



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL OCEÁNICA

Memoria del proyecto para optar al Título de
Ingeniero Civil Oceánico

**“PROYECTO DE DRAGADO DE MANTENCIÓN, APLICADO
AL MUELLE DE LA COMPAÑÍA SIDERÚRGICA
HUACHIPATO.
BAHÍA DE SAN VICENTE, REGIÓN DEL BÍO BÍO. CHILE”**

Soledad Andrea Hidalgo Ávila.

Marzo 2012

**PROYECTO DE DRAGADO DE MANTENCIÓN, APLICADO AL MUELLE DE LA
COMPAÑÍA SIDERÚRGICA HUACHIPATO.
BAHÍA DE SAN VICENTE, REGIÓN DEL BÍO BÍO. CHILE**

Soledad Andrea Hidalgo Ávila.

COMISIÓN REVISORA

CALIFICACIONES

Nota

Firma

PROFESOR GUÍA

Sr. Cristian Flores

PROFESOR CO-GUÍA

Sr. Mauricio Reyes

PROFESOR INTEGRANTE

Sr. Felipe Caselli

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 del 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.

Cristian Flores

Profesor Guía

Soledad Hidalgo Ávila.

Alumna Memorista

AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer primero que todo a Dios, por brindarme todo lo que tengo y todo lo que soy.

Agradecer a la maravillosa familia que poseo, en especial a mis padres que me han apoyado incondicionalmente en todos los procesos de mi vida y en especial en este.

Agradecer a mi pololo, Carlos Banda, por su amor, confianza, compromiso comprensión y apoyo durante los años de universidad y en especial en este proceso de titulación.

Agradecer a mis amigos de Universidad, por ser parte de mi familia durante tantos años, de los cuales tengo los mejores recuerdos de estudios, compañía, compañerismo, apoyo incondicional en todo sentido. Agradezco que se haya creado la mejor amistad para el resto de mi vida. Daniela Arregui, Paz Caamaño, Pablo González, Claudio Benito y José Cisternas.

Agradecer a la empresa Desmar Ltda, por facilitar los datos oceanográficos y a la empresa Compañía Siderúrgica Huachipato por autorizar la utilización de los datos.

Agradecer a mi profesor guía, Cristian Flores, por su apoyo, comprensión y dedicación en este proceso, al aclarar mis dudas y darme fortalezas para seguir.

A mis profesores que me brindaron las herramientas para llegar a ser una profesional.

Agradecida de todas las personas, profesores, secretarias, bibliotecólogas, compañeros de carrera de cursos inferiores, entre otros, que me han apoyado cuando los he necesitado.

Soledad Hidalgo Ávila

DEDICATORIA

Dedicada a Dios.

*Dedicada a mis padres, Diego Hidalgo Morales y a mi madre Carmen Ávila Peña,
Quienes me han acompañado en todos los momentos importantes y por apoyarme
en el camino a mi futuro.*

Los amo demasiado.

CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	GENERALIDADES	1
1.2	DRAGADOS EN CHILE	1
2	MOTIVACIÓN Y OBJETIVOS	3
2.1	MOTIVACIÓN	3
2.1	OBJETIVO GENERAL	3
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
2.3	ALCANCES	4
3	PROYECTO DE DRAGADO	5
3.1	DEFINICIÓN E IMPORTANCIA DE DRAGADOS	5
3.2	CLASIFICACIÓN DE LAS OBRAS DE DRAGADO	6
3.3	CONDICIONES DE DISEÑO	6
3.3.1	Aspectos Oceanográficos	7
3.3.2	Aspectos Ambientales	8
3.3.3	Aspectos Geotécnicos	8
3.3.4	Aspectos Operacionales	9
3.4	SECTOR DE VERTIMIENTO	10
3.4.1	Vertimiento en Medio Marino	10
3.4.2	Vertimiento en Medio Terrestre	12
3.5	EQUIPO DE DRAGADOS	14
3.5.1	Dragas Mecánicas	14
3.5.2	Dragas Hidráulicas o Succión	17
3.6	COSTOS DE DRAGADOS	20
3.7	LEYES REGULADORAS	23
4	CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL ESTUDIO	25
4.1	DESCRIPCIÓN DE USOS DE LA BAHÍA	25
4.2	DEFINICIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL ESTUDIO	26
4.3	ANTECEDENTES AMBIENTALES DEL ÁREA DE ESTUDIO	27
4.3.1	Clima de Oleaje	28
4.3.2	Mareas	30
4.3.3	Vientos	32
4.4	CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE DRAGADOS	35
4.4.1	Batimetría	35
4.4.2	Corrientes	36
4.4.3	Sedimentos	40

