	0,00	0,02	0,44	2,70	0,23	0,00	3,44	85,89
15-16	0,02	0,02	0,00	0,02	0,42	2,41	0,14	0,02	3,05	88,94
16-17	0,00	0,00	0,02	0,00	0,21	2,51	0,15	0,00	2,90	91,84
17-18	0,00	0,02	0,02	0,00	0,21	2,12	0,12	0,00	2,49	94,33
18-19	0,00	0,00	0,00	0,02	0,08	1,39	0,04	0,00	1,52	95,85
19-20	0,00	0,02	0,00	0,00	0,04	0,87	0,00	0,00	0,93	96,78
20-21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,64	0,00	0,00	0,68	97,45
21-22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,69	0,00	0,00	0,77	98,22
22-23	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,64	0,00	0,00	0,66	98,88
23-24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,31	0,02	0,00	0,33	99,21
24-25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,31	0,00	0,00	0,31	99,52
25-26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21	0,00	0,00	0,21	99,73
26-27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,06	99,79
27-28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00	0,12	99,90
28-29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,04	99,94
29-30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02	99,96
30-31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,04	100,00
<b>Total (%)</b>	<b>3,55</b>	<b>3,82</b>	<b>3,86</b>	<b>5,19</b>	<b>16,04</b>	<b>52,07</b>	<b>11,52</b>	<b>3,94</b>	<b>100</b>	

**Tabla 5-11: Campaña de Verano Enero - Febrero 2008 [Fuente: Referencia 10].**

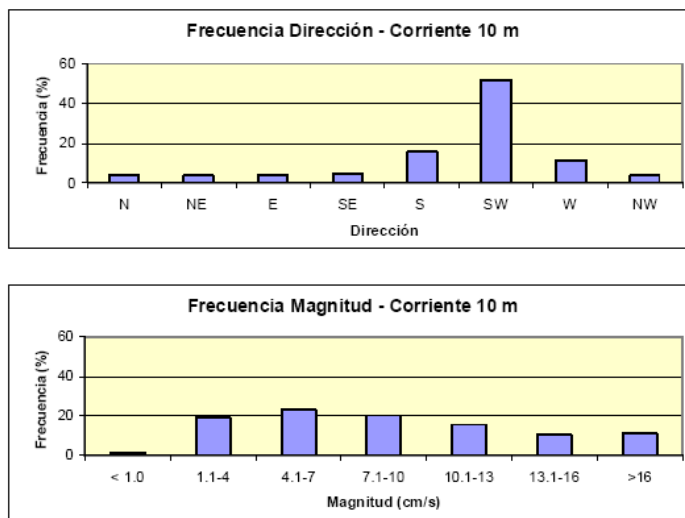


Figura 5-13: Incidencia de las Corrientes “Verano” [Fuente: Referencia 10].

### 5.3.3.5 Campaña de Invierno (Capa de Fondo)

A este nivel, las corrientes observadas presentaron un predominio de las direcciones asociadas al 3º cuadrante. De esta manera, las mayores ocurrencias se registraron en las direcciones SW, W y S (19,6%, 15,5% y 13,4%, respectivamente). El resto de las direcciones se agrupó entre 8,2% (N) y 10,6% (SE). En la Tabla 5-12 y la Figura 5-14 se presentan los resultados.

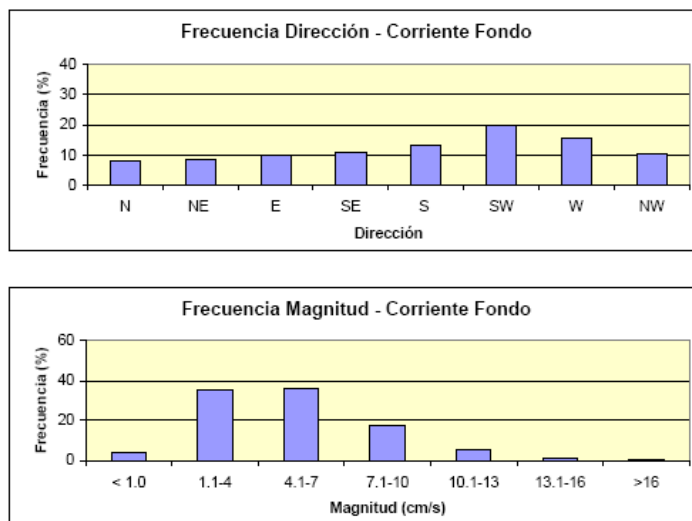
Las magnitudes medias registradas se agruparon en torno a los 5,5 cm/s (desviación estándar de 2,9 cm/s). Las direcciones SW y W mostraron las mayores magnitudes promedio, con valores de 6,6 cm/s y 6,1 cm/s, respectivamente. Por su parte, las máximas velocidades detectadas fueron de 22,1 cm/s (NE), 20,7 cm/s (SW) y 19,8 cm/s (W).

La mayor ocurrencia de magnitud ocurrió en el rango de 4,1 a 7,0 cm/s, con un porcentaje de 36,1%. En tanto que el rango 1,1 cm/s a 4,0 cm/s agrupó un 35,4% de las mediciones. Las corrientes registradas durante este período de mediciones se mostraron de mediana intensidad,

encontrándose un 0,5% de la información sobre 16,0 cm/s. Por último, sólo se encontró un 3,7% de los valores de magnitud bajo el límite de detección del instrumento.

Rapidez (cm/s)	Direcciones								% TOTAL
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	
< ó = 1,0	0,60	0,40	0,40	0,40	0,50	0,50	0,40	0,50	3,70
1,1 - 4,0	3,70	4,10	4,40	4,50	4,60	5,30	4,50	4,40	35,40
4,1 - 7,0	2,80	3,10	4,20	4,30	5,90	6,70	5,70	3,40	36,10
7,1 - 10,0	1,40	1,00	1,20	1,60	2,30	4,60	3,70	2,10	17,80
10,1 - 13,0	0,30	0,30	0,10	0,20	0,50	1,90	1,20	0,50	5,10
13,1 - 16,0	0,10	0,10	0,00	0,00	0,10	0,80	0,30	0,00	1,40
> 16,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,10	0,00	0,50
Total Efectivo (%)	8,20	8,60	10,00	10,60	13,40	19,60	15,50	10,50	96,30
Máximo (cm/s)	14,60	22,10	14,20	14,40	16,40	20,70	19,80	16,30	22,10
Media (cm/s)	4,90	4,80	4,60	4,80	5,30	6,60	6,10	5,20	5,50

**Tabla 5-12: Incidencia de las Corrientes en el Fondo Marino "Invierno" [Referencia 10].**



**Figura 5-14: Características de las Corrientes en el Fondo Marino "Invierno" [Referencia 10].**

5.3.3.6 Campaña de Verano (Capa de Fondo)

A este nivel, las corrientes observadas presentaron un predominio de las direcciones asociadas al 3er cuadrante. De esta manera, las mayores ocurrencias se registraron en las direcciones SW, S y W (30,1%, 20,1% y 16,1%, respectivamente). El resto de las direcciones se agrupó entre 4,2% (N) y 9,2% (SE). En la Tabla 5-13 y la Figura 5-15 se presentan los resultados.

Las magnitudes medias registradas se agruparon en torno a los 6,4 cm/s (desviación estándar de 3,8 cm/s). Las direcciones SW y W mostraron las mayores magnitudes promedio, con valores de 7,5 cm/s, en ambos casos. Por su parte, las máximas velocidades detectadas fueron de 32,6 cm/s (NW), 29,4 cm/s (W) y 26,1 cm/s (SW).

La mayor ocurrencia de magnitud ocurrió en el rango de 4,1 a 7,0 cm/s, con un porcentaje de 33,6%. En tanto que el rango 1,1 cm/s a 4,0 cm/s agrupó un 29,5% de las mediciones. Las corrientes registradas durante este período de mediciones se mostraron de mediana intensidad, encontrándose un 2,5% de la información sobre 16,0 cm/s. Por último, sólo se encontró un 1,8% de los valores de magnitud bajo el límite de detección del instrumento.

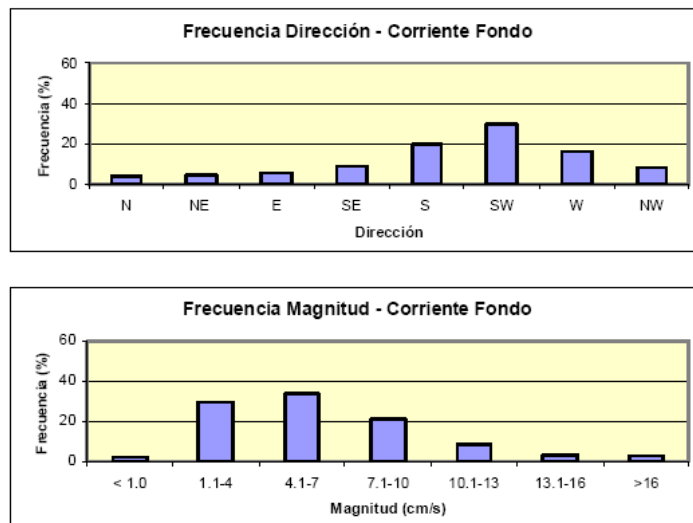


Figura 5-15: Características de las Corrientes en el Fondo Marino “Verano” [Fuente: Referencia 10].

De las mediciones de corriente, las más significativas para el estudio de maniobrabilidad, son las correspondientes a los 10 m de profundidad. De los antecedentes recolectados, se desprende que el 99% de la magnitud de incidencia promedio corresponde a 0,4 nudos, el 95% a 0,3 nudos y el 74% a 0,2 nudos.

Rapidez (cm/s)	Direcciones								%
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	
< ó = 1,0	0,30	0,10	0,20	0,30	0,20	0,30	0,20	0,30	1,80
1,1 - 4,0	2,30	2,40	2,80	4,00	5,50	5,40	4,10	3,10	29,50
4,1 - 7,0	1,40	1,70	2,20	3,70	7,30	9,60	5,10	2,70	33,60
7,1 - 10,0	0,40	0,40	0,50	1,40	5,10	8,70	3,40	1,30	21,00
10,1 - 13,0	0,10	0,10	0,10	0,20	1,50	3,80	1,80	0,80	8,30
13,1 - 16,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	1,60	0,80	0,30	3,20
> 16,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,90	1,00	0,30	2,50
Total Efectivo (%)	4,20	4,60	5,60	9,20	20,10	30,10	16,10	8,50	98,20
Máximo (cm/s)	13,90	11,90	17,50	22,60	21,80	26,10	29,40	32,60	32,60
Media (cm/s)	4,30	4,20	4,40	4,80	6,20	7,50	7,50	6,30	6,40

**Tabla 5-13: Incidencia de las Corrientes en el Fondo Marino "Verano" [Fuente: Referencia 10].**

#### 5.3.4 Estudio de Mareas

Se efectuó un análisis no armónico de la Marea en la Bahía de Mejillones (Referencia 11). Esta es del 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 Mejillones son las siguientes:

Descripción	Altura Sobre NRS (m)
Nivel Medio del Mar (NMM)	0,783
Nivel de Reducción de Sondas (NRS)	0,000
Bajamar Mínima	0,184
Altura Media de la Bajamar Inferior	0,313
Altura Media de las Bajamares	0,385
Altura Media de las Pleamares	1,181
Altura Media de la Pleamar Superior	1,374
Pleamar Máxima	1,662

**Tabla 5-14: Características de la Marea en Mejillones [Fuente: Referencia 11].**

## 6 DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA TERMSIM II

### 6.1 Generalidades

TERMSIM II (Terminal Simulation, por su denominación en inglés) es un software de simulación de series de tiempo que analiza el comportamiento de barcos atracados sujetos a esfuerzos externos, como vientos, corrientes y oleaje. Los sistemas portuarios que permite analizar este software corresponden a tres tipos: Mono Boya (SPM), Multi Boya (MBM) o los Muelles (Jetty), en los cuales se basaron los análisis. Este modelo matemático fue desarrollado por la Maritime Research Institute Netherlands (MARIN) y fue creado para modelar los comportamientos en barcos petroleros o *tankers*, sin embargo, tiene la capacidad de simular la respuesta dinámica de cualquier tipo de barco mediante la correcta definición de los coeficientes hidrodinámicos del casco y frente a diversas condiciones ambientales, entre las que pueden considerarse la profundidad media que posee la zona de puerto, el tipo de viento predominante, el oleaje incidente y las corrientes dominantes.

La Ecuación 6-1 se utiliza para describir cada una de las variables que rigen el movimiento de un barco atracado a un muelle pueden describirse como:

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

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

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

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

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

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

Donde:

$m, I$  : Masa y momento de inercia del barco.

$a_{ij}$  : Coeficiente de masa adicional (independiente de la frecuencia).

$b_{ij}$  : Coeficiente de damping.

$R_{ij}$  : Funciones de retardo.

$c_{ij}$  : Fuerzas hidrodinámicas de restitución.

$F_i^{wind}$  : Fuerza del viento en la dirección  $i$  (1, 2 y 6).

$F_i^{hydr}$  : Fuerza de reacción hidrodinámica en la dirección  $i$  (1, 2 y 6).

$F_i^{wave}$  : Fuerza del oleaje en la dirección  $i$  (1 y 6).

$F_i^{moor}$  : Fuerza de las líneas de amarre en la dirección  $i$  (1 y 6).

La Ecuación 6-1, el lado derecho de cada una de las expresiones está determinado por componentes de fuerzas debido a viento, oleaje, reacciones hidrodinámicas y esfuerzos de amarre y defensas. Todos los grados de libertad dependen directamente de la fuerza del oleaje y de amarre; sin embargo, son sólo los movimientos horizontales los que dependen directamente del conjunto de condiciones de amarres y defensa, pues los movimientos verticales sólo contienen fuerzas debido al roce de los elementos de defensa, y no a los esfuerzos de los elementos de amarre.

TERMSIM II contiene una base de datos con los coeficientes hidrodinámicos, en los cuales se especifican los coeficientes de masa adherida y los coeficientes de damping descritos en la ecuación.

Para modelar el oleaje, el software usa una función de densidad espectral de olas junto con una fase aleatoria. De este modo, considera la elevación de una ola regular usando una serie de Fourier,

$$\xi(t) = \sum \xi_i \cos(\omega_i t + \varepsilon_i) \quad (i = 1, \dots, N) \quad \text{Ecuación 6-2}$$

La amplitud de los componentes de la ola pueden ser descritos como:

$$\xi_i = (2S_\xi(\omega_i)\Delta\omega_i)^{0.5} \quad (i = 1, \dots, N) \quad \text{Ecuación 6-3}$$

Donde:

---

$S_{\xi}(\omega_i)$  : Densidad espectral del oleaje.

$\Delta\omega_f$  : Intervalo de frecuencia.

Identificadas las funciones de retardo y las oscilaciones de las olas en la zona del terminal, es necesario determinar las fuerzas que inducen los movimientos del barco. De acuerdo a las ecuaciones descritas en la expresión (Ecuación 6-4), se identifican las fuerzas de oleaje, la fuerza del viento y de corrientes, las fuerzas de reacción hidrodinámica y las fuerzas de restitución debido al sistema de amarras y defensas.

La fuerza ejercida por el oleaje es obtenida utilizando la técnica de suma directa de frecuencias, la cual obtiene resultados similares a la técnica de respuesta de impulsos o la formulación de Series de Volterra (1887).

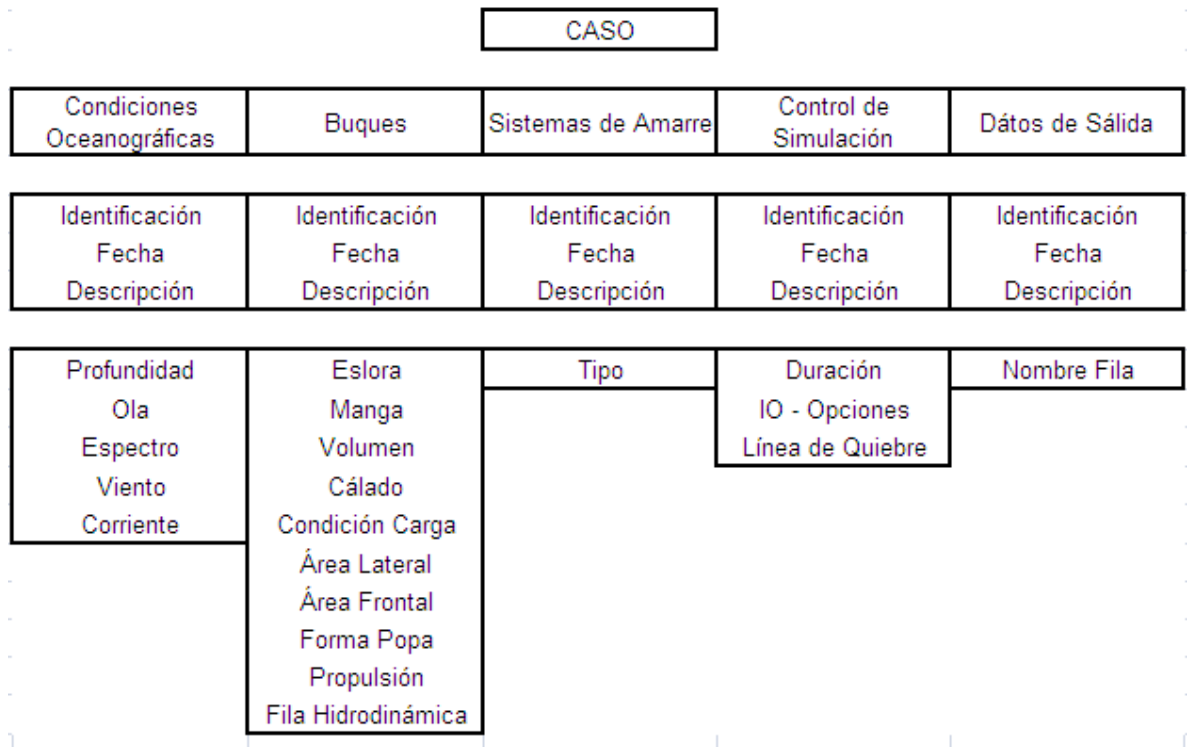
La tercera de las fuerzas involucradas, la reacción hidrodinámica, es quizás dentro de las características del software una de las más importantes, ya que es en la obtención de los parámetros que la definen donde se centra el desarrollo del modelo numérico. Dado lo difícil de determinar cada uno de los coeficientes hidrodinámicos que gobiernan el comportamiento de un cuerpo flotantes, el Maritime Research Institute of Netherlands (MARIN) generó una base de datos con una serie de modelos físicos de dimensiones conocidas en los cuales calculo empíricamente cada uno de los coeficientes asociados.

## 6.2 Descripción de la Base de Datos

La caracterización de las propiedades mecánicas de las líneas de amarre (chains, mooring legs, ropes, steel wire) y defensa del muelle (fenders). Cada uno de estos elementos ha sido modelado según su curva de tensión – deformación no lineal, la cual considera rigidez variable según sea el tipo de material y geometría de estos.

El modelo de simulación de dominios de tiempo TERMSIM II está basado en la técnica de impulso – respuesta para seis grados de libertad. Este programa ha sido validado exitosamente con testeo de modelo (Van Oortmerssen et al. 1986) así como el modelo requerido para los archivos de dominios de frecuencia hidrodinámicos (Van Oortmerssen 1976; Pinkster 1980; Wichersen 1988). Los coeficientes hidrodinámicos juntos con las funciones de respuesta de primer y segundo orden fueron obtenidas de los modelos de dominios de frecuencia para difracción de oleaje basados en la teoría potencial lineal 3-D.

En la Figura 6-1, se muestra un diagrama esquemático del funcionamiento del software y sus diferentes pasos de cálculo y análisis.



**Figura 6-1: Esquema Funcionamiento TERMSIM II [Fuente: Referencia 1].**

## 7 LIMITACIONES DEL BUQUE

La disposición de las instalaciones destinadas al manejo de concentrado de granel está definida por las condiciones que determinan la óptima operación del sistema de transferencia.

Un factor a considerar dice relación con las limitaciones impuestas a los movimientos de las naves por el funcionamiento de los sistemas de seguridad en el equipo de descarga. En este contexto las principales limitaciones se asocian a los movimientos verticales y horizontales de la nave durante la operación.

Estos movimientos dependen de la condición de carga, calado máximo y mínimo de la nave y altura de marea y se producen principalmente por las condiciones oceanográficas (oleaje, viento y corriente), que actúan sobre la nave. La recomendación que se utilizará se resume en Tabla 7-1.

Surge (m)	Sway (m)	Heave (m)	Yaw (°)	Pitch (°)	Roll (°)
Vaivén	Deriva	Alteada	Guiñada	Cabeceo	Balance
2	1	1	2	2	6

**Tabla 7-1: Movimiento Admisible Nave Granelera [Fuente: Referencia 6].**

Las restricciones de los movimientos admisibles mostrados en la Tabla 7-1, se basarían en las características de terminales específicos según su protección frente a las condiciones oceanográficas. En el caso de la norma PIANC, las recomendaciones estarían basadas en terminales sin protección (On-Shore<sup>4</sup>).

Sin embargo la norma PIANC, no corresponde a limitaciones rígidas que apunten a garantizar la seguridad de las instalaciones, sino más bien se debe tomar como antecedente referencial para definir dentro de rangos comercialmente razonables, conciliando los factores técnicos y económicos que condicionan la factibilidad del proyecto.

<sup>4</sup> On-Shore: usado en navegación a vela para indicar que la dirección del viento discurre desde el mar hacia tierra de una forma casi perpendicular a la línea de costa.

Los movimientos indicados se miden en ambas direcciones respecto a la situación de reposo de la nave. En la Figura 7-1 se muestran estos movimientos.

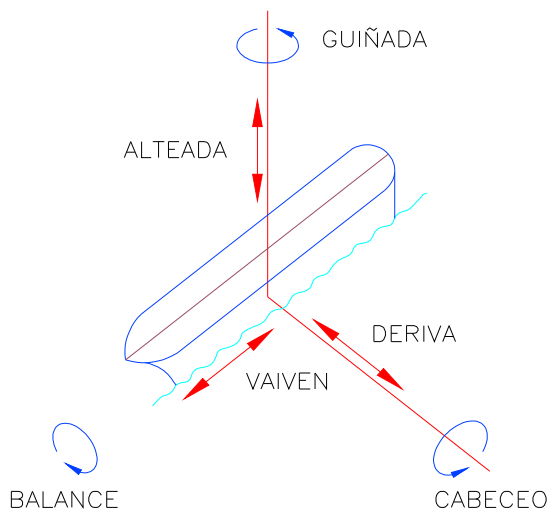


Figura 7-1: Movimientos de la Nave de Diseño [Fuente: Referencia 3].

## 8 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA A MODELAR

### 8.1 Muelle Granelero

El futuro muelle granelero en Mejillones, consiste básicamente en un cabezal sobre el cual se ubica el sistema para embarque de graneles en un sitio de atraque con capacidad de atender naves graneleras de 280 m y 180 m de eslora. El sistema de atraque lo forma el cabezal y tres duques de alba diseñados para buques de hasta 180.000 Ton y 30.000 Ton de desplazamiento. El cabezo cuenta con nueve (9) defensas celulares y dos (2) bitas de amarre <sup>5</sup>de 150 Ton de capacidades

<sup>5</sup> Bitas de Amarre con una capacidad de 150 Ton, depende del desplazamiento de la nave, para cargas mínimas de amarre [Referencia 3].

ubicadas frente a cada defensa extrema. La cota de coronamiento de esta estructura es la +6.0 m NRS. Cada duque de alba cuenta con una (1) defensa del mismo tipo que las del cabezo, y una (1) bita de 150 Ton de capacidad ubicada al centro de la losa. La cota de coronamiento de los duques de alba es la +6.0 m NRS.

## 8.2 Naves de Diseño

La nueva instalación estará diseñada para atender naves transportadoras de granel. Se considera la modelación de dos (2) naves graneleras (condición máxima y mínima de la nave), cubriendo el espectro de naves que serán atendidas en el terminal. Las Tablas 8-1 y 8-2 detallan las características de las naves graneleras.

<b>Transportador de Granel (LOA 280 m)</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
Peso muerto (DWT)	Ton	180.000
Desplazamiento a plena carga	Ton	195.000
Eslora entre perpendiculares	m	266
Manga	m	45
Puntal	m	24.7
Calado máximo	m	18
Calado mínimo	m	8.7

**Tabla 8-1: Características Nave Granelera LOA 280 [Fuente: Referencia 12].**

<b>Transportador de Granel (LOA 180 m)</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
Peso muerto (DWT)	Ton	30.000
Desplazamiento a plena carga	Ton	40.000
Eslora entre perpendiculares	m	171
Manga	m	26.6
Puntal	m	14.4
Calado máximo	m	10.3
Calado mínimo	m	3.4

**Tabla 8-2: Características Nave Granelera LOA 180 [Fuente: Referencia 12].**

## 8.3 Condición de Carga

La condición de carga a modelar es esencial ya que esta define una serie de datos que deben ser ingresados en relación al nivel de carga tales como el calado máximo y mínimo (para dos naves graneleras), el desplazamiento y áreas expuestas.

Para el análisis de operabilidad se ha estimado adecuado modelar para una condición de carga máxima y mínima de manera de cubrir todo el abanico de posibilidades en que puedan arribar las naves.

### 8.3.1 Desplazamiento a Plena Carga

Para determinar el desplazamiento de la nave granelera se tomó una condición de carga máxima y mínima y se requiere a un determinado nivel de carga de la nave utilizar el concepto de coeficiente de bloque ( $C_b$ ).

Según ROM 02 – 90 el desplazamiento de un buque en cualquier condición de carga puede ser estimado suponiendo que el coeficiente de bloque permanece constante.

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

**Ecuación 8-1**

Donde:

$M$  : Manga de la nave (m).

$C$  : Calado de la nave (m).

$\rho_w$  : Densidad del agua de mar (Ton/m<sup>3</sup>).

$\Delta$  : Desplazamiento de la nave (Ton).

$L_{pp}$  : Eslora entre perpendiculares <sup>6</sup>(m).

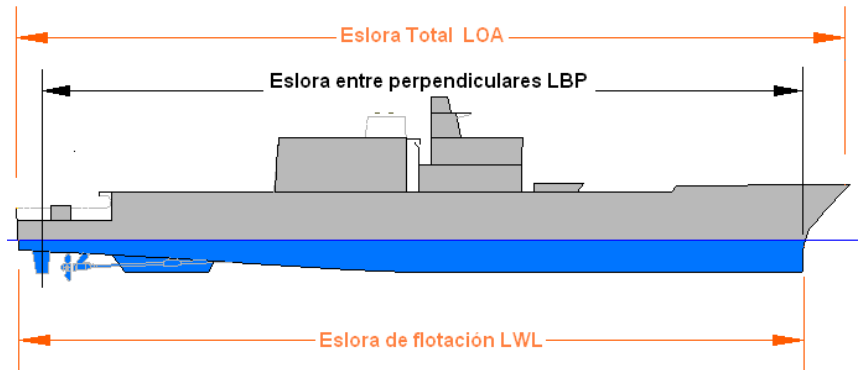


Figura 8-1: Ubicación de las Esloras en un Buque [Fuente: Referencia 1].

El coeficiente de bloque para las distintas naves graneleras se presenta a continuación en la Tabla 8-3.

Nave	Coefficiente de Bloque (Cb)
LOA280	0.88
LOA180	0.83

Tabla 8-3: Coeficientes de Bloque Naves Graneleras [Fuente: Referencia 3].

El volumen de agua desplazada ( $V$ ) por la nave en la condición máxima y mínima se calcula de la siguiente manera:

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

Ecuación 8-2

<sup>6</sup>  $L_{pp} = 0.95 \cdot L$  Donde  $L$  : Es la Eslora de la Nave Granelera.

Donde:

$\Delta$  : Desplazamiento máximo y mínimo de la nave (Ton).

$\rho_w$  : Densidad del agua de mar (Ton/m<sup>3</sup>).

El volumen máximo y mínimo de la nave granelera se muestra en la Tabla 8-4.

Nave	Volumen Máximo (m <sup>3</sup> )	Volumen Mínimo (m <sup>3</sup> )
LOA 280	189.320	4.214
LOA 180	38.835	1.462

Tabla 8-4: Volumen Máximo y Mínimo Nave Granelera [Fuente: Referencia 3].

## 8.4 Deckhouse (Superestructura)

Para estimar las áreas de estructuras sobre cubierta se utilizan las expresiones que se indican en el manual del TERMSIM II.

$$I = L_{pp} \cdot 0.074 + 19.7 \quad \text{Ecuación 8-3}$$

$$b = 0.96 \cdot M - 1.8 \quad \text{Ecuación 8-4}$$

$$h = 0.43 \cdot P + 2.36 \quad \text{Ecuación 8-5}$$

Donde:

$L_{pp}$  : Eslora entre perpendiculares (m).

$M$  : Manga de la nave (m).

$P$  : Puntal de la nave (m).

Buque Diseño	l (m)	b (m)	h (m)
LOA 280	39.38	41.40	12.98
LOA 180	32.35	23.74	8.55

**Tabla 8-5: Superestructura Nave Granelera [Fuente: Referencia 1].**

## 8.5 Determinación Área Expuesta

Las áreas de la nave expuesta al viento son el casco y el Deckhouse (superestructura). Para calcular el área transversal y longitudinal con que impacta el viento sobre la nave granelera se utilizarán las siguientes formulaciones.

$$A_T = M \cdot (G + h_T)$$

**Ecuación 8-6**

$$A_L = L_{pp} \cdot (G + h_L)$$

**Ecuación 8-7**

Donde:

$M$  : Manga de la nave (m).

$h_T$  : Altura media de la superficie de la superestructura de la nave por encima de la cubierta, proyectada sobre un plano transversal (m).

$h_L$  : Altura media de la superficie de la superestructura de la nave por encima de la cubierta, proyectada sobre un plano longitudinal (m).

$G$  : Francobordo<sup>7</sup> de la nave (m).

$L_{pp}$  : Eslora entre perpendiculares (m).

$A_T$  : Área de proyección transversal de la nave expuesta a la acción del viento (m<sup>2</sup>).

$A_L$  : Área de proyección longitudinal de la nave expuesta a la acción del viento (m<sup>2</sup>).

<sup>7</sup> Francobordo (G) : Puntal (P) – Calado (C)

Descripción	Unidad	Carga Máxima	Carga Mínima
Manga	m	45	
Eslora entre Perpendiculares	m	266	
Puntal	m	24.7	
Calado	m	18	8.7
Francobordo	m	6.7	16
Altura media superficie transversal	m	20	
Altura media superficie Longitudinal	m	5	
Área de proyección transversal	m <sup>2</sup>	1201.5	1620
Área de proyección longitudinal	m <sup>2</sup>	2778.8	4987.5

**Tabla 8-6: Área Expuesta de la Nave al Viento LOA 280 m [Fuente: Referencia 3].**

Descripción	Unidad	Carga Máxima	Carga Mínima
Manga	m	26.6	
Eslora entre Perpendiculares	m	171	
Puntal	m	14.4	
Calado	m	10.3	3.4
Francobordo	m	4.1	11
Altura media superficie transversal	m	11	
Altura media superficie Longitudinal	m	5	
Área de proyección transversal	m <sup>2</sup>	401.7	585.2
Área de proyección longitudinal	m <sup>2</sup>	1556.1	2736

**Tabla 8-7: Área Expuesta de la Nave al Viento LOA 180 m [Fuente: Referencia 3].**

## 8.6 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 II con coeficientes pre calculados.

La selección es automática y depende de la relación entre la eslora y la manga de la nave, la condición de carga seleccionada y la relación entre la profundidad de agua y el calado máximo y mínimo de la nave.

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 máximo y mínimo de la nave.

La profundidad de agua mínima en el muelle granelero es de 20 m NRS. Para el cálculo de operabilidad se considera una situación con marea media por lo que se tomo una profundidad de agua en este caso de 21, 1 m.

El coeficiente hidrodinámico ( $C_h$ ) puede ser calculado con la siguiente fórmula:

$$C_h = 1 + \frac{2C}{M}$$

**Ecuación 8-8**

Donde:

$C$  : Calado de la nave (m).

$M$  : Manga de la nave (m).

## 8.7 Sistema de Amarre

De acuerdo a las opciones de sistema de amarre admitidas por el programa, el terminal granelero de Mejillones corresponde a un Jetty Terminal.

### 8.7.1 Fairleads

Las coordenadas de los puntos de amarre en la nave (fairleads) están referidas a la propia nave. 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 la nave, las coordenadas planas de los puntos de amarre se obtienen directamente de la Figura 8-2, 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.

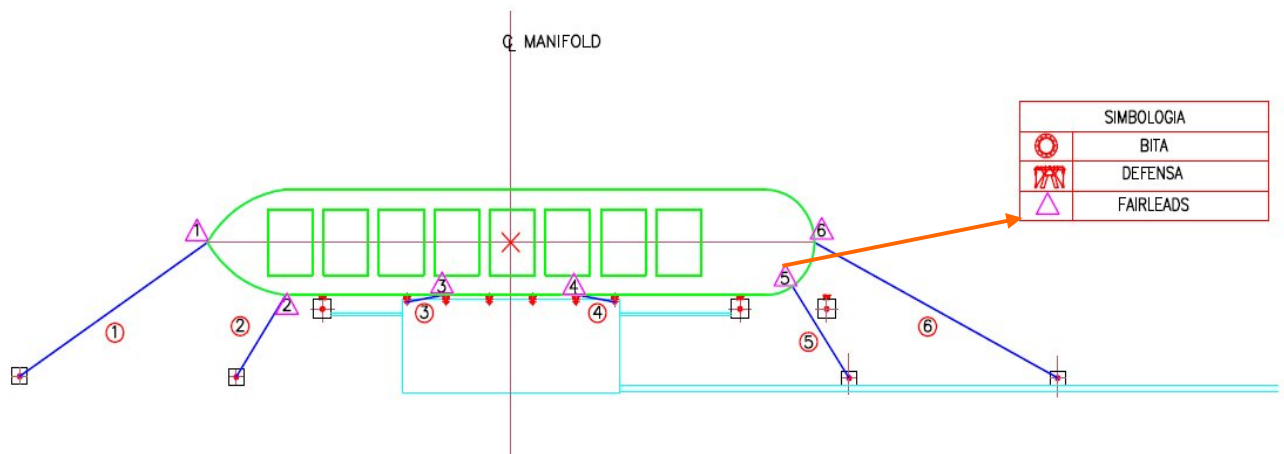


Figura 8-2: Ubicación de los Puntos de Amarre "Fairleads" [Fuente: Referencia 12].

### 8.7.2 Bitas

El sistema de amarre cuenta con bitas dispuestas en postes de amarre, duques de alba y cabezo. Las coordenadas en planta se obtienen directamente de la ubicación de bitas dadas en la Figura 8-3. 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.

Coordenada Z Bitas en Modelo	
Bitas	Marea Media
Cabezo	6.0
Duques de Alba	6.0
Postes de Amarre	6.0

Tabla 8-8: Coordenadas de las Bitas [Fuente: Referencia 15].

