



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Marítima Ciencias Biológicas Oceánicas y de Recursos Naturales

**“Diseño de un Convoy para el Dragado del Canal del Puerto de
Guayaquil”**

TESIS DE GRADO

Previa la obtención del Título de:

INGENIERO NAVAL

Presentado por:

Javier Eduardo Lavayen Saltos

Guayaquil-Ecuador

Año: 2012

AGRADECIMIENTO

Agradezco en mi primer lugar a Dios por haberme dado la vida, a mis padres Ángela Saltos y Hugo Lavayen por ser el pilar fundamental en mi desarrollo como ser humano y ser aquellos que me han apoyado siempre para llegar a ser quien soy; a mi Director de tesis, PhD. Washington Martínez, por su paciencia y por ser el guía en el desarrollo de este trabajo.

DEDICATORIA

A mi madre Ángela.

A mi padre Hugo.

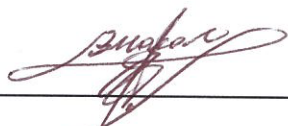
A mis hermanos Hugo y Gabriel.

A mis sobrinas Juliana e Isabella

A Patricia Toro.

Por su invaluable apoyo para
poder culminar esta etapa de mi
vida.

TRIBUNAL DE GRADO



Ing. Bolívar Vaca

PRESIDENTE



PhD. Washington Martínez

DIRECTOR DE TESIS



Ing. Alejandro Chanabá

MIEMBRO PRINCIPAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'Javier Lavayen S.', is written over a horizontal line.

Javier Eduardo Lavayen Saltos

RESUMEN

Guayaquil es el puerto principal del Ecuador, a través del cual se moviliza el 70% del comercio exterior que maneja el Sistema Portuario Nacional.

La historia del dragado del canal de acceso del Puerto de Guayaquil ha estado marcada por la inoperancia, es por esta razón que mediante el presente proyecto se pretende poner a disposición un convoy de barcazas el cual opere las 24 horas del día para aprovechar todos los recursos y tiempo disponible para así poder dragar el máximo volumen por día la cual se lo compara con la draga de succión en marcha “Francisco de Orellana” que es la que existe en la actualidad.

Por medio de la investigación y los cálculos se determina la capacidad de las barcazas, la draga estacionaria, el empujador que llevaría al convoy del lugar de dragado a la zona de depósito y viceversa con el número de convoyes

optimo para que se opere las 24 horas del día. De un análisis económico se logra determinar la rentabilidad de este proyecto si fuese puesto en marcha por la autoridad portuaria de Guayaquil; así como los cambios positivos que dicho proyecto generaría en el comercio exterior por la vía marítima.

INDICE GENERAL

RESUMEN	VI
ÍNDICE GENERAL.....	VII
ABREVIATURAS.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	X
ÍNDICE DE TABLAS.....	XII
INTRODUCCIÓN	XIV
CAPITULO 1.....	1
1.DESCRIPCION GENERAL.....	1
1.1 IMPORTANCIA Y JUSTIFICACION.....	1
1.2 DRAGADOS ANTERIORES.....	3
CAPITULO 2.....	7
2. PUERTO MARITIMO DE GUAYAQUIL	7
2.1 UBICACIÓN DEL PUERTO	8
2.1.1 INSTALACIONES.....	8
2.1.2 CANAL DE ACCESO.....	9
2.1.3 ZONA DE DEPÓSITO	9
2.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS INSTALACIONES PORTUARIAS.....	12
2.3 ESTADISTICAS PORTUARIAS	15
2.4 ZONA DEL CANAL DE ACCESO	18

2.4.1 CARACTERISTICAS GENERALES	23
2.4.2 ZONAS CRÍTICAS	24
2.4.3 VOLUMENES DE DRAGADO	28
CAPITULO 3.....	33
3. DISEÑO DE ALTERNATIVAS	33
3.1 DRAGA DE SUCCIÓN EN MARCHA	36
3.1.1 CARACTERÍSTICAS DE LA DRAGA DE SUCCION EN MARCHA	36
3.1.2 CÁLCULOS PARA DRAGA DE SUCCIÓN EN MARCHA.....	38
3.2 CONVOY.....	45
3.3 DRAGA ESTACIONARIA	57
3.4 BARCAZAS.....	62
3.4.2 CALCULO DEL FRANCOBORDO	67
3.4.3 ESCANTILLONADO	70
3.5 REMOLCADOR.....	81
3.6 RESUMEN DE LAS CARACTERISTICAS DEL CONVOY	87
CAPITULO 4.....	90
4. ANALISIS ECONÓMICO	90
4.1 MODELO DE ANALISIS.....	90
4.2 DRAGA DE SUCCIÓN EN MARCHA	96
4.3 CONVOY.....	101
4.3.1 CÁLCULO DE LOS COSTOS DE LA DRAGA ESTACIONARIA..	101
4.3.2 CÁLCULOS DE LOS COSTOS DEL EMPUJADOR	107
4.3.3 CÁLCULO DE LOS COSTOS DE LAS BARCAZAS	113
4.4 RESUMEN DE COSTOS.....	119
4.4.1 DRAGA DE SUCCION EN MARCHA.....	120
4.4.2 CONVOY.....	121
4.5 COMPARACION DE RESULTADOS DE COSTOS.....	122

CONCLUSIONES.....	125
RECOMENDACIONES	127
ANEXOS	128
BIBLIOGRAFIA	130

ABREVIATURAS

A	anualidad	η_d	Eficiencia propulsiva
B	manga	Nt	Número de tripulantes a
C	costo del buque	bordo	
Cb	Coeficiente de bloque	L	eslora
Ct	Costo de tripulación	Pe	Potencia efectiva
D	puntal	Pd	Potencia absorbida por
Fs	Factor de seguridad	la hélice	
Hr	horas	R	resistencia
i%	tasa anual de interés	S	espaciamiento entre
Km	Kilómetros	cuadernas	
M	metros	SM	modulo seccional
mm	milímetros	T	calado
n	vida del buque	Ton	toneladas
		V	velocidad

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1.1.- Puerto de Guayaquil.....	3
Fig. 2.1.2.- Zona de Depósito	11
Fig. 2.3.1.- Estadísticas de Buques en el Canal	16
Fig. 2.4.1.- Sistema B	20
Fig. 2.4.2.- Sistema de boyado A y B	21
Fig. 2.4.3.- Canal de Acceso al Puerto de Guayaquil (boya#1 – boya# 81)	22
Fig. 2.4.4.- Sector#3(boya #36-#54).....	25
Fig. 2.4.5.- Sector#4(boya #57-#67).....	27
Fig. 2.4.6.- Sector#5(boya #69-#81).....	28
Fig. 3.1.1.- Dragas en Succión en Marcha	34
Fig. 3.1.3.- Dragas Francisco de Orellana	36
Fig. 3.2.1.- Sector #3 (3 convoyes).....	54
Fig. 3.2.2.- Sector #4 (3 convoyes).....	55
Fig. 3.2.3.- Sector #5 (3 convoyes).....	56
Fig.3.3.1.- Dragas Estacionarias.....	59
Fig. 3.3.2.- Dragas Estacionarias 120407-DH.....	60
Fig. 3.3.3.- Plano Líneas de Formas	64
Fig. 3.4.1.- Curvas Hidrostáticas Barcaza	66
Fig. 3.4.1.- Plano Estructural	80
Fig. 3.5.1.- Remolcador	82

Fig. 3.6.- Empujador	86
Fig. 3.6.1.- Flujo convoy de barcazas.....	88
Fig. 4.2.4.- Costo de capital, operación y viaje succión en marcha	101
Fig. 4.3.1.1.- Costo de capital, operación y viaje draga estacionaria.....	107
Fig. 4.3.2.1.- Costo de capital, operación y viaje empujador	113

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.3.2.- Estadísticas Portuarias.....	17
Tabla 2.4.2.- Zonas Críticas Boya: 37-54	25
Tabla 2.4.3 - Zonas Críticas Boya: 57-67	26
Tabla 2.4.4.- Zonas Críticas Boya: 69-80	27
Tabla 3.1.1.- Resumen Draga Francisco de Orellana.....	44
Tabla 3.2.1.- Resumen del Convoy de Barcazas	52
Tabla 3.3.1.- Especificaciones Técnicas.....	61
Tabla 3.4.1.- Curvas Hidrostáticas Barcaza	65
Tabla 3.4.2.- Dimensiones usadas en Cálculo del Francobordo	67
Tabla 3.4.3.- Francobordo tabular (reglas de líneas de carga).....	68
Tabla 3.4.4.- Características Principales	71
Tabla 3.4.5.- Módulo seccional para el refuerzo longitudinal de fondo.....	75
Tabla 3.4.6.- Módulo seccional para el refuerzo longitudinal de costado.....	75
Tabla 3.4.7.- Módulo seccional para las cuadernas	76
Tabla 3.5.1.- Resultados del Empujador a velocidad de 10 nudos	84
Tabla 3.5.3.- Especificaciones técnicas empujador	86
Tabla 3.5.4.- Características principales del empujador.....	87
Tabla 4.2.1.- Costo de capital succión en marcha.....	96
Tabla 4.2.2.- Costo de tripulación draga succión en marcha	97

Tabla 4.2.3.- Costo de operación draga succión en marcha.....	98
Tabla 4.2.4.- Costo de combustible draga succión en marcha.....	99
Tabla 4.2.5.- Costo de viaje draga succión en marcha.....	99
Tabla 4.2.4.1.- Costo total anual draga succión en marcha.....	100
Tabla 4.3.1.1.- Costo de capital draga estacionaria	102
Tabla 4.3.1.2.- Costo de tripulación draga estacionaria	103
Tabla 4.3.1.3.- Costo de operación draga estacionaria	104
Tabla 4.3.1.4.- Costo de combustible draga estacionaria	105
Tabla 4.3.1.6.- Costo total anual draga estacionaria.....	106
Tabla 4.3.2.1.- Costo capital empujador	108
Tabla 4.3.2.2.- Costo de tripulación empujador	109
Tabla 4.3.2.3.- Costo de operación empujador.....	110
Tabla 4.3.2.4.- Costo de combustible empujador	111
Tabla 4.3.2.6.- Costo total anual empujador	112
Tabla 4.3.3.1- Peso total barcaza	114
Tabla 4.3.3.2- Costo estructural barcaza	114
Tabla 4.3.3.4.- Costo de protección de casco.....	116
Tabla 4.3.3.5.- Costo total barcaza.....	117
Tabla 4.3.3.6.- Costo capital barcasas	118
Tabla 4.4.1.- Costo anual Dragas succión en marcha	121
Tabla 4.4.2.- Costo anual convoy	121
Tabla 4.5.1.- Comparación de costos anuales.....	122
Tabla 4.5.2.- Comparación de costos anuales/m ³	123

INTRODUCCIÓN

Para empezar el estudio del dragado del puerto de Guayaquil primero se empieza por saber el proceso del dragado que es el siguiente:

El proceso de dragado está estructurado en dos pasos. El primero es la extracción de materiales del lugar o la sección previamente definida y el segundo es la disposición de los materiales en un sitio previamente seleccionado. Para realizar un proceso de dragado es necesario considerar las características físicas del lugar de dragado, el sitio de depósito, las propiedades físicas y químicas del material que se quiere extraer, la proporción del material, las particularidades del entorno, entre otras características.

Para el presente proyecto, se ha considerado también las experiencias previas de los diferentes dragados realizados en el canal de acceso y los métodos de depósito de los materiales. Con el fin de tener una mejor idea del proyecto de dragado, es necesario revisar rápidamente el proceso de sedimentación recurrente del canal de acceso y de los dragados realizados.

Previo al año 1960 el puerto marítimo de la ciudad funcionaba en lo que actualmente se conoce como malecón 2000. Las actividades comerciales atraían una gran cantidad de embarcaciones, que con el pasar del tiempo incrementaron su capacidad de carga y de calado.

Paralelamente, el río Guayas se veía afectado por la sedimentación, dificultándose el ingreso de las embarcaciones hasta el malecón. Por esa razón, en 1960 fue implementado el nuevo puerto de Guayaquil en la zona sur de la ciudad. El puerto toma como vía de acceso al Estero Salado, que es una ramificación del Golfo de Guayaquil y que corre paralelamente al cauce del Río Guayas. Seguida a la implementación del Puerto Marítimo, se realizó la construcción de las esclusas que sirvió como nexo entre el Estero Salado y el Río Guayas.

Para el ingreso a las nuevas instalaciones portuarias se construyó el canal de acceso con una profundidad aproximada de 9.76 m por debajo del datum de las cartas náuticas (MLWS). Para alcanzar la profundidad requerida para una navegación sin contratiempos, se recurrió al dragado inicial de algunas secciones del canal, sin embargo, debido al gran aporte de sedimentos del sector varias zonas fueron perdiendo paulatinamente profundidad. La única

vía para contrarrestar la sedimentación fue el dragado, por lo que en varias ocasiones se ha recurrido a este proceso.

En la actualidad, el canal de acceso se encuentra sedimentado en ciertos sectores, representando un problema para el tránsito fluvial, los buques de gran calado deben esperar la coincidencia de un ciclo de marea alta para su salida o entrada, esta situación incide en el aumento de los costos de fletes de los buques debido al incremento de los tiempos de espera.

Con lo que con el proyecto que se propone se lo analiza con las mismas características que existen en la actualidad en las zonas críticas que se necesitan dragar, en el que se requiere una profundidad mínima de 9.5m, con el fin de realizarlo en menos tiempo y a un menor costo que el que existe actualmente.

CAPITULO 1

1. DESCRIPCION GENERAL

1.1 IMPORTANCIA Y JUSTIFICACION

El proyecto se lleva a cabo con el fin de que se debe de dragar el puerto de Guayaquil para que los barcos principalmente portacontenedores puedan ingresar al puerto , para ello se debe de tener un dragado para que haya el calado necesario para dichas embarcaciones. Con esto se puede tener un gran flujo de buques en el cual ayudaría a mejorar la economía del país y a tener relaciones internacionales para el progreso y desarrollo tecnológico fluvial de todas las embarcaciones que hay a nivel mundial y aprovechar la zona estratégica en el cual estamos ubicados para las relaciones exteriores con el mundo.

OBJETIVO GENERAL:

Seleccionar un sistema de dragado económicamente conveniente para el canal de navegación del puerto de Guayaquil.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Determinar las características operacionales del sistema de dragado.
- Determinar las características de diseño del sistema actual y el convoy propuesto.
- Analizar los costos totales del sistema actual de dragado y del sistema de convoy propuesto.
- Comparación de los costos unitarios de cada sistema a fin de seleccionar la alternativa económicamente conveniente.
- Demostrar que con la misma inversión actual se puede obtener un mayor calado del canal de navegación a largo plazo.

Fig. 1.1.- Puerto de Guayaquil



1.2 DRAGADOS ANTERIORES

El canal de acceso al Puerto Marítimo de Guayaquil ha sido dragado en varias ocasiones. El primer dragado lo efectuó la Compañía CostainBlankevoorstentre los años 1961-62, se dragó desde la boya 33 a la 62 en una longitud aproximada de 25 Km. Esta zona se ve afectada por un gran proceso de sedimentación, debido a esto se observó que al cabo de 4 meses el canal había regresado a su estado natural de equilibrio.

Entre 1967-68, la compañía BAWER & C.O. ejecutó una nueva obra de dragado entre las boyas 32 y 51, en 1973 se observó nuevamente que el proceso de sedimentación era muy grande y debido a esto se perdió profundidad entre las boyas 32-33 y 36-38. La mayor parte del material desalojado en esta ocasión fue depositado en tierra.

La continua sedimentación del canal resultó finalmente en la adquisición de la draga de balde (tolva) de 600 m³ TIPUTINI. En 1974, esta draga comenzó un nuevo dragado en las secciones más críticas, el material desalojado fue depositado a una considerable distancia del canal de navegación con el objetivo de evitar que este material regrese a su antiguo cauce. Debido a la constante problemática de sedimentación en el Estero Salado, la Autoridad Portuaria contrató al INOCAR para realizar en 1984 los "Estudios Hidrográficos, Oceanográficos y Geológicos para Resolver los Problemas de Sedimentación en el Canal de Acceso al Puerto Marítimo de Guayaquil y en el área de la Esclusa (Río Guayas - Estero Cobina)". Los resultados de dicho estudio, indicaron que las dos principales causas de la sedimentación del canal de acceso eran las siguientes:

- La alteración de la profundidad natural o profundidad de equilibrio del Estero Salado debido a los trabajos de dragado para construir el canal de navegación.

- La reducción progresiva del área ocupada por las mareas.

En 1990 la Compañía DREDGING INTERNATIONAL fue contratada para realizar otro dragado. El material total extraído fue de 2'155.647,75 m³ en la barra interna, 314.931 m³ en la barra externa (boyas 9-12) y 341.721 m³ en el sector de los atracaderos, totalizando 2'812.299,75 m³.

Por otro lado, los estudios realizados hasta ahora por INOCAR, como los de 1984, 1998, 2001 y el actual, indican que en el canal de navegación se mantiene un proceso permanente de "dragado forzado". Esto es provocado por el paso de los buques que entran y salen del puerto, sobre todo cuando lo hacen sin beneficio de marea, ya que la quilla de las naves se hunde en el sedimento suave por lo menos en 1 metro de profundidad y esto promueve la mezcla de los sedimentos en el cuerpo de agua debido al movimiento de las hélices.

Los lodos provenientes del dragado de 1990 en la barra interna, se depositaron en cuatro lugares ubicados a los lados del canal de navegación; mientras que la arena de la barra externa se depositó hacia el sur de la Boya 13. El último dragado se realizó en el año 2003, la entidad encargada del proyecto fue el cuerpo de ingenieros del ejército estadounidense, la extracción se realizó entre las Boyas 37 y 66, el material dragado fue

colocado al oeste de la isla Puná. Luego de transcurridos varios años de la última obra, el dragado del canal de navegación es una necesidad que la Autoridad Portuaria de Guayaquil (APG), debe realizar en el corto plazo.[1]

CAPITULO 2

2. PUERTO MARITIMO DE GUAYAQUIL

FIG. 2.1.- ENTRADA AL PUERTO DE GUAYAQUIL



2.1 UBICACIÓN DEL PUERTO

2.1.1 Instalaciones

El puerto marítimo de Guayaquil está localizado en la costa occidental de América del Sur, en un brazo de mar, el Estero Salado, a diez kilómetros al sur del centro comercial de la ciudad del mismo nombre y cuya situación geográfica es la siguiente:

Latitud 2°16'51"S.

Longitud 79° 54' 49" O.

La ubicación privilegiada del puerto constituye un incentivo para la captación de tráficos de las rutas del lejano oriente y del continente americano, especialmente los relativos a la costa del Pacífico. Asimismo, está resulta altamente conveniente para la concentración de cargas latinoamericanas destinadas a cruzar el canal de Panamá con destino a la costa este del continente o hacia Europa y África.

El marco legal sobre el que desarrolla sus actividades, permite a las empresas privadas ejercer sin limitaciones la actividad portuaria. El Ecuador se encuentra inmerso en una exitosa acción de modernización tanto de puertos como de aduanas, generando un alto grado de confiabilidad para las inversiones que se realizan en el país.

El puerto de Guayaquil posee una infraestructura adecuada para el desarrollo del comercio internacional, para lo cual cuenta con medios óptimos para la ejecución de las operaciones. En el puerto se prestan todos los servicios requeridos por las naves y las mercaderías a través de operadores privados de alta especialización que, bajo la supervisión de la Autoridad Portuaria, actúan en libre competencia para satisfacer los requerimientos de los usuarios más exigentes, logrando alta eficiencia y reducción de costos.

2.1.2 Canal de acceso

El acceso al terminal portuario desde el mar se lo realiza a través de un brazo natural que al inicio se lo conoce como Canal del Morro, para luego denominárselo Estero Salado.

El canal se encuentra sujeto a la acción de las mareas, dos pleamares y dos bajamares diarias, que varían a lo largo del mismo y también de acuerdo a la época.

2.1.3 Zona de depósito

Se denomina depósito en campo abierto al que se efectúa en lugares sin ningún tipo de cerramiento en el interior del estuario, sea en canales

secundarios, depresiones profundas a corta distancia del eje del canal de dragado o en bajos de arena.

El depósito del material dragado en canales secundarios para el depósito de los materiales es conveniente cuando éstos se encuentran cerca del sitio de dragado y no son utilizados para la navegación ni para otra actividad que pueda verse afectada.

La alternativa de depositar material cerca del canal dragado, aguas bajo y en forma paralela a él, no debe realizarse en aguas muy dinámicas porque se corre el riesgo que los sedimentos retornen al canal por procesos de gravedad.

Cuando se deposita en bajos se debe considerar que la distancia no constituya una desventaja. Por lo que la zona deposito se va a localizar al sur de la boya #9 aproximadamente a 2 Km de distancia.[2]

Fig. 2.1.2.- Zona de Depósito



Fuente: INOCAR (Instituto Oceanográfico de la Armada)

2.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS INSTALACIONES PORTUARIAS

El puerto marítimo de Guayaquil tiene una infraestructura moderna que le permite brindar servicios a todo tipo de naves, así como manipular y almacenar contenedores o cualquier tipo de carga seca o refrigerada.