4.5	CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE VERTIMIENTO.....	45
4.5.1	Corrientes Lagrangeanas Sicigia y Cuadratura.....	45
4.5.2	Análisis Toxicológico de la Zona de Vertimiento.....	47
4.5.3	Velocidad de Asentamiento y Tiempo de Llegada al Fondo del Sedimento.....	48
4.6	FUNCIONAMIENTO MORFODINÁMICO.....	48
4.6.1	Clasificación de la Bahía.....	48
4.6.2	Fuentes de Sedimentos.....	49
4.7	TRANSPORTE DE SEDIMENTOS.....	52
4.7.1	Corrientes Oceánicas.....	53
4.7.2	Oleaje.....	56
4.7.3	Corriente Litoral.....	56
4.7.4	Acciones de las Hélices de los Barcos.....	58
4.7.5	Comentarios.....	58
4.8	ESTIMACIÓN DE TASA DE EMBANQUE.....	59
5	DISEÑO DE DRAGADOS.....	60
5.1	DESCRIPCIÓN DEL MUELLE.....	60
5.1.1	Descripción de Maniobra del Muelle.....	61
5.2	PARÁMETRO DE DISEÑO DEL DRAGADO.....	62
5.2.1	Buque de Diseño.....	62
5.2.2	Condiciones de Diseño.....	63
5.2.3	Vida Útil.....	64
5.3	ACCIONES EXTERNAS SOBRE EL BUQUE.....	65
5.3.1	Acción y Efectos del Viento.....	66
5.3.2	Acción y Efecto de la Corriente.....	67
5.3.3	Acción y Efecto del Oleaje.....	69
5.4	REQUERIMIENTO DE ALZADO.....	71
5.4.1	Factores Relacionados con El Buque [H1].....	72
5.4.2	Factores Relacionados con Nivel de las Aguas [H2].....	78
5.4.3	Factores Relacionados con el Fondo [H3].....	78
5.4.4	Comprobación de los requerimientos de alzado.....	79
5.4.5	Criterios de Alzado determinados por PIANC y DIRECTERMAR.....	80
5.5	REQUERIMIENTOS EN PLANTA.....	81
5.6	TALUDES DE DRAGADOS.....	82
5.7	ESTABILIDAD DEL MUELLE.....	83
5.8	VOLUMEN DE DRAGADO.....	84
5.9	LUGAR DE VERTIMIENTO.....	84
5.10	ELECCIÓN TIPO DE DRAGA.....	86

5.10.1	Draga Royal Boskalis Westminster nv.....	86
5.10.2	Draga Barent Zanen	87
5.10.3	Draga Ernesto Pinto	88
6	COSTOS DE DRAGADOS.....	89
7	LEYES REGULADORAS	90
8	COMPARACIÓN DEL DISEÑO DEL DRAGADO.....	92
8.1	PROYECTO REAL	92
8.2	DISEÑO DE DRAGADO REALIZADO EN PROYECTO DE TÍTULO	94
8.3	COMPARACIÓN.....	95
9	CONCLUSIONES.....	96
10	DISCUSIONES Y RECOMENDACIONES	98
11	REFERENCIAS.....	100
12	ANEXOS	103
12.1	ANEXO A: CONDICIONES DEL MEDIO EN EL ÁREA DE DRAGADOS Y VERTIMIENTOS	103
12.2	ANEXO B: ACCIONES EXTERNAS SOBRE EL BUQUE	113
12.3	ANEXO C: REQUERIMIENTOS DE ALZADO	120
12.4	ANEXO D: VOLUMEN DE DRAGADO	125
12.6	ANEXO E: REGISTROS DE DRAGADOS EN CHILE, 2002 – 2008	126
12.7	ANEXO F: PLANOS.....	127