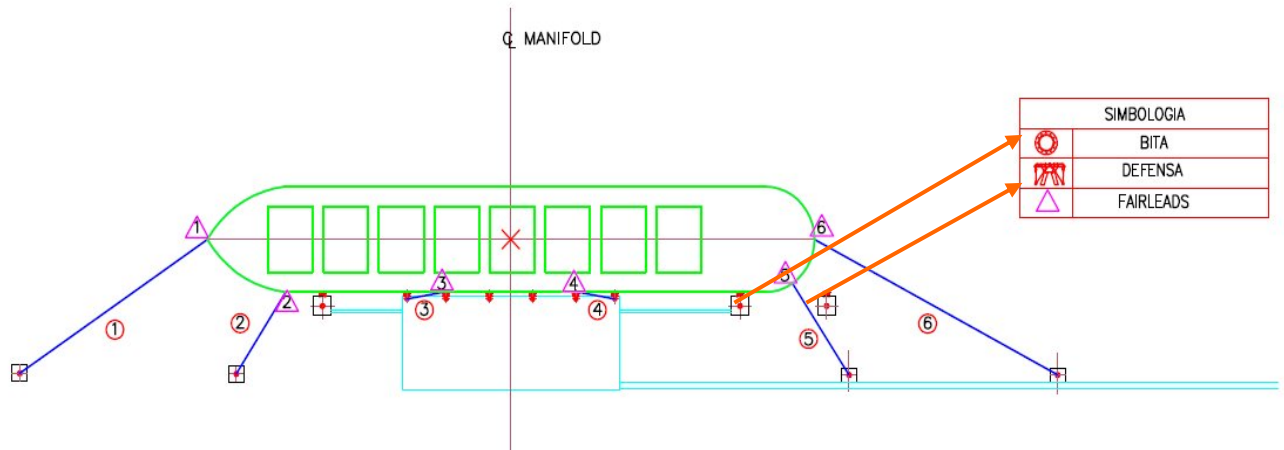


Figura 8-3: Ubicación de las Bitas [Fuente: Referencia 12].

### 8.7.3 Líneas de Amarre

Se ha considerado un sistema de amarre típico formado por dos (2) largos; uno a proa y otro a popa y cuatro springs. Cada largo está formado por 4 espías paralelas y cada spring por dos espías paralelas, las cuales se supone trabajan en conjunto.

La modelación considera una única configuración de amarre para cada nave de diseño teniendo en cuenta las características del sistema de amarre y considerando las recomendaciones y criterios de amarre para estos tipos de naves y terminal.

El modelo numérico TERMSIM II cuenta con una base de datos de distintos materiales para los sistemas de amarre. Los materiales incluidos corresponden a poliéster, Nylon, Dyneema y Polipropileno. Este último material ha sido seleccionado como elemento de amarre para las modelaciones realizadas.

De la base de datos del programa se seleccionó una espía de 9.7 cm de diámetro para naves con esloras LOA 280 y LOA 180, con las siguientes características:

Material	Polipropileno
Construcción	8 - Strand
Mena <sup>8</sup>	12"
Carga de Rotura	867 kN (88.5 Ton)
Pretensión	10 % de la carga de rotura
Longitud	40 m en springs (65 m a 90 m en largos de proa a popa)

**Tabla 8-9: Características Técnicas de Amarras [Fuente: Referencia 1].**

La denominación de los 8 – Strand, se refiere al número de hebras que componen el elemento de amarre, y sus características son principalmente una muy buena resistencia química, una muy baja absorción de agua, una alta resistencia a la abrasión y una vida útil bastante prolongada en comparación con las sogas naturales, además de una alta resistencia a los rayos UV.



**Figura 8-4: Polipropileno 8 – Strand [Fuente: Referencia 1].**

---

<sup>8</sup> Mena: medida de la circunferencia o grosor del cabo.

---

## 8.8 Sistema de Atraque

El sistema de atraque está compuesto por tres (3) duques de alba y el cabezo. El sistema coordinado es el mismo que el usado para las bitas con origen en el centro definido para el cabezo. 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).

### 8.8.1 Características Fuerzas de Atraque

Las defensas serán diseñadas para resistir las cargas y absorber la energía transmitida por los buques durante el atraque, operación y desatraque, utilizándose el siguiente criterio para determinar dichas fuerzas y energía:

- Bahía semiprottegida.
- Velocidad de atraque, perpendicularmente a la línea de defensas (0.15 m/s).
- Tonelaje de desplazamiento del buque más la masa inercial de agua.
- Ángulo de atraque ( $10^\circ$ ).
- Máxima presión en el casco (12 Ton/m<sup>2</sup>).
- Fricción entre el buque y los paneles de defensas (30%).
- Impacto en el punto (1/4).
- Se considerará una (1) defensa tomando la energía del impacto.
- Se considerará una separación entre defensas tal que el buque menos en ningún caso impacte las estructuras.

## 8.8.2 Determinación de la Energía Efectiva de Atraque

La determinación de la masa adicional ( $W_a$ ) de la energía efectiva de atraque se calcula con la siguiente formulación.

$$W_a = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot L \cdot \rho_w$$

**Ecuación 8-9**

Donde:

$D$  : Calado máximo a plena carga (m).

$L$  : Eslora de la nave (m).

$\rho_w$  : Densidad del agua de mar (Ton/m<sup>3</sup>).

La masa adicional ( $W_a$ ) de energía de atraque es  $73.39 \cdot 10^3$  Ton. El peso virtual ( $W$ ), se calcula con la siguiente formulación.

$$W = W' + W_a$$

**Ecuación 8-10**

Donde:

$W'$  : Desplazamiento a plena carga (Ton).

$W_a$  : Masa adicional de energía de atraque (Ton).

El peso virtual ( $W$ ) es  $268.39 \cdot 10^3$  Ton.

## 8.8.3 Determinación de la Energía Cinética de Atraque ( $E$ )

La energía cinética de atraque se determina con la siguiente formulación.

$$E = \frac{W \cdot V^2}{2g}$$

**Ecuación 8-11**

Donde:

$W$  : Peso virtual (Ton).

$V$  : Velocidad de atraque<sup>9</sup> de la nave (m/s).

$g$  : Aceleración de gravedad (m/s<sup>2</sup>).

La energía cinética de atraque es 308.09 Ton – m.

## 8.8.4 Determinación de la Energía Efectiva de Atraque ( $E_f$ )

La energía efectiva de atraque se determina con la siguiente formulación.

$$E_f = E \cdot k$$

**Ecuación 8-12**

Donde:

$E$  : Energía cinética de atraque (Ton – m).

---

<sup>9</sup> La velocidad de Atraque de la nave es 0.15 m/s [Referencia 3].

$k$  : Coeficiente de aproximación.

El coeficiente de aproximación se calcula como:

$$k = \frac{1}{1 + \left(\frac{r}{l}\right)}$$

**Ecuación 8-13**

Donde:

$r$  : Radio de giro de la nave<sup>10</sup> (m).

$l$  : Distancia desde el centro de gravedad de la nave al punto de contacto (m).

Donde el coeficiente de aproximación 0.5, por lo tanto la energía efectiva de ataque es 154.05 Ton – m.

## 8.8.5 Selección de la Defensa

La finalidad más importante de las defensas es absorber la energía del buque en el momento de su ataque, evitando que sufran daños tanto su casco como la propia estructura del muelle. Está claramente demostrada la eficacia de la instalación de defensas en los muelles, sobre todo en la medida que el tamaño de las embarcaciones aumenta, justificado plenamente la inversión realizada ya que se ahorra en el diseño de las obras de las superestructuras de ataque y en los bajos costos de mantención debido al despreciable número de colisiones de las embarcaciones en las maniobras de ataque.

---

<sup>10</sup>  $r = l = \frac{L}{4} = \frac{280 \text{ m}}{4} = 70 \text{ m}$

## 8.8.6 Energía de Absorción de la Defensa ( $E_a$ ) y Reacción ( $R$ )

Para un ángulo de atraque de  $10^\circ$  transversal y  $W = H_d$ , se tienen los siguientes factores de eficiencia:

$F_e = 0.79$  Factor de eficiencia para la absorción de energía.

$F_r = 0.92$  Factor de eficiencia para la reacción.

Por lo tanto la energía absorbida por la defensa y la reacción entregada al sistema será:

$$E_a = E_0 \cdot F_e = 359.37 \text{ Ton} \cdot \text{m} \cdot 0.79 = 283.90 \text{ Ton} \cdot \text{m} \quad \text{Ecuación 8-14}$$

$$R = R_0 \cdot F_r = 328.67 \text{ Ton} \cdot 0.92 = 302.38 \text{ Ton} \quad \text{Ecuación 8-15}$$

Para poder estimar la defensa en nuestro terminal marítimo se debe cumplir que la energía absorbida por la defensa y la reacción entregada al sistema será  $E_a > E_f$ , lo cual, esta relación cumple como podemos ver en las ecuaciones antes mencionadas.

La defensa que se utilizó para la modelación numérica del TERMSIM II es del tipo Cell Fenders (Bridgestone), estos elementos poseen una sección cilíndrica con un marco de placas de acero, los cuales están adheridos en su extremo de contacto. Bajo acción de carga, la sección cilíndrica se deforma radialmente, lo que controlado, permite una combinación óptima entre la dispersión multidireccional de energía y la alta eficiencia de absorción de la columna de torsión, generando una configuración geométrica estable frente a las variables formas de carga que sufre los sistemas de defensa portuarias en las maniobras de atraque, carga y descarga.

En la Figura 8-5 se muestra una imagen correspondiente al sistema de defensa utilizado, donde se puede apreciar su configuración y materialidad.



Figura 8-5: Sistema de Defensa Cell Fenders, Bridgestone [Fuente: Referencia 1].

Las características de la defensa Cell Fenders que se utilizó para efectuar la modelación numérica en el TERMSIM II se presenta en la siguiente tabla:

Tipo	Altura [m]	Grado RO	
		Fuerza Reacción [kN]	Energía Absorbida [kN-m]
C500H	0.50	125	22.6
SUC630H	0.63	182	44.1
SUC800H	0.80	292	92.2
SUC1000H	1.00	464	203.1
SUC1150H	1.15	614	309.0
SUC1250H	1.25	725	396.3
SUC1450H	1.45	976	619.0
SUC1600H	1.60	1189	831.9
SUC1700H	1.70	1342	997.7
SUC2000H	2.00	1857	1624.5
SUC2250H	2.25	2608	2567.3
SUC2500H	2.50	3221	3521.8
C3000H	3.00	5101	5346.5

Tabla 8-10: Energía y Reacción de la Cell Fender [Fuente: Referencia 1].

---

Tras buscar el mejor ajuste a los requerimientos de la defensa para el futuro terminal marítimo, se determinara que el tipo de defensa que sirve es la del tipo SUC2250H de Grado RO (ver Tabla 8-10).

## 9 EJECUCIÓN Y RESULTADOS DEL MODELO TERMSIM II

### 9.1 Casos de Estudio

De acuerdo al estudio de Clima de Olas realizado en la Bahía de Mejillones, II Región (Referencia 8) la distribución anual de altura y dirección de olas en el nodo N1. Considerando el espectro de oleaje completo, se muestra que el mayor porcentaje de olas se presenta en la dirección distribuida entre los 310° y 320°.

Sin embargo, y de manera de tomar en cuenta la distribución de energía de olas por cuadrante, se analizaron seis (6) casos de estudios denominados A, A', B, B', C, C', los que representan una combinación de las condiciones oceanográficas descritas anteriormente. Las naves de diseño que se consideraron para esta modelación fueron dos (2) buques graneleros (LOA 280 – LOA 180), para ambos casos se modelo la nave con la condición de carga máxima y mínima.

A continuación, se muestra un esquema representativo con las condiciones oceanográficas que impactan sobre el buque granelero.

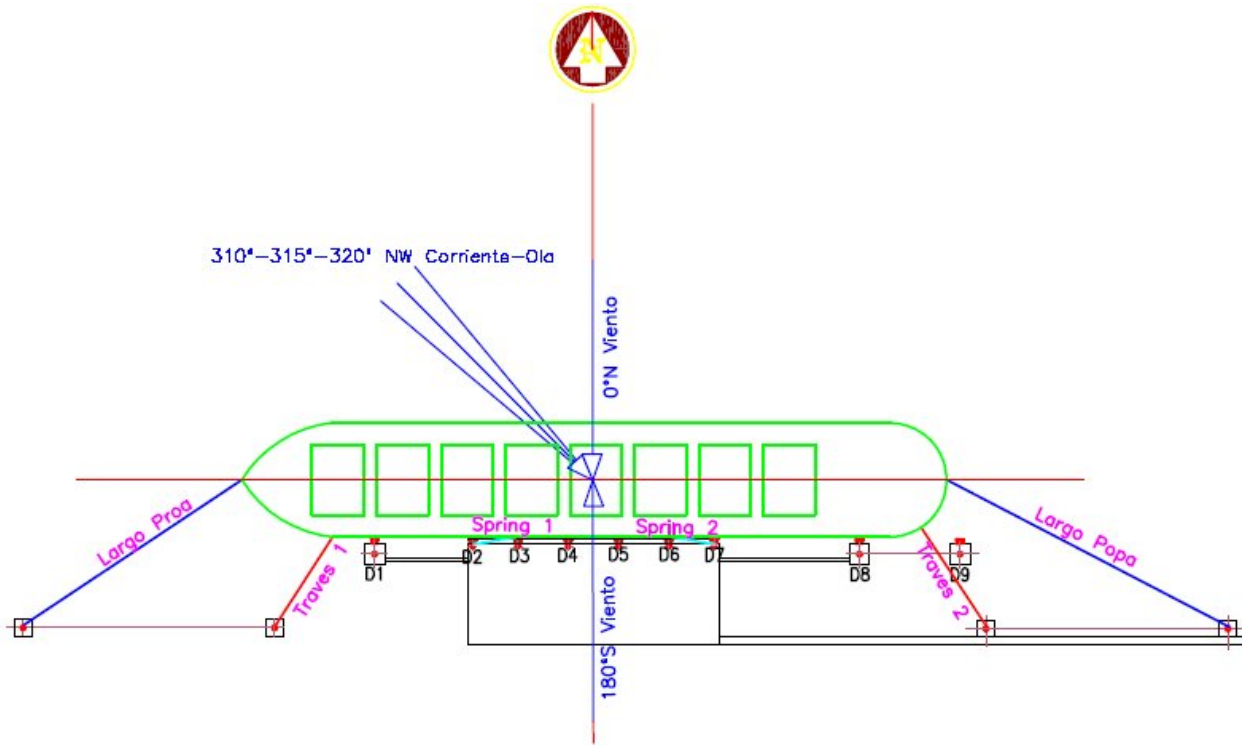


Figura 9-1: Esquema Buque Granelero v/s Condiciones Oceanográficas [Fuente: Referencia 1].

Casos	Viento	Corriente	Ola
A	Perpendicular a la nave en dirección al sitio 0° N	Frontal a la nave 320° NW	Frontal a la nave 320° NW
A'	Perpendicular a la nave en dirección contraria al sitio 180° S		
B	Perpendicular a la nave en dirección al sitio 0° N	Frontal a la nave 315° NW	Frontal a la nave 315° NW
B'	Perpendicular a la nave en dirección contraria al sitio 180° S		
C	Perpendicular a la nave en dirección al sitio 0° N	Frontal a la nave 310° NW	Frontal a la nave 310° NW
C'	Perpendicular a la nave en dirección contraria al sitio 180° S		

Tabla 9-1: Casos de Estudio Buque Granelero LOA 280 – LOA 180 [Fuente: Referencia 12].

---

## 9.2 Ensayos Efectuados

Para cada uno de los seis (6) casos estudiados que corresponden a distintas combinaciones de olas, vientos y corriente sobre el buque, se analizaron diversos ensayos que consideran una combinación de altura de ola significativa y período asociado dando como resultado un total de 252 ensayos (120 para LOA 280 m y 132 para LOA 180 m). El tiempo de simulación de cada uno de estos ensayos fue de 3 horas con un tiempo de “starting up” de 30 minutos no incluido el tiempo de simulación.

Una vez efectuado el procesamiento 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 B.

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

## 9.3 Criterios para Estimación de la Operabilidad

### 9.3.1 Criterios de Downtime

Los resultados se comparan con criterios operacionales y de seguridad, que se establecen para garantizar una operación segura y eficiente de los brazos de carga del cabezo y resguardar la integridad de las estructuras en el terminal marítimo. Dichos criterios se detallan a continuación.

## 9.3.2 Criterios Limitantes del Buque

Las restricciones de los movimientos admisibles mostrados en la Tabla 9-2, son los utilizados para garantizar la seguridad de las instalaciones en el futuro terminal marítimo de Mejillones.

Surge (m)	Sway (m)	Heave (m)	Yaw (°)	Pitch (°)	Roll (°)
Vaivén	Deriva	Alteada	Guiñada	Cabeceo	Balance
2	1	1	2	2	6

**Tabla 9-2: Movimientos Admisibles Nave Granelera [Fuente: Referencia 6].**

## 9.3.3 Tensión Admisible en las Espías de Amarre

La tensión máxima admisible en las espías se estableció igual al 30% de la carga de la rotura de la espía seleccionada, es decir, 61,95 Ton para la espía de 12" de mena (ver Tabla 8-9).

## 9.3.4 Carga Admisible en las Defensas

Se considera una carga máxima correspondiente a la reacción de la defensa para un nivel de deformación del 60%, es decir, 159,51 Ton (ver Tabla 8-10).

## 9.4 Porcentaje de Operabilidad Obtenido

En base a los resultados obtenidos en la simulación de respuesta de buques y los criterios para los límites de operabilidad definidos anteriormente, se ha determinado la operabilidad del terminal marítimo de Mejillones, II Región.

La estimación de la operabilidad fue calculada como el porcentaje de tiempo en que las condiciones limitantes no son superadas. Está estimación fue hecha considerando los casos A, A',

B, B', C y C' los cuales representan las condiciones de viento, corrientes y direcciones de incidencia del oleaje más desfavorables.

Por otra parte se debe tener en cuenta que en todos los casos de estudio se consideró una velocidad del viento operacional igual a 12,5 m/s y una velocidad de la corriente operacional igual a 0,25 m/s (ver Figura 9-1, las direcciones del viento y las corrientes que impactan a las naves). Las tablas que se muestran a continuación, entregan los resultados conseguidos para el porcentaje de operabilidad para los buques LOA 280 y LOA 180 y sus respectivas condiciones limitantes.

OPERABILIDAD [%]		
Casos	Carga Máxima	Condición Limitante
A	99,77	Largo Proa-Defensa 1
A'	99,48	Traves 2-Defensa 1
B	99,99	Largo Proa-Largo Popa
B'	99,99	Largo Proa
C	99,47	Largo Proa-Defensa 1
C'	99,45	Largo Proa-Traves 1-Defensa 1

**Tabla 9-3: Porcentaje de Operabilidad – Buque Granelero C Máx. LOA 280 m [Fuente: Referencia 15].**

OPERABILIDAD [%]		
Casos	Carga Mínima	Condición Limitante
A	99,59	Largo Popa-Traves 2-Defensa 9
A'	99,78	Spring 2-Traves 2
B	99,91	Largo Proa
B'	99,91	Largo Proa
C	99,71	Largo Proa-Defensa 1
C'	99,71	Largo Proa-Defensa 1

**Tabla 9-4: Porcentaje de Operabilidad – Buque Granelero C Mín. LOA 280 m [Fuente: Referencia 15].**

Las Tablas 9-3 y 9-4, muestran los porcentajes de operabilidad de carga máxima y mínima del buque granelero LOA 280 m. La operabilidad anual para la carga máxima se calcula como el promedio de todos los casos con sus respectivas cargas máximas, de igual manera para la carga mínima.

La operabilidad anual para el buque granelero con carga máxima es de 99,69% y para el de carga mínima es de 99,77%.

OPERABILIDAD [%]		
Casos	Carga Máxima	Condición Limitante
A	98,63	Spring 2-Traves 2
A'	98,63	Spring 2-Traves 2
B	98,67	Spring 2-Traves 2
B'	98,67	Spring 2-Traves 2
C	98,61	Spring 2-Traves 2
C'	98,63	Traves 2

**Tabla 9-5: Porcentaje de Operabilidad – Buque Granelero C Máx. LOA 180 m [Fuente: Referencia 15].**

OPERABILIDAD [%]		
Casos	Carga Mínima	Condición Limitante
A	98,63	Spring 2-Traves 2
A'	98,63	Spring 2-Traves 2
B	98,67	Traves 2
B'	98,67	Traves 2
C	99,67	Spring 2-Traves 2
C'	100,00	-

**Tabla 9-6: Porcentaje de Operabilidad – Buque Granelero C Mín. LOA 180 m [Fuente: Referencia 15].**

Las Tablas 9-5 y 9-6, muestran los porcentajes de operabilidad de carga máxima y mínima del buque granelero LOA 180 m. La operabilidad anual para el buque granelero con carga máxima es de 98,64% y para el de carga mínima es de 99,04%.

---

## 10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se ha realizado un estudio de respuesta de buque amarrado utilizando el programa de simulación numérica TERMSIM II, para analizar el comportamiento dinámico de buques graneleros atracados a sistema de atraque proyectado en el terminal marítimo de Mejillones, II Región, en condición de operación. Con los resultados obtenidos en este trabajo se ha puesto en evidencia lo sensible que pueden resultar las respuestas de las embarcaciones a las condiciones oceanográficas, hecho que impone la necesidad de contar con estudios de alta calidad y precisión en este ámbito.

De los análisis realizados, se concluye que para los movimientos horizontales y verticales del buque (surge, sway, heave, roll, pitch y yaw), los desplazamientos y oscilaciones máximas obtenidas para distintas condiciones oceanográficas (Ver Tabla 9-1), resultaron inferiores a las restricciones propuestas por el PIANC, para todos los casos, lo que implica una operabilidad anual para ambos buques graneleros de un 100%, solamente con respecto a los movimientos del centro de gravedad del buque.

En cuanto al sistema de defensa y amarres eficientes, las oscilaciones máximas obtenidas para los buques graneleros LOA 280 m y LOA 180 m, bajo condición de carga máxima y mínima resultaron bajo las restricciones propuestas por el PIANC, para la mayoría de los casos, obteniendo una operabilidad anual con condición de carga máxima para los buques LOA 280 m y LOA 180 m de 99,69% y 98,64% respectivamente. La operabilidad anual con condición de carga mínima para los mismos buques fue de 99,77% y 99,04%.

La condición limitante que obtuvieron ambos buques graneleros, se debe a alturas significativas de oleaje superiores a los 0,8 m con periodos de onda entre 16 a 20 s, es decir, periodo largo. Este factor fue el que produjo roturas en las espías largo de proa, spring 2 y traves 2, además de fallas de baja consideración en las defensa 1 y defensa 9 del cabezo del terminal marítimo.

Con el fin de sensibilizar la operabilidad anual para el buque granelero LOA 280 m, con condición de carga máxima y mínima, se reomologó el modelo numérico TERMSIM II con espías del tipo poliéster bajo las mismas condiciones oceanográficas (Ver Tabla 9-1) y el mismo layout propuesto.

La operabilidad anual para este buque granelero bajo condición de carga máxima y mínima fue de un 99,88% y 99,81%, lo que equivale a un incremento del 0,19% y 0,17% en la operabilidad respecto al caso original. La condición limitante al igual que el caso anterior, se debe a alturas de olas superiores a las 0,8 m con largos periodos de onda, donde las roturas en las espías se produjeron en el spring 1, y spring 2, que toman la fuerza longitudinal tendiente a que el buque navegue.

De acuerdo a los resultados obtenidos de esta sensibilización, se obtienen incrementos del 0,19% y 0,17% en la operabilidad anual. Con respecto a la relación de costos, el poliéster es un 30% más costoso que el polipropileno, sin embargo, este indicador no es suficiente para determinar la factibilidad del material a utilizar. En consecuencia, se concluye que se requiere un análisis financiero detallado para determinar la conveniencia económica del cambio de espías.

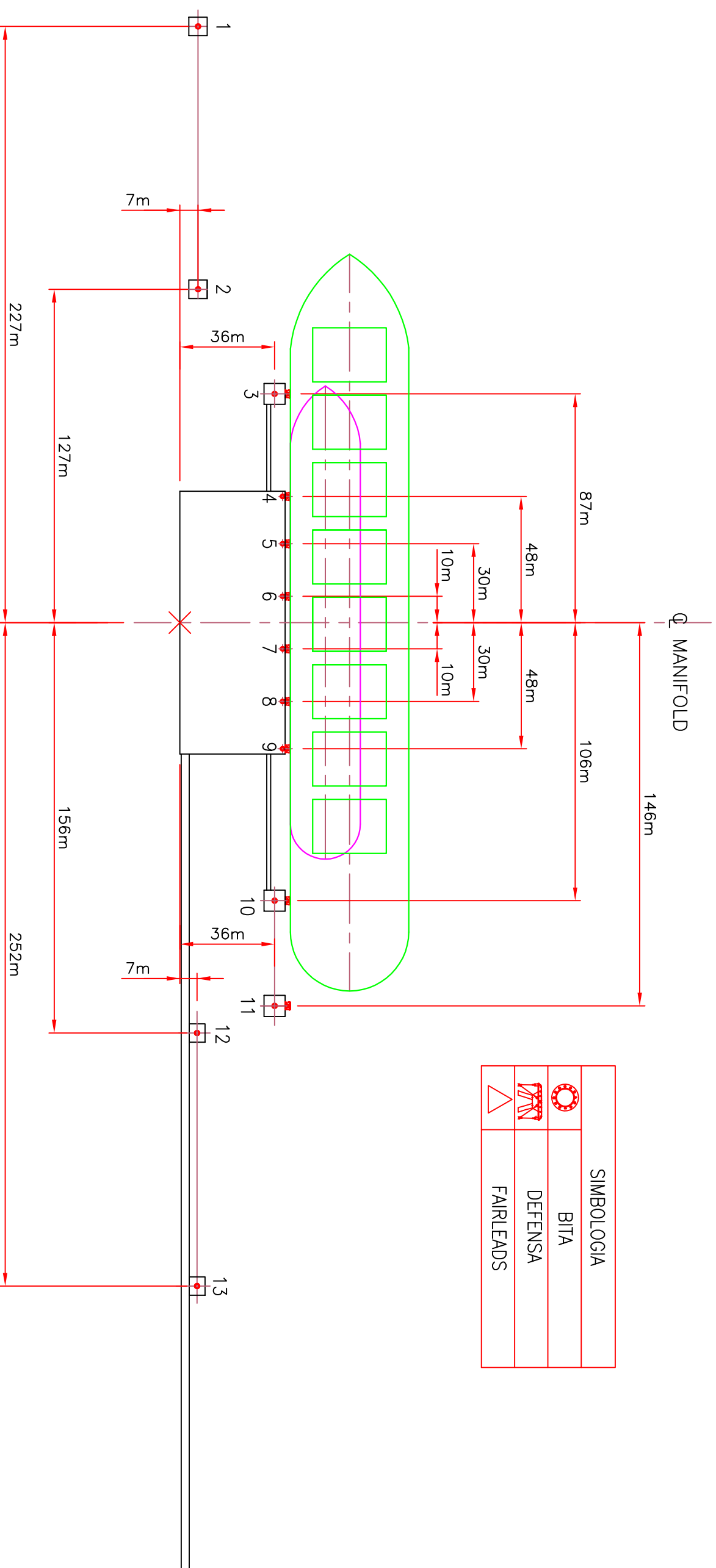
En relación al uso de estos métodos de análisis, TERMSIM II es una herramienta poderosa y útil en el desarrollo de este tipo de estudios, permitiendo ejecutar simulaciones que a nivel de prototipo llevaría tiempos prolongados y costos económicos considerables. Además, es un software validado con modelaciones físicas de naves amarradas, lo cual da al calculista una herramienta de mayor confianza que la basada en conocimiento empírico, como son las normas de diseño. Si bien se podría considerar el uso de aquel método que entregue el mayor valor de tensiones para asegurar el diseño, el sobredimensionamiento de las estructuras marítimas tiene un alto costo, lo que podría incidir gravemente en el desarrollo de un proyecto.

Para realizar operaciones en terminales portuarios con embarcaciones graneleras, es recomendable contar con obras de abrigo de costa, como son molos de abrigo o espigones, frente a oleaje caracterizado por ángulos de incidencia variable. Este tipo de estructura generaría una disminución considerable de dispersión de energía dentro del terminal marítimo, permitiendo un mayor tiempo de operación. A pesar de involucrar inversiones importantes, la construcción de este tipo de estructuras significa en el largo plazo un incremento en las garantías de operación para todo tipo de embarcaciones, con su consiguiente aumento en los ingresos para las empresas que controlan los terminales portuarios.

# **ANEXOS**

**ANEXO A      PLANOS TERMINAL MARÍTIMO DE MEJILLONES**

**ANEXO B      TABLAS CON RESULTADOS DE LA MODELACIÓN NUMÉRICA**



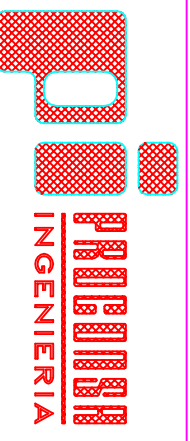
SIMBOLOGIA	
	BITA
	DEFENSA
	FAIRLEADS

CLIENTE:

C.T. ANDINA

TITULO:

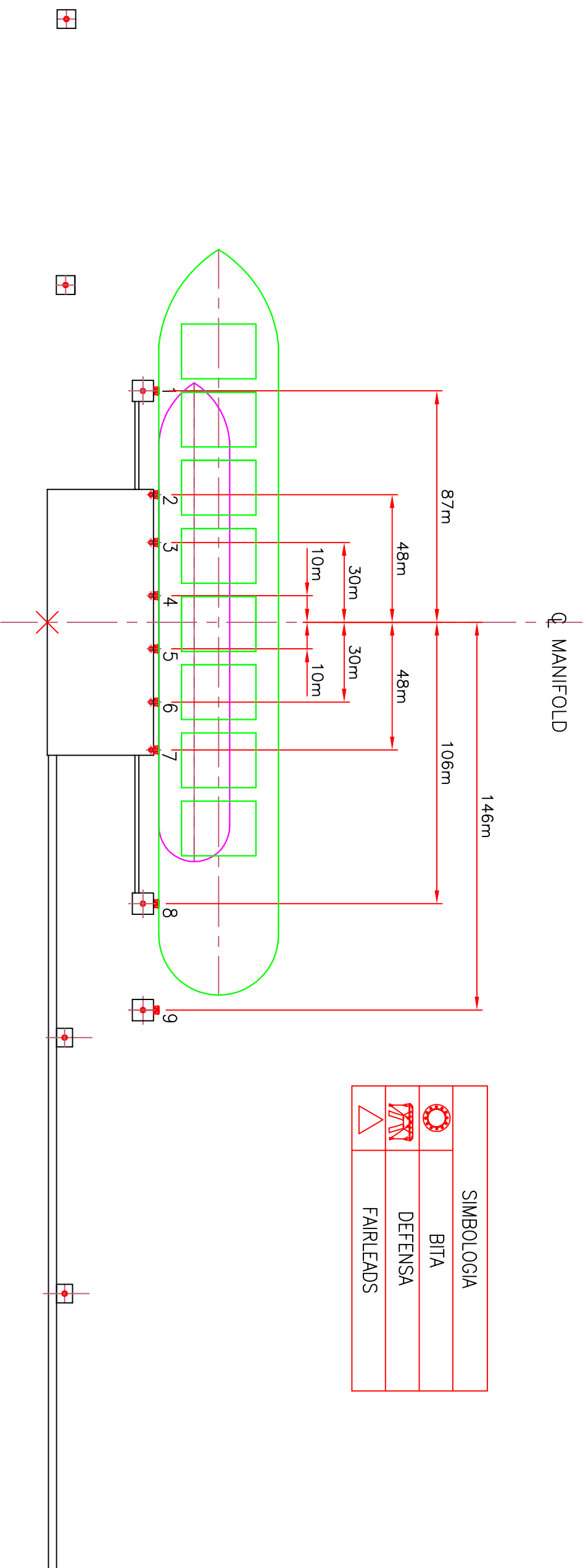
TERMINAL GRANELERO MEJILLONES  
 UBICACION DE BITAS EN MODELO  
 NAVE 180m Y 280m ESLORA



ESC. 1/2500

ESQUEMA N°  
 00825-SK-MO-01

Dib.	Rev.	Aprobo
A.V.M.	F.M.C.	J.R.L.



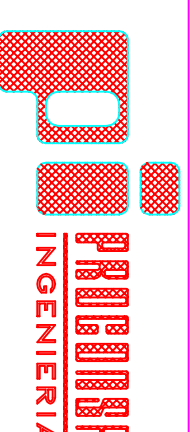
CLIENTE:

C.T. ANDINA

TITULO:

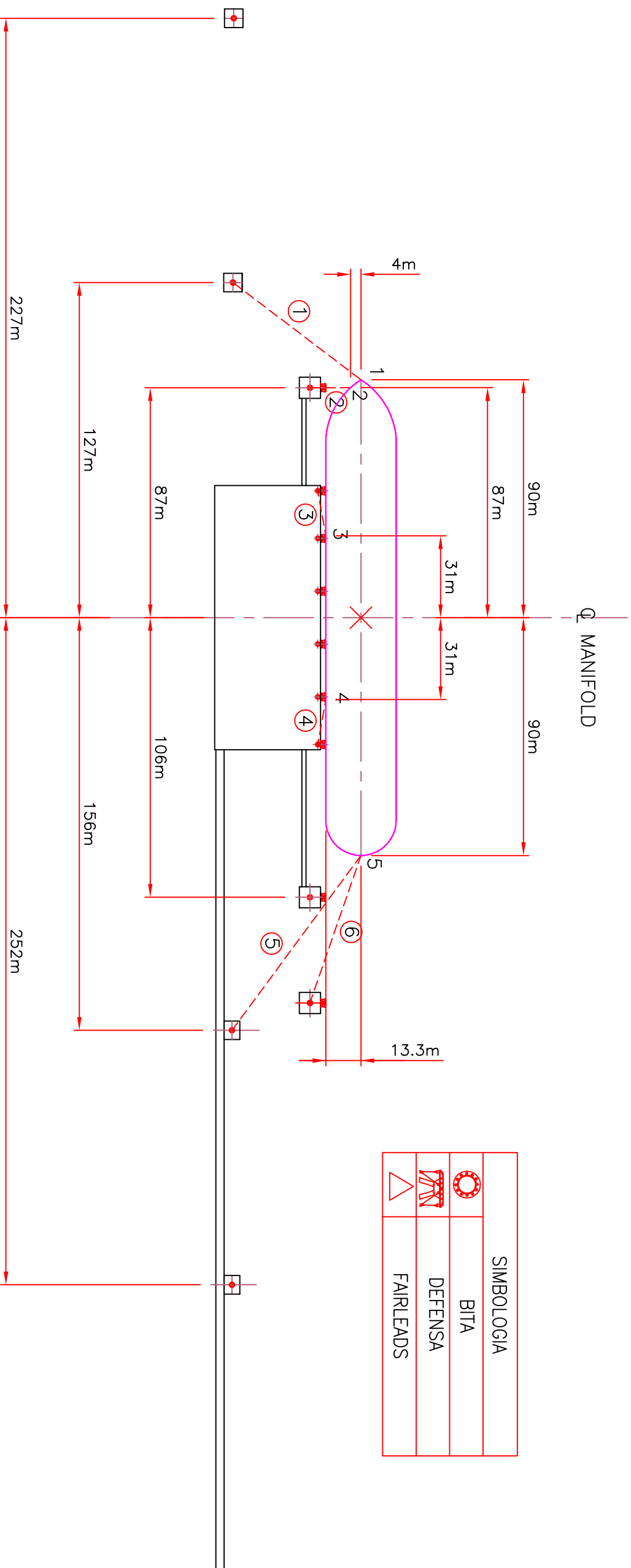
TERMINAL GRANELERO MEJILLONES  
UBICACION DE DEFENSAS  
NAVE 180m Y 280m ESLORA

ESC. 1/2500



ESQUEMA N°  
00825-SK-MO-02

Dib.	Rev.	Aprobo
A.V.M.	F.M.C.	J.R.L.