Las principales características del puerto son las siguientes:

- Área total del puerto: 200 hectáreas.
- Longitud total del área de los muelles: 1.625 metros.

Los muelles se distribuyen de la siguiente manera:

Carga General

- Número de atracaderos : 5 muelles
- Longitud total: 925 metros.
- Ancho del delantal del muelle: 30 metros.
- Bodegas de primera línea : 4
- Bodegas de segunda línea : 20
- Bodegas de carga peligrosa : 4

Terminal de Contenedores

- Número de atracaderos : 3 muelles
- Longitud total: 555 metros.
- Ancho del delantal de los muelles: 30 metros.

- Módulos de almacenamiento de contenedores : 4 para 7.500 teus
- Bodegas para consolidación y des consolidación de mercaderías: 3 de 7.200 m² c/u.
- Grúa de pórtico de 40 ton. : 1 grúa
- Terminales de contenedores : 2
- Transportadores de contenedores (Transtainer) : 2

Terminal de Carga a Granel

- Número de atracaderos : 1 muelle
- Longitud total: 155 metros.
- Bodega de almacenamiento: 1 (30.000 ton.)
- Número de silos: 3 de 6.000 ton. c/u.
- Sistema neumático para carga y descarga de graneles : 1

Carga líquida granel melaza

- Área de almacenaje : 4.278 m²
- Capacidad de almacenaje: 30.000 ton.
- Tanques metálicos de melaza: 3 con 3.200 tm c/u.

Aceites vegetales

- Capacidad de almacenaje: 240 ton.

MUELLES APG

FONDEADERO

Todas las embarcaciones que entran a este puerto ingresan a los muelles lo cual es coordinado con autoridad portuaria. Además existe un área de espera o área de cuarentena ubicada a la altura de la boya 68 donde se fondearán los buques mercantes en espera de muelle y de práctico.

Fondeaderos de Cuarentena.- Se ha designado como fondeadero de cuarentena el sector S. de la Isla Santa Ana, comprendido entre la boya No. 75 y la boya No. 69. Los sectores de fondeo quedan a criterio de los prácticos, de acuerdo a las necesidades o al orden de llegada de los buques para entrar a Puerto Marítimo.

Fondeadero de Explosivos.- Se usa como fondeadero de explosivos, la zona E. del canal desde la Boya No. 69 a la boya No. 67.

Los fondeaderos autorizados para el canal de acceso a Puerto Marítimo son:

Las inmediaciones de la Boya # 75 y el sector NW. De la Boya Z en el Estero Salado, para buques pequeños tipo B/T, buques pesqueros u otros

similares que lo solicitaren. El área comprendida entre la Boya # 72 hasta la Boya # 66, para naves mayores. El área de Posorja, donde se usarán los fondeaderos que se encuentran en las inmediaciones de la Boya # 17, para naves mayores. La Agencia Naviera de un buque que requiere fondeadero deberá solicitar con anterioridad a su arribo, la correspondiente autorización al Departamento de Operaciones, a fin de que se le asigne la zona de fondeo. Los capitanes de los buques no comenzarán la maniobra de fondeo hasta tanto no dispongan de la autorización.[3]

2.3 ESTADISTICAS PORTUARIAS

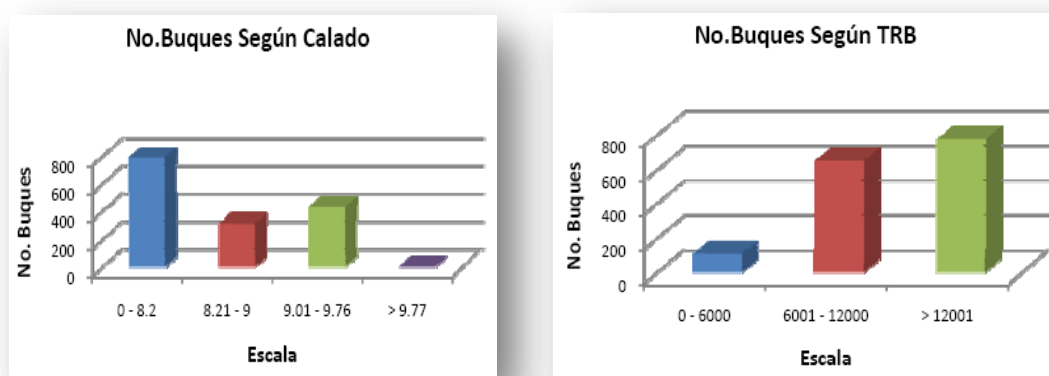
De acuerdo a estadísticas oficiales publicadas en el sitio web de Autoridad Portuaria de Guayaquil (APG), el movimiento de naves realizado a través del canal de acceso que se está dragando, en el período de Enero a Diciembre del 2009, alcanzó **3.333 buques**, de los cuales:

- 1.534 buques utilizaron los atracaderos de APG
- 872 buques fueron atendidos en muelles privados
- 898 buques fueron de cabotaje, y
- 29 buques permanecieron en fondeaderos.

Por otro lado, según las cifras estadísticas de la institución, al mes de enero del 2010, **307 buques** arribaron al Puerto Marítimo de Guayaquil en este período, de los cuales:

- 131 utilizaron los atracaderos de Autoridad Portuaria de Guayaquil.
- 80 atracaron en muelles privados.
- 4 estuvieron en fondeaderos, y
- 92 buques de cabotaje.

Fig. 2.3.1.- Estadísticas de Buques en el Canal



Fuente: Autoridad Portuaria de Guayaquil.

Se presentan a continuación unos datos estadísticos actuales que lo presenta la autoridad portuaria de Guayaquil (APG), en el que son el número de buques según el tipo de carga y promedio de horas/buque.[4]

Tabla 2.3.2.- Estadísticas Portuarias

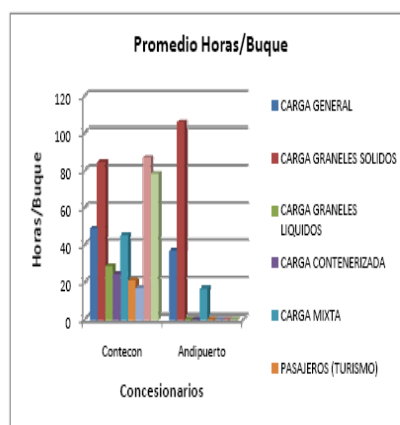
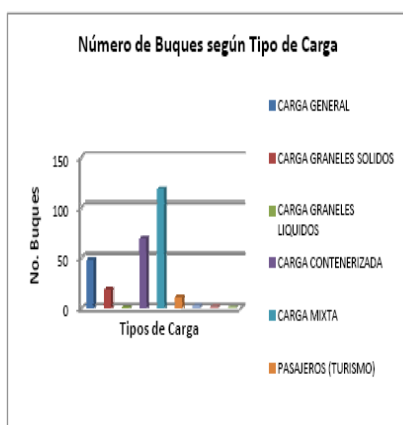
ESTADISTICAS PORTUARIAS



Número de Buques según Tipo de Carga y Promedio de Horas/Buque (Acumulado Enero-Marzo 2012)

Tipo de Carga	No. Buques	Promedio Horas/Buque		
		Contecon	Andipuerto	Total
1 CARGA GENERAL	48	48.25	36.54	47.13
2 CARGA GRANELES SOLIDOS	18	84.20	105.25	103.05
3 CARGA GRANELES LIQUIDOS	1	28.40	0.00	28.40
4 CARGA CONTENERIZADA	68	24.05	0.00	24.26
5 CARGA MIXTA	117	44.60	16.55	44.45
6 PASAJEROS (TURISMO)	10	21.02	0.00	21.02
7 CONTENERIZADA VACIA	3	17.12	0.00	17.12
8 INVESTIGACION CIENTIFICA	2	86.35	0.00	86.35
9 VISITA OFICIAL	1	78.20	0.00	78.20
TOTAL	268	39.10	85.50	43.08

* 20 Buques Compartidos en Muelles APG



Fuente: Autoridad Portuaria de Guayaquil.

2.4 ZONA DEL CANAL DE ACCESO

La obra de dragado consiste en extraer del fondo marino del canal de acceso a Puerto Marítimo de Guayaquil, que corresponde al sistema estuario del Estero Salado, a razón de una tasa promedio a ser dragada de aproximadamente 1.5 millones de metros cúbicos anuales de sedimentos, y transportarlos a la zona de depósito situada al oeste de la isla Puná, en un sitio formado por un círculo de una milla de diámetro, cuyo centro está en las coordenadas geográficas 2° 50' 30" de Latitud Sur, y 80° 16' 22" de Longitud Oeste.

El canal de navegación tiene aproximadamente 94 Km., desde la boya de mar hasta las instalaciones portuarias. La zona de mayor concentración del dragado comprende el sector comprendido entre las Boyas 33 a 67, que representan aproximadamente 33 Km, ya que el resto del canal tiene profundidades mayores que a la fecha no requieren ser dragadas.

El ancho en la base del canal de navegación es de 122 m. en los tramos rectos y de hasta 200 m en los sectores curvos. Su orientación se realiza con el apoyo de boyas instaladas a cada costado, en sitios estratégicos, así como otras ayudas a la navegación constituidas por enfiladas, balizas y faros. El eje de navegación está determinado en la Carta Náutica IOA 107

denominada “Golfo de Guayaquil Estero Salado-Río Guayas”, escala 1:100.000, proyección Mercator, Datum WGS 84, editada por el INOCAR en noviembre del 2007.

Para el diseño de las dos alternativas que son la que existe en la actualidad que es la draga de succión en marcha que sería la alternativa 1 y el convoy de barcas que sería la alternativa 2, para la cual se realiza un análisis del canal de acceso el cual está conformado por boyas y se la va a separar por sectores para analizar principalmente las zonas críticas por lo que queremos es tener como profundidad de 9.5 m para lo cual solo vamos a analizar las zonas donde la profundidad del canal sea menor o igual a 9.5 m de profundidad.

Para el volumen de dragado he dividido al canal de acceso al puerto de Guayaquil en 5 sectores desde la boya 14 hasta la boya 80, la que existen dos sistemas a lo largo del mundo el sistema A y el sistema B, el sistema A que es aplicado en Europa, África, Oceanía y Asia excluidos Japón, Corea y Filipinas. El sistema B aplicado en América del sur, central y norte además de los tres países asiáticos antes mencionados,

En el sistema A un buque que entra desde el mar hacia puerto haciendo uso de un canal de boyado debe dejar las boyas y marcas verdes por estribor (derecha).

En el sistema B es la inversa.

Con esto en el Ecuador se maneja el sistema B, por lo que los buques ingresarán por las boyas y marcas verdes por babor (izquierda).

Fig. 2.4.1.- Sistema B



Aquí se muestra la distribución mundial en el cual se ubican los dos sistemas existentes que son el A y el B para los canales de acceso a los puertos.[3]

Fig. 2.4.2.- Sistema de boyado A y B

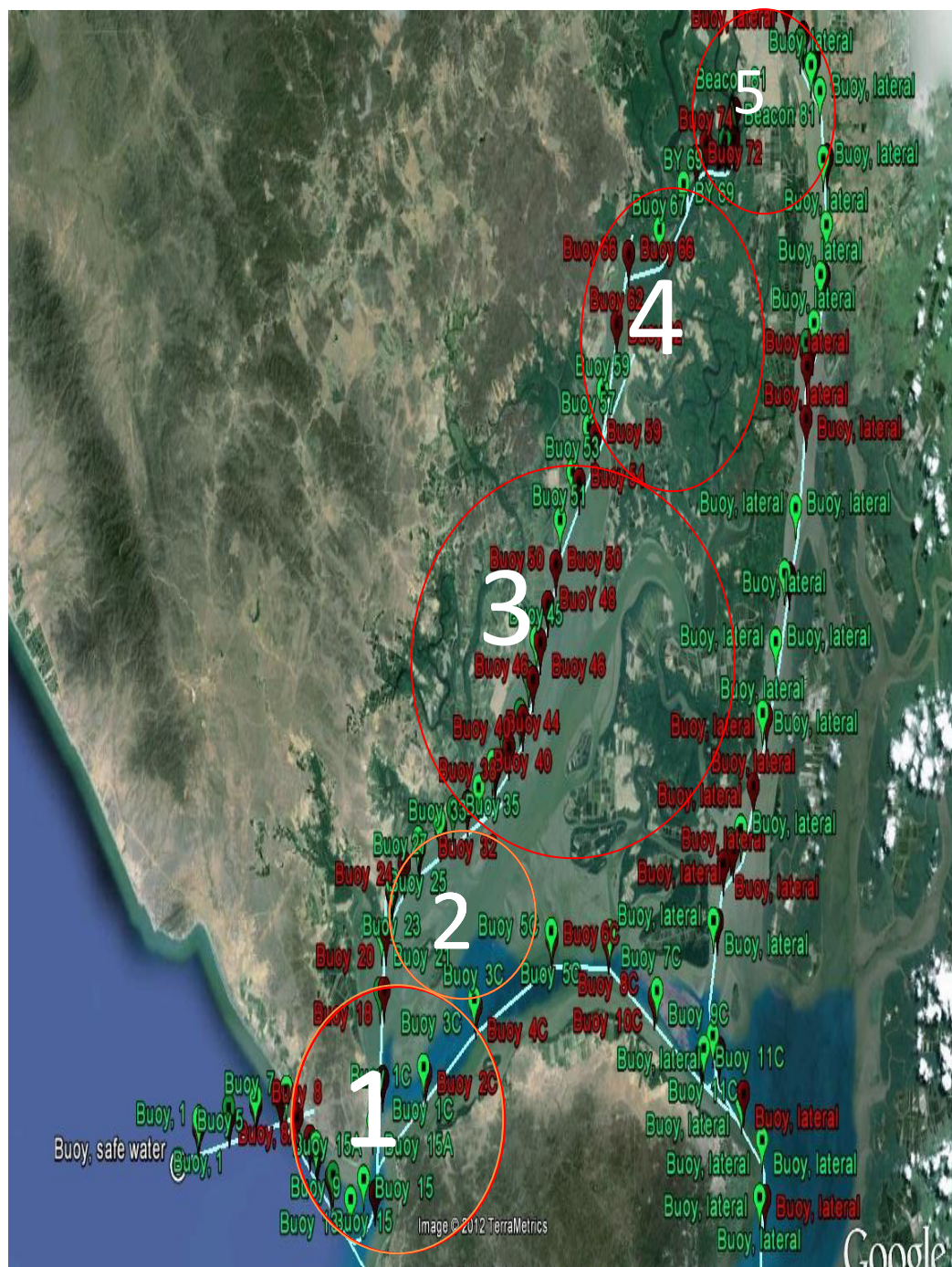


Sabiendo el sistema de boyado, ingreso a observar el mapa del canal de acceso al puerto de Guayaquil el cual lo divido en 5 sectores que son los siguientes:

- **Sector # 1** : boya 14 – boya 28
- **Sector # 2** : boya 28 – boya 36
- **Sector # 3** : boya 36 – boya 54
- **Sector # 4** : boya 54 – boya 67
- **Sector # 5** : boya 67 – boya 80

De estos 5 sectores se va analizar los sectores#3, #4 y #5 que son las zonas criticas, ya que tienen una profundidad que es menor a 9.5m que es lo mínimo que se requiere.

Fig. 2.4.3.- Canal de acceso al puerto de Guayaquil (boya#1 – boya# 81)



Fuente: INOCAR (Googlemaps)

En la figura se observa el mapa del canal de Guayaquil con una longitud de 94 km desde la boya de mar hasta el puerto de Guayaquil y 122 m de ancho, en la cual se ha ubicado por boyas, en el que la actualidad el punto más crítico, es decir el que tiene menos profundidad.[2]

2.4.1 CARACTERISTICAS GENERALES

El acceso al terminal portuario desde el mar se lo realiza a través de un brazo natural que al inicio se lo conoce como Canal del Morro, para luego denominárselo Estero Salado.

El canal de acceso presenta las siguientes características:

- Longitud: 51 millas náuticas, divididas entre un canal exterior de ambiente marino (10,8 millas náuticas) y un canal interior con influencia estuariana (40,2 millas náuticas).
- Ancho: 122 metros. (400 pies) - Profundidad: 10,5 metros. (34 pies)
- Amplitud promedio de la marea a la entrada: 1,80 metros.
- Amplitud promedio de la marea al pie del muelle: 3,80 metros.

El canal se encuentra sujeto a la acción de las mareas, dos pleamares y dos bajamares diarias, que varían a lo largo del mismo y también de acuerdo a la época.

El canal presenta profundidades superiores a los 10,5 metros. Respecto al mínimo nivel de bajamares y permite una navegación rápida y segura, con un adecuado sistema de ayudas a la navegación.

La tranquilidad de sus aguas y las excelentes condiciones meteorológicas del puerto garantizan su operatividad durante los 365 días del año.

2.4.2 ZONAS CRÍTICAS

Los sectores # 1 y 2 no se los toma en consideración por lo que la profundidad es mayor a 9.5 m. Se comienza hacer el análisis en los sectores números 3, 4, y 5 la cual tienen una profundidad promedio de 8 m la cual queremos que llegue a una profundidad de 9.5 m, lo que quiere decir que se va a dragar 1.5 m de profundidad.

Las zonas críticas son los sectores la cual se las ubica por las boyas que se especifica a continuación:

- **Sector # 3** : boya 36 – boya 54
- **Sector # 4** : boya 54 – boya 67
- **Sector # 5** : boya 67 – boya 80

Con lo que se empieza el análisis con el sector#3 la que se tiene una distancia de 20.11 km, ancho de 122m y una profundidad promedio de 8 m .todas las distancias están respecto de la boya de mar.

Tabla 2.4.2.- Zonas Críticas Boya: 37-54

LATITUD	LONGITUD	# DE BOYA	DISTANCIA A BOYA DE MAR(m)	PROFUNDIDAD ACTUAL(m)
2-34-22.817S	80-07-10.308W	37	62320	8
2-34-31.758S	80-07-01.284W	38	62320	8
2-33-38.333S	80-06-24.747W	39	64320	7
2-33-47.607S	80-06-15.771W	40	64320	8
2-32-41.162S	80-05-59.789W	43	66375	8
2-32-45.404S	80-05-45.449W	44	66375	8
2-31-42.058S	80-05-33.622W	45	68330	8
2-31-47.465S	80-05-21.685W	46	68330	8
2-30-48.240S	80-04-55.099W	48	70295	6
2-29-40.443S	80-04-39.695W	50	72375	8
2-28-37.477S	80-04-11.584W	51	74495	8
2-27-28.295S	80-03-24.421W	53	77105	8
2-27-35.754S	80-03-13.518W	54	77105	8

Elaborado: Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR)

Fig. 2.4.4 Sector#3(boya #36-#54)



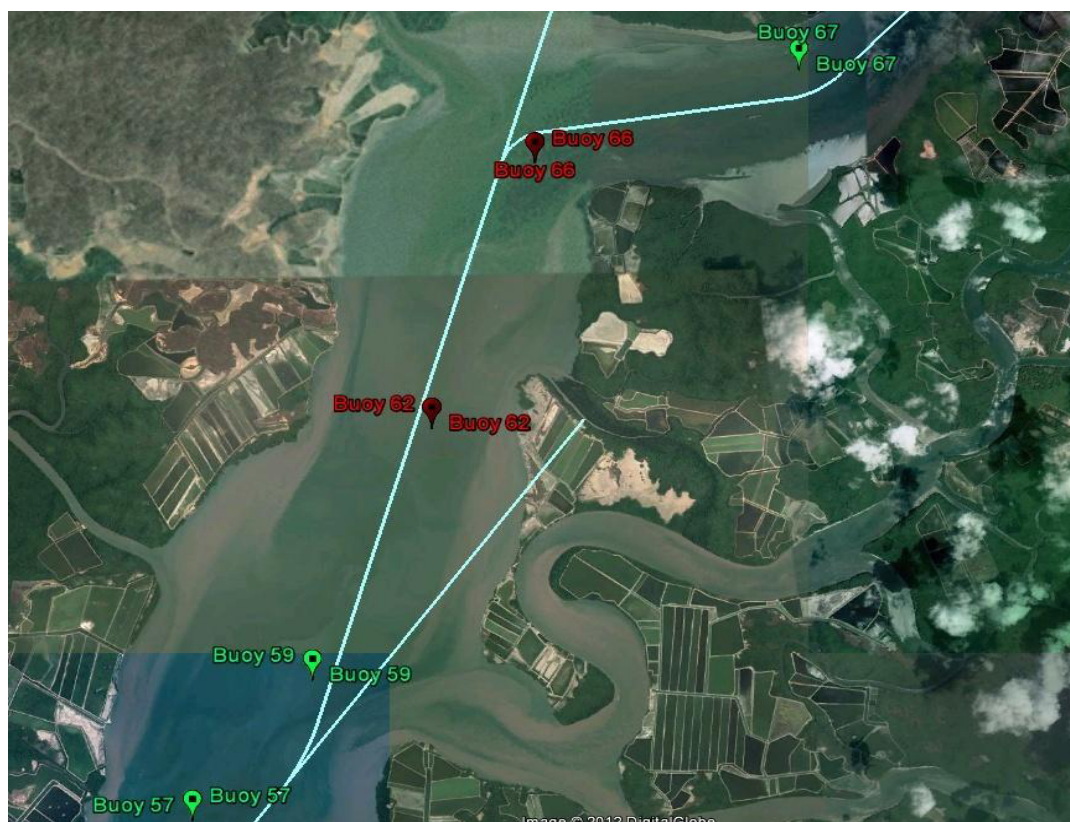
En el sector#4 la se tiene una distancia de 15.77 km, ancho de 122m y una profundidad promedio de 8 m .Todas las distancias están respecto de la boya de mar.