LISTADO DE TABLAS

Tabla N° 3-1: Clasificación de obras de dragados	6
Tabla N° 3-2: Materiales a extraer asociados los equipos de dragados.....	9
Tabla N° 3-3: Límites máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua dentro y fuera de la Zona de Protección Litoral (ZPL).....	11
Tabla N° 3-4: Ventajas y desventajas de los sectores de vertederos en mar.	12
Tabla N° 3-5: Parámetros de residuos sólidos admitidos.....	13
Tabla N° 3-6: Ventajas y desventajas de los sectores de vertederos en tierra.	13
Tabla N° 3-7: Características de las dragas mecánicas.....	15
Tabla N° 3-8: Características de las dragas hidráulicas.....	18
Tabla N° 3-9: Resumen de costos de distintos tipos de dragas	21
Tabla N° 3-10: Resumen de dragados de mantención y profundización en Chile	22
Tabla N° 4-1: Niveles de mareas de la Bahía de San Vicente	31
Tabla N° 4-2: Frecuencias de las intensidades de vientos locales 26 de octubre 2005 al 20 de marzo 2006	33
Tabla N° 4-3: Valores de intensidades promedios y máximos [m/s] de vientos locales	34
Tabla N° 4-4: Parámetros estadísticos corrientes eulerianas.....	37
Tabla N° 4-5: Resumen corrientes en el sector del muelle	39
Tabla N° 4-6: Resumen de las trayectorias de manchas de rodamina	46
Tabla N° 4-7: Caudales máximos medios diarios y caudales máximos instantáneos	50
Tabla N° 4-8: Periodos de retorno de caudales del río Bío Bío	50
Tabla N° 4-9: Caudales de diseño y caudales de de operación, registro año 2006	51
Tabla N° 5-1: Características del muelle CSH	61
Tabla N° 5-2: Dimensiones medias de buques a plena carga, sitio norte y sur del muelle	62
Tabla N° 5-3: Resumen de las condiciones de diseño.....	63
Tabla N° 5-4: Fuerzas resultantes de las presiones del viento sobre el buque.....	67
Tabla N° 5-5: Fuerzas resultantes de las presiones de la corriente sobre el buque	69
Tabla N° 5-6: Fuerzas resultantes de las presiones del oleaje sobre el buque.....	70
Tabla N° 5-7: Movimientos verticales del buque por efecto del buque.....	74
Tabla N° 5-8: Parámetros de resguardos para seguridad [v_{sm}] y [v_{sd}].....	77
Tabla N° 5-9: Taludes de dragados	82
Tabla N° 6-1: Resumen de costos de dragados para volumen de 179.800 [m^3].....	89
Tabla N° 8-1: Volumen [m^3] de dragado para ambos sitios proyecto real	93
Tabla N° 8-2: Comparación de proyectos de dragados.....	95

LISTADOS DE FIGURAS

Figura N° 1-1: Bahía de San Vicente	2
Figura N° 3-1: Clasificación del equipo de dragas	14
Figura N° 3-2: Dragalina.....	16
Figura N° 3-3: Draga cuchara y tipos de cucharas.....	16
Figura N° 3-4: Dragas de pala accionada por cables o con accionamiento hidráulico	16
Figura N° 3-5: Draga de succión en marcha	19
Figura N° 3-6: Draga estacionaria con cortador	19
Figura N° 3-7: Draga Dustpan.....	20
Figura N° 4-1: Descripción de usos del borde costero	26
Figura N° 4-2: Sector de dragado y de vertimiento	27
Figura N° 4-3: Esquema de condiciones del medio	28
Figura N° 4-4: Rosa de altura de oleaje operacional.....	29
Figura N° 4-5: Batimetría Bahía San Vicente	36
Figura N° 4-6: Dinámicas corrientes Bahía San Vicente	37