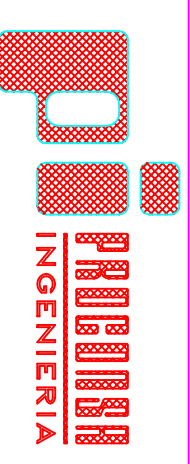
CLIENTE:

C.T. ANDINA

TITULO:

TERMINAL GRANELERO MEJILLONES  
UBICACION DE PUNTOS DE AMARRE (FAIRLEADS)  
NAVE 180m ESLORA

ESC. 1/2500

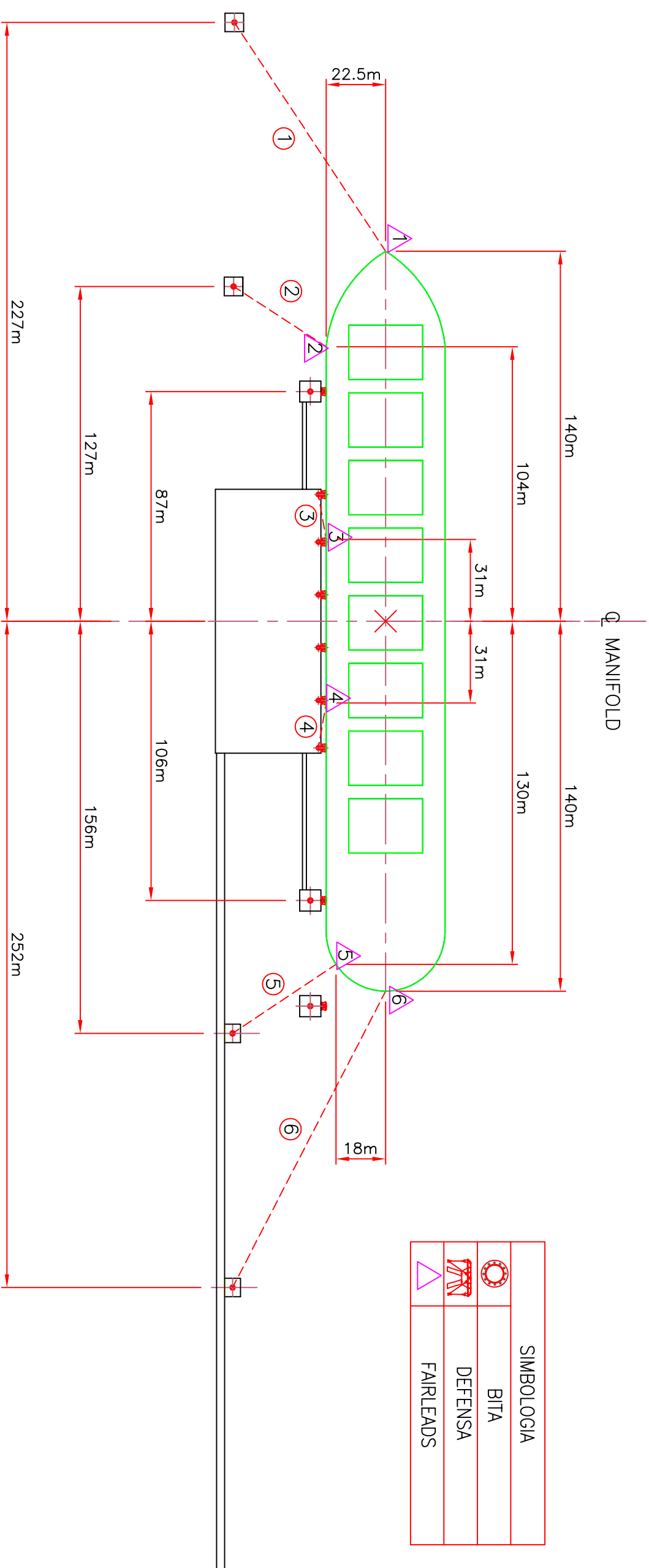


ESQUEMA N°  
00825-SK-MO-03

Dib.  
A.V.M.

Rev.  
F.M.C.

Aprobo  
J.R.L.



SIMBOLOGIA	
	BITA
	DEFENSA
	FAIRLEADS

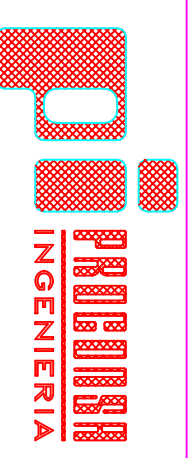
CLIENTE:

C.T. ANDINA

TITULO:

TERMINAL GRANELERO MEJILLONES  
UBICACION DE PUNTOS DE AMARRE (FAIRLEADS)  
NAVE 280m ESLORA

ESC. 1/2500



ESQUEMA N°	Dib.	Rev.	Aprobo
00825-SK-MO-04	A.V.M.	F.M.C.	J.R.L.

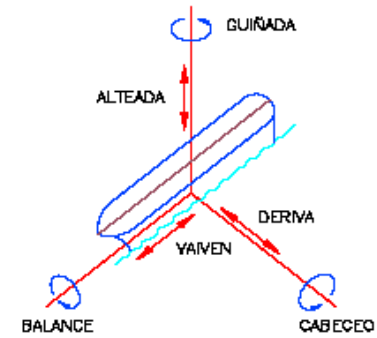
**CASO A**

Carga Máxima Nave Granelera LOA 280 m

Ola : Frontal a la Nave 320° NW

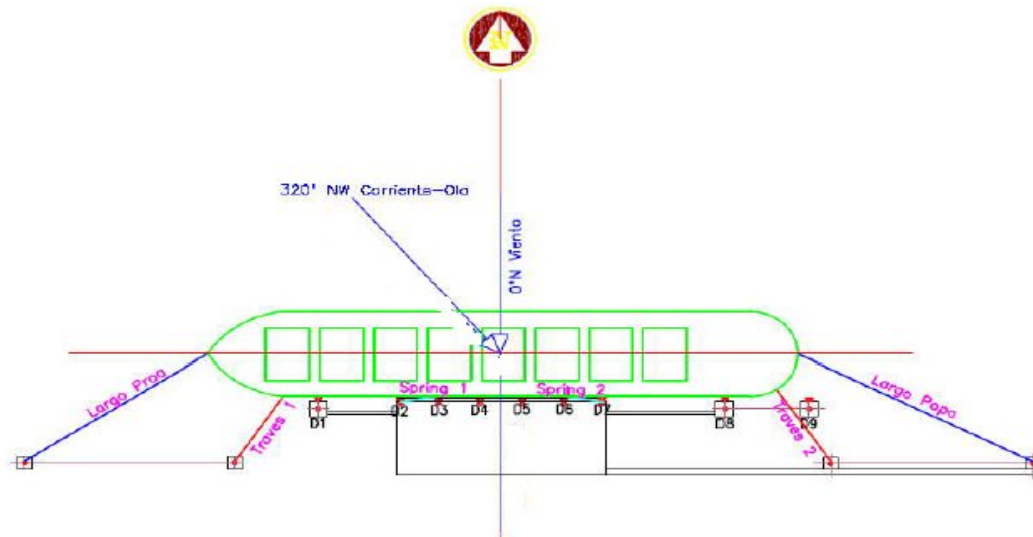
Viento : Perpendicular a la Nave en Dirección al Sitio 0° N

Corriente : Frontal a la Nave 320° NW

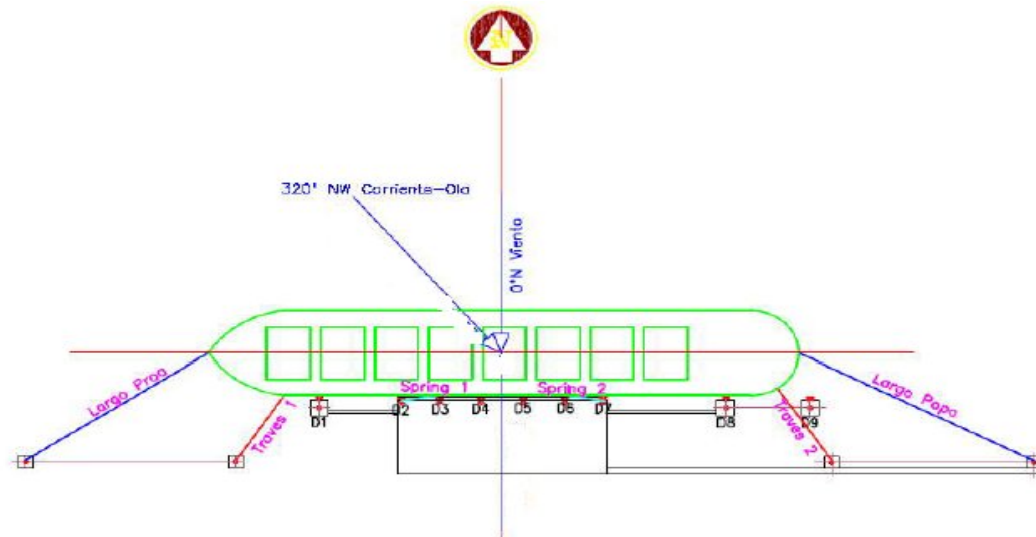


Tp [s]	Hs [m]	Movimientos del Centro Gravedad de la Nave					
		Surge [m]	Sway [m]	Heave [m]	Roll [°]	Pitch [°]	Yaw [°]
22	0,8	0,76	0,39	0,30	0,20	0,36	0,18
	0,7	0,81	0,36	0,26	0,24	0,32	0,18
	0,6	0,65	0,30	0,22	0,25	0,27	0,18
	0,5	0,44	0,22	0,19	0,19	0,23	0,18
20	1,1	1,18	0,48	0,33	0,17	0,49	0,18
	1,0	1,03	0,43	0,30	0,20	0,44	0,18
	0,9	0,92	0,36	0,27	0,21	0,40	0,18
	0,8	0,87	0,28	0,24	0,19	0,36	0,18
	0,7	0,59	0,27	0,21	0,19	0,31	0,18
	0,6	0,44	0,26	0,18	0,15	0,27	0,18
18	1,3	1,41	0,41	0,32	0,20	0,58	0,18
	1,2	1,16	0,40	0,30	0,20	0,53	0,18
	1,1	0,95	0,36	0,27	0,20	0,49	0,18
	1,0	0,89	0,31	0,25	0,17	0,44	0,18
	0,9	0,75	0,24	0,22	0,14	0,40	0,18
	0,8	0,72	0,20	0,20	0,16	0,36	0,18
	0,7	0,39	0,22	0,17	0,13	0,31	0,18
16	1,0	0,55	0,21	0,21	0,12	0,35	0,18
	0,9	0,38	0,20	0,19	0,12	0,31	0,18
	0,8	0,28	0,16	0,17	0,12	0,28	0,19

Hs [m]	Tp [s]	Reacción Máxima en Defensas [Ton]								
		Defensa 1	Defensa 2	Defensa 3	Defensa 4	Defensa 5	Defensa 6	Defensa 7	Defensa 8	Defensa 9
22	0,8	173,64	103,91	89,20	85,92	94,23	101,90	117,62	166,31	198,45
	0,7	165,35	95,41	85,15	87,19	97,09	106,29	115,08	161,77	188,85
	0,6	157,31	93,93	86,95	85,02	89,92	96,40	104,82	138,40	168,38
	0,5	128,61	91,19	80,41	80,21	83,52	89,35	93,36	116,34	133,92
20	1,1	201,51	107,77	95,74	90,15	95,42	100,69	105,42	168,25	205,10
	1,0	195,09	112,23	90,07	88,23	90,96	95,92	106,18	166,76	202,27
	0,9	191,02	105,46	90,55	83,01	84,95	93,64	106,70	162,06	197,38
	0,8	181,65	95,83	82,31	74,00	83,31	92,51	102,60	162,21	196,21
	0,7	160,41	98,60	75,60	72,73	80,00	90,88	100,25	145,11	171,56
	0,6	147,80	94,51	76,49	79,22	84,17	90,65	95,98	132,98	159,91
18	1,3	211,74	112,00	90,55	81,01	85,91	98,41	108,84	172,04	212,72
	1,2	206,13	121,05	89,08	77,42	82,22	91,77	103,00	158,96	200,66
	1,1	198,37	111,02	74,54	69,43	74,62	87,42	100,57	164,58	199,02
	1,0	186,00	99,36	71,51	69,03	78,04	90,21	103,27	165,95	199,29
	0,9	177,82	96,82	71,99	71,51	77,33	87,04	100,00	151,76	179,69
	0,8	164,49	90,07	71,13	66,49	72,65	81,78	94,47	139,42	169,32
	0,7	146,31	93,15	74,45	68,63	72,15	85,56	95,25	129,38	159,72
16	1,0	156,31	93,41	71,45	64,65	58,32	71,65	88,46	13,94	168,80
	0,9	143,91	92,57	62,78	56,57	54,99	67,87	83,62	128,52	156,81
	0,8	135,36	92,61	65,78	53,07	54,33	66,72	80,47	116,27	146,11



Tp [s]	Hs [m]	Tensión Máxima en Espías de Amarre [Ton]					
		Largo Proa	Traves 1	Spring 1	Spring 2	Traves 2	Largo Popa
22	0,8	63,51	58,31	50,08	70,90	87,56	73,51
	0,7	64,17	58,39	52,17	73,34	78,06	71,82
	0,6	61,38	54,38	47,20	68,92	67,86	67,86
	0,5	57,21	48,31	40,35	56,29	59,81	62,51
20	1,1	68,24	63,67	69,18	100,53	88,14	76,49
	1,0	64,99	59,07	60,65	89,38	83,72	72,32
	0,9	64,11	57,86	56,55	68,05	77,39	69,24
	0,8	64,28	58,55	54,28	58,52	70,65	66,07
	0,7	60,67	53,80	44,59	59,34	66,89	65,09
	0,6	57,52	48,87	40,24	56,34	65,02	62,95
18	1,3	69,89	66,22	80,79	88,09	93,41	76,48
	1,2	67,96	65,75	68,15	79,48	82,01	72,32
	1,1	67,65	65,15	55,76	61,93	74,24	64,99
	1,0	66,55	63,02	53,73	56,21	70,01	64,20
	0,9	62,74	56,58	49,63	53,47	65,91	63,31
	0,8	61,99	54,96	48,33	53,11	61,06	61,84
	0,7	56,19	46,65	37,94	52,04	60,60	60,95
16	1,0	59,25	51,21	41,24	49,90	58,50	59,67
	0,9	56,83	48,11	37,05	46,85	57,55	58,46
	0,8	54,92	45,27	34,74	45,03	56,52	57,65



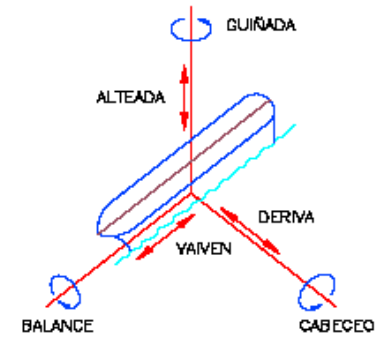
**CASO A'**

Carga Máxima Nave Granelera LOA 280 m

Ola : Frontal a la Nave 320° NW

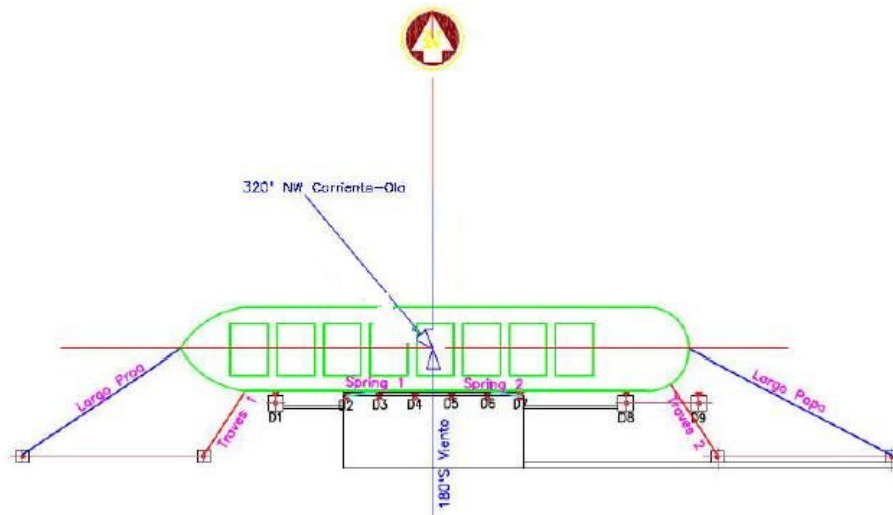
Viento : Perpendicular a la Nave en Dirección al Sitio 180° S

Corriente : Frontal a la Nave 320° NW

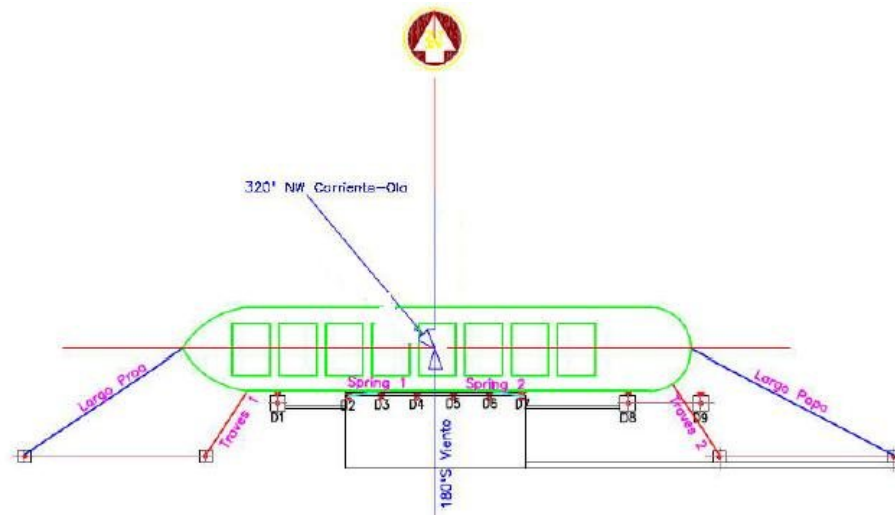


Hs [m]	Tp [s]	Movimientos del Centro Gravedad de la Nave					
		Surge [m]	Sway [m]	Heave [m]	Roll [°]	Pitch [°]	Yaw [°]
22	0,8	1,11	0,42	0,30	0,13	0,36	0,18
	0,7	1,11	0,39	0,26	0,11	0,32	0,18
	0,6	0,80	0,31	0,22	0,08	0,27	0,18
	0,5	0,48	0,21	0,19	0,11	0,23	0,18
20	1,1	1,11	0,43	0,33	0,14	0,49	0,18
	1,0	1,11	0,44	0,30	0,13	0,45	0,18
	0,9	1,10	0,39	0,27	0,13	0,40	0,18
	0,8	0,84	0,35	0,24	0,11	0,36	0,18
	0,7	0,64	0,31	0,21	0,10	0,31	0,18
	0,6	0,50	0,22	0,18	0,07	0,27	0,18
18	1,3	1,18	0,65	0,32	0,15	0,58	0,18
	1,2	0,97	0,64	0,30	0,13	0,53	0,18
	1,1	1,10	0,41	0,27	0,12	0,49	0,18
	1,0	0,80	0,30	0,25	0,11	0,44	0,18
	0,9	0,80	0,30	0,22	0,11	0,40	0,18
	0,8	0,69	0,22	0,20	0,09	0,35	0,18
	0,7	0,44	0,19	0,17	0,07	0,31	0,18
16	1,0	0,75	0,16	0,21	0,14	0,35	0,18
	0,9	0,57	0,15	0,19	0,13	0,31	0,18
	0,8	0,40	0,14	0,17	0,09	0,28	0,18

Hs [m]	Tp [s]	Reacción Máxima en Defensas [Ton]								
		Defensa 1	Defensa 2	Defensa 3	Defensa 4	Defensa 5	Defensa 6	Defensa 7	Defensa 8	Defensa 9
22	0,8	189,64	111,58	90,56	72,04	64,77	72,46	83,18	138,84	175,33
	0,7	188,77	97,58	82,10	62,70	58,21	67,01	89,70	141,18	176,60
	0,6	169,84	85,46	64,73	57,84	55,66	60,21	77,44	127,93	159,41
	0,5	146,84	73,16	53,80	51,50	50,75	54,40	73,50	122,71	153,48
20	1,1	196,94	100,92	79,04	68,83	82,04	95,79	106,13	143,61	177,35
	1,0	200,76	100,16	90,39	80,92	77,28	90,21	98,60	138,07	174,06
	0,9	195,28	93,52	79,41	68,79	73,59	79,65	85,98	135,26	169,66
	0,8	175,29	87,67	68,31	64,75	63,79	66,50	79,72	126,86	159,82
	0,7	169,72	81,17	64,51	56,17	52,71	57,81	67,58	112,22	144,36
	0,6	148,83	75,23	53,25	44,03	47,50	53,18	65,47	114,12	142,64
18	1,3	218,46	118,40	103,38	89,18	92,14	101,37	109,68	172,62	207,81
	1,2	218,95	117,74	86,11	75,89	78,75	100,87	117,84	167,18	199,42
	1,1	204,12	103,99	81,27	74,98	78,88	84,90	99,86	161,43	194,69
	1,0	172,72	94,68	86,03	80,32	77,76	78,02	85,34	137,56	179,14
	0,9	157,16	87,12	66,87	61,81	64,08	69,48	75,01	119,67	157,95
	0,8	172,55	75,18	51,41	51,03	52,48	53,92	58,30	111,00	146,02
	0,7	159,72	72,39	50,36	43,16	47,10	49,75	55,82	104,51	143,60
16	1,0	155,74	84,76	56,45	56,19	59,30	63,15	67,98	102,54	139,64
	0,9	148,22	78,92	53,78	47,61	48,32	49,04	49,04	103,29	136,69
	0,8	138,28	71,37	50,20	41,69	37,99	39,54	45,71	89,42	113,91



Hs [m]	Tp [s]	Tensión Máxima en Espías de Amarre [Ton]					
		Largo Proa	Traves 1	Spring 1	Spring 2	Traves 2	Largo Popa
22	0,8	68,34	65,49	61,05	61,19	91,87	71,89
	0,7	68,92	66,25	61,43	57,55	85,91	69,69
	0,6	64,06	58,93	51,94	51,05	77,08	66,85
	0,5	58,44	50,27	41,62	47,15	66,97	63,43
20	1,1	70,15	67,66	63,90	83,08	92,12	77,16
	1,0	68,52	65,74	65,18	80,29	85,91	75,10
	0,9	66,62	64,53	62,50	79,99	84,02	72,70
	0,8	64,57	60,97	54,75	71,75	78,86	67,66
	0,7	59,62	52,21	47,22	60,07	73,29	64,49
	0,6	57,98	49,39	41,56	45,46	65,61	62,21
18	1,3	67,68	65,95	75,00	100,02	108,70	86,38
	1,2	65,58	69,49	59,17	96,63	103,09	84,18
	1,1	66,50	64,18	62,66	82,95	88,18	77,44
	1,0	61,23	56,10	51,86	64,23	75,97	69,25
	0,9	60,53	53,77	52,92	59,91	79,17	67,38
	0,8	59,31	51,97	49,96	49,98	64,60	61,66
	0,7	57,64	49,09	40,28	48,43	61,68	60,43
16	1,0	61,48	54,58	50,49	52,43	58,55	61,18
	0,9	58,96	50,52	43,79	46,48	55,82	58,63
	0,8	56,53	47,02	37,88	42,67	53,93	57,20



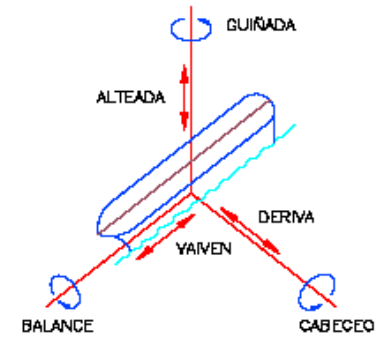
**CASO B**

Carga Máxima Nave Granelera LOA 280 m

Ola : Frontal a la Nave 315° NW

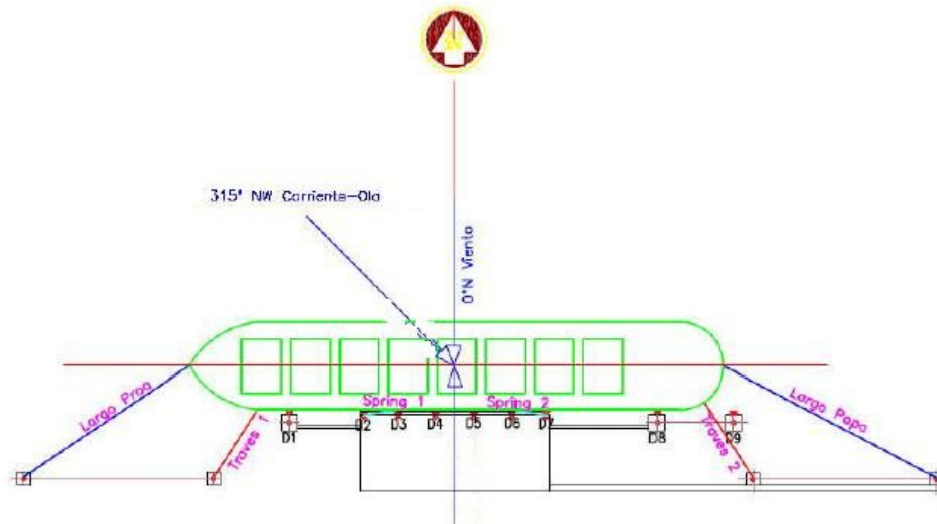
Viento : Perpendicular a la Nave en Dirección al Sitio 0° N

Corriente : Frontal a la Nave 315° NW

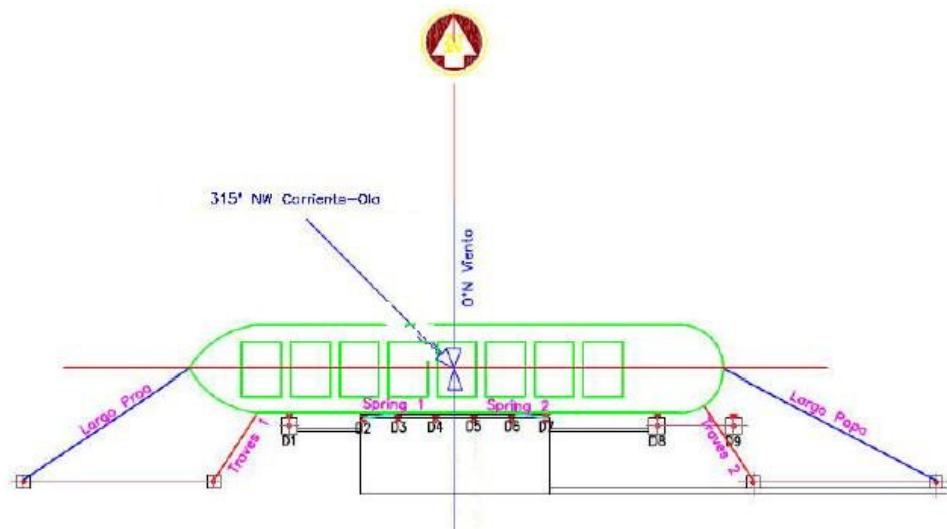


Hs [m]	Tp [s]	Movimientos del Centro Gravedad de la Nave					
		Surge [m]	Sway [m]	Heave [m]	Roll [°]	Pitch [°]	Yaw [°]
22	0,8	1,10	-0,01	0,29	-0,01	0,36	0,18
	0,7	0,88	-0,01	0,26	0,00	0,32	0,18
	0,6	0,73	-0,01	0,22	0,00	0,27	0,18
	0,5	0,58	-0,01	0,18	0,00	0,23	0,18
20	1,1	1,11	-0,01	0,32	0,00	0,49	0,18
	1,0	1,10	-0,01	0,29	0,00	0,44	0,18
	0,9	0,83	-0,01	0,26	0,00	0,40	0,18
	0,8	0,76	-0,01	0,23	0,00	0,35	0,18
	0,7	0,62	-0,01	0,20	0,00	0,30	0,18
	0,6	0,52	-0,01	0,18	0,00	0,26	0,18
18	1,3	1,12	0,00	0,31	0,00	0,57	0,18
	1,2	1,11	-0,01	0,29	0,00	0,53	0,18
	1,1	0,96	-0,01	0,26	0,00	0,48	0,18
	1,0	0,82	-0,01	0,24	0,00	0,44	0,18
	0,9	0,71	-0,01	0,22	0,00	0,40	0,18
	0,8	0,59	-0,01	0,19	0,00	0,35	0,18
	0,7	0,50	-0,01	0,17	0,00	0,30	0,18
16	1,0	0,64	-0,01	0,21	0,00	0,34	0,18
	0,9	0,52	-0,01	0,19	0,52	0,31	0,18
	0,8	0,42	-0,01	0,17	0,04	0,27	0,18

Hs [m]	Tp [s]	Reacción Máxima en Defensas [Ton]								
		Defensa 1	Defensa 2	Defensa 3	Defensa 4	Defensa 5	Defensa 6	Defensa 7	Defensa 8	Defensa 9
22	0,8	37,61	29,54	25,88	22,08	18,79	17,71	17,92	24,31	28,86
	0,7	34,91	28,04	24,88	21,53	18,56	17,81	17,65	22,73	26,36
	0,6	32,70	26,67	23,90	20,84	18,32	17,89	17,55	21,31	24,15
	0,5	30,80	25,44	22,97	20,23	18,25	17,82	17,48	20,30	22,59
20	1,1	42,70	32,53	28,00	23,30	19,19	18,64	18,99	27,64	33,69
	1,0	38,51	30,18	26,40	22,42	19,07	17,91	18,44	25,53	30,55
	0,9	35,54	28,45	25,23	21,72	18,85	17,84	18,22	24,15	28,46
	0,8	33,09	26,97	24,14	21,03	18,49	17,89	18,07	22,80	26,41
	0,7	31,36	25,82	23,30	20,51	18,35	17,86	17,88	21,57	24,53
	0,6	29,92	24,83	22,56	20,13	18,26	17,76	17,70	20,56	22,96
18	1,3	43,51	32,65	27,84	23,02	19,28	18,29	19,38	28,30	34,69
	1,2	40,12	30,92	26,79	22,52	19,23	18,13	18,76	26,40	31,87
	1,1	36,81	29,19	25,72	22,05	18,93	18,16	18,49	25,13	29,80
	1,0	34,73	27,97	24,86	21,49	18,68	18,15	18,14	23,92	27,99
	0,9	32,93	26,88	24,10	21,07	18,68	18,13	17,99	22,69	26,15
	0,8	31,30	25,89	23,44	20,75	18,63	18,11	18,01	21,77	24,76
	0,7	30,19	25,22	22,95	20,50	18,59	18,07	17,96	20,86	23,38
16	1,0	30,35	24,75	22,62	20,62	18,85	18,43	18,40	20,81	23,19
	0,9	28,97	24,14	22,30	20,44	18,78	18,39	18,31	20,26	22,35
	0,8	28,06	23,72	22,03	20,28	18,76	18,41	18,33	20,04	21,69



Hs [m]	Tp [s]	Tensión Máxima en Espías de Amarre [Ton]					
		Largo Proa	Traves 1	Spring 1	Spring 2	Traves 2	Largo Popa
22	0,8	64,97	57,28	59,86	60,23	55,40	63,15
	0,7	62,77	54,27	54,84	53,05	51,60	60,45
	0,6	60,52	51,20	49,68	46,48	48,15	57,98
	0,5	58,32	48,21	44,66	41,30	45,46	56,04
20	1,1	67,15	60,29	66,19	76,98	62,08	68,53
	1,0	64,97	57,29	59,88	67,41	58,35	65,25
	0,9	62,71	54,20	54,73	58,48	54,47	62,50
	0,8	60,74	51,50	50,22	52,19	51,15	60,13
	0,7	58,75	48,80	45,65	46,47	48,15	57,98
	0,6	57,29	46,82	42,26	41,29	45,46	56,04
18	1,3	68,22	61,76	69,51	80,14	63,47	69,72
	1,2	66,04	58,75	62,66	69,55	59,33	65,99
	1,1	63,75	55,60	57,08	60,12	55,47	63,16
	1,0	61,65	52,74	52,26	53,25	51,83	60,57
	0,9	59,94	50,46	48,25	47,39	48,75	58,37
	0,8	58,37	48,33	44,68	42,58	46,14	56,53
	0,7	57,02	46,49	41,58	38,70	44,13	55,08
16	1,0	58,83	48,95	45,78	40,77	45,29	55,88
	0,9	57,04	46,51	41,66	37,28	43,46	54,56
	0,8	55,61	44,59	38,38	34,38	41,95	53,47



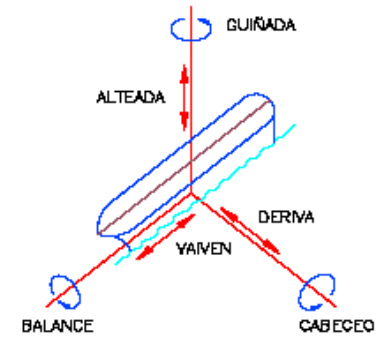
**CASO B'**

Carga Máxima Nave Granelera LOA 280 m

Ola : Frontal a la Nave 315° NW

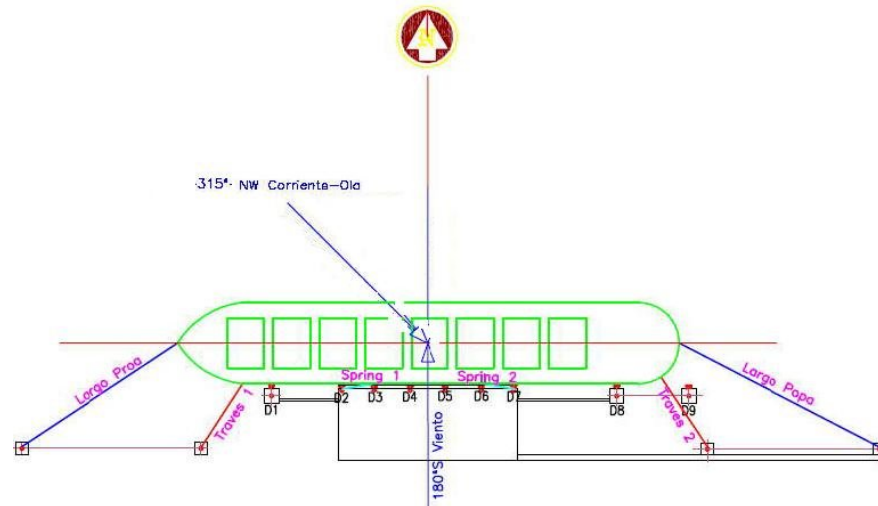
Viento : Perpendicular a la Nave en Dirección al Sitio 180° S