Tabla 2.4.3 - Zonas Críticas Boya: 57-67

LATITUD	LONGITUD	# DE BOYA	DISTANCIA A BOYA DE MAR(m)	PROFUNDIDAD ACTUAL(m)
2-26-17.678S	80-02-31.853W	57	80020	8
2-26-25.264S	80-02-21.035W	58	80020	8
2-25-12.363S	80-01-57.054W	59	82430	7
2-23-28.293S	80-01-11.929W	62	85908	8
2-21-38.552S	80-00-32.990W	66	89372	9
2-20-59.862S	79-58-53.357W	67	92975	9

Elaborado: Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR)

Fig. 2.4.5.- Sector#4(boya #57-#67)



Finalmente el sector#5 la se tiene una distancia de 6.77 km, ancho de 122m y una profundidad promedio de 8 m .Todas las distancias están respecto de la boya de mar.

Tabla 2.4.4.- Zonas Críticas Boya: 69-80

LATITUD	LONGITUD	# DE BOYA	DISTANCIA A BOYA DE MAR(m)	PROFUNDIDAD ACTUAL(m)
2-19-48.161S	79-57-35.427W	69	96415	10
2-19-17.989S	79-57-13.921W	CTB	97560	7
2-19-07.823S	79-56-53.385W	72	98208	9
2-18-44.483S	79-56-21.774W	74	99480	7
2-18-27.811S	79-55-59.945W	75	100200	8
2-18-49.281S	79-55-23.644W	BALIZA 76	101412	4
2-18-37.977S	79-55-20.976W	77	101412	10
2-18-37.164S	79-54-51.951W	78	102282	4
2-17-53.085S	79-54-47.990W	80	103546	12
2-17-48.042S	79-54-58.823W	BALIZA 81	103721	4

Elaborado: Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR)

Fig. 2.4.6.- Sector#5(boya #69-#81)



Con estos datos facilitados por el INOCAR (instituto oceanográfico de la armada) se puede calcular el volumen de las zonas críticas de dragado, ya que tenemos las distancias que hay desde la zona crítica a dragar hasta la zona del depósito y viceversa. [2]

2.4.3 VOLUMENES DE DRAGADO

Como se dijo en el punto anterior se va analizar la zona crítica, por lo que se calcula el volumen de dragado por sectores.

$$H_{adragar} = H_{diseño} - H_{actual} \cong 9.5m - 8.0m \cong 1.5m$$

$$B_{canal} \cong 122 \text{ m}$$

$$\forall_{dragado} = D_{dragado} \times H_{adragar} \times B_{canal}$$

Sector # 3

Distancia: 20,110 m

Ancho: 122 m

Profundidad: 8 m

El volumen a dragar la cual es una zona crítica es de:

Vol = distancia * ancho * profundidad

$$Vol = 20,110 * 122 * 1.5$$

$$Vol = 3'680,130m^3$$

Sector # 4

En el sector #4 sumo la distancia del sector # 3 y el #4 hasta la zona de depósito.

$$\text{Distancia} = 20,110 + 15,778$$

$$\text{Distancia} = 35,888 \text{ m}$$

Con esto se obtiene los siguientes datos:

Distancia: 15,770 m

Ancho: 122 m

Profundidad: 8 m

El volumen a dragar la cual es una zona crítica es de:

$$\text{Vol} = \text{distancia} * \text{ancho} * \text{profundidad}$$

$$\text{Vol} = 15,770 * 122 * 1.5$$

$$\text{Vol} = 2'885,910 \text{ m}^3$$

Sector # 5

En el sector #5 sumo la distancia del sector # 3 y el #4 hasta la zona de depósito.

$$\text{Distancia} = 35,888 + 6,777$$

$$\text{Distancia} = 42,665 \text{ m}$$

Con esto se obtiene los siguientes datos:

$$\text{Distancia:} \quad 6,777 \text{ m}$$

$$\text{Ancho:} \quad 122 \text{ m}$$

$$\text{Profundidad:} \quad 8 \text{ m}$$

El volumen a dragar la cual es una zona crítica es de:

$$\text{Vol} = \text{distancia} * \text{ancho} * \text{profundidad}$$

$$\text{Vol} = 6,777 * 122 * 1.5$$

$$\text{Vol} = 1'240,191 \text{ m}^3$$

Con esto tenemos los 3 volúmenes a dragar que son:

$$\text{Vol1} = 3'680,130 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol2} = 2'885,910 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol3} = 1'240,191 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol}_{\text{total}} = \text{vol1} + \text{vol2} + \text{vol3}$$

$$\text{Vol}_{\text{total}} = 7'806,231\text{m}^3$$

El volumen de dragado para los tres sectores considerando las distancias desde la zona de dragado a la zona de deposito y viceversa se tendrá un volumen de **7'806,231 m³**.

Referencia: Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR)

CAPITULO 3

3. DISEÑO DE ALTERNATIVAS

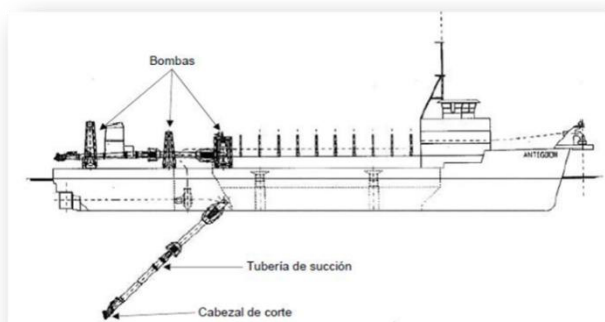
Para el diseño de las alternativas para el dragado del canal de acceso que se explico en el punto 2.4 se tiene dos alternativas, la alternativa # 1 es la que existe en la actualidad que es el dragado por medio de una Draga en succión en marcha y la alternativa # 2 que es la que se esta proponiendo es el convoy de barcazas. El cual se va a calcular el tiempo que tomara dragar estos sectores mediante el calculo de los volúmenes y la velocidad que van a ir estas dos alternativas que se van a detallar a continuación.

Alternativa # 1

La primera alternativa que es la que existe en la actualidad es una draga de succión en marcha en la que va succionando mientras se mueve a 3 nudos por la zona de dragado, el tubo a diferencia de las otras dragas de succión mira a popa. Pueden transportar entre 750 y 10.000 metros cúbicos y se hacen con bombas sumergidas para disminuir la longitud de la tubería de aspiración. Los materiales que succionan se limitan a arenas, si contienen algo de limo el rendimiento baja mucho. Generalmente producen peores rendimientos que las estacionarias porque éstas generan un escalón que facilita la disgregación del material.

Embarcación con maquinaria e instrumentos para la navegación autónoma, succiona sedimentos del mar mientras se mueve por la zona de dragado depositándolo en su tolva.

Fig. 3.1.1.- Draga en succión en marcha



Alternativa # 2

La alternativa dos es un convoy de barcazas que es la que se esta proponiendo en la que es grupo de vehículos marítimos, que viajan juntos para darse apoyo mutuo, en este caso el convoy está formado por un número de barcazas de iguales características, estas transportaran el sedimento hasta la zona de depósito, el sedimento será depositado en las barcazas por la draga estacionaria, mientras un convoy de barcazas es transportado desde la zona de dragado hasta la zona de depósito y viceversa, la draga estacionaria continua cargando el otro convoy, de esta manera se maximiza la productividad de todo el proceso ya que en ningún momento dejan de operar las maquinarias.

Fig. 3.1.2.- Convoy de barcazas



Fuente: fundación proteger

3.1 DRAGA DE SUCCIÓN EN MARCHA

Este es el tipo de dragado que se encuentra actualmente en funcionamiento a cargo de la MARINA del ECUADOR. La draga que está actualmente operando en el canal es la llamada FRANCISCO DE ORELLANA, esta es una draga de succión en marcha que toma el material en la zona de dragado y luego lo transporta hasta la zona de depósito, durante una parte del recorrido las bombas dejan de trabajar.[5]

Fig. 3.1.3.- Draga Francisco de Orellana



3.1.1 CARACTERÍSTICAS DE LA DRAGA DE SUCCION EN MARCHA

- **Nombre del Buque:** Draga Francisco de Orellana
- **Tonelaje de Registro:** 1939 GT
- **Tipo de Buque:** Draga de Tolva de succión en marcha
- **Distintivo de llamada:** ECOA

- **Número IMO:** 9394844
- **Bandera:** Ecuatoriana
- **Puerto de Registro:** Guayaquil
- **Astillero constructor:** Astilleros de Murueta, Bilbao – España
- **Eslora Total:** 78,16 metros
- **Manga:** 15 metros
- **Puntal:** 5 metros
- **Peso Muerto:** 2500 Toneladas
- **Capacidad de la Tolva:** 1500 metros cúbicos
- **Calado máximo:** 4,25 metros
- **Velocidad promedio:** 10 a 12 nudos
- **Hélice de Proa:** 1 de 340 HP y 250 KW
- **N° de Hélices Popa:** 2 de paso variable a 1200 RPM y 1398 KW
- **Generadores Principales:** 2 x 1350 KVA a 1200 RPM
- **Generador Auxiliar:** 1 x 213 KVA a 1800 RPM
- **Generador de Emergencia:** 1 x 81 KVA a 1800 RPM
- **Clasificación:** Bureau Veritas N° 10362-Q
- **Capacidad de Combustible:** 320 metros cúbicos ó 272 toneladas
- **Capacidad de Agua Dulce:** 40 metros cúbicos
- **Capacidad de Lubricante:** 6 metros cúbicos
- **Bomba de dragado:** marca IHC con 1360HP y $3000 \frac{m^3}{hr}$.

3.1.2 CÁLCULOS PARA DRAGA DE SUCCIÓN EN MARCHA

Para la draga de succión en marcha Francisco de Orellana con 1500 m^3 de capacidad de tolva y con una bomba de dragado de $3000 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}}$, es decir, que en 30 min se llena la tolva de un material fino y limoso como el que existe en el canal de acceso al puerto de Guayaquil, la cual se dividió en 5 sectores en la que los sectores #1 y #2 no se los toma en consideración porque superan el calado de diseño que es de 9.5m, con lo que se empieza el análisis con el **sector#3** con una distancia de 20.11 km mas el sector #1 con 31.85 km y mas el sector #2 con 6.4 km la cual suma una distancia total desde la boya #14 hasta la boya #54 de 58.36 km respecto a la zona de deposito, un ancho de 122m y una profundidad promedio de 8 m . Con una velocidad de la draga de 12 nudos se obtiene el tiempo de dragado de la alternativa #1.

$$\bar{V}_{\text{draga}} = 12 \text{ nudos}$$

$$D_{\text{recorrida}} = D_{\text{media a zona de depósito}}$$

$$D_{\text{recorrida}} = 58.36 \text{ km} * \frac{1 \text{ minautica}}{1.8 \text{ Km}} = 32.4 \text{ millas náuticas}$$

$$t_{\text{un viaje}} = \frac{2(32.4 \text{ millas náuticas})}{12 \text{ nudos}} = 5.4 \text{ horas}$$

$$V_{\text{tolva}} = 1500 \text{ m}^3$$

$$\text{Bomba de dragado} = 3000 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}}$$

Con lo que la tolva de la draga se llenara en 30 min.

$$t_{\text{un viaje}} = 5.4 + 0.5 = 5.9 \text{ horas}$$

Con lo que el tiempo de viaje mas el tiempo de llenado de la tolva, tendrá un tiempo total de operación de 5.9 horas en un ciclo, con lo que ahora se va a calcular cuantos ciclos puede hacer en un día (24 horas)

$$t_{\text{total en 3 viajes}} = 4(5.9 \text{ horas}) = 23.6 \text{ horas en el día}$$

En un día se realizan 4 dragados:

$$V_{\text{dragado por día}} = 1500 \text{ m}^3 \times \frac{4 \text{ dragados}}{1 \text{ día}} = 6000 \text{ m}^3/\text{día}$$

Con un factor de 65% que se absorbe de sedimento, ya que, el otro 35% es por agua que absorbe la bomba:

$$V_{dragadopordia} = 6000 \text{ m}^3 * 0.65 = 3900 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}}$$

Por lo tanto la cantidad de dragado se hará en:

$$t = \frac{\text{Volumen a dragar}}{V_{\text{dragado por día}}} = \frac{3680130 \text{ m}^3}{3900 \text{ m}^3/\text{día}} = 943.6 \text{ días} \cong \mathbf{30 \text{ meses}}$$

SECTOR # 4

Con el sector#4 con una distancia de 15.77 km mas la distancia que hay hasta el sector # 3 que es de 58.36 km se tiene una distancia total de 74.14 km respecto a la zona de depósito, ancho de 122m y una profundidad promedio de 8 m .Todas las distancias están respecto de la boya de mar.

$$\bar{V}_{\text{draga}} = 12 \text{ nudos}$$

$$D_{\text{recorrida}} = D_{\text{media a zona de depósito}}$$

$$D_{\text{recorrida}} = 74.14 \text{ km} * \frac{1 \text{ minautica}}{1.8 \text{ Km}} = 41.19 \text{ millas náuticas}$$

$$t_{\text{un viaje}} = \frac{2(41.19 \text{ millas náuticas})}{12 \text{ nudos}} = 6.86 \text{ horas}$$

La tolva de la draga se llenara en 30 min.

$$t_{\text{un viaje}} = 6.86 + 0.5 = 7.36 \text{ horas}$$

Con lo que el tiempo de viaje mas el tiempo de llenado de la tolva, tendrá un tiempo total de operación de 7.36 horas en un ciclo, con lo que ahora se va a calcular cuantos ciclos puede hacer en un día (24horas)

$$t_{\text{en 3 viajes}} = 3 (7.36 \text{ horas}) = 22.08 \text{ horas en el día}$$

$$V_{\text{tolva}} = 1500 \text{ m}^3$$

En un día se realizan 3 dragados:

$$V_{\text{dragado por día}} = 1500 \text{ m}^3 \times \frac{3 \text{ dragados}}{1 \text{ día}} = 4500 \text{ m}^3/\text{día}$$

Con un factor de 65% que se absorbe de sedimento, ya que, el otro 35% es por agua que absorbe la bomba:

$$V_{dragadopordia} = 4500 * 0.65 = 2925 \frac{m^3}{dia}$$

Por lo tanto la cantidad de dragado se hará en:

$$t = \frac{\text{Volumen a dragar}}{V_{dragado \text{ por día}}} = \frac{2885910 \text{ m}^3}{2925 \text{ m}^3/\text{día}} = 986.6 \text{ días} \cong \mathbf{32 \text{ meses}}$$

SECTOR #5

El sector#5 tiene una distancia de 6.77 km mas la distancia del sector #4 que es de 74,14 km se tiene una distancia de 80.91km respecto a la zona de deposito , ancho de 122m y una profundidad promedio de 8 m .Todas las distancias están respecto de la boya de mar.

$$\bar{V}_{draga} = 12 \text{ nudos}$$

$$D_{recorrida} = D_{mediaazonadedepósito}$$

$$D_{recorrida} = 80.91 = 44.95 \text{ millasnáuticas}$$

$$t_{unviaje} = \frac{2(44.95 \text{ millasnáuticas})}{12 \text{ nudos}} = 7.5 \text{ horas}$$

La tolva de la draga se llenara en 30 min.

$$t_{unviaje} = 7.5 + 0.5 = 8 \text{ horas}$$

Con lo que el tiempo de viaje mas el tiempo de llenado de la tolva, tendrá un tiempo total de operación de 8 horas en un ciclo, con lo que ahora se va a calcular cuantos ciclos puede hacer en un día (24horas)

$$t_{\text{total en 2 viajes}} = 3(8\text{horas}) = 24 \text{ horas en el día}$$

$$V_{tolva} = 1500 \text{ m}^3$$

En un día se realizan 3 dragados:

$$V_{\text{dragado por día}} = 1500 \text{ m}^3 \times \frac{3 \text{ dragados}}{1 \text{ día}} = 4500 \text{ m}^3/\text{día}$$

Con un factor de 65% que se absorbe de sedimento, ya que, el otro 35% es por agua que absorbe la bomba:

$$V_{\text{dragadopordia}} = 4500 * 0.65 = 2925 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

Por lo tanto la cantidad de dragado se hará en:

$$t = \frac{Volumenadragar}{V_{\text{dragadopordia}}} = \frac{1240191 \text{ m}^3}{2925 \text{ m}^3/\text{día}} = 423.9 \text{ días} \cong \mathbf{14 \text{ meses}}$$

Tabla 3.1.1.-Resumen Draga Francisco de Orellana

sector	distancia(Km)	*distancia total(Km)	volumenes(m3)	velocidad(nudos)	tiempoviaje(hr)	tiempodragado(meses)
sector #1	31,85	31,85	**5828550	12	2,9	N/A
sector #2	6,4	38,25	**1171200	12	3,5	N/A
sector #3	20,11	58,36	3680130	12	5,4	30
sector #4	15,77	74,14	2885910	12	6,8	32
sector #5	6,77	80,91	1240191	12	7,5	14

Elaborado: Javier Eduardo Lavayen Saltos

$$\text{Voltotal} = 3'680,130 + 2'885,910 + 1'240,191$$

$$\text{Voltotal} = 7'806,231 m^3$$

$$\text{Tiempo total (meses)} = 30 + 32 + 14$$

$$\text{Tiempo total} = 76 \text{ meses} \cong 6.3 \text{ años}$$

El tiempo de dragar $7'806,231 m^3$ es de 6 años 3 meses por medio de la draga de succión en marcha "Francisco de Orellana".

*distancia total respecto a la zona de deposito.

**volumen de dragado que no se considera, ya que, el sector #1 y #2 tiene un calado mayor a 9.5 m.

3.2 CONVOY

El convoy va estar formado por una draga estacionaria, por barcazas que se va analizar el número de barcazas que se necesitan y por un empujador que lleve a la zona de depósito a la zona de dragado y viceversa.

Lo que se busca es el volumen de las barcazas, y el número de barcazas que contendrá cada convoy, esto depende básicamente del tiempo de recorrido y el flujo de la bomba en la draga estacionaria, es decir que el tiempo que se tarda el empujador en llevar un convoy hasta el punto de

depósito y regresar a la zona de dragado, debe ser aproximadamente el mismo tiempo que se tarda la draga estacionaria en cargar todas las barcasas del otro convoy, esto garantiza que se aprovechara al máximo los elementos del proceso.[6]

Cálculo para Convoy

En la draga de succión en marcha analizamos que si esta tiene una velocidad de 12 nudos el tiempo en realizar todo el recorrido es aproximadamente de 8 horas, entonces para un empujador que deberá llevar el convoy esta velocidad se verá reducida, con esto comienzo que el convoy va a ir a una velocidad de 8 nudos, también quiero que la capacidad de volumen de las barcasas sea mayor que la capacidad de la draga de tolva ($1500m^3$), para lo cual se va a poner el numero de barcasas optimo para cada sector a analizar para que haya un trabajo continuo de 24 horas al día en el que la capacidad de cada barcaza será de $700m^3$, la cual mas adelante realizo el diseño de las barcaza.

3.2.1 SECTOR # 3

Para la draga el convoy de barcasas en la que se dividió en 5 sectores el canal de acceso al puerto de Guayaquil en la que los sectores #1 y # 2 no se

los toma en consideración porque superan el calado de diseño que es de 9.5m, con lo que se empieza el análisis con el **sector#3** que tiene una distancia de 20.11 km, ancho de 122m y una profundidad promedio de 8 m .Todas las distancias están respecto de la boya de mar.

$$\bar{V}_{convoy} \cong 8 \text{ nudos}$$

$$D_{recorrida} = D_{media \text{ a zona de depósito}}$$

$$D_{recorrida} = 58.36 \text{ km} * \frac{1 \text{ mi nautica}}{1.8 \text{ km}} = 32.4 \text{ millas náuticas}$$

$$t_{un \text{ viaje}} = \frac{2(32.4 \text{ millas náuticas})}{8 \text{ nudos}} = 8 \text{ horas}$$

$$V_{convoy} = 700 * 4 \text{ m}^3$$

$$V_{convoy} = 2,800 \text{ m}^3$$

En un día se realizan 6 dragados:

$$\forall_{dragadopordia} = 2800 \, m^3 \times \frac{6 \, dragados}{1 \, día} = 16,800 \, m^3/día$$

Con un factor de 65% que se absorbe de sedimento, ya que, el otro 35% es por agua que absorbe la bomba:

$$\forall_{dragado \, por \, dia} = 16800 \, m^3 * 0.65 = 10,920 \, \frac{m^3}{dia}$$

Por lo tanto la cantidad de dragado se hará en:

$$t = \frac{Volumenadragar}{\forall_{dragadopordia}} = \frac{3680130m^3}{10920m^3/día} = 337 \, días \cong \mathbf{12meses}$$

Por lo que en el sector #3 con un volumen de dragado de 3'680,130m³ y un volumen de dragado por día de 10,920 $\frac{m^3}{dia}$ tiene un tiempo de 12 meses.