Figura N° 4-7: Posición aproximada de las muestras de granulometría, muelle CSH.....	41
Figura N° 4-8: Imagen en planta de los perfiles estratigráficos	43
Figura N° 4-9: Lugar de vertimiento	45
Figura N° 4-10: Bahía de San Vicente	49
Figura N° 4-11: Posibles fuentes de sedimentación.....	49
Figura N° 4-12: Posibles direcciones de transporte de sedimentos	52
Figura N° 4-13: Cambios morfológicos de la bahía, año 1942.....	57
Figura N° 4-14: Cambios morfológicos de la bahía, año 2010	58
Figura N° 5-1: Plano transversal del muelle.....	61
Figura N° 5-2: Visualización de las incidencias de oleaje, vientos y corrientes.....	64
Figura N° 5-3: Movimientos del buque	65
Figura N° 5-4: Esfuerzos resultantes de las presiones del viento sobre los buques	66
Figura N° 5-5: Fuerzas resultantes de las presiones del corrientes sobre los buques	67
Figura N° 5-6: Fuerzas resultantes de las fuerzas debidas al oleaje.....	69
Figura N° 5-7: Factores que intervienen en la determinación de la profundidad.....	71
Figura N° 5-8: Esquema de equilibrio de fuerzas del viento actuando sobre el buque.....	75
Figura N° 5-9: Esquema de equilibrio de fuerzas actuando sobre el buque.....	76
Figura N° 5-10: Ubicación del sector de vertimiento	85
Figura N° 5-11: Royal Boskalis Westminster nv	87
Figura N° 5-12: Draga Barent Zanen.....	88
Figura N° 5-13: Draga Ernesto Pinto.....	89
Figura N° 8-1: Mapa de ubicación y el detalle del área de dragado	93

LISTADOS DE GRÁFICOS

Gráfico N° 3-1: Resumen de costos según tipo de dragado	22
Gráfico N° 4-1: Probabilidad de excedencia de hm [m].....	30
Gráfico N° 4-2: Registro del nivel de marea Bahía San Vicente, agosto 2007- SVTI.....	31
Gráfico N° 4-3: Niveles de marea de Bahía San Vicente	32
Gráfico N° 4-4: Rosa de vientos locales	34
Gráfico N° 4-5: Probabilidad de excedencia de las intensidades de vientos locales	35
Gráfico N° 4-6: Diagramas de trayectorias de los derivadores superficiales	38
Gráfico N° 4-7: Diagramas de trayectorias de los derivadores superficiales	39
Gráfico N° 4-8: Probabilidad de excedencia de corrientes eulerianas en el muelle	40
Gráfico N° 4-9: Distribución de % en peso de tamaños de granos.....	42
Gráfico N° 4-10: Diagramas de trayectorias de las manchas de rodamina	46

RESUMEN

El presente documento, denominado “Proyecto de Dragado de Mantenición, Aplicado al Muelle de la Compañía Siderúrgica Huachipato, Bahía de San Vicente, Región del BioBío”, tiene por objetivo comparar el proyecto original de la empresa, con el diseño propuesto en este proyecto de título.

Este proyecto de título realiza la comparación de los volúmenes y costos asociados de la obra de dragados a ejecutar en los sitios Norte y Sur del muelle.

Junto a lo anterior, el diseño propuesto se basa en las formulaciones presentes en las Recomendaciones de Obras Marítimas Españolas, en adelante ROM, además de la comparación de los resultados obtenidos de este estudio, con las estimaciones estándares de *Under Keel Clearance* (UKC), propuestos por el Permanent International Association of Navigation Congresses (PIANC) y la Dirección General de Territorio Marítimo y Marina Mercante (DIRECTEMAR).

Para llevar a cabo este Proyecto de Título, se utilizaron formulaciones empíricas expuestas por la ROM, de la cual se obtienen resultados de los requerimientos de alzado y de planta en la zona de atraque del buque, determinando los volúmenes a extraer.

Las formulaciones para la determinación de dragados presentadas por las ROM, se basan en la interacción entre el buque y las fuerzas externas sobre él. Estas fuerzas son generadas por oleaje, viento y corrientes, los que en conjunto provocan movimientos oscilatorios y rotarios en los tres ejes, los cuales influyen directamente en la determinación de los requerimientos de alzado del proyecto de dragado.

En el sector de emplazamiento del dragado, se identifican los aspectos oceanográficos, ambientales, geográficos y morfodinámico, con el fin de determinar el comportamiento del oleaje, corrientes, mareas, vientos y sedimentos de la bahía.

Aplicando las formulaciones para obtener la profundidad de dragado y comparando dicho resultado con el proyecto original se obtiene una diferencia de 0,7 [m], el cual según diseño propuesto corresponde al cálculo del valor del UKC.

Ahora bien, analizando el resultado obtenido anteriormente, este se compara con los criterios establecidos por el PIANC y la DIRECTEMAR, pudiendo deducirse que los UKC convergen a valores similares, cercanos a los 0,7 [m], tal cual se estimó en este estudio. Con ello se concluye que el valor se encuentra entre los rangos de las estimaciones estandarizadas.