Corriente : Frontal a la Nave 315° NW

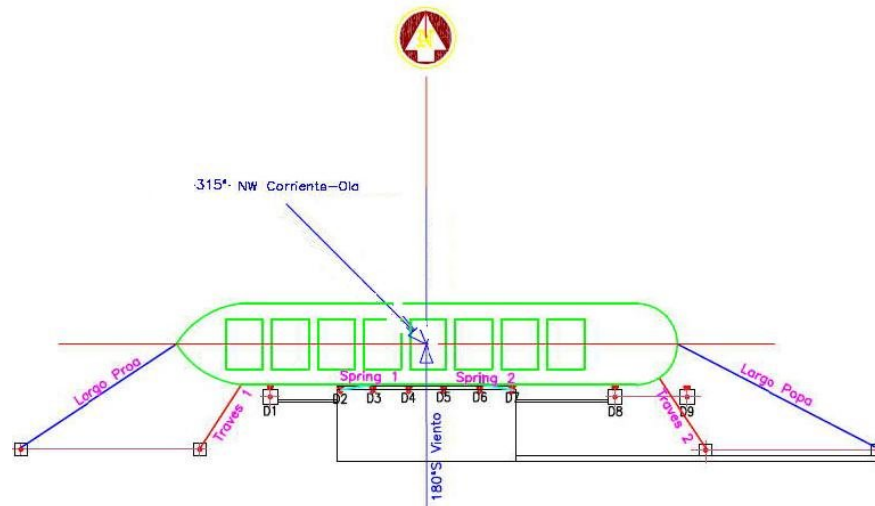


Hs [m]	Tp [s]	Movimientos del Centro Gravedad de la Nave					
		Surge [m]	Sway [m]	Heave [m]	Roll [°]	Pitch [°]	Yaw [°]
22	0,8	1,10	0,00	0,29	0,00	0,36	0,18
	0,7	0,88	0,00	0,26	0,00	0,32	0,18
	0,6	0,74	0,00	0,22	0,00	0,27	0,18
	0,5	0,61	0,00	0,18	-0,01	0,23	0,18
20	1,1	1,12	0,00	0,32	0,00	0,49	0,18
	1,0	1,10	0,00	0,29	0,00	0,44	0,18
	0,9	0,89	0,00	0,26	0,00	0,40	0,18
	0,8	0,76	0,00	0,23	0,00	0,35	0,18
	0,7	0,64	0,00	0,20	0,00	0,31	0,18
	0,6	0,51	0,00	0,18	-0,01	0,27	0,18
18	1,3	1,13	0,00	0,31	0,00	0,57	0,18
	1,2	1,11	0,00	0,29	0,00	0,53	0,18
	1,1	1,02	0,00	0,26	0,00	0,49	0,18
	1,0	0,88	0,00	0,24	0,00	0,44	0,18
	0,9	0,74	0,00	0,22	0,00	0,40	0,18
	0,8	0,63	0,00	0,19	-0,01	0,35	0,18
	0,7	0,51	-0,01	0,17	-0,01	0,31	0,18
16	1,0	0,68	0,00	0,21	-0,01	0,34	0,18
	0,9	0,56	0,00	0,19	-0,01	0,31	0,18
	0,8	0,46	-0,01	0,17	-0,01	0,27	0,18

Hs [m]	Tp [s]	Reacción Máxima en Defensas [Ton]								
		Defensa 1	Defensa 2	Defensa 3	Defensa 4	Defensa 5	Defensa 6	Defensa 7	Defensa 8	Defensa 9
22	0,8	45,82	29,71	23,15	19,21	15,99	18,88	21,49	30,21	36,41
	0,7	40,15	26,93	21,50	17,76	14,92	16,61	18,25	23,90	27,79
	0,6	35,49	24,71	20,21	16,68	14,04	14,93	15,83	19,15	21,52
	0,5	31,23	22,63	18,99	15,70	13,37	13,44	13,75	15,08	16,07
20	1,1	56,92	34,26	24,65	18,93	18,85	20,48	23,57	33,53	40,78
	1,0	51,48	32,78	24,71	18,32	16,13	19,04	21,68	30,22	36,10
	0,9	44,85	30,00	23,56	17,73	15,41	17,22	19,26	25,88	30,44
	0,8	38,59	26,94	21,93	17,04	14,54	15,47	16,82	21,18	24,19
	0,7	33,80	24,49	20,50	16,57	13,77	14,01	14,69	17,20	18,97
	0,6	29,62	22,24	19,01	15,79	13,19	12,75	12,93	13,87	14,67
18	1,3	59,91	35,83	26,03	19,00	19,33	19,73	21,45	27,56	31,77
	1,2	52,77	32,81	24,56	17,37	17,43	18,19	18,88	23,11	27,12
	1,1	46,48	30,02	23,13	17,16	15,86	16,78	17,63	20,38	23,58
	1,0	41,27	27,65	21,89	16,77	14,87	15,64	16,32	18,84	20,64
	0,9	36,55	25,45	20,72	16,44	13,97	14,53	15,03	17,01	18,42
	0,8	32,73	23,65	19,73	15,97	13,40	13,49	13,83	14,98	16,16
	0,7	29,48	22,07	18,81	15,50	13,05	12,63	12,74	13,26	14,18
16	1,0	32,42	22,61	18,76	15,55	13,44	12,40	12,37	13,47	15,23
	0,9	28,83	20,97	18,00	15,35	13,40	12,29	11,74	12,46	13,65
	0,8	26,59	19,99	17,43	15,21	13,33	12,26	11,64	12,02	12,69



Hs [m]	Tp [s]	Tensión Máxima en Espías de Amarre [Ton]					
		Largo Proa	Traves 1	Spring 1	Spring 2	Traves 2	Largo Popa
22	0,8	64,96	57,31	60,19	61,36	56,11	63,58
	0,7	62,75	54,27	55,03	54,26	52,42	60,93
	0,6	60,72	51,51	50,32	47,81	49,04	58,52
	0,5	58,76	48,84	45,77	41,87	45,94	56,30
20	1,1	68,37	61,96	70,70	76,85	62,12	68,52
	1,0	65,24	57,67	60,85	67,51	58,41	65,26
	0,9	62,72	54,23	54,90	59,52	55,11	62,89
	0,8	60,70	51,51	50,25	53,10	51,77	60,49
	0,7	58,90	49,04	46,08	47,37	48,80	58,36
	0,6	57,29	46,87	42,35	41,76	45,89	56,26
18	1,3	69,33	63,28	73,56	86,54	66,01	71,98
	1,2	66,88	59,91	65,77	75,47	61,66	68,08
	1,1	64,53	56,69	59,15	64,52	57,45	64,52
	1,0	62,40	53,78	54,20	56,44	53,67	61,81
	0,9	60,47	51,16	49,75	50,05	50,34	59,42
	0,8	58,64	48,67	45,48	44,33	47,34	57,27
	0,7	57,01	46,47	41,74	39,67	44,76	55,47
16	1,0	59,31	49,61	47,03	43,99	47,14	57,13
	0,9	57,63	47,33	43,15	39,87	44,99	55,58
	0,8	56,18	45,37	39,79	36,28	43,10	54,23



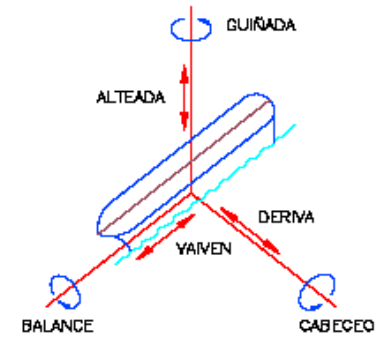
**CASO C**

Carga Máxima Nave Granelera LOA 280 m

Ola : Frontal a la Nave 310° NW

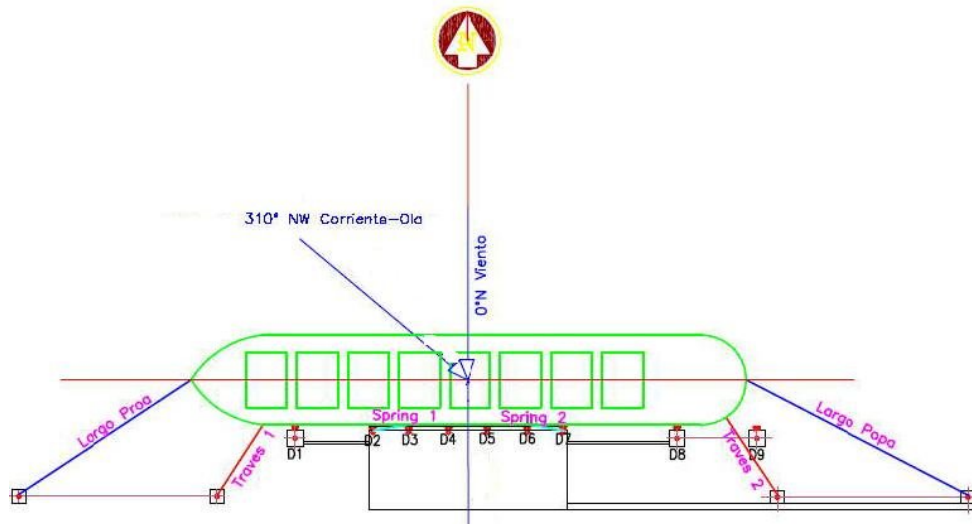
Viento : Perpendicular a la Nave en Dirección al Sitio 0° N

Corriente : Frontal a la Nave 310° NW

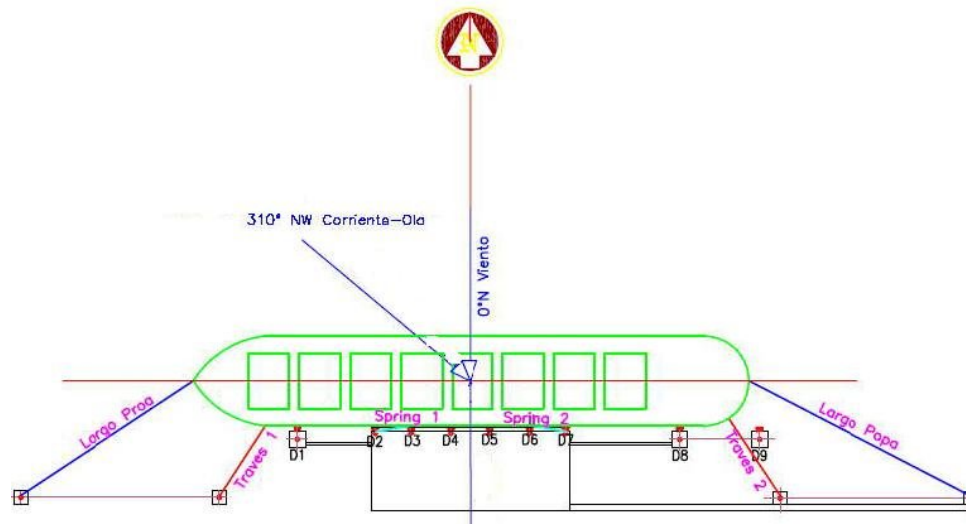


Hs [m]	Tp [s]	Movimientos del Centro Gravedad de la Nave					
		Surge [m]	Sway [m]	Heave [m]	Roll [°]	Pitch [°]	Yaw [°]
22	0,8	1,14	0,37	0,30	0,16	0,36	0,18
	0,7	1,12	0,37	0,26	0,15	0,32	0,18
	0,6	1,12	0,33	0,22	0,14	0,27	0,18
	0,5	1,10	0,24	0,19	0,13	0,23	0,18
20	1,1	1,15	0,39	0,33	0,19	0,49	0,18
	1,0	1,16	0,34	0,30	0,18	0,44	0,18
	0,9	1,13	0,29	0,27	0,15	0,40	0,18
	0,8	1,12	0,28	0,24	0,14	0,36	0,18
	0,7	1,10	0,24	0,21	0,13	0,31	0,18
	0,6	0,92	0,21	0,18	0,11	0,27	0,18
18	1,3	1,14	0,39	0,32	0,17	0,58	0,18
	1,2	1,12	0,29	0,30	0,15	0,53	0,18
	1,1	1,12	0,25	0,27	0,14	0,49	0,18
	1,0	1,03	0,22	0,25	0,16	0,44	0,18
	0,9	0,86	0,26	0,22	0,15	0,40	0,18
	0,8	0,81	0,24	0,20	0,13	0,35	0,18
	0,7	0,81	0,18	0,17	0,08	0,31	0,18
16	1,0	0,77	0,20	0,21	0,13	0,35	0,18
	0,9	0,67	0,18	0,19	0,11	0,31	0,18
	0,8	0,60	0,15	0,17	0,09	0,28	0,18

Hs [m]	Tp [s]	Reacción Máxima en Defensas [Ton]								
		Defensa 1	Defensa 2	Defensa 3	Defensa 4	Defensa 5	Defensa 6	Defensa 7	Defensa 8	Defensa 9
22	0,8	210,12	117,65	89,05	72,27	65,15	73,18	97,25	16,51	203,47
	0,7	202,29	120,89	86,84	66,44	67,51	73,09	91,11	152,40	191,64
	0,6	180,57	116,82	85,96	69,88	61,16	65,96	85,06	145,95	179,89
	0,5	162,65	103,27	80,26	68,19	59,22	61,43	69,32	112,66	139,66
20	1,1	206,98	115,59	104,61	98,43	95,18	95,08	103,74	154,59	193,03
	1,0	204,30	108,06	92,25	84,37	76,39	80,12	91,18	149,20	191,16
	0,9	198,78	113,47	87,15	73,69	63,80	71,24	83,15	144,84	181,81
	0,8	190,91	113,60	84,46	71,00	67,24	66,62	87,34	140,68	180,99
	0,7	173,43	107,37	76,92	70,73	69,43	68,12	80,83	127,56	162,77
	0,6	157,09	97,52	71,68	59,87	58,65	58,93	73,13	112,98	143,50
18	1,3	204,30	110,15	90,69	96,23	102,68	109,70	116,85	160,88	200,10
	1,2	198,49	107,15	81,73	67,89	68,19	74,87	82,31	139,60	177,50
	1,1	194,29	102,67	78,46	67,42	67,48	71,59	84,46	142,47	182,34
	1,0	176,73	99,81	82,67	75,19	70,49	68,98	75,39	140,34	178,31
	0,9	174,55	101,10	76,10	68,47	63,84	67,72	77,92	132,90	165,73
	0,8	161,86	98,92	71,36	59,74	61,69	63,64	73,36	128,99	162,07
	0,7	161,01	95,30	69,51	58,57	56,70	57,53	70,79	117,13	146,56
16	1,0	156,73	97,21	75,41	59,66	57,27	59,41	73,17	125,18	157,72
	0,9	153,56	96,13	66,49	54,78	54,98	55,83	65,09	111,78	144,94
	0,8	142,25	91,63	65,69	51,54	50,58	50,85	63,88	106,70	134,97



Hs [m]	Tp [s]	Tensión Máxima en Espías de Amarre [Ton]					
		Largo Proa	Traves 1	Spring 1	Spring 2	Traves 2	Largo Popa
22	0,8	72,37	71,48	80,97	63,67	67,03	65,23
	0,7	69,80	67,95	74,00	55,02	65,95	62,43
	0,6	67,56	64,71	68,96	52,90	57,44	60,85
	0,5	64,19	60,24	62,29	42,52	46,34	56,12
20	1,1	76,94	75,95	85,70	79,48	68,14	69,08
	1,0	76,76	76,48	93,42	81,44	62,97	69,47
	0,9	69,10	66,14	75,14	67,13	60,59	64,51
	0,8	67,78	64,22	71,25	61,08	59,27	62,55
	0,7	65,49	60,05	63,59	47,35	54,99	58,41
	0,6	64,92	61,26	58,44	41,04	51,47	56,66
18	1,3	70,11	70,12	82,07	79,99	63,92	69,78
	1,2	68,91	68,07	70,81	65,65	61,05	64,29
	1,1	70,27	69,42	69,94	58,47	56,86	61,94
	1,0	66,64	63,74	61,19	47,85	55,30	58,55
	0,9	63,89	60,62	55,82	42,63	56,90	57,28
	0,8	63,19	59,41	54,57	36,84	53,83	55,55
	0,7	62,78	57,91	54,53	35,71	48,87	53,63
16	1,0	63,57	58,69	52,81	38,01	52,86	54,78
	0,9	62,40	57,18	48,95	40,02	49,83	55,58
	0,8	61,13	55,44	46,80	37,97	47,83	54,87



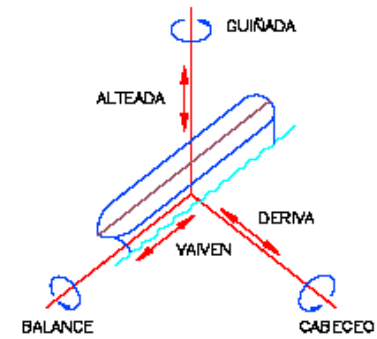
**CASO C'**

Carga Máxima Nave Granelera LOA 280 m

Ola : Frontal a la Nave 310° NW

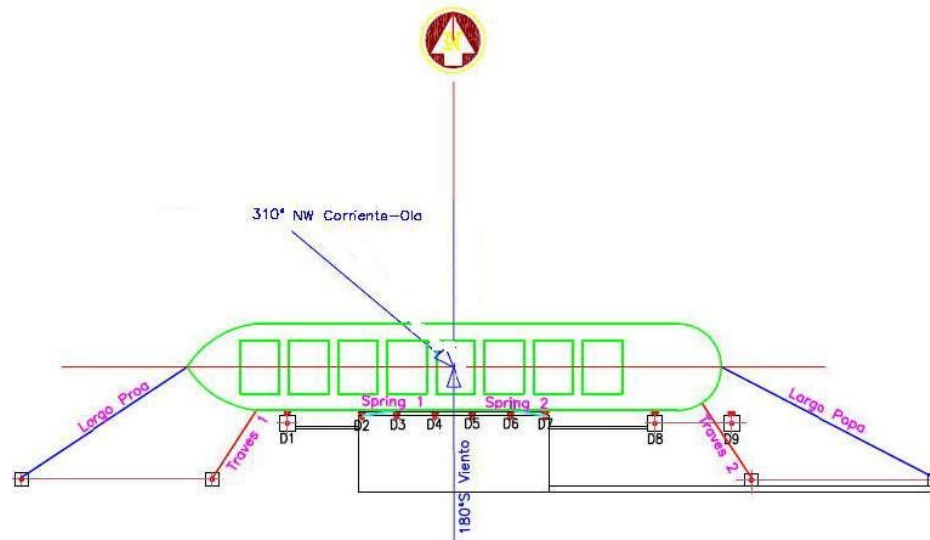
Viento : Perpendicular a la Nave en Dirección al Sitio 180° S

Corriente : Frontal a la Nave 310° NW

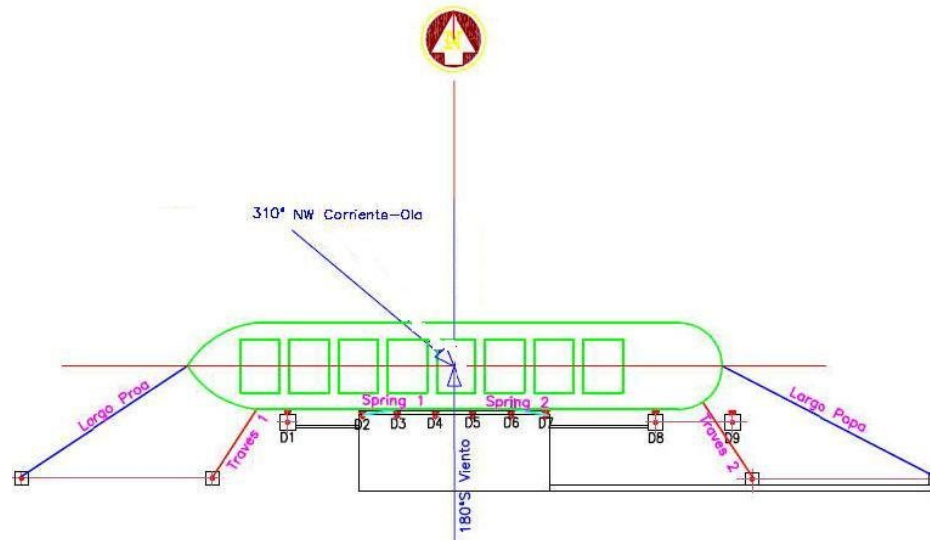


Hs [m]	Tp [s]	Movimientos del Centro Gravedad de la Nave					
		Surge [m]	Sway [m]	Heave [m]	Roll [°]	Pitch [°]	Yaw [°]
22	0,8	1,14	0,37	0,30	0,10	0,36	0,18
	0,7	1,11	0,29	0,26	0,10	0,32	0,18
	0,6	0,93	0,27	0,22	0,08	0,27	0,18
	0,5	0,77	0,24	0,19	0,07	0,23	0,18
20	1,1	1,16	0,48	0,33	0,15	0,49	0,18
	1,0	1,14	0,38	0,30	0,13	0,44	0,18
	0,9	1,12	0,31	0,27	0,14	0,40	0,18
	0,8	1,11	0,30	0,24	0,11	0,36	0,18
	0,7	1,10	0,22	0,21	0,09	0,31	0,18
	0,6	0,70	0,19	0,18	0,09	0,27	0,18
18	1,3	1,18	0,68	0,32	0,15	0,58	0,18
	1,2	1,13	0,62	0,30	0,13	0,53	0,18
	1,1	1,11	0,57	0,27	0,13	0,49	0,18
	1,0	0,96	0,43	0,25	0,13	0,44	0,18
	0,9	0,91	0,28	0,22	0,11	0,40	0,18
	0,8	0,95	0,18	0,20	0,09	0,35	0,18
	0,7	0,70	0,16	0,17	0,09	0,31	0,18
16	1,0	0,75	0,22	0,21	0,11	0,35	0,18
	0,9	0,65	0,12	0,19	0,09	0,31	0,18
	0,8	0,56	0,12	0,17	0,07	0,28	0,18

Hs [m]	Tp [s]	Reacción Máxima en Defensas [Ton]								
		Defensa 1	Defensa 2	Defensa 3	Defensa 4	Defensa 5	Defensa 6	Defensa 7	Defensa 8	Defensa 9
22	0,8	201,05	95,20	85,49	80,31	77,55	76,38	76,08	132,47	170,56
	0,7	201,06	97,30	73,92	65,31	57,05	48,99	64,72	115,35	161,36
	0,6	190,47	90,80	65,58	50,71	42,93	37,59	53,51	110,44	154,30
	0,5	171,83	87,11	56,92	45,81	37,73	34,79	42,19	109,12	149,01
20	1,1	211,33	120,00	98,15	81,00	85,04	96,00	105,74	148,23	181,11
	1,0	203,76	108,49	78,94	73,14	77,26	86,18	95,50	126,66	177,14
	0,9	198,29	93,08	81,18	76,64	76,77	79,64	90,46	119,16	154,74
	0,8	190,21	93,91	84,88	81,64	79,05	77,57	76,25	105,71	146,42
	0,7	183,13	84,02	67,67	63,00	62,38	61,77	61,23	99,84	135,62
	0,6	160,66	83,99	70,33	55,17	45,99	41,90	40,01	94,30	133,12
18	1,3	220,43	165,43	112,38	98,17	82,34	81,63	99,62	170,64	205,37
	1,2	220,54	153,07	107,20	90,36	75,54	88,03	10,86	16,78	209,18
	1,1	212,47	117,16	92,54	80,30	76,00	75,45	83,32	120,05	185,86
	1,0	206,46	100,69	72,70	66,54	73,77	83,16	92,06	133,48	180,67
	0,9	170,46	86,75	64,49	63,10	68,72	74,33	79,38	108,31	149,47
	0,8	165,60	78,47	64,27	62,00	62,84	63,82	64,69	91,93	120,52
	0,7	152,15	75,84	58,08	50,48	43,91	40,66	43,93	90,63	125,08
16	1,0	161,91	74,56	61,30	49,65	48,30	51,30	55,98	92,48	120,56
	0,9	141,07	70,87	57,67	46,00	40,93	41,92	48,14	84,69	111,86
	0,8	135,97	73,36	54,39	45,64	40,02	37,35	40,18	92,68	121,81



Hs [m]	Tp [s]	Tensión Máxima en Espías de Amarre [Ton]					
		Largo Proa	Traves 1	Spring 1	Spring 2	Traves 2	Largo Popa
22	0,8	74,83	74,65	84,45	65,50	78,72	65,27
	0,7	69,65	68,08	66,34	60,03	68,33	64,12
	0,6	64,43	62,85	59,98	51,98	60,15	62,07
	0,5	61,30	56,46	53,87	41,30	57,27	58,71
20	1,1	78,09	85,38	89,84	73,86	82,29	67,03
	1,0	72,65	73,26	80,50	64,26	75,77	64,26
	0,9	70,60	69,72	72,92	60,25	68,66	62,94
	0,8	67,57	65,62	64,87	49,24	61,53	60,01
	0,7	65,97	62,30	64,60	46,69	56,97	58,90
	0,6	62,80	58,67	49,87	39,91	52,38	55,74
18	1,3	84,61	101,02	101,21	90,13	114,51	87,13
	1,2	76,44	88,09	78,11	74,68	99,52	79,47
	1,1	70,56	75,34	64,99	60,57	79,80	68,66
	1,0	67,32	67,65	61,61	51,67	72,35	65,23
	0,9	65,24	61,48	55,66	45,58	61,13	57,91
	0,8	66,65	63,57	56,85	42,21	53,75	56,92
	0,7	61,83	56,37	49,10	37,71	51,83	54,90
16	1,0	61,37	57,56	50,68	37,95	51,60	56,08
	0,9	60,08	52,96	47,45	33,42	49,54	54,37
	0,8	59,03	51,33	44,30	31,58	47,04	52,94



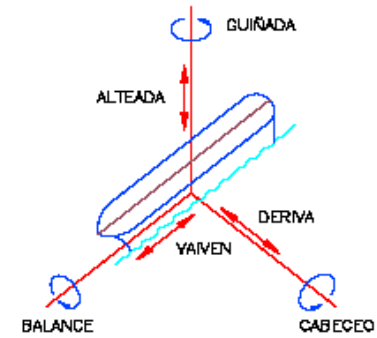
**CASO A**

Carga Mínima Nave Granelera LOA 280 m

Ola : Frontal a la Nave 320° NW

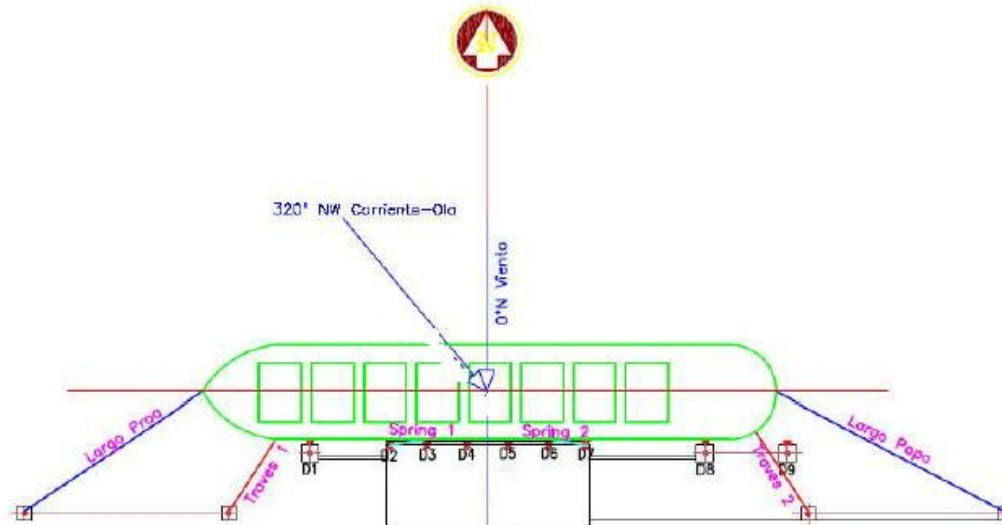
Viento : Perpendicular a la Nave en Dirección al Sitio 0° N

Corriente : Frontal a la Nave 320° NW

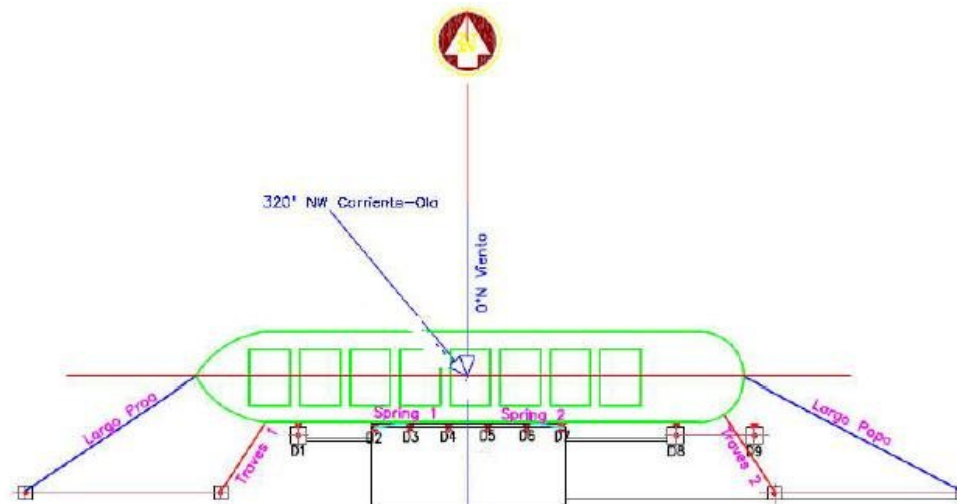


Hs [m]	Tp [s]	Movimientos del Centro Gravedad de la Nave					
		Surge [m]	Sway [m]	Heave [m]	Roll [°]	Pitch [°]	Yaw [°]
22	0,8	1,12	0,11	0,45	0,20	0,66	0,18
	0,7	0,98	0,07	0,40	0,11	0,58	0,18
	0,6	0,84	0,27	0,34	0,05	0,49	0,18
	0,5	0,68	0,00	0,29	0,00	0,41	0,18
20	1,1	1,20	0,58	0,62	0,47	0,99	0,18
	1,0	1,17	0,38	0,56	0,37	0,91	0,18
	0,9	1,14	0,19	0,51	0,25	0,82	0,18
	0,8	1,11	0,11	0,45	0,19	0,73	0,18
	0,7	0,87	0,09	0,40	0,08	0,64	0,18
	0,6	0,65	0,06	0,34	0,04	0,55	0,18
18	1,3	1,26	0,74	0,67	0,60	1,12	0,18
	1,2	1,21	0,58	0,62	0,58	1,11	0,18
	1,1	1,18	0,47	0,57	0,51	1,10	0,18
	1,0	1,15	0,32	0,52	0,42	0,92	0,18
	0,9	1,13	0,17	0,47	0,34	0,83	0,18
	0,8	1,10	0,13	0,42	0,25	0,74	0,18
	0,7	0,74	0,08	0,37	0,16	0,65	0,18
16	1,0	0,93	0,14	0,45	0,24	0,86	0,18
	0,9	0,74	0,09	0,40	0,19	0,77	0,18
	0,8	0,61	0,06	0,36	0,09	0,68	0,18

Hs [m]	Tp [s]	Reacción Máxima en Defensas [Ton]								
		Defensa 1	Defensa 2	Defensa 3	Defensa 4	Defensa 5	Defensa 6	Defensa 7	Defensa 8	Defensa 9
22	0,8	191,00	114,31	98,12	94,51	103,65	112,09	129,39	182,94	218,30
	0,7	181,89	104,95	93,66	95,91	106,80	116,92	126,58	177,95	207,73
	0,6	173,04	103,32	95,64	93,53	98,91	106,05	115,30	152,24	185,22
	0,5	141,48	100,31	88,45	88,23	91,87	98,29	102,70	127,97	147,32
20	1,1	221,66	118,54	105,31	99,17	104,96	110,75	115,97	185,07	225,61
	1,0	214,60	123,46	99,08	97,05	100,05	105,51	116,80	183,43	222,50
	0,9	210,12	116,01	99,61	91,31	93,45	103,01	117,37	178,27	217,12
	0,8	199,82	105,41	90,54	81,40	91,64	101,76	112,86	178,43	215,83
	0,7	176,45	108,46	83,16	80,00	88,00	99,97	110,28	159,62	188,72
	0,6	162,58	103,96	84,14	87,15	92,58	99,72	105,57	146,27	175,90
18	1,3	232,92	123,20	99,61	89,11	94,50	108,26	119,72	189,24	233,99
	1,2	226,74	133,15	97,99	85,17	90,44	100,95	113,30	174,86	220,73
	1,1	218,21	122,12	81,99	76,38	82,08	96,16	110,63	181,03	218,92
	1,0	204,60	109,30	78,66	75,93	85,85	99,23	113,60	182,55	219,22
	0,9	195,60	106,50	79,18	78,67	85,06	95,74	110,00	166,94	197,66
	0,8	180,93	99,07	78,25	73,14	79,91	89,96	103,92	153,36	186,25
	0,7	160,94	102,47	81,89	75,49	79,36	94,11	104,77	142,32	175,70
16	1,0	171,94	102,75	78,59	71,12	64,15	78,81	97,31	15,33	185,68
	0,9	158,31	101,83	69,06	62,22	60,49	74,65	91,98	141,37	172,49
	0,8	148,90	101,87	72,36	58,38	59,76	73,39	88,52	127,90	160,72



Hs [m]	Tp [s]	Tensión Máxima en Espías de Amarre [Ton]					
		Largo Proa	Traves 1	Spring 1	Spring 2	Traves 2	Largo Popa
22	0,8	75,64	63,10	53,99	76,12	95,40	79,76
	0,7	70,59	64,23	57,39	80,67	85,86	79,00
	0,6	67,51	59,82	51,92	75,81	74,65	74,65
	0,5	62,93	53,14	44,39	61,92	65,79	68,76
20	1,1	75,06	70,03	76,10	110,59	96,95	84,14
	1,0	71,49	64,98	66,72	98,32	92,09	79,55
	0,9	70,52	63,65	62,21	74,85	85,13	76,17
	0,8	70,71	64,40	59,70	64,37	77,72	72,67
	0,7	66,74	59,18	49,05	65,27	73,58	71,60
	0,6	63,27	53,76	44,26	61,97	71,52	69,24
18	1,3	76,88	72,84	88,87	96,90	102,75	84,13
	1,2	74,76	72,33	74,96	87,43	90,21	79,55
	1,1	74,42	71,66	61,34	68,13	81,66	71,49
	1,0	73,20	69,33	59,11	61,83	77,01	70,63
	0,9	69,01	62,24	54,60	58,81	72,50	69,64
	0,8	68,18	60,45	53,16	58,42	67,17	68,02
	0,7	61,81	51,31	41,74	57,25	66,66	67,05
16	1,0	65,17	56,33	45,36	54,89	64,35	65,64
	0,9	62,51	52,92	40,76	51,53	63,31	64,31
	0,8	60,41	49,80	38,21	49,53	62,17	63,41



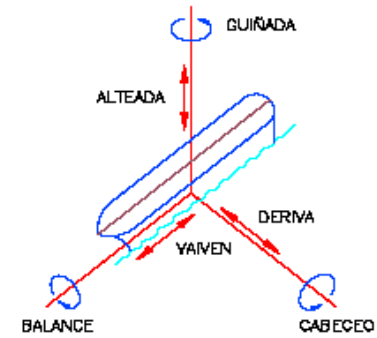
**CASO A'**

Carga Mínima Nave Granelera LOA 280 m

Ola : Frontal a la Nave 320° NW

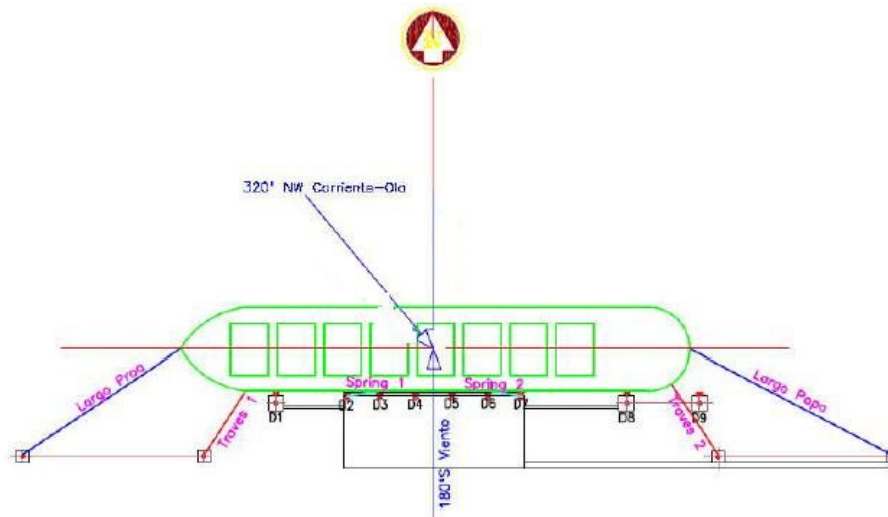
Viento : Perpendicular a la Nave en Dirección al Sitio 180° S