3.2.2 SECTOR # 4

En el **sector#4** que tiene una distancia de 15.77 km mas la distancia que hay hasta el sector # 1 que es de 58.36 km se tiene una distancia total de 74.14 km respecto a la zona de deposito, ancho de 122m y una profundidad promedio de 8 m .Todas las distancias están respecto de la boya de mar.

$$\bar{V}_{empujador} \cong 8 \text{ nudos}$$

$$D_{recorrida} = D_{mediaa \text{ zona de depósito}}$$

$$D_{recorrida} = 74.14 \text{ km} = 41.19 \text{ millasnáuticas}$$

$$t_{unviaje} = \frac{2(41.19 \text{ millasnáuticas})}{8 \text{ nudos}} = 10.5 \text{ horas}$$

$$V_{convoy} = 700 * 6 \text{ m}^3$$

$$V_{convoy} = 4,200 \text{ m}^3$$

En un día se realizan 4 dragados:

$$V_{dragadopordia} = 4200 \text{ m}^3 \times \frac{4 \text{ dragados}}{1 \text{ día}} = 16,800 \text{ m}^3/\text{día}$$

Con un factor de 65% que se absorbe de sedimento, ya que, el otro 35% es por agua que absorbe la bomba:

$$\forall_{\text{dragado por día}} = 16800 * 0.65 = 10,920 \frac{m^3}{\text{día}}$$

Por lo tanto la cantidad de dragado se hará en:

$$t = \frac{\text{Volumen a dragar}}{\forall_{\text{dragado por día}}} = \frac{2'885,910 m^3}{10,920 m^3/\text{día}} = 264.3 \text{ días} \cong \mathbf{9 \text{ meses}}$$

Por lo que en el sector #4 con un volumen de dragado de 2'885,910 m^3 y un volumen de dragado por día de 10,920 $\frac{m^3}{\text{día}}$ tiene un tiempo de 9 meses.

3.2.3 SECTOR # 5

Finalmente se realiza el análisis con el **sector#5** que tiene una distancia de 6.77 km, ancho de 122m y una profundidad promedio de 8m. Todas las distancias están respecto de la boya de mar.

$$\bar{V}_{\text{empujador}} \cong 8 \text{ nudos}$$

$$D_{\text{recorrida}} = D_{\text{media zona de depósito}}$$

$$D_{recorrida} = 80.91 = 44.95 \text{ millasnáuticas}$$

$$t_{unviaje} = \frac{2(44.95 \text{ millasnáuticas})}{8 \text{ nudos}} = 11.5 \text{ horas}$$

$$\forall_{convo} = 700 * 7 \text{ m}^3$$

$$\forall_{convo} = 4900 \text{ m}^3$$

En un día se realizan 4 dragados:

$$\forall_{dragadopordia} = 4900 \text{ m}^3 \times \frac{4 \text{ dragados}}{1 \text{ día}} = 19600 \text{ m}^3/\text{día}$$

Con un factor de 65% que se absorbe de sedimento, ya que, el otro 35% es por agua que absorbe la bomba:

$$\forall_{dragado por dia} = 19600 * 0.65 = 12,740 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}}$$

Por lo tanto la cantidad de dragado se hará en:

$$t = \frac{\text{Volumen a dragar}}{\text{V}_{\text{dragado por día}}} = \frac{1'240,191 \text{ m}^3}{12,740 \text{ m}^3/\text{día}} = 97.3 \text{ días} \cong \mathbf{3.5 \text{ meses}}$$

Por lo que en el sector #5 con un volumen de dragado de $1'240,191 \text{ m}^3$ y un volumen de dragado por día de $12,740 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$ tiene un tiempo de 3.5 meses.

Tabla 3.2.1.-Resumen del Convoy de Barcazas

sector	distancia(Km)	*distancia total(Km)	volumenes(m3)	velocidad(nudos)	tiempo viaje(h)	tiempo dragado(meses)
sector #1	31,85	31,85	**5828550	8	4,4	N/A
sector #2	6,4	38,25	**1171200	8	5,3	N/A
sector #3	20,11	58,36	3680130	8	8	12
sector #4	15,77	74,14	2885910	8	11	9
sector #5	6,77	80,91	1240191	8	12	3,5

Elaborado: Javier Eduardo Lavayen Saltos

$$\text{Vol total}(\text{m}^3) = 3'680,130 + 2'885,910 + 1'240,191$$

$$\text{Vol total} = 7'806,231 \text{ m}^3$$

$$\text{Tiempo total (meses)} = 12 + 9 + 3.5$$

$$\text{Tiempo total} = 25 \text{ meses} \cong \mathbf{2 \text{ años } 1 \text{ meses}}$$

El tiempo de dragar $7'806,231 \text{ m}^3$ es de 2 años 1 meses por medio del convoy de barcazas.

*distancia total respecto a la zona de deposito.

**volumen de dragado que no se considera, ya que, el sector #1 y #2 tiene un calado mayor a 9.5 m.

3.2.4 NUMERO DE CONVOY

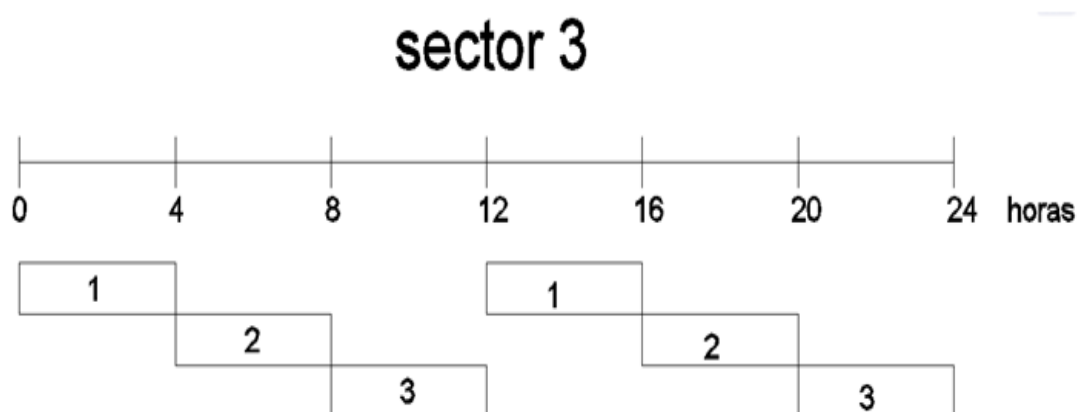
Para determinar el número de convoy que necesito tomo en consideración que la draga estacionaria que voy a escoger va a tener una bomba de succión de $800 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}}$ por lo que para llenar las barcazas de (700 m^3) va tener un tiempo de llenado de acuerdo al número de barcazas que se ponga en los convoyes de acuerdo al sector , en el que considerando los 3 sectores que tienen un tiempo de viaje que se especifico en la tabla 3.2 de ir de la zona de depósito y regresar a la zona de dragado, con lo que el número de convoy lo obtengo con lo siguiente:

SECTOR # 3

Para seleccionar el número de convoyes adecuado se toma a consideración las siguientes características para que haya un trabajo de dragado las 24 horas al día.

- Se tiene 4 barcazas por cada convoy.
- Tiempo de llenado del convoy que es de 4 horas.
- Tiempo de viaje ida y vuelta en el cual tiene un tiempo de 8 horas.
- Dragado del canal de acceso las 24 horas del día.

Fig. 3.2.1.- sector #3 (3 convoyes)



Elaborado: Javier Eduardo Lavayen Saltos

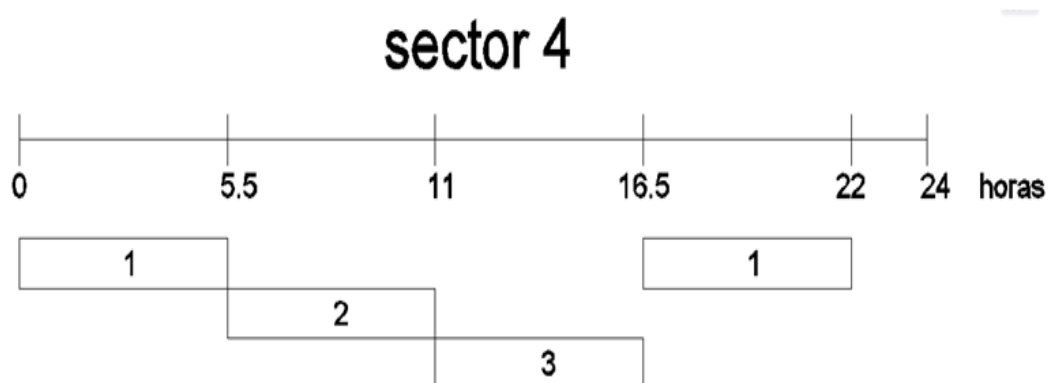
Con lo que se necesitan tres convoyes para que se drague las 24 horas del día el sector #3 que tiene una distancia de 58.36 km respecto a la zona de depósito y un tiempo de viaje de 8 horas.

SECTOR # 4

Para seleccionar el número de convoyes adecuado se toma a consideración las siguientes características para que haya un trabajo de dragado las 24 horas al día.

- Se tiene 6 barcasas por cada convoy.
- Tiempo de llenado del convoy que es de 5.5 horas.
- Tiempo de viaje ida y vuelta en el cual tiene un tiempo de 11 horas.
- Dragado del canal de acceso las 24 horas del día.

Fig. 3.2.2.- sector #4 (3 convoyes)



Elaborado: Javier Eduardo Lavayen Saltos

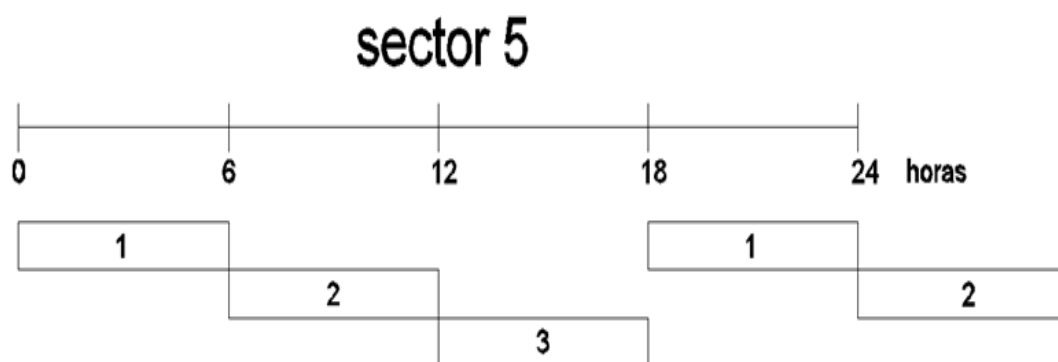
Con lo que se necesitan tres convoyes para que se drague las 24 horas del día el sector #4 que tiene una distancia de 74.14 km respecto a la zona de depósito, un tiempo de viaje de 11 horas.

SECTOR # 5

Para seleccionar el número de convoyes adecuado se toma a consideración las siguientes características para que haya un trabajo de dragado las 24 horas al día.

- Se tiene 7 barcasas por cada convoy.
- Tiempo de llenado del convoy que es de 6 horas.
- Tiempo de viaje ida y vuelta en el cual tiene un tiempo de 12 horas.
- Dragado del canal de acceso las 24 horas del día.

Fig. 3.2.3.- sector #5 (3 convoyes)



Elaborado: Javier Eduardo Lavayen Saltos

Con lo que se necesitan tres convoyes para que se drague las 24 horas del día el sector #5 que tiene una distancia de 80.91 km respecto a la zona de depósito, un tiempo de viaje de 12 horas.

Con lo que el análisis era para un convoy pero como queremos optimizar el tiempo para que haya un total funcionamiento de la draga estacionaria (24 horas al día) se va a necesitar 3 convoyes para los sectores #3, #4 y #5, para dragar el canal de acceso al puerto de Guayaquil.

Tiempo total $\cong 2$ años 1 meses

Por lo que el tiempo del convoy de barcazas será de 2 años 1 mes para dragar los 7'806,231 m³ de sedimento.

3.3 DRAGA ESTACIONARIA

Las **dragas de succión estacionaria** consisten en una embarcación que porta una tubería conectada a una bomba que absorbe el material del fondo.

Existen a su vez dos tipos:

- La impulsora simple que consiste en una embarcación que carga la bomba y que lleva la tubería que puede llegar hasta otro barco de transporte de material o algún sitio de destino del material como una playa.

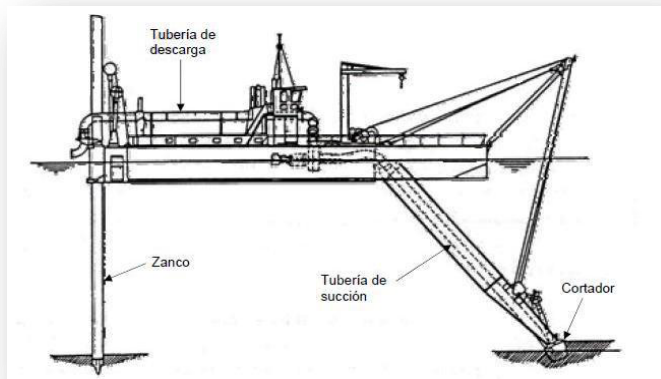
- El auto portadora contiene la bomba y transporta además el material dragado hasta el destino. Es apropiada para dragar materiales granulares y el acabado del fondo es irregular.

La draga estacionaria con cortador trabaja con la embarcación fijada por medio de zancos y/o anclas y combina una potente acción cortante con succión. El material dragado puede ser descargado en barcazas o más común, ser bombeado por tubería hacia tierra para tiro o relleno de tierra.

Las ventajas principales son la capacidad de dragar un amplio rango de materiales, incluyendo rocas suaves, y transportar por medio de bombeo el material dragado al área de tiro o relleno. La embarcación puede operar en aguas poco profundas y producir un nivel de fondo razonablemente plano.

Flotantes, con un sistema de anclaje capaz de fijar uno o varios zancos en el fondo, que les permitan permanecer estacionadas sobre un área específica. Esta embarcación porta una tubería conectada a una bomba que absorbe el material del fondo, lo deposita generalmente en estructuras flotantes externas como las barcazas para su traslado hasta la zona de depósito.[7]

Fig.3.3.1.- Draga Estacionaria



Fuente: Marine link

Para escoger la draga estacionaria que necesito para el convoy tome en cuenta las siguientes características que necesito para el dragado:

- El tiempo de succión y descarga necesario para que trabaje las 24 horas del día.
- Capacidad de la bomba ($\frac{m^3}{hr}$).

Fig. 3.3.2.- Draga Estacionaria 120407-DH



Fuente: Dredge Brokers

Para lo cual se escogió una draga estacionaria con las siguientes características principales:

- **Eslora :** 8.0 m
- **Manga:** 6.02 m

- **Puntal:** 1.01 m
- **Calado:** 0.74 m
- **Desplazamiento:** 22700 Kg
- **Capacidad de succión:** $800 \frac{m^3}{hr}$

A continuación se detalla todas las especificaciones técnicas:

Tabla 3.3.1.- Especificaciones Técnicas

DIMENSIONES PRINCIPALES	
Eslora(m)	8
Manga moldeada(m)	6,02
Puntal(m)	1,01
CAPACIDAD DE DRAGADO	
Profundidad de dragado(m)	40
Capacidad (m3/hr)	800
BOMBA HIDRAULICA	
Modelo	HY 85-160HC
Capacidad (m3/hr)	800
Peso(Kg)	1100
Diámetro del cilindro(mm)	250
Velocidad(rpm)	1450
Potencia Kw(HP)	115(154)
MAQUINA PRINCIPAL	
Cilindros	6 en linea
Peso(ton)	8,7
Válvulas por Cilindro	4
Radio de Compresión	16:01

Fuente: DAMEN

Con esto se tiene que la succión de la bomba es de $800(\frac{m^3}{hr})$. con la que vamos a usar para el dragado, y con una profundidad de dragado de hasta 40 m.[7]

3.4 BARCAZAS

Para el diseño de las barcasas se tomo en consideración las restricciones que se presentan en el canal de Guayaquil como son las siguientes:

- El ancho del mismo es de 122 m de ancho la cual la manga de las barcasas no debe de pasar ese ancho.
- El flujo de succión de la bomba de la draga estacionaria la cual es de $800(\frac{m^3}{hr})$.
- La profundidad mínima del canal es de 8m.

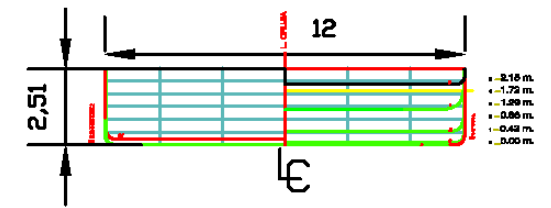
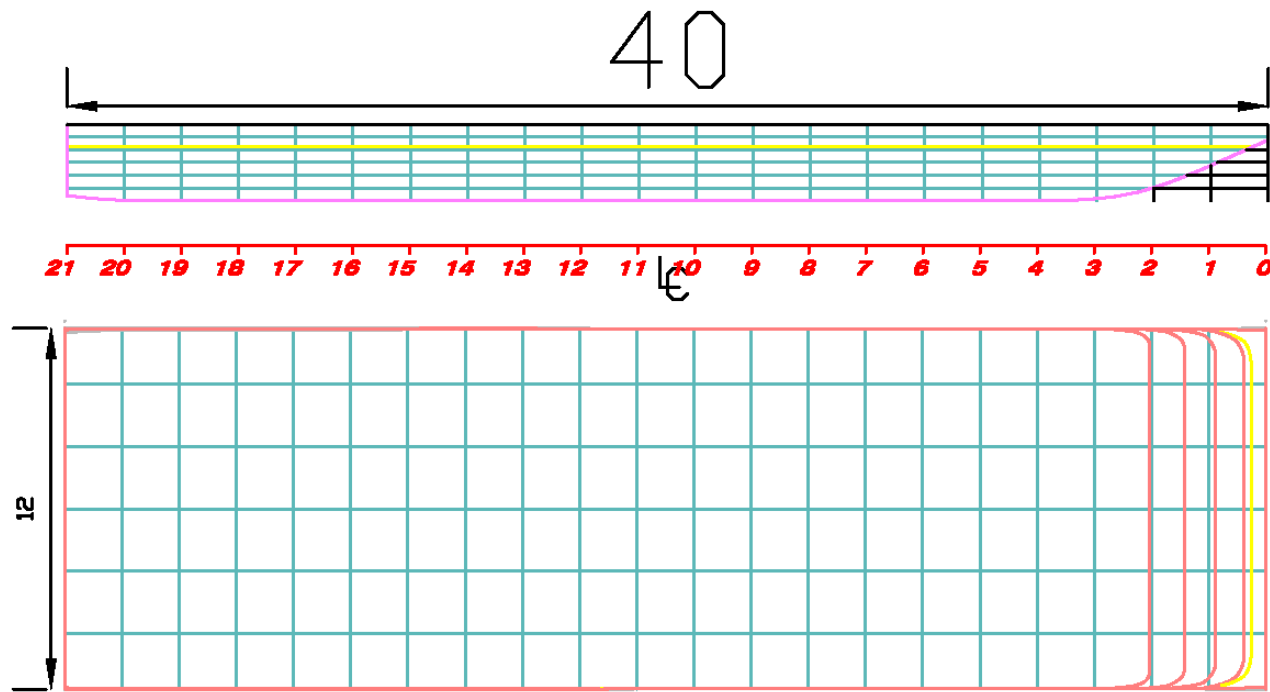
Por lo que las características de las barcasas son:

- **Eslora :** 40 m
- **Manga:** 12 m
- **Puntal:** 2.5 m
- **Calado:** 1.8 m
- **Coeficiente bloque:** 0.827

- **Volumen de carga:** 725.59 m^3

Con estas características se comienza a realizar el modelaje de la barcaza, utilizando software que me ayuden al diseño del mismo como lo son los programas autocad y maxsurf. Con este modelaje obtengo los planos de líneas de forma, la resistencia al avance y planos estructurales.

Fig. 3.3.3 Plano Líneas De Formas

**CARACTERISTICAS**

ESLORA	=	40.00 m.
MANGA	=	12.00 m.
PUNTAL	=	2.50 m.
CALADO	=	1.80 m.