Corriente : Frontal a la Nave 320° NW

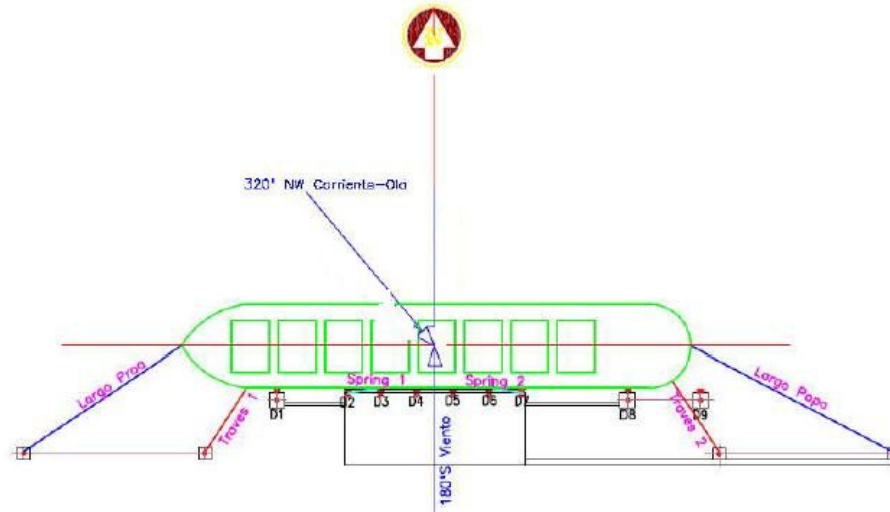


Hs [m]	Tp [s]	Movimientos del Centro Gravedad de la Nave					
		Surge [m]	Sway [m]	Heave [m]	Roll [°]	Pitch [°]	Yaw [°]
22	0,8	0,81	0,36	0,32	0,28	0,46	0,18
	0,7	0,79	0,32	0,28	0,24	0,40	0,18
	0,6	0,78	0,27	0,24	0,16	0,34	0,18
	0,5	0,62	0,16	0,20	0,11	0,29	0,18
20	1,1	0,87	0,61	0,43	0,27	0,77	0,18
	1,0	0,84	0,52	0,40	0,24	0,64	0,18
	0,9	0,83	0,43	0,36	0,20	0,58	0,18
	0,8	0,80	0,35	0,32	0,24	0,52	0,18
	0,7	0,78	0,29	0,28	0,17	0,46	0,18
	0,6	0,67	0,27	0,24	0,11	0,39	0,18
18	1,3	0,91	0,77	0,47	0,24	0,78	0,18
	1,2	0,89	0,69	0,43	0,22	0,78	0,18
	1,1	0,85	0,67	0,40	0,24	0,77	0,18
	1,0	0,83	0,55	0,36	0,20	0,65	0,18
	0,9	0,82	0,43	0,33	0,19	0,59	0,18
	0,8	0,79	0,41	0,29	0,16	0,52	0,18
	0,7	0,77	0,36	0,26	0,07	0,46	0,18
16	1,0	0,78	0,44	0,32	0,12	0,60	0,18
	0,9	0,77	0,39	0,28	0,14	0,54	0,18
	0,8	0,66	0,32	0,25	0,11	0,48	0,18

Hs [m]	Tp [s]	Reacción Máxima en Defensas [Ton]								
		Defensa 1	Defensa 2	Defensa 3	Defensa 4	Defensa 5	Defensa 6	Defensa 7	Defensa 8	Defensa 9
22	0,8	132,75	78,11	63,40	50,42	45,34	50,72	58,23	97,19	122,73
	0,7	132,14	68,31	57,47	43,89	40,75	46,90	62,79	98,83	123,62
	0,6	118,89	59,82	45,31	40,49	38,97	42,15	54,20	89,55	111,59
	0,5	102,79	51,21	37,66	36,05	35,53	38,08	51,45	85,90	107,43
20	1,1	137,86	70,65	55,33	48,18	57,43	67,06	74,29	100,53	124,14
	1,0	140,54	70,11	63,27	56,64	54,10	63,14	69,02	96,65	121,84
	0,9	136,70	65,46	55,59	48,15	51,51	55,75	60,19	94,68	118,76
	0,8	122,70	61,37	47,82	45,32	44,65	46,55	55,80	88,80	111,87
	0,7	118,81	56,82	45,16	39,32	36,90	40,47	47,31	78,56	101,05
	0,6	104,18	52,66	37,27	30,82	33,25	37,22	45,83	79,88	99,85
18	1,3	152,92	82,88	72,37	62,42	64,49	70,96	76,78	120,83	145,47
	1,2	153,27	82,42	60,28	53,12	55,13	70,61	82,49	117,02	139,59
	1,1	142,88	72,79	56,89	52,49	55,21	59,43	69,91	113,00	136,28
	1,0	120,91	66,28	60,22	56,22	54,43	54,61	59,74	96,29	125,40
	0,9	110,01	60,98	46,81	43,27	44,85	48,63	52,51	83,77	110,57
	0,8	120,78	52,62	35,99	35,72	36,73	37,75	40,81	77,70	102,22
	0,7	111,81	50,67	35,25	30,21	32,97	34,83	39,07	73,15	100,52
16	1,0	109,02	59,34	39,52	39,33	41,51	44,21	47,58	71,78	97,75
	0,9	103,75	55,25	37,65	33,33	33,83	34,33	34,33	72,30	95,68
	0,8	96,79	49,96	35,14	29,18	26,59	27,68	31,99	62,60	79,74



Hs [m]	Tp [s]	Tensión Máxima en Espías de Amarre [Ton]					
		Largo Proa	Traves 1	Spring 1	Spring 2	Traves 2	Largo Popa
22	0,8	47,84	45,84	42,74	42,83	64,31	50,32
	0,7	48,25	46,38	43,00	40,29	60,14	48,78
	0,6	44,84	41,25	36,36	35,73	53,96	46,80
	0,5	40,90	35,19	29,13	33,00	46,88	44,40
20	1,1	49,11	47,36	44,73	58,16	64,48	54,01
	1,0	47,97	46,02	45,63	56,20	60,14	52,57
	0,9	46,63	45,17	43,75	55,99	58,82	50,89
	0,8	45,20	42,68	38,32	50,22	55,20	47,36
	0,7	41,73	36,55	33,06	42,05	51,30	45,15
	0,6	40,58	34,57	29,09	31,82	45,93	43,55
18	1,3	47,38	46,17	52,50	70,01	76,09	60,47
	1,2	45,90	48,64	41,42	67,64	72,16	58,93
	1,1	46,55	44,92	43,86	58,07	61,72	54,20
	1,0	42,86	39,27	36,30	44,96	53,18	48,48
	0,9	42,37	37,64	37,05	41,94	55,42	47,17
	0,8	41,51	36,38	34,97	34,98	45,22	43,16
	0,7	40,34	34,36	28,20	33,90	43,18	42,30
16	1,0	43,03	38,21	35,34	36,70	40,98	42,82
	0,9	41,27	35,36	30,65	32,53	39,08	41,04
	0,8	39,57	32,91	26,52	29,87	37,75	40,04



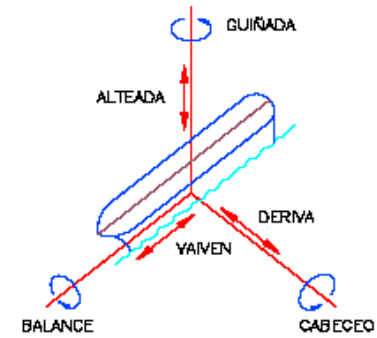
**CASO B**

Carga Mínima Nave Granelera LOA 280 m

Ola : Frontal a la Nave 315° NW

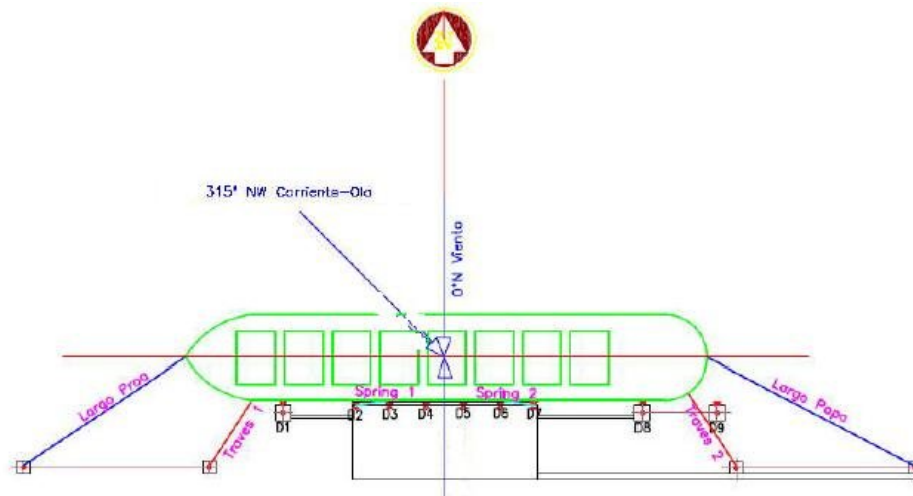
Viento : Perpendicular a la Nave en Dirección al Sitio 0° N

Corriente : Frontal a la Nave 315° NW

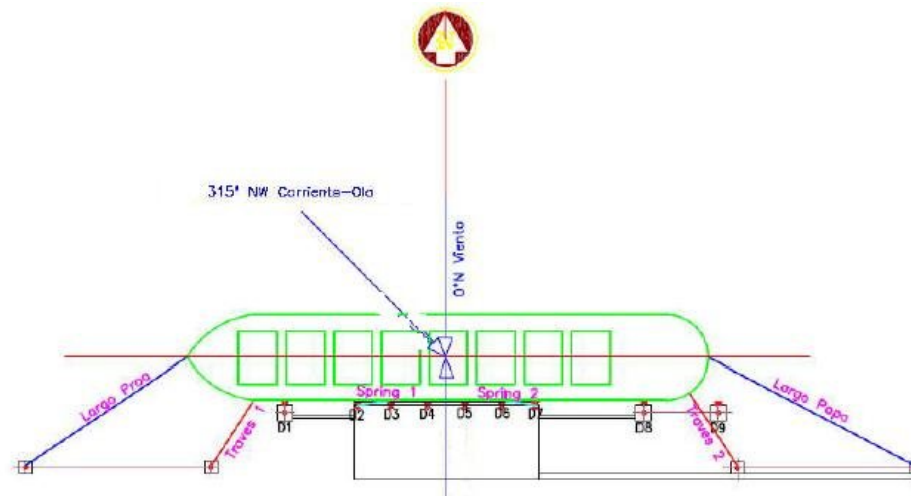


Hs [m]	Tp [s]	Movimientos del Centro Gravedad de la Nave					
		Surge [m]	Sway [m]	Heave [m]	Roll [°]	Pitch [°]	Yaw [°]
22	0,8	1,14	-0,02	0,45	-0,11	0,66	0,18
	0,7	1,12	-0,02	0,39	-0,12	0,58	0,18
	0,6	1,10	-0,02	0,34	-0,12	0,49	0,18
	0,5	0,87	-0,02	0,28	-0,12	0,41	0,18
20	1,1	1,21	-0,01	0,61	-0,09	1,10	0,18
	1,0	1,18	-0,02	0,55	-0,11	0,91	0,18
	0,9	1,15	-0,02	0,50	-0,12	0,82	0,18
	0,8	1,13	-0,02	0,45	-0,12	0,73	0,18
	0,7	1,10	-0,02	0,39	-0,12	0,64	0,18
	0,6	0,83	-0,02	0,34	-0,13	0,55	0,18
18	1,3	1,28	-0,01	0,66	-0,07	1,12	0,18
	1,2	1,24	-0,01	0,61	-0,09	1,11	0,18
	1,1	1,21	-0,01	0,56	-0,11	1,10	0,18
	1,0	1,18	-0,02	0,51	-0,12	0,92	0,18
	0,9	1,15	-0,02	0,46	-0,13	0,83	0,18
	0,8	1,12	-0,02	0,41	-0,13	0,74	0,18
	0,7	0,95	-0,02	0,36	-0,13	0,65	0,18
16	1,0	1,11	-0,02	0,43	-0,13	0,85	0,18
	0,9	0,87	-0,02	0,39	-0,13	0,77	0,18
	0,8	0,72	-0,02	0,35	-0,13	0,68	0,18

Hs [m]	Tp [s]	Reacción Máxima en Defensas [Ton]								
		Defensa 1	Defensa 2	Defensa 3	Defensa 4	Defensa 5	Defensa 6	Defensa 7	Defensa 8	Defensa 9
22	0,8	41,37	32,49	28,47	24,29	20,67	19,48	19,71	26,74	31,74
	0,7	38,40	30,84	27,37	23,68	20,42	19,59	19,41	25,00	29,00
	0,6	35,97	29,34	26,29	22,93	20,15	19,68	19,30	23,44	26,57
	0,5	33,87	27,99	25,27	22,25	20,07	19,60	19,23	22,33	24,85
20	1,1	46,97	35,78	30,80	25,63	21,11	20,51	20,89	30,41	37,06
	1,0	42,37	33,20	29,05	24,67	20,98	19,70	20,29	28,08	33,60
	0,9	39,09	31,29	27,75	23,89	20,73	19,62	20,04	26,57	31,31
	0,8	36,40	29,67	26,56	23,14	20,34	19,68	19,88	25,08	29,05
	0,7	34,49	28,41	25,63	22,56	20,18	19,64	19,67	23,73	26,98
	0,6	32,91	27,31	24,81	22,14	20,08	19,53	19,47	22,62	25,26
18	1,3	47,86	35,91	30,63	25,32	21,20	20,12	21,31	31,13	38,16
	1,2	44,13	34,01	29,47	24,77	21,15	19,95	20,64	29,05	35,06
	1,1	40,49	32,10	28,29	24,26	20,83	19,98	20,34	27,65	32,77
	1,0	38,20	30,77	27,35	23,63	20,54	19,96	19,95	26,31	30,79
	0,9	36,22	29,56	26,51	23,18	20,54	19,95	19,79	24,96	28,76
	0,8	34,43	28,48	25,79	22,82	20,50	19,93	19,81	23,94	27,23
	0,7	33,21	27,74	25,24	22,55	20,45	19,88	19,75	22,95	25,72
16	1,0	33,38	27,23	24,88	22,69	20,73	20,27	20,24	22,89	25,51
	0,9	31,87	26,55	24,53	22,48	20,66	20,22	20,15	22,29	24,58
	0,8	30,87	26,09	24,23	22,31	20,63	20,25	20,16	22,04	23,85



Hs [m]	Tp [s]	Tensión Máxima en Espías de Amarre [Ton]					
		Largo Proa	Traves 1	Spring 1	Spring 2	Traves 2	Largo Popa
22	0,8	71,46	63,01	65,84	66,25	60,94	69,47
	0,7	69,05	59,70	60,32	58,35	56,76	66,50
	0,6	66,57	56,32	54,65	51,12	52,97	63,78
	0,5	64,16	53,04	49,13	45,43	50,00	61,64
20	1,1	73,87	66,32	72,81	84,68	68,29	75,39
	1,0	71,47	63,02	65,87	74,15	64,19	71,78
	0,9	68,99	59,62	60,20	64,33	59,91	68,74
	0,8	66,82	56,65	55,24	57,41	56,26	66,14
	0,7	64,62	53,68	50,21	51,11	52,97	63,78
	0,6	63,01	51,50	46,49	45,42	50,00	61,64
18	1,3	75,05	67,94	76,46	88,15	69,82	76,69
	1,2	72,64	64,62	68,92	76,50	65,26	72,59
	1,1	70,12	61,16	62,79	66,13	61,02	69,48
	1,0	67,81	58,01	57,49	58,57	57,02	66,63
	0,9	65,93	55,50	53,08	52,13	53,62	64,20
	0,8	64,21	53,16	49,15	46,83	50,75	62,18
	0,7	62,72	51,13	45,74	42,57	48,54	60,58
16	1,0	64,72	53,84	50,36	44,85	49,81	61,47
	0,9	62,74	51,16	45,83	41,00	47,81	60,02
	0,8	61,18	49,04	42,21	37,82	46,15	58,82



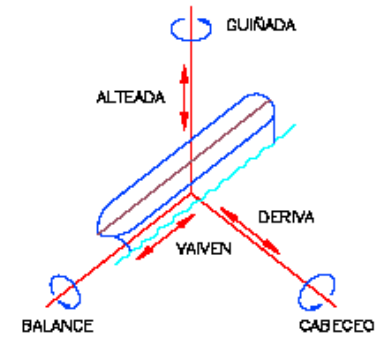
**CASO B'**

Carga Mínima Nave Granelera LOA 280 m

Ola : Frontal a la Nave 315° NW

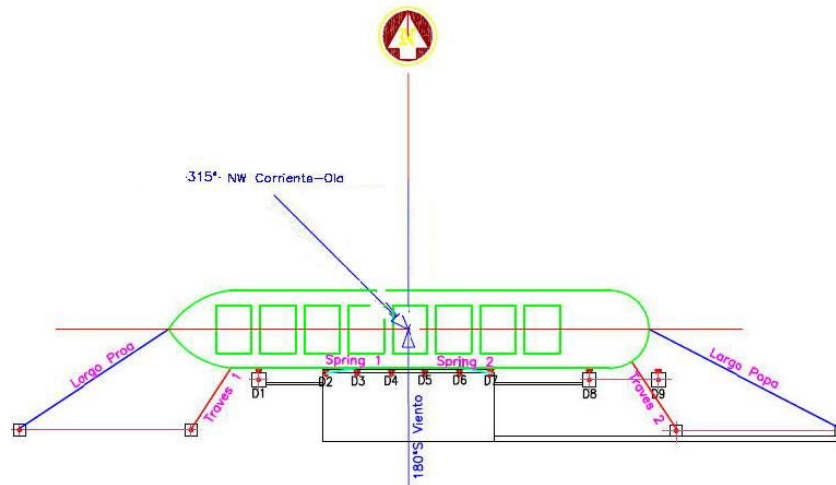
Viento : Perpendicular a la Nave en Dirección al Sitio 180° S

Corriente : Frontal a la Nave 315° NW

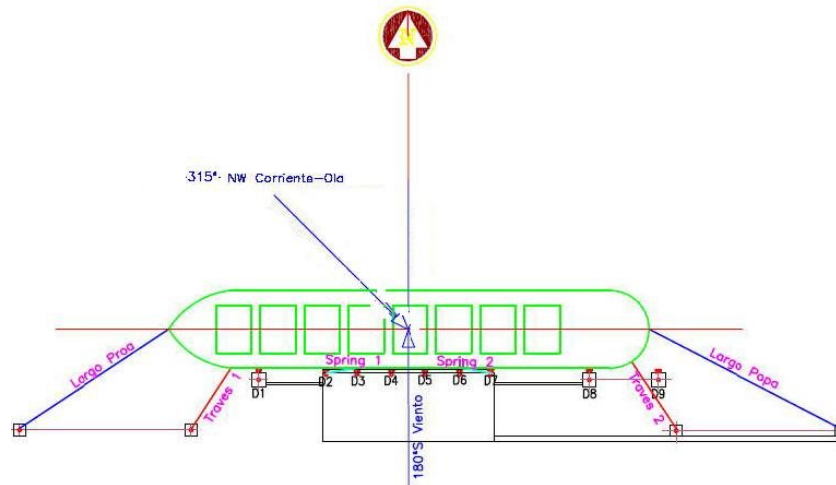


Hs [m]	Tp [s]	Movimientos del Centro Gravedad de la Nave					
		Surge [m]	Sway [m]	Heave [m]	Roll [°]	Pitch [°]	Yaw [°]
22	0,8	1,18	0,06	0,45	-0,06	0,66	0,18
	0,7	1,14	0,03	0,39	-0,09	0,58	0,18
	0,6	1,11	0,00	0,34	-0,11	0,49	0,18
	0,5	0,87	0,00	0,28	-0,12	0,41	0,18
20	1,1	1,30	0,28	0,61	0,07	1,10	0,18
	1,0	1,24	0,18	0,55	0,04	0,92	0,18
	0,9	1,18	0,08	0,50	-0,01	0,83	0,18
	0,8	1,15	0,04	0,45	-0,06	0,73	0,18
	0,7	1,12	0,02	0,39	-0,09	0,64	0,18
	0,6	0,99	0,00	0,34	-0,11	0,55	0,18
18	1,3	1,32	0,30	0,66	0,12	1,12	0,18
	1,2	1,28	0,23	0,61	0,07	1,11	0,18
	1,1	1,24	0,16	0,56	0,00	1,10	0,18
	1,0	1,21	0,09	0,51	-0,07	0,93	0,18
	0,9	1,17	0,06	0,46	-0,09	0,83	0,18
	0,8	1,14	0,03	0,41	-0,11	0,74	0,18
	0,7	1,17	0,01	0,36	-0,11	0,64	0,18
16	1,0	1,13	0,03	0,43	-0,10	0,85	0,18
	0,9	1,11	0,00	0,39	-0,12	0,79	0,18
	0,8	0,93	0,00	0,35	-0,12	0,68	0,18

Hs [m]	Tp [s]	Reacción Máxima en Defensas [Ton]								
		Defensa 1	Defensa 2	Defensa 3	Defensa 4	Defensa 5	Defensa 6	Defensa 7	Defensa 8	Defensa 9
22	0,8	50,40	32,69	25,46	21,13	17,59	20,77	23,64	33,23	40,06
	0,7	44,16	29,62	23,65	19,54	16,41	18,28	20,07	26,29	30,57
	0,6	39,04	27,18	22,24	18,34	15,44	16,42	17,41	21,07	23,67
	0,5	34,35	24,89	20,89	17,27	14,71	14,78	15,12	16,58	17,68
20	1,1	62,61	37,68	27,12	20,82	20,73	22,53	25,93	36,89	44,85
	1,0	56,63	36,06	27,18	20,15	17,75	20,94	23,85	33,24	39,71
	0,9	49,34	33,00	25,92	19,50	16,95	18,94	21,19	28,46	33,48
	0,8	42,45	29,63	24,12	18,74	15,99	17,02	18,50	23,29	26,61
	0,7	37,18	26,94	22,55	18,23	15,15	15,41	16,15	18,92	20,87
	0,6	32,58	24,46	20,91	17,37	14,51	14,03	14,22	15,25	16,14
18	1,3	65,90	39,42	28,63	20,90	21,27	21,70	23,59	30,31	34,95
	1,2	58,04	36,10	27,02	19,11	19,18	20,01	20,76	25,42	29,83
	1,1	51,13	33,02	25,44	18,87	17,44	18,45	19,39	22,42	25,94
	1,0	45,40	30,42	24,08	18,44	16,36	17,20	17,95	20,73	22,70
	0,9	40,21	27,99	22,79	18,08	15,37	15,98	16,53	18,71	20,26
	0,8	36,00	26,01	21,70	17,56	14,74	14,84	15,21	16,48	17,78
	0,7	32,43	24,27	20,69	17,05	14,35	13,90	14,01	14,59	15,60
16	1,0	35,66	24,87	20,64	17,10	14,79	13,65	13,61	14,82	16,76
	0,9	31,72	23,07	19,80	16,88	14,74	13,52	12,91	13,71	15,01
	0,8	29,25	21,99	19,18	16,73	14,67	13,49	12,80	13,22	13,96



Hs [m]	Tp [s]	Tensión Máxima en Espías de Amarre [Ton]					
		Largo Proa	Traves 1	Spring 1	Spring 2	Traves 2	Largo Popa
22	0,8	71,46	63,04	66,21	67,50	61,73	69,94
	0,7	69,02	59,69	60,54	59,68	57,67	67,02
	0,6	66,79	56,66	55,36	52,59	53,95	64,38
	0,5	64,63	53,73	50,35	46,06	50,54	61,93
20	1,1	75,21	68,16	77,77	84,54	68,33	75,37
	1,0	71,76	63,44	66,93	74,26	64,25	71,78
	0,9	69,00	59,65	60,39	65,47	60,62	69,18
	0,8	66,77	56,66	55,27	58,41	56,95	66,54
	0,7	64,78	53,94	50,68	52,11	53,68	64,19
	0,6	63,02	51,55	46,59	45,94	50,48	61,88
18	1,3	76,26	69,61	80,92	95,19	72,61	79,18
	1,2	73,57	65,90	72,35	83,01	67,82	74,89
	1,1	70,98	62,36	65,06	70,97	63,20	70,98
	1,0	68,64	59,16	59,62	62,08	59,04	67,99
	0,9	66,52	56,27	54,72	55,05	55,37	65,36
	0,8	64,50	53,53	50,03	48,77	52,07	62,99
	0,7	62,71	51,11	45,91	43,63	49,24	61,02
16	1,0	65,24	54,57	51,73	48,39	51,85	62,84
	0,9	63,40	52,07	47,46	43,86	49,49	61,14
	0,8	61,80	49,91	43,77	39,90	47,42	59,65



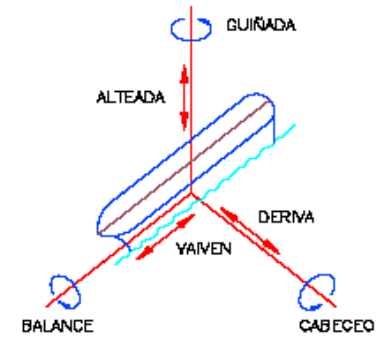
**CASO C**

Carga Mínima Nave Granelera LOA 280 m

Ola : Frontal a la Nave 310° NW

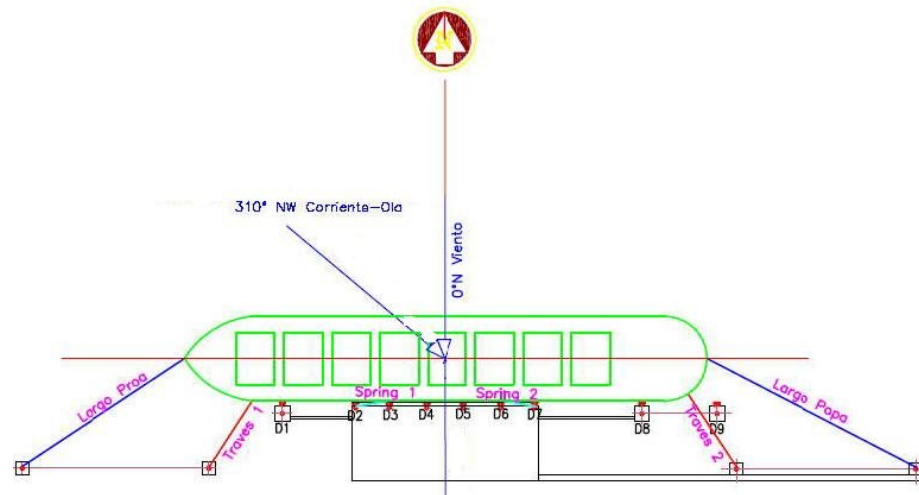
Viento : Perpendicular a la Nave en Dirección al Sitio 0° N

Corriente : Frontal a la Nave 310° NW

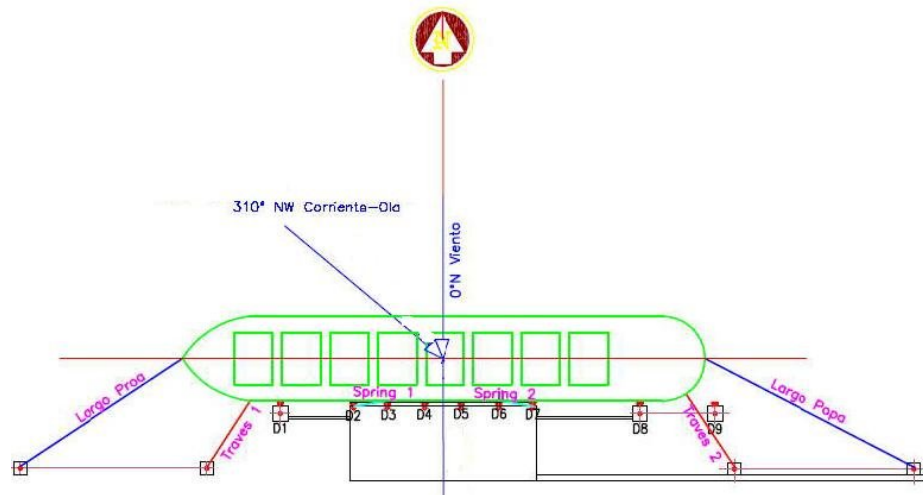


Hs [m]	Tp [s]	Movimientos del Centro Gravedad de la Nave					
		Surge [m]	Sway [m]	Heave [m]	Roll [°]	Pitch [°]	Yaw [°]
22	0,8	1,18	0,06	0,45	-0,06	0,66	0,18
	0,7	1,14	0,03	0,39	-0,09	0,58	0,18
	0,6	1,11	0,00	0,34	-0,11	0,49	0,18
	0,5	0,87	0,00	0,28	-0,12	0,41	0,18
20	1,1	1,30	0,28	0,61	0,07	1,10	0,18
	1,0	1,24	0,18	0,55	0,04	0,92	0,18
	0,9	1,18	0,08	0,50	-0,01	0,83	0,18
	0,8	1,15	0,04	0,45	-0,06	0,73	0,18
	0,7	1,12	0,02	0,39	-0,09	0,64	0,18
	0,6	0,99	0,00	0,34	-0,11	0,55	0,18
18	1,3	1,32	0,30	0,66	0,12	1,12	0,18
	1,2	1,28	0,23	0,61	0,07	1,11	0,18
	1,1	1,24	0,16	0,56	0,00	1,10	0,18
	1,0	1,21	0,09	0,51	-0,07	0,93	0,18
	0,9	1,17	0,06	0,46	-0,09	0,83	0,18
	0,8	1,14	0,03	0,41	-0,11	0,74	0,18
	0,7	1,17	0,01	0,36	-0,11	0,64	0,18
16	1,0	1,13	0,03	0,43	-0,10	0,85	0,18
	0,9	1,11	0,00	0,39	-0,12	0,79	0,18
	0,8	0,93	0,00	0,35	-0,12	0,68	0,18

Hs [m]	Tp [s]	Reacción Máxima en Defensas [Ton]								
		Defensa 1	Defensa 2	Defensa 3	Defensa 4	Defensa 5	Defensa 6	Defensa 7	Defensa 8	Defensa 9
22	0,8	231,13	129,41	97,96	79,50	71,67	80,50	106,97	18,16	223,81
	0,7	222,52	132,98	95,52	73,09	74,26	80,40	100,23	167,64	210,81
	0,6	198,63	128,50	94,56	76,86	67,27	72,55	93,57	160,55	197,88
	0,5	178,92	113,60	88,28	75,01	65,14	67,57	76,25	123,93	153,63
20	1,1	227,68	127,14	115,07	108,27	104,70	104,59	114,12	170,05	212,33
	1,0	224,73	118,87	101,47	92,81	84,02	88,13	100,30	164,13	210,28
	0,9	218,65	124,81	95,87	81,06	70,18	78,37	91,46	159,33	200,00
	0,8	210,00	124,96	92,91	78,10	73,96	73,29	96,07	154,75	199,09
	0,7	190,77	118,11	84,61	77,81	76,37	74,93	88,91	140,32	179,05
	0,6	172,80	107,28	78,85	65,85	64,51	64,82	80,45	124,27	157,85
18	1,3	224,73	121,17	99,76	105,85	112,95	120,67	128,54	176,96	220,11
	1,2	218,34	117,86	89,91	74,68	75,01	82,36	90,54	153,56	195,25
	1,1	213,72	112,94	86,31	74,16	74,23	78,75	92,91	156,71	200,58
	1,0	194,40	109,79	90,93	82,71	77,54	75,87	82,93	154,37	196,14
	0,9	192,00	111,21	83,71	75,32	70,23	74,49	85,71	146,18	182,30
	0,8	178,04	108,82	78,50	65,71	67,86	70,00	80,70	141,89	178,28
	0,7	177,11	104,83	76,47	64,43	62,37	63,28	77,87	128,84	161,22
16	1,0	172,40	106,93	82,95	65,63	63,00	65,35	80,49	137,70	173,49
	0,9	168,91	105,74	73,14	60,26	60,48	61,41	71,60	122,96	159,44
	0,8	156,48	100,79	72,25	56,70	55,64	55,94	70,27	117,37	148,47



Hs [m]	Tp [s]	Tensión Máxima en Espías de Amarre [Ton]					
		Largo Proa	Traves 1	Spring 1	Spring 2	Traves 2	Largo Popa
22	0,8	79,61	78,62	89,07	70,03	73,74	71,76
	0,7	76,78	74,75	81,40	60,52	72,54	68,68
	0,6	74,32	71,18	75,86	58,19	63,18	66,93
	0,5	70,61	66,27	68,52	46,77	50,98	61,73
20	1,1	84,63	83,55	94,27	87,43	74,95	75,99
	1,0	84,44	84,13	102,76	89,58	69,27	76,42
	0,9	76,01	72,75	82,66	73,84	66,65	70,96
	0,8	74,56	70,64	78,38	67,19	65,20	68,81
	0,7	72,04	66,06	69,94	52,09	60,49	64,26
	0,6	71,41	67,39	64,29	45,14	56,62	62,32
18	1,3	77,13	77,14	90,27	87,99	70,31	76,76
	1,2	75,80	74,88	77,90	72,22	67,15	70,72
	1,1	77,30	76,36	76,93	64,32	62,55	68,14
	1,0	73,31	70,11	67,31	52,64	60,83	64,40
	0,9	70,28	66,68	61,40	46,89	62,59	63,01
	0,8	69,51	65,35	60,03	40,53	59,22	61,11
	0,7	69,06	63,71	59,98	39,29	53,75	59,00
16	1,0	69,93	64,56	58,09	41,81	58,14	60,26
	0,9	68,64	62,90	53,84	44,02	54,81	61,14
	0,8	67,24	60,98	51,47	41,77	52,61	60,36



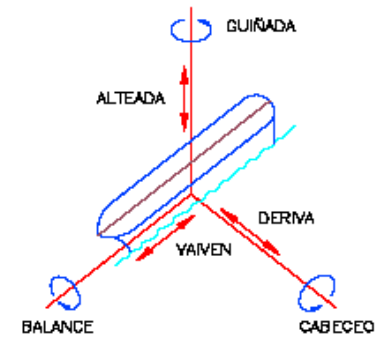
**CASO C'**

Carga Mínima Nave Granelera LOA 280 m

Ola : Frontal a la Nave 310° NW

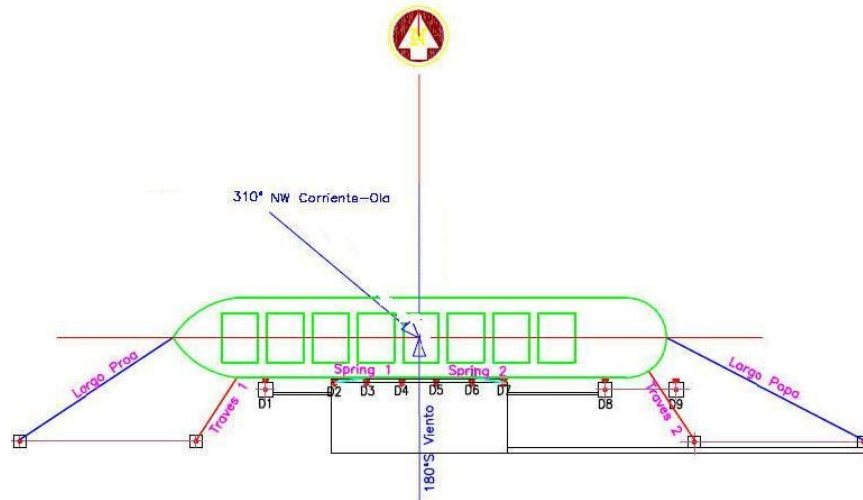
Viento : Perpendicular a la Nave en Dirección al Sitio 180° S

Corriente : Frontal a la Nave 310° NW

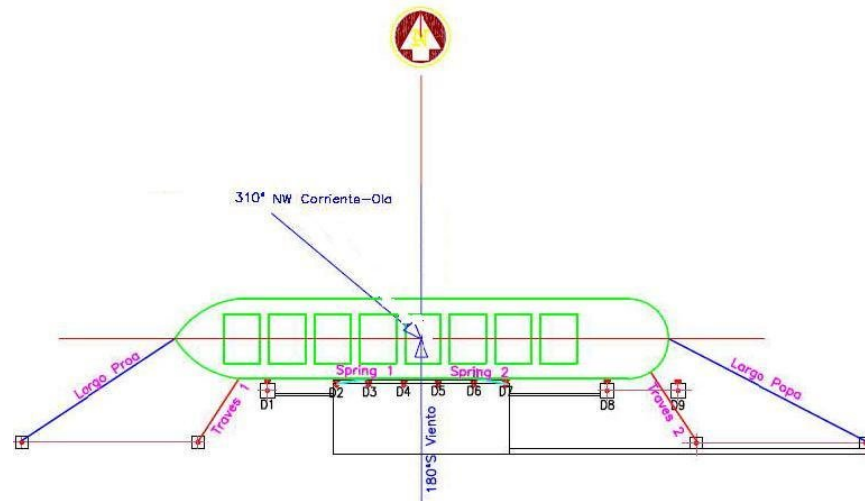


Hs [m]	Tp [s]	Movimientos del Centro Gravedad de la Nave					
		Surge [m]	Sway [m]	Heave [m]	Roll [°]	Pitch [°]	Yaw [°]
22	0,8	1,18	0,06	0,45	-0,06	0,66	0,18
	0,7	1,14	0,03	0,39	-0,09	0,58	0,18
	0,6	1,11	0,00	0,34	-0,11	0,49	0,18
	0,5	0,87	0,00	0,28	-0,12	0,41	0,18
20	1,1	1,30	0,28	0,61	0,07	1,10	0,18
	1,0	1,24	0,18	0,55	0,04	0,92	0,18
	0,9	1,18	0,08	0,50	-0,01	0,83	0,18
	0,8	1,15	0,04	0,45	-0,06	0,73	0,18
	0,7	1,12	0,02	0,39	-0,09	0,64	0,18
	0,6	0,99	0,00	0,34	-0,11	0,55	0,18
18	1,3	1,32	0,30	0,66	0,12	1,12	0,18
	1,2	1,28	0,23	0,61	0,07	1,11	0,18
	1,1	1,24	0,74	0,57	0,30	1,10	0,18
	1,0	1,20	0,72	0,52	0,29	0,93	0,18
	0,9	1,17	0,58	0,47	0,26	0,84	0,18
	0,8	1,16	0,54	0,42	0,16	0,75	0,18
	0,7	1,14	0,48	0,37	0,13	0,65	0,18
16	1,0	1,13	0,55	0,45	0,21	0,86	0,18
	0,9	1,14	0,42	0,40	0,17	0,78	0,18
	0,8	1,11	0,37	0,36	0,13	0,69	0,18

Hs [m]	Tp [s]	Reacción Máxima en Defensas [Ton]								
		Defensa 1	Defensa 2	Defensa 3	Defensa 4	Defensa 5	Defensa 6	Defensa 7	Defensa 8	Defensa 9
22	0,8	221,15	104,72	94,04	88,34	85,31	84,02	83,69	145,71	187,62
	0,7	221,17	107,03	81,31	71,85	62,76	53,89	71,19	126,89	177,49
	0,6	209,52	99,88	72,13	55,78	47,23	41,35	58,87	121,48	169,73
	0,5	189,02	95,82	62,61	50,39	41,50	38,27	46,41	120,04	163,91
20	1,1	232,46	132,00	107,97	89,10	93,54	105,60	116,31	163,05	199,22
	1,0	224,14	119,34	86,83	80,45	84,99	94,80	105,05	139,32	194,85
	0,9	218,12	102,39	89,30	84,31	84,45	87,61	99,51	131,08	170,21
	0,8	209,24	103,30	93,37	89,80	86,95	85,33	83,88	116,28	161,06
	0,7	201,44	92,42	74,44	69,30	68,62	67,95	67,35	109,83	149,18
	0,6	176,73	92,39	77,37	60,69	50,59	46,09	44,01	103,73	146,43
18	1,3	242,47	181,98	123,61	107,99	90,57	89,79	109,58	187,71	225,91
	1,2	242,59	168,38	117,92	99,40	83,09	96,83	11,94	18,46	230,10
	1,1	233,71	128,87	101,80	88,33	83,60	83,00	91,65	132,06	204,45
	1,0	227,11	110,76	79,97	73,20	81,14	91,47	101,26	146,82	198,74
	0,9	187,50	95,43	70,93	69,42	75,59	81,76	87,31	119,14	164,42
	0,8	182,16	86,32	70,69	68,20	69,13	70,20	71,16	101,12	132,57
	0,7	167,37	83,43	63,89	55,52	48,30	44,72	48,32	99,69	137,58
16	1,0	178,10	82,02	67,43	54,62	53,13	56,43	61,58	101,73	132,62
	0,9	155,18	77,96	63,44	50,60	45,02	46,11	52,96	93,16	123,04
	0,8	149,57	80,70	59,83	50,20	44,02	41,08	44,20	101,95	134,00



Hs [m]	Tp [s]	Tensión Máxima en Espías de Amarre [Ton]					
		Largo Proa	Traves 1	Spring 1	Spring 2	Traves 2	Largo Popa
22	0,8	82,32	82,12	92,90	72,05	86,60	71,79
	0,7	76,61	74,89	72,97	66,03	75,16	70,54
	0,6	70,87	69,13	65,98	57,18	66,16	68,27
	0,5	67,43	62,10	59,26	45,43	63,00	64,58
20	1,1	85,90	93,92	98,83	81,24	90,52	73,74
	1,0	79,91	80,59	88,55	70,69	83,35	70,69
	0,9	77,65	76,69	80,21	66,27	75,52	69,24
	0,8	74,33	72,18	71,36	54,16	67,68	66,01
	0,7	72,57	68,53	71,06	51,35	62,67	64,78
	0,6	69,08	64,54	54,86	43,90	57,62	61,32
18	1,3	93,08	111,12	111,33	99,14	125,96	95,84
	1,2	84,08	96,90	85,93	82,15	109,47	87,41
	1,1	77,61	82,88	71,49	66,63	87,77	75,53
	1,0	74,05	74,41	67,77	56,84	79,58	71,75
	0,9	71,76	67,63	61,23	50,14	67,24	63,70
	0,8	73,31	69,92	62,53	46,43	59,12	62,61
	0,7	68,01	62,00	54,01	41,48	57,01	60,39
16	1,0	67,51	63,31	55,75	41,75	56,76	61,68
	0,9	66,09	58,25	52,20	36,76	54,49	59,81
	0,8	64,93	56,47	48,73	34,74	51,74	58,24



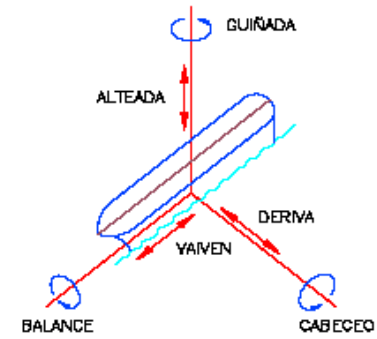
**CASO A**

Carga Máxima Nave Granelera LOA 180 m

Ola : Frontal a la Nave 320° NW

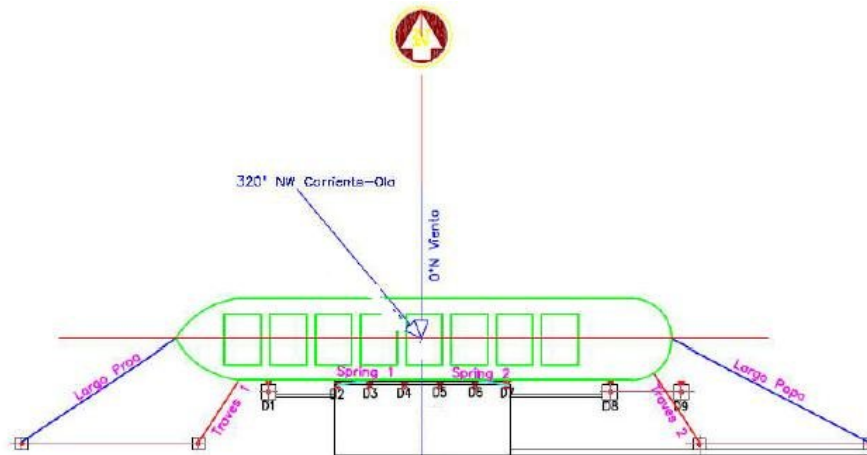
Viento : Perpendicular a la Nave en Dirección al Sitio 0° N

Corriente : Frontal a la Nave 320° NW

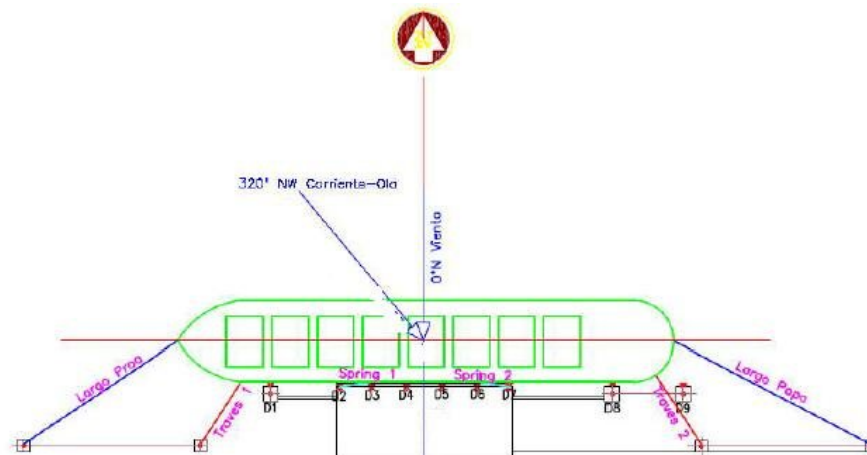


Hs [m]	Tp [s]	Movimientos del Centro Gravedad de la Nave					
		Surge [m]	Sway [m]	Heave [m]	Roll [°]	Pitch [°]	Yaw [°]
22	0,5	0,81	0,36	0,32	0,28	0,46	0,18
	0,4	0,79	0,32	0,28	0,24	0,40	0,18
	0,3	0,78	0,27	0,24	0,16	0,34	0,18
	0,2	0,62	0,16	0,20	0,11	0,29	0,18
20	0,7	0,87	0,61	0,43	0,27	0,77	0,18
	0,6	0,84	0,52	0,40	0,24	0,64	0,18
	0,5	0,83	0,43	0,36	0,20	0,58	0,18
	0,4	0,80	0,35	0,32	0,24	0,52	0,18
	0,3	0,78	0,29	0,28	0,17	0,46	0,18
	0,2	0,67	0,27	0,24	0,11	0,39	0,18
18	0,8	0,91	0,77	0,47	0,24	0,78	0,18
	0,7	0,89	0,69	0,43	0,22	0,78	0,18
	0,6	0,85	0,67	0,40	0,24	0,77	0,18
	0,5	0,83	0,55	0,36	0,20	0,65	0,18
	0,4	0,82	0,43	0,33	0,19	0,59	0,18
	0,3	0,79	0,41	0,29	0,16	0,52	0,18
16	0,9	0,77	0,36	0,26	0,07	0,46	0,18
	0,8	0,78	0,44	0,32	0,12	0,60	0,18
	0,7	0,77	0,39	0,28	0,14	0,54	0,18
	0,6	0,66	0,32	0,25	0,11	0,48	0,18
	0,5	0,56	0,23	0,15	0,09	0,38	0,18
14	0,8	0,46	0,12	0,05	0,06	0,26	0,18

Hs [m]	Tp [s]	Reacción Máxima en Defensas [Ton]								
		Defensa 1	Defensa 2	Defensa 3	Defensa 4	Defensa 5	Defensa 6	Defensa 7	Defensa 8	Defensa 9
22	0,5	132,75	78,11	63,40	50,42	45,34	50,72	58,23	97,19	122,73
	0,4	132,14	68,31	57,47	43,89	40,75	46,90	62,79	98,83	123,62
	0,3	118,89	59,82	45,31	40,49	38,97	42,15	54,20	89,55	111,59
	0,2	102,79	51,21	37,66	36,05	35,53	38,08	51,45	85,90	107,43
20	0,7	137,86	70,65	55,33	48,18	57,43	67,06	74,29	100,53	124,14
	0,6	140,54	70,11	63,27	56,64	54,10	63,14	69,02	96,65	121,84
	0,5	136,70	65,46	55,59	48,15	51,51	55,75	60,19	94,68	118,76
	0,4	122,70	61,37	47,82	45,32	44,65	46,55	55,80	88,80	111,87
	0,3	118,81	56,82	45,16	39,32	36,90	40,47	47,31	78,56	101,05
	0,2	104,18	52,66	37,27	30,82	33,25	37,22	45,83	79,88	99,85
18	0,8	152,92	82,88	72,37	62,42	64,49	70,96	76,78	120,83	145,47
	0,7	153,27	82,42	60,28	53,12	55,13	70,61	82,49	117,02	139,59
	0,6	142,88	72,79	56,89	52,49	55,21	59,43	69,91	113,00	136,28
	0,5	120,91	66,28	60,22	56,22	54,43	54,61	59,74	96,29	125,40
	0,4	110,01	60,98	46,81	43,27	44,85	48,63	52,51	83,77	110,57
	0,3	120,78	52,62	35,99	35,72	36,73	37,75	40,81	77,70	102,22
16	0,9	111,81	50,67	35,25	30,21	32,97	34,83	39,07	73,15	100,52
	0,8	109,02	59,34	39,52	39,33	41,51	44,21	47,58	71,78	97,75
	0,7	103,75	55,25	37,65	33,33	33,83	34,33	34,33	72,30	95,68
	0,6	96,79	49,96	35,14	29,18	26,59	27,68	31,99	62,60	79,74
	0,5	87,11	44,96	31,62	26,26	23,93	24,91	28,80	56,34	71,77
14	0,8	78,40	40,47	28,46	23,64	21,54	22,42	25,92	50,70	64,59



Hs [m]	Tp [s]	Tensión Máxima en Espías de Amarre [Ton]					
		Largo Proa	Traves 1	Spring 1	Spring 2	Traves 2	Largo Popa
22	0,5	47,84	45,84	42,74	42,83	64,31	50,32
	0,4	48,25	46,38	43,00	40,29	60,14	48,78
	0,3	44,84	41,25	36,36	35,73	53,96	46,80
	0,2	40,90	35,19	29,13	33,00	46,88	44,40
20	0,7	49,11	47,36	44,73	58,16	64,48	54,01
	0,6	47,97	46,02	45,63	56,20	60,14	52,57
	0,5	46,63	45,17	43,75	55,99	58,82	50,89
	0,4	45,20	42,68	38,32	50,22	55,20	47,36
	0,3	41,73	36,55	33,06	42,05	51,30	45,15
	0,2	40,58	34,57	29,09	31,82	45,93	43,55
18	0,8	47,38	46,17	52,50	70,01	76,09	60,47
	0,7	45,90	48,64	41,42	67,64	72,16	58,93
	0,6	46,55	44,92	43,86	58,07	61,72	54,20
	0,5	42,86	39,27	36,30	44,96	53,18	48,48
	0,4	42,37	37,64	37,05	41,94	55,42	47,17
	0,3	41,51	36,38	34,97	34,98	45,22	43,16
16	0,9	40,34	34,36	28,20	33,90	43,18	42,30
	0,8	43,03	38,21	35,34	36,70	40,98	42,82
	0,7	41,27	35,36	30,65	32,53	39,08	41,04
	0,6	39,57	32,91	26,52	29,87	37,75	40,04
	0,5	36,42	29,67	21,56	25,55	36,78	39,03
14	0,8	32,78	24,42	18,65	21,44	35,63	36,59



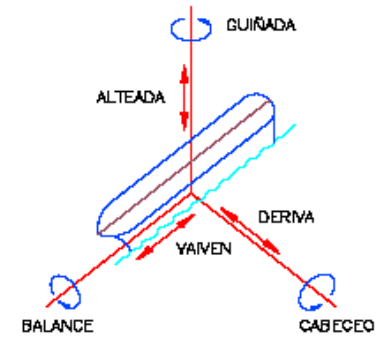
**CASO A'**

Carga Máxima Nave Granelera LOA 180 m

Ola : Frontal a la Nave 320° NW

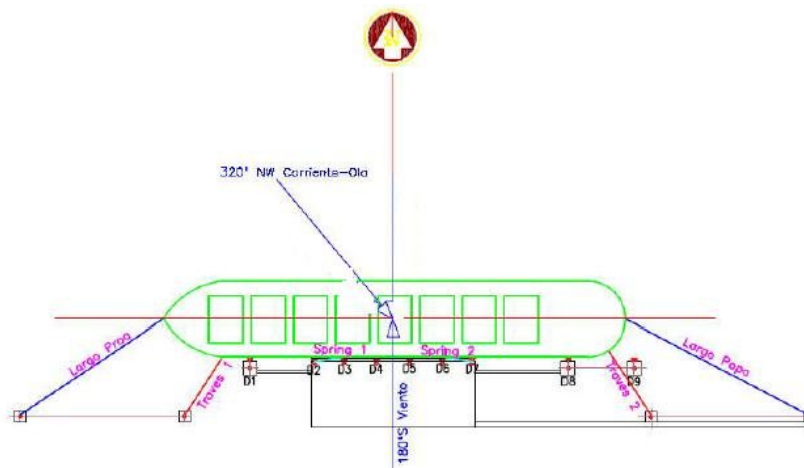
Viento : Perpendicular a la Nave en Dirección al Sitio 180° S

Corriente : Frontal a la Nave 320° NW

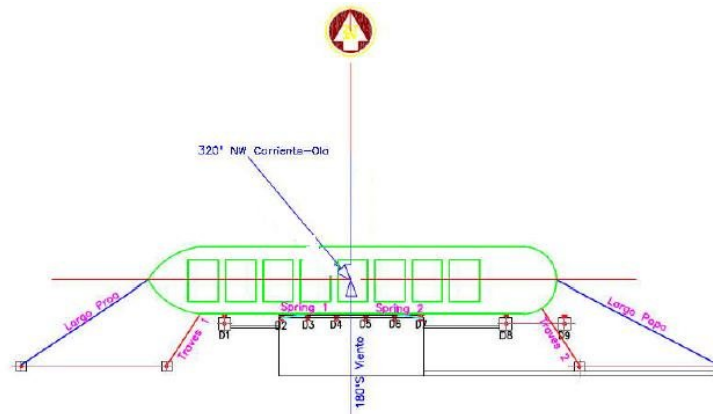


Hs [m]	Tp [s]	Movimientos del Centro Gravedad de la Nave					
		Surge [m]	Sway [m]	Heave [m]	Roll [°]	Pitch [°]	Yaw [°]
22	0,5	0,77	0,35	0,30	0,27	0,44	0,18
	0,4	0,75	0,31	0,27	0,23	0,38	0,18
	0,3	0,74	0,26	0,23	0,15	0,33	0,18
	0,2	0,59	0,15	0,19	0,10	0,27	0,18
20	0,7	0,82	0,58	0,41	0,26	0,73	0,18
	0,6	0,80	0,49	0,38	0,23	0,61	0,18
	0,5	0,79	0,41	0,34	0,19	0,55	0,18
	0,4	0,76	0,33	0,31	0,23	0,49	0,18
	0,3	0,74	0,27	0,27	0,16	0,43	0,18
	0,2	0,64	0,25	0,23	0,10	0,37	0,18
18	0,8	0,86	0,73	0,45	0,23	0,74	0,18
	0,7	0,84	0,65	0,41	0,21	0,74	0,18
	0,6	0,80	0,63	0,38	0,23	0,73	0,18
	0,5	0,79	0,52	0,35	0,19	0,62	0,18
	0,4	0,78	0,41	0,31	0,18	0,56	0,18
	0,3	0,75	0,39	0,28	0,15	0,49	0,18
16	0,9	0,73	0,35	0,25	0,07	0,43	0,18
	0,8	0,74	0,42	0,30	0,11	0,57	0,18
	0,7	0,73	0,37	0,27	0,13	0,51	0,18
	0,6	0,63	0,30	0,24	0,11	0,46	0,18
	0,5	0,53	0,22	0,14	0,09	0,36	0,18
14	0,8	0,44	0,11	0,05	0,06	0,25	0,18

Hs [m]	Tp [s]	Reacción Máxima en Defensas [Ton]								
		Defensa 1	Defensa 2	Defensa 3	Defensa 4	Defensa 5	Defensa 6	Defensa 7	Defensa 8	Defensa 9
22	0,5	126,11	74,20	60,23	47,90	43,07	48,18	55,32	92,33	116,60
	0,4	125,53	64,89	54,60	41,69	38,71	44,56	59,65	93,89	117,44
	0,3	112,94	56,83	43,05	38,47	37,02	40,04	51,49	85,07	106,01
	0,2	97,65	48,65	35,78	34,25	33,75	36,18	48,88	81,60	102,06
20	0,7	130,97	67,11	52,56	45,77	54,56	63,70	70,57	95,50	117,94
	0,6	133,51	66,61	60,11	53,81	51,39	59,99	65,57	91,82	115,75
	0,5	129,86	62,19	52,81	45,75	48,93	52,96	57,18	89,95	112,83
	0,4	116,57	58,30	45,43	43,06	42,42	44,22	53,01	84,36	106,28
	0,3	112,87	53,98	42,90	37,36	35,05	38,45	44,94	74,63	96,00
	0,2	98,97	50,03	35,41	29,28	31,59	35,36	43,54	75,89	94,86
18	0,8	145,28	78,74	68,75	59,30	61,27	67,41	72,94	114,79	138,19
	0,7	145,60	78,30	57,27	50,47	52,37	67,08	78,36	111,17	132,61
	0,6	135,74	69,15	54,04	49,86	52,45	56,46	66,41	107,35	129,47
	0,5	114,86	62,96	57,21	53,41	51,71	51,88	56,75	91,48	119,13
	0,4	104,51	57,93	44,47	41,10	42,61	46,20	49,88	79,58	105,04
	0,3	114,74	49,99	34,19	33,94	34,90	35,86	38,77	73,81	97,11
16	0,9	106,22	48,14	33,49	28,70	31,32	33,08	37,12	69,50	95,49
	0,8	103,57	56,37	37,54	37,37	39,43	42,00	45,21	68,19	92,86
	0,7	98,56	52,48	35,77	31,66	32,13	32,61	32,61	68,69	90,90
	0,6	91,95	47,46	33,38	27,72	25,26	26,30	30,39	59,47	75,75
	0,5	82,76	42,71	30,04	24,95	22,74	23,67	27,36	53,52	68,18
14	0,8	74,48	38,44	27,04	22,45	20,46	21,30	24,62	48,17	61,36



Hs [m]	Tp [s]	Tensión Máxima en Espías de Amarre [Ton]					
		Largo Proa	Traves 1	Spring 1	Spring 2	Traves 2	Largo Popa
22	0,5	45,45	43,55	40,60	40,69	61,09	47,81
	0,4	45,83	44,06	40,85	38,27	57,13	46,34
	0,3	42,60	39,19	34,54	33,95	51,26	44,46
	0,2	38,86	33,43	27,68	31,35	44,53	42,18
20	0,7	46,65	44,99	42,49	55,25	61,26	51,31
	0,6	45,57	43,72	43,34	53,39	57,13	49,94
	0,5	44,30	42,91	41,56	53,19	55,88	48,34
	0,4	42,94	40,55	36,41	47,71	52,44	44,99
	0,3	39,65	34,72	31,40	39,95	48,74	42,89
	0,2	38,55	32,85	27,63	30,23	43,63	41,37
18	0,8	45,01	43,86	49,87	66,51	72,28	57,44
	0,7	43,61	46,21	39,35	64,26	68,55	55,98
	0,6	44,22	42,68	41,67	55,16	58,64	51,49
	0,5	40,72	37,31	34,48	42,71	50,52	46,05
	0,4	40,25	35,75	35,19	39,84	52,64	44,81
	0,3	39,44	34,56	33,23	33,23	42,96	41,01
16	0,9	38,33	32,64	26,79	32,20	41,02	40,18
	0,8	40,88	36,30	33,58	34,87	38,93	40,68
	0,7	39,21	33,60	29,12	30,91	37,12	38,99
	0,6	37,59	31,27	25,19	28,38	35,87	38,04
	0,5	34,60	28,19	20,48	24,27	34,94	37,08
14	0,8	31,14	23,20	17,72	20,37	33,85	34,76



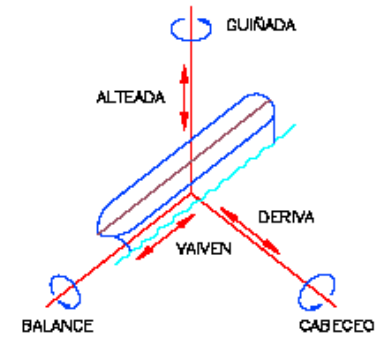
**CASO B**

Carga Máxima Nave Granelera LOA 180 m

Ola : Frontal a la Nave 315° NW

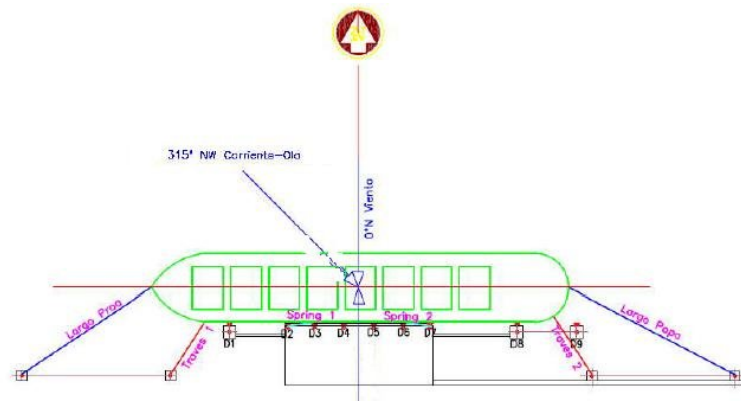
Viento : Perpendicular a la Nave en Dirección al Sitio 0° N

Corriente : Frontal a la Nave 315° NW

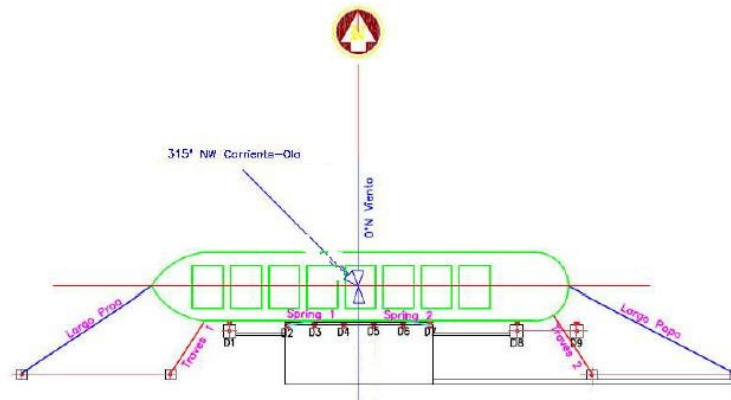


Hs [m]	Tp [s]	Movimientos del Centro Gravedad de la Nave					
		Surge [m]	Sway [m]	Heave [m]	Roll [°]	Pitch [°]	Yaw [°]
22	0,5	0,76	0,34	0,29	0,26	0,43	0,18
	0,4	0,74	0,30	0,26	0,22	0,37	0,18
	0,3	0,73	0,25	0,22	0,15	0,32	0,18
	0,2	0,57	0,15	0,19	0,10	0,27	0,18
20	0,7	0,81	0,57	0,40	0,25	0,72	0,18
	0,6	0,78	0,48	0,37	0,22	0,60	0,18
	0,5	0,77	0,40	0,33	0,19	0,54	0,18
	0,4	0,74	0,33	0,30	0,22	0,48	0,18
	0,3	0,73	0,27	0,26	0,16	0,42	0,18
	0,2	0,62	0,25	0,22	0,10	0,36	0,18
18	0,8	0,85	0,72	0,44	0,22	0,73	0,18
	0,7	0,83	0,64	0,40	0,21	0,72	0,18
	0,6	0,79	0,62	0,37	0,22	0,72	0,18
	0,5	0,77	0,51	0,34	0,19	0,61	0,18
	0,4	0,76	0,40	0,31	0,18	0,55	0,18
	0,3	0,74	0,38	0,27	0,15	0,48	0,18
16	0,9	0,72	0,34	0,24	0,07	0,42	0,18
	0,8	0,73	0,41	0,29	0,11	0,56	0,18
	0,7	0,72	0,36	0,26	0,13	0,50	0,18
	0,6	0,61	0,29	0,23	0,10	0,45	0,18
	0,5	0,52	0,21	0,14	0,08	0,35	0,18
14	0,8	0,43	0,11	0,05	0,06	0,24	0,18

Hs [m]	Tp [s]	Reacción Máxima en Defensas [Ton]								
		Defensa 1	Defensa 2	Defensa 3	Defensa 4	Defensa 5	Defensa 6	Defensa 7	Defensa 8	Defensa 9
22	0,5	123,46	72,64	58,96	46,90	42,17	47,17	54,15	90,38	114,14
	0,4	122,89	63,52	53,45	40,82	37,89	43,62	58,40	91,91	114,96
	0,3	110,56	55,63	42,14	37,66	36,24	39,20	50,41	83,28	103,78
	0,2	95,59	47,63	35,03	33,53	33,04	35,42	47,85	79,89	99,91
20	0,7	128,21	65,70	51,45	44,81	53,41	62,36	69,09	93,49	115,45
	0,6	130,70	65,20	58,84	52,68	50,31	58,72	64,19	89,89	113,31
	0,5	127,13	60,88	51,70	44,78	47,90	51,85	55,97	88,05	110,45
	0,4	114,11	57,07	44,47	42,15	41,52	43,29	51,90	82,59	104,04
	0,3	110,49	52,84	42,00	36,57	34,32	37,64	44,00	73,06	93,98
	0,2	96,89	48,97	34,66	28,66	30,92	34,62	42,62	74,29	92,86
18	0,8	142,22	77,08	67,30	58,05	59,98	65,99	71,40	112,38	135,28
	0,7	142,54	76,65	56,06	49,41	51,27	65,67	76,71	108,83	129,82
	0,6	132,88	67,69	52,90	48,81	51,35	55,27	65,01	105,09	126,74
	0,5	112,44	61,64	56,00	52,29	50,62	50,79	55,56	89,55	116,62
	0,4	102,31	56,71	43,53	40,24	41,71	45,23	48,83	77,91	102,83
	0,3	112,33	48,94	33,47	33,22	34,16	35,10	37,95	72,26	95,06
16	0,9	103,98	47,12	32,79	28,10	30,66	32,39	36,34	68,03	93,48
	0,8	101,39	55,18	36,75	36,58	38,60	41,11	44,25	66,75	90,91
	0,7	96,49	51,38	35,01	30,99	31,46	31,92	31,92	67,24	88,98
	0,6	90,02	46,46	32,68	27,14	24,73	25,74	29,75	58,21	74,16
	0,5	81,02	41,82	29,41	24,42	22,26	23,17	26,78	52,39	66,74
14	0,8	72,91	37,63	26,47	21,98	20,03	20,85	24,10	47,15	60,07



Hs [m]	Tp [s]	Tensión Máxima en Espías de Amarre [Ton]					
		Largo Proa	Traves 1	Spring 1	Spring 2	Traves 2	Largo Popa
22	0,5	44,49	42,63	39,75	39,83	59,80	46,80
	0,4	44,87	43,13	39,99	37,47	55,93	45,37
	0,3	41,70	38,36	33,81	33,23	50,18	43,52
	0,2	38,04	32,73	27,09	30,69	43,60	41,29
20	0,7	45,67	44,05	41,60	54,08	59,97	50,23
	0,6	44,61	42,80	42,43	52,27	55,93	48,89
	0,5	43,37	42,01	40,69	52,07	54,70	47,33
	0,4	42,03	39,69	35,64	46,71	51,33	44,05
	0,3	38,81	33,99	30,74	39,11	47,71	41,99
	0,2	37,74	32,15	27,05	29,59	42,71	40,50
18	0,8	44,06	42,93	48,82	65,11	70,76	56,23
	0,7	42,69	45,24	38,52	62,90	67,11	54,80
	0,6	43,29	41,78	40,79	54,00	57,40	50,41
	0,5	39,86	36,52	33,76	41,81	49,46	45,08
	0,4	39,41	35,00	34,45	39,00	51,54	43,87
	0,3	38,61	33,83	32,53	32,53	42,05	40,14
16	0,9	37,52	31,96	26,22	31,53	40,15	39,34
	0,8	40,02	35,53	32,87	34,13	38,11	39,83
	0,7	38,38	32,89	28,51	30,26	36,34	38,17
	0,6	36,80	30,61	24,66	27,78	35,11	37,24
	0,5	33,87	27,59	20,05	23,76	34,21	36,30
14	0,8	30,49	22,71	17,34	19,94	33,14	34,03



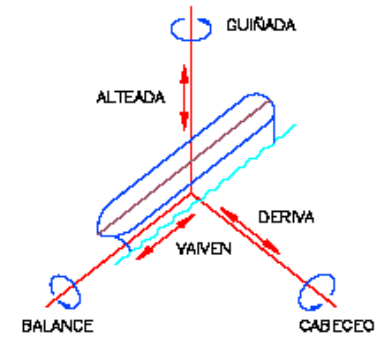
**CASO B'**

Carga Máxima Nave Granelera LOA 180 m

Ola : Frontal a la Nave 315° NW

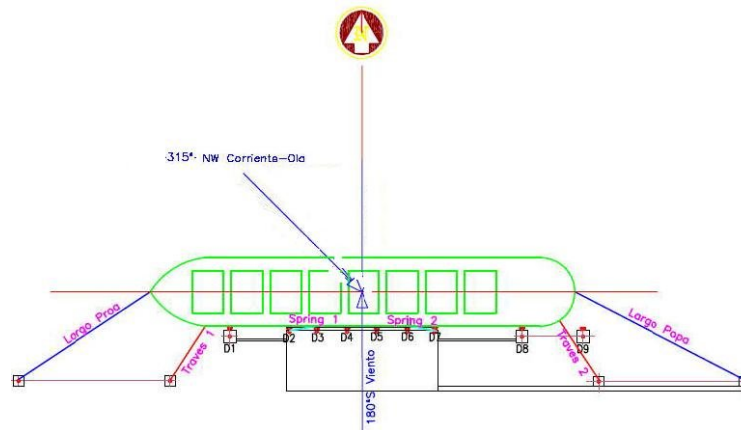
Viento : Perpendicular a la Nave en Dirección al Sitio 180° S