Elaborado: Javier Eduardo Lavayen Saltos

3.4.1 Curvas hidrostáticas

Las curvas hidrostáticas calculadas mediante el plano de líneas de forma de la barcaza, se calculo los desplazamientos y los coeficientes a diferentes calados. [8]

Tabla 3.4.1.- Curvas hidrostáticas barcaza

Hydrostatics - barcaza 40m

Hydromax 13.01, build: 2091

Model file: C:\Documents and Settings\cael\Desktop\tesis lavayen\barcaza 40m (

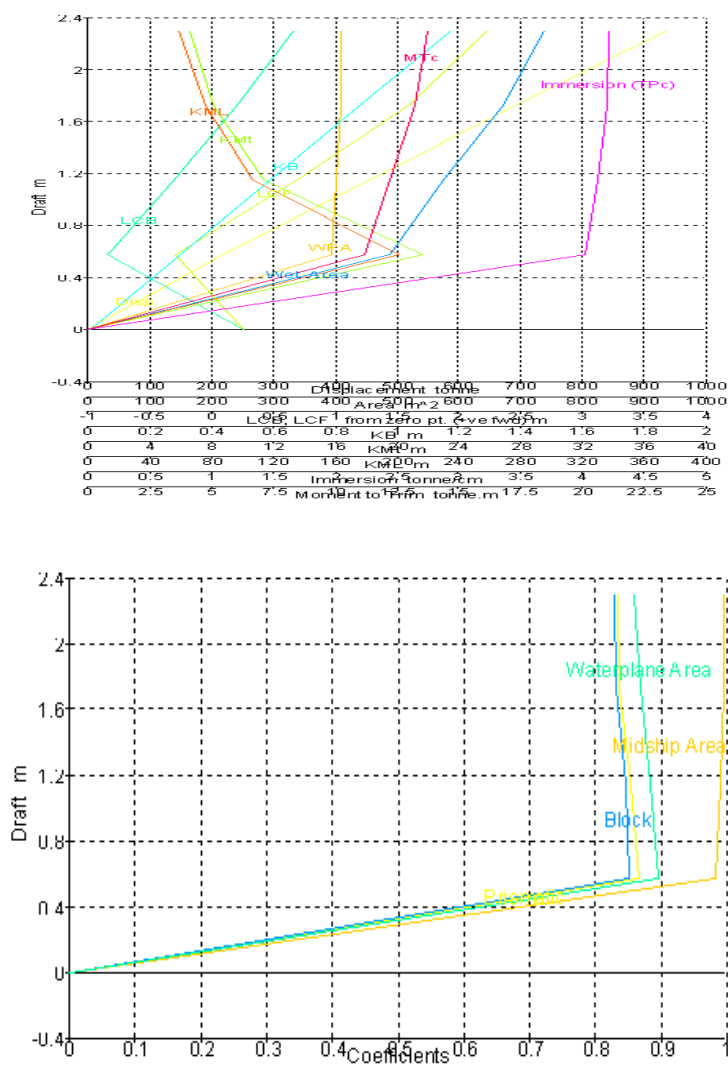
Damage Case - Intact

Fixed Trim = 0 m (+ve by stern)

Relative Density (specific gravity) = 1,025; (Density = 1,025 tonne/m³)

Draft Amidsh. m	0,000	0,575	1,150	1,725	2,300
Displacement tonne	0,0000	219,9	454,4	693,8	936,9
Heel to Starboard degrees	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Draft at FP m	0,000	0,575	1,150	1,725	2,300
Draft at AP m	0,000	0,575	1,150	1,725	2,300
Draft at LCF m	0,000	0,575	1,150	1,725	2,300
Trim (+ve by stern) m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
∇VL Length m	0,000	36,610	38,037	39,331	40,000
∇VL Beam m	0,000	11,980	11,986	11,992	11,998
Wetted Area m ²	0,000	489,859	573,868	672,719	737,798
∇Waterpl. Area m ²	0,000	392,792	402,391	410,066	411,122
Prismatic Coeff.	0,000	0,865	0,853	0,837	0,832
Block Coeff.	0,000	0,851	0,845	0,832	0,828
Midship Area Coeff.	0,000	0,983	0,991	0,994	0,995
∇Waterpl. Area Coeff.	0,000	0,896	0,883	0,869	0,857
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	0,250	-0,833	-0,294	0,201	0,666
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	0,250	-0,291	0,686	1,595	2,227
KB m	0,006	0,297	0,589	0,882	1,176
KG m	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
BMT m	0,000	21,433	10,788	7,317	5,435
BML m	0,000	200,667	106,442	75,045	57,140
GML m	-0,494	21,231	10,877	7,699	6,111
GML m	-0,494	200,464	106,531	75,428	57,816
KMT m	0,006	21,731	11,377	8,199	6,611
KML m	0,006	200,964	107,031	75,928	58,316
Immersion (TPC) tonne/cm	0,000	4,026	4,125	4,203	4,214
MTc tonne.m	0,000	11,158	12,254	13,248	13,713
RM at 1 deg = GMT.Disp.sin(1) tonne.m	0,000	81,461	86,249	93,217	99,912
Max deck inclination deg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Trim angle (+ve by stern) deg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Fig. 3.4.1.- Curvas hidrostáticas barcaza



Elaborado: Javier Eduardo Lavayen Saltos

En la fig. 3.4. Se observa las curvas hidrostáticas a diferentes calados en la barcaza.

3.4.2 CALCULO DEL FRANCOBORDO

Para el cálculo del Francobordo se hace uso de las reglas de Líneas de carga, en donde se usan cada Regla hasta obtener un francobordo total final.

Para esto, las dimensiones principales de la barcaza a ser usadas serán:

Tabla 3.4.2.- Dimensiones usadas en Cálculo del Francobordo

Eslora(m)	40
Eslora pp	39
Manga	12
Puntal	2,5
Cb	0,827

Elaborado: Javier Eduardo Lavayen Saltos

Regla 28.- Francobordo Tabular

De acuerdo a la eslora entre perpendiculares obtenemos que el valor del francobordo tabular es de:

Tabla 3.4.3.- Francobordo tabular (reglas de líneas de carga)

eslora del buque(m)	francobordo (mm)
24	200
25	208
26	217
27	225
28	233
29	242
30	250
31	258
32	267
33	275
34	283
35	292
36	300
37	308
38	316
39	325
40	334

Elaborado: Líneas de Carga 2005 (OMI)

De ésta tabla se obtiene el valor del francobordo de 334 mm para una eslora de 40 m.

Regla 30.- Corrección por coeficiente de bloque

Cuando el coeficiente de bloque sea superior a 0,68, el franco bordo se multiplicará por el factor:

$$\text{Corrección}_{Cb} = \frac{Cb + 0,68}{1,36}$$

$$\text{Corrección}_{Cb} = \frac{0,83 + 0,68}{1,36}$$

$$\text{Corrección}_{Cb} = 1.11$$

Este valor se debe multiplicar por el Francobordo Tabular.

Regla 31.- Corrección por Puntal

Cuando D exceda $L/15$, el francobordo se aumentará en:

$$\text{Corrección}_D = \left(D - \frac{L}{15}\right) * R$$

Donde: $R = \frac{L}{0,48}$

Luego al remplazar nuestros valores se obtiene que la corrección por puntal es:

$$\text{Corrección}_D = -13.89[mm]$$

Este valor se deberá sumar al Francobordo obtenido anteriormente.

Luego, se sigue observando las demás reglas y se determina que no se pueden aplicar ninguna mas, por lo tanto, el Francobordo final será:

$$FB_{Final} = (FB_{Tabular} * Corrección_{CB}) + Corrección_{Puntal} [mm]$$

$$FB_{Final} = (334 * 1.11) + (-13.89) [mm]$$

$$FB_{Final} = 356.85 [mm]$$

Lo cual equivale a:

$$FB_{Final} = 0.36 [m]$$

Esto quiere decir que se puede usar nuestra barcaza a Máxima carga sin correr el riesgo de pasarse del Francobordo Calculado siguiendo las Reglas de Línea de Carga de la OMI.[9]

3.4.3 Escantillonado

Para realizar el escantillonado de los miembros estructurales de la embarcación como son cuadernas, planchaje del casco y mamparos, refuerzos longitudinales y transversales me rijo por las normas de la casa clasificadora ABS para la construcción de buques de aceros los cuales se detalla a continuación.[10]

El material a utilizar será: acero naval, de donde se han obtenido los siguientes resultados:

Tabla 3.4.4.- características principales

Dimensiones Principales	
L(m)	40
B(m)	12
T(m)	1,8
Cb	0,827
Desplazamiento(ton)	725,59
s(mm)	800
D(m)	2,5

Elaborado: Javier Eduardo Lavayen Saltos

Costado de la embarcación:

Para este cálculo se usa la siguiente formulación de la casa clasificadora mencionada:

El espesor de la plancha del costado a mitad del barco no debe ser menor a la siguiente ecuación que se presenta a continuación:

$$t = 0.07L + 0.007s \text{ mm} \quad \text{para } L \leq 150 \text{ m}$$

Donde:

t= espesor requerido para la plancha en mm.

L= eslora de la barcaza

s= espaciamento entre cuadernas en mm.

Las dimensiones de la barcaza son: $L = 40.00$ m, y la separación entre refuerzos longitudinales es de $s = 800$ mm.

Es decir que remplazando los valores de nuestra embarcación obtenemos que el espesor del planchaje sea:

$$t = 0.07 (40) + 0.007(800)$$

$$t = 8.40 \text{ mm}$$

Pero a este valor se le suma el espesor por corrosión, recordando la recomendación de la casa clasificadora DNV de 1.5 mm, es decir que el espesor de la plancha final será de:

$$t = t_o + t_{corrosion}$$

$$t = 8.40 + 1.5$$

$$t = 9.9 \text{ [mm]}$$

Por lo tanto para el costado de la barcaza se usarán planchas de acero naval de 10 mm de espesor.

Fondo de la embarcación:

Para el fondo de la embarcación se usa la formulación de la casa clasificadora ABS, obteniéndose los siguientes valores:

$$t = 0.045L + 0.007s + 1.8 \text{ mm} \quad \text{para } L \leq 123 \text{ m}$$

Luego al remplazar los valores que se tiene en la embarcación de estudio se obtiene:

$$t = 0.045 (L) + 0.007(s) + 1.8$$

$$t = 0.045 (40.00) + 0.007(800) + 1.8$$

$$t = 9.2 \text{ [mm]}$$

Pero a este valor se le suma el espesor por corrosión, recordando la recomendación de la casa clasificadora DNV de 1.5 mm, es decir que el espesor de la plancha final será de:

$$t = t_o + t_{corrosion}$$

$$t = 9.2 + 1.5$$

$$t = 12.00 \text{ [mm]}$$

Por lo tanto para el fondo de la barcaza se usarán planchas de acero naval de 12 mm de espesor.

Refuerzos Longitudinales

Para este cálculo se ha tomado como referencia a ABS, teniendo la siguiente formulación, la cual voy a usar el sistema ingles por lo que las tablas están con estas unidades, la cual la tabla la pongo en los anexos:

$$SM = 0.0041chs l^2 pl g^3$$

Donde:

c = 1.34 para el fondo

1.25 para el costado

h = distancia vertical en pies

s = espaciamiento de longitudinales

l = espacio no soportado

L = eslora de la barcaza

$$h = 0.02L + 2.5 \text{ pies}$$

Remplazando estos valores tendremos los siguientes resultados para los refuerzos longitudinales:

Tabla 3.4.5.- Módulo seccional para el refuerzo longitudinal de fondo

Longitudinales de fondo				
c	h(pies)	s(pies)	l(pies)	SM(plg ³)
1,34	3,3	4,92	9,84	8,64

Elaborado: Javier Eduardo Lavayen Saltos

Para los refuerzos longitudinales del fondo, con un modulo seccional de 8.64 plg^3 y un planchaje de $\frac{1}{2}$ “, entro a la tabla y obtengo un refuerzo en TEE con las siguientes dimensiones: 7 * 2.5 * 5/16 pulgadas.

Tabla 3.4.6.- Módulo seccional para el refuerzo longitudinal de costado

Longitudinales de costado				
c	h(pies)	s(pies)	l(pies)	SM(plg ³)
1,25	3,3	2,6	9,84	4,26

Elaborado: Javier Eduardo Lavayen Saltos

Para los refuerzos longitudinales del costado, con un modulo seccional de 4.26 plg^3 y un planchaje de $\frac{1}{2}$ “, obtengo un ángulo con las siguientes dimensiones: 7 * 5 * 5/16 pulgadas.

Cuadernas

Para el cálculo de las cuadernas requeridas se usa la formulación de la ABS la cual dice que:

$$SM = 4.74 \text{ chsl}^2 \text{ cm}^3$$

Al remplazar estos valores se obtiene el siguiente resumen de datos:

Tabla 3.4.7.- Módulo seccional para las cuadernas

cuadernas	
c	1,75
h	0,0155
s	2,5
l	5
SM(plg ³)	8,04

Elaborado: Javier Eduardo Lavayen Saltos

Para las cuadernas, con un modulo seccional de 8.04 plg^3 y un planchaje de $\frac{1}{2}$ ", obtengo un ángulo con las siguientes dimensiones: 10 * 7 * 5/16 pulgadas.

Mamparo de colisión

El mamparo de colisión va a tener una distancia mínima medida desde la perpendicular de proa, por la siguiente formulación:

$$\text{Distancia} = 0.05 * L \quad \text{metros} \quad \text{donde } L < 200 \text{ metros}$$

$$\text{Distancia} = 0.05 * 40$$

$$\text{Distancia} = 2 \text{ metros}$$

El mamparo de colisión para la barcaza se ubicara a dos metros medidos desde la perpendicular de proa con un espesor de 6mm.

Por medio de la formulas empíricas de la ABS se calcula por medio de la cuaderna maestra si soporta la carga con los refuerzos y el planchaje puesto.[11]

$$SM = C_1 * C_2 * L^2 * B * (C_b + 0.7) * K_3 * C * Q. [cm^2 - m]$$

$$C_1 = 0.044 * L + 3.75$$

$$K_3 = \left(0.7 + 0.3 * \left[\frac{\frac{V}{\sqrt{L}}}{2.36} \right] \right)$$

C1	5,51			
C2	0,01			
L^2	1600,00	SM	1487,97	cm^2-m
B	12,00	SM	148797,15	cm^3
Cb	0,827	SM	0,14879715	m3
K3	0,9			
C	1			
Q	1			
V	11			

Se obtiene un modulo seccional de 148797.15 cm³.

$$M_{sw} = 0.0052L^3B(C_b + 0.7)$$

M	6098,2272	KN*M
e	417,6218094	kg/cm2
fs	2	
e	835,2436189	kg/cm2

esfuerzo permisible ABS	1,54	ton/cm2
esfuerzo permisible ABS	1539,54	kg/cm2

porcentaje	84,32	%
------------	-------	---

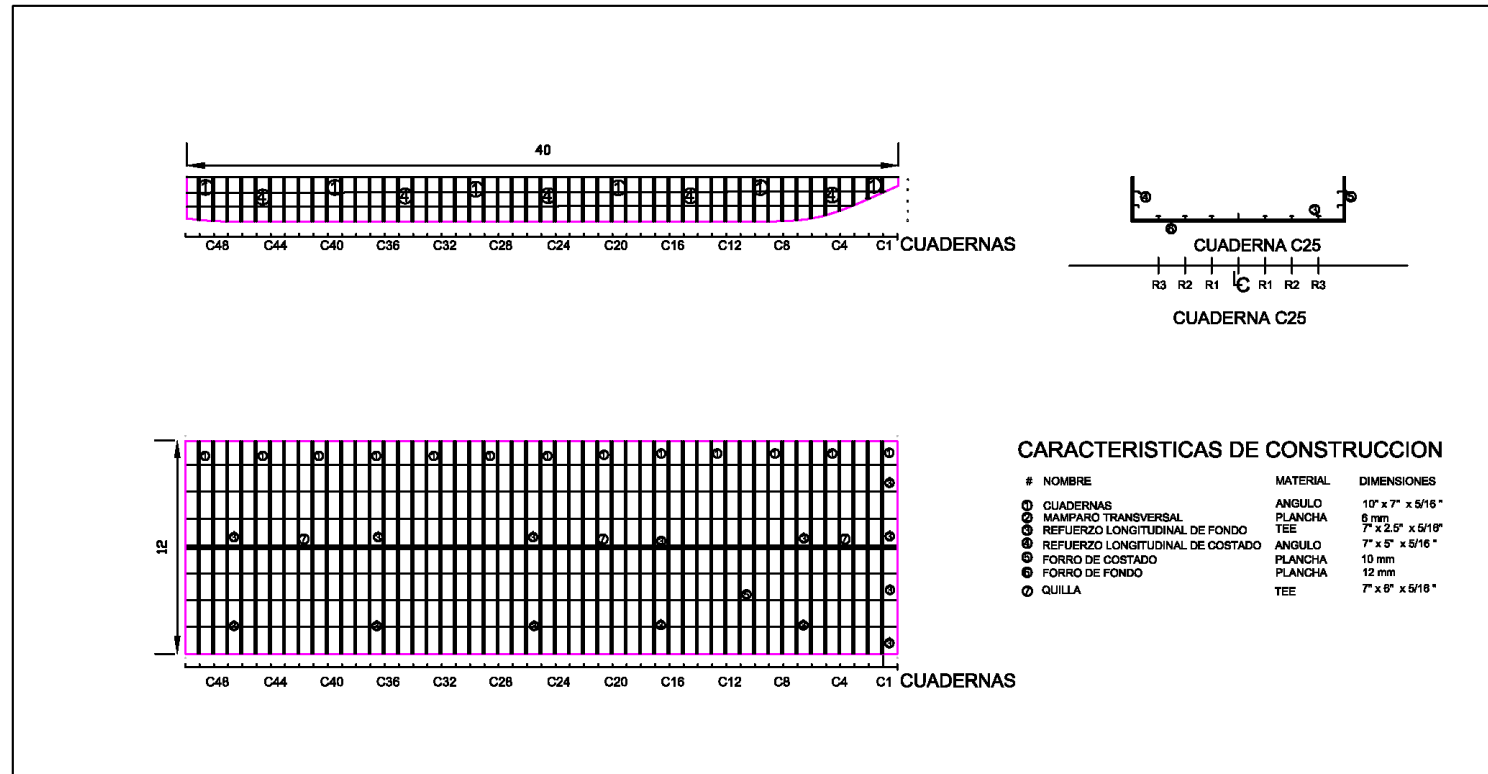
Con el momento y el modulo seccional calculo el esfuerzo y relacionándolo con el esfuerzo permisible con un factor de seguridad de 2, se obtiene un porcentaje de 84.32% de seguridad que no se va a romper el planchaje.[12]

Se pone el plano estructural con los espesores de los planchajes, los refuerzos longitudinales, cuadernas y mamparo.

Para bajar y subir las dos compuertas longitudinales que tienen 5.76 m³ de volumen y un peso de 45216 Kg con lo que se va a poner dos cabrestante

(winche) uno a babor y el otro a estribor, es decir uno para cada compuerta, que pueda realizar esta maniobra.

Fig. 3.4.1 PLANO ESTRUCTURAL



Fuente: Rules for building and classing STEEL BARGES 2009(ABS)

3.5 REMOLCADOR

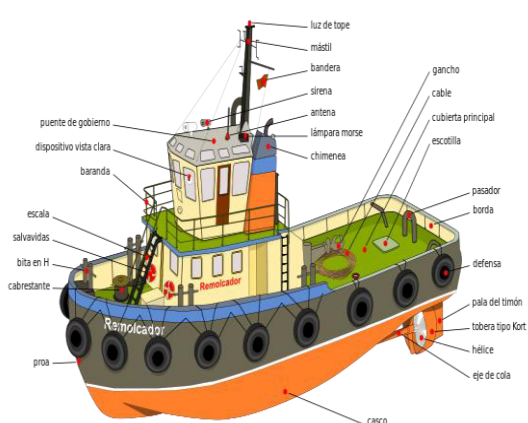
Un **remolcador** es una embarcación utilizada para ayudar a la maniobra de otras embarcaciones, principalmente al halar o empujar a dichos barcos o similares en puertos, pero también en mar abierto o a través de ríos o canales. También se usan para remolcar barcazas, barcos incapacitados u otros equipos.

En los puertos, su objetivo es guiar cuidadosamente a la embarcación a su destino de atraque donde se llevará a cabo la carga y descarga. En algunos casos puede llevar a la representación de la autoridad de puerto, transferirlo al barco para acompañar al capitán en la maniobra mientras el remolcador acompaña la trayectoria y maniobra de entrada a puertos. Garantiza así la prevención de accidentes y colisiones con estructuras, tierra firme y otras embarcaciones.

Los remolcadores son muy fuertes para su tamaño. Los primeros remolcadores tenían un motor a vapor; hoy en día funcionan con diésel. Los motores de los remolcadores típicamente producen de 750 a 3.000 caballos de fuerza (de 500 a 2.000 kW), pero los más grandes (usados en aguas más profundas) pueden producir hasta 25.000 caballos de fuerza (20.000 kW). Los motores a menudo son los mismos que los de las locomotoras, pero típicamente mueven las hélices mecánicamente en vez de convertir el resultado a energía para motores eléctricos, como es común en las

locomotoras. Por seguridad, los motores de los remolcadores tienen dos elementos de cada parte crítica como redundancia.

Fig. 3.5.1.- Remolcador



Para obtener el remolcador necesario se siguen los siguientes factores:

1. Numero de barcasas que van hacer empujadas
2. Carga de las barcasas
3. Profundidad del agua
4. Velocidad promedio y dirección

Para el empuje de barcasas se deben de considerar la eficiencia propulsiva η_d entre 0.3 a 0.4.

$$\eta = \frac{P_e}{P_d}$$

Donde:

$$P_e = \text{ehp} = \frac{RV}{550}$$

P_d = hp absorbida por la hélice

Para saber que empujador se necesita para las 6 barcasas, se utiliza el programa hullspeed en el que a una velocidad máxima de 10 nudos se obtiene lo siguiente:

A 10 nudos obtengo lo siguiente:

Tabla 3.5.1 Resultados del Empujador a velocidad de 10 nudos

	Speed (kts)	Holtrop Resist. (kH)	Holtrop Power (hp)
1	0	--	--
2	0,25	--	--
3	0,5	--	--
4	0,75	--	--
5	1	--	--
6	1,25	--	--
7	1,5	--	--
8	1,75	--	--
9	2	--	--
10	2,25	--	--
11	2,5	--	--
12	2,75	--	--
13	3	--	--
14	3,25	--	--
15	3,5	--	--
16	3,75	--	--
17	4	--	--
18	4,25	--	--
19	4,5	--	--
20	4,75	--	--
21	5	20,53	118,03
22	5,25	22,49	135,74
23	5,5	24,52	155,06
24	5,75	26,63	176,06
25	6	28,82	198,79
26	6,25	31,08	223,32
27	6,5	33,41	249,7
28	6,75	35,82	277,99
29	7	38,3	308,26
30	7,25	40,85	340,57
31	7,5	43,48	374,98
32	7,75	46,19	411,55
33	8	48,96	450,37
34	8,25	51,82	491,51
35	8,5	54,75	535,06
36	8,75	57,75	581,06
37	9	60,84	629,56
38	9,25	64	680,7
39	9,5	67,26	734,71
40	9,75	70,63	791,79
41	10	74,1	851,98

Elaborado: Javier Eduardo Lavayen Saltos

Para el empujador se toma en consideración la resistencia al avance de las barcasas y de la velocidad del mismo que es de 8 nudos. Con lo que el empujador que se necesita para el convoy en estudio es el siguiente, la cual también se presentan las características del mismo.

Para el convoy de barcaza se lo multiplica por 7, ya que son 7 barcasas, la resistencia total es:

Resistencia total= No barcasas * resistencia barcaza

Resistencia total= 7* 48.96= 293.76 KN

Resistencia total= 77043.4 LB

Con esta resistencia total de las 6 barcazas, se calcula la potencia necesaria del empujador para el tren de barcazas que lo va a empujar.

$$P_D = \frac{R*V}{\eta*550}$$

Donde:

R: resistencia total

V: velocidad del convoy

η : eficiencia propulsiva

P_D = potencia absorbida por la hélice

$$P_D = \frac{77043.4 \text{ lb} * (8 \text{ nudos} * 1.689 \frac{\text{ft}}{\text{seg}})}{0.5 * \frac{550 \text{ lb ft}}{\text{seg HP}}} = 3785.5 \text{ HP}$$

P_D = 3785.5 HP

Con esta potencia de 3785.5 HP se busca el empujador necesario para el convoy de barcazas.[13]

Fig. 3.6 Empujador**Tabla 3.5.3.- Especificaciones técnicas empujador**

DIMENSIONES PRINCIPALES	
Eslora(m)	26,37
Manga moldeada(m)	13,59
Puntal(m)	4
Calado(m)	3,71
Desplazamiento(ton)	657
RENDIMIENTO	
Bollard pull(ton)	53,4
velocidad(nudos)	10,6
SISTEMA PROPULSIVO	
Maquina principal	2* C3512B
Potencia(bhp)	3873
velocidad(rpm)	1600
Helices	2* 2400mm

Fuente: Damen Marine technology, vol. 20, julio 1983

Con estas especificaciones técnicas del empujador obtengo las características principales del empujador:

Tabla 3.5.4.- Características principales del empujador

características principales	
L(m)	26,37
B(m)	13,59
D(m)	4
pot(bhp)	3873

Elaborado: DAMEN

Se tiene un empujador de 3873bhp para empujar el convoy de barcazas a una velocidad de 8 nudos de la zona de dragado a la zona de depósito y viceversa.

3.6 RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL CONVOY

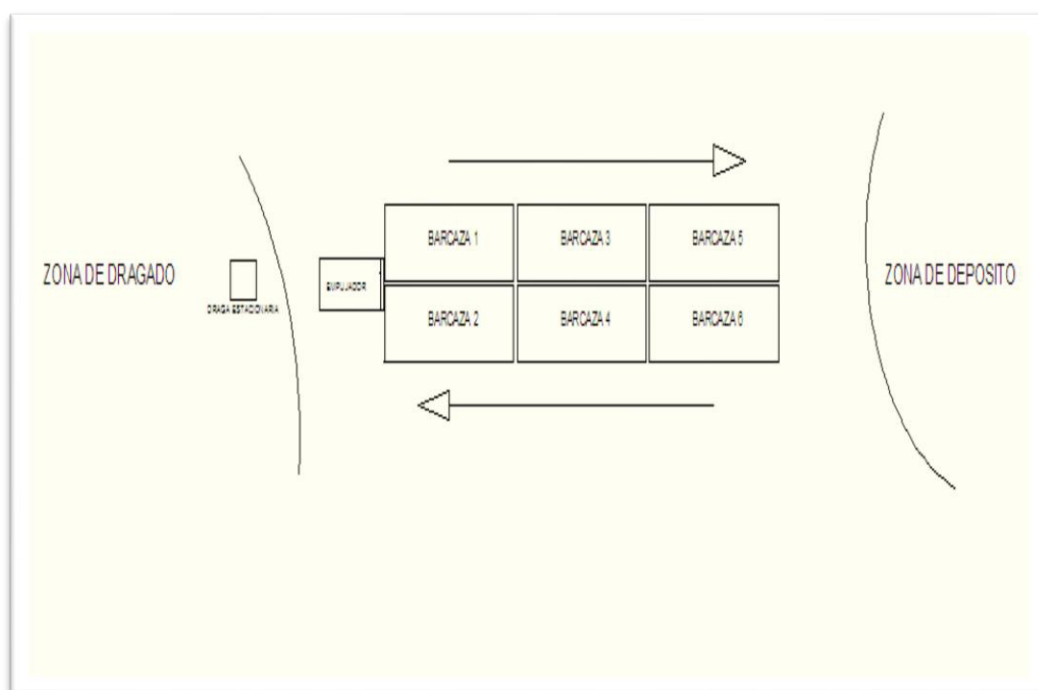
Para el diseño del convoy de barcazas se toma en consideración el volumen total que se va a llevar, el empujador que va a transportar las barcazas desde el lugar de dragado hasta el depósito y viceversa y la draga estacionaria que va a succionar el sedimento del canal de acceso al puerto de Guayaquil.

Características del convoy de barcazas:

- **Draga estacionaria:** 120407-DH($800\frac{m^3}{h}$)
- **N° de barcas:** 7(4900m³)
- **Empujador:** Damen Multi Cat2613(3873bhp)
- **Volumen total de carga:** 4900m³
- **Velocidad del convoy:** 8 nudos

Con esto se muestra de cómo sería el convoy con las barcas y el empujador a la vez:

Fig. 3.6.1.- Flujo convoy de barcas



Elaborado: Javier Eduardo Lavayen Saltos

Con esto se aprecia gráficamente como queda el convoy de las barcazas, en la que se observa que está conformada de 6 barcazas de 700 m^3 de capacidad cada una con un total de 4200 m^3 de capacidad total, el cual se las empuja mediante un empujador de 3873bhp de potencia y una draga estacionaria de $800 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}}$ la cual succiona el sedimento en la zona de dragado. El convoy se traslada de la zona de dragado a la zona de depósito y viceversa

CAPITULO 4

4. ANÁLISIS ECONÓMICO

Este capítulo analiza los costos en que incurren la draga de succión en marcha y el convoy de barcazas, a fin de determinar la alternativa económicamente conveniente.

4.1 MODELO DE ANÁLISIS

Este modelo analiza los costos a que incurre un armador en las fases de adquisición y operación de una embarcación.

Los costos a incluir en el análisis se clasifican en 3 grupos bien definidos:

Capital.- es el costo de adquisición de una embarcación incluyendo el método de financiamiento. Este costo puede ser explícito o implícito y usa el costo de inversión como medida de comparación con una alternativa equivalente de inversión.

Operación.- Los costos de producción (aquí referidos como costos de operación) son los gastos necesarios para mantener un proyecto, línea de procesamiento o un equipo en funcionamiento, en este caso la embarcación.

Viajes.- costos derivados del movimiento de la embarcación y esta conformada por los costos del combustible, lubricantes , pagos de canales, puertos, movimiento del personal de acuerdo a la potencia de los motores y tiempos de operación y funcionamiento (incluye tiempos improductivos) del equipo especificado, necesario para que la embarcación realice la cantidad de viajes requeridos por año.

A continuación se detalla los elementos de costo de cada grupo:

1. Capital:

$$A = P(A/P, i\%, n)$$

Donde:

A: costo anual de la inversión a una tasa determinada y el tiempo de vida del proyecto.

P: costo del buque.

i%: tasa anual de interés.

n : vida económica del buque(en años).

2. Operación:

Los elementos agrupados en este factor son:

- **Tripulación** : este costo depende del numero de tripulantes a bordo y puede ser estimado por la siguiente formula:

$$Ct = \frac{\left[33300 (Nt)^{\frac{4}{5}} \right]}{A}$$

Donde:

Ct: es el costo diario en salario de tripulación.

Nt: número de tripulantes a bordo

A: año operacional (en días)

- **Provisiones** : este ítem involucra los gastos de alimentación sobre un promedio diario , el cual fue estimado con la siguiente formula:

$$C_{pro}: Pa * Nt * (365/A)$$

Donde:

Pa = es el costo de alimento por hombre-día

- **Abastecimientos:** esta categoría incluye materiales de mantenimiento a ser usados a bordo, tales como pintura, materiales de limpieza, etc. Para buques con una tripulación de 50 hombres o menos, los costos diarios de mantenimiento podrían ser estimados por la siguiente fórmula:

$$C_{ab} = 1.6 * (Nt/10)^4$$

- **Seguros:** aquí están incluidos los costos cubiertos de seguros para maquinaria y casco debido a averías o pérdidas de la unidad, estos serán estimados por la siguiente fórmula:

$$C_{seg} = [10000 + (0.7 * C/100)]/A$$

Donde:

C = es el costo del buque

- **Mantenimiento:** en este grupo se han incluido las reparaciones a bordo, las cuales no incluyen las reparaciones periódicas. Es estimado por la siguiente fórmula:

$$C_{ma} = (F_{ma} * C) / (100 A)$$

Donde:

C_{ma} = es el costo de mantenimiento diario

C = es el costo del buque

F_{ma} = factor de costo de mantenimiento como % del costo del buque

- **Reparaciones:** esta categoría incluye las reparaciones periódicas e inspecciones.

$$C_{rep} = F_{re} * C / 100 A$$

Donde:

F_{re} = factor de reparos como porcentaje de costo del buque

3. Viajes:

Los elementos agrupados en este factor considera la operación de:

- **Combustible:** estos ítems son los costos de combustible y la expresión usada para calcular los costos diarios de navegación es:

$$C_{co} = 24 * F_{co} (SHP/1000) P_c$$

Donde:

SHP = es la potencia al eje de la maquina propulsora

Pc = precio del combustible en Ton

- **Lubricantes:** este costo también es estimado como porcentaje por costo de combustible y usualmente depende de la conservación de la maquinaria.

$$Clu = Flu * Cco / 100$$

Donde:

Flu = es el factor de costo de lubricante como porcentaje del costo de combustible.

Clu = costo de lubricantes.

- Motores
- Generadores
- Bombas

Además de pagos de paso de canales, uso portuarios, credenciales a los tripulantes. [14]

4.2 DRAGA DE SUCCIÓN EN MARCHA

Para los costos de la draga de succión en marcha vamos a considerar los 3 puntos definidos en el modelo de análisis que se detallo en el punto anterior.

4.2.1 Cálculo de los Costos de Capital

Dado que se tiene, que el costo de la draga de succión en marcha es de, aproximadamente, US\$26'400,000.00, y considerando que esté valor será cancelado en 20 años con una tasa de interés anual del 8%, se tiene que:

Tabla 4.2.1.- costo de capital succión en marcha

	COSTO DE CAPITAL	
	P(\$)	26400000
	i(%)	8
	n(años)	20
	factor(AP)	0,10185
costo anual por capital		2'688,840

Elaborado: Javier Eduardo Lavayen Saltos

El costo anual por capital será de \$2'688,840 millones de dólares.

4.2.2 Cálculo de los Costos de Operación

A continuación se computan los costos derivados de los elementos de tripulación, provisiones, abastecimiento, seguros, mantenimiento y reparación de la embarcación.

En la tabla siguiente, se muestran los costos del personal técnico y operativo para ejecución del proyecto, incluyendo ingresos adicionales de acuerdo a leyes y reglamentos laborales locales.

Tabla 4.2.2.-Costo de tripulación draga succión en marcha

COSTO DE TRIPULACION							
CANTIDAD	DESCRIPCION	COSTOS		COSTOS SOCIALES			
		sueldos	gasto mensual	ieess(11%)	vacaciones(8,34%)	retiro(8%)	varios(2%)
3	capitan	\$ 2.500	\$ 7.500	\$ 825	\$ 626	\$ 600	\$ 150
3	oficial de dragado	\$ 1.500	\$ 4.500	\$ 495	\$ 375	\$ 360	\$ 90
3	oficial de maquina	\$ 1.200	\$ 3.600	\$ 396	\$ 300	\$ 288	\$ 72
3	oficial de cubierta	\$ 1.200	\$ 3.600	\$ 396	\$ 300	\$ 288	\$ 72
6	operador de dragado	\$ 1.000	\$ 6.000	\$ 660	\$ 500	\$ 480	\$ 120
3	maquinistas	\$ 850	\$ 2.550	\$ 281	\$ 213	\$ 204	\$ 51
3	electricistas	\$ 850	\$ 2.550	\$ 281	\$ 213	\$ 204	\$ 51
6	timonel	\$ 850	\$ 5.100	\$ 561	\$ 425	\$ 408	\$ 102
4	marinero-soldador	\$ 850	\$ 3.400	\$ 374	\$ 284	\$ 272	\$ 68
3	cocinero	\$ 600	\$ 1.800	\$ 198	\$ 150	\$ 144	\$ 36
	resultado mensual	\$ 11.400	\$ 40.600	\$ 53.592	\$ 40.632	\$ 38.976	\$ 9.744
	costo de tripulacion por año		\$ 630.144				

Elaborado: Javier Eduardo Lavayen Saltos

El costo de tripulación por año es de \$630,144 dólares.

Tabla 4.2.3.-Costo de operación draga succión en marcha

COSTOS DE OPERACIÓN	
salarios de tripulacion	630144
provisiones	67525
abastecimientos	109451
seguros	194800
mantenimiento	10560
reparaciones	2890800
costo anual de operación	\$ 3.903.280

Elaborado: Javier Eduardo Lavayen Saltos

El costo de operación anual es de \$ 3'903,280 millones de dólares.

4.2.3 Cálculo de los Costos de Viaje

En la tabla siguiente se muestran los costos derivados del combustible, lubricantes y otros (pago por trafico del canal y puerto, credenciales a tripulantes) de acuerdo a la potencia de los motores y tiempos de operación y funcionamiento (incluye tiempos improductivos) del equipo especificado, necesario para que la embarcación realice la cantidad de viajes requeridos por año.

Tabla 4.2.4.-Costo de combustible draga succión en marcha

COSTO DE COMBUSTIBLE			
DESCRIPCIÓN	propulsión	bomba	generadores
motores	2	1	2
factor de reduccion	0,8	0,26	0,45
potencia	1875	1341	253
potencia disponible(Hp)	3000	349	228
consumo ltrs HP	0,19	0,19	0,19
consumo promedio de ltrs HP	570	66,25	43,26
horas de operación mes	720	720	720
consumo promedio de ltrs mes	410400	47700	31147,2
promedio de galones mes(cons prom ltrs/3,75)	109440	12720	8305,92
costo promedio mensual-(\$1,12 c/gln.transportado)	122572,8	14246,4	9302,6304
costo prom anual	1470873,6	170956,8	111631,5648
costo de combustible por año	1753461,96		

Elaborado: Javier Eduardo Lavayen Saltos

El costo por combustible anualmente es de \$1'753.461.96 dólares.

Se incluyen los costos por uso del canal, lubricantes, credenciales a los tripulantes.

Tabla 4.2.5.-Costo de viaje draga succión en marcha

COSTOS DE VIAJE	
combustible	1753462
lubricantes	128003
otros	52604
costo anual de viaje	1'934,069

Elaborado: Javier Eduardo Lavayen Saltos

El costo por viaje anualmente es de \$1'934,069 millones de dólares.

4.2.4 Cálculo de los Costos Totales

El costo total anual del servicio de dragado del canal de acceso, utilizando la draga de succión en marcha es de:

Tabla 4.2.4.1.- Costo total anual draga succión en marcha

Draga succión en marcha

	COSTOS
capital	\$ 2.688.840
operación	\$ 3.903.280,00
viaje	\$ 1.934.069,00
costo total anual	\$ 8.526.189

Elaborado: Javier Eduardo Lavayen Saltos

El costo total por el servicio de dragado es de **\$ 8'526.189 millones de dólares.**

En la siguiente figura, se muestran los costos de capital, operación y viaje, como un porcentaje respecto del costo total de inversión del proyecto.

Fig. 4.2.4.- Costo de capital, operación y viaje succión en marcha



Elaborado: Javier Eduardo Lavayen Saltos

4.3CONVOY

El convoy va estar conformado por una draga estacionaria, dos empujadores y barcazas, la cual los costos van a ser calculados de acuerdo al modelo de análisis que se especifico en el punto 4.1.

4.3.1CÁCULO DE LOS COSTOS DE LA DRAGA ESTACIONARIA

El presente apartado se desglosa los costos originados por el capital, operación y viaje de la draga estacionaria.

4.3.1.1 Cálculo de los Costos de Capital

Dado que se tiene, que el costo de la draga estacionaria es de, aproximadamente, \$ 900,000, y considerando que este valor será cancelado en 20 años con una tasa de interés anual del 8%, se tiene que:

Tabla 4.3.1.1.- Costo de capital draga estacionaria

	COSTO DE CAPITAL	
	P(\$)	\$ 900.000,00
	i(%)	8
	n(años)	20
	factor(A/P)	0,10185
costo anual por capital		\$ 91.665

Elaborado: Javier Eduardo Lavayen Saltos

El costo anual por capital es de \$ 91,665 dólares.

4.3.1.2 Cálculo de los Costos de Operación

A continuación se computan los costos derivados de los elementos de tripulación, provisiones, abastecimiento, seguros, mantenimiento y reparación de la embarcación.

En la tabla siguiente, se muestran los costos del personal técnico y operativo para ejecución del proyecto, incluyendo ingresos adicionales de acuerdo a leyes y reglamentos laborales locales, en el que al personal se les va a dar 20 días laborables y 10 días de descanso, por lo que se necesitara 3 grupos de trabajos para que haya un trabajo continuo de 24 horas al día los 365 días del año.

Tabla 4.3.1.2.-Costo de tripulación draga estacionaria

COSTO DE TRIPULACION							
CANTIDAD	DESCRIPCION	COSTOS		COSTOS SOCIALES			
		sueldos	gasto mensual	ies(11%)	vacaciones(8,34%)	retiro(8%)	varios(2%)
3	capitan	\$ 2.200	\$ 6.600	\$ 726	\$ 550	\$ 528	\$ 132
3	oficial de dragado	\$ 1.400	\$ 4.200	\$ 462	\$ 350	\$ 336	\$ 84
3	oficial de cubierta	\$ 1.200	\$ 3.600	\$ 396	\$ 300	\$ 288	\$ 72
6	operador de dragado	\$ 1.000	\$ 6.000	\$ 660	\$ 500	\$ 480	\$ 120
3	maquinistas	\$ 800	\$ 2.400	\$ 264	\$ 200	\$ 192	\$ 48
3	cocinero	\$ 600	\$ 1.800	\$ 198	\$ 150	\$ 144	\$ 36
	resultado mensual	\$ 7.200	\$ 24.600	\$ 32.472	\$ 24.620	\$ 23.616	\$ 5.904
	costo de tripulacion por año		\$ 381.812				

Elaborado: Javier Eduardo Lavayen Saltos

Aplicando la fórmula del libro, para calcular el costo diario por tripulación tendría lo siguiente:

$$Ct = [33300 (21)^{(4/5)}] / 365$$

$$Ct = \$ 1042,14$$

Este resultado sería el costo diario por tripulación, para un costo anual de \$380.382 que es muy cercano a los pagos que se asignaran a la tripulación.