Corriente : Frontal a la Nave 315° NW

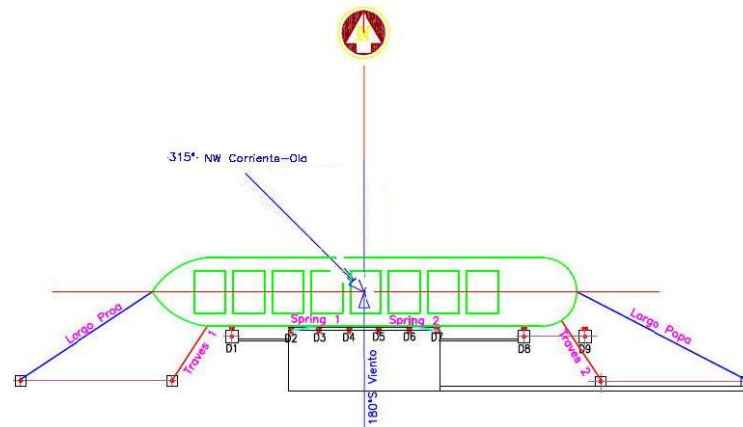


Hs [m]	Tp [s]	Movimientos del Centro Gravedad de la Nave					
		Surge [m]	Sway [m]	Heave [m]	Roll [°]	Pitch [°]	Yaw [°]
22	0,5	0,77	0,35	0,30	0,27	0,44	0,18
	0,4	0,75	0,31	0,27	0,23	0,38	0,18
	0,3	0,74	0,26	0,23	0,15	0,33	0,18
	0,2	0,59	0,15	0,19	0,10	0,27	0,18
20	0,7	0,82	0,58	0,41	0,26	0,73	0,18
	0,6	0,80	0,49	0,38	0,23	0,61	0,18
	0,5	0,79	0,41	0,34	0,19	0,55	0,18
	0,4	0,76	0,33	0,31	0,23	0,49	0,18
	0,3	0,74	0,27	0,27	0,16	0,43	0,18
	0,2	0,64	0,25	0,23	0,10	0,37	0,18
18	0,8	0,86	0,73	0,45	0,23	0,74	0,18
	0,7	0,84	0,65	0,41	0,21	0,74	0,18
	0,6	0,80	0,63	0,38	0,23	0,73	0,18
	0,5	0,79	0,52	0,35	0,19	0,62	0,18
	0,4	0,78	0,41	0,31	0,18	0,56	0,18
	0,3	0,75	0,39	0,28	0,15	0,49	0,18
16	0,9	0,73	0,35	0,25	0,07	0,43	0,18
	0,8	0,74	0,42	0,30	0,11	0,57	0,18
	0,7	0,73	0,37	0,27	0,13	0,51	0,18
	0,6	0,63	0,30	0,24	0,11	0,46	0,18
	0,5	0,53	0,22	0,14	0,09	0,36	0,18
14	0,8	0,44	0,11	0,05	0,06	0,25	0,18

Hs [m]	Tp [s]	Reacción Máxima en Defensas [Ton]								
		Defensa 1	Defensa 2	Defensa 3	Defensa 4	Defensa 5	Defensa 6	Defensa 7	Defensa 8	Defensa 9
22	0,5	126,11	74,20	60,23	47,90	43,07	48,18	55,32	92,33	116,60
	0,4	125,53	64,89	54,60	41,69	38,71	44,56	59,65	93,89	117,44
	0,3	112,94	56,83	43,05	38,47	37,02	40,04	51,49	85,07	106,01
	0,2	97,65	48,65	35,78	34,25	33,75	36,18	48,88	81,60	102,06
20	0,7	130,97	67,11	52,56	45,77	54,56	63,70	70,57	95,50	117,94
	0,6	133,51	66,61	60,11	53,81	51,39	59,99	65,57	91,82	115,75
	0,5	129,86	62,19	52,81	45,75	48,93	52,96	57,18	89,95	112,83
	0,4	116,57	58,30	45,43	43,06	42,42	44,22	53,01	84,36	106,28
	0,3	112,87	53,98	42,90	37,36	35,05	38,45	44,94	74,63	96,00
	0,2	98,97	50,03	35,41	29,28	31,59	35,36	43,54	75,89	94,86
18	0,8	145,28	78,74	68,75	59,30	61,27	67,41	72,94	114,79	138,19
	0,7	145,60	78,30	57,27	50,47	52,37	67,08	78,36	111,17	132,61
	0,6	135,74	69,15	54,04	49,86	52,45	56,46	66,41	107,35	129,47
	0,5	114,86	62,96	57,21	53,41	51,71	51,88	56,75	91,48	119,13
	0,4	104,51	57,93	44,47	41,10	42,61	46,20	49,88	79,58	105,04
	0,3	114,74	49,99	34,19	33,94	34,90	35,86	38,77	73,81	97,11
16	0,9	106,22	48,14	33,49	28,70	31,32	33,08	37,12	69,50	95,49
	0,8	103,57	56,37	37,54	37,37	39,43	42,00	45,21	68,19	92,86
	0,7	98,56	52,48	35,77	31,66	32,13	32,61	32,61	68,69	90,90
	0,6	91,95	47,46	33,38	27,72	25,26	26,30	30,39	59,47	75,75
	0,5	82,76	42,71	30,04	24,95	22,74	23,67	27,36	53,52	68,18
14	0,8	74,48	38,44	27,04	22,45	20,46	21,30	24,62	48,17	61,36



Hs [m]	Tp [s]	Tensión Máxima en Espías de Amarre [Ton]					
		Largo Proa	Traves 1	Spring 1	Spring 2	Traves 2	Largo Popa
22	0,5	45,45	43,55	40,60	40,69	61,09	47,81
	0,4	45,83	44,06	40,85	38,27	57,13	46,34
	0,3	42,60	39,19	34,54	33,95	51,26	44,46
	0,2	38,86	33,43	27,68	31,35	44,53	42,18
20	0,7	46,65	44,99	42,49	55,25	61,26	51,31
	0,6	45,57	43,72	43,34	53,39	57,13	49,94
	0,5	44,30	42,91	41,56	53,19	55,88	48,34
	0,4	42,94	40,55	36,41	47,71	52,44	44,99
	0,3	39,65	34,72	31,40	39,95	48,74	42,89
	0,2	38,55	32,85	27,63	30,23	43,63	41,37
18	0,8	45,01	43,86	49,87	66,51	72,28	57,44
	0,7	43,61	46,21	39,35	64,26	68,55	55,98
	0,6	44,22	42,68	41,67	55,16	58,64	51,49
	0,5	40,72	37,31	34,48	42,71	50,52	46,05
	0,4	40,25	35,75	35,19	39,84	52,64	44,81
	0,3	39,44	34,56	33,23	33,23	42,96	41,01
16	0,9	38,33	32,64	26,79	32,20	41,02	40,18
	0,8	40,88	36,30	33,58	34,87	38,93	40,68
	0,7	39,21	33,60	29,12	30,91	37,12	38,99
	0,6	37,59	31,27	25,19	28,38	35,87	38,04
	0,5	34,60	28,19	20,48	24,27	34,94	37,08
14	0,8	31,14	23,20	17,72	20,37	33,85	34,76



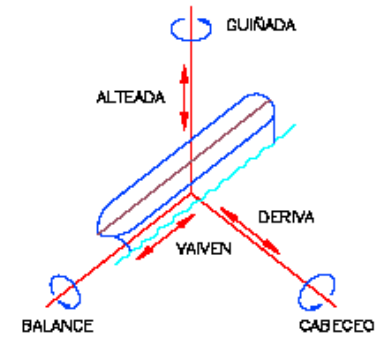
**CASO C**

Carga Máxima Nave Granelera LOA 180 m

Ola : Frontal a la Nave 310° NW

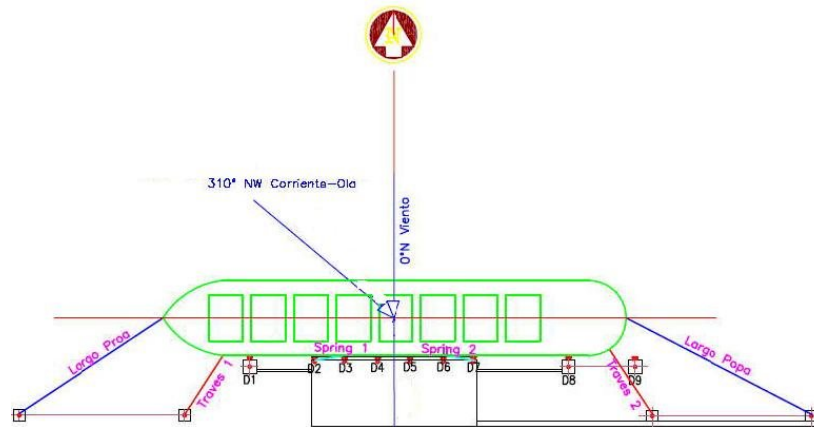
Viento : Perpendicular a la Nave en Dirección al Sitio 0° N

Corriente : Frontal a la Nave 310° NW

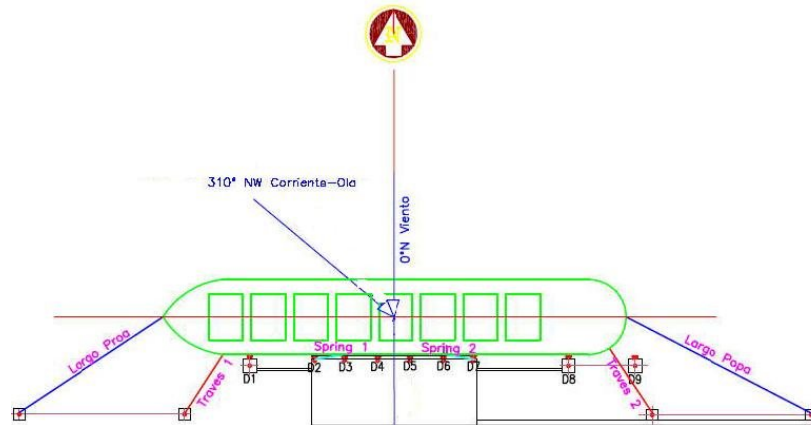


Hs [m]	Tp [s]	Movimientos del Centro Gravedad de la Nave					
		Surge [m]	Sway [m]	Heave [m]	Roll [°]	Pitch [°]	Yaw [°]
22	0,5	0,75	0,33	0,29	0,26	0,43	0,18
	0,4	0,73	0,30	0,26	0,22	0,37	0,18
	0,3	0,72	0,25	0,22	0,15	0,32	0,18
	0,2	0,57	0,15	0,19	0,10	0,26	0,18
20	0,7	0,80	0,56	0,40	0,25	0,71	0,18
	0,6	0,77	0,48	0,37	0,22	0,59	0,18
	0,5	0,77	0,39	0,33	0,19	0,53	0,18
	0,4	0,73	0,32	0,30	0,22	0,48	0,18
	0,3	0,72	0,26	0,26	0,15	0,42	0,18
	0,2	0,62	0,24	0,22	0,10	0,35	0,18
18	0,8	0,84	0,71	0,43	0,22	0,72	0,18
	0,7	0,82	0,63	0,40	0,21	0,71	0,18
	0,6	0,78	0,61	0,37	0,22	0,71	0,18
	0,5	0,77	0,50	0,33	0,19	0,60	0,18
	0,4	0,75	0,39	0,30	0,17	0,54	0,18
	0,3	0,73	0,37	0,27	0,15	0,48	0,18
16	0,9	0,71	0,33	0,24	0,06	0,42	0,18
	0,8	0,72	0,41	0,29	0,11	0,55	0,18
	0,7	0,71	0,35	0,26	0,13	0,50	0,18
	0,6	0,61	0,29	0,23	0,10	0,44	0,18
	0,5	0,52	0,21	0,14	0,08	0,35	0,18
14	0,8	0,42	0,11	0,05	0,06	0,24	0,18

Hs [m]	Tp [s]	Reacción Máxima en Defensas [Ton]								
		Defensa 1	Defensa 2	Defensa 3	Defensa 4	Defensa 5	Defensa 6	Defensa 7	Defensa 8	Defensa 9
22	0,5	122,13	71,86	58,32	46,39	41,71	46,66	53,57	89,41	112,91
	0,4	121,57	62,84	52,87	40,38	37,49	43,15	57,77	90,92	113,73
	0,3	109,37	55,03	41,69	37,25	35,85	38,78	49,87	82,39	102,66
	0,2	94,56	47,11	34,65	33,17	32,69	35,03	47,34	79,03	98,84
20	0,7	126,83	64,99	50,90	44,32	52,84	61,69	68,35	92,48	114,21
	0,6	129,29	64,50	58,21	52,11	49,77	58,09	63,50	88,92	112,09
	0,5	125,76	60,23	51,14	44,30	47,39	51,29	55,37	87,11	109,26
	0,4	112,89	56,46	43,99	41,70	41,08	42,83	51,34	81,70	102,92
	0,3	109,30	52,28	41,54	36,18	33,95	37,23	43,52	72,27	92,97
	0,2	95,85	48,45	34,29	28,36	30,59	34,25	42,16	73,49	91,86
18	0,8	140,69	76,25	66,58	57,43	59,34	65,28	70,64	111,17	133,83
	0,7	141,00	75,82	55,46	48,87	50,72	64,96	75,89	107,66	128,43
	0,6	131,45	66,97	52,34	48,29	50,80	54,68	64,31	103,96	125,38
	0,5	111,23	60,98	55,40	51,73	50,08	50,24	54,96	88,59	115,37
	0,4	101,21	56,10	43,06	39,81	41,27	44,74	48,31	77,07	101,72
	0,3	111,12	48,41	33,11	32,87	33,80	34,73	37,54	71,48	94,04
16	0,9	102,86	46,62	32,43	27,80	30,33	32,04	35,95	67,30	92,48
	0,8	100,30	54,59	36,36	36,19	38,19	40,67	43,78	66,03	89,93
	0,7	95,45	50,83	34,64	30,66	31,12	31,58	31,58	66,52	88,03
	0,6	89,05	45,96	32,33	26,85	24,46	25,47	29,43	57,59	73,36
	0,5	80,15	41,37	29,09	24,16	22,02	22,92	26,49	51,83	66,02
14	0,8	72,13	37,23	26,19	21,75	19,82	20,63	23,84	46,65	59,42



Hs [m]	Tp [s]	Tensión Máxima en Espías de Amarre [Ton]					
		Largo Proa	Traves 1	Spring 1	Spring 2	Traves 2	Largo Popa
22	0,5	44,01	42,18	39,32	39,41	59,16	46,30
	0,4	44,39	42,67	39,56	37,07	55,33	44,88
	0,3	41,25	37,95	33,45	32,88	49,64	43,05
	0,2	37,63	32,38	26,80	30,36	43,13	40,85
20	0,7	45,18	43,57	41,15	53,50	59,32	49,69
	0,6	44,13	42,34	41,98	51,70	55,32	48,36
	0,5	42,90	41,56	40,25	51,51	54,11	46,82
	0,4	41,58	39,26	35,26	46,21	50,78	43,57
	0,3	38,39	33,62	30,41	38,69	47,20	41,53
	0,2	37,34	31,81	26,76	29,28	42,25	40,07
18	0,8	43,59	42,47	48,30	64,41	70,00	55,63
	0,7	42,23	44,75	38,10	62,23	66,39	54,21
	0,6	42,83	41,33	40,35	53,42	56,79	49,87
	0,5	39,43	36,13	33,40	41,36	48,92	44,60
	0,4	38,98	34,63	34,08	38,58	50,98	43,39
	0,3	38,19	33,47	32,18	32,18	41,60	39,71
16	0,9	37,12	31,61	25,94	31,19	39,72	38,91
	0,8	39,59	35,15	32,52	33,77	37,70	39,40
	0,7	37,97	32,54	28,20	29,93	35,95	37,76
	0,6	36,41	30,28	24,40	27,48	34,73	36,84
	0,5	33,51	27,30	19,84	23,51	33,84	35,91
14	0,8	30,16	22,47	17,16	19,72	32,78	33,66



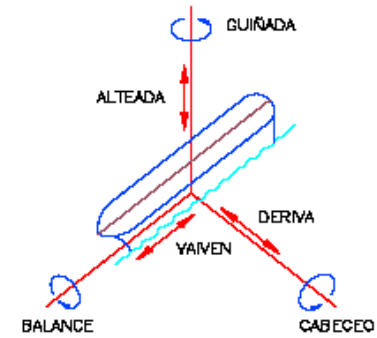
**CASO C'**

Carga Máxima Nave Granelera LOA 180 m

Ola : Frontal a la Nave 310° NW

Viento : Perpendicular a la Nave en Dirección al Sitio 180° S

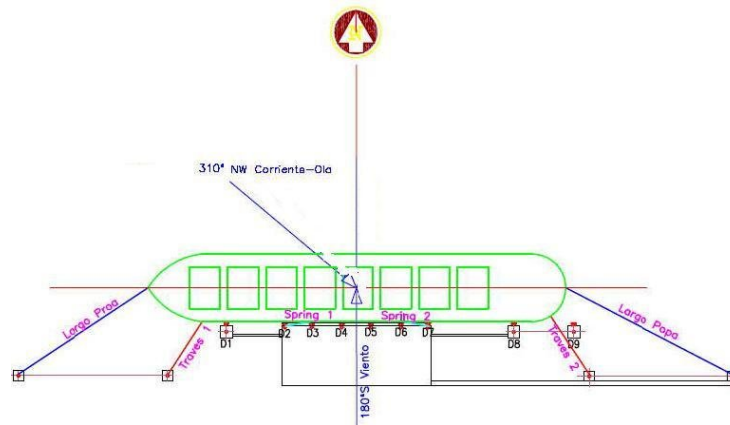
Corriente : Frontal a la Nave 310° NW



Hs [m]	Tp [s]	Movimientos del Centro Gravedad de la Nave					
		Surge [m]	Sway [m]	Heave [m]	Roll [°]	Pitch [°]	Yaw [°]
22	0,5	0,72	0,32	0,28	0,25	0,41	0,18
	0,4	0,70	0,29	0,25	0,21	0,36	0,18
	0,3	0,70	0,24	0,21	0,14	0,31	0,18
	0,2	0,55	0,14	0,18	0,09	0,26	0,18
20	0,7	0,77	0,54	0,39	0,24	0,69	0,18
	0,6	0,75	0,46	0,36	0,21	0,57	0,18
	0,5	0,74	0,38	0,32	0,18	0,52	0,18
	0,4	0,71	0,31	0,29	0,21	0,46	0,18
	0,3	0,70	0,26	0,25	0,15	0,40	0,18
	0,2	0,60	0,24	0,21	0,09	0,34	0,18
18	0,8	0,81	0,69	0,42	0,21	0,70	0,18
	0,7	0,79	0,61	0,39	0,20	0,69	0,18
	0,6	0,75	0,59	0,36	0,21	0,69	0,18
	0,5	0,74	0,49	0,32	0,18	0,58	0,18
	0,4	0,73	0,38	0,29	0,17	0,52	0,18
	0,3	0,70	0,36	0,26	0,14	0,46	0,18
16	0,9	0,69	0,32	0,23	0,06	0,40	0,18
	0,8	0,70	0,39	0,28	0,11	0,54	0,18
	0,7	0,69	0,34	0,25	0,12	0,48	0,18
	0,6	0,59	0,28	0,22	0,10	0,43	0,18
	0,5	0,50	0,20	0,13	0,08	0,34	0,18
14	0,8	0,41	0,11	0,04	0,05	0,23	0,18



Hs [m]	Tp [s]	Tensión Máxima en Espías de Amarre [Ton]					
		Largo Proa	Traves 1	Spring 1	Spring 2	Traves 2	Largo Popa
22	0,5	42,58	40,80	38,04	38,12	57,23	44,79
	0,4	42,94	41,28	38,27	35,86	53,52	43,41
	0,3	39,91	36,71	32,36	31,80	48,02	41,65
	0,2	36,41	31,32	25,93	29,37	41,72	39,52
20	0,7	43,71	42,15	39,81	51,76	57,39	48,07
	0,6	42,69	40,96	40,61	50,02	53,52	46,79
	0,5	41,50	40,20	38,94	49,83	52,35	45,29
	0,4	40,23	37,98	34,11	44,70	49,13	42,15
	0,3	37,14	32,53	29,42	37,42	45,66	40,18
	0,2	36,12	30,77	25,89	28,32	40,88	38,76
18	0,8	42,17	41,09	46,72	62,31	67,72	53,81
	0,7	40,85	43,29	36,86	60,20	64,22	52,45
	0,6	41,43	39,98	39,04	51,68	54,94	48,24
	0,5	38,15	34,95	32,31	40,01	47,33	43,14
	0,4	37,71	33,50	32,97	37,32	49,32	41,98
	0,3	36,95	32,38	31,13	31,14	40,25	38,42
16	0,9	35,91	30,58	25,09	30,17	38,43	37,64
	0,8	38,30	34,00	31,46	32,67	36,48	38,11
	0,7	36,73	31,47	27,28	28,95	34,78	36,53
	0,6	35,22	29,29	23,60	26,59	33,60	35,64
	0,5	32,41	26,41	19,19	22,74	32,73	34,74
14	0,8	29,17	21,73	16,60	19,08	31,71	32,57



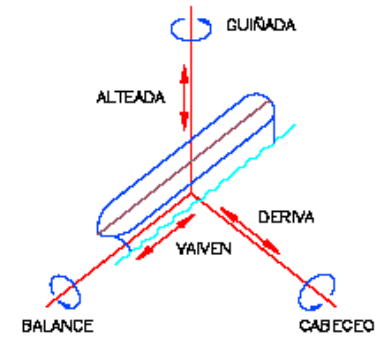
**CASO A**

Carga Mínima Nave Granelera LOA 180 m

Ola : Frontal a la Nave 320° NW

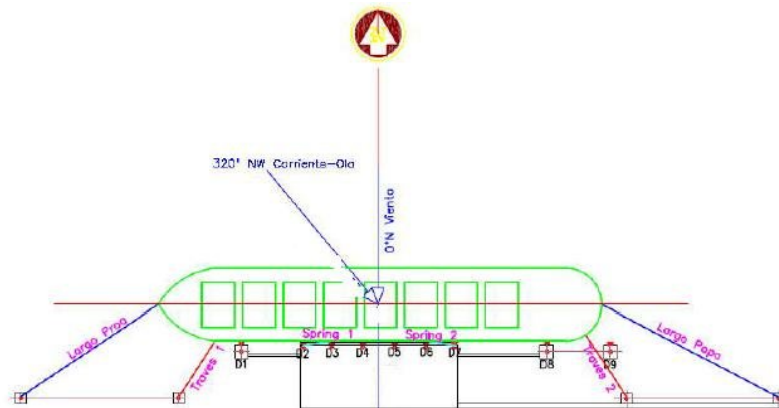
Viento : Perpendicular a la Nave en Dirección al Sitio 0° N

Corriente : Frontal a la Nave 320° NW

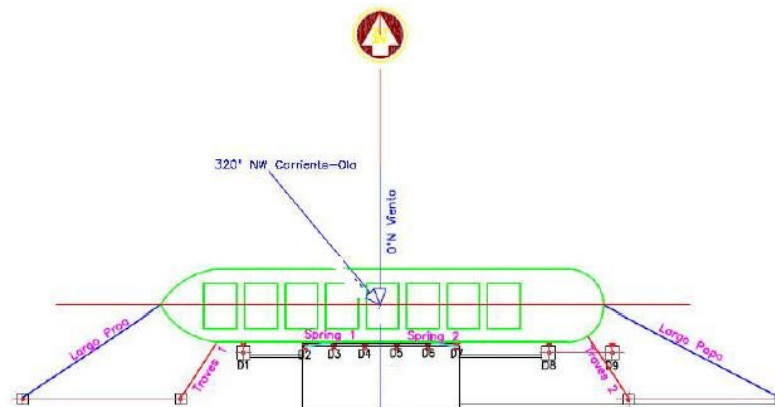


Hs [m]	Tp [s]	Movimientos del Centro Gravedad de la Nave					
		Surge [m]	Sway [m]	Heave [m]	Roll [°]	Pitch [°]	Yaw [°]
22	0,5	0,79	0,35	0,31	0,27	0,45	0,18
	0,4	0,77	0,31	0,27	0,23	0,39	0,18
	0,3	0,76	0,26	0,23	0,16	0,33	0,18
	0,2	0,60	0,16	0,20	0,10	0,28	0,18
20	0,7	0,84	0,59	0,42	0,26	0,75	0,18
	0,6	0,81	0,50	0,39	0,23	0,62	0,18
	0,5	0,81	0,41	0,35	0,20	0,56	0,18
	0,4	0,77	0,34	0,31	0,23	0,50	0,18
	0,3	0,76	0,28	0,27	0,16	0,44	0,18
	0,2	0,65	0,26	0,23	0,10	0,37	0,18
18	0,8	0,88	0,75	0,45	0,23	0,76	0,18
	0,7	0,86	0,67	0,42	0,22	0,75	0,18
	0,6	0,82	0,65	0,39	0,23	0,75	0,18
	0,5	0,81	0,53	0,35	0,20	0,63	0,18
	0,4	0,79	0,41	0,32	0,18	0,57	0,18
	0,3	0,77	0,39	0,29	0,16	0,50	0,18
16	0,9	0,75	0,35	0,25	0,07	0,44	0,18
	0,8	0,76	0,43	0,31	0,12	0,58	0,18
	0,7	0,75	0,37	0,27	0,14	0,52	0,18
	0,6	0,64	0,31	0,24	0,11	0,47	0,18
	0,5	0,54	0,22	0,15	0,09	0,37	0,18
14	0,8	0,45	0,12	0,05	0,06	0,25	0,18

Hs [m]	Tp [s]	Reacción Máxima en Defensas [Ton]								
		Defensa 1	Defensa 2	Defensa 3	Defensa 4	Defensa 5	Defensa 6	Defensa 7	Defensa 8	Defensa 9
22	0,5	128,77	75,76	61,49	48,91	43,98	49,20	56,48	94,27	119,05
	0,4	128,17	66,26	55,75	42,57	39,52	45,50	60,91	95,86	119,91
	0,3	115,32	58,02	43,95	39,28	37,80	40,88	52,58	86,86	108,24
	0,2	99,70	49,67	36,53	34,97	34,46	36,94	49,91	83,32	104,21
20	0,7	133,72	68,53	53,67	46,73	55,71	65,04	72,06	97,51	120,42
	0,6	136,32	68,01	61,38	54,94	52,48	61,25	66,95	93,75	118,18
	0,5	132,60	63,50	53,92	46,71	49,96	54,08	58,38	91,84	115,20
	0,4	119,02	59,52	46,39	43,96	43,31	45,16	54,13	86,14	108,52
	0,3	115,24	55,12	43,80	38,14	35,79	39,25	45,89	76,20	98,02
	0,2	101,06	51,08	36,15	29,90	32,25	36,11	44,45	77,49	96,85
18	0,8	148,33	80,39	70,20	60,55	62,56	68,83	74,48	117,21	141,10
	0,7	148,67	79,94	58,47	51,53	53,47	68,49	80,01	113,51	135,41
	0,6	138,60	70,61	55,18	50,91	53,56	57,65	67,81	109,61	132,19
	0,5	117,28	64,29	58,41	54,54	52,80	52,98	57,95	93,41	121,64
	0,4	106,71	59,15	45,41	41,97	43,51	47,17	50,93	81,26	107,25
	0,3	117,16	51,05	34,91	34,65	35,63	36,61	39,58	75,37	99,15
16	0,9	108,45	49,15	34,20	29,31	31,98	33,78	37,90	70,96	97,50
	0,8	105,75	57,56	38,33	38,15	40,26	42,88	46,16	69,62	94,82
	0,7	100,64	53,59	36,52	32,33	32,81	33,30	33,30	70,14	92,81
	0,6	93,89	48,46	34,08	28,30	25,79	26,85	31,03	60,72	77,35
	0,5	84,50	43,61	30,68	25,47	23,21	24,16	27,93	54,65	69,61
14	0,8	76,05	39,25	27,61	22,93	20,89	21,75	25,14	49,18	62,65



Hs [m]	Tp [s]	Tensión Máxima en Espías de Amarre [Ton]					
		Largo Proa	Traves 1	Spring 1	Spring 2	Traves 2	Largo Popa
22	0,5	46,40	44,47	41,45	41,55	62,38	48,81
	0,4	46,80	44,99	41,71	39,08	58,34	47,32
	0,3	43,49	40,01	35,27	34,66	52,34	45,39
	0,2	39,68	34,13	28,26	32,01	45,47	43,07
20	0,7	47,64	45,94	43,39	56,41	62,55	52,39
	0,6	46,53	44,64	44,26	54,51	58,33	50,99
	0,5	45,23	43,81	42,44	54,31	57,05	49,36
	0,4	43,84	41,40	37,17	48,72	53,54	45,94
	0,3	40,48	35,45	32,06	40,79	49,76	43,79
	0,2	39,37	33,54	28,22	30,87	44,55	42,24
18	0,8	45,96	44,78	50,92	67,91	73,80	58,65
	0,7	44,53	47,18	40,17	65,61	70,00	57,16
	0,6	45,15	43,58	42,55	56,32	59,87	52,58
	0,5	41,58	38,09	35,21	43,61	51,58	47,02
	0,4	41,10	36,51	35,94	40,68	53,75	45,75
	0,3	40,27	35,29	33,93	33,93	43,86	41,87
16	0,9	39,13	33,33	27,35	32,88	41,88	41,03
	0,8	41,74	37,06	34,28	35,60	39,75	41,54
	0,7	40,03	34,30	29,73	31,56	37,90	39,81
	0,6	38,39	31,92	25,72	28,98	36,62	38,84
	0,5	35,33	28,78	20,91	24,78	35,68	37,86
14	0,8	31,80	23,69	18,09	20,80	34,56	35,49



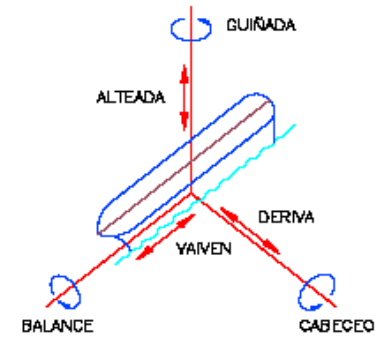
**CASO A'**

Carga Mínima Nave Granelera LOA 180 m

Ola : Frontal a la Nave 320° NW

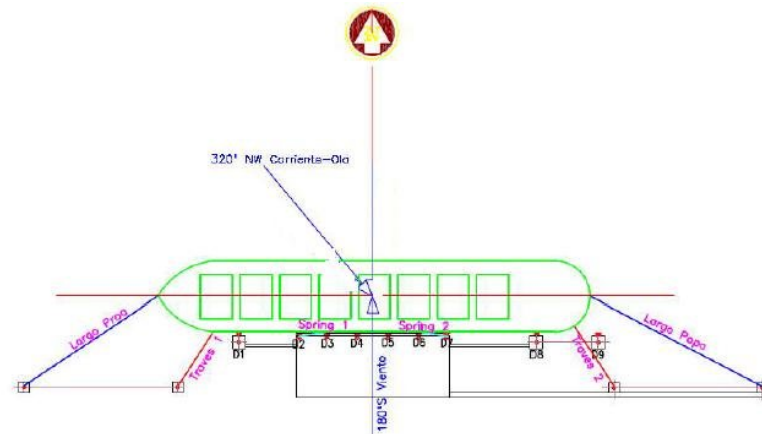
Viento : Perpendicular a la Nave en Dirección al Sitio 180° S

Corriente : Frontal a la Nave 320° NW

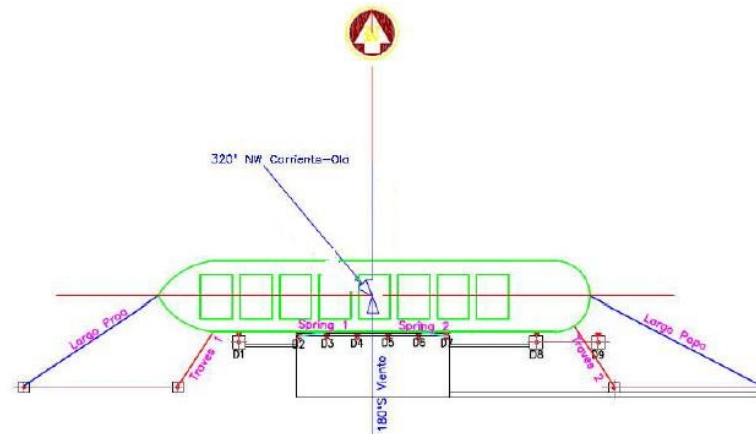


Hs [m]	Tp [s]	Movimientos del Centro Gravedad de la Nave					
		Surge [m]	Sway [m]	Heave [m]	Roll [°]	Pitch [°]	Yaw [°]
22	0,5	0,77	0,35	0,30	0,27	0,44	0,18
	0,4	0,75	0,31	0,27	0,23	0,38	0,18
	0,3	0,74	0,26	0,23	0,15	0,33	0,18
	0,2	0,59	0,15	0,19	0,10	0,27	0,18
20	0,7	0,82	0,58	0,41	0,26	0,73	0,18
	0,6	0,80	0,49	0,38	0,23	0,61	0,18
	0,5	0,79	0,41	0,34	0,19	0,55	0,18
	0,4	0,76	0,33	0,31	0,23	0,49	0,18
	0,3	0,74	0,27	0,27	0,16	0,43	0,18
	0,2	0,64	0,25	0,23	0,10	0,37	0,18
18	0,8	0,86	0,73	0,45	0,23	0,74	0,18
	0,7	0,84	0,65	0,41	0,21	0,74	0,18
	0,6	0,80	0,63	0,38	0,23	0,73	0,18
	0,5	0,79	0,52	0,35	0,19	0,62	0,18
	0,4	0,78	0,41	0,31	0,18	0,56	0,18
	0,3	0,75	0,39	0,28	0,15	0,49	0,18
16	0,9	0,73	0,35	0,25	0,07	0,43	0,18
	0,8	0,74	0,42	0,30	0,11	0,57	0,18
	0,7	0,73	0,37	0,27	0,13	0,51	0,18
	0,6	0,63	0,30	0,24	0,11	0,46	0,18
	0,5	0,53	0,22	0,14	0,09	0,36	0,18
14	0,8	0,44	0,11	0,05	0,06	0,25	0,18

Hs [m]	Tp [s]	Reacción Máxima en Defensas [Ton]								
		Defensa 1	Defensa 2	Defensa 3	Defensa 4	Defensa 5	Defensa 6	Defensa 7	Defensa 8	Defensa 9
22	0,5	126,11	74,20	60,23	47,90	43,07	48,18	55,32	92,33	116,60
	0,4	125,53	64,89	54,60	41,69	38,71	44,56	59,65	93,89	117,44
	0,3	112,94	56,83	43,05	38,47	37,02	40,04	51,49	85,07	106,01
	0,2	97,65	48,65	35,78	34,25	33,75	36,18	48,88	81,60	102,06
20	0,7	130,97	67,11	52,56	45,77	54,56	63,70	70,57	95,50	117,94
	0,6	133,51	66,61	60,11	53,81	51,39	59,99	65,57	91,82	115,75
	0,5	129,86	62,19	52,81	45,75	48,93	52,96	57,18	89,95	112,83
	0,4	116,57	58,30	45,43	43,06	42,42	44,22	53,01	84,36	106,28
	0,3	112,87	53,98	42,90	37,36	35,05	38,45	44,94	74,63	96,00
	0,2	98,97	50,03	35,41	29,28	31,59	35,36	43,54	75,89	94,86
18	0,8	145,28	78,74	68,75	59,30	61,27	67,41	72,94	114,79	138,19
	0,7	145,60	78,30	57,27	50,47	52,37	67,08	78,36	111,17	132,61
	0,6	135,74	69,15	54,04	49,86	52,45	56,46	66,41	107,35	129,47
	0,5	114,86	62,96	57,21	53,41	51,71	51,88	56,75	91,48	119,13
	0,4	104,51	57,93	44,47	41,10	42,61	46,20	49,88	79,58	105,04
	0,3	114,74	49,99	34,19	33,94	34,90	35,86	38,77	73,81	97,11
16	0,9	106,22	48,14	33,49	28,70	31,32	33,08	37,12	69,50	95,49
	0,8	103,57	56,37	37,54	37,37	39,43	42,00	45,21	68,19	92,86
	0,7	98,56	52,48	35,77	31,66	32,13	32,61	32,61	68,69	90,90
	0,6	91,95	47,46	33,38	27,72	25,26	26,30	30,39	59,47	75,75
	0,5	82,76	42,71	30,04	24,95	22,74	23,67	27,36	53,52	68,18
14	0,8	74,48	38,44	27,04	22,45	20,46	21,30	24,62	48,17	61,36