En el establecimiento de los costos de materiales y lubricantes, mantenimiento y reparación de la embarcación, seguros y abastecimiento se lo ha realizado tomando un porcentaje del costo de la embarcación, con lo cual se obtuvo el siguiente valor de costo de operación:

Tabla 4.3.1.3.-Costo de operación draga estacionaria

COSTOS DE OPERACIÓN	
salarios de tripulacion	\$ 381.812
provisiones	38325
abastecimientos	11358
seguros	16300
mantenimiento	360,00
reparaciones	98550
costo anual de operación	\$ 546.704

Elaborado: Javier Eduardo Lavayen Saltos

El costo de operación anual es de \$ 546,704 dólares.

4.3.1.3 Cálculos de los Costos de Viaje

En la tabla siguiente se muestran los costos derivados del combustible, lubricantes y otros (pago por trafico del canal y puerto, credenciales a tripulantes) de acuerdo a la potencia de los motores y tiempos de operación y

funcionamiento (incluye tiempos improductivos) del equipo especificado, necesario para que la embarcación realice la cantidad de viajes disponibles por año.

Tabla 4.3.1.4.-Costo de combustible draga estacionaria

COSTO DE COMBUSTIBLE			
descripcion	propulsion	bomba	generadores
motores	2	1	1
factor de reduccion	0,8	0,26	0,45
potencia	300	156	253
consumo ltrs HP	0,19	0,19	0,19
consumo promedio de ltrs HP	204	240	38,4
horas de operación mes	240	720	720
consumo promedio de ltrs mes	48960	172800	27648
promedio de galones mes(cons prom ltrs/3,75)	13056	46080	7372,8
costo promedio mensual-(\$1,12 c/gln.transportado)	14622,72	51609,6	8257,536
costo prom anual	175472,64	619315,2	99090,432
costo de combustible por año	893878,272		

Elaborado: Javier Eduardo Lavayen Saltos

El costo por combustible anualmente es de \$ 893,878.272 dólares.

Se incluyen los costos por uso del canal, lubricantes, credenciales a los tripulantes.

Tabla 4.3.1.5.-Costo de viaje draga estacionaria

COSTOS DE VIAJE	
combustible	893878
lubricantes	65253
otros	8939
costo anual de viaje	\$ 968.070,17

Elaborado: Javier Eduardo Lavayen Saltos

El costo por viaje anualmente es de \$968,070.17 dólares.

4.3.1.4 Calculo de los Costos Totales

El costo total anual del servicio de dragado del canal de acceso, utilizando la draga estacionaria es de:

Tabla 4.3.1.6.- Costo total anual draga estacionaria

Draga Estacionaria

	COSTOS
capital	\$ 91.665
operación	\$ 546.704,37
viaje	\$ 968.070,17
costo total anual	\$ 1.606.439,54

Elaborado: Javier Eduardo Lavayen Saltos

El costo anual de la draga estacionaria es de \$ 1'606.439,54 dólares.

En la siguiente figura, se muestran los costos de capital, operación y viaje, como un porcentaje respecto del costo total de inversión del proyecto, disponible para la draga estacionaria.

Fig. 4.3.1.1.- Costo de capital, operación y viaje draga estacionaria



Elaborado: Javier Eduardo Lavayen Saltos

4.3.2 CÁLCULOS DE LOS COSTOS DEL EMPUJADOR

El presente apartado se desglosa los costos originados por el capital, operación y viaje del empujador.

4.3.2.1 Cálculo de los Costos de Capital

Dado que se tiene, que el costo del empujador es de, aproximadamente, \$1'800.000, y considerando que esté valor será cancelado en 20 años con una tasa de interés anual del 8%, se tiene que:

Tabla 4.3.2.1.- Costo capital empujador

	COSTO DE CAPITAL	
	P	1800000
	i	8
	n	20
	factor(A/P)	0,10185
costo anual por capital		183330

Elaborado: Javier Eduardo Lavayen Saltos

El costo de capital anual del empujador es \$ 183,330 dólares.

4.3.2.2 Cálculo de los Costos de Operación

A continuación se computan los costos derivados de los elementos de tripulación, provisiones, abastecimiento, seguros, mantenimiento y reparación de la embarcación.

En la tabla siguiente, se muestran los costos del personal técnico y operativo para ejecución del proyecto, incluyendo ingresos adicionales de acuerdo a leyes y reglamentos laborales locales.

Tabla 4.3.2.2.-Costo de tripulación empujador

COSTO DE TRIPULACIÓN							
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTOS		COSTOS SOCIALES			
		sueldos	gasto mensual	iess(11%)	vacaciones(8,34%)	retiro(8%)	varios(2%)
3	capitán	\$ 2.200	\$ 6.600	\$ 726	\$ 550	\$ 528	\$ 132
3	oficial de maquina	\$ 1.200	\$ 3.600	\$ 396	\$ 300	\$ 288	\$ 72
3	maquinistas	\$ 800	\$ 2.400	\$ 264	\$ 200	\$ 192	\$ 48
3	timonel	\$ 750	\$ 2.250	\$ 248	\$ 188	\$ 180	\$ 45
3	cocinero	\$ 600	\$ 1.800	\$ 198	\$ 150	\$ 144	\$ 36
	resultado mensual	\$ 5.550	\$ 16.650	\$ 21.978	\$ 16.663	\$ 15.984	\$ 3.996
	costo de tripulación por año		\$ 258.421				

Elaborado: Javier Eduardo Lavayen Saltos

El costo de tripulación por año será de \$ 258,421 dólares.

En el establecimiento de los costos de materiales y lubricantes, mantenimiento y reparación de la embarcación, seguros y administración se lo ha realizado tomando un porcentaje del costo de la embarcación, con lo cual se obtuvo el siguiente valor de costo de operación:

Tabla 4.3.2.3.-Costo de operación empujador

COSTOS DE OPERACIÓN	
salarios de tripulacion	258421
provisiones	27375
abastecimientos	2957
seguros	22600
mantenimiento	720
reparaciones	197100
costo anual de operación	\$ 509.173

Elaborado: Javier Eduardo Lavayen Saltos

El costo anual por operación es de \$509,173 dólares.

4.3.2.3 Cálculo de los Costos de Viaje

En la tabla siguiente se muestran los costos derivados del combustible, de acuerdo a la potencia de los motores y tiempos de operación y funcionamiento (incluye tiempos improductivos) del equipo especificado, necesario para que la embarcación realice la cantidad de viajes disponibles por año.

Tabla 4.3.2.4.- Costo de combustible empujador

COSTO DE COMBUSTIBLE		
descripcion	propulsion	generadores
motores	2	1
factor de reduccion	0,8	0,45
potencia	958	253
consumo ltrs HP	0,19	0,19
consumo promedio de ltrs HP	391,4	11
horas de operación mes	720	720
consumo promedio de ltrs mes	281808	7920
promedio de galones mes(cons prom ltrs/3,75)	75148,8	2112
costo promedio mensual-(\$1,12 c/gln.transportado)	84166,656	2365,44
costo prom anual	1009999,872	28385,28
costo de combustible por año	\$ 1.038.385,15	

Elaborado: Javier Eduardo Lavayen Saltos

El costo por combustible por año es de \$ 1'038.385,15 dólares.

Se incluyen los costos por uso del canal, lubricantes, credenciales a los tripulantes.

Tabla 4.3.2.5.- Costo de viaje empujador

COSTOS DE VIAJE	
combustible	1018386
lubricantes	74342
otros	10184
costo anual de viaje	\$ 1.102.912,51

El costo de viaje por año es de \$ 1'102,912.51 millones de dólares.

4.3.2.4 Cálculo de los Costos Totales:

El costo total anual del servicio de dragado del canal de acceso, utilizando el empujador es de:

Tabla 4.3.2.6.- Costo total anual empujador

Empujador

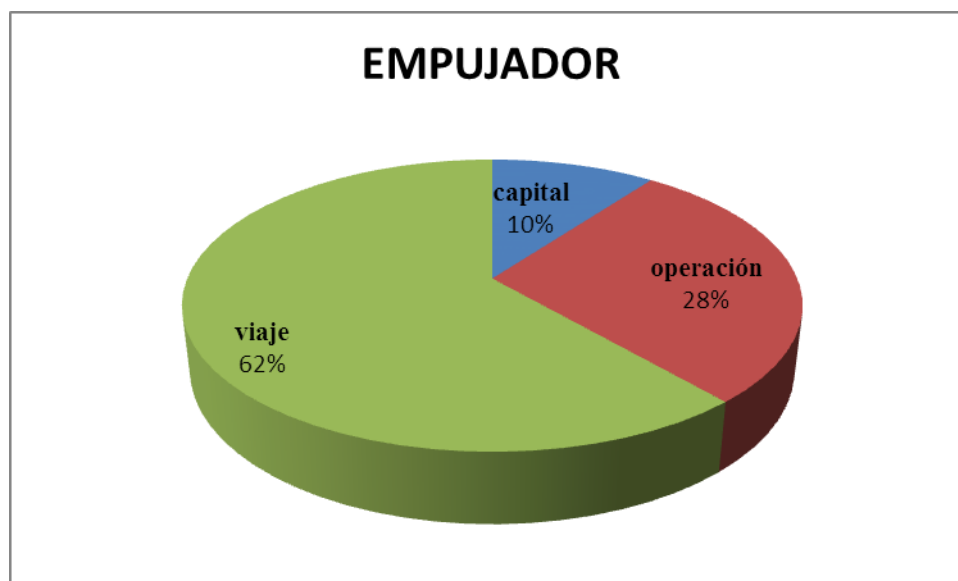
	COSTOS
capital	\$ 183.330,00
operación	\$ 509.172,82
viaje	\$ 1.102.912,51
costo total anual	\$ 1.795.415,33

Elaborado: Javier Eduardo Lavayen Saltos

El precio anual por un empujador es de \$ 1'795,415.33 millones de dólares, como se va a necesitar dos empujadores como se lo explicó en el capítulo 3 por lo que el costo anual por dos empujadores sería de \$3'590,830.66 millones de dólares.

En la siguiente figura, se muestran los costos de capital, operación y viaje, como un porcentaje respecto del costo total de inversión del proyecto, disponible para los dos remolcadores.

Fig. 4.3.2.1.- Costo de capital, operación y viaje empujador



Elaborado: Javier Eduardo Lavayen Saltos

4.3.3 CÁLCULO DE LOS COSTOS DE LAS BARCAZAS

Para el costos de las barcazas se realiza el costos por las bombas que se instalan para abrir las compuertas de las barcazas en el fondo de la embarcación para botar el sedimento en el lugar del deposito, los estructurales, protección del casco, diseño y por pruebas de muelles y mar que se va a detallar a continuación.

Para calcular el costo de lo que es el planchaje de acero naval mas los refuerzos y a la ves se incluye la mano de obra se considera el área del

fondo, costados, proa y popa en el que se detalló y calculó en el punto 3.4.3 que es el escantillonado y con un peso específico del acero de $7850 \frac{Kg}{m^3}$ se obtiene lo siguiente:

Tabla 4.3.3.1- Peso total barcaza

ítem	dimension(m)		area(m2)	espesor(m)	volumen	peso(kg)
fondo	40	12	480	0,012	5,76	45216
costados(2)	40	2,5	200	0,01	2	15700
proa y popa(2)	12	2,5	60	0,01	0,6	4710
					suma	65626

Elaborado: Javier Eduardo Lavayen Saltos

El peso de la barcaza es de 65,626 Kg mas el peso de los refuerzos se tiene un peso total de 72,188 Kg. El peso por kilo para la mano de obra esta a \$1.3 dólares, por lo que se calcula el precio de los estructurales de la barcaza por mano de obra.

Tabla 4.3.3.2- Costo estructural barcaza

ESTRUCTURALES			
ITEM	precio por kg	peso (kg)	total
casco ,soldadura,refuerzos	\$ 1,3	72188,6	\$ 93.845
suma			\$ 93.845

Elaborado: Javier Eduardo Lavayen Saltos

El costo de la barcaza es de \$ 93,845 dólares por mano de obra.

Para el costo por las estructuras se toma en cuenta los precios actuales que da la compañía DIPAC en manta, que esta en el que se cotizo las planchas de 12 mm y 10 mm que son las que se necesitan para la barcaza. Con las siguientes dimensiones y precios:

Tabla 4.3.3.3- Costo de Planchas

item	largo(mm)	ancho(mm)	espesor(mm)	precio unitario
plancha de acero naval	6000	1500	12	1050,42
plancha de acero naval	6000	1500	10	909,12

Elaborado: Javier Eduardo Lavayen Saltos

Por lo que para el fondo de 480 m^2 se necesitan 56 planchas de 12mm por lo que el precio total es de \$58,823.52, para los dos costados de 100 m^2 cada uno se necesitan 28 planchas de 10 mm por lo que el precio es de \$25,455.36 y para proa y popa de 30 m^3 cada uno se necesitan 8 planchas de 10 mm por lo que el precio es de \$7272,96 y mas los refuerzos longitudinales, costados y cuadernas, se tiene un precio total de \$285.396 dólares.

A la barcaza se le va a realizar un sandblasting en el que el mercado esta a \$35 el metro cuadrado, se lo va a pintar y a poner 40 zinc en el que esta a \$30 cada uno. Se pone en detalle en la tabla 4.2.3.3.

Tabla 4.3.3.4.- Costo de protección de casco

PROTECCION DE CASCO			
sandblasting(por m2)	\$ 35	740	\$ 25.900
pintura obra viva	\$ 10.000	1	\$ 10.000
pintura obra muerta	\$ 3.000	1	\$ 3.000
zinc(c/ zinc \$30)	\$ 30	40	\$ 1.200
suma			\$ 40.100

Elaborado: Javier Eduardo Lavayen Saltos

El costo por protección de casco es de \$ 40,100 dólares.

El costo del winche es de \$20.000 cada uno y se va a poner dos en cada barcaza, por lo que para las 21 barcazas que se tienen en total va tener un costo total de \$840.000 dólares.

En los costos totales se pone en consideración los costos por estructurales, protección del casco, el diseño de la barcaza, winches y el lanzamiento que se le realice.

Tabla 4.3.3.5.- Costo total barcaza

COSTO TOTAL	
estructurales	\$ 285.396
proteccion de casco	\$ 40.100
diseño	\$ 2.000
winches	\$ 40.000
lanzamiento	\$ 1.000
suma	\$ 368.496

Elaborado: Javier Eduardo Lavayen Saltos

El costo total de una barcaza es de \$ 368.496, por lo que por cada convoy se necesita 7 barcasas y como se necesita 3 convoyes para que haya un trabajo las 24 horas del día como se explicó en el capítulo 3, se necesitarían 21 barcasas con un costo total de las mismas de \$ 7'738,416 millones de dólares.

4.3.3.1 Cálculo de los Costos de Capital

Dado que se tiene, que el costo de las 21 barcasas es de \$ 7'738,416 millones de dólares y considerando que esté valor será cancelado en 20 años con una tasa de interés anual del 8%, se tiene que:

Tabla 4.3.3.6.- Costo capital barcazas

	COSTO DE CAPITAL	
	P(\$)	\$ 7.738.416
	i(%)	8
	n(años)	20
	factor(A/P)	0,10185
costo anual por capital		\$ 788.158

Elaborado: Javier Eduardo Lavayen Saltos

El costo anual por capital de las barcazas es de \$ 788,158 dólares.

4.3.3.2 Cálculo de los Costos de operación

Para el costo de operación como no va a ver tripulantes, solo se tiene seguro, mantenimiento y reparaciones para las barcazas.

Tabla 4.3.3.7.- Costo operación barcazas

COSTO DE OPERACIÓN	
seguros	\$ 12.579,47
mantenimiento	\$ 147,40
reparaciones	\$ 40.350,31
suma	\$ 53.077,18

El costo anual por operación de las barcazas es de \$ 53,077.18 dólares y como son 21 barcazas el costo de operación es de \$ 1'114,620.83 millones de dólares.

4.3.3.3 Cálculo de los Costos Totales

El costo total anual del servicio de dragado del canal de acceso, utilizando las barcazas es de:

Tabla 4.3.3.8.- Costo Totales barcazas

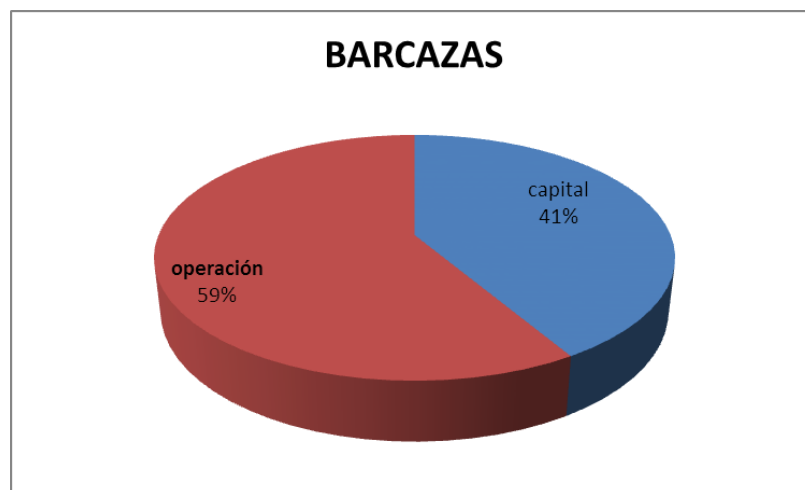
Barcazas

	COSTOS
capital	\$ 788.157,67
operación	\$ 1.114.620,83
costo total anual	\$ 1.902.778,50

El costo total anual de las barcazas es de \$1'902,778.50 millones de dólares

En la siguiente figura, se muestran los costos de capital y operación como un porcentaje respecto del costo total de inversión del proyecto, disponible para las 21 barcazas.

Fig. 4.3.3.1.- Costo de capital, operación y viaje empujador



Elaborado: Javier Eduardo Lavayen Saltos

4.4 RESUMEN DE COSTOS

Para el resumen de costos en la draga de succión en marcha se suma los costos por capital operación y viaje y para el convoy se suma lo mismo pero para los tres elementos que lo compone como lo son la draga estacionaria, empujadores y barcazas.

4.4.1 DRAGA DE SUCCION EN MARCHA

Los costos anuales de la draga en succión en marcha, el cual tiene costos de capital, operación y viajes.

Tabla 4.4.1.- Costo anual Draga succión en marcha

COSTO DRAGA SUCCION EN MARCHA	
capital	\$ 2.688.840
operación	\$ 3.903.280,00
viaje	\$ 1.934.069,00
costo total anual	\$ 8.526.189

Elaborado: Javier Eduardo Lavayen Saltos

El costo anual de la draga de succión en marcha es de **\$ 8'526,189 millones de dólares.**

4.4.2 CONVOY

Los costos anuales del convoy, el cual esta conformado por una draga estacionaria, 2 empujadores y 21 barcazas, se obtiene el costo total anual del convoy.

Tabla 4.4.2.- Costo anual convoy

COSTO CONVOY	
draga estacionaria(1)	\$ 1.606.439,54
empujador(2)	\$ 3.590.830,65
barcazas(21)	\$ 1.902.778,50
costo total anual	\$ 7.100.048,69

Elaborado: Javier Eduardo Lavayen Saltos

El costo anual del convoy de barcazas es de **\$ 7'100,048.96 millones de dólares.**

4.5 COMPARACION DE RESULTADOS DE COSTOS

Se hace un resumen de los costos anuales para la draga de succión en marcha y para el convoy de barcazas para comparar cual de los dos es más económico.

Tabla 4.5.1.- Comparación de costos anuales

COSTO DRAGA SUCCION EN MARCHA		COSTO CONVOY	
capital	\$ 2.688.840	dragas estacionaria(1)	\$ 1.606.439,54
operación	\$ 3.903.280,00	empujador(2)	\$ 3.590.830,65
viaje	\$ 1.934.069,00	barcazas(21)	\$ 1.902.778,50
costo total anual	\$ 8.526.189	costo total anual	\$ 7.100.048,69

Elaborado: Javier Eduardo Lavayen Saltos

En la tabla 4.5.1 se observa que el costo total anual de la alternativa 1 (dragas succión en marcha) es de \$ 8'526,189 millones de dólares y el de la alternativa 2 (convoy de barcazas) es de \$ 7'100,048.69millones de dólares, por lo que con la alternativa 2 que es la que se esta proponiendo se estaría ahorrando \$ 1.426.140,31 al año.

Costo unitario: Es el costo en el que se incurre para producir una unidad de un bien. Es decir, se suman todos los costos (fijos y variables) y eso se lo divide entre las unidades producidas y el resultado es tu costo unitario.

Tabla 4.5.2.- Comparación de costos anuales/ m^3

VOLUMEN TOTAL A DRAGAR = 7'806,231 m ³		
ITEMS	DRAGA SUCCION EN MARCHA	CONVOY DE BARCAZAS
m ³ / años(millones)	1,3	3,7
costo total anual(millones)	\$ 8,50	\$ 7,10
costo anual/m ³	\$ 6,54	\$ 1,92
costo (millones)	\$ 51,00	\$ 14,91

Elaborado: Javier Eduardo Lavayen Saltos

El costo en la draga de succión en marcha es de 6.54 dólares por cada metro cubico y en el convoy es de 1.92 dólares por cada metro cubico.

Si el volumen total del dragado es 7806231 m^3 , entonces se estima un tiempo de finalización del dragado por alternativa:

$$1. \text{ Draga de succión en marcha} = \frac{\text{volumen dragado total}}{\text{volumen anual}}$$

$$\text{Draga succión en marcha} = \frac{7.8m^3}{1.3m^3/\text{años}} = 6 \text{ años}$$

$$2. \text{ Convoy} = \frac{\text{volumen dragado total}}{\text{volumen anual}}$$

$$\text{Convoy} = \frac{7.8 \text{ m}^3}{3.7 \text{ m}^3/\text{años}} = 2.1 \text{ años}$$

Con lo que la draga de succión en marcha realiza el dragado en aproximadamente en 6 años y el convoy en 2.1 años.

Referencia: W. Martínez (1979) “Modelo de Avaliação Econômica de Investimento en Navios” tesis de maestría, UFRJ, Brasil.

CONCLUSIONES

Estas conclusiones se basan en el análisis de las dos alternativas presentadas. El presente proyecto analiza el volumen de canal de navegación del puerto de Guayaquil en el que existen 3 sectores críticos con un volumen total de 7.8 millones de m^3 a dragar. Aquí compara las dos alternativas antes mencionadas que son la draga en succión en marcha que es la que existe en la actualidad y el convoy que es la alternativa propuesta.

1. Con relación al volumen el convoy presenta un volumen anual de dragado de $3'717,252.86 m^3$, mientras que la draga de succión en marcha presenta un volumen de dragado de $1'301.038,5 m^3$ anuales, con lo que demuestra que la alternativa propuesta sería un 185 % más eficiente que la alternativa 1.

2. Con relación al tiempo de dragado se ha estimado en función de las características operacionales de las alternativas en lado que la alternativa 1 (draga de succión en marcha) es de 6 años y para la alternativa 2 (convoy) es de 2.1 años, por lo que la alternativa 2 que es la que se esta proponiendo se estaría dragando en un tiempo mucho menor que el que existe en la actualidad.

3. Con relación a los costos anuales de operación, el costo del dragado con la draga de succión en marcha es de \$ 8.5 millones de dólares anuales y el costo con el convoy es de \$ 7.1 millones de dólares anuales, lo que quiere decir que se estaría ahorrando \$1.426.140,31 dólares anuales con el proyecto que se esta proponiendo.

4. Con relación al costo unitario la draga de sección en marcha es de \$ 6.54 por cada metro cúbico y el del convoy es de \$ 1.92 por cada metro cúbico, por lo que el convoy es económicamente mejor que la draga de succión en marcha.

RECOMENDACIONES

1. La Autoridad Portuaria de Guayaquil (APG) debería considerar estos aspectos, que además de la conveniencia en tiempo y costo, se le daría trabajo a personal ecuatoriano en la construcción y operación del convoy.

ANEXOS

ANEXO 7.1 Tabla de boyas del canal de acceso al puerto de Guayaquil

ESTERO SALADO		
2-33-35.983S	80-30-37.963W	FARO PUNTA DE PIEDRA ENGABAO
2-38-25.609S	80-26-05.506W	FARO PUNTA CHAPOYA
2-39-04.954S	80-24-29.079W	BOYA PLAYAS
2-44-39.183S	80-24-52.849W	BOYA DE MAR
2-44-16.985S	80-23-46.950W	1
2-44-30.985S	80-23-47.451W	2
2-43-58.620S	80-22-09.725W	3
2-44-11.359S	80-22-06.676W	4
2-43-41.959S	80-20-43.280W	5
2-43-54.954S	80-20-40.839W	6
2-43-45.985S	80-19-19.941W	6A
2-43-28.986S	80-19-01.941W	7
2-43-19.184S	80-18-09.011W	DATA 1
2-43-12.030S	80-17-30.932W	DATA 2
2-44-12.905S	80-18-27.737W	8
2-44-46.986S	80-17-45.538W	8A
2-44-56.486S	80-17-26.637W	9
2-45-09.986S	80-17-21.938W	10
2-45-44.004S	80-16-31.498W	11
2-45-50.107S	80-16-36.837W	12
2-46-22.524S	80-15-34.437W	13
2-47-33.317S	80-14-34.291W	A1
2-48-16.128S	80-13-45.525W	A2
2-46-14.058S	80-14-14.774W	14
2-45-50.290S	80-14-52.187W	15
2-44-20.196S	80-14-21.372W	15A
2-43-56.095S	80-13-23.697W	FARALLONES
2-43-13.986S	80-13-49.930W	16
2-40-53.988S	80-13-58.449W	17
2-40-53.979S	80-13-45.495W	18
2-39-23.954S	80-13-39.363W	20
2-39-23.214S	80-13-52.575W	21
2-38-09.094S	80-13-40.837W	B1
2-37-26.566S	80-13-38.040W	B2
2-38-16.253S	80-13-09.655W	ROCA SEIBA
2-38-20.802S	80-13-19.493W	22
2-38-05.354S	80-13-20.302W	23
2-37-36.946S	80-12-39.494W	24
2-36-57.154S	80-11-55.504W	25
2-37-09.502S	80-11-50.631W	26
2-36-28.373S	80-10-46.628W	27
2-36-40.528S	80-10-41.540W	28
2-36-00.298S	80-09-38.724W	31
2-36-12.139S	80-09-33.404W	32
2-35-35.297S	80-08-39.092W	33
2-35-28.106S	80-08-04.265W	C1
2-35-10.787S	80-07-23.194W	C2
2-34-56.626S	80-07-53.632W	35
2-35-06.976S	80-07-45.474W	36
2-34-22.817S	80-07-10.308W	37
2-34-31.758S	80-07-01.284W	38
2-33-38.333S	80-06-24.747W	39
2-33-47.607S	80-06-15.771W	40
2-32-41.162S	80-05-59.789W	43
2-32-45.404S	80-05-45.449W	44
2-31-42.058S	80-05-33.622W	45
2-31-47.465S	80-05-21.685W	46
2-30-48.240S	80-04-55.099W	48
2-29-40.443S	80-04-39.695W	49
2-28-37.477S	80-04-11.584W	51
2-27-28.295S	80-03-24.421W	53
2-27-35.754S	80-03-13.518W	54
2-26-17.678S	80-02-31.853W	57
2-26-25.264S	80-02-21.035W	58
2-25-12.363S	80-01-57.054W	59
2-24-38.889S	80-01-09.837W	E1
2-23-24.562S	80-00-14.455W	E2
2-23-28.293S	80-01-11.929W	62
2-21-38.552S	80-00-32.990W	66
2-21-02.898S	80-00-35.072W	F1
2-20-17.519S	80-00-21.489W	F2
2-20-59.862S	79-58-53.357W	67
2-19-48.161S	79-57-35.427W	69
2-19-17.989S	79-57-13.921W	CTB
2-19-07.823S	79-56-53.385W	72
2-18-44.483S	79-56-21.774W	74
2-18-27.811S	79-55-59.945W	75
2-18-49.281S	79-55-23.644W	BALIZA 76
2-18-37.977S	79-55-20.976W	77
2-18-37.164S	79-54-51.951W	78
2-17-53.085S	79-54-47.990W	80
2-17-48.042S	79-54-58.823W	BALIZA 81
02-17-35.265S	79-54-49.152W	APG (Amarilla)

Anexo 7.2 Tabla de refuerzos

Appendix C
Section Modulus Data

Tee

Angle

Bulb Tee

Rectangular Tube

Flat Bar

I-Beam

Channel

Members on 38 t plate section modulus (in.³)

Name		Attached Plate Thickness, in.						Member Alone
Height × Width × Thickness		1/8	3/16	1/4	5/16	3/8	1/2	
2.00 × 1.00 × 3/16	Tee	0.49	0.53	0.56	0.59	0.62	0.71	0.16
2.00 × 1.50 × 3/16	Tee	0.64	0.70	0.74	0.77	0.81	0.91	0.18
2.00 × 2.00 × 3/16	Tee	0.80	0.87	0.91	0.95	0.99	1.10	0.19
2.00 × 1.00 × 1/4	Tee	0.59	0.65	0.70	0.73	0.77	0.87	0.21
2.00 × 1.50 × 1/4	Tee	0.78	0.87	0.92	0.96	1.01	1.12	0.23
2.00 × 2.00 × 1/4	Tee	0.97	1.08	1.14	1.20	1.25	1.37	0.24
3.00 × 1.00 × 3/16	Tee	0.87	0.96	1.01	1.05	1.09	1.17	0.36
3.00 × 1.50 × 3/16	Tee	1.10	1.21	1.27	1.32	1.36	1.46	0.39
3.00 × 2.00 × 3/16	Tee	1.34	1.46	1.53	1.59	1.64	1.74	0.41
3.00 × 1.00 × 1/4	Tee	1.07	1.19	1.27	1.32	1.37	1.48	0.47
3.00 × 1.50 × 1/4	Tee	1.36	1.51	1.60	1.67	1.73	1.85	0.51
3.00 × 2.00 × 1/4	Tee	1.65	1.83	1.94	2.02	2.08	2.22	0.54
3.00 × 1.75 × 3/16	Tee	1.22	1.34	1.40	1.45	1.50	1.60	0.40
3.00 × 1.75 × 1/4	Tee	1.50	1.67	1.77	1.84	1.91	2.03	0.52
4.00 × 1.00 × 3/16	Tee	1.33	1.47	1.56	1.62	1.67	1.76	0.62
4.00 × 1.50 × 3/16	Tee	1.64	1.81	1.91	1.98	2.03	2.14	0.67
4.00 × 2.00 × 3/16	Tee	1.95	2.15	2.26	2.34	2.40	2.52	0.71
4.00 × 1.00 × 1/4	Tee	1.64	1.84	1.97	2.05	2.12	2.25	0.82

MARINE TECHNOLOGY

Members on 38 I plate section modulus (in.³)

Name Height x Width x Thickness		Attached Plate Thickness, in.						Member Alone
		1/8	3/16	1/4	5/16	3/8	1/2	
4.00 x 1.50 x 1/4	Tee	2.03	2.27	2.42	2.52	2.60	2.74	0.88
4.00 x 2.00 x 1/4	Tee	2.41	2.70	2.87	2.98	3.07	3.23	0.93
5.00 x 1.00 x 1/4	Tee	2.30	2.60	2.79	2.92	3.02	3.17	1.25
5.00 x 1.50 x 1/4	Tee	2.79	3.14	3.35	3.50	3.61	3.78	1.34
5.00 x 2.00 x 1/4	Tee	3.27	3.66	3.91	4.08	4.20	4.39	1.42
5.00 x 1.00 x 3/16	Tee	2.69	3.07	3.32	3.49	3.62	3.82	1.54
5.00 x 1.50 x 3/16	Tee	3.27	3.71	4.00	4.20	4.35	4.57	1.66
5.00 x 2.00 x 3/16	Tee	3.84	4.34	4.67	4.90	5.07	5.32	1.75
5.00 x 1.00 x 1/2	Tee	3.04	3.48	3.79	4.01	4.17	4.42	1.82
5.00 x 1.50 x 1/2	Tee	3.70	4.22	4.58	4.83	5.02	5.30	1.96
5.00 x 2.00 x 1/2	Tee	4.27	4.95	5.37	5.65	5.87	6.19	2.07
6.00 x 1.00 x 1/4	Tee	3.06	3.47	3.74	3.92	4.06	4.26	1.77
6.00 x 1.50 x 1/4	Tee	3.63	4.10	4.41	4.62	4.76	4.98	1.89
6.00 x 2.00 x 1/4	Tee	4.21	4.74	5.08	5.31	5.47	5.71	2.00
6.00 x 1.00 x 3/16	Tee	3.59	4.10	4.45	4.70	4.88	5.14	2.18
6.00 x 1.50 x 3/16	Tee	4.28	4.86	5.26	5.54	5.74	6.04	2.34
6.00 x 2.00 x 3/16	Tee	4.96	5.62	6.07	6.38	6.61	6.93	2.47
6.00 x 1.00 x 1/2	Tee	4.06	4.66	5.10	5.41	5.63	5.97	2.58
6.00 x 1.50 x 1/2	Tee	4.86	5.54	6.04	6.39	6.65	7.02	2.77
6.00 x 2.00 x 1/2	Tee	5.53	6.42	6.98	7.37	7.66	8.08	2.93
7.00 x 1.50 x 1/4	Tee	4.57	5.17	5.58	5.86	6.05	6.33	2.53
7.00 x 2.00 x 1/4	Tee	5.23	5.90	6.35	6.66	6.88	7.18	2.66
7.00 x 2.50 x 1/4	Tee	5.89	6.63	7.13	7.46	7.70	8.03	2.77
7.00 x 1.50 x 3/16	Tee	5.39	6.13	6.66	7.04	7.31	7.68	3.13
7.00 x 2.50 x 3/16	Tee	6.19	7.01	7.60	8.01	8.31	8.72	3.29
7.00 x 1.50 x 1/2	Tee	6.56	7.89	8.53	8.99	9.31	9.77	3.43
7.00 x 2.50 x 1/2	Tee	8.15	7.00	7.65	8.12	8.47	8.95	3.71
7.00 x 3.00 x 1/2	Tee	6.92	8.02	8.74	9.26	9.64	10.18	3.91
8.00 x 2.00 x 1/4	Tee	7.17	9.04	9.83	10.40	10.82	11.41	4.08
8.00 x 2.50 x 1/4	Tee	6.94	7.17	7.74	8.13	8.41	8.79	3.42
8.00 x 3.00 x 1/4	Tee	7.09	7.99	8.62	9.04	9.36	9.76	3.55
8.00 x 2.50 x 3/16	Tee	7.32	8.82	9.49	9.95	10.28	10.72	3.67
8.00 x 3.00 x 3/16	Tee	7.52	8.52	9.26	9.79	10.17	10.69	4.23
8.00 x 2.50 x 1/2	Tee	7.94	9.51	10.32	10.89	11.31	11.88	4.40
8.00 x 3.00 x 1/2	Tee	8.16	10.50	11.38	12.00	12.45	13.06	4.55
8.00 x 2.00 x 3/8	Tee	8.44	9.76	10.66	11.32	11.81	12.48	5.03
8.00 x 2.50 x 3/8	Tee	8.74	10.91	11.89	12.61	13.15	13.88	5.24
8.00 x 3.00 x 3/8	Tee	8.99	12.06	13.13	13.91	14.49	15.28	5.41
9.00 x 2.00 x 1/4	Tee	8.95	10.13	11.04	11.70	12.18	12.83	5.27
9.00 x 2.50 x 1/4	Tee	9.43	11.25	12.23	12.94	13.46	14.16	5.48
9.00 x 3.00 x 1/4	Tee	9.69	12.36	13.41	14.18	14.74	15.49	5.67
9.00 x 2.50 x 3/16	Tee	9.92	13.46	14.60	15.42	16.01	16.82	5.83
9.00 x 3.00 x 3/16	Tee	10.08	11.62	12.72	13.54	14.15	14.99	6.27
9.00 x 2.50 x 1/2	Tee	10.43	12.92	14.10	14.99	15.65	16.56	6.53
9.00 x 3.00 x 1/2	Tee	10.73	14.21	15.48	16.44	17.15	18.12	6.75
9.00 x 3.50 x 1/2	Tee	10.99	15.49	16.86	17.88	18.65	19.69	6.94
9.00 x 2.00 x 3/8	Tee	11.95	14.31	15.71	16.84	17.71	18.96	8.22
9.00 x 2.50 x 3/8	Tee	12.38	15.94	17.46	18.68	19.63	20.98	8.56
9.00 x 3.00 x 3/8	Tee	12.76	17.56	19.20	20.52	21.55	23.00	8.86
9.00 x 3.50 x 3/8	Tee	13.09	18.15	20.94	22.36	23.46	25.02	9.11
2.00 x 0.75 x 3/16	Bulb Tee	0.41	0.44	0.47	0.50	0.53	0.62	0.23
2.00 x 0.87 x 3/16	Bulb Tee	0.45	0.49	0.52	0.54	0.58	0.67	0.24
2.00 x 1.00 x 3/16	Bulb Tee	0.49	0.53	0.56	0.59	0.62	0.71	0.25
2.00 x 0.75 x 1/4	Bulb Tee	0.49	0.55	0.58	0.62	0.65	0.75	0.28
2.00 x 0.87 x 1/4	Bulb Tee	0.54	0.60	0.64	0.68	0.71	0.82	0.29
2.00 x 1.00 x 1/4	Bulb Tee	0.59	0.65	0.70	0.73	0.77	0.88	0.29
2.50 x 1.00 x 3/16	Bulb Tee	0.67	0.73	0.77	0.80	0.84	0.93	0.36
2.50 x 1.25 x 3/16	Bulb Tee	0.77	0.84	0.88	0.92	0.95	1.05	0.37
2.50 x 1.50 x 3/16	Bulb Tee	0.87	0.94	0.99	1.03	1.07	1.17	0.38
2.50 x 1.00 x 1/4	Bulb Tee	0.82	0.91	0.96	1.01	1.05	1.16	0.43
2.50 x 1.25 x 1/4	Bulb Tee	0.94	1.04	1.10	1.15	1.20	1.31	0.45
2.50 x 1.50 x 1/4	Bulb Tee	1.06	1.17	1.24	1.30	1.35	1.46	0.47
3.00 x 1.25 x 3/16	Bulb Tee	0.99	1.08	1.14	1.18	1.22	1.32	0.50
3.00 x 1.50 x 3/16	Bulb Tee	1.11	1.21	1.27	1.32	1.36	1.46	0.52
3.00 x 1.75 x 3/16	Bulb Tee	1.23	1.34	1.40	1.45	1.50	1.60	0.53
3.00 x 1.25 x 1/4	Bulb Tee	1.22	1.35	1.43	1.50	1.55	1.65	0.62
3.00 x 1.50 x 1/4	Bulb Tee	1.37	1.51	1.60	1.67	1.73	1.85	0.64
3.00 x 1.75 x 1/4	Bulb Tee	1.51	1.67	1.77	1.84	1.91	2.03	0.66
3.25 x 1.50 x 3/16	Bulb Tee	1.24	1.35	1.42	1.47	1.52	1.62	0.59
3.25 x 1.75 x 3/16	Bulb Tee	1.37	1.49	1.56	1.62	1.67	1.77	0.61
3.25 x 2.00 x 3/16	Bulb Tee	1.49	1.62	1.71	1.77	1.82	1.93	0.62
3.25 x 1.50 x 1/4	Bulb Tee	1.53	1.69	1.79	1.87	1.93	2.05	0.74
3.25 x 1.75 x 1/4	Bulb Tee	1.69	1.87	1.98	2.06	2.12	2.25	0.76
3.25 x 2.00 x 1/4	Bulb Tee	1.85	2.04	2.16	2.25	2.32	2.45	0.77
3.50 x 1.50 x 3/16	Bulb Tee	1.70	1.88	1.99	2.08	2.14	2.27	0.84
3.50 x 1.75 x 3/16	Bulb Tee	1.87	2.07	2.19	2.28	2.35	2.49	0.86
3.50 x 2.00 x 3/16	Bulb Tee	1.97	2.25	2.39	2.48	2.56	2.70	0.87
3.50 x 1.50 x 1/4	Bulb Tee	1.97	2.21	2.37	2.48	2.57	2.72	0.98
3.50 x 1.75 x 1/4	Bulb Tee	2.18	2.44	2.61	2.72	2.82	2.99	1.01
3.50 x 2.00 x 1/4	Bulb Tee	2.36	2.68	2.84	2.97	3.07	3.25	1.03

(continued)

24

BIBLIOGRAFIA

- [1] N. Benítez (2008) "PROYECTO DE INVERSIÓN EN EL SERVICIO DE DRAGADO DEL CANAL DE ACCESO DEL PUERTO MARÍTIMO DE GUAYAQUIL A TRAVÉS DE UNA CONCESIÓN PRIVADA "tesis de Grado, ESPOL.
- [2] INOCAR (Instituto Oceanográfico de la Armada), Canal de acceso al Puerto de Guayaquil.
- [3] INOCAR (2008) , ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LOS TRABAJOS DE DRAGADO PERMANENTE DEL CANAL DE ACCESO AL PUERTO MARÍTIMO DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL.
- [4] Autoridad Portuaria de Guayaquil (APG), Canal de acceso al Puerto de Guayaquil.
- [5] SERDRA (Servicio de Dragado de la Armada), Draga Succión en Marcha Francisco de Orellana.
- [6] MARINE TECHNOLOGY, vol. 20, Julio 1983, Página 209-226.
- [7] DAMEN (DREDGE AND MULTI CAT BOAT).
- [8] Principles of Naval Architecture (1967), W. Selkirk Owen y H. Todd.
- [9] Convenio Internacional sobre Lineas de Carga, 1966

- [10] Introducción a la Mecánica de Sólidos, Egor P. Popov.
- [11] Rules for building and classing STEEL BARGES 2009(ABS).
- [12] Notas de clases de Estructura Naval II, PhD José R. Marín.
- [13] Notas de clases de Maquinaria Naval I, PhD José R. Marín y Anatoly y V. Motornyi 2010.
- [14] W. Martínez (1979) "Modelo de Avaliação Econômica de Investimento en Navios" tesis de maestría, UFRJ, Brasil.