Hs [m]	Tp [s]	Tensión Máxima en Espías de Amarre [Ton]					
		Largo Proa	Traves 1	Spring 1	Spring 2	Traves 2	Largo Popa
22	0,5	45,45	43,55	40,60	40,69	61,09	47,81
	0,4	45,83	44,06	40,85	38,27	57,13	46,34
	0,3	42,60	39,19	34,54	33,95	51,26	44,46
	0,2	38,86	33,43	27,68	31,35	44,53	42,18
20	0,7	46,65	44,99	42,49	55,25	61,26	51,31
	0,6	45,57	43,72	43,34	53,39	57,13	49,94
	0,5	44,30	42,91	41,56	53,19	55,88	48,34
	0,4	42,94	40,55	36,41	47,71	52,44	44,99
	0,3	39,65	34,72	31,40	39,95	48,74	42,89
	0,2	38,55	32,85	27,63	30,23	43,63	41,37
18	0,8	45,01	43,86	49,87	66,51	72,28	57,44
	0,7	43,61	46,21	39,35	64,26	68,55	55,98
	0,6	44,22	42,68	41,67	55,16	58,64	51,49
	0,5	40,72	37,31	34,48	42,71	50,52	46,05
	0,4	40,25	35,75	35,19	39,84	52,64	44,81
	0,3	39,44	34,56	33,23	33,23	42,96	41,01
16	0,9	38,33	32,64	26,79	32,20	41,02	40,18
	0,8	40,88	36,30	33,58	34,87	38,93	40,68
	0,7	39,21	33,60	29,12	30,91	37,12	38,99
	0,6	37,59	31,27	25,19	28,38	35,87	38,04
	0,5	34,60	28,19	20,48	24,27	34,94	37,08
14	0,8	31,14	23,20	17,72	20,37	33,85	34,76



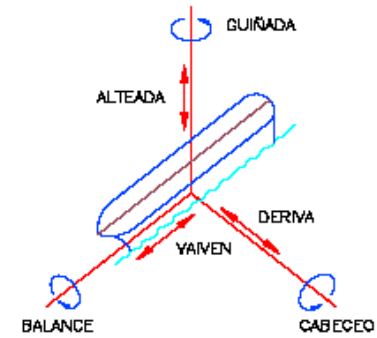
**CASO B**

Carga Mínima Nave Granelera LOA 180 m

Ola : Frontal a la Nave 315° NW

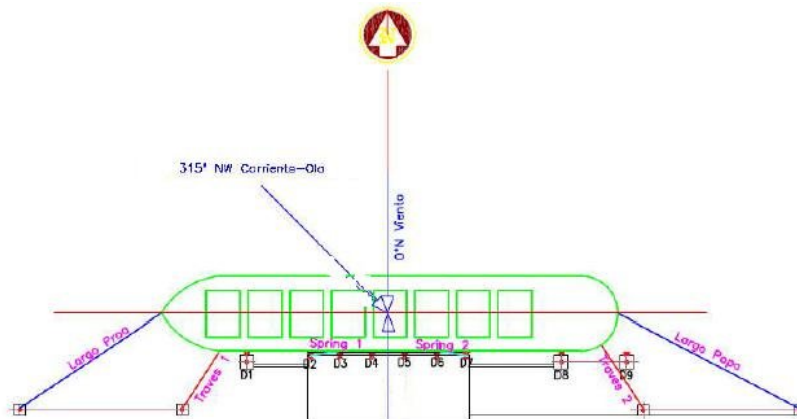
Viento : Perpendicular a la Nave en Dirección al Sitio 0° N

Corriente : Frontal a la Nave 315° NW

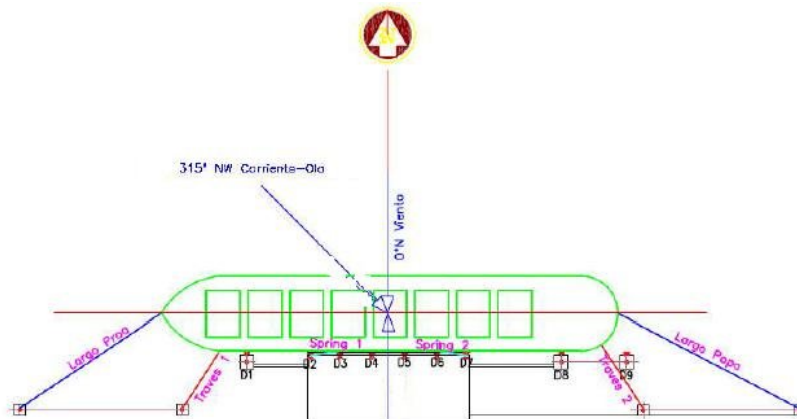


Hs [m]	Tp [s]	Movimientos del Centro Gravedad de la Nave					
		Surge [m]	Sway [m]	Heave [m]	Roll [°]	Pitch [°]	Yaw [°]
22	0,5	0,73	0,33	0,28	0,25	0,42	0,18
	0,4	0,71	0,29	0,25	0,21	0,36	0,18
	0,3	0,71	0,25	0,21	0,14	0,31	0,18
	0,2	0,55	0,14	0,18	0,09	0,26	0,18
20	0,7	0,78	0,55	0,39	0,25	0,69	0,18
	0,6	0,76	0,47	0,36	0,21	0,58	0,18
	0,5	0,75	0,38	0,32	0,18	0,52	0,18
	0,4	0,72	0,32	0,29	0,21	0,47	0,18
	0,3	0,71	0,26	0,25	0,15	0,41	0,18
	0,2	0,60	0,24	0,21	0,09	0,35	0,18
18	0,8	0,82	0,69	0,42	0,21	0,71	0,18
	0,7	0,80	0,62	0,39	0,20	0,70	0,18
	0,6	0,76	0,60	0,36	0,21	0,69	0,18
	0,5	0,75	0,49	0,33	0,18	0,59	0,18
	0,4	0,74	0,38	0,30	0,17	0,53	0,18
	0,3	0,71	0,37	0,26	0,14	0,47	0,18
16	0,9	0,69	0,33	0,23	0,06	0,41	0,18
	0,8	0,71	0,40	0,28	0,11	0,54	0,18
	0,7	0,69	0,35	0,25	0,13	0,49	0,18
	0,6	0,59	0,28	0,23	0,10	0,43	0,18
	0,5	0,50	0,21	0,14	0,08	0,34	0,18
14	0,8	0,41	0,11	0,05	0,05	0,23	0,18

Hs [m]	Tp [s]	Reacción Máxima en Defensas [Ton]								
		Defensa 1	Defensa 2	Defensa 3	Defensa 4	Defensa 5	Defensa 6	Defensa 7	Defensa 8	Defensa 9
22	0,5	119,48	70,30	57,06	45,38	40,81	45,65	52,41	87,47	110,46
	0,4	118,92	61,48	51,72	39,50	36,67	42,21	56,51	88,94	111,26
	0,3	107,00	53,84	40,78	36,44	35,07	37,93	48,78	80,60	100,43
	0,2	92,51	46,09	33,90	32,45	31,98	34,27	46,31	77,31	96,69
20	0,7	124,07	63,58	49,79	43,36	51,69	60,35	66,86	90,47	111,73
	0,6	126,48	63,10	56,95	50,98	48,69	56,83	62,12	86,99	109,66
	0,5	123,03	58,92	50,03	43,34	46,36	50,18	54,17	85,21	106,89
	0,4	110,43	55,23	43,04	40,79	40,19	41,90	50,22	79,92	100,68
	0,3	106,93	51,14	40,64	35,39	33,21	36,42	42,58	70,70	90,95
	0,2	93,76	47,39	33,55	27,74	29,93	33,50	41,25	71,89	89,86
18	0,8	137,63	74,59	65,13	56,18	58,05	63,86	69,10	108,75	130,92
	0,7	137,94	74,17	54,25	47,81	49,61	63,55	74,24	105,32	125,63
	0,6	128,59	65,51	51,20	47,24	49,69	53,49	62,91	101,70	122,65
	0,5	108,81	59,65	54,20	50,60	48,99	49,15	53,77	86,67	112,86
	0,4	99,01	54,88	42,13	38,94	40,37	43,77	47,26	75,39	99,51
	0,3	108,71	47,36	32,39	32,15	33,06	33,97	36,73	69,93	92,00
16	0,9	100,63	45,60	31,73	27,19	29,67	31,34	35,16	65,84	90,47
	0,8	98,12	53,40	35,57	35,40	37,36	39,79	42,83	64,60	87,98
	0,7	93,38	49,72	33,88	29,99	30,44	30,89	30,89	65,07	86,11
	0,6	87,11	44,96	31,62	26,26	23,93	24,91	28,80	56,34	71,77
	0,5	78,40	40,47	28,46	23,64	21,54	22,42	25,92	50,70	64,59
14	0,8	70,56	36,42	25,62	21,27	19,39	20,18	23,32	45,63	58,13



Hs [m]	Tp [s]	Tensión Máxima en Espías de Amarre [Ton]					
		Largo Proa	Traves 1	Spring 1	Spring 2	Traves 2	Largo Popa
22	0,5	43,06	41,26	38,46	38,55	57,88	45,29
	0,4	43,42	41,74	38,70	36,26	54,13	43,90
	0,3	40,36	37,12	32,72	32,16	48,56	42,12
	0,2	36,81	31,67	26,22	29,70	42,19	39,96
20	0,7	44,20	42,63	40,26	52,34	58,03	48,61
	0,6	43,17	41,42	41,06	50,58	54,12	47,31
	0,5	41,97	40,65	39,37	50,39	52,93	45,80
	0,4	40,68	38,41	34,49	45,20	49,68	42,63
	0,3	37,56	32,89	29,75	37,84	46,17	40,63
	0,2	36,53	31,12	26,18	28,64	41,33	39,19
18	0,8	42,64	41,55	47,25	63,01	68,48	54,42
	0,7	41,31	43,78	37,28	60,87	64,95	53,03
	0,6	41,90	40,43	39,48	52,26	55,55	48,78
	0,5	38,58	35,34	32,67	40,46	47,86	43,63
	0,4	38,14	33,87	33,34	37,74	49,87	42,45
	0,3	37,36	32,74	31,48	31,49	40,70	38,85
16	0,9	36,31	30,93	25,38	30,51	38,86	38,07
	0,8	38,73	34,39	31,81	33,03	36,88	38,54
	0,7	37,14	31,83	27,59	29,28	35,17	36,94
	0,6	35,62	29,62	23,87	26,89	33,98	36,04
	0,5	32,78	26,70	19,40	23,00	33,10	35,13
14	0,8	29,50	21,98	16,79	19,30	32,07	32,93



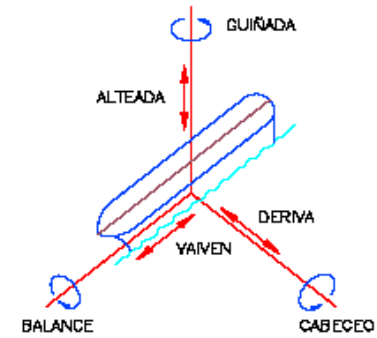
**CASO B'**

Carga Mínima Nave Granelera LOA 180 m

Ola : Frontal a la Nave 315° NW

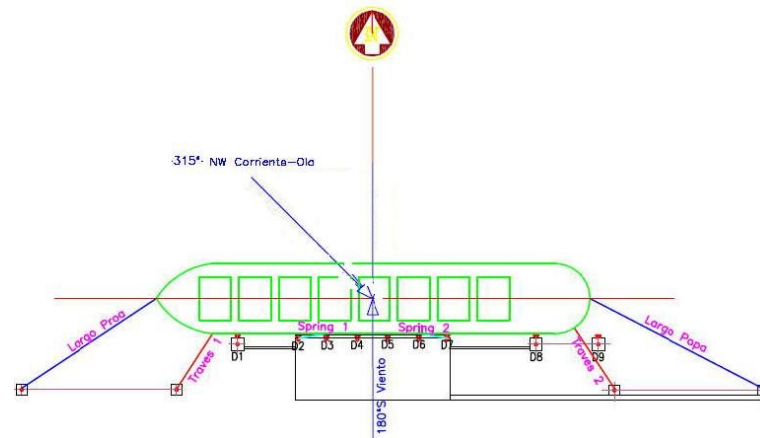
Viento : Perpendicular a la Nave en Dirección al Sitio 180° S

Corriente : Frontal a la Nave 315° NW

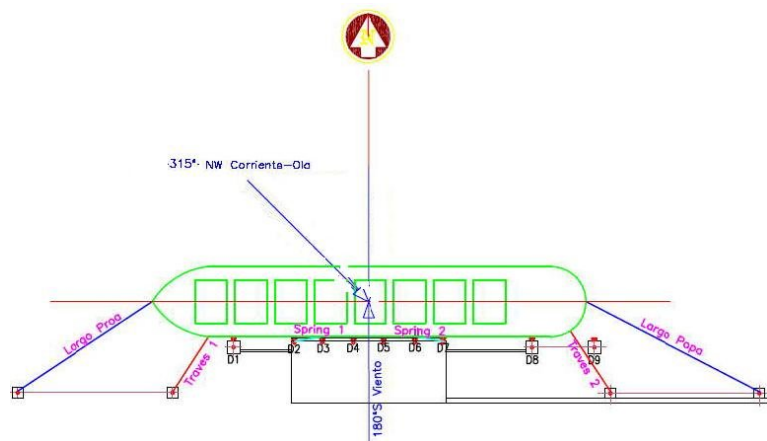


Hs [m]	Tp [s]	Movimientos del Centro Gravedad de la Nave					
		Surge [m]	Sway [m]	Heave [m]	Roll [°]	Pitch [°]	Yaw [°]
22	0,5	0,71	0,32	0,27	0,24	0,40	0,18
	0,4	0,69	0,28	0,24	0,21	0,35	0,18
	0,3	0,68	0,24	0,21	0,14	0,30	0,18
	0,2	0,54	0,14	0,18	0,09	0,25	0,18
20	0,7	0,76	0,53	0,38	0,24	0,67	0,18
	0,6	0,73	0,45	0,35	0,21	0,56	0,18
	0,5	0,72	0,37	0,31	0,18	0,51	0,18
	0,4	0,69	0,30	0,28	0,21	0,45	0,18
	0,3	0,68	0,25	0,24	0,15	0,40	0,18
	0,2	0,58	0,23	0,21	0,09	0,33	0,18
18	0,8	0,79	0,67	0,41	0,21	0,68	0,18
	0,7	0,77	0,60	0,38	0,19	0,68	0,18
	0,6	0,74	0,58	0,35	0,21	0,67	0,18
	0,5	0,72	0,48	0,32	0,18	0,57	0,18
	0,4	0,71	0,37	0,29	0,16	0,51	0,18
	0,3	0,69	0,35	0,26	0,14	0,45	0,18
16	0,9	0,67	0,32	0,23	0,06	0,40	0,18
	0,8	0,68	0,38	0,27	0,10	0,52	0,18
	0,7	0,67	0,33	0,24	0,12	0,47	0,18
	0,6	0,57	0,27	0,22	0,10	0,42	0,18
	0,5	0,49	0,20	0,13	0,08	0,33	0,18
14	0,8	0,40	0,10	0,04	0,05	0,23	0,18

Hs [m]	Tp [s]	Reacción Máxima en Defensas [Ton]								
		Defensa 1	Defensa 2	Defensa 3	Defensa 4	Defensa 5	Defensa 6	Defensa 7	Defensa 8	Defensa 9
22	0,5	115,49	67,95	55,15	43,87	39,45	44,13	50,66	84,55	106,78
	0,4	114,96	59,43	50,00	38,18	35,45	40,81	54,63	85,98	107,55
	0,3	103,43	52,04	39,42	35,23	33,90	36,67	47,16	77,91	97,08
	0,2	89,43	44,55	32,77	31,36	30,91	33,13	44,76	74,73	93,47
20	0,7	119,94	61,46	48,13	41,91	49,97	58,34	64,63	87,46	108,01
	0,6	122,27	61,00	55,05	49,28	47,07	54,94	60,05	84,09	106,00
	0,5	118,93	56,95	48,36	41,89	44,81	48,50	52,36	82,37	103,33
	0,4	106,75	53,39	41,60	39,43	38,85	40,50	48,55	77,26	97,33
	0,3	103,36	49,44	39,29	34,21	32,10	35,21	41,16	68,34	87,92
	0,2	90,64	45,81	32,43	26,82	28,93	32,39	39,87	69,50	86,87
18	0,8	133,04	72,11	62,96	54,31	56,11	61,73	66,80	105,13	126,56
	0,7	133,34	71,70	52,44	46,22	47,96	61,43	71,76	101,81	121,45
	0,6	124,31	63,33	49,49	45,67	48,04	51,70	60,82	98,31	118,57
	0,5	105,19	57,66	52,39	48,91	47,35	47,51	51,97	83,78	109,10
	0,4	95,71	53,05	40,72	37,64	39,02	42,31	45,68	72,88	96,19
	0,3	105,08	45,78	31,31	31,08	31,96	32,84	35,50	67,60	88,93
16	0,9	97,27	44,08	30,67	26,29	28,68	30,30	33,99	63,64	87,45
	0,8	94,85	51,62	34,38	34,22	36,11	38,46	41,40	62,45	85,04
	0,7	90,26	48,07	32,75	28,99	29,43	29,86	29,86	62,91	83,24
	0,6	84,21	43,46	30,57	25,39	23,13	24,08	27,84	54,46	69,37
	0,5	75,79	39,12	27,51	22,85	20,82	21,67	25,05	49,01	62,44
14	0,8	68,21	35,21	24,76	20,56	18,74	19,51	22,55	44,11	56,19



Hs [m]	Tp [s]	Tensión Máxima en Espías de Amarre [Ton]					
		Largo Proa	Traves 1	Spring 1	Spring 2	Traves 2	Largo Popa
22	0,5	41,62	39,88	37,18	37,26	55,95	43,78
	0,4	41,97	40,35	37,41	35,05	52,32	42,44
	0,3	39,01	35,89	31,63	31,09	46,94	40,71
	0,2	35,59	30,62	25,35	28,71	40,78	38,63
20	0,7	42,72	41,21	38,92	50,60	56,10	46,99
	0,6	41,73	40,04	39,69	48,89	52,32	45,74
	0,5	40,57	39,30	38,06	48,71	51,17	44,27
	0,4	39,32	37,13	33,34	43,70	48,02	41,21
	0,3	36,31	31,80	28,76	36,58	44,63	39,28
	0,2	35,31	30,08	25,31	27,68	39,96	37,89
18	0,8	41,22	40,16	45,67	60,91	66,20	52,61
	0,7	39,94	42,32	36,03	58,85	62,78	51,27
	0,6	40,50	39,08	38,16	50,52	53,70	47,16
	0,5	37,29	34,17	31,58	39,11	46,27	42,17
	0,4	36,86	32,74	32,23	36,48	48,21	41,04
	0,3	36,12	31,65	30,43	30,44	39,34	37,55
16	0,9	35,10	29,90	24,53	29,49	37,56	36,80
	0,8	37,44	33,24	30,75	31,93	35,66	37,26
	0,7	35,90	30,77	26,67	28,30	34,00	35,71
	0,6	34,43	28,63	23,07	25,99	32,85	34,84
	0,5	31,69	25,81	18,76	22,23	32,00	33,96
14	0,8	28,52	21,25	16,23	18,65	31,00	31,83



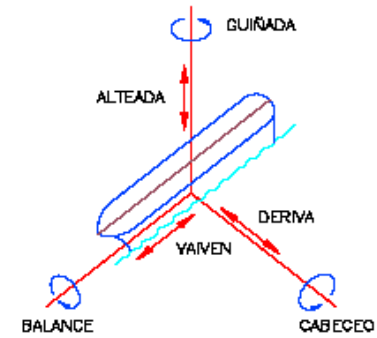
### CASO C

Carga Mínima Nave Granelera LOA 180 m

Ola : Frontal a la Nave 310° NW

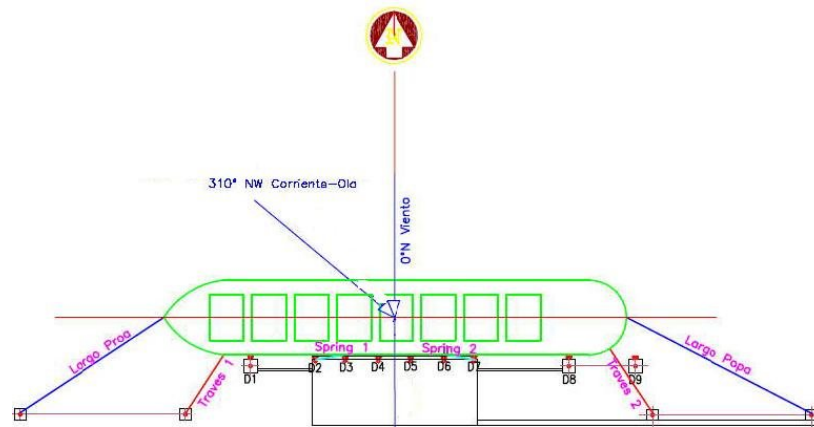
Viento : Perpendicular a la Nave en Dirección al Sitio 0° N

Corriente : Frontal a la Nave 310° NW

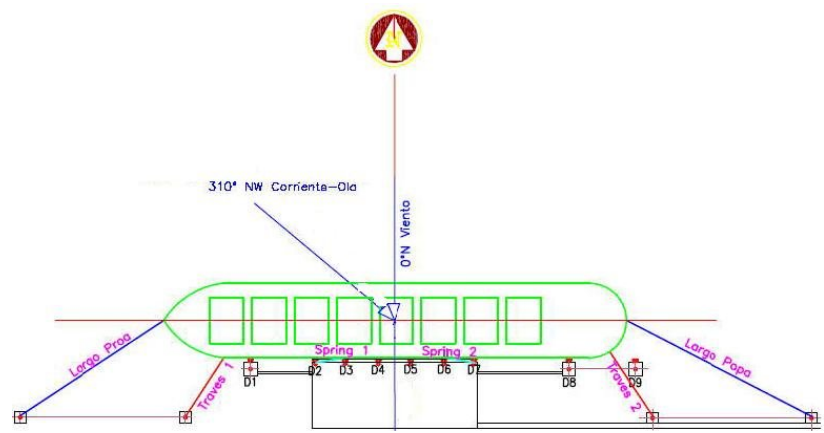


Hs [m]	Tp [s]	Movimientos del Centro Gravedad de la Nave					
		Surge [m]	Sway [m]	Heave [m]	Roll [°]	Pitch [°]	Yaw [°]
22	0,5	0,68	0,31	0,26	0,24	0,39	0,18
	0,4	0,66	0,27	0,24	0,20	0,34	0,18
	0,3	0,66	0,23	0,20	0,14	0,29	0,18
	0,2	0,52	0,14	0,17	0,09	0,24	0,18
20	0,7	0,73	0,51	0,36	0,23	0,65	0,18
	0,6	0,71	0,44	0,34	0,20	0,54	0,18
	0,5	0,70	0,36	0,30	0,17	0,49	0,18
	0,4	0,67	0,29	0,27	0,20	0,44	0,18
	0,3	0,66	0,24	0,24	0,14	0,38	0,18
	0,2	0,56	0,22	0,20	0,09	0,32	0,18
18	0,8	0,76	0,65	0,39	0,20	0,66	0,18
	0,7	0,75	0,58	0,36	0,19	0,65	0,18
	0,6	0,71	0,56	0,34	0,20	0,65	0,18
	0,5	0,70	0,46	0,31	0,17	0,55	0,18
	0,4	0,69	0,36	0,28	0,16	0,49	0,18
	0,3	0,66	0,34	0,25	0,14	0,44	0,18
16	0,9	0,65	0,31	0,22	0,06	0,38	0,18
	0,8	0,66	0,37	0,26	0,10	0,51	0,18
	0,7	0,65	0,32	0,24	0,12	0,45	0,18
	0,6	0,55	0,26	0,21	0,09	0,41	0,18
	0,5	0,47	0,19	0,13	0,08	0,32	0,18
14	0,8	0,39	0,10	0,04	0,05	0,22	0,18

Hs [m]	Tp [s]	Reacción Máxima en Defensas [Ton]								
		Defensa 1	Defensa 2	Defensa 3	Defensa 4	Defensa 5	Defensa 6	Defensa 7	Defensa 8	Defensa 9
22	0,5	111,51	65,61	53,25	42,36	38,09	42,60	48,91	81,64	103,09
	0,4	110,99	57,38	48,27	36,87	34,23	39,40	52,75	83,02	103,84
	0,3	99,86	50,25	38,06	34,01	32,73	35,41	45,53	75,22	93,73
	0,2	86,34	43,02	31,64	30,28	29,84	31,99	43,22	72,15	90,24
20	0,7	115,80	59,34	46,47	40,47	48,24	56,33	62,40	84,44	104,28
	0,6	118,05	58,89	53,15	47,58	45,44	53,04	57,98	81,19	102,35
	0,5	114,82	54,99	46,70	40,45	43,27	46,83	50,56	79,53	99,76
	0,4	103,07	51,55	40,17	38,07	37,51	39,10	46,88	74,59	93,97
	0,3	99,80	47,73	37,93	33,03	30,99	33,99	39,74	65,99	84,89
	0,2	87,51	44,23	31,31	25,89	27,93	31,27	38,50	67,10	83,87
18	0,8	128,45	69,62	60,79	52,44	54,18	59,60	64,49	101,50	122,19
	0,7	128,74	69,23	50,63	44,62	46,31	59,31	69,29	98,30	117,26
	0,6	120,02	61,14	47,78	44,09	46,38	49,92	58,72	94,92	114,48
	0,5	101,56	55,67	50,58	47,23	45,72	45,88	50,18	80,89	105,34
	0,4	92,41	51,22	39,32	36,34	37,68	40,85	44,10	70,37	92,88
	0,3	101,46	44,20	30,23	30,01	30,86	31,71	34,28	65,27	85,86
16	0,9	93,92	42,56	29,61	25,38	27,69	29,25	32,82	61,45	84,44
	0,8	91,57	49,84	33,20	33,04	34,87	37,13	39,97	60,29	82,11
	0,7	87,15	46,41	31,62	27,99	28,41	28,83	28,83	60,74	80,37
	0,6	81,31	41,97	29,52	24,51	22,34	23,25	26,88	52,58	66,98
	0,5	73,18	37,77	26,56	22,06	20,10	20,93	24,19	47,32	60,28
14	0,8	65,86	33,99	23,91	19,85	18,09	18,83	21,77	42,59	54,26



Hs [m]	Tp [s]	Tensión Máxima en Espías de Amarre [Ton]					
		Largo Proa	Traves 1	Spring 1	Spring 2	Traves 2	Largo Popa
22	0,5	40,19	38,51	35,90	35,98	54,02	42,27
	0,4	40,53	38,96	36,12	33,84	50,52	40,98
	0,3	37,66	34,65	30,54	30,02	45,33	39,31
	0,2	34,36	29,56	24,47	27,72	39,38	37,30
20	0,7	41,25	39,78	37,57	48,85	54,16	45,37
	0,6	40,29	38,66	38,33	47,21	50,51	44,16
	0,5	39,17	37,94	36,75	47,03	49,41	42,75
	0,4	37,97	35,85	32,19	42,19	46,37	39,78
	0,3	35,05	30,70	27,77	35,32	43,09	37,92
	0,2	34,09	29,04	24,43	26,73	38,58	36,58
18	0,8	39,80	38,78	44,10	58,81	63,91	50,79
	0,7	38,56	40,86	34,79	56,82	60,62	49,50
	0,6	39,10	37,74	36,84	48,78	51,85	45,53
	0,5	36,00	32,99	30,49	37,77	44,67	40,72
	0,4	35,59	31,61	31,12	35,23	46,55	39,62
	0,3	34,87	30,56	29,38	29,39	37,99	36,26
16	0,9	33,89	28,86	23,68	28,47	36,27	35,53
	0,8	36,15	32,09	29,69	30,83	34,43	35,97
	0,7	34,67	29,71	25,75	27,33	32,82	34,48
	0,6	33,24	27,65	22,28	25,09	31,71	33,63
	0,5	30,59	24,92	18,11	21,46	30,90	32,79
14	0,8	27,54	20,51	15,67	18,01	29,93	30,74



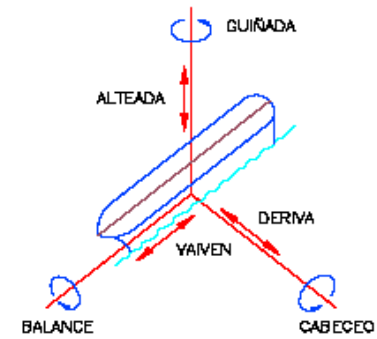
**CASO C'**

Carga Mínima Nave Granelera LOA 180 m

Ola : Frontal a la Nave 310° NW

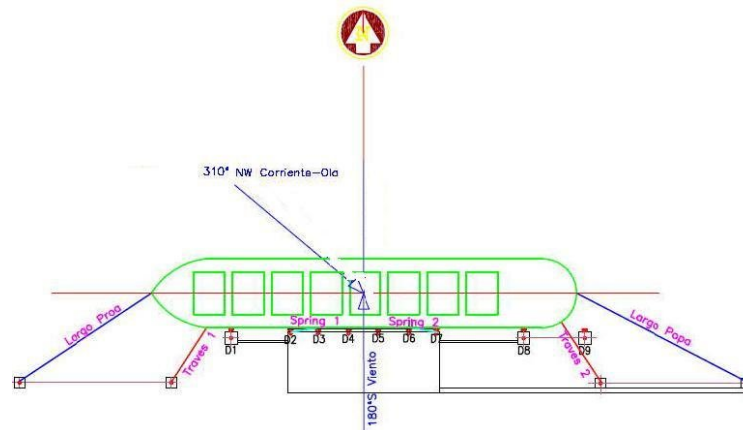
Viento : Perpendicular a la Nave en Dirección al Sitio 180° S

Corriente : Frontal a la Nave 310° NW



Hs [m]	Tp [s]	Movimientos del Centro Gravedad de la Nave					
		Surge [m]	Sway [m]	Heave [m]	Roll [°]	Pitch [°]	Yaw [°]
22	0,5	0,65	0,29	0,25	0,22	0,37	0,18
	0,4	0,63	0,26	0,22	0,19	0,32	0,18
	0,3	0,63	0,22	0,19	0,13	0,27	0,18
	0,2	0,49	0,13	0,16	0,08	0,23	0,18
20	0,7	0,69	0,49	0,35	0,22	0,62	0,18
	0,6	0,67	0,41	0,32	0,19	0,52	0,18
	0,5	0,67	0,34	0,29	0,16	0,46	0,18
	0,4	0,64	0,28	0,26	0,19	0,41	0,18
	0,3	0,63	0,23	0,22	0,13	0,36	0,18
	0,2	0,54	0,21	0,19	0,08	0,31	0,18
18	0,8	0,73	0,62	0,38	0,19	0,63	0,18
	0,7	0,71	0,55	0,35	0,18	0,62	0,18
	0,6	0,68	0,53	0,32	0,19	0,62	0,18
	0,5	0,67	0,44	0,29	0,16	0,52	0,18
	0,4	0,66	0,34	0,26	0,15	0,47	0,18
	0,3	0,63	0,32	0,24	0,13	0,41	0,18
16	0,9	0,62	0,29	0,21	0,06	0,36	0,18
	0,8	0,63	0,35	0,25	0,10	0,48	0,18
	0,7	0,62	0,31	0,22	0,11	0,43	0,18
	0,6	0,53	0,25	0,20	0,09	0,39	0,18
	0,5	0,45	0,18	0,12	0,07	0,30	0,18
14	0,8	0,37	0,10	0,04	0,05	0,21	0,18

Hs [m]	Tp [s]	Reacción Máxima en Defensas [Ton]								
		Defensa 1	Defensa 2	Defensa 3	Defensa 4	Defensa 5	Defensa 6	Defensa 7	Defensa 8	Defensa 9
22	0,5	106,20	62,48	50,72	40,34	36,27	40,58	46,58	77,75	98,19
	0,4	105,71	54,64	45,98	35,11	32,60	37,52	50,23	79,06	98,89
	0,3	95,11	47,86	36,25	32,39	31,17	33,72	43,36	71,64	89,27
	0,2	82,23	40,97	30,13	28,84	28,42	30,46	41,16	68,72	85,95
20	0,7	110,29	56,52	44,26	38,54	45,95	53,64	59,43	80,42	99,32
	0,6	112,43	56,09	50,62	45,31	43,28	50,52	55,22	77,32	97,47
	0,5	109,36	52,37	44,47	38,52	41,21	44,60	48,15	75,75	95,01
	0,4	98,16	49,09	38,26	36,26	35,72	37,24	44,64	71,04	89,50
	0,3	95,05	45,46	36,13	31,46	29,52	32,37	37,85	62,84	80,84
	0,2	83,34	42,13	29,82	24,66	26,60	29,78	36,66	63,91	79,88
18	0,8	122,34	66,30	57,90	49,94	51,60	56,77	61,42	96,67	116,37
	0,7	122,61	65,93	48,22	42,50	44,10	56,49	65,99	93,62	111,67
	0,6	114,31	58,23	45,51	41,99	44,17	47,54	55,92	90,40	109,03
	0,5	96,72	53,02	48,17	44,98	43,54	43,69	47,79	77,04	100,32
	0,4	88,01	48,79	37,45	34,61	35,88	38,91	42,00	67,02	88,45
	0,3	96,63	42,10	28,79	28,58	29,39	30,20	32,65	62,16	81,77
16	0,9	89,45	40,54	28,20	24,17	26,37	27,86	31,26	58,52	80,42
	0,8	87,21	47,47	31,61	31,47	33,21	35,37	38,07	57,42	78,20
	0,7	83,00	44,20	30,12	26,66	27,06	27,46	27,46	57,84	76,54
	0,6	77,44	39,97	28,11	23,34	21,27	22,14	25,60	50,08	63,79
	0,5	69,69	35,97	25,30	21,01	19,15	19,93	23,04	45,07	57,41
14	0,8	62,72	32,37	22,77	18,91	17,23	17,94	20,73	40,56	51,67



Hs [m]	Tp [s]	Tensión Máxima en Espías de Amarre [Ton]					
		Largo Proa	Traves 1	Spring 1	Spring 2	Traves 2	Largo Popa
22	0,5	38,27	36,67	34,19	34,27	51,44	40,26
	0,4	38,60	37,10	34,40	32,23	48,11	39,02
	0,3	35,87	33,00	29,09	28,59	43,17	37,44
	0,2	32,72	28,15	23,31	26,40	37,50	35,52
20	0,7	39,29	37,89	35,78	46,52	51,59	43,21
	0,6	38,37	36,82	36,50	44,96	48,11	42,06
	0,5	37,31	36,14	35,00	44,79	47,05	40,71
	0,4	36,16	34,14	30,66	40,18	44,16	37,89
	0,3	33,39	29,24	26,45	33,64	41,04	36,12
	0,2	32,47	27,66	23,27	25,46	36,74	34,84
18	0,8	37,90	36,93	42,00	56,01	60,87	48,37
	0,7	36,72	38,92	33,13	54,11	57,73	47,14
	0,6	37,24	35,94	35,09	46,45	49,38	43,36
	0,5	34,29	31,42	29,04	35,97	42,54	38,78
	0,4	33,90	30,11	29,64	33,55	44,33	37,73
	0,3	33,21	29,10	27,98	27,99	36,18	34,53
16	0,9	32,28	27,49	22,56	27,12	34,54	33,84
	0,8	34,43	30,57	28,28	29,36	32,79	34,26
	0,7	33,01	28,29	24,52	26,03	31,26	32,84
	0,6	31,66	26,33	21,22	23,90	30,20	32,03
	0,5	29,14	23,74	17,25	20,44	29,42	31,22
14	0,8	26,22	19,54	14,92	17,15	28,50	29,